

**COMPLETAMENTO E OTTIMIZZAZIONE DELLA
TORINO-MILANO CON LA VIABILITA' LOCALE MEDIANTE
INTERCONNESSIONE TRA S.S.32 E S.P.299
TANGENZIALE DI NOVARA
LOTTO "0" E LOTTO "1"**

PROGETTO ESECUTIVO

COD. TO166

CUP: F34E06000030001

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

IMPRESA: A.T.I.

Mandataria:



Mandante:



Direttore Tecnico A.T.I.
Ing. A. Ridella

A.T.I. DI PROGETTAZIONE

Mandataria:

S.T.E. s.r.l.

Structure and Transport Engineering

Direttore Tecnico
Ing. E. Moroni

Mandante:

Dott. Arch. Elisa Lucia ZANETTA

Ordine Architetti P.P.C. Provincia di Novara e

Verbano-Curso-Ossola n.1400

Mandante:

Dott. Ing. Matteo POLETTI

Ordine degli Ingegneri Provincia di Novara n.2310/A

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Francesco M. La Camera

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Maria Bruno

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Ing. Francesco M. La Camera

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Marcello Buonamico

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione Idraulica smaltimento e trattamento acque di piattaforma

CODICE PROGETTO

PROGETTO

DPT002 E 1801

NOME FILE

000_T00_ID00_IDR_RE02_B

000T00ID00IDRRE02

REVISIONE

B

SCALA

-

D

C

B

EMISSIONE PER ISTRUTTORIA

OTTOBRE 2018

ZANELLA

LA CAMERA

RIDELLA

A

PRIMA EMISSIONE

APRILE 2018

ZANELLA

LA CAMERA

RIDELLA

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

Sommario

1	PREMESSA	3
	Descrizione generale del progetto	4
2	PRECIPITAZIONI DI PROGETTO	7
	Curva di precipitazione per il sistema di drenaggio stradale	7
	Intensità caratteristiche	8
3	SISTEMA DI DRENAGGIO	9
	Descrizione generale del sistema	9
	Criterio generale di dimensionamento degli interassi	14
	Canaletta in calcestruzzo di margine	15
	Canaletta rettangolare in spartitraffico	20
	Drenaggio dei viadotti	23
	Sistema delle tubazioni	26
	Dimensionamento dei collettori	29
4	VASCHE DI LAMINAZIONE	31
	Criteri di progettazione e metodologia di calcolo	31
	Vasca di laminazione A	36
	Vasca di laminazione B	41
	Vasca di laminazione C	45
	Confronto con altre durate ed altri metodi di dimensionamento	49
5	IMPIANTI DI TRATTAMENTO	50
	Criteri di dimensionamento dei separatori di sabbie	51
6	Appendice A	56
	Calcoli vasca di laminazione A	56
	Calcoli vasca di laminazione B	59

1 PREMESSA

La presente relazione idraulica costituisce parte integrante del progetto esecutivo del prolungamento verso Ovest della Tangenziale di Novara che attualmente si interrompe con uno svincolo incompleto sulla SS n. 32 "Ticinese". L'opera interessa i territori comunali di Novara, Cameri e San Pietro Mosezzo.

Al paragrafo 2 della relazione vengono richiamate le caratteristiche della curva di probabilità pluviometrica utilizzata per le verifiche idrauliche svolte nel progetto esecutivo; la metodologia adottata è stata in particolare utilizzata

- per la stima dei quantitativi di acqua di dilavamento prodotte sulla superfici drenate di nuova realizzazione;
- per la valutazione dei criteri idraulici posti alla base della progettazione delle vasche volano finalizzate alla mitigazione dei colmi di portata in occasione di eventi intensi

Il capitolo 3 descrive il sistema di drenaggio della nuova infrastruttura, includendo il dimensionamento dei diversi elementi.

Il capitolo 4 tratta la descrizione metodologica del dimensionamento delle vasche volano, mentre il capitolo 5 illustra i principi di funzionamento degli impianti di trattamento delle acque.

L'impostazione progettuale complessiva (in termini di ubicazione delle vasche e di finalità perseguite) del progetto esecutivo segue quanto già previsto in fase di progettazione definitiva. Si ricorda che dal punto di vista dell'iter procedurale, ANAS S.p.A ha formulato domanda di pronuncia di compatibilità ambientale del progetto in data 29 aprile 2011 per il Progetto Definitivo, con nota acquisita al prot. n. DVA- 2011-10497 del 3 maggio 2011. Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del mare, con provvedimento n. DVA-DEC-2012-0000254 del 8 giugno 2012, ha decretato la compatibilità ambientale del progetto, previa osservanza di condizioni e prescrizioni da ottemperarsi nelle successive fasi progettuali.

Ai sensi e per effetti di quanto previsto dall'art. 3 del DPR 18 aprile 1994 n. 383 e s.m.i, è stato accertato il perfezionamento del procedimento di intesa Stato – Regione Piemonte con Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prot. n. 0008947 del 17 novembre 2014, in cui il Ministero stesso ha valutato le specifiche risultanze della Conferenza dei Servizi e le posizioni favorevoli espresse in sede di riunione o acquisite agli atti della Conferenza medesima, con particolare riferimento al parere favorevole con prescrizioni e vincoli del Ministero della Difesa e parere reso dalla Regione Piemonte con DGR n. 13-469 del 27 ottobre 2014, constatando la sussistenza delle condizioni per assumere la conclusione del procedimento di localizzazione dell'opera in esame.

Descrizione generale del progetto

Le problematiche analizzate sono di natura idraulica e riguardano essenzialmente lo smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma e l'interferenza con i canali irrigui.

Smaltimento acque meteoriche

Il progetto dello smaltimento delle acque meteoriche di piattaforma è stato sviluppato sulla base dei seguenti criteri:

- Intercettare le acque provenienti dalla piattaforma stradale perché contenenti la maggior quantità di inquinanti;
- Preservare la qualità dei corpi recettori mediante l'inserimento, prima di ogni scarico, di sistemi di trattamento delle acque di prima pioggia e cattura dei liquidi pericolosi;
- Convogliare la maggior parte d'acqua possibile nei Torrenti Terdoppio e Agogna, che sono i corpi idrici principali presenti nell'area, al fine di gravare il meno possibile sulla rete di canali esistente gestita dal Consorzio Est Sesia;
- Limitare al massimo le portate scaricate nei canali irrigui come da indicazione del consorzio Irriguo Est Sesia mediante l'inserimento di bacini di laminazione.

Il dimensionamento idraulico è stato effettuato per eventi meteorici con tempo di ritorno pari a 25 anni e 50 anni; in particolare: il volume delle vasche di laminazione è stato dimensionato per

un evento con tempo di ritorno 50 anni; tutti gli altri elementi sono stati dimensionati per un evento con tempo di ritorno di 25 anni.

Gli elementi principali che costituiscono la rete di smaltimento acque meteoriche sono:

- Caditoie poste sui viadotti e canalette grigliate poste al margine per l'intercettazione acque meteoriche dalla sede stradale.
- Tubazioni in PEAD e canalette in CA per i tratti in rilevato e tubazioni in acciaio per i tratti in viadotto per il convogliamento delle acque allo scarico.
- Separatori di sabbie in continuo per il trattamento acque di prima pioggia ed intercettazione di eventuali sversamenti accidentali inseriti nella rete prima dello scarico nei torrenti e nelle vasche di laminazione.
- Vasche di laminazione in terra poste prima dello scarico delle acque stradali nei canali irrigui, come da richiesta dal Consorzio Irriguo Est Sesia al fine di limitare entro i 10 l/s la massima portata immessa nei canali. In tutto dovranno essere realizzati tre bacini di laminazione ubicati indicativamente alle progressive km 2+080, km 3+500 e km4+000 rispettivamente. Questi bacini saranno in terra, impermeabilizzati mediante geomembrane, sovrالعlevati per poter scaricare a gravità ed evitare interferenze con la falda idrica.

Interferenza canali irrigui

Il tracciato stradale in progetto attraversa i seguenti corsi d'acqua e canali: Torrente Terdoppio, Torrente Agogna, Roggia Mora, Canale Regina Elena, rete di canali irrigui minori.

Gli enti competenti per il rilascio dell'autorizzazione sono la Regione Piemonte per il Torrente Terdoppio, l'AIPO per l'Agogna, il Consorzio Irriguo Est Sesia per la Roggia Mora e il Canale Regina Elena. Tutti gli altri canali irrigui minori sono di competenza dei gestori, ossia dei coltivatori delle cascine circostanti (Cascina Isarno, cascina Eletto, cascina Grande di Isarno) e del Distretto Argine Est Sesia.

Tutti gli Enti e i gestori coinvolti dall'opera in progetto sono stati contattati in modo da concordare le soluzioni progettuali da adottare e gli studi idraulici da sviluppare.

Gli attraversamenti dei due torrenti sono stati previsti in conformità con le Norme di Attuazione del Piano di Bacino del Fiume Po. La sicurezza idraulica dell'opera è stata garantita in modo da

consentire il deflusso delle piene senza significative variazioni del pelo libero della corrente andando a posizionare i viadotti per l'attraversamento di tutta la fascia di esondazione di alta e media pericolosità idraulica e collocando per tutta l'estensione del rilevato all'interno della fascia di bassa pericolosità idraulica fornici che verranno realizzati mediante scatolari in c.a.. Tali fornici avranno luce 5m e altezza 3m e avranno un interasse medio di circa 50m.

L'attraversamento del canale Regina Elena, verrà realizzato con un ponte di lunghezza 102 m che permetterà il superamento anche della SS ticinese n. 32, mentre la Roggia Mora verrà superata con lo stesso viadotto del torrente Agogna.

La risoluzione delle interferenze di tutti gli altri canali irrigui, di entità minore rispetto ai precedenti, verrà effettuata mediante ponticelli della lunghezza di 10 m quando il canale è affiancato anche da una viabilità stradale, oppure da uno scatolare carrabile di larghezza 6 metri ed altezza variabile.

Tutti questi attraversamenti garantiranno il regolare deflusso delle acque irrigue al loro interno e verranno eseguiti raccordando l'opera in modo che le pendenze del canale siano costanti ed omogenee con lo stato di fatto. Le dimensioni dei fossi esistenti non verranno quindi variate e, per garantire il deflusso delle acque, verranno rivestiti in cls in corrispondenza degli attraversamenti.

2 PRECIPITAZIONI DI PROGETTO

Curva di precipitazione per il sistema di drenaggio stradale

L'applicazione del metodo VAPI descritto nella relazione idrologica ha condotto alla definizione delle intensità di precipitazione caratteristiche utilizzate per il dimensionamento del sistema di drenaggio e per la valutazione delle forzanti di progetto dei bacini di laminazione.

Le curve caratteristiche sono rappresentate nelle figure 2.1 e 2.2 seguenti rispettivamente per l'altezza di precipitazione e per l'intensità di precipitazione

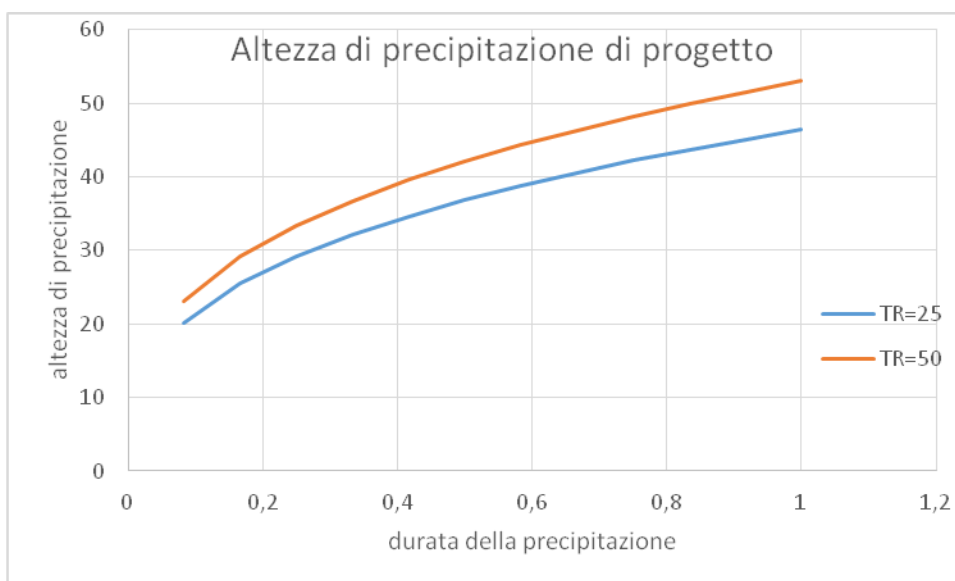


Figura 2.1 Altezza di precipitazione per durate fino ad un'ora e tempi di ritorno di 25 e 50 anni

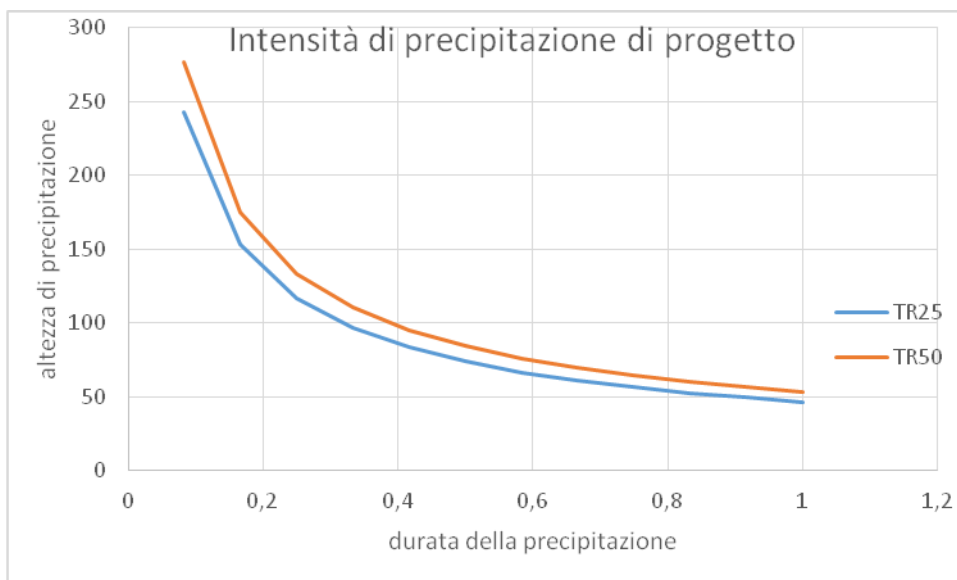


Figura 2.2 Intensità di precipitazione per durate fino ad un'ora e tempi di ritorno di 25 e 50 anni

Intensità caratteristiche

Nella seguente tabella vengono riportate le altezze ed intensità caratteristiche utilizzate nel progetto in corrispondenza delle durate di 5' e 10' e per i tempi di ritorno di 25 e 50 anni.

Tabella2.1- Risultati della Regionalizzazione delle piogge VAPI per la stazione di Novara in termini di intensità di precipitazione

intensità di precipitazione	mm/h
i(5',25TR)	242
i(5',50TR)	277
i(10',25TR)	153
i(10',50TR)	175

3 SISTEMA DI DRENAGGIO

Descrizione generale del sistema

Il sistema di drenaggio è composto da diversi elementi atti all'intercettazione delle acque di dilavamento della superficie stradale ed al loro successivo convogliamento ai sistemi di trattamento e laminazione.

Il progetto si sviluppa, per le parti non in viadotto, principalmente su muri in terra verde (figura 3.1); in questo caso il drenaggio, essendo previsto un sistema "chiuso" (ossia con trattamento delle acque di dilavamento di prima pioggia prima del recapito, è affidato all'intercettazione delle portate tramite canalette posta al margine o in spartitraffico e successivo convogliamento nei collettori longitudinali.

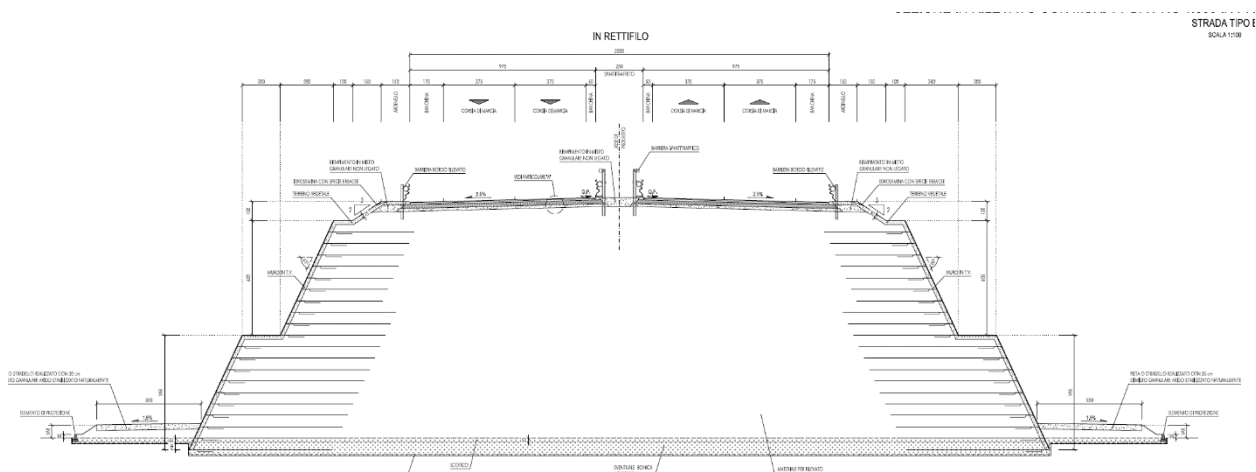


Figura 3.1 - Sezione tipica su muri in terra verde

La canaletta prevista al margine, in calcestruzzo, (figura 3.2) è dotata di griglia piana carrabile di classe D400 ed è di tipo discontinuo, atta quindi ad intercettare il flusso laterale dell'acqua al margine della piattaforma drenata. La lunghezza della griglia carrabile è di 1 metro, in modo di consentire lo stramazzo dell'acqua attraverso i fori della griglia stessa. Il passaggio dell'acqua al

collettore sottostante avviene attraverso una tubazione in PEAD con diametro D125. I collettori in PEAD hanno diametro variabile tra D400 e D630.

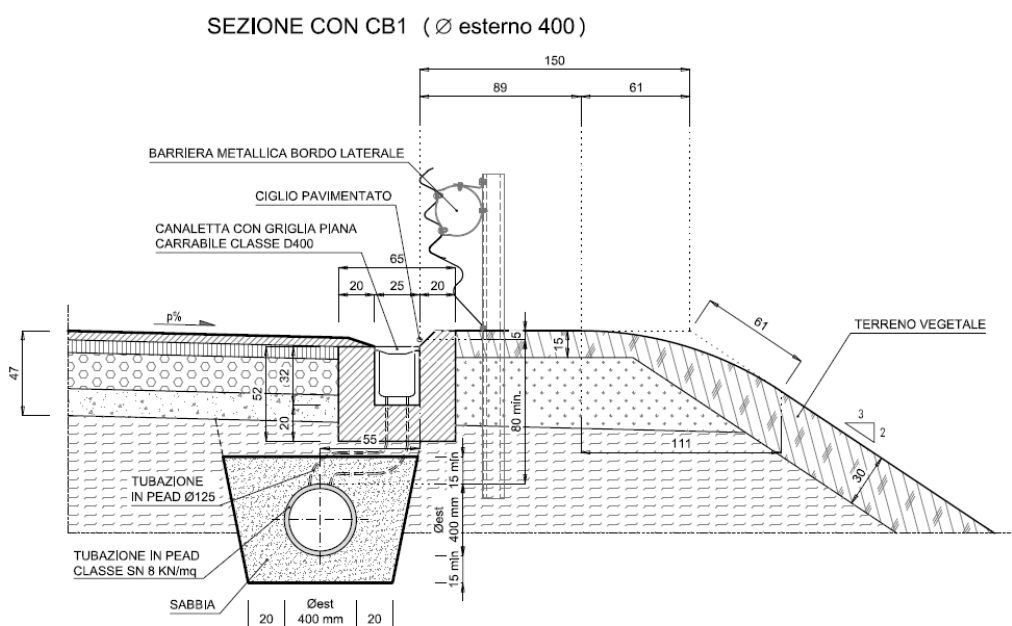


Figura 3.2 - Sezione tipica con canaletta in calcestruzzo di intercettazione del flusso a margine

Nei tratti in curva, ove la pendenza trasversale è diretta verso lo spazio tra le carreggiate, è previsto l'inserimento di una canaletta quadrata in calcestruzzo, con lato interno di 30 centimetri x 30 centimetri, che ha il compito di intercettare il flusso in modo continuo e trasferirlo al sottostante collettore in PEAD (figura 3.3).

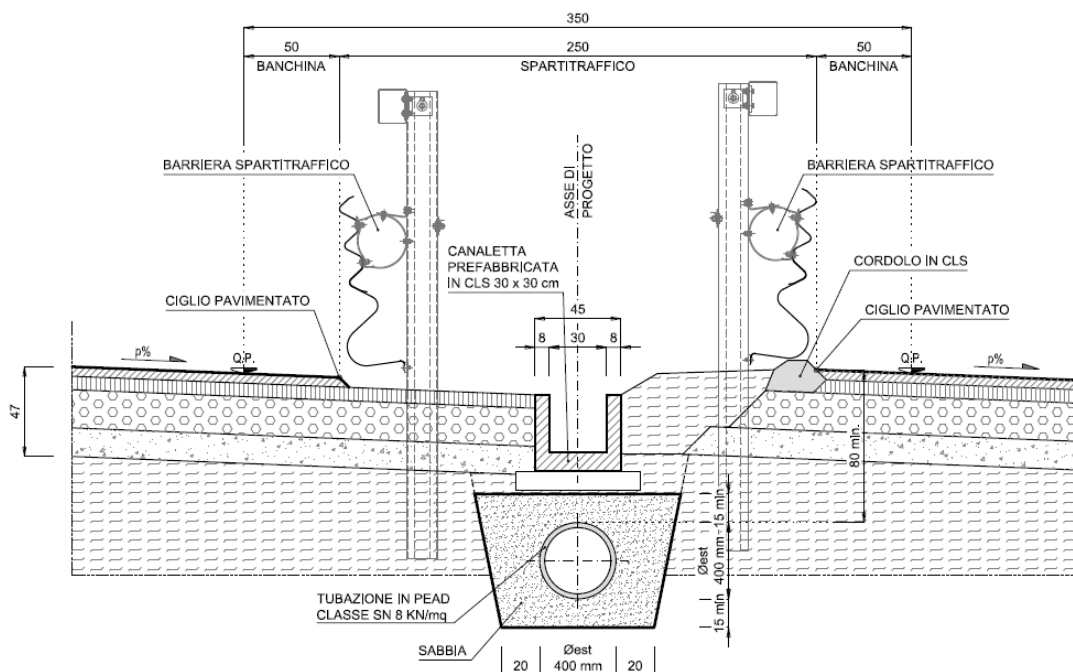


Figura 3.3 - Sezione tipica con pendenza verso lo spartitraffico e con canaletta continua in calcestruzzo, dimensioni 30x30 cm, di intercettazione del flusso

Il diametro dei collettori in PEAD, di classe SN8 KN/m² è variabile tra D400 e D800.

I collettori sono interrotti da pozzetti grigliati per l'ispezione e nei punti di cambio diametro e di confluenza (figura 3.4)

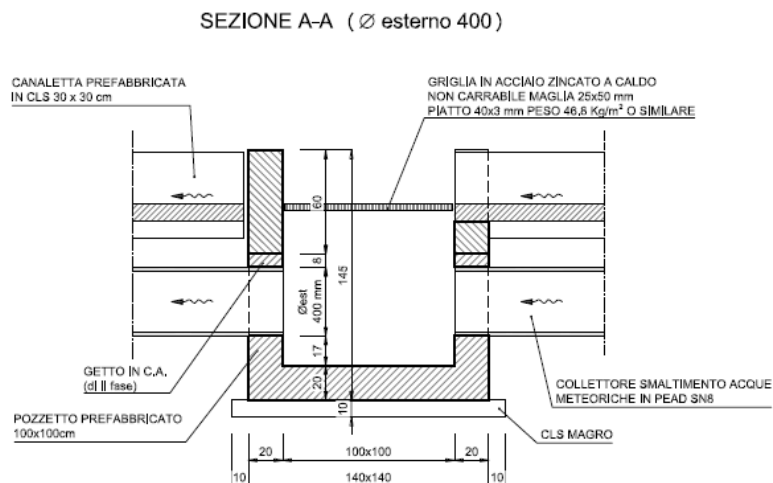


Figura 3.4 - Schema tipico di pozzetto posto sotto la canaletta prefabbricata in calcestruzzo, di raccordo tra tratti omogenei di collettore (vista di profilo).

Lungo i tratti in viadotto il drenaggio della piattaforma è affidato a caditoie disposte a margine della carreggiata e protetti da una griglia (figura 3.5 e 3.6)

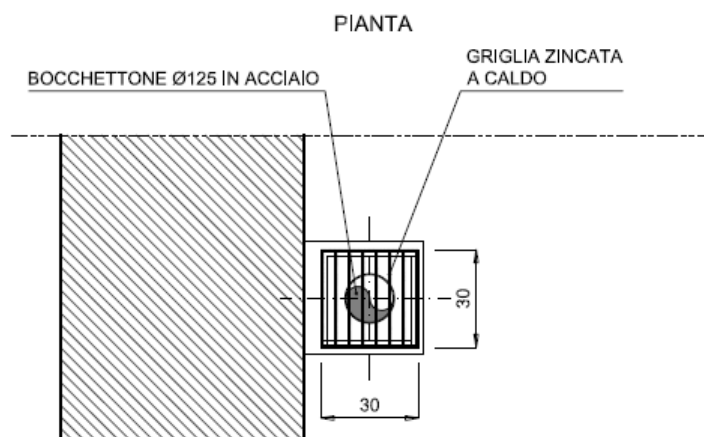


Figura 3.5 - Vista in pianta della caditoia grigliata disposta a margine dei viadotti

La caditoia è collegata tramite un bocchettone in acciaio ad una tubazione corrente longitudinale, anch'essa di acciaio, con diametro variabile. In corrispondenza dei punti di recapito, un discendente corre in aderenza all'impalcato ed alla pila stessa fino ad un pozzetto a terra da cui parte l'impianto di trattamento relativo.

La metodologia ed i risultati dei calcoli sono indicati nei paragrafi successivi.

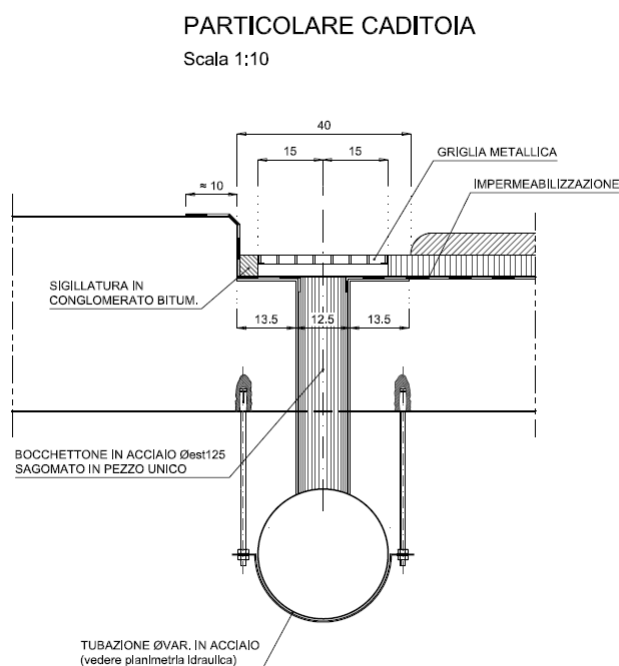


Figura 3.6 - Vista in sezione della caditoia grigliata disposta a margine dei viadotti e del tubo corrente sotto l'impalcato

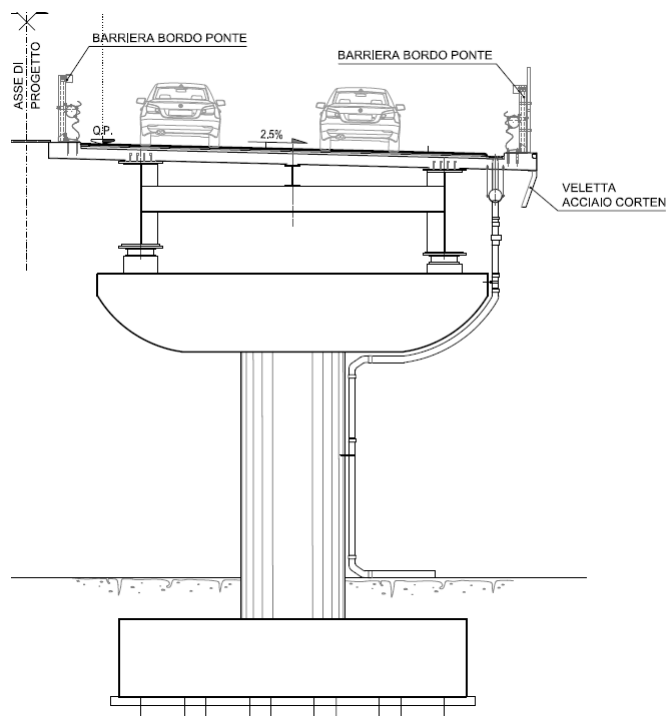


Figura 3.7 - Sezione con indicazione del discendente in corrispondenza dei punti di recapito

Criterio generale di dimensionamento degli interassi

In questa sezione viene descritta la procedura per il dimensionamento del sistema di raccolta superficiale. Le procedure descritte nel seguito si basano sull'individuazione

- del massimo interasse che può intercorrere due elementi di raccolta puntuale (caditoie/ bocchettoni/ canalette discontinue).
- del massimo interasse che intercorre tra due scarichi successivi nel caso di elementi di raccolta continui (canalette di spartitraffico).

La procedura assume l'ipotesi che una volta che l'elemento di raccolta scarichi nel sistema di trasporto esso recuperi appieno la sua capacità di trasporto. La determinazione dei massimi interassi è ottenuta mediante il confronto tra

- Q_{in} : la portata afferente alla falda piana costituita dalla superficie stradale drenate
- Q_{max} la massima portata trasportata dall'elemento di raccolta superficiale con il grado di riempimento di progetto adottato.

La portata affluente è data dalla formula:

$$Q_{in} = bLi \quad (6.2)$$

Q_{in} portata afferente (m²/s)

B larghezza della falda con coefficiente di deflusso (m)

L lunghezza della falda (m)

i intensità di pioggia (m/s)

Il coefficiente di deflusso è stato posto pari ad 1 per le superfici pavimentate.

L'intensità di pioggia è stimata per mezzo della formula a due parametri, i cui coefficienti caratteristici del regime pluviometrico della zona in esame e del tempo di ritorno sono riportati nel paragrafo dedicato.

$$i = a_{TR} t^{n-1} \quad (6.3)$$

Per il drenaggio degli elementi di piattaforma si è assunto un tempo di riferimento di concentrazione di 5 minuti.

Nel caso di elementi di raccolta puntuali si assimila la capacità di trasporto a quella di un'ipotetica canaletta triangolare delimitata dal manto stradale e dal cordolo.

La massima lunghezza che intercorre tra due scarichi è ottenuta uguagliando la 6.2 alla 6.3 e invertendo rispetto all'interasse L .

Canaletta in calcestruzzo di margine

A margine della carreggiata si realizza un canale di bordo delimitato dal cordolo, che scarica ad intervalli assegnati in una canaletta in calcestruzzo, dotata di griglia carrabile, di larghezza interna pari a 20 centimetri (si veda l'elaborato T00_PS00_TRA_ST04).

I fattori limitanti che determinano la massima portata esitabile dal sistema sono

- Il massimo ingombro laterale dell'acqua lungo il canale di margine, limitato ad 1 metro
- La massima portata che può entrare in ingresso nella canaletta di drenaggio

Per quanto riguarda il primo limite, è stata calcolata la portata in moto uniforme del canale, adottando la formulazione di Chezy/Manning, con una scabrezza di 0,02 sm^{-1/3}

In particolare si è utilizzata la formula di Chézy per ottenere le scale di deflusso:

$$Q = \chi A \sqrt{Rj}$$

con:

Q portata di dimensionamento della canalizzazione (m^3/s);

$\chi = \frac{1}{n}$ coefficiente di scabrezza di Strickler ($m^{1/3}/s$);

A area bagnata (m^2);

C contorno bagnato (m);

j pendenza media della condotta (m/m);

$R = \frac{A}{C}$ raggio idraulico (m).

La scala di deflusso che si ottiene è rappresentata nella seguente figura 3.8. Essa è inoltre espressa in forma numerica nella seguente tabella 3.1 in funzione della pendenza longitudinale della strada. In generale la tabella indica che, anche nei tratti a pendenza più bassa (0,1%), un interasse di 8 metri limita l'ingombro laterale del canale di bordo al valore soglia di 1 metro.

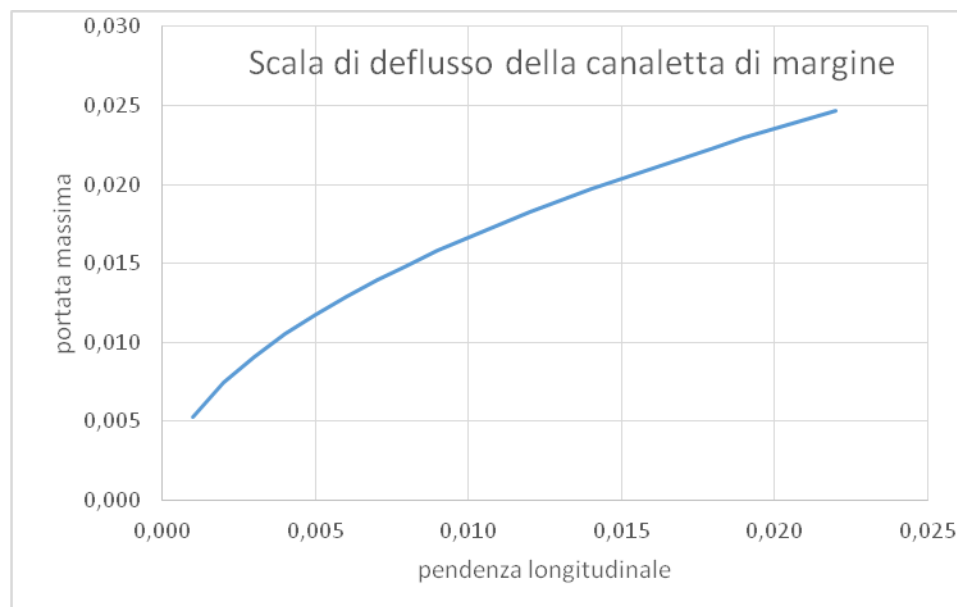


Figura 3.8 - Scala di deflusso della canaletta di margine

Tabella 3.1 - Scala di deflusso numerica e interasse massimo della canaletta di margine in funzione della pendenza longitudinale

pendenza	portata max	interasse
[m/m]	[m ³ /s]	[m]
0.001	0.005	8.2
0.002	0.007	11.5
0.003	0.009	14.1
0.004	0.011	16.3
0.005	0.012	18.2
0.006	0.013	20.0
0.007	0.014	21.6
0.008	0.015	23.1
0.009	0.016	24.5
0.010	0.017	25.8
0.011	0.017	27.0
0.012	0.018	28.2

pendenza	portata max	interasse
[m/m]	[m ³ /s]	[m]
0.013	0.019	29.4
0.014	0.020	30.5
0.015	0.020	31.6
0.016	0.021	32.6
0.017	0.022	33.6
0.018	0.022	34.6
0.019	0.023	35.5
0.020	0.024	36.5
0.021	0.024	37.4
0.022	0.025	38.2

L'altro fattore che limita l'interasse dell'elemento di drenaggio costituito dalla canaletta (della lunghezza di 1 metro) è la portata che può essere convogliata alla sottostante tubazione attraverso lo stramazzo terminale. A vantaggio di sicurezza viene considerato solo lo stramazzo attraverso il lato frontale della canaletta, di larghezza pari a 20 centimetri.

La capacità di portata della canaletta può essere stimata ipotizzando un funzionamento a soglia sfiorante di larghezza L e altezza d'acqua h secondo la relazione:

$$Q = c_q \cdot (L \cdot h) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dalla quale, ponendo:

- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ (accelerazione di gravità);
- $c_q = 0.385$ (coefficiente di portata);
- $L = 0.2 \text{ m}$ (larghezza della canaletta);
- $h = 0.07 \text{ m}$ (altezza della lama d'acqua in corrispondenza dello stramazzo);

Si ottiene quindi una portata di evacuazione pari a $Q = 7 \text{ l/s}$.

La portata in arrivo dalla sede autostradale alla canaletta può essere invece calcolata con il metodo cinematico applicando la seguente relazione:

$$Q = \varphi \cdot S \cdot \frac{h}{t}$$

in cui:

- Q è la portata;
- φ è il coefficiente di deflusso assunto, nel caso in esame, pari a 1;
- S è la superficie scolante che insiste su ogni canaletta. Assumendo una sezione trasversale di 10 metri e un interasse tra le canalette di 8 metri si ottiene un'area drenata di 80 m².
- h è l'altezza di pioggia valutata con l'espressione della curva di probabilità pluviometrica per una durata di 5';

Con tali valori si ottiene una portata che insiste su ciascuna canaletta pari a 5,2 l/s per Tr 25 anni, inferiore alla portata che può essere smaltita dal singolo manufatto di intercettazione.

La canaletta di margine è indicata con il colore ciano nelle planimetria idrauliche; è evidenziato anche il corrispondente collettore corrente sotto la pavimentazione, che interviene a supporto del convogliamento delle portate captate.

Sono inoltre posti dei pozzetti di ispezione ad intervalli regolari di 40 metri, in corrispondenza dei cambi diametro, delle deviazioni e delle confluenze.

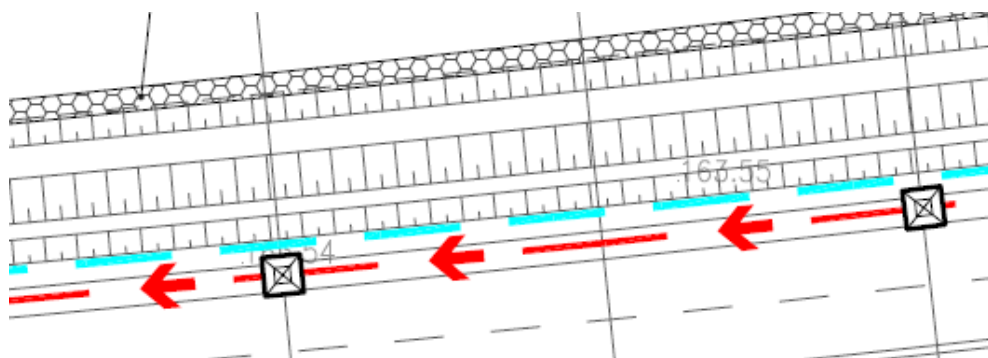


Figura 3.9 - Simbologia adottata per la canaletta di margine.

Canaletta rettangolare in spartitraffico

Nei tratti in spartitraffico è previsto l'inserimento di una canaletta rettangolare tra le due carreggiate; la posizione delle canalette di spartitraffico è rappresentata nelle planimetria idrauliche (elaborati T00_ID00_IDR_PP01- e seguenti) . La canaletta ha una sezione rettangolare con larghezza complessiva di 30 cm e altezza massima pari a 30 cm, la descrizione dettagliata è riportata nella tavola dei particolari costruttivi (T00_PS00_TRA_ST05_A).

La stima della portata massima esitabile è stata effettuata con la legge di Chèzy.

$$Q = \chi A \sqrt{Rj}$$

Il riempimento massimo consentito è del 80% a cui corrisponde un tirante idrico di 24 cm.

con:

$n = 0,016$ coefficiente di scabrezza di Manning; $\chi = 1/n$

$A = 0,072 \text{ m}^2$ Area bagnata;

$C = 0,78 \text{ m}$ Contorno bagnato;

$R = 0,092 \text{ m}$ Raggio idraulico;

$j =$ pendenza longitudinale.

La portata specifica dell'elemento drenante risulta di

0,91 m³/s.

Nella tabella e nella figura sottostanti sono riportata la portata massima esitabili dalla canaletta in funzione della pendenza longitudinale.

La canaletta è continua.

Tabella 3.2 - Scala di deflusso numerica e interasse massimo della canaletta spartitraffico in funzione della pendenza longitudinale

pendenza	portata max	interasse
[m/m]	[m ³ /s]	[m]
0.001	0.029	45.0
0.002	0.041	63.6
0.003	0.050	77.9
0.004	0.058	90.0
0.005	0.065	100.6
0.006	0.071	110.2
0.007	0.077	119.1
0.008	0.082	127.3
0.009	0.087	135.0
0.010	0.092	142.3
0.011	0.096	149.3
0.012	0.101	155.9
0.013	0.105	162.3
0.014	0.109	168.4
0.015	0.113	174.3
0.016	0.116	180.0
0.017	0.120	185.6
0.018	0.123	190.9
0.019	0.127	196.2
0.020	0.130	201.3
0.021	0.133	206.2
0.022	0.136	211.1

Scala di deflusso della canaletta spartitraffico:

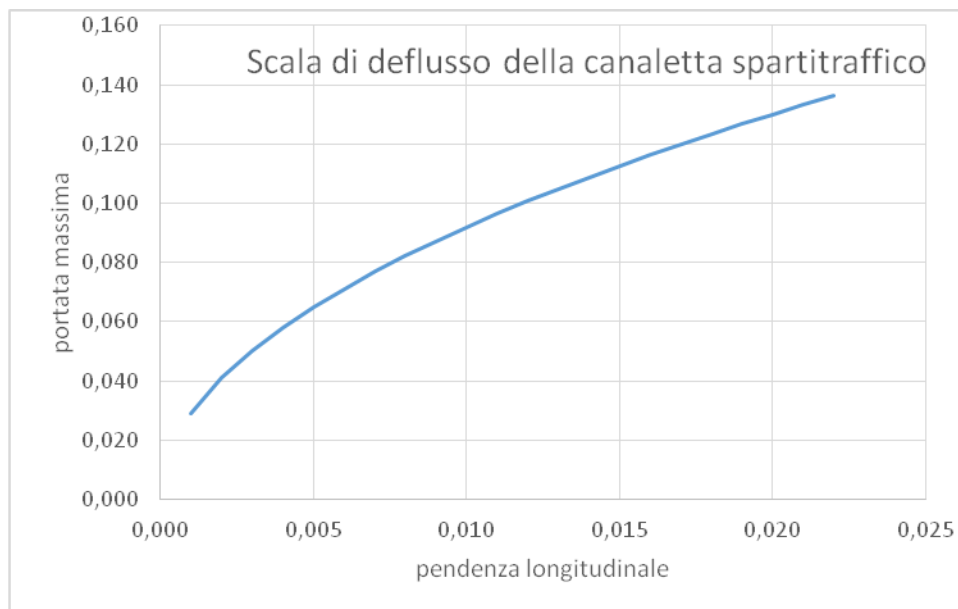


Figura 3.10 - Scala di deflusso della canaletta spartitraffico 30x30cm

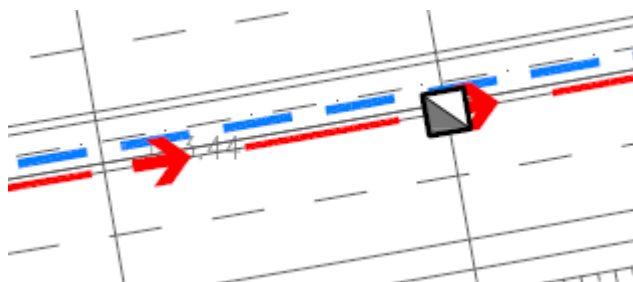


Figura 3.11 - Simbologia di rappresentazione in planimetria idraulica della canaletta di spartitraffico, con sottostante collettore

Drenaggio dei viadotti

Si è assunto che il fattore limitante per l'interasse dell'elemento di drenaggio sui viadotti sia la portata che può essere convogliata alla sottostante tubazione attraverso lo stramazzo delle acque di dilavamento nelle caditoie, supposte posizionate ad intervalli regolari.

Le caditoie sono quadrate e grigliate, con lato pari a 30 centimetri.

A vantaggio di sicurezza viene considerato solo lo stramazzo attraverso il lato frontale della griglia, di larghezza pari complessiva pari a 30 centimetri e di larghezza utile pari a 25,9 centimetri (al netto della griglia). La capacità di portata della caditoia può essere stimata ipotizzando un funzionamento a soglia sfiorante di larghezza L e altezza d'acqua h secondo la relazione:

$$Q = c_q \cdot (L \cdot h) \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

dalla quale, ponendo:

- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ (accelerazione di gravità);
- $c_q = 0.385$ (coefficiente di portata);
- $L = 0.259 \text{ m}$ (larghezza della canaletta);
- $h = 0.05 \text{ m}$ (altezza della lama d'acqua in corrispondenza dello stramazzo);

Si ottiene quindi una portata di evacuazione pari a $Q = 5 \text{ l/s}$.

La portata in arrivo dalla sede autostradale alla canaletta può essere invece calcolata con il metodo cinematico applicando la seguente relazione:

$$Q = \varphi \cdot S \cdot \frac{h}{t}$$

in cui:

- Q è la portata;
- φ è il coefficiente di deflusso assunto, nel caso in esame, pari a 1;

- S è la superficie scolante che insiste su ogni embrice. Assumendo una sezione trasversale di 10 metri e un interasse tra le canalette di 7 metri si ottiene un'area drenata di 70 m^2 .
- h è l'altezza di pioggia valutata con l'espressione della curva di probabilità pluviometrica per una durata di 5';

Con tali valori si ottiene una portata che insiste su ciascuna griglia pari a 4,5 l/s per Tr 25 anni, inferiore alla portata che può essere smaltita dal singolo manufatto di intercettazione.

Ipotizzando il funzionamento del canale di bordo a margine della sezione in viadotto come un moto uniforme, si è applicata la legge di Chezy per determinare la scale delle portate e verificare la coerenza dell'interasse adottato (7 metri) con questa ipotesi.

In questo caso si ha

$$Q = \chi A \sqrt{Rj}$$

con:

Q portata di dimensionamento della canalizzazione (m^3/s);

$\chi = \frac{1}{n}$ coefficiente di scabrezza di Strickler ($\text{m}^{1/3}/\text{s}$);

A area bagnata (m^2);

C contorno bagnato (m);

j pendenza media della condotta (m/m);

$R = \frac{A}{C}$ raggio idraulico (m).

La scala di deflusso che si ottiene è rappresentata nella seguente figura 3.12 e riportata nella successiva tabella 3.3. Anche per pendenze molto ridotte - per le quali sia ancora realistico considerare il funzionamento di moto uniforme - un interasse di 7 metri garantisce un allagamento della banchina inferiore ad 1 metro.

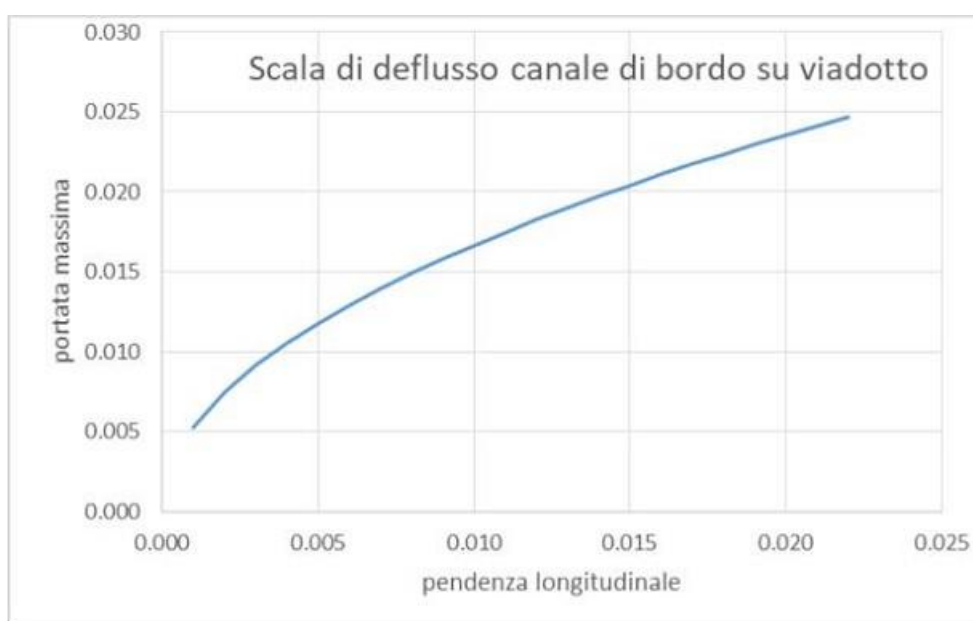


Figura 3.12 - Scala di deflusso del canale di bordo su viadotto

Tabella 3.3 - Scala di deflusso numerica e interasse massimo della canaletta di margine su viadotto in funzione della pendenza longitudinale

pendenza	portata max	interasse
[m/m]	[m ³ /s]	[m]
0.001	0.005	8.4
0.002	0.008	11.8

pendenza	portata max	interasse
[m/m]	[m ³ /s]	[m]
0.003	0.009	14.5
0.004	0.011	16.7
0.005	0.012	18.7
0.006	0.013	20.5
0.007	0.014	22.1
0.008	0.015	23.6
0.009	0.016	25.1
0.010	0.017	26.4
0.011	0.018	27.7
0.012	0.019	29.0
0.013	0.019	30.1
0.014	0.020	31.3
0.015	0.021	32.4
0.016	0.022	33.4
0.017	0.022	34.5
0.018	0.023	35.5
0.019	0.024	36.4
0.020	0.024	37.4
0.021	0.025	38.3
0.022	0.025	39.2

Sistema delle tubazioni

I collettori costituiscono un sistema idraulico il cui compito è quello di trasportare verso i ricettori le acque raccolte dalle caditoie, dalla canaletta grigliata, dalla canaletta di spartitraffico e dai bocchettoni. Gli elementi superficiali recapitano le acque raccolte, al sistema di collettori quando la loro capacità idraulica non è in grado di smaltire la porta afferente. Il collegamento tra i due sistemi è assicurato da pozzetti e discendenti.

Il sistema dei collettori è costituito da tubi in PEAD che corrono longitudinalmente alla carreggiata ed hanno generalmente la stessa pendenza dell'elemento superficiale; fanno eccezioni alcuni tratti, tipicamente posti in prossimità dei ricettori o dettati da esigenze specifiche di convogliamento, in cui la pendenza è stata modificata per consentire il corretto funzionamento del sistema ed evitare la formazioni di accumuli di sedimento in tempo asciutto.

Le quote dei collettori sono indicate, per ciascun tratto, nelle planimetria idrauliche.

I collettori trasversali in PEAD sono stati dimensionati, salvo particolari esigenze costruttive, con una pendenza dell' 1%.

Il sistema di collettori è costituito da tubi circolari prefabbricati in polietilene ad alta densità PEAD di diametro variabile tra 400 mm e 800 mm.

Nel dimensionamento dei collettori di collegamento tra i pozzetti di raccolta si è utilizzato un coefficiente di scabrezza di Manning pari a $0,011 \text{ ms}^{-1/3}$. Il tempo di ritorno utilizzato nel calcolo di questi elementi è fissato a 25 anni, coerentemente con il valore fissato nel dimensionamento delle opere del drenaggio superficiale. Per fornire un adeguato margine di sicurezza e prevenire il funzionamento in pressione dei collettori le verifiche sono state condotte considerando un riempimento massimo dell'70% con riferimento alle condizioni di moto uniforme. La determinazione del tirante idrico interno al tubo come descritto precedentemente è stata effettuata con la legge di Chèzy utilizzata congiuntamente al modello cinematico.

Uguagliando la portata determinata mediante la formula razionale alla legge di Chèzy si ottiene una funzione implicita del tirante risolta in maniera iterativa; la velocità di prima iterazione viene sostituita nel calcolo del tempo di concentrazione nel punto di verifica, finché il sistema converge.

Vengono riportate nella tabella di seguito le caratteristiche geometriche e idrauliche dei collettori utilizzati

Tabella 3.4: caratteristiche geometriche e idrauliche dei collettori in PEAD

Tubi in PEAD				
Diametro Nominale	Diametro esterno	Diametro interno	Riempimento massimo consentito	Portata specifica
<i>DN</i>		<i>D</i>	<i>r</i>	<i>Q_{sp}</i>
	m	m	%	m ³ /s
400	0,400	0,353	70%	1,020
500	0,500	0,433	70%	1,73
630	0,630	0,555	70%	3,409
800	0,800	0,705	70%	6,453

Tabella 3.5 Portata massima convogliabile dai collettori in PEAD in funzione della pendenza del collettore.

Pendenza Longitudinale	Q Massima		
	DN 400	DN 630	DN 800
j	Q	Q	Q
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
0,001	0,032	0,108	0,204
0,002	0,046	0,152	0,289
0,003	0,056	0,187	0,353
0,004	0,065	0,216	0,408
0,005	0,072	0,241	0,456
0,006	0,079	0,264	0,500
0,007	0,085	0,285	0,540
0,008	0,091	0,305	0,577
0,009	0,097	0,323	0,612
0,010	0,102	0,341	0,645
0,011	0,107	0,358	0,677
0,012	0,112	0,373	0,707
0,013	0,116	0,389	0,736
0,014	0,121	0,403	0,763
0,015	0,125	0,418	0,790
0,016	0,129	0,431	0,816
0,018	0,137	0,457	0,866
0,020	0,144	0,482	0,913
0,025	0,161	0,539	1,020
0,030	0,177	0,591	1,118

Nei tratti in viadotto le tubazioni utilizzate sono in acciaio; in questo caso il diametro indicato corrisponde a quello interno.

La serie dei collettori previsti sui viadotti in acciaio è costituita da diametri:

D300; D400; D500; D600.

Dimensionamento dei collettori

In questa sezione vengono riportate le verifiche idrauliche effettuate per il collettore. Vengono riportati:

- 1) Prog: le progressiva stradale di riferimento di inizio
- 2) Prog: le progressiva stradale di riferimento di fine
- 3) L: la lunghezza relativa del tratto di collettore per il quale viene fatto il calcolo

4) A eq: l'area equivalente ($A_{eq} = \sum A_i \varphi_i$)

- 5) la velocità di trasferimento nella canalizzazione
- 6) t: il tempo di concentrazione
- 7) i(t) l'intensità di precipitazione
- 8) Q: la portata di progetto
- 9) j: la pendenza di progetto della condotta
- 10) DN: il diametro nominale della condotta
- 11) r : il riempimento

da PK	a PK	tratta (L)	Area drenata	V	tau 1	i'	Q'	S	D	tubazione	% r
		[m]	[m2]	[m/s]	[h]	[mm/h]	[m ³ /s]	[m/m]	[m]		%
292	480	188	1880	1.314	0.123	187	0.098	0.004	0.43	PE DN400	50%
480	710	230	4180	1.484	0.166	153	0.178	0.004	0.43	PE DN500	76%
710	900	190	6080	1.621	0.199	136	0.230	0.004	0.54	PE DN630	60%
900	1160	260	6800	1.818	0.238	120	0.228	0.005	0.54	PE DN630	55%
1160	1360	200	4200	2.542	0.142	170	0.198	0.016	0.43	PE DN500	50%
1360	1580	220	2200	1.658	0.120	190	0.116	0.007	0.35	PE DN400	69%
1580	1840	260	2600	2.183	0.116	194	0.140	0.013	0.35	PE DN400	62%
1840	1920	80	3400	2.302	0.126	184	0.174	0.012	0.43	PE DN500	50%
1920	2080	160	5000	1.480	0.156	160	0.222	0.003	0.54	PE DN630	63%
2080	2200	120	4600	2.462	0.170	151	0.193	0.013	0.43	PE DN500	53%
2200	2414	214	3400	2.682	0.133	178	0.168	0.020	0.35	PE DN400	61%
2414	2540	126	1260	1.274	0.111	200	0.070	0.005	0.35	PE DN400	56%
2540	2680	140	1400	1.712	0.106	206	0.080	0.009	0.35	PE DN400	49%
2680	2920	240	3800	2.400	0.134	177	0.187	0.014	0.43	PE DN400	50%
2920	3160	240	6200	2.138	0.165	154	0.265	0.008	0.43	PE DN500	79%
3160	3340	180	8000	1.570	0.197	137	0.304	0.003	0.68	PE DN630	51%
3340	3520	180	9800	1.279	0.236	121	0.330	0.002	0.68	PE DN800	67%
3520	3620	100	2600	1.419	0.138	173	0.125	0.004	0.43	PE DN500	57%
3620	3780	160	1600	1.274	0.118	192	0.085	0.004	0.35	PE DN400	66%
3780	3900	120	1200	0.833	0.123	187	0.062	0.002	0.43	PE DN500	51%
3900	4000	100	2200	0.908	0.154	161	0.098	0.002	0.43	PE DN500	70%
4000	4100	100	3440	2.573	0.094	223	0.214	0.015	0.43	PE DN500	54%
4100	4344	244	2440	2.218	0.125	185	0.126	0.015	0.35	PE DN400	56%
4344	4540	196	1960	1.354	0.124	186	0.102	0.004	0.43	PE DN400	50%
4540	4740	200	3960	1.483	0.161	156	0.172	0.004	0.43	PE DN500	74%
4740	4917	177	1770	1.641	0.113	197	0.097	0.008	0.35	PE DN400	59%

4 VASCHE DI LAMINAZIONE

Lungo il tracciato stradale sono state previste tre vasche di laminazione alle progressive km 2+080 (vasca di laminazione A), km 3+520 (vasca di laminazione B) e km 4+000 (vasca di laminazione C).

Tali vasche sono state inserite su richiesta del Consorzio di Bonifica Est Sesia al fine di ridurre le portate al colmo scaricate nella rete irrigua.

Il limite per ciascun punto di scarico è stato fissato dal Consorzio in 10 l/s (inteso come scarico massimo al punto di conferimento). In fase di progettazione definitiva, mediante appositi sopralluoghi con i gestori dei singoli Canali, proprietari dei terreni circostanti, e tenendo conto delle pendenze longitudinali della strada, sono stati individuati i punti di scarico idonei, confermati nell'ambito della progettazione esecutiva.

I bacini di laminazione saranno realizzati interamente fuori terra al fine di evitare interferenze con la falda e per consentire il loro svuotamento interamente a gravità senza l'uso di pompe. Al fine di migliorare l'inserimento paesaggistico i bacini verranno realizzati mediante argini in terra con scarpa 3:1 e saranno impermeabilizzati con geomembrane ricoperte da uno strato di ghiaietto sul fondo e terreno sulle sponde.

Tutti i bacini hanno un franco di sicurezza di almeno 0,5 metri dal pelo libero per l'evento con Tempo di Ritorno di 50 anni e sono dotati di sfioro di troppo pieno di sicurezza.

Lo scarico avverrà mediante un tubo di scarico di fondo dimensionato in modo tale che, a bacino pieno, la portata massima non superi i 10 l/s per un evento con tempo di ritorno 50 anni.

Il tubo, del diametro interno di 80mm, sarà dotato di apposita succhieruola al suo ingresso per evitare problemi di intasamento e di una saracinesca sul lato esterno dell'argine al fine di consentire, in caso di necessità, una regolazione ulteriore delle portate uscenti.

Criteri di progettazione e metodologia di calcolo

Evento di riferimento e caratteri generali

Dal punto di vista del tempo di ritorno, si è fatto riferimento alla curva pluviometrica con tempo di ritorno di 50 anni. Questo significa che i volumi totali di progetto invasati, in concomitanza con una durata t della pioggia, sono individuati dalla curva definita nella relazione idrologica e caratterizzata da tale rarità media in senso statistico.

Per quanto riguarda l'approccio di dimensionamento complessivo, si nota che i dati necessari per il dimensionamento delle vasche di laminazione sono sia di tipo idrologico, necessari alla stima dei volumi e delle portate che si concentrano alla sezione di chiusura, sia di tipo idraulico, relativi alla conformazione delle vasche e al loro funzionamento.

Dal punto di vista idrologico i dati necessari sono:

- la stima della portata di piena (in questo caso come detto si è assunta per il dimensionamento una piena di progetto con tempo di ritorno di 50 anni);
- la valutazione del tempo caratteristico del bacino afferente, che in accordo con le ipotesi alla base della formula razionale costituisce anche il tempo in cui si verifica la portata al colmo; e la valutazione del tempo caratteristico del ricettore naturale
- la forma dell'onda di piena in ingresso alle vasche di laminazione.

L'onda di piena di progetto è stata assunta di forma triangolare isoscele; si ha quindi un ramo ascendente che parte da portata nulla (inizio evento) ed arriva alla portata al colmo per un tempo δ pari al tempo di concentrazione, e un ramo discendente in cui il medesimo idrogramma ritorna a 0 per un tempo pari a 2δ .

L'assunzione della forma triangolare isoscele è congruente con le ipotesi alla base della cosiddetta *formula razionale*, e deriva dall'applicazione di uno idrogramma rettangolare di durata pari al tempo di concentrazione del bacino, e dall'assunzione di una *funzione di forma* del bacino costante.

Dal punto di vista idraulico, i dati necessari dipendono invece dalla specifica conformazione della vasca e degli organi regolatori (ed in particolare dalla luce sul fondo posta in uscita dalla vasca).

In linea generale, risulta in ogni caso necessario stabilire

- l'escursione di quota massima tra il fondo dell'invaso e la quota di massimo invaso, garantendo la sicurezza idraulica delle aree limitrofe attraverso un opportuno franco
- la funzione d'area dell'invaso (funzione che lega l'area dello specchio liquido alla quota di riempimento)

- la portata in uscita dall'invaso attraverso gli organi di regolazione (stramazzo o luce a battente, valvola di regolazione o eventuale sollevamento)
- la presenza di eventuali volumi dell'invaso riservati a funzione diverse da quella di laminazione.

Per ciascuno degli invasi progettati i dati idraulici sono stati variati fino a trovare –attraverso il procedimento di cui al punto successivo - una loro combinazione che garantisca la laminazione desiderata dell'idrogramma di piena (vincolo sulla portata in uscita di 10 l/s).

Dal punto di vista delle caratteristiche del bacino drenato, si sottolinea che in tutti i casi si tratta di bacini di dimensioni ridotte, caratterizzati da tempi di concentrazione di gran lunga inferiori ad un'ora.

L'obiettivo principale degli invasi di laminazione inseriti è quello di attenuare la concentrazione dei deflussi conseguente alla canalizzazione delle acque, e il conseguente aumento delle portate al colmo di piena, sulla base di un principio di invarianza idraulica. Ovviamente tale beneficio deve essere garantito soprattutto in concomitanza con l'attuarsi dell'evento critico per corpo idrico ricettore. Occorre notare che il ricettore finale (costituito da canali irrigui) è caratterizzato da tempi caratteristici nel complesso piuttosto brevi, sicuramente inferiori alle 24 ore.

In tal senso, non appare congrua l'applicazione del cosiddetto modello matematico delle sole piogge, il quale, procedendo per applicazione del principio della "durata che massimizza il volume di invaso", di natura meramente matematica, non considera il vincolo costituito dalle caratteristiche del ricettore di riferimento. Inoltre, per ipotesi di base, nel metodo delle sole piogge la portata uscente è pari alla massima portata scaricabile sin dall'inizio dell'evento (essa deve rimanere infatti costante). Ciò è tanto più lontano dal vero quanto più l'evento considerato è lungo: infatti eventi lunghi sono correlati con precipitazioni molto poco intense, tali cioè da non produrre l'efflusso della massima portata scaricabile (in questo caso 10 l/s) anche per periodi molto lunghi. In questo senso, dipendendo la portata di efflusso dal carico e quindi dall'effettiva configurazione geometrica della vasca, il metodo delle sole piogge non è in generale il più cautelativo.

Al fine di determinare in maniera più verosimile l'andamento del volume necessariamente invaso nelle vasche, si sono invece elaborati gli idrogrammi di durata crescente (fino al limite delle 24 ore); si è assunto quindi che, ai fini della laminazione delle portate determinate quali effetti della nuova infrastruttura, le precipitazioni con durata di 12 ore (e idrogramma di 24 ore) debbano essere prese a riferimento.

Simulazioni aggiuntive condotte per durate di pioggia di 6 e 24 ore (cui corrispondono idrogrammi di 12 e 48 ore rispettivamente) hanno confermato che l'assunzione del tempo critico di cui sopra va ad individuare in sostanza il range critico di precipitazioni che devono essere considerate nel progetto.

Al termine di questo paragrafo sono mostrati i risultati delle prove condotte per durate diverse.

Gli idrogrammi caratteristici, un funzione dell'area drenata, sono riportati per ciascuna vasca nei paragrafi successivi.

La metodologia di calcolo è invece esposta qui di seguito.

Metodologia di calcolo

La metodologia di calcolo di cui ci si è avvalsi è costituita da un metodo di simulazione del comportamento idraulico delle vasche una volta stabilite le condizioni geometriche, al contorno ed iniziali che ne determinano lo specifico funzionamento.

In prima analisi è dunque necessario stabilire delle dimensioni di prima approssimazione, che costituiscono le condizioni geometriche al contorno per sviluppare la simulazione di cui al punto successivo. Tali dimensioni hanno dovuto tenere conto dei vincoli planimetrici imposti dal presente progetto (in particolare relativamente all'estensione massima della superficie degli invasi).

Una volta compiuta la simulazione, è possibile valutare se le ipotesi fatte sono in grado di soddisfare i requisiti prestazionali richiesti in termini di capacità di invaso, e se vi fosse ancora spazio per eventuali economie.

Il procedimento utilizzato si basa su uno schema alle differenze finite, implementando l'equazione di continuità e le equazioni proprie dell'invaso.

L'intervallo di discretizzazione temporale assunto è pari a un minuto, intervallo che si è rivelato sufficiente a garantire la stabilità numerica dell'implementazione del procedimento.

Esso è nel seguito descritto per passi:

- Si assume la portata in ingresso ad ogni tempo $Q_a(t)$ (idrogramma entrante) così come deriva dall'analisi idrologica.
- Si individua la scala di deflusso dell'emissario, si stabilisce la portata Q recapitata in funzione del livello idrico $h(t - \Delta t)$ nell'invaso stesso.
- Si procede nel calcolo della differenze tra portate uscenti ed entranti per passi, adottando uno schema esplicito. La variazione di volume nell'invaso nell'intervallo di tempo Δt è:

$$\Delta W = [Q_a(t - \Delta t) - Q(t - \Delta t)] \cdot \Delta t$$

dove $Q(t - \Delta t)$ è quella determinata al passo 1 e $h = h(t - \Delta t)$ (valore del livello idrico nell'invaso allo step precedente)

- Si calcola l'altezza dell'invaso al tempo t utilizzando la relazione tra variazione di volume invasato e variazione del livello idrico ($\Delta h(t) = \frac{\Delta W(t)}{A(h)}$)

$$h(t) = h(t - 1) + \Delta h = h(t - 1) + \frac{\Delta W}{A}$$

- Si riparte dal punto 1 con il nuovo valore di altezza dell'invaso.

Calcolato tutto l'andamento della portata uscente è possibile ottenere:

- la massima e la minima altezza raggiunta dall'invaso.
- il massimo volume invasato nella vasca:

dato da

$$W_{max} = 0,5 \sum_{t=t_1}^{t_2-1} [Q_a(t) + Q_a(t+1) - Q(t) - Q(t+1)] \cdot \Delta t$$

dove t_1 e t_2 sono rispettivamente i tempi in cui la portata uscente raggiunge il minimo e il massimo.

La portata laminata risulta dalla differenza tra il massimo valore della portata entrante e quello della portata uscente.

Nel presente caso, essendo la portata uscente imposta tramite la presenza di una luce sul fondo, il problema sussisteva nel dimensionamento di vasche di capacità tale da ottenere la laminazione desiderata.

Vasca di laminazione A

Per quanto riguarda la vasca di laminazione A, l'idrogramma afferente allo stesso, per una durata di 24 ore, è riportato nella figura successiva 4.1.

La portata al colmo è relativa ad una durata di 12 ore ed è pari a 54 l/s come emerge dalla seguente tabella in cui sono riportate l'area drenata afferente alla vasca A, il tempo di concentrazione assunto, l'intensità di pioggia corrispondente e la portata al colmo raggiunta.

A	19200	m ²
tau	12	h
i	10.2	mm/h
Q	0.0543	m ³ /s

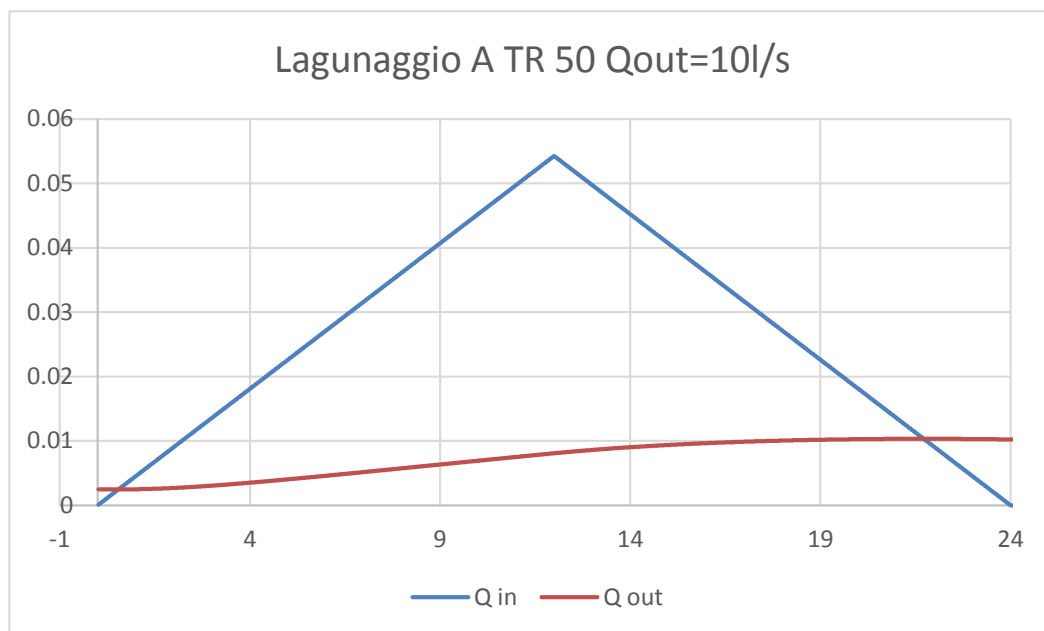


Figura 4.1 - Idrogramma in ingresso (idrogramma triangolare e in uscita

La portata massima accettabile in uscita (linea rossa in figura 4.1) non può superare, per assunzione, il valore di 10 l/s; quindi si impongono le caratteristiche geometriche della vasca (superficie del fondo e pendenza delle sponde) e si ottiene il valore massimo del livello idrico raggiunto nella stessa, in modo che tale vincolo sia rispettato.

La portata in uscita è calcolata come una luce sotto battente in funzione del tirante idrico

$$Q = mA(2gH)^{0.5}$$

dalla quale, ponendo:

- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ (accelerazione di gravità);
- $m = 0.59$ (coefficiente di portata);
- A = è l'area della tubazione in uscita (assunta pari a D80 mm);
- h = è l'altezza dell'acqua nella vasca ad un dato istante

L'area di base assunta per la vasca è pari a 2300 m^2 ; la massima estensione planimetrica dell'invaso attesa è pari a 2728 m^2 .

I volumi affluiti, invasati e defluiti sono riportati nella figura seguente.

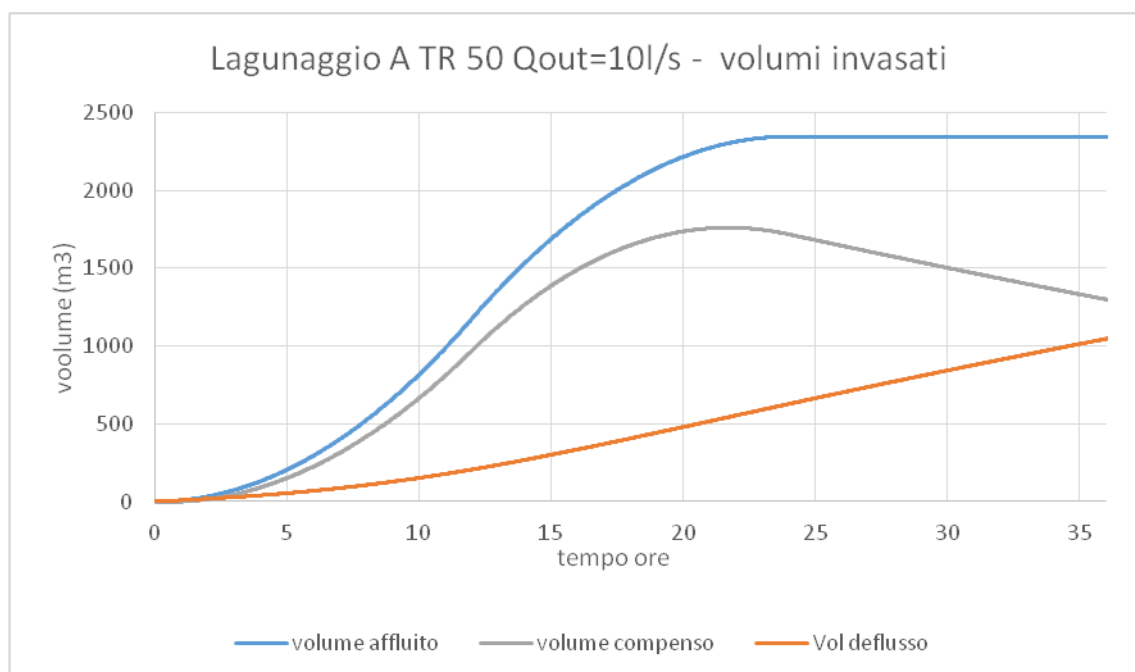


Figura 4.2 - Andamento dei volumi affluiti, invasati e defluiti

Il massimo volume invasato è pari a 1769 m^3 ; l'altezza di massimo invaso che si raggiunge nella vasca è pari a 61 centimetri.

Le caratteristiche della vasca di laminazione sono riportate nell'elaborato T00_ID00_IDR_DI02.
 La vasca è dotata

- 1) di un bypass che immette le portate in eccesso rispetto alle portate di prima pioggia, che vanno al disoleatore;
- 2) di una tubazione che immette le portate afferenti al dissabbiatore/disoleatore, in uscita da quest'ultimo;
- 3) di una tubazione di scarico, in PEAD, DN 80, che determina la portata uscente dalla vasca in corrispondenza di ciascun livello assegnato;
- 4) di un troppo pieno in calcestruzzo, che entra in funzione per eventi superiore a quello di progetto;
- 5) il coronamento è posto 50 centimetri sopra la quota del troppo pieno

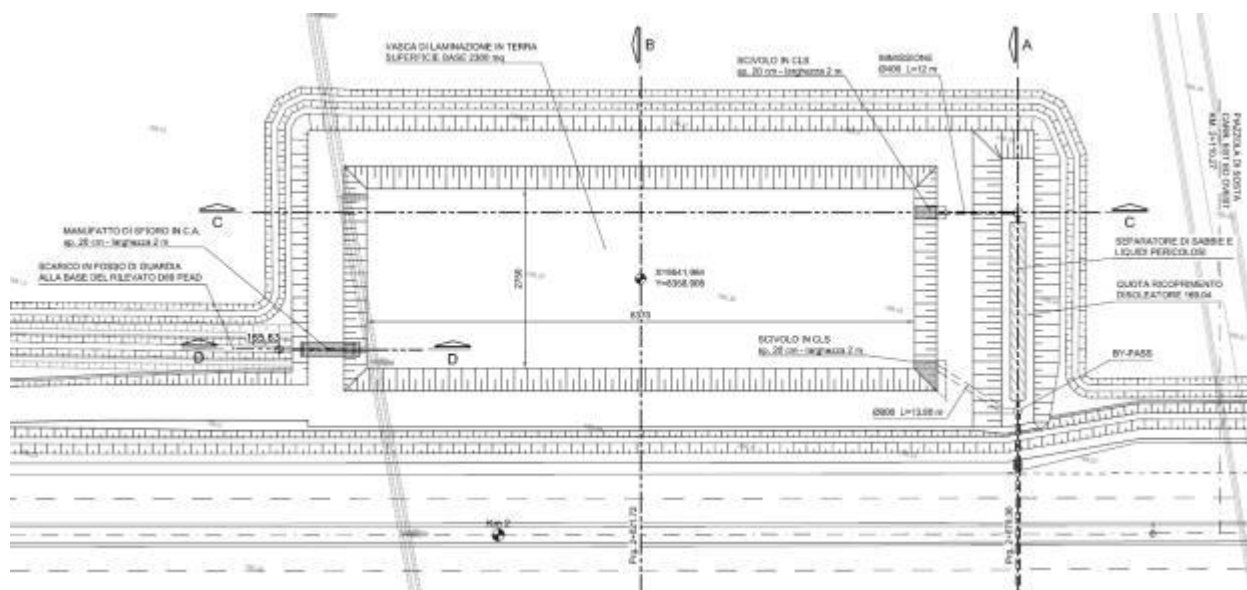


Figura 4.3 - planimetria generale dell'impianto di laminazione A

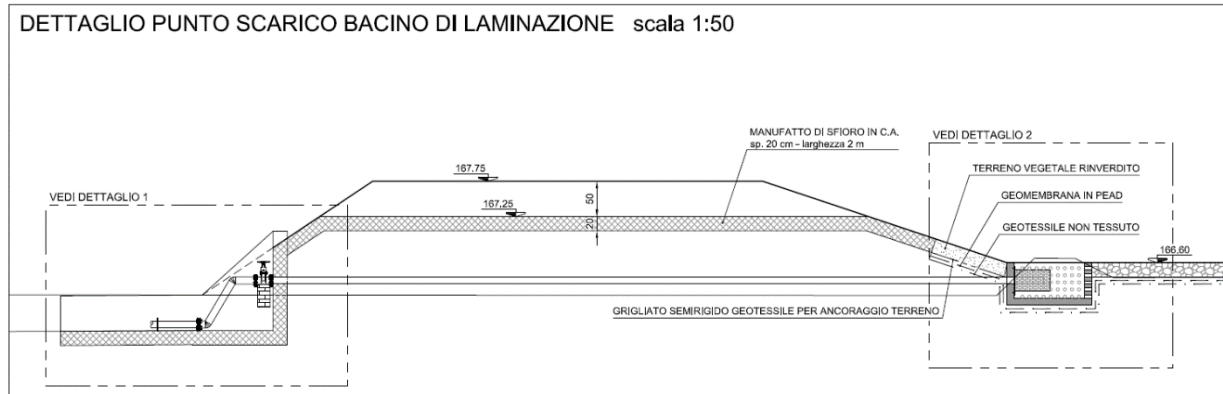


Figura 4.4 – Profilo del punto di scarico e troppo pieno per il bacino di laminazione A

Vasca di laminazione B

Per quanto riguarda la vasca di laminazione B, l'idrogramma afferente allo stesso, per una durata di 24 ore, è riportato nella figura successiva 4.5.

La portata al colmo è relativa ad una durata di 12 ore ed è pari a 70 l/s come emerge dalla seguente tabella in cui sono riportate l'area drenata afferente alla vasca A, il tempo di concentrazione assunto, l'intensità di pioggia corrispondente e la portata al colmo raggiunta.

A	24800	m ²
tau	12	h
i	10.1	mm/h
Q	0.070	m ³ /s

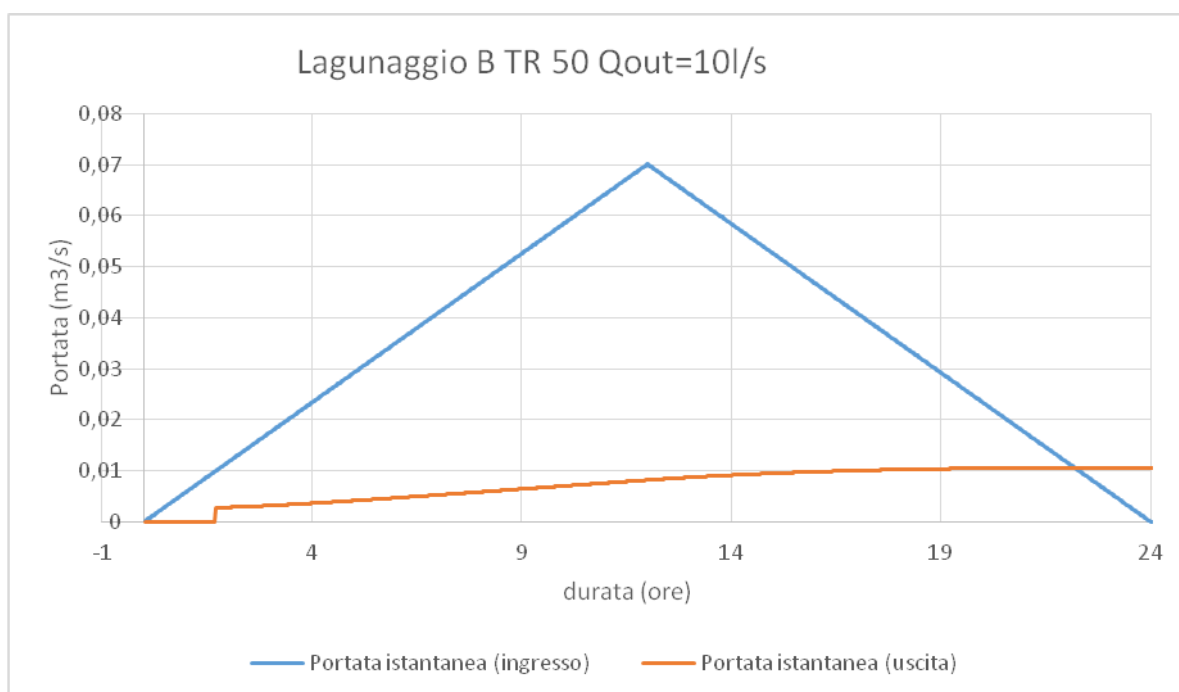


Figura 4.5 - Idrogramma in ingresso (idrogramma triangolare) e in uscita

La portata massima accettabile in uscita (linea rossa in figura 4.5) non può superare, per assunzione, il valore di 10 l/s; quindi si impongono le caratteristiche geometriche della vasca (superficie del fondo e pendenza delle sponde) e si ottiene il valore massimo del livello idrico raggiunto nella stessa, in modo che tale vincolo sia rispettato.

La portata in uscita è calcolata come una luce sotto battente in funzione del tirante idrico

$$Q = mA(2gH)^{0.5}$$

dalla quale, ponendo:

- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ (accelerazione di gravità);
- $m = 0.59$ (coefficiente di portata);
- A = è l'area della tubazione in uscita (assunta pari a D80 mm);
- h = è l'altezza dell'acqua nella vasca ad un dato istante

L'area di base assunta per la vasca è pari a 3000 m^2 ; la massima estensione planimetrica dell'invaso attesa è pari a 3464 m^2 .

I volumi affluiti, invasati e defluiti sono riportati nella figura seguente.

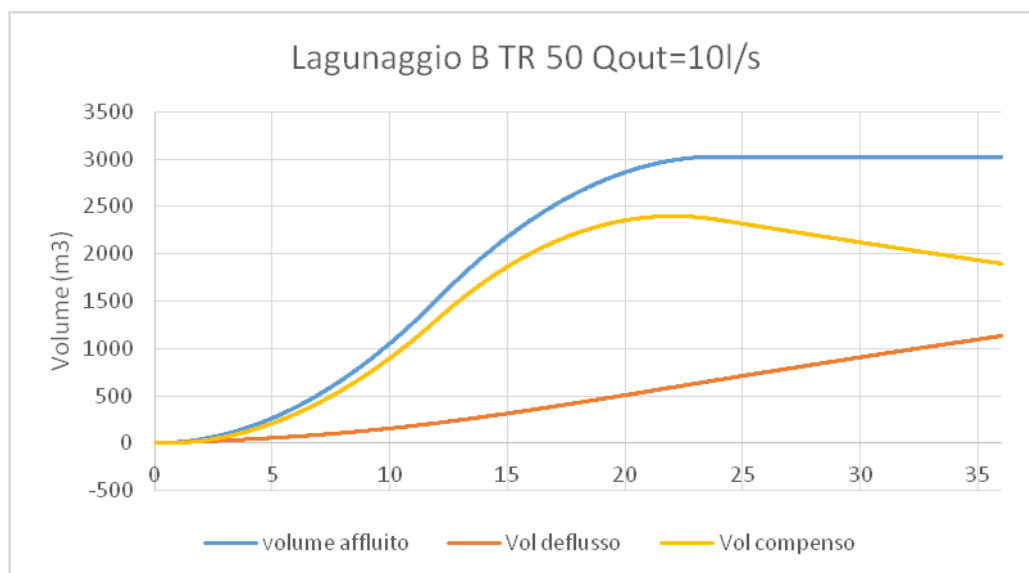


Figura 4.6 - Andamento dei volumi affluti, invasati e defluiti

Il massimo volume invasato è pari a 2438 m^3 ; l'altezza di massimo invaso che si raggiunge nella vasca è pari a 66 centimetri.

Le caratteristiche della vasca di laminazione sono riportate nell'elaborato T00_ID00_IDR_DI03.

La vasca è dotata

- 1) di un bypass che immette le portate in eccesso rispetto alle portate di prima pioggia, che vanno al disoleatore
- 2) di una tubazione che immette le portate afferenti al dissabbiatore/disoleatore, in uscita da quest'ultimo
- 3) di una tubazione di scarico, in PEAD, DN 80, che determina la portata uscente dalla vasca in corrispondenza di ciascun livello assegnato;
- 4) di un troppo pieno in calcestruzzo, che entra in funzione per eventi superiore a quello di progetto
- 5) il coronamento è posto 50 centimetri sopra la quota del troppo pieno

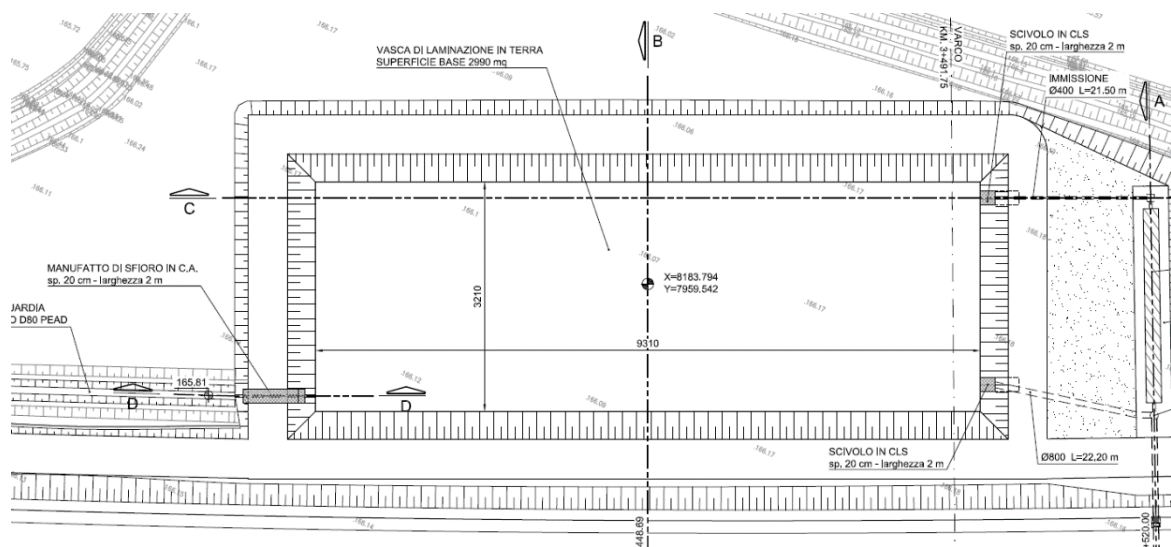


Figura 4.7 - planimetria generale dell'impianto di laminazione B

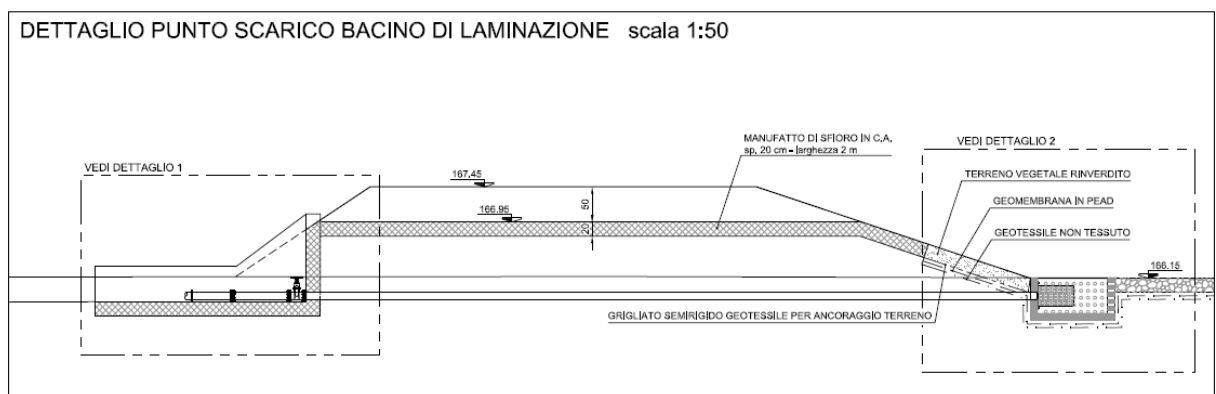


Figura 4.8 - Profilo del punto di scarico per il bacino di laminazione B

Vasca di laminazione C

Per quanto riguarda la vasca di laminazione C, l'idrogramma afferente alla stessa, per una durata di 24 ore, è riportato nella figura successiva 4.9.

La portata al colmo è relativa ad una durata di 12 ore ed è pari a 32 l/s come emerge dalla seguente tabella in cui sono riportate l'area drenata afferente alla vasca C, il tempo di concentrazione assunto, l'intensità di pioggia corrispondente e la portata al colmo raggiunta per l'evento di progetto.

A	11280	m ²
tau	12	h
i	10.16	mm/h
Q	0.032	m ³ /s

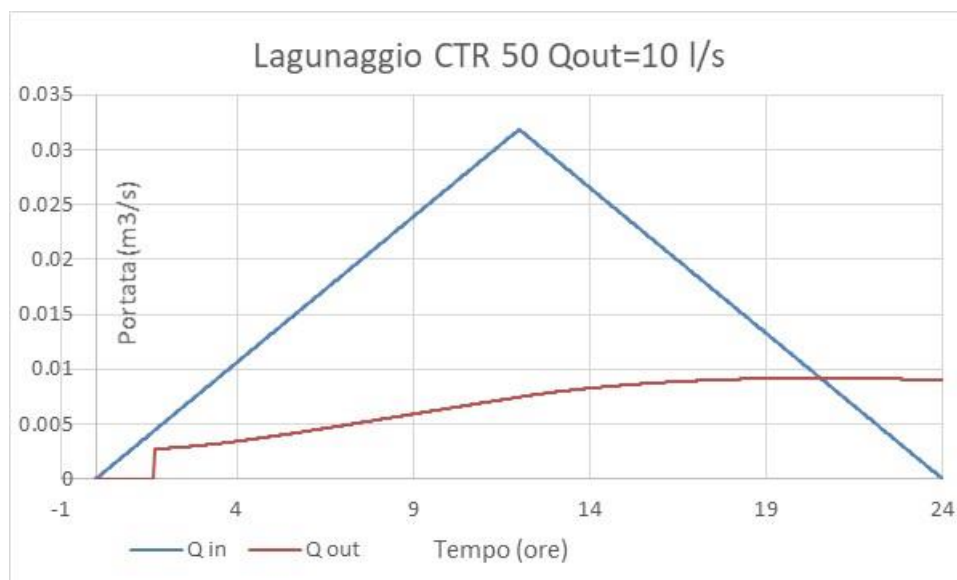


Figura 4.9 - Idrogramma in ingresso (idrogramma triangolare) e in uscita - vasca di laminazione C

La portata massima accettabile in uscita (linea rossa in figura 4.9) non può superare, per assunzione, il valore di 10 l/s; quindi si impongono le caratteristiche geometriche della vasca (superficie del fondo e pendenza delle sponde) e si ottiene il valore massimo del livello idrico raggiunto nella stessa, in modo che tale vincolo sia rispettato.

La portata in uscita è calcolata come una luce sotto battente in funzione del tirante idrico

$$Q = mA(2gH)^{0.5}$$

dalla quale, ponendo:

- $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ (accelerazione di gravità);
- $m = 0.59$ (coefficiente di portata);
- $A =$ è l'area della tubazione in uscita (assunta pari a D80 mm);
- $h =$ è l'altezza dell'acqua nella vasca ad un dato istante

L'area di base assunta per la vasca è pari a 1320 m^2 ; la massima estensione planimetrica dell'invaso attesa è pari a 1665 m^2 .

I volumi affluiti, invasati e defluiti sono riportati nella figura seguente.

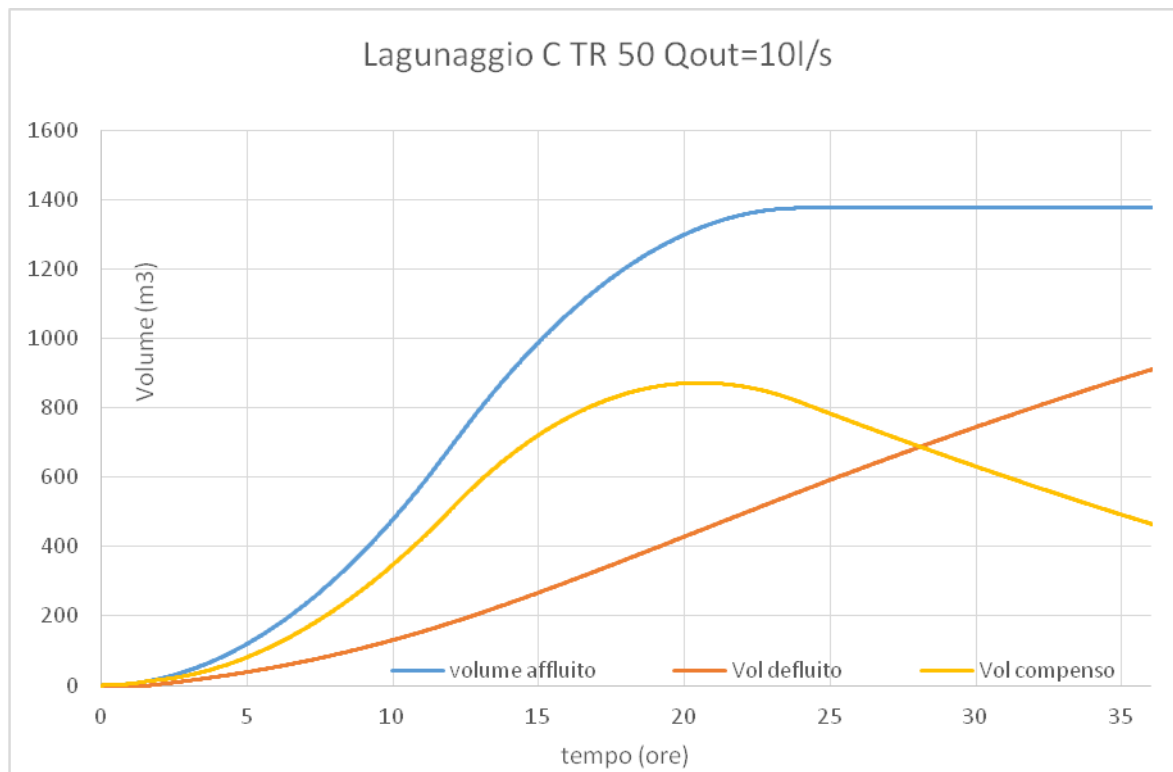


Figura 4.10 - Andamento dei volumi affluiti, invasati e defluiti

Il massimo volume invasato è pari a 872 m^3 ; l'altezza di massimo invaso che si raggiunge nella vasca è pari a 51 centimetri.

Le caratteristiche della vasca di laminazione sono riportate nell'elaborato T00_ID00_IDR_DI04.

La vasca è dotata

- 1) di un bypass che immette le portate in eccesso rispetto alle portate di prima pioggia, che vanno al disoleatore
- 2) di una tubazione che immette le portate afferenti al dissabbiatore/disoleatore, in uscita da quest'ultimo
- 3) di una tubazione di scarico, in PEAD, DN 80, che determina la portata uscente dalla vasca in corrispondenza di ciascun livello assegnato;
- 4) di un troppo pieno in calcestruzzo, che entra in funzione per eventi superiore a quello di progetto

5) il coronamento è posto 50 centimetri sopra la quota del troppo pieno

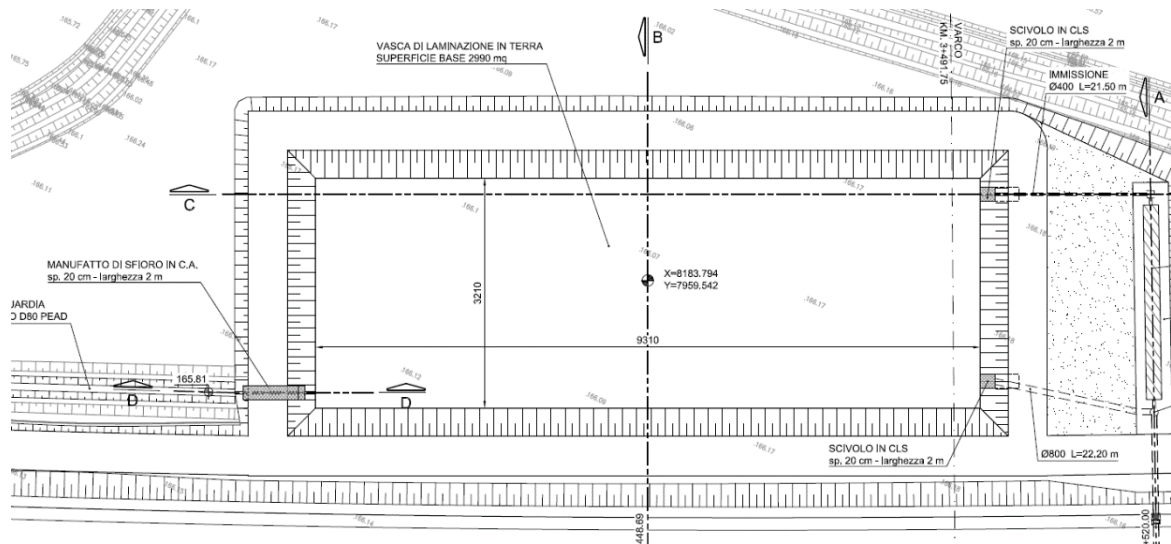


Figura 4.11 - planimetria generale dell'impianto di laminazione C

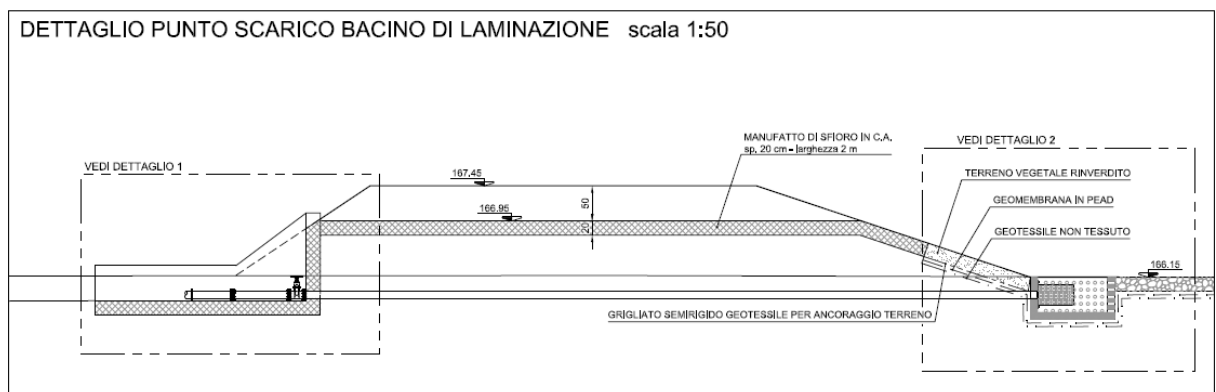


Figura 4.12 - Profilo del punto di scarico per il bacino di laminazione C

Confronto con altre durate ed altri metodi di dimensionamento

A supporto della metodologia adottata, si è fatta una verifica del funzionamento delle vasche nella stessa configurazione di progetto ma variando la durata della precipitazione e mantenendo il vincolo dello scarico pari a 10 l/s ai punti di recapito.

In particolare si sono testate le seguenti durate:

- il tempo di concentrazione della rete di drenaggio (desunta dal calcolo della rete dei collettori, e comunque inferiore a 30')
- una durata della precipitazione di 6 ore (idrogramma che si esaurisca in 12 ore)
- una durata di 12 ore (idrogramma che si esaurisca in 24 ore)
- una durata di 24 ore (idrogramma che si esaurisca in 48 ore)

Si è inoltre calcolato il volume che deriva dall'applicazione del cosiddetto "metodo delle sole piogge" o della massimizzazione dei volumi, che, come detto, assume una portata in uscita dal sistema costante e pari alla massima portata esitabile, ipotesi tuttavia che non si attua soprattutto per eventi di lunga durata e bassa intensità, per i quali la portata in uscita in diverse fasi dell'idrogramma d'ingresso saranno necessariamente più basse (conseguentemente l'ipotesi è non sempre cautelativa).

I risultati sono riportati nella seguente tabella:

volume di laminazione		A	B	C
Area di piattaforma drenata (non ridotta)	[m ²]	19200	24800	11280
Volume massimo, evento con durata pari al tempo di concentrazione	[m ³]	580	837	428
Volume massimo, evento con durata pioggia pari a 6 h	[m ³]	1572	2109	827
Volume massimo, evento con durata pioggia pari a 12 h	[m ³]	1769	2438	873

volume di laminazione		A	B	C
Area di piattaforma drenata (non ridotta)	[m ²]	19200	24800	11280
Volume massimo, evento con durata pioggia pari a 24 h	[m ³]	1826	2529	800
metodo sole piogge	[m ³]	1721	2502	773
Durata critica metodo sole piogge	[ore]	24,1	35,4	10,8
<i>volume assunto a progetto</i>	<i>[m³]</i>	<i>1769</i>	<i>2438</i>	<i>873</i>

Come si vede, le piogge brevi non risultano mai critiche dal punto di vista dei volumi invasati per il sistema in questione; anche le piogge con durata di 6 ore conducono a volumi che sono superati dalle altre simulazioni di durata più lunga.

Le piogge critiche ottenute con il metodo di simulazione basato sul bilancio dei volumi risultano ricomprese in un range tra le 12 e le 24 ore; la differenza tuttavia nell'ambito di questo range appare molto limitata. Si ritiene dunque di poter ragionevolmente prendere a riferimento la durata di 12 ore, anche in considerazione del fatto che per eventi oltre il tempo di ritorno di 50 anni oppure oltre la durata di 12 ore sarà ancora notevole l'effetto di laminazione dell'invaso dovuto ai volumi aggiuntivi ubicati al di sopra della linea di primo sfioro.

Il metodo delle sole piogge conduce all'individuazione di volumi critici che sono estremamente simili a quelli individuati dal calcolo effettuato per simulazione del bilancio idraulico delle vasche; in particolare tale volume è leggermente superiore per la vasca B e inferiore per le vasche A e C.

5 IMPIANTI DI TRATTAMENTO

I separatori di sabbie in continuo per il trattamento acque di prima pioggia ed intercettazione di eventuali sversamenti accidentali saranno inseriti nella rete prima dello scarico nei torrenti e nelle vasche di laminazione.

Le sabbie tendono ad accumularsi nei tratti dei condotti in cui le velocità del flusso risultano più ridotte. Di conseguenza in occasione delle elevate velocità di flusso conseguenti alle piogge, le sabbie arricchiscono enormemente la fase solida delle acque in arrivo al recapito. Questo materiale in sospensione tenderebbe ad intasare i fossi ed inoltre le sabbie, a causa della loro azione abrasiva, rischierebbero di deteriorare le tubazioni di collegamento. Per ovviare a questo fenomeno, al fine di ridurre la componente solida scaricata dal sistema di drenaggio delle acque meteoriche verranno installati sistemi di separazione in cui la velocità del flusso liquido da depurare viene sufficientemente ridotta, in modo da permettere una decantazione delle sabbie presenti in seno al fluido. Il processo di sedimentazione granulare avviene per gravità e sulla particella agisce una forza verticale che è la risultante del peso della particella e della spinta del liquido.

L'impianto di separazione di sabbie e fanghi per acque di pioggia in continuo è formato da tubazioni circolari in HDPE con profilo di parete strutturato interamente rispondenti alla norma DIN16961.

Le acque di dilavamento, provenienti dalle superfici scolanti vengono preliminarmente selezionate in opportuno manufatto di sfioro (pozzetto scolmatore) e successivamente vengono inviate al trattamento di desabbiatura. All'interno del serbatoio di trattamento è installato un primo deflettore verticale che ha la funzione di rallentare il flusso in ingresso e trattenere eventuali solidi galleggianti presenti nelle acque di piattaforma. Nella sezione mediale dell'impianto avviene la separazione delle sabbie e degli inerti che per gravità raggiungono il fondo del separatore, contestualmente si verifica anche la flottazione delle morchie e delle aggregazioni oleose. Le particelle solide vengono trattenute grazie ad un deflettore di contenimento. La sezione di uscita si completa con un deflettore che protegge da eventuali fughe di solidi o liquidi galleggianti.

Criteri di dimensionamento dei separatori di sabbie

Al fine di ridurre la componente solida scaricata dai sistemi di drenaggio per acque di pioggia vengono utilizzati sistemi di separazione in cui la velocità del flusso liquido da depurare viene sufficientemente ridotta, in modo da permettere una decantazione delle sabbie presenti in seno al fluido.

Il processo di sedimentazione granulare avviene per gravità, sulla particella agisce una forza verticale che è la risultante del peso della particella e della spinta del liquido.

Ammettendo per semplicità che la particella abbia forma sferica, per cui $V:A = 2/3 d$ (essendo d

$$v = \sqrt{\frac{4g(\rho_s - \rho)d}{3C_d\rho}}$$

il diametro della particella):

Il valore del coefficiente di Newton, C_d , è legato al numero di Reynolds (Re) e varia con la forma della particella. Per corpi sferici, esso può essere espresso come:

$$C_d = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0,34$$

Il parametro idraulico di progetto necessario è la portata massima Q_{max} uguale alla portata di punta determinata sulla base del tempo di ritorno di progetto per i sistemi di trattamento delle acque di pioggia. A seconda del rendimento di abbattimento η_{sabbie} voluto per le sabbie, è necessario conoscere la distribuzione granulometrica in un campione reale per fissare la dimensione della particella più fine che si desidera separare dalle acque di drenaggio.

A parità di portata, infatti, maggiore è la lunghezza L_{diss} della vasca e maggiore risulta lo spazio a disposizione della portata liquida per poter sedimentare le particelle solide in essa sospese. Perché una particella si separi dalla fase liquida è necessario che il tempo di sedimentazione t_{sed} sia uguale al tempo di trascinamento t che la particella impiega, assieme al flusso medio della fase liquida, a percorrere la lunghezza L_{diss} della vasca. Dal punto di vista cinematico, ciò significa che deve essere:

$$\frac{V}{V_{sed}} = \frac{L_{diss}}{H_{diss}}$$

dove:

- V è la velocità media del flusso liquido nel desabbiatore (componente orizzontale);
- V_{sed} è la velocità di sedimentazione (componente verticale delle particelle da sedimentare)

- L_{diss} è la lunghezza utile della vasca di dissabbiatura;
- H_{diss} è l'altezza utile (del livello idrico) del dissabbiatore.

In una vasca a flusso orizzontale (e cioè con velocità di trasporto V data da un vettore orizzontale), in una sezione longitudinale si possono distinguere 4 zone. La prima di ingresso, la seconda di uscita, in cui la sedimentazione è disturbata dalla vicinanza dei dispositivi di immissione e di scarico. Una terzo comparto indicato come zona del fango, in cui si raccolgono le particelle sedimentate. Infine la quarta, di sedimentazione vera e propria, in cui la velocità di trasporto del liquido V si mantiene costante e nella sezione iniziale si ammette che la concentrazione e la distribuzione delle particelle delle diverse dimensioni sia uniforme. Detta V_{sed} la velocità di caduta che compete alle più piccole delle particelle di cui si vuole ottenere la separazione, il cammino più lungo percorso, nella zona di sedimentazione, è quello in cui una di tali particelle che inizialmente si trovi nel punto di ingresso raggiunga il termine della zona di raccolta dei fanghi. Le parti sospese, caratterizzate da dimensioni e quindi da velocità di sedimentazione uguali o maggiori, potranno raggiungere la zona del fango qualunque sia la distanza dal fondo con cui attraversano la sezione di ingresso della vasca.

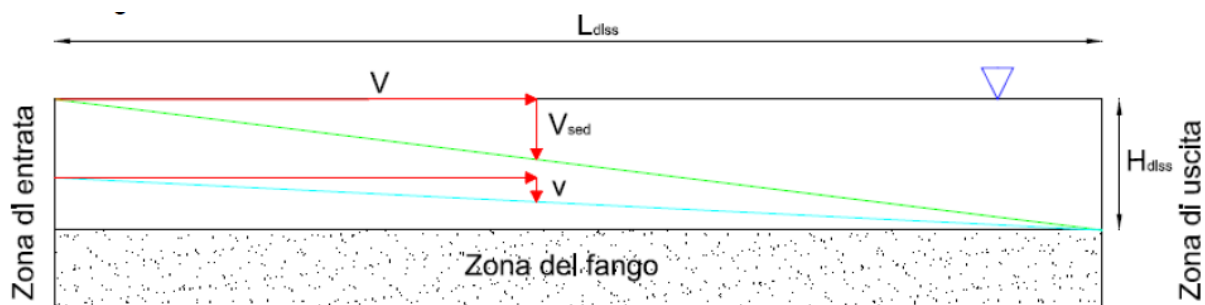


Figura 5.1 - Schema di funzionamento del sedimentatore a gravità

Si fissa la massima velocità del flusso all'interno del dissipatore in modo da determinare, anche con la portata massima, la separazione di tutte le particelle uguali o superiori a 0,075 mm di diametro efficace (e peso specifico relativo pari a circa 2,65). Dalle analisi sperimentali risulta ad esempio che zinco e rame aderiscono in modo nettamente maggiore alla frazione più fine del sedimento ($<75 \mu m$), ma in generale le percentuali di inquinanti associate ai solidi risultano per l'80-90% adese a particelle di particolato di dimensioni superiori a 75 μm .

Qui di seguito si riporta la tabella riassuntiva del dimensionamento:

Impianto		1	2	3	4	5
PK		0+930	2+080	3+520	4+000	4+745
Q progetto	l/s	914	830	911	624	538
Q prima pioggia	l/s	143	107	138	63	63
H moto uniforme - tubazione prima pioggia	cm	33	25	32	18	18
Lunghezza totale	m	36,15	27,15	27,15	12,15	12,15
diametro	m	2	2	2	2	2
Diametro ingresso impianto	mm	400	400	400	400	400
Diametro bypass	mm	800	800	800	800	800

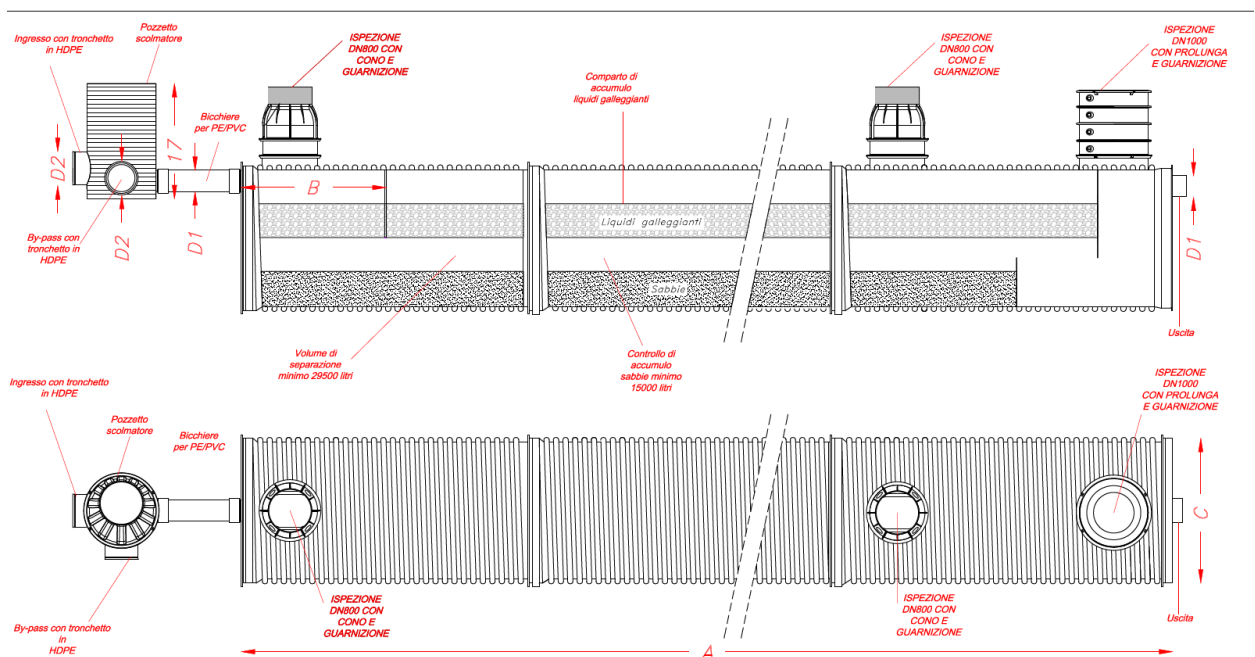


Figura 5.2 - Pianta e sezione degli impianti per la sedimentazione e la disoleazione

6 APPENDICE A

Si riporta in questa appendice il risultato dei calcoli per il dimensionamento delle vasche.

Sono indicati:

- la portata istantanea in ingresso alla vasca;
- il volume affluito nei 60' della discretizzazione
- il volume affluito cumulato
- il volume defluito nei 60' della discretizzazione
- il volume invasato
- la superficie dell'invaso
- l'altezza istantanea del livello idrico nella vasca
- la portata istantanea in uscita

Calcoli vasca di laminazione A

Tempo (ore)	Portata istantanea (ingresso) (m ³ /s)	Volume affl. (60') (m ³)	Volume affl. (cum.) (m ³)	Volume defl. (60') (m ³)	Volume defluito (cum.) (m ³)	Volume invasato (m ³)	Superf. invaso (m ²)	Altezza vasca (ist) (m)	Portata ist. (uscita) (m ³ /s)
0.0	0.000	0.005	0.0	0.000	0.0	0.0	2300	0.000	0.000
0.5	0.002	0.139	2.2	0.000	0.0	2.2	2301	0.001	0.000
1.0	0.005	0.274	8.5	0.000	0.0	8.5	2302	0.004	0.000
1.5	0.007	0.410	18.8	0.000	0.0	18.8	2305	0.008	0.000
2.0	0.009	0.546	33.2	0.172	3.4	29.8	2308	0.013	0.003
2.5	0.011	0.681	51.7	0.181	8.7	43.0	2312	0.019	0.003

Tempo	Portata istantanea (ingresso)	Volume affl. (60')	Volume affl. (cum.)	Volume defl. (60')	Volume defluito (cum.)	Volume invasato	Superf. invaso	Altezza vasca (ist)	Portata ist. (uscita)
(ore)	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ²)	(m)	(m ³ /s)
3.0	0.014	0.817	74.2	0.192	14.3	59.9	2317	0.026	0.003
3.5	0.016	0.952	100.8	0.204	20.2	80.6	2323	0.035	0.003
4.0	0.018	1.088	131.5	0.218	26.5	105.0	2329	0.045	0.004
4.5	0.020	1.224	166.2	0.232	33.3	132.9	2337	0.057	0.004
5.0	0.023	1.359	205.0	0.248	40.5	164.5	2346	0.070	0.004
5.5	0.025	1.495	247.9	0.264	48.2	199.8	2356	0.085	0.004
6.0	0.027	1.631	294.9	0.280	56.3	238.5	2366	0.101	0.005
6.5	0.029	1.766	345.9	0.297	65.0	280.9	2378	0.118	0.005
7.0	0.032	1.902	401.0	0.314	74.2	326.8	2390	0.137	0.005
7.5	0.034	2.038	460.1	0.331	83.9	376.3	2403	0.157	0.006
8.0	0.036	2.173	523.4	0.348	94.1	429.3	2417	0.178	0.006
8.5	0.038	2.309	590.7	0.366	104.8	485.9	2431	0.200	0.006
9.0	0.041	2.444	662.0	0.383	116.0	546.0	2447	0.223	0.006
9.5	0.043	2.580	737.5	0.401	127.8	609.7	2463	0.248	0.007
10.0	0.045	2.716	817.0	0.418	140.1	676.9	2480	0.273	0.007
10.5	0.048	2.851	900.6	0.435	152.9	747.7	2497	0.299	0.007
11.0	0.050	2.987	988.2	0.453	166.2	822.0	2515	0.327	0.008
11.5	0.052	3.123	1079.9	0.470	180.0	899.9	2534	0.355	0.008
12.0	0.054	3.252	1175.7	0.487	194.4	981.3	2553	0.384	0.008
12.5	0.052	3.117	1271.2	0.503	209.3	1061.9	2572	0.413	0.008
13.0	0.050	2.981	1362.5	0.518	224.6	1138.0	2589	0.439	0.009
13.5	0.047	2.845	1449.9	0.531	240.3	1209.6	2606	0.464	0.009
14.0	0.045	2.710	1533.1	0.543	256.4	1276.7	2621	0.487	0.009
14.5	0.043	2.574	1612.3	0.554	272.9	1339.5	2635	0.508	0.009
15.0	0.041	2.439	1687.5	0.563	289.6	1397.8	2648	0.528	0.009
15.5	0.038	2.303	1758.5	0.572	306.7	1451.8	2660	0.546	0.010
16.0	0.036	2.167	1825.5	0.580	324.0	1501.5	2671	0.562	0.010
16.5	0.034	2.032	1888.4	0.587	341.5	1546.9	2681	0.577	0.010
17.0	0.032	1.896	1947.2	0.594	359.2	1588.0	2689	0.590	0.010
17.5	0.029	1.760	2002.0	0.599	377.1	1624.9	2697	0.602	0.010
18.0	0.027	1.625	2052.7	0.604	395.2	1657.5	2704	0.613	0.010
18.5	0.025	1.489	2099.4	0.609	413.4	1686.0	2710	0.622	0.010
19.0	0.023	1.353	2141.9	0.612	431.7	1710.2	2716	0.630	0.010
19.5	0.020	1.218	2180.4	0.615	450.1	1730.3	2720	0.636	0.010
20.0	0.018	1.082	2214.9	0.617	468.6	1746.3	2723	0.641	0.010
20.5	0.016	0.946	2245.2	0.619	487.1	1758.1	2726	0.645	0.010
21.0	0.014	0.811	2271.5	0.620	505.7	1765.8	2727	0.647	0.010
21.5	0.011	0.675	2293.7	0.621	524.4	1769.4	2728	0.649	0.010
22.0	0.009	0.540	2311.9	0.621	543.0	1768.9	2728	0.648	0.010
22.5	0.007	0.404	2326.0	0.620	561.6	1764.4	2727	0.647	0.010

Tempo	Portata istantanea (ingresso)	Volume affl. (60')	Volume affl. (cum.)	Volume defl. (60')	Volume defluito (cum.)	Volume invasato	Superf. invaso	Altezza vasca (ist)	Portata ist. (uscita)
(ore)	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ²)	(m)	(m ³ /s)
23.0	0.004	0.268	2336.0	0.619	580.2	1755.8	2725	0.644	0.010
23.5	0.002	0.133	2341.9	0.617	598.7	1743.2	2723	0.640	0.010
24.0	0.000	0.000	2343.8	0.615	617.2	1726.6	2719	0.635	0.010
24.5	0.000	0.000	2343.8	0.612	635.6	1708.2	2715	0.629	0.010
25.0	0.000	0.000	2343.8	0.609	653.9	1689.9	2711	0.623	0.010
25.5	0.000	0.000	2343.8	0.607	672.1	1671.7	2708	0.617	0.010
26.0	0.000	0.000	2343.8	0.604	690.3	1653.5	2704	0.612	0.010
26.5	0.000	0.000	2343.8	0.601	708.4	1635.5	2700	0.606	0.010
27.0	0.000	0.000	2343.8	0.599	726.4	1617.5	2696	0.600	0.010
27.5	0.000	0.000	2343.8	0.596	744.3	1599.5	2692	0.594	0.010
28.0	0.000	0.000	2343.8	0.593	762.1	1581.7	2688	0.588	0.010
28.5	0.000	0.000	2343.8	0.590	779.9	1564.0	2685	0.583	0.010
29.0	0.000	0.000	2343.8	0.588	797.5	1546.3	2681	0.577	0.010
29.5	0.000	0.000	2343.8	0.585	815.1	1528.7	2677	0.571	0.010
30.0	0.000	0.000	2343.8	0.582	832.6	1511.2	2673	0.565	0.010
30.5	0.000	0.000	2343.8	0.579	850.0	1493.8	2669	0.560	0.010
31.0	0.000	0.000	2343.8	0.577	867.4	1476.4	2666	0.554	0.010
31.5	0.000	0.000	2343.8	0.574	884.6	1459.2	2662	0.548	0.010
32.0	0.000	0.000	2343.8	0.571	901.8	1442.0	2658	0.542	0.010
32.5	0.000	0.000	2343.8	0.568	918.9	1424.9	2654	0.537	0.009
33.0	0.000	0.000	2343.8	0.565	935.9	1407.9	2651	0.531	0.009
33.5	0.000	0.000	2343.8	0.563	952.8	1391.0	2647	0.526	0.009
34.0	0.000	0.000	2343.8	0.560	969.7	1374.2	2643	0.520	0.009
34.5	0.000	0.000	2343.8	0.557	986.4	1357.4	2640	0.514	0.009
35.0	0.000	0.000	2343.8	0.554	1003.1	1340.8	2636	0.509	0.009
35.5	0.000	0.000	2343.8	0.551	1019.7	1324.2	2632	0.503	0.009
36.0	0.000	0.000	2343.8	0.549	1036.2	1307.7	2628	0.498	0.009
36.5	0.000	0.000	2343.8	0.546	1052.6	1291.3	2625	0.492	0.009
37.0	0.000	0.000	2343.8	0.543	1068.9	1274.9	2621	0.486	0.009
37.5	0.000	0.000	2343.8	0.540	1085.1	1258.7	2617	0.481	0.009
38.0	0.000	0.000	2343.8	0.537	1101.3	1242.5	2614	0.475	0.009
38.5	0.000	0.000	2343.8	0.534	1117.4	1226.5	2610	0.470	0.009
39.0	0.000	0.000	2343.8	0.531	1133.3	1210.5	2607	0.464	0.009
39.5	0.000	0.000	2343.8	0.528	1149.2	1194.6	2603	0.459	0.009
40.0	0.000	0.000	2343.8	0.526	1165.1	1178.8	2599	0.453	0.009
40.5	0.000	0.000	2343.8	0.523	1180.8	1163.1	2596	0.448	0.009
41.0	0.000	0.000	2343.8	0.520	1196.4	1147.4	2592	0.443	0.009
41.5	0.000	0.000	2343.8	0.517	1212.0	1131.9	2589	0.437	0.009
42.0	0.000	0.000	2343.8	0.514	1227.4	1116.4	2585	0.432	0.009
42.5	0.000	0.000	2343.8	0.511	1242.8	1101.0	2582	0.426	0.009

Tempo	Portata istantanea (ingresso)	Volume affl. (60')	Volume affl. (cum.)	Volume defl. (60')	Volume defluito (cum.)	Volume invasato	Superf. invaso	Altezza vasca (ist)	Portata ist. (uscita)
(ore)	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ²)	(m)	(m ³ /s)
43.0	0.000	0.000	2343.8	0.508	1258.1	1085.7	2578	0.421	0.008
43.5	0.000	0.000	2343.8	0.505	1273.3	1070.6	2575	0.416	0.008
44.0	0.000	0.000	2343.8	0.502	1288.4	1055.4	2571	0.411	0.008
44.5	0.000	0.000	2343.8	0.499	1303.4	1040.4	2568	0.405	0.008
45.0	0.000	0.000	2343.8	0.496	1318.3	1025.5	2564	0.400	0.008
45.5	0.000	0.000	2343.8	0.493	1333.2	1010.6	2561	0.395	0.008
46.0	0.000	0.000	2343.8	0.490	1347.9	995.9	2557	0.389	0.008
46.5	0.000	0.000	2343.8	0.487	1362.6	981.2	2554	0.384	0.008
47.0	0.000	0.000	2343.8	0.484	1377.2	966.7	2550	0.379	0.008
47.5	0.000	0.000	2343.8	0.481	1391.7	952.2	2547	0.374	0.008
48.0	0.000	0.000	2343.8	0.478	1406.1	937.8	2543	0.369	0.008
48.5	0.000	0.000	2343.8	0.475	1420.4	923.5	2540	0.364	0.008
49.0	0.000	0.000	2343.8	0.472	1434.6	909.3	2537	0.358	0.008
49.5	0.000	0.000	2343.8	0.469	1448.7	895.1	2533	0.353	0.008
50.0	0.000	0.000	2343.8	0.466	1462.7	881.1	2530	0.348	0.008
50.5	0.000	0.000	2343.8	0.463	1476.7	867.2	2527	0.343	0.008
51.0	0.000	0.000	2343.8	0.460	1490.5	853.3	2523	0.338	0.008
51.5	0.000	0.000	2343.8	0.457	1504.3	839.6	2520	0.333	0.008
52.0	0.000	0.000	2343.8	0.454	1517.9	825.9	2517	0.328	0.008
52.5	0.000	0.000	2343.8	0.451	1531.5	812.3	2513	0.323	0.008
53.0	0.000	0.000	2343.8	0.448	1545.0	798.8	2510	0.318	0.007

Calcoli vasca di laminazione B

Tempo	Portata istantanea (ingresso)	Volume affl. (60')	Volume affl. (cum.)	Volume defl. (60')	Volume defluito (cum.)	Vol- invasato	Superf. invaso	Altezza vasca (ist)	Portata ist. (uscita)
(ore)	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ²)	(m)	(m ³ /s)
0.0	0.000	0.006	0.006	0.000	0.0	0.0	3000	0.000	0.000
0.5	0.003	0.179	2.852	0.000	0.0	2.9	3001	0.001	0.000
1.0	0.006	0.354	10.939	0.000	0.0	10.9	3002	0.004	0.000
1.5	0.009	0.529	24.282	0.000	0.0	24.3	3005	0.008	0.000
2.0	0.012	0.705	42.880	0.169	3.2	39.7	3009	0.013	0.003
2.5	0.015	0.880	66.734	0.179	8.4	58.3	3013	0.019	0.003
3.0	0.018	1.055	95.845	0.190	13.9	81.9	3018	0.027	0.003
3.5	0.021	1.230	130.211	0.203	19.8	110.4	3024	0.037	0.003
4.0	0.023	1.405	169.833	0.217	26.1	143.7	3031	0.047	0.004
4.5	0.026	1.581	214.711	0.232	32.8	181.9	3039	0.060	0.004

Tempo	Portata istantanea (ingresso)	Volume affl. (60')	Volume affl. (cum.)	Volume defl. (60')	Volume defluito (cum.)	Vol- in-vasato	Superf. invaso	Altezza vasca (ist)	Portata ist. (uscita)
(ore)	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ²)	(m)	(m ³ /s)
5.0	0.029	1.756	264.846	0.247	40.0	224.8	3048	0.074	0.004
5.5	0.032	1.931	320.236	0.263	47.7	272.5	3058	0.089	0.004
6.0	0.035	2.106	380.882	0.280	55.9	325.0	3070	0.106	0.005
6.5	0.038	2.281	446.784	0.297	64.5	382.3	3081	0.124	0.005
7.0	0.041	2.457	517.942	0.314	73.7	444.2	3094	0.144	0.005
7.5	0.044	2.632	594.356	0.332	83.4	511.0	3108	0.164	0.006
8.0	0.047	2.807	676.026	0.349	93.6	582.4	3123	0.187	0.006
8.5	0.050	2.982	762.952	0.367	104.4	658.6	3138	0.210	0.006
9.0	0.053	3.157	855.133	0.384	115.6	739.5	3154	0.234	0.006
9.5	0.056	3.333	952.571	0.402	127.4	825.1	3171	0.260	0.007
10.0	0.058	3.508	1055.265	0.420	139.8	915.5	3189	0.287	0.007
10.5	0.061	3.683	1163.214	0.437	152.6	1010.6	3207	0.315	0.007
11.0	0.064	3.858	1276.420	0.455	166.0	1110.4	3226	0.344	0.008
11.5	0.067	4.033	1394.882	0.472	179.9	1214.9	3246	0.374	0.008
12.0	0.070	4.201	1518.591	0.490	194.4	1324.2	3267	0.405	0.008
12.5	0.067	4.026	1641.904	0.506	209.3	1432.6	3287	0.436	0.008
13.0	0.064	3.851	1759.960	0.521	224.8	1535.2	3306	0.464	0.009
13.5	0.061	3.675	1872.761	0.535	240.6	1632.2	3324	0.491	0.009
14.0	0.058	3.500	1980.305	0.547	256.9	1723.5	3340	0.516	0.009
14.5	0.055	3.325	2082.593	0.559	273.5	1809.1	3355	0.539	0.009
15.0	0.052	3.150	2179.626	0.569	290.4	1889.2	3370	0.561	0.009
15.5	0.050	2.975	2271.403	0.578	307.6	1963.8	3383	0.581	0.010
16.0	0.047	2.799	2357.923	0.587	325.1	2032.8	3395	0.599	0.010
16.5	0.044	2.624	2439.188	0.595	342.8	2096.4	3406	0.616	0.010
17.0	0.041	2.449	2515.197	0.601	360.8	2154.4	3416	0.631	0.010
17.5	0.038	2.274	2585.949	0.608	378.9	2207.0	3425	0.644	0.010
18.0	0.035	2.099	2651.446	0.613	397.2	2254.2	3433	0.657	0.010
18.5	0.032	1.923	2711.687	0.618	415.7	2296.0	3440	0.667	0.010
19.0	0.029	1.748	2766.672	0.622	434.3	2332.4	3446	0.677	0.010
19.5	0.026	1.573	2816.401	0.625	453.0	2363.4	3452	0.685	0.010
20.0	0.023	1.398	2860.874	0.628	471.8	2389.1	3456	0.691	0.010
20.5	0.020	1.223	2900.091	0.630	490.7	2409.4	3460	0.696	0.011
21.0	0.017	1.047	2934.052	0.632	509.6	2424.4	3462	0.700	0.011
21.5	0.015	0.872	2962.757	0.633	528.6	2434.1	3464	0.703	0.011
22.0	0.012	0.697	2986.206	0.634	547.6	2438.6	3465	0.704	0.010
22.5	0.009	0.522	3004.400	0.634	566.6	2437.8	3464	0.704	0.010
23.0	0.006	0.347	3017.337	0.633	585.6	2431.7	3463	0.702	0.010
23.5	0.003	0.171	3025.018	0.632	604.6	2420.4	3462	0.699	0.011
24.0	0.000	0.000	3027.447	0.630	623.5	2403.9	3459	0.695	0.010
24.5	0.000	0.000	3027.447	0.628	642.4	2385.1	3456	0.690	0.010

Tempo	Portata istantanea (ingresso)	Volume affl. (60')	Volume affl. (cum.)	Volume defl. (60')	Volume defluito (cum.)	Vol- in-vasato	Superf. invaso	Altezza vasca (ist)	Portata ist. (uscita)
(ore)	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ²)	(m)	(m ³ /s)
25.0	0.000	0.000	3027.447	0.626	661.2	2366.3	3452	0.685	0.010
25.5	0.000	0.000	3027.447	0.624	679.9	2347.5	3449	0.681	0.010
26.0	0.000	0.000	3027.447	0.622	698.6	2328.8	3446	0.676	0.010
26.5	0.000	0.000	3027.447	0.620	717.2	2310.2	3443	0.671	0.010
27.0	0.000	0.000	3027.447	0.618	735.8	2291.7	3440	0.666	0.010
27.5	0.000	0.000	3027.447	0.615	754.3	2273.2	3437	0.661	0.010
28.0	0.000	0.000	3027.447	0.613	772.7	2254.7	3434	0.657	0.010
28.5	0.000	0.000	3027.447	0.611	791.1	2236.4	3430	0.652	0.010
29.0	0.000	0.000	3027.447	0.609	809.4	2218.1	3427	0.647	0.010
29.5	0.000	0.000	3027.447	0.607	827.6	2199.8	3424	0.642	0.010
30.0	0.000	0.000	3027.447	0.605	845.8	2181.6	3421	0.638	0.010
30.5	0.000	0.000	3027.447	0.603	863.9	2163.5	3418	0.633	0.010
31.0	0.000	0.000	3027.447	0.601	882.0	2145.5	3415	0.628	0.010
31.5	0.000	0.000	3027.447	0.599	900.0	2127.5	3412	0.624	0.010
32.0	0.000	0.000	3027.447	0.596	917.9	2109.6	3409	0.619	0.010
32.5	0.000	0.000	3027.447	0.594	935.7	2091.7	3405	0.614	0.010
33.0	0.000	0.000	3027.447	0.592	953.5	2073.9	3402	0.610	0.010
33.5	0.000	0.000	3027.447	0.590	971.3	2056.2	3399	0.605	0.010
34.0	0.000	0.000	3027.447	0.588	989.9	2038.5	3396	0.600	0.010
34.5	0.000	0.000	3027.447	0.586	1006.5	2020.9	3393	0.596	0.010
35.0	0.000	0.000	3027.447	0.584	1024.1	2003.4	3390	0.591	0.010
35.5	0.000	0.000	3027.447	0.582	1041.6	1985.9	3387	0.586	0.010
36.0	0.000	0.000	3027.447	0.579	1059.0	1968.5	3384	0.582	0.010
36.5	0.000	0.000	3027.447	0.577	1076.3	1951.1	3381	0.577	0.010
37.0	0.000	0.000	3027.447	0.575	1093.6	1933.8	3378	0.572	0.010
37.5	0.000	0.000	3027.447	0.573	1110.8	1916.6	3375	0.568	0.010
38.0	0.000	0.000	3027.447	0.571	1128.0	1899.5	3372	0.563	0.010
38.5	0.000	0.000	3027.447	0.569	1145.1	1882.4	3369	0.559	0.009
39.0	0.000	0.000	3027.447	0.566	1162.1	1865.4	3366	0.554	0.009
39.5	0.000	0.000	3027.447	0.564	1179.1	1848.4	3363	0.550	0.009
40.0	0.000	0.000	3027.447	0.562	1195.9	1831.5	3360	0.545	0.009
40.5	0.000	0.000	3027.447	0.560	1212.8	1814.7	3357	0.541	0.009
41.0	0.000	0.000	3027.447	0.558	1229.5	1797.9	3354	0.536	0.009
41.5	0.000	0.000	3027.447	0.556	1246.2	1781.2	3351	0.532	0.009
42.0	0.000	0.000	3027.447	0.553	1262.9	1764.6	3348	0.527	0.009
42.5	0.000	0.000	3027.447	0.551	1279.4	1748.0	3345	0.523	0.009
43.0	0.000	0.000	3027.447	0.549	1295.9	1731.5	3342	0.518	0.009
43.5	0.000	0.000	3027.447	0.547	1312.4	1715.1	3339	0.514	0.009
44.0	0.000	0.000	3027.447	0.545	1328.7	1698.7	3336	0.509	0.009
44.5	0.000	0.000	3027.447	0.542	1345.0	1682.4	3333	0.505	0.009

Tempo	Portata istantanea (ingresso)	Volume affl. (60')	Volume affl. (cum.)	Volume defl. (60')	Volume defluito (cum.)	Vol- in-vasato	Superf. invaso	Altezza vasca (ist)	Portata ist. (uscita)
(ore)	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ²)	(m)	(m ³ /s)
45.0	0.000	0.000	3027.447	0.540	1361.3	1666.2	3330	0.500	0.009
45.5	0.000	0.000	3027.447	0.538	1377.4	1650.0	3327	0.496	0.009
46.0	0.000	0.000	3027.447	0.536	1393.5	1633.9	3324	0.491	0.009
46.5	0.000	0.000	3027.447	0.533	1409.6	1617.9	3322	0.487	0.009
47.0	0.000	0.000	3027.447	0.531	1425.6	1601.9	3319	0.483	0.009
47.5	0.000	0.000	3027.447	0.529	1441.5	1586.0	3316	0.478	0.009
48.0	0.000	0.000	3027.447	0.527	1457.3	1570.2	3313	0.474	0.009
48.5	0.000	0.000	3027.447	0.525	1473.1	1554.4	3310	0.470	0.009
49.0	0.000	0.000	3027.447	0.522	1488.8	1538.7	3307	0.465	0.009
49.5	0.000	0.000	3027.447	0.520	1504.4	1523.0	3304	0.461	0.009
50.0	0.000	0.000	3027.447	0.518	1520.0	1507.5	3301	0.457	0.009
50.5	0.000	0.000	3027.447	0.516	1535.5	1492.0	3299	0.452	0.009
51.0	0.000	0.000	3027.447	0.513	1550.9	1476.5	3296	0.448	0.009
51.5	0.000	0.000	3027.447	0.511	1566.3	1461.2	3293	0.444	0.009
52.0	0.000	0.000	3027.447	0.509	1581.6	1445.9	3290	0.439	0.008
52.5	0.000	0.000	3027.447	0.507	1596.8	1430.7	3287	0.435	0.008
53.0	0.000	0.000	3027.447	0.504	1612.0	1415.5	3285	0.431	0.008

Calcoli vasca di laminazione C

Tempo	Portata istantanea (ingresso)	Volume affl. (60')	Volume affl. (cum.)	Volume defl. (60')	Volume defluito (cum.)	Vol- in-vasato	Superf. invaso	Altezza vasca (ist)	Portata ist. (uscita)
(ore)	(m ³ /s)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ²)	(m)	(m ³ /s)
0.0	0.000	0.003	0.0	0.000	0.0	0.0	1320	0.000	0.000
0.5	0.001	0.082	1.3	0.000	0.0	1.3	1321	0.001	0.000
1.0	0.003	0.159	4.9	0.000	0.0	4.9	1322	0.004	0.000
1.0	0.003	0.162	5.0	0.000	0.0	5.0	1322	0.004	0.000
1.5	0.004	0.242	11.1	0.000	0.0	11.1	1325	0.008	0.000
2.0	0.005	0.319	19.3	0.167	3.3	16.0	1328	0.012	0.003
2.0	0.005	0.321	19.6	0.168	3.5	16.1	1328	0.012	0.003
2.5	0.007	0.401	30.5	0.174	8.6	21.9	1331	0.016	0.003
3.0	0.008	0.481	43.8	0.183	14.0	29.8	1335	0.022	0.003
3.5	0.009	0.560	59.4	0.194	19.6	39.8	1339	0.030	0.003
4.0	0.011	0.640	77.5	0.205	25.6	51.8	1345	0.039	0.003
4.5	0.012	0.720	97.9	0.218	32.0	65.9	1352	0.049	0.004
5.0	0.013	0.800	120.7	0.232	38.7	82.0	1360	0.060	0.004

Tempo (ore)	Portata istantanea (ingresso) (m ³ /s)	Volume affl. (60') (m ³)	Volume affl. (cum.) (m ³)	Volume defl. (60') (m ³)	Volume defluito (cum.) (m ³)	Vol- in- vasato (m ³)	Superf. invaso (m ²)	Altezza vasca (ist) (m)	Portata ist. (uscita) (m ³ /s)
5.5	0.015	0.879	145.9	0.247	45.9	100.0	1368	0.073	0.004
6.0	0.016	0.959	173.6	0.261	53.6	120.0	1377	0.087	0.004
6.5	0.017	1.039	203.6	0.277	61.6	141.9	1387	0.102	0.005
7.0	0.019	1.118	236.0	0.292	70.2	165.8	1398	0.119	0.005
7.5	0.020	1.198	270.7	0.308	79.2	191.6	1409	0.136	0.005
8.0	0.021	1.278	307.9	0.323	88.6	219.3	1421	0.154	0.005
8.5	0.023	1.357	347.5	0.339	98.6	248.9	1434	0.174	0.006
9.0	0.024	1.437	389.4	0.355	109.0	280.4	1447	0.194	0.006
9.5	0.025	1.517	433.8	0.370	119.9	313.9	1461	0.215	0.006
10.0	0.027	1.596	480.5	0.386	131.2	349.3	1476	0.237	0.006
10.5	0.028	1.676	529.6	0.401	143.1	386.6	1491	0.259	0.007
11.0	0.029	1.756	581.2	0.417	155.3	425.8	1506	0.283	0.007
11.5	0.031	1.835	635.1	0.432	168.1	467.0	1522	0.307	0.007
12.0	0.032	1.910	691.4	0.447	181.3	510.1	1538	0.332	0.007
12.5	0.031	1.830	747.4	0.462	194.9	552.5	1554	0.355	0.008
13.0	0.029	1.750	801.1	0.474	209.0	592.1	1569	0.377	0.008
13.5	0.028	1.671	852.4	0.486	223.4	629.0	1582	0.398	0.008
14.0	0.027	1.591	901.3	0.496	238.1	663.1	1594	0.416	0.008
14.5	0.025	1.511	947.8	0.505	253.1	694.6	1605	0.433	0.008
15.0	0.024	1.432	991.9	0.513	268.4	723.5	1615	0.448	0.009
15.5	0.023	1.352	1033.6	0.520	283.9	749.7	1624	0.462	0.009
16.0	0.021	1.272	1072.9	0.526	299.6	773.3	1632	0.474	0.009
16.5	0.020	1.193	1109.8	0.532	315.5	794.3	1640	0.484	0.009
17.0	0.019	1.113	1144.4	0.537	331.5	812.9	1646	0.494	0.009
17.5	0.017	1.033	1176.5	0.541	347.7	828.8	1651	0.502	0.009
18.0	0.016	0.954	1206.3	0.544	364.0	842.3	1656	0.509	0.009
18.5	0.015	0.874	1233.7	0.547	380.3	853.3	1659	0.514	0.009
19.0	0.013	0.794	1258.7	0.549	396.8	861.9	1662	0.519	0.009
19.5	0.012	0.715	1281.2	0.551	413.3	868.0	1664	0.522	0.009
20.0	0.011	0.635	1301.4	0.551	429.8	871.6	1665	0.523	0.009
20.5	0.009	0.555	1319.3	0.552	446.4	872.9	1666	0.524	0.009
21.0	0.008	0.475	1334.7	0.552	462.9	871.8	1665	0.523	0.009
21.5	0.007	0.396	1347.7	0.551	479.4	868.3	1664	0.522	0.009
22.0	0.005	0.319	1358.0	0.549	495.4	862.6	1663	0.519	0.009
22.0	0.005	0.316	1358.3	0.549	495.9	862.4	1662	0.519	0.009
22.5	0.004	0.236	1366.6	0.547	512.4	854.2	1660	0.515	0.009
23.0	0.003	0.159	1372.3	0.545	528.2	844.1	1656	0.510	0.009
23.0	0.003	0.157	1372.4	0.545	528.8	843.7	1656	0.509	0.009
23.5	0.001	0.077	1375.9	0.541	545.1	830.9	1652	0.503	0.009
24.0	0.000	0.000	1377.0	0.538	561.2	815.7	1647	0.495	0.009

Tempo (ore)	Portata istantanea (ingresso) (m ³ /s)	Volume affl. (60') (m ³)	Volume affl. (cum.) (m ³)	Volume defl. (60') (m ³)	Volume defluito (cum.) (m ³)	Vol- in- vasato (m ³)	Superf. invaso (m ²)	Altezza vasca (ist) (m)	Portata ist. (uscita) (m ³ /s)
24.5	0.000	0.000	1377.0	0.534	577.3	799.7	1642	0.487	0.009
25.0	0.000	0.000	1377.0	0.529	593.3	783.7	1636	0.479	0.009
25.5	0.000	0.000	1377.0	0.525	609.1	767.9	1631	0.471	0.009
26.0	0.000	0.000	1377.0	0.521	624.8	752.2	1626	0.463	0.009
26.5	0.000	0.000	1377.0	0.517	640.3	736.7	1620	0.455	0.009
27.0	0.000	0.000	1377.0	0.513	655.8	721.2	1615	0.447	0.009
27.5	0.000	0.000	1377.0	0.508	671.1	705.9	1610	0.439	0.008
28.0	0.000	0.000	1377.0	0.504	686.3	690.7	1604	0.431	0.008
28.5	0.000	0.000	1377.0	0.500	701.3	675.7	1599	0.423	0.008
29.0	0.000	0.000	1377.0	0.496	716.3	660.7	1594	0.415	0.008
29.5	0.000	0.000	1377.0	0.491	731.1	645.9	1589	0.407	0.008
30.0	0.000	0.000	1377.0	0.487	745.7	631.3	1583	0.399	0.008
30.5	0.000	0.000	1377.0	0.482	760.3	616.7	1578	0.391	0.008
31.0	0.000	0.000	1377.0	0.478	774.7	602.3	1573	0.383	0.008
31.5	0.000	0.000	1377.0	0.474	788.9	588.1	1568	0.375	0.008
32.0	0.000	0.000	1377.0	0.469	803.1	573.9	1563	0.367	0.008
32.5	0.000	0.000	1377.0	0.465	817.1	559.9	1557	0.360	0.008
33.0	0.000	0.000	1377.0	0.460	830.9	546.1	1552	0.352	0.008
33.5	0.000	0.000	1377.0	0.455	844.7	532.3	1547	0.344	0.008
34.0	0.000	0.000	1377.0	0.451	858.3	518.7	1542	0.336	0.008
34.5	0.000	0.000	1377.0	0.446	871.7	505.3	1537	0.329	0.007
35.0	0.000	0.000	1377.0	0.442	885.0	492.0	1532	0.321	0.007
35.5	0.000	0.000	1377.0	0.437	898.2	478.8	1527	0.314	0.007
36.0	0.000	0.000	1377.0	0.432	911.3	465.7	1522	0.306	0.007
36.5	0.000	0.000	1377.0	0.428	924.1	452.8	1517	0.298	0.007
37.0	0.000	0.000	1377.0	0.423	936.9	440.1	1512	0.291	0.007
37.5	0.000	0.000	1377.0	0.418	949.5	427.5	1507	0.284	0.007
38.0	0.000	0.000	1377.0	0.413	962.0	415.0	1502	0.276	0.007
38.5	0.000	0.000	1377.0	0.408	974.3	402.7	1498	0.269	0.007
39.0	0.000	0.000	1377.0	0.404	986.5	390.5	1493	0.262	0.007
39.5	0.000	0.000	1377.0	0.399	998.5	378.5	1488	0.254	0.007
40.0	0.000	0.000	1377.0	0.394	1010.4	366.6	1483	0.247	0.007
40.5	0.000	0.000	1377.0	0.389	1022.1	354.8	1479	0.240	0.006
41.0	0.000	0.000	1377.0	0.384	1033.7	343.3	1474	0.233	0.006
41.5	0.000	0.000	1377.0	0.379	1045.2	331.8	1469	0.226	0.006
42.0	0.000	0.000	1377.0	0.374	1056.5	320.5	1465	0.219	0.006
42.5	0.000	0.000	1377.0	0.369	1067.6	309.4	1460	0.212	0.006
43.0	0.000	0.000	1377.0	0.364	1078.6	298.4	1455	0.205	0.006
43.5	0.000	0.000	1377.0	0.359	1089.4	287.6	1451	0.198	0.006
44.0	0.000	0.000	1377.0	0.354	1100.1	276.9	1446	0.191	0.006

Tempo (ore)	Portata istantanea (ingresso) (m ³ /s)	Volume affl. (60') (m ³)	Volume affl. (cum.) (m ³)	Volume defl. (60') (m ³)	Volume defluito (cum.) (m ³)	Vol- in- vasato (m ³)	Superf. invaso (m ²)	Altezza vasca (ist) (m)	Portata ist. (uscita) (m ³ /s)
44.5	0.000	0.000	1377.0	0.348	1110.7	266.3	1442	0.185	0.006
45.0	0.000	0.000	1377.0	0.343	1121.0	256.0	1438	0.178	0.006
45.5	0.000	0.000	1377.0	0.338	1131.2	245.8	1433	0.171	0.006
46.0	0.000	0.000	1377.0	0.333	1141.3	235.7	1429	0.165	0.006
46.5	0.000	0.000	1377.0	0.327	1151.2	225.8	1425	0.158	0.005
47.0	0.000	0.000	1377.0	0.322	1160.9	216.0	1421	0.152	0.005
47.5	0.000	0.000	1377.0	0.317	1170.5	206.5	1416	0.146	0.005
48.0	0.000	0.000	1377.0	0.311	1180.0	197.0	1412	0.140	0.005
48.5	0.000	0.000	1377.0	0.306	1189.2	187.8	1408	0.133	0.005
49.0	0.000	0.000	1377.0	0.301	1198.3	178.7	1404	0.127	0.005
49.5	0.000	0.000	1377.0	0.295	1207.2	169.7	1400	0.121	0.005
50.0	0.000	0.000	1377.0	0.290	1216.0	161.0	1396	0.115	0.005
50.5	0.000	0.000	1377.0	0.284	1224.6	152.4	1392	0.109	0.005
51.0	0.000	0.000	1377.0	0.279	1233.1	143.9	1389	0.104	0.005
51.5	0.000	0.000	1377.0	0.273	1241.3	135.7	1385	0.098	0.005
52.0	0.000	0.000	1377.0	0.267	1249.4	127.6	1381	0.092	0.004
52.5	0.000	0.000	1377.0	0.262	1257.4	119.6	1377	0.087	0.004
53.0	0.000	0.000	1377.0	0.256	1265.1	111.8	1374	0.081	0.004