

Provincia

Brescia

Comune

Lonato del Garda

Committente

Chiese 2015 S.r.l.

Boldrini Lidia

Boldrini Valeria

Boldrini Sergio

Boldrini Franco

Progettista

Arch. Laura Floridi

Oggetto:

## PIANO DI LOTTIZZAZIONE P.L. SALERA 2

Elaborato:

## RELAZIONE IDRAULICA

Aggiornamenti:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Disegnatore:

-

Data:

15 Aprile 2019

Scala:

-

U

G

## sommario

1. INTRODUZIONE.....	2
1.1 Premessa .....	2
1.2 Riferimenti normativi .....	3
2. STATO DI FATTO DEI LUOGHI .....	4
3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	5
4. DATI DI PROGETTO .....	6
5. PROCEDURA DI CALCOLO DETTAGLIATA.....	9
5.1 Individuazione del ricettore.....	9
5.2 Descrizione delle opere idrauliche .....	9
5.3 Definizione della curva di possibilità pluviometrica .....	11
5.4 Definizione dello ietogramma di progetto .....	14
5.5 Calcolo dell'idrogramma netto.....	15
5.6 Dimensionamento dei processi di infiltrazione.....	18
5.7 Dimensionamento degli invasi di laminazione .....	25
5.8 Dimensionamento dei collettori.....	33
5.9 Dimensionamento dello scarico terminale .....	38

# 1. INTRODUZIONE

## 1.1 Premessa

La presente relazione idraulica si riferisce alle opere di raccolta, convogliamento e smaltimento delle acque meteoriche di dilavamento della viabilità e dei parcheggi pubblici relativi alle opere di urbanizzazione primaria del Piano Attuativo n. 5, denominato "Salera 2". L'ambito di intervento è situato nel Comune di Lonato del Garda, nell'immediata periferia a sud ovest del centro del paese, nei pressi della località Salera, in una zona a vocazione prettamente artigianale/produttiva.

Gli interventi devono garantire il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica così come stabilito dal Regolamento Regionale 23 novembre 2017 n. 7 pubblicato sul supplemento n. 48 BURL del 27 novembre 2017.

Ai sensi dell'Art. 58 bis della Legge Regionale n. 12 del 2005, sono infatti soggetti al principio di invarianza idraulica ed idrologica, gli interventi edilizi definiti dall'articolo 3, comma 1, lettere d), e) ed f) del D.P.R. n. 380/2001 e tutti gli interventi che comportano una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione. Inoltre, l'Art. 3 del citato Regolamento Regionale inserisce fra gli interventi assoggettati al rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica anche le infrastrutture stradali, comprese le loro pertinenze, ed i parcheggi.

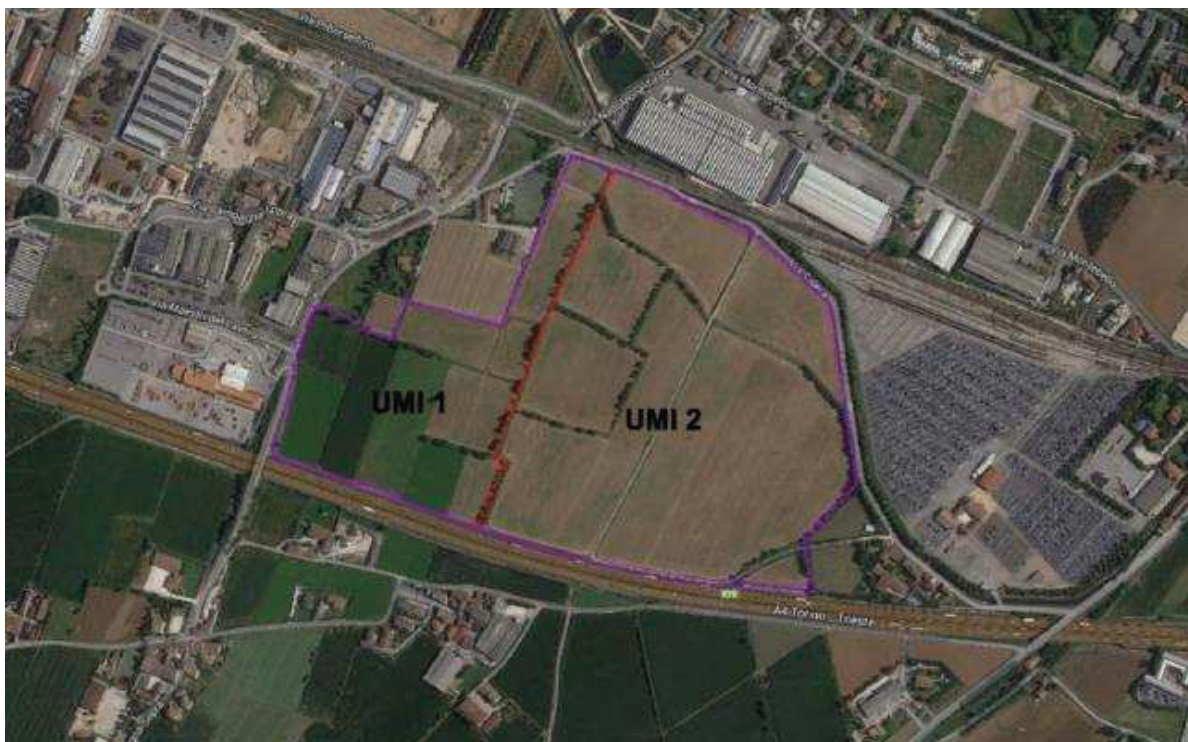


Figura 1: Inquadramento dell'ambito di intervento

## **1.2 Riferimenti normativi**

D.lgs. 3 aprile 2006 n.152 - Norme in materia ambientale (TU ambiente)

D.lgs. 16 gennaio 2008 n.4 - Disposizioni correttive e integrative del D.lgs 03/04/06 n. 152

L.R. Lombardia n. 12 del 11/03/2005 - Legge Regionale per il governo del territorio

R.R. Lombardia n. 4 del 24/03/2006 - Acque di prima pioggia e di lavaggio aree esterne

R.R. Lombardia n. 3 del 24/03/2006 - Scarichi di acque reflue domestiche e di reti fognarie

R.R. Lombardia n. 2 del 24/03/2006 - Uso acque superficiali e sotterranee, uso acque potabili

R.R. Lombardia n. 7 del 27/11/2017 - Invarianza idraulica ed idrologica

R.R. Lombardia n. 8 del 19/04/2019 - Invarianza idraulica ed idrologica, modifiche al R.R. n.7/2019

## 2. STATO DI FATTO DEI LUOGHI

L'intervento oggetto del presente studio si riferisce all' "Ambito di Trasformazione n. 5", denominato P.A. "Salera 2", con destinazione d'uso prevalente produttiva, situato a sud ovest dell'abitato di Lonato del Garda, in località Salera.

Il comparto confina a sud con il tracciato dell'autostrada A4 "Brescia – Padova", a nord e ad est con la strada di Via Salera, oltre la quale corre un canale artificiale denominato Roggia Lonata, gestito dal Consorzio di Bonifica Chiese, a sud/est con un'area agricola, a ovest con un'area a vocazione agricola con case sparse e a sud/ovest con il tracciato stradale di Via Campagna.

Attualmente l'area risulta essere piuttosto pianeggiante con un leggero declivio naturale da nord/est verso sud/ovest ed è utilizzata come seminativo irriguo, il compendio è percorso da un reticolo idrico minore ed è caratterizzato da una presenza discontinua di filari di alberi, oltre ad essere attraversata da una viabilità agricola in terra battuta.



Figura 2: Planimetria dello stato di fatto

### 3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il progetto del Piano Attuativo prevede l'esecuzione di opere di urbanizzazione primaria per la realizzazione della nuova viabilità interna al comparto, dei parcheggi pubblici e delle aree a verde attrezzato, su aree da cedere al comune di Lonato del Garda.

La viabilità interna al comparto è costituita da un unico asse viario a doppio senso di marcia dotata di marciapiede da entrambi i lati della carreggiata, con accesso e uscita da Via Campagna, posizionata al margine ovest dell'area di lottizzazione, attraverso la realizzazione di una nuova rotatoria (definita R1), quest'ultima esclusa in quanto sarà realizzata dalla società CEPAV DUE nell'ambito dei lavori per la realizzazione della nuova linea ferroviaria AV e AC.

Il tracciato stradale terminerà con un'altra rotatoria (definita R2) interna all'AdT 5 con diametro sufficiente a permettere l'inversione di marcia ai veicoli pesanti e dalla quale si innesterà il futuro asse viario che conduce al nuovo sovrappasso sull'Autostrada A4.

I parcheggi pubblici, che concorrono al soddisfacimento degli standard urbanistici richiesti dall'art. 27 delle NTA del DdP, saranno realizzati a raso e a lato della carreggiata stradale.

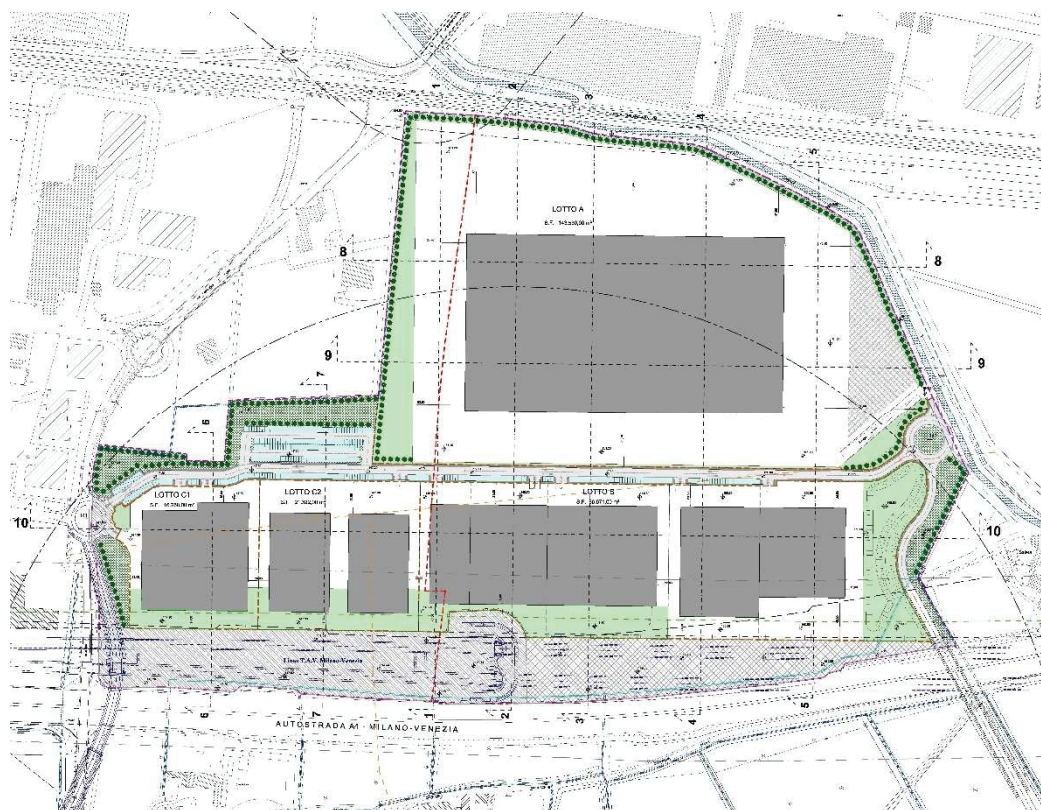


Figura 3: Planimetria generale di progetto

#### 4. DATI DI PROGETTO

L'intervento rientra tra quelli individuati al comma 3 dell'Art. 3 del regolamento regionale n. 7 del 23/11/2017, ovvero tra quelli relativi alle infrastrutture stradali e autostradali e loro pertinenze e ai parcheggi e, pertanto, soggetto al soddisfacimento dei criteri di invarianza idraulica e idrologica stabiliti dall'Art. 58bis della Legge Regionale n. 12 del 11/03/2015 e dal citato R.R.

Nell'Allegato C del R.R. 7/2017, il comune di Lonato del Garda è classificato in area a criticità idraulica B - "media criticità idraulica". Tuttavia, trattandosi di un'area inserita nel PGT comunale come ambito di trasformazione soggetto a Piano Attuativo, l'intervento risulta assoggettato ai limiti prescritti per le aree a criticità idraulica A - "alta criticità idraulica".

La portata specifica massima ammissibile allo scarico nel ricettore, per le aree così classificate ai sensi dell'Art. 8 del R.R. 7/2017, risulta  $u_{lim}$  pari a  $10 \text{ l/s}$  per ogni ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, fatte salve limitazioni più restrittive che possono essere prescritte dall'ente gestore o dal proprietario del ricettore. Tali limitazioni sono valide solo nel caso in cui lo scarico avvenga per immissione in un corpo idrico superficiale, naturale o artificiale, o nella rete fognaria.

Per interventi che interessano una superficie maggiore di  $300 \text{ m}^2$  in aree a criticità idraulica A, l'Art. 12 del R.R. 7/2017 prescrive la realizzazione di uno o più invasi di laminazione aventi una capacità minima complessiva di  $800 \text{ m}^3$  per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento, fatta salva l'adozione del volume minimo derivante dalle verifiche idrauliche, qualora questo risultasse maggiore di quanto prescritto dall'Art. 12. La capacità minima prescritta dall'Art. 12 è ridotta del 30% nel caso in cui si realizzino solo strutture di infiltrazione senza che vi siano scarichi nei ricettori, purché i calcoli di infiltrazione siano basati su prove di permeabilità, allegate al progetto, rispondenti ai requisiti riportati nell'Allegato F del R.R.

Tab. 1	PARAMETRI DELL'INTERVENTO
Comune	Lonato del Garda
Criticità idraulica del comune	B
L'intervento rientra in ambiti di trasformazione o piani attuativi	SI
Criticità idraulica di progetto	A
Portata specifica ammissibile allo scarico*	10 l/(s ha)
Ricettore	/
Portata allo scarico ammessa dal gestore del ricettore	/
Volume minimo invasi di laminazione (Art. 12 del R.R. 7/2017)	800 m <sup>3</sup> /ha**

\* fatte salve richieste più restrittive del gestore del ricettore

\*\* ridotto del 30% in caso di sola infiltrazione e con prove di permeabilità come da Allegato F

Ai sensi dell'Art. 11 comma 2 lettera d) del regolamento regionale, la valutazione delle perdite idrologiche per il calcolo dell'idrogramma netto di piena in arrivo nelle opere di laminazione può essere effettuata adottando i seguenti coefficienti di deflusso per ogni superficie scolante omogenea dell'intervento:

$\phi=1$  per tutte le sotto-aree interessate da tetti, coperture, e pavimentazioni continue di strade, vialetti, parcheggi;

$\phi=0,7$  per i tetti verdi, i giardini pensili e le aree verdi sovrapposti a solette comunque costituite, per le aree destinate all'infiltrazione delle acque e per pavimentazioni discontinue drenanti o semipermeabili, di strade, vialetti, parcheggi;

$\phi=0,3$  per le sotto-aree permeabili di qualsiasi tipo, comprese le aree verdi munite di sistemi di raccolta e collettamento delle acque ed escludendo dal computo le superfici incolte e quelle di uso agricolo.

Nel seguito si riporta la tabella con indicate le superfici scolanti di progetto ed il calcolo del coefficiente di deflusso medio ponderale.

Tab. 2		SUPERFICI SCOLANTI DI PROGETTO		
Superfici scolanti	A [m <sup>2</sup> ]	$\phi'$	A <sub>imp</sub> [m <sup>2</sup> ]	$\phi$
Superficie scolante totale del bacino	17 535			
Sotto aree impermeabili	15 500	1,0	15 500	
Sotto aree semipermeabili	2 035	0,7	1 425	
Sotto aree permeabili *		0,3		
<b>Superficie scolante impermeabile</b>			<b>16 925</b>	<b>0,97</b>

\* escluse le aree verdi prive di sistemi di raccolta dell'acqua

Noti la superficie interessata dall'intervento ed il coefficiente di deflusso medio ponderale è possibile definire la classe di intervento secondo quanto stabilito dall'Art. 9 e dalla Tabella 1 del regolamento regionale che, per il caso in esame, risulta essere di Classe 3 – “Impermeabilizzazione potenziale alta”, alla quale corrisponde la modalità di calcolo da adottare che, nel caso specifico, risulta essere la “Procedura di calcolo dettagliata” di cui al comma 2 dell'Art. 11 del R.R. 7/2017.



Tab. 3		INDIVIDUAZIONE DELLA MODALITA' DI CALCOLO			
CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE SCOLANTE IMPERMEABILE DELL'INTERVENTO	COEFFICIENTE di DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITA' DI CALCOLO	
				Ambiti Territoriali	
				Criticità A, B	Criticità C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha	qualsiasi	Requisiti minimi Art. 12, comma 1 del R.R. 7/2017	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha	≤ 0,4	Requisiti minimi Art. 12, comma 2 del R.R. 7/2017	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha	> 0,4	Metodo delle sole piogge Art. 11 e All. G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 12
		da > 0,1 a ≤ 1 ha	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha	> 0,4	Procedura dettagliata Art. 11 e All. G)	
		> 10 ha	qualsiasi		

## **5. PROCEDURA DI CALCOLO DETTAGLIATA**

### **5.1 Individuazione del ricettore**

Il presente progetto prevede che lo smaltimento delle acque meteoriche scolanti sulla viabilità, sui marciapiedi e sui parcheggi pubblici avvenga per infiltrazione negli strati superficiali del sottosuolo mediante la realizzazione di pozzi disperdenti opportunamente dimensionati. Le aree verdi, considerata la loro conformazione pianeggiante, potranno drenare l'acqua pluviale direttamente attraverso la loro superficie permeabile.

Pertanto, per lo smaltimento delle pluviali relative alle opere di urbanizzazione interna al comparto, non è previsto alcuno scarico in un ricettore.

### **5.2 Descrizione delle opere idrauliche**

Si prevede la raccolta delle acque piovane scolanti sulle superfici impermeabili della viabilità e dei parcheggi pubblici che saranno intercettate con caditoie disposte ai lati della carreggiata e convogliate nelle condotte interrate che le conducono ai sistemi di laminazione e smaltimento per dispersione nel sottosuolo.

L'acqua di dilavamento della viabilità principale interna al comparto, con andamento est-ovest, verrà convogliata nell'area verde collocata ad ovest mediante un collettore interrato che corre lungo la viabilità principale con direzione da est a ovest, mentre quella della rotatoria verrà fatta confluire nell'area verde posta al centro della stessa. In queste aree sono previsti bacini di laminazione ricavati nel terreno naturale che, in caso di eventi eccezionali, possono accumulare le acque meteoriche prima di un corretto smaltimento per dispersione negli strati superficiali del sottosuolo per mezzo di pozzi disperdenti collocanti sul fondo dei bacini stessi, in modo da soddisfare i criteri di invarianza idraulica. Lungo il tratto dell'asse viario che conduce al nuovo sovrappasso sull'autostrada A4 è previsto invece un sistema per la raccolta delle acque costituito da embrici in calcestruzzo e fossi di guardia alla base delle scarpate che convogliano le acque nell'area verde posta a sud est ove, anche in questo caso, è prevista la realizzazione di un volume di laminazione con pozzi disperdenti.

I collettori, sino al diametro di 315 mm, saranno in PVC rigido serie SN4 con giunti a bicchiere, rispondenti alla norma EN 1401, protetti da una calotta continua in calcestruzzo. Per i diametri da 400 mm in su, si adatteranno tubazioni circolari in cemento autoportanti conformi alla norma EN 1916, con piano di posa e incastro a bicchiere. I collettori saranno posati con una pendenza minima dello 0,3% lungo la viabilità principale, mentre potranno avere pendenze superiori nei tratti

più brevi.

Le caditoie saranno realizzate con pozzetti sifonati in cemento aventi dimensioni interne di 45x45 cm con sovrastante griglia in ghisa classe C250 o D400 in funzione della loro posizione.

Lungo le condotte sono previsti pozzetti di ispezione prefabbricati in c.a.v. con chiusini in ghisa classe C250 e D400, secondo la norma EN 124, a seconda della loro collocazione rispetto alla carreggiata stradale. I pozzetti di ispezione avranno dimensioni interne comprese fra i 60x60 cm ed i 120x120 cm, proporzionate ai diametri delle tubazioni che li attraversano, e saranno posti ad intervalli non superiori a 50 m, al fine di consentire una adeguata accessibilità ai condotti in caso di necessità.

I pozzi disperdenti saranno realizzati con anelli circolari in calcestruzzo armato di 2,00 m di diametro, muniti di fori di drenaggio su tutta la superficie delle pareti, circondati da uno strato drenante in ghiaia e ciottoli dello spessore di almeno un metro e separato dal terreno naturale mediante un telo in geotessuto in fibra di propilene imputrescibile.



Figura 4: Planimetria rete fognaria

### 5.3 Definizione della curva di possibilità pluviometrica

Per l'individuazione delle piogge di progetto si procede alla definizione della curva di possibilità pluviometrica per precipitazione di forte intensità e breve durata, responsabili dei massimi deflussi, relative all'area di intervento. La curva di possibilità pluviometrica, detta anche linea segnalatrice di probabilità pluviometrica, esprime la relazione tra l'altezza e la durata della pioggia per una determinata località e per un assegnato periodo di ritorno.

Lo studio delle linee segnalatrici viene svolto mediante l'elaborazione dei dati relativi a serie storiche di piogge massime annuali, riferite a varie durate, registrati da uno stesso pluviografo per un periodo di tempo significativo, in genere riferito agli ultimi 20 o 30 anni. La curva di possibilità pluviometrica si ottiene trattando il campione di dati con il metodo statistico - probabilistico della distribuzione di Gumbel, per giungere ad una funzione capace di rappresentare con ragionevole approssimazione la distribuzione reale dell'altezza di pioggia in funzione del tempo.

La forma della curva di possibilità pluviometrica risulta essere:

$$h = a_1 \cdot w_T \cdot t^n$$

dove:

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left( 1 - \left( \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right)^k \right)$$

I parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica per un dato tempo di ritorno da assumere per la determinazione delle precipitazioni di progetto sono quelli riportati da ARPA Lombardia per tutte le località del territorio regionale sul sito del Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia e riassunti nella tabella che segue per durata dell'evento di 1 – 24 ore:

Tab. 4		PARAMETRI DELLA LINEA SEGNALATRICE 1 - 24 ore *
PARAMETRO		VALORE
A1	Coefficiente pluviometrico orario	27.26
N	Coefficiente di scala	0,50
GEV	Parametro alpha	0.27399999
GEV	Parametro kappa	-0.0383
GEV	Parametro epsilon	0.83090001

\* Per le durate inferiori all'ora si possono utilizzare, in carenza di dati specifici, tutti i parametri indicati da ARPA tranne il parametro n per il quale si indica il valore N=0,50 in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

Come prescritto dal comma 2 dell'Art. 11 del regolamento regionale, si assume un tempo di ritorno di 50 anni per il dimensionamento delle opere di invarianza idraulica e idrologica, ottenendo i parametri riportati nella tabella che segue per la curva di possibilità pluviometrica di progetto nella forma:

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

Tab. 5		PARAMETRI DELLA LINEA SEGNALATRICE 1 - 24 ore
PARAMETRO		VALORE
Tr	Periodo di ritorno	50 anni
a	Coefficiente pluviometrico orario	54,085
n	Coefficiente di scala	0,50

Il dettaglio della curva di possibilità pluviometrica per il sito in esame con un tempo di ritorno di 50 anni è riportato nella scheda che segue:

### Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore

Località: Lonato del Garda

Coordinate: x=1615032 ; y=5034791

Linea segnatrice

Tempo di ritorno (anni) **50**

Parametri ricavati da: <http://idro.arpalombardia.it>

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 27,26

N - Coefficiente di scala 0,26640001

GEV - parametro alpha 0,27399999

GEV - parametro kappa -0,0383

GEV - parametro epsilon 0,83090001

Evento pluviometrico

Durata dell'evento [ore]

Precipitazione cumulata [mm]

Formulazione analitica

$$h_T(D) = a_1 w_T D^n$$

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[ \ln \left( \frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Bibliografia ARPA Lombardia:

<http://idro.arpalombardia.it/manual/lspg.pdf>

[http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA\\_report.pdf](http://idro.arpalombardia.it/manual/STRADA_report.pdf)

#### Tabella delle precipitazioni previste al variare delle durate e dei tempi di ritorno

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
wT	0,93203	1,25392	1,47485	1,69283	1,98405	2,20920	2,43959	<b>1,98405174</b>
Durata (ore)	TR 2 anni	TR 5 anni	TR 10 anni	TR 20 anni	TR 50 anni	TR 100 anni	TR 200 anni	<b>TR 50 anni</b>
1	25,4	34,2	40,2	46,1	54,1	60,2	66,5	<b>54,0852505</b>
2	30,6	41,1	48,4	55,5	65,1	72,4	80,0	<b>65,0538853</b>
3	34,0	45,8	53,9	61,8	72,5	80,7	89,1	<b>72,4742872</b>
4	36,8	49,5	58,2	66,8	78,2	87,1	96,2	<b>78,2469888</b>
5	39,0	52,5	61,7	70,9	83,0	92,5	102,1	<b>83,0394495</b>
6	41,0	55,1	64,8	74,4	87,2	97,1	107,2	<b>87,1722682</b>
7	42,7	57,4	67,5	77,5	90,8	101,1	111,7	<b>90,8265822</b>
8	44,2	59,5	70,0	80,3	94,1	104,8	115,7	<b>94,1156892</b>
9	45,6	61,4	72,2	82,9	97,1	108,1	119,4	<b>97,1156138</b>
10	46,9	63,1	74,2	85,2	99,9	111,2	122,8	<b>99,880074</b>
11	48,1	64,7	76,2	87,4	102,4	114,1	126,0	<b>102,448562</b>
12	49,3	66,3	77,9	89,5	104,9	116,7	128,9	<b>104,851039</b>
13	50,3	67,7	79,6	91,4	107,1	119,3	131,7	<b>107,110825</b>
14	51,3	69,0	81,2	93,2	109,2	121,6	134,3	<b>109,246458</b>
15	52,3	70,3	82,7	94,9	111,3	123,9	136,8	<b>111,272941</b>
16	53,2	71,5	84,1	96,6	113,2	126,0	139,2	<b>113,202605</b>
17	54,0	72,7	85,5	98,2	115,0	128,1	141,5	<b>115,045716</b>
18	54,9	73,8	86,8	99,7	116,8	130,1	143,6	<b>116,810922</b>
19	55,7	74,9	88,1	101,1	118,5	132,0	145,7	<b>118,505585</b>
20	56,4	75,9	89,3	102,5	120,1	133,8	147,7	<b>120,136023</b>
21	57,2	76,9	90,5	103,8	121,7	135,5	149,7	<b>121,707707</b>
22	57,9	77,9	91,6	105,1	123,2	137,2	151,5	<b>123,225407</b>
23	58,6	78,8	92,7	106,4	124,7	138,8	153,3	<b>124,69331</b>
24	59,2	79,7	93,7	107,6	126,1	140,4	155,1	<b>126,115113</b>

#### Linee segnatrici di probabilità pluviometrica

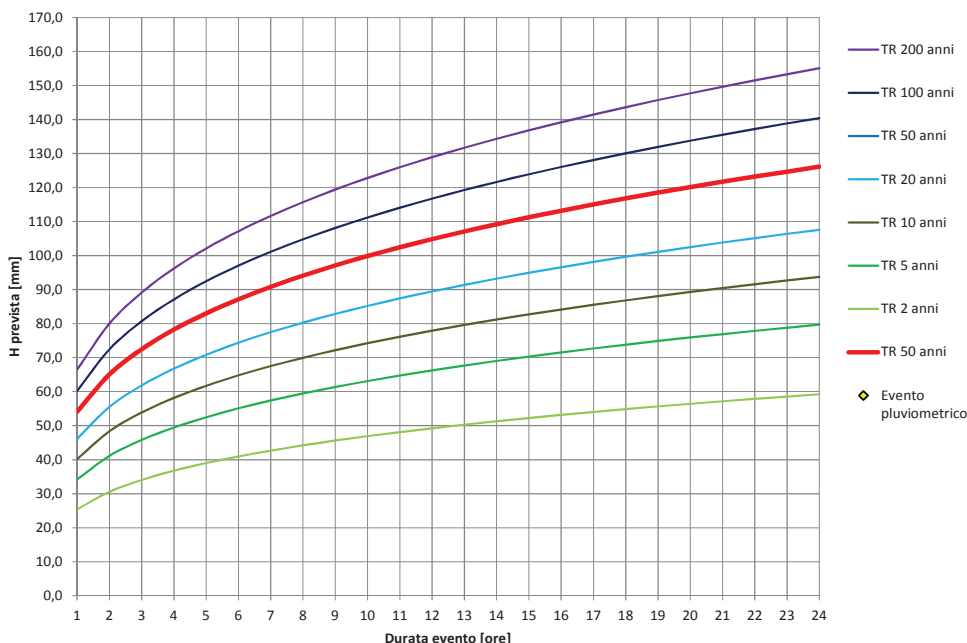


Figura 5: Curva di possibilità pluviometrica

#### 5.4 Definizione dello ietogramma di progetto

A partire dalla curva di possibilità pluviometrica si deve operare la trasformazione afflussi - deflussi del bacino di riferimento sino alla sezione di ingresso nell'invaso di laminazione in progetto.

Si adotta uno ietogramma di progetto tipo Chicago che si può facilmente ottenere dalla curva di possibilità pluviometrica a due parametri del tipo  $h = a t^n$ , con le funzioni:

$$i(t) = a \cdot n \left( \frac{rT - t}{r} \right)^{n-1} \quad \text{valida per } t < rT \quad (\text{prima del picco})$$

$$i(t) = a \cdot n \left( \frac{t - rT}{1 - r} \right)^{n-1} \quad \text{valida per } t < rT \quad (\text{dopo il picco})$$

dove:

$r$ :  $0 \leq r \leq 1$  rappresenta la posizione relativa del picco (valori suggeriti tra 0,3 e 0,45 per durate paragonabili al tempo di corrivazione)

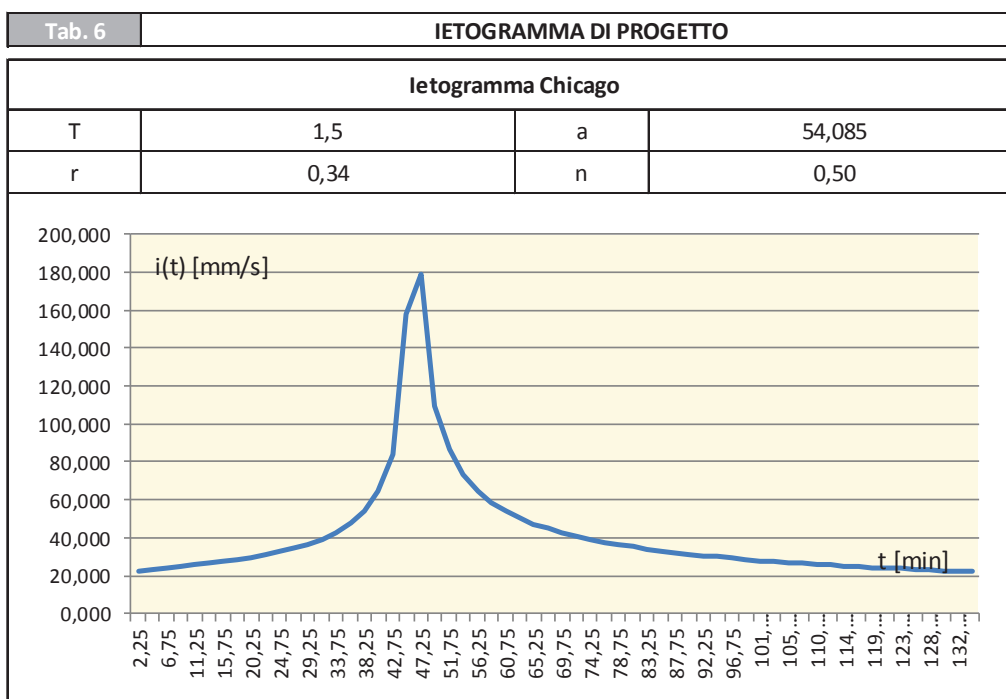
$t$ : tempo

$T$ : durata della pioggia

Con lo ietogramma Chicago il volume della precipitazione cumulata in qualsiasi istante  $h(t)$  è pari a quello fornito dalla curva di possibilità pluviometrica  $h = a t^n$  e il picco di intensità della precipitazione sarà posto ad un tempo  $rT$  dopo l'istante di inizio della pioggia.

Si assume una posizione del picco  $r = 0,34$  e una durata  $T = 1,5$  ore, sicuramente maggiore del tempo di corrivazione della rete drenante, stimabile in prima approssimazione in *18 minuti*.

Nella tabella seguente si rappresenta lo ietogramma di progetto distribuito nell'arco della durata di *1,5 ora*.



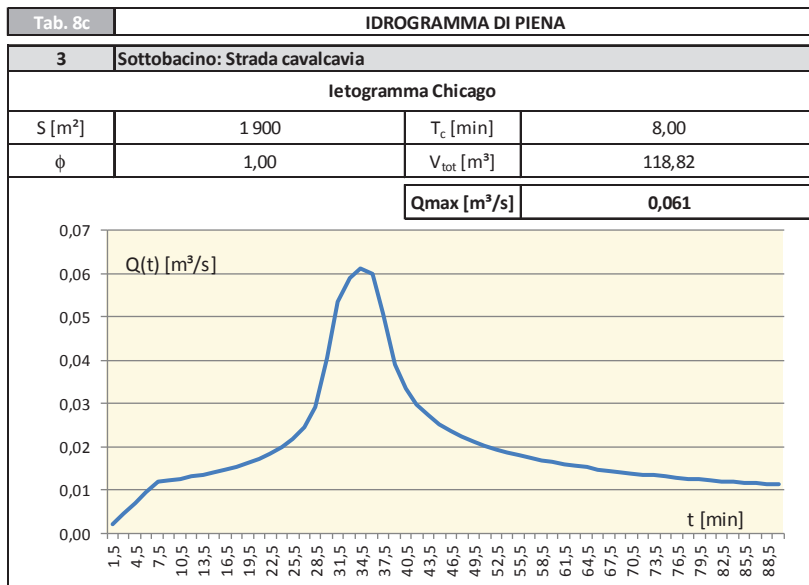
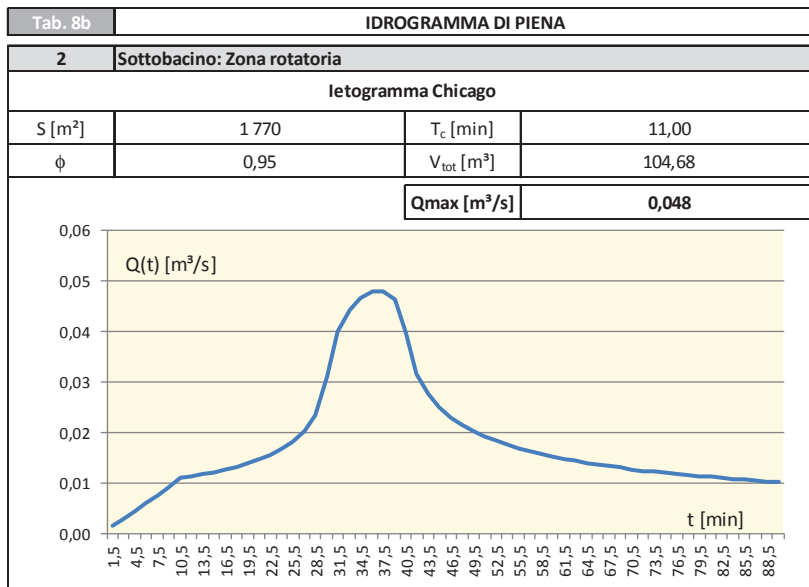
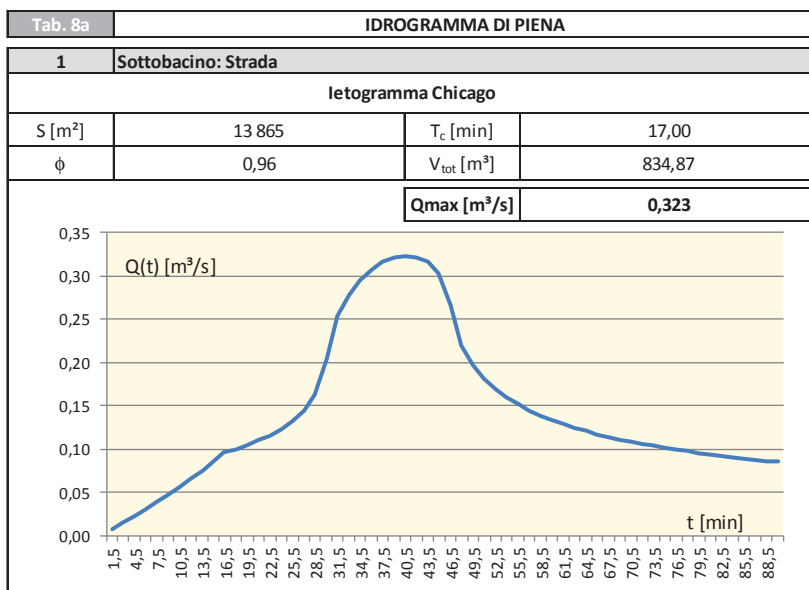
## 5.5 Calcolo dell'idrogramma netto

Si procede al calcolo dell'idrogramma netto in funzione delle perdite idrologiche dovute ai fenomeni di accumulo iniziale e infiltrazione, in relazione alle tipologie di suolo e delle opere in progetto. Il calcolo è condotto in via semplificata adottando i valori standard del coefficiente di deflusso indicati alla lett. d) del comma 2 dell'Art. 11 del regolamento regionale, dai quali si ricava il coefficiente di deflusso medio ponderale per ogni sottobacino, come illustrato nella tabella che segue:



Tab. 7		COEFFICIENTI DI DEFLUSSO MEDI PONDERALI			
Superfici scolanti		A [m <sup>2</sup> ]	$\phi'$	A <sub>imp</sub> [m <sup>2</sup> ]	$\phi$
<b>1 Sottobacino: Strada</b>					
Superficie scolante totale del bacino		<b>13 865</b>			
Sotto aree impermeabili		12 150	1,0	12 150	
Sotto aree semipermeabili		1 715	0,7	1 201	
Sotto aree permeabili			0,3		
Superficie scolante impermeabile				<b>13 351</b>	<b>0,96</b>
<b>2 Sottobacino: Zona rotatoria</b>					
Superficie scolante totale del bacino		<b>1 770</b>			
Sotto aree impermeabili		1 450	1,0	1 450	
Sotto aree semipermeabili		320	0,7	224	
Sotto aree permeabili			0,3		
Superficie scolante impermeabile				<b>1 674</b>	<b>0,95</b>
<b>3 Sottobacino: Strada cavalcavia</b>					
Superficie scolante totale del bacino		<b>1 900</b>			
Sotto aree impermeabili		1 900	1,0	1 900	
Sotto aree semipermeabili			0,7		
Sotto aree permeabili			0,3		
Superficie scolante impermeabile				<b>1 900</b>	<b>1,00</b>

Per la definizione del modello di trasformazione afflussi netti-deflussi idoneo a rappresentare la formazione degli idrogrammi di piena delle sotto-aree e la loro propagazione e formazione dell'idrogramma complessivo in entrata  $Q_e(t)$  in corrispondenza della sezione di ingresso degli invasi di laminazione in progetto, si adotta il modello di trasformazione aree - tempi (metodo di corrivazione) del bacino afferente a ciascun invaso. Si ottiene il seguente idrogramma in entrata al sistema di laminazione avente un picco massimo di portata complessiva pari a  $0,432 \text{ m}^3/\text{s}$  circa, superiore rispetto alla portata limite di scarico ammissibile nel ricettore, pari a  $0,023 \text{ m}^3/\text{s}$ , mentre il volume complessivo della pioggia di progetto entrante nell'invaso è pari a circa  $1058 \text{ m}^3$ .



## 5.6 Dimensionamento dei processi di infiltrazione

Per consentire il dimensionamento degli invasi di laminazione è necessario determinare anche l'idrogramma uscente  $Q_u(t)$  attraverso il sistema di scarico del bacino e, quindi, verificare:

- a) il rispetto del valore della portata limite ammissibile che può essere scaricata nel ricettore  $U_{lim}$ , Art. 8 del regolamento regionale (come già definita nel § 4);
- b) il rispetto del tempo massimo di svuotamento degli invasi, lettera f), comma 2, Art. 11 del regolamento regionale: 48 ore.

Nel caso in esame la verifica di cui alla lettera a) non si rende necessaria in quanto il progetto non prevede scarichi in un ricettore, ma solo dispersione negli strati superficiali del sottosuolo.

Tab. 9a	<b>DIMENSIONAMENTO POZZI DISPERDENTI</b>
---------	--

<b>1</b>	<b>Sottobacino: Strada</b>
----------	----------------------------

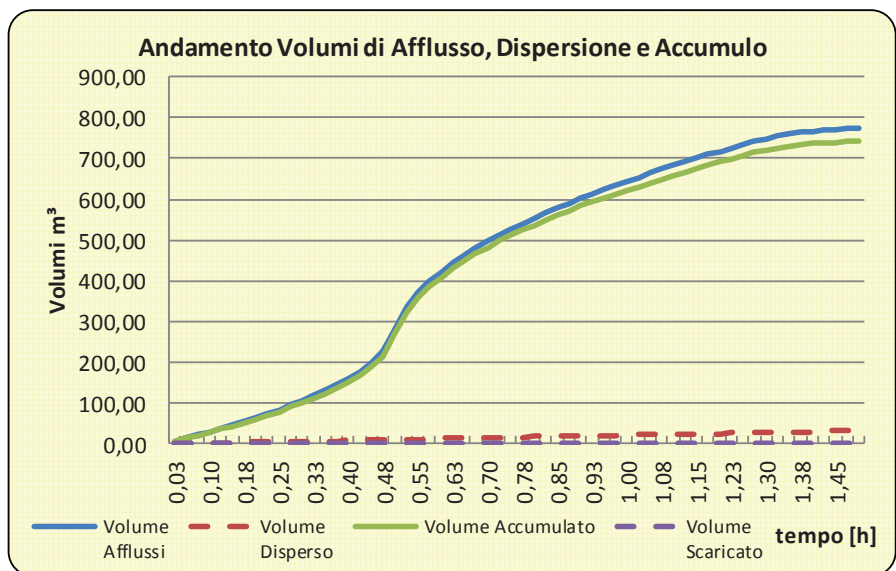
Parametri idrologici		
Tempo di ritorno ( $T_r$ )	[anni]	50 anni
Coefficiente pluviometrico orario (a)		54,085
Coefficiente di scala (n)		0,50

Superficie scolante		
Superficie (S)	[m <sup>2</sup> ]	13 865,00
Coefficiente di afflusso ( $\phi$ )		0,96

Geometria dei pozzi disperdenti		
Diametro pozzo	[m]	2,00
Spessore materiale drenante attorno al pozzo	[m]	1,00
Porosità materiale drenante		25%
Altezza massima di dispersione laterale <sup>1</sup>	[m]	3
Superficie drenante (sup laterale+fondo)	[m <sup>2</sup> ]	50,3
Numero di pozzi		<b>12</b>
Volume disponibile nei pozzi	[m <sup>3</sup> ]	<b>197,91</b>

Caratteristiche del sottosuolo		
Permeabilità terreno (v)	[m/s]	1,00E-05

Ietogramma di progetto		
Ietogramma tipo		Chicago
Posizione relativa del picco (r)		0,34
Durata dell'evento (T)	[h]	1,50



Risultati del calcolo		
Portata affluente massima	[m <sup>3</sup> /s]	<b>0,323</b>
Volume affluito	[m <sup>3</sup> ]	<b>773,05</b>
Volume disperso	[m <sup>3</sup> ]	<b>32,57</b>
Volume scaricato	[m <sup>3</sup> ]	<b>0,00</b>
Volume massimo accumulato	[m <sup>3</sup> ]	<b>740,48</b>
Volume richiesto (aggiuntivo rispetto ai pozzi)	[m <sup>3</sup> ]	<b>542,57</b>

<b>Tabulato afflussi/dispersione/accumulo</b>					
Tempo [h]	Portata di Afflusso [m³/s]	Volume Afflussi (m3)	Volume Disperso (m3)	Volume Scaricato (m3)	Volume Accumulato (m3)
0,03	0,007	7,33	0,54	0,00	6,79
0,05	0,015	14,87	1,09	0,00	13,78
0,08	0,023	22,61	1,63	0,00	20,98
0,10	0,031	30,59	2,17	0,00	28,42
0,13	0,039	38,82	2,71	0,00	36,11
0,15	0,048	47,33	3,26	0,00	44,08
0,18	0,057	56,16	3,80	0,00	52,36
0,20	0,066	65,33	4,34	0,00	60,99
0,23	0,076	74,90	4,89	0,00	70,02
0,25	0,086	84,92	5,43	0,00	79,49
0,28	0,096	95,46	5,97	0,00	89,49
0,30	0,100	106,60	6,51	0,00	100,09
0,33	0,105	118,48	7,06	0,00	111,42
0,35	0,110	131,25	7,60	0,00	123,65
0,38	0,116	145,15	8,14	0,00	137,01
0,40	0,123	160,55	8,69	0,00	151,87
0,43	0,132	178,08	9,23	0,00	168,85
0,45	0,144	198,93	9,77	0,00	189,16
0,48	0,163	226,23	10,31	0,00	215,92
0,50	0,204	277,31	10,86	0,00	266,46
0,53	0,253	335,42	11,40	0,00	324,02
0,55	0,278	371,01	11,94	0,00	359,06
0,58	0,295	398,92	12,49	0,00	386,44
0,60	0,307	422,65	13,03	0,00	409,62
0,63	0,316	443,63	13,57	0,00	430,06
0,65	0,321	462,65	14,11	0,00	448,54
0,68	0,323	480,17	14,66	0,00	465,52
0,70	0,322	496,50	15,20	0,00	481,30
0,73	0,316	511,85	15,74	0,00	496,11
0,75	0,303	526,38	16,29	0,00	510,09
0,78	0,266	540,20	16,83	0,00	523,37
0,80	0,220	553,42	17,37	0,00	536,05
0,83	0,197	566,10	17,91	0,00	548,18
0,85	0,181	578,30	18,46	0,00	559,85
0,88	0,169	590,08	19,00	0,00	571,08
0,90	0,159	601,48	19,54	0,00	581,94
0,93	0,151	612,53	20,09	0,00	592,44
0,95	0,145	623,26	20,63	0,00	602,63
0,98	0,139	633,69	21,17	0,00	612,52
1,00	0,133	643,86	21,71	0,00	622,15
1,03	0,129	653,78	22,26	0,00	631,52
1,05	0,125	663,46	22,80	0,00	640,66
1,08	0,121	672,93	23,34	0,00	649,59
1,10	0,117	682,20	23,89	0,00	658,31
1,13	0,114	691,27	24,43	0,00	666,84
1,15	0,111	700,17	24,97	0,00	675,20
1,18	0,108	708,89	25,51	0,00	683,38
1,20	0,106	717,46	26,06	0,00	691,40
1,23	0,104	725,88	26,60	0,00	699,28
1,25	0,101	734,15	27,14	0,00	707,01
1,28	0,099	741,55	27,69	0,00	713,86
1,30	0,097	748,10	28,23	0,00	719,87
1,33	0,096	753,83	28,77	0,00	725,06
1,35	0,094	758,78	29,31	0,00	729,46
1,38	0,092	762,95	29,86	0,00	733,09
1,40	0,091	766,38	30,40	0,00	735,98
1,43	0,089	769,08	30,94	0,00	738,14
1,45	0,088	771,09	31,49	0,00	739,60
1,48	0,087	772,40	32,03	0,00	740,37
1,50	0,085	773,05	32,57	0,00	740,48

Tab. 9b	<b>DIMENSIONAMENTO POZZI DISPERDENTI</b>
---------	--

<b>2</b>	<b>Sottobacino: Zona rotatoria</b>
----------	------------------------------------

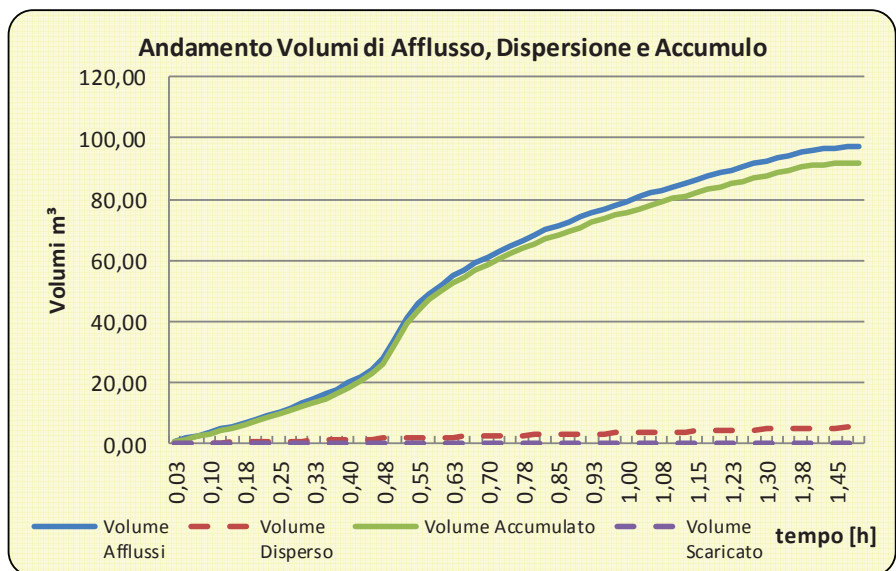
Parametri idrologici		
Tempo di ritorno ( $T_r$ )	[anni]	50 anni
Coefficiente pluviometrico orario (a)		54,085
Coefficiente di scala (n)		0,50

Superficie scolante		
Superficie (S)	[m <sup>2</sup> ]	1 770,00
Coefficiente di afflusso ( $\phi$ )		0,95

Geometria dei pozzi disperdenti		
Diametro pozzo	[m]	2,00
Spessore materiale drenante attorno al pozzo	[m]	1,00
Porosità materiale drenante		25%
Altezza massima di dispersione laterale <sup>1</sup>	[m]	3
Superficie drenante (sup laterale+fondo)	[m <sup>2</sup> ]	50,3
Numero di pozzi		<b>2</b>
Volume disponibile nei pozzi	[m <sup>3</sup> ]	<b>32,99</b>

Caratteristiche del sottosuolo		
Permeabilità terreno (v)	[m/s]	1,00E-05

Ietogramma di progetto		
Ietogramma tipo		Chicago
Posizione relativa del picco (r)		0,34
Durata dell'evento (T)	[h]	1,50



Risultati del calcolo		
Portata affluente massima	[m <sup>3</sup> /s]	<b>0,048</b>
Volume affluito	[m <sup>3</sup> ]	<b>97,22</b>
Volume disperso	[m <sup>3</sup> ]	<b>5,43</b>
Volume scaricato	[m <sup>3</sup> ]	<b>0,00</b>
Volume massimo accumulato	[m <sup>3</sup> ]	<b>91,79</b>
Volume richiesto (aggiuntivo rispetto ai pozzi)	[m <sup>3</sup> ]	<b>58,81</b>

<b>Tabulato afflussi/dispersione/accumulo</b>					
Tempo [h]	Portata di Afflusso [m³/s]	Volume Afflussi (m3)	Volume Disperso (m3)	Volume Scaricato (m3)	Volume Accumulato (m3)
0,03	0,001	0,90	0,09	0,00	0,81
0,05	0,003	1,83	0,18	0,00	1,65
0,08	0,004	2,79	0,27	0,00	2,52
0,10	0,006	3,77	0,36	0,00	3,41
0,13	0,008	4,79	0,45	0,00	4,33
0,15	0,009	5,84	0,54	0,00	5,29
0,18	0,011	6,93	0,63	0,00	6,29
0,20	0,011	8,06	0,72	0,00	7,33
0,23	0,012	9,24	0,81	0,00	8,42
0,25	0,012	10,47	0,90	0,00	9,57
0,28	0,013	11,77	1,00	0,00	10,78
0,30	0,013	13,15	1,09	0,00	12,06
0,33	0,014	14,61	1,18	0,00	13,43
0,35	0,015	16,19	1,27	0,00	14,92
0,38	0,016	17,90	1,36	0,00	16,54
0,40	0,017	19,80	1,45	0,00	18,35
0,43	0,018	21,96	1,54	0,00	20,42
0,45	0,020	24,53	1,63	0,00	22,90
0,48	0,023	27,90	1,72	0,00	26,18
0,50	0,031	34,20	1,81	0,00	32,39
0,53	0,040	41,36	1,90	0,00	39,46
0,55	0,044	45,75	1,99	0,00	43,76
0,58	0,047	49,19	2,08	0,00	47,11
0,60	0,048	52,12	2,17	0,00	49,95
0,63	0,048	54,71	2,26	0,00	52,45
0,65	0,046	57,05	2,35	0,00	54,70
0,68	0,040	59,21	2,44	0,00	56,77
0,70	0,032	61,23	2,53	0,00	58,69
0,73	0,028	63,12	2,62	0,00	60,50
0,75	0,025	64,91	2,71	0,00	62,20
0,78	0,023	66,62	2,80	0,00	63,81
0,80	0,021	68,25	2,90	0,00	65,35
0,83	0,020	69,81	2,99	0,00	66,82
0,85	0,019	71,31	3,08	0,00	68,24
0,88	0,018	72,77	3,17	0,00	69,60
0,90	0,018	74,17	3,26	0,00	70,91
0,93	0,017	75,53	3,35	0,00	72,19
0,95	0,016	76,86	3,44	0,00	73,42
0,98	0,016	78,14	3,53	0,00	74,62
1,00	0,015	79,40	3,62	0,00	75,78
1,03	0,015	80,62	3,71	0,00	76,91
1,05	0,014	81,82	3,80	0,00	78,02
1,08	0,014	82,98	3,89	0,00	79,09
1,10	0,014	84,13	3,98	0,00	80,14
1,13	0,013	85,24	4,07	0,00	81,17
1,15	0,013	86,34	4,16	0,00	82,18
1,18	0,013	87,42	4,25	0,00	83,17
1,20	0,012	88,47	4,34	0,00	84,13
1,23	0,012	89,51	4,43	0,00	85,08
1,25	0,012	90,53	4,52	0,00	86,01
1,28	0,012	91,54	4,61	0,00	86,92
1,30	0,012	92,52	4,70	0,00	87,82
1,33	0,011	93,50	4,80	0,00	88,70
1,35	0,011	94,45	4,89	0,00	89,57
1,38	0,011	95,26	4,98	0,00	90,29
1,40	0,011	95,93	5,07	0,00	90,86
1,43	0,011	96,45	5,16	0,00	91,29
1,45	0,010	96,84	5,25	0,00	91,59
1,48	0,010	97,09	5,34	0,00	91,76
1,50	0,010	97,22	5,43	0,00	91,79

Tab. 9c	<b>DIMENSIONAMENTO POZZI DISPERDENTI</b>
---------	--

<b>3</b>	<b>Sottobacino: Strada cavalcavia</b>
----------	---------------------------------------

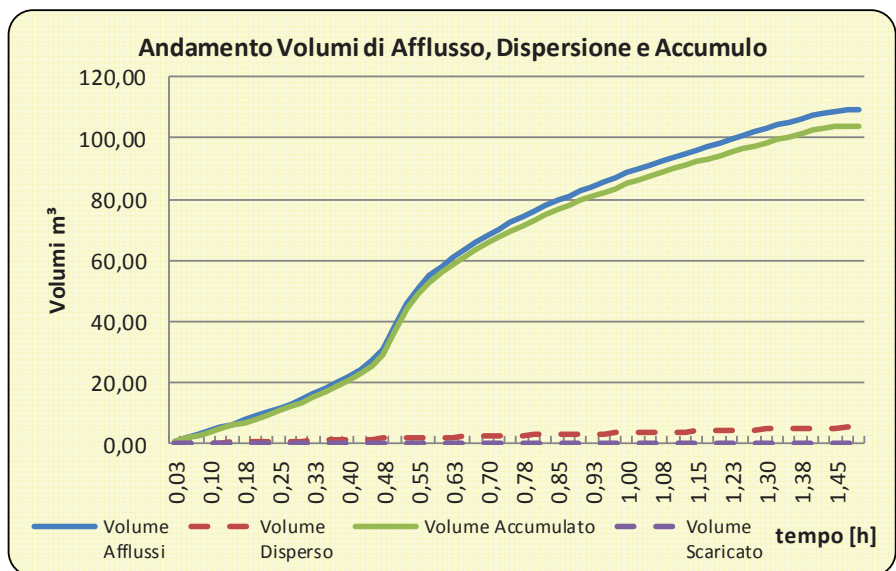
<b>Parametri idrologici</b>		
Tempo di ritorno ( $T_r$ )	[anni]	50 anni
Coefficiente pluviometrico orario (a)		54,085
Coefficiente di scala (n)		0,50

<b>Superficie scolante</b>		
Superficie (S)	[m <sup>2</sup> ]	1 900,00
Coefficiente di afflusso ( $\phi$ )		1,00

<b>Geometria dei pozzi disperdenti</b>		
Diametro pozzo	[m]	2,00
Spessore materiale drenante attorno al pozzo	[m]	1,00
Porosità materiale drenante		25%
Altezza massima di dispersione laterale <sup>1</sup>	[m]	3
Superficie drenante (sup laterale+fondo)	[m <sup>2</sup> ]	50,3
Numero di pozzi		<b>2</b>
Volume disponibile nei pozzi	[m <sup>3</sup> ]	<b>32,99</b>

<b>Caratteristiche del sottosuolo</b>		
Permeabilità terreno (v)	[m/s]	1,00E-05

<b>Ietogramma di progetto</b>		
Ietogramma tipo		Chicago
Posizione relativa del picco (r)		0,34
Durata dell'evento (T)	[h]	1,50



<b>Risultati del calcolo</b>		
Portata affluente massima	[m <sup>3</sup> /s]	<b>0,061</b>
Volume affluito	[m <sup>3</sup> ]	<b>109,40</b>
Volume disperso	[m <sup>3</sup> ]	<b>5,43</b>
Volume scaricato	[m <sup>3</sup> ]	<b>0,00</b>
Volume massimo accumulato	[m <sup>3</sup> ]	<b>103,97</b>
Volume richiesto (aggiuntivo rispetto ai pozzi)	[m <sup>3</sup> ]	<b>70,98</b>



<b>Tabulato afflussi/dispersione/accumulo</b>					
Tempo [h]	Portata di Afflusso [m³/s]	Volume Afflussi (m3)	Volume Disperso (m3)	Volume Scaricato (m3)	Volume Accumulato (m3)
0,03	0,002	1,01	0,09	0,00	0,92
0,05	0,005	2,04	0,18	0,00	1,86
0,08	0,007	3,11	0,27	0,00	2,84
0,10	0,009	4,20	0,36	0,00	3,84
0,13	0,012	5,34	0,45	0,00	4,88
0,15	0,012	6,51	0,54	0,00	5,96
0,18	0,013	7,72	0,63	0,00	7,09
0,20	0,013	8,98	0,72	0,00	8,26
0,23	0,014	10,30	0,81	0,00	9,48
0,25	0,014	11,67	0,90	0,00	10,77
0,28	0,015	13,12	1,00	0,00	12,13
0,30	0,015	14,65	1,09	0,00	13,57
0,33	0,016	16,29	1,18	0,00	15,11
0,35	0,017	18,04	1,27	0,00	16,78
0,38	0,018	19,95	1,36	0,00	18,60
0,40	0,020	22,07	1,45	0,00	20,62
0,43	0,022	24,48	1,54	0,00	22,94
0,45	0,025	27,35	1,63	0,00	25,72
0,48	0,029	31,10	1,72	0,00	29,38
0,50	0,040	38,12	1,81	0,00	36,31
0,53	0,053	46,11	1,90	0,00	44,21
0,55	0,059	51,00	1,99	0,00	49,01
0,58	0,061	54,84	2,08	0,00	52,76
0,60	0,060	58,10	2,17	0,00	55,93
0,63	0,051	60,98	2,26	0,00	58,72
0,65	0,039	63,60	2,35	0,00	61,25
0,68	0,033	66,01	2,44	0,00	63,56
0,70	0,030	68,25	2,53	0,00	65,72
0,73	0,027	70,36	2,62	0,00	67,74
0,75	0,025	72,36	2,71	0,00	69,64
0,78	0,024	74,26	2,80	0,00	71,45
0,80	0,022	76,08	2,90	0,00	73,18
0,83	0,021	77,82	2,99	0,00	74,83
0,85	0,020	79,50	3,08	0,00	76,42
0,88	0,019	81,12	3,17	0,00	77,95
0,90	0,019	82,68	3,26	0,00	79,43
0,93	0,018	84,20	3,35	0,00	80,85
0,95	0,017	85,68	3,44	0,00	82,24
0,98	0,017	87,11	3,53	0,00	83,58
1,00	0,016	88,51	3,62	0,00	84,89
1,03	0,016	89,87	3,71	0,00	86,16
1,05	0,016	91,20	3,80	0,00	87,40
1,08	0,015	92,50	3,89	0,00	88,61
1,10	0,015	93,78	3,98	0,00	89,80
1,13	0,014	95,03	4,07	0,00	90,95
1,15	0,014	96,25	4,16	0,00	92,09
1,18	0,014	97,45	4,25	0,00	93,20
1,20	0,014	98,63	4,34	0,00	94,28
1,23	0,013	99,78	4,43	0,00	95,35
1,25	0,013	100,92	4,52	0,00	96,40
1,28	0,013	102,04	4,61	0,00	97,42
1,30	0,013	103,14	4,70	0,00	98,43
1,33	0,012	104,22	4,80	0,00	99,43
1,35	0,012	105,29	4,89	0,00	100,40
1,38	0,012	106,34	4,98	0,00	101,37
1,40	0,012	107,38	5,07	0,00	102,31
1,43	0,012	108,20	5,16	0,00	103,04
1,45	0,012	108,80	5,25	0,00	103,56
1,48	0,011	109,20	5,34	0,00	103,86
1,50	0,011	109,40	5,43	0,00	103,97

## 5.7 Dimensionamento degli invasi di laminazione

I fattori che influiscono sull'effetto di laminazione operato da un invaso di tipo statico sono il volume massimo in esso contenibile, la sua geometria e le caratteristiche delle opere di scarico.

Il processo di laminazione nel tempo  $t$  è descritto matematicamente dal seguente sistema di equazioni:

- equazione differenziale di continuità:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt} \quad (1)$$

- legge di efflusso che governa le opere preposte allo scarico dall'invaso o in generale allo svuotamento dell'invaso:

$$Q_u(t) = Q_u[H(t)] \quad (2)$$

curva d'invaso, esprime il legame geometrico tra il volume invasato ed il battente idrico  $H$  nell'invaso:

$$W = W[H(t)] \quad (3)$$

dove  $Q_e(t)$  rappresenta la portata entrante nell'insieme degli invasi di laminazione,  $Q_u(t)$  quella complessivamente uscente dai sistemi delle opere di scarico e/o di infiltrazione e/o di riuso,  $W(t)$  il volume invasato,  $H(t)$  il battente idrico nell'invaso.

Nota l'onda di piena entrante  $Q_e(t)$  e note le funzioni (2) e (3) riferite alle effettive caratteristiche geometriche ed idrauliche dei sistemi di scarico e all'effettiva geometria dell'invaso, l'integrazione del sistema (1) (2) (3) consente di calcolare le tre funzioni incognite  $Q_u(t)$ ,  $H(t)$  e  $W(t)$ .

Il calcolo viene effettuato con riferimento alla piena entrante  $Q_e(t)$  determinata dall'evento di progetto, adottando le soluzioni progettuali affinché la portata uscente  $Q_u(t)$  sia sempre inferiore o al massimo uguale al limite massimo di scarico ulim, indicato al § 4, e il tempo di svuotamento del volume invasato sia inferiore a 48 ore.

Il sistema composto dalle tre equazioni è integrabile in forma chiusa solo quando le relazioni (2) e (3) e l'onda di piena in ingresso all'invaso siano rappresentabili mediante funzioni analitiche.

Più frequentemente, la portata in ingresso all'invaso è una funzione non esprimibile analiticamente, come nel caso di un'onda di piena conseguente ad una pioggia reale; oppure il legame volume invasato battente idrico può essere notevolmente complicato a causa della geometria dell'invaso. Infine, anche la legge di efflusso può essere non facilmente rappresentabile, come ad esempio si verifica nel caso in cui si hanno diversi dispositivi in uscita, di caratteristiche differenti e predisposti per entrare in funzione a diverse quote idriche. In tutti questi casi il sistema

delle equazioni (1), (2), (3) deve essere integrato numericamente alle differenze finite.

Una volta risolto il sistema di equazioni e quindi calcolate le funzioni incognite  $Q_u(t)$ ,  $H(t)$  e  $W(t)$ , se ne possono individuare i rispettivi valori massimi  $Q_{u,max}$ ,  $H_{max}$  e  $W_{max}$ , verificando che essi siano compatibili con i vincoli assegnati.

Tali valori massimi si verificano nella fase di decrescita della piena entrante e in particolare nell'istante in cui la portata in uscita  $Q_u$  diventa pari alla portata entrante  $Q_e$ ; infatti quando tali due portate coincidono, l'equazione di continuità (1) mostra che nello stesso istante vale  $dW/dt = 0$ , che indica la condizione di massimo  $W_{max}$  della funzione  $W(t)$ , con conseguente condizione di massimo anche delle funzioni  $Q_u(t)$  e  $H(t)$  dati i legami biunivoci (2) e (3) che legano tali funzioni al volume di invaso  $W$ .

Calcolando quindi il processo di laminazione con le equazioni (1), (2), (3), in funzione di un idrogramma uscente dall'invaso caratterizzato dalla filtrazione negli strati superficiali del sottosuolo attraverso i pozzi di dispersione, con portata assunta costante, complessivamente pari a  $8.05 \text{ l/s}$ , si ottiene che, nell'istante di massimo invaso, il volume complessivo dell'insieme dei bacini di laminazione raggiunge il valore di  $673 \text{ m}^3$  che risulta il volume di calcolo dell'insieme degli invasi.

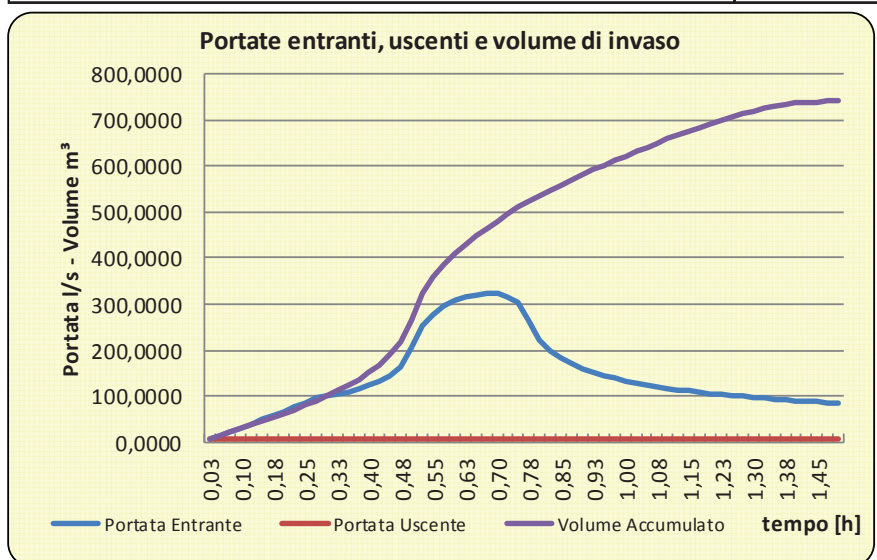
Il volume ottenuto è inferiore al volume derivante dal parametro di requisito minimo stabilito al comma 2 dell'articolo 12 del regolamento regionale, pari a  $800 \text{ m}^3$  per ettaro di superficie scolante impermeabile, per aree di alta criticità, riducibile del  $30\%$  come consentito dal punto 3., lett. e), comma 2. dell'Art. 11 per sistemi che non prevedono scarichi in ricettori, comportando una volumetria minima dell'insieme degli invasi di laminazione pari a  $800 \times 0,7 \times 1,7535 \times 0,97 = 953 \text{ m}^3$  che, quindi, si assume come valore minimo di riferimento.

Il progetto prevede la realizzazione di due invasi di laminazione il cui volume complessivo ammonta a  $1.850 + 260 = 2.110 \text{ m}^3 > 953 \text{ m}^3$  e quindi verificato.

L'ubicazione planimetrica del sistema di laminazione risulta vincolata dalla posizione delle aree verdi di progetto, posizionati in modo da rispettare il limite minimo di 2 metri dal confine, stabilito dall' art. 889 Codice Civile. Gli invasi saranno realizzati a cielo libero in terreno naturale con superficie inerbita, con una quota di fondo posata a circa  $-2,00 \text{ m}$  rispetto alle opere di urbanizzazioni circostanti, in modo da garantire un battente utile di accumulo pari almeno ad  $1,00 \text{ m}$ .

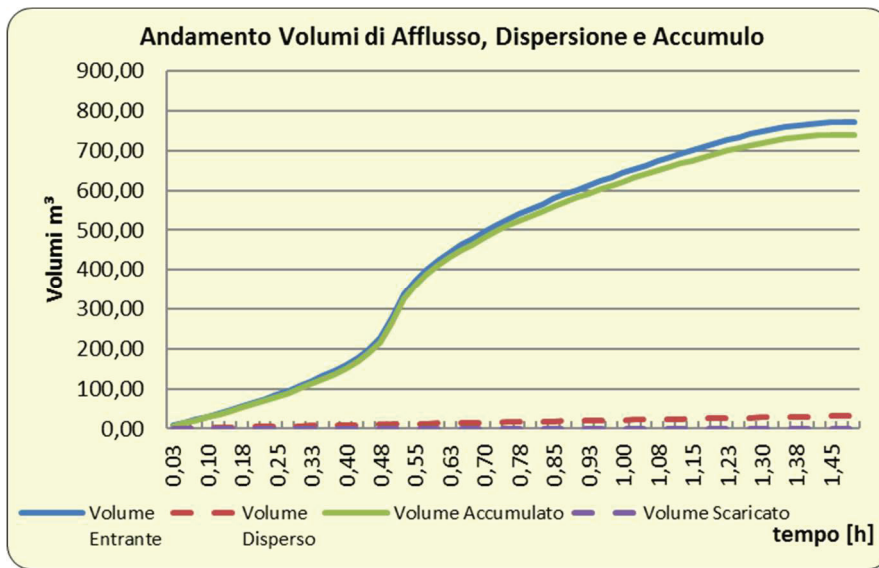
Il tempo di svuotamento di ciascun invaso, calcolato con riferimento alla volumetria effettivamente accumulata al termine dell'evento meteorico e non a quella derivante dal requisito minimo, nel caso più gravoso è pari a  $740.480/6,03/3.600 = 34,11 \text{ h} < \text{di } 48 \text{ h}$  stabilite dalla lettera f), comma 2 dell'Art. 11 del regolamento regionale.

Tab. 10a	DIMENSIONAMENTO INVASI DI LAMINAZIONE	
1	Sottobacino: Strada	
<b>Parametri idrologici</b>		
Tempo di ritorno ( $T_r$ )	[anni]	50 anni
Coefficiente pluviometrico orario (a)		54,085
Coefficiente di scala (n)		0,50
<b>Superficie scolante</b>		
Superficie (S)	[m <sup>2</sup> ]	13 865,00
Coefficiente di afflusso ( $\varphi$ )		0,96
<b>Geometria del bacino di laminazione</b>		
Superficie media ( $S_v$ )	[m <sup>2</sup> ]	1 200,00
Altezza massima del battente (H)	[m]	1,00
Volume massimo di invaso ( $V_L$ )	[m <sup>3</sup> ]	1 200,00
<b>Caratteristiche dello scarico</b>		
Diametro tubazione di efflusso ( $D_e$ )	[mm]	0
Altezza del battente (dall'asse del tubo di efflusso) ( $h_e$ )	[m]	0,00
Portata massima effluente (scarico)	[l/s]	0,00
<b>Ietogramma di progetto</b>		
Ietogramma tipo		Chicago
Posizione relativa del picco (r)		0,340
Durata dell'evento (T)	[h]	1,50



#### Risultati del calcolo

Portata entrante di colmo	[m <sup>3</sup> /s]	<b>0,323</b>
Volume entrato	[m <sup>3</sup> ]	<b>773,05</b>
Volume disperso	[m <sup>3</sup> ]	<b>32,57</b>
Volume scaricato	[m <sup>3</sup> ]	<b>0,00</b>
Volume massimo accumulato compreso pozzi perdenti	[m <sup>3</sup> ]	<b>740,48</b>
Volume massimo accumulato al netto dei pozzi	[m <sup>3</sup> ]	<b>542,57</b>
Battente massimo nella vasca	[m]	<b>0,45</b>
Portata di scarico massima	[m <sup>3</sup> /s]	<b>0,00</b>
Tempo di svuotamento	[h]	<b>34,10</b>



Tab. 10b	<b>DIMENSIONAMENTO INVASI DI LAMINAZIONE</b>
----------	--

<b>2</b>	<b>Sottobacino: Zona rotatoria</b>
----------	------------------------------------

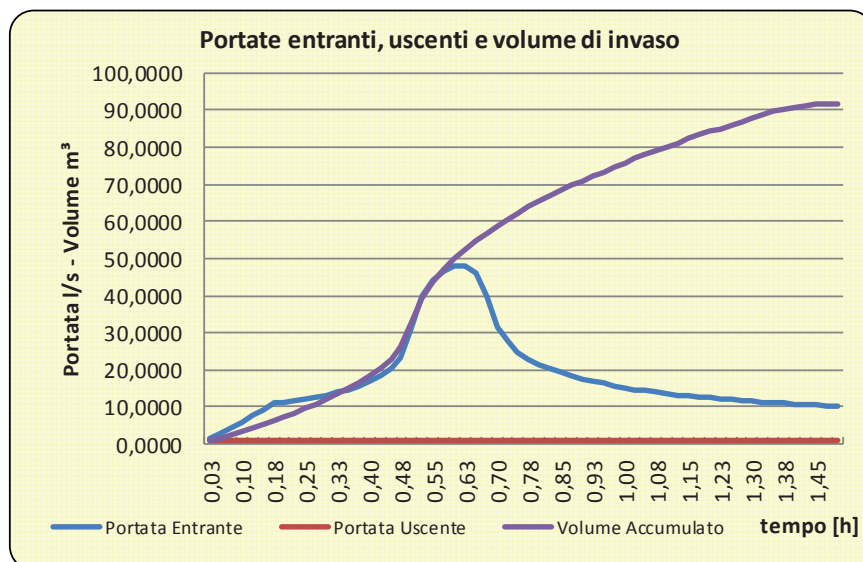
Parametri idrologici		
Tempo di ritorno ( $T_r$ )	[anni]	50 anni
Coefficiente pluviometrico orario (a)		54,085
Coefficiente di scala (n)		0,50

Superficie scolante		
Superficie (S)	[m <sup>2</sup> ]	1 770,00
Coefficiente di afflusso ( $\phi$ )		0,95

Geometria del bacino di laminazione		
Superficie media ( $S_v$ )	[m <sup>2</sup> ]	260,00
Altezza massima del battente (H)	[m]	1,00
Volume massimo di invaso ( $V_L$ )	[m <sup>3</sup> ]	260,00

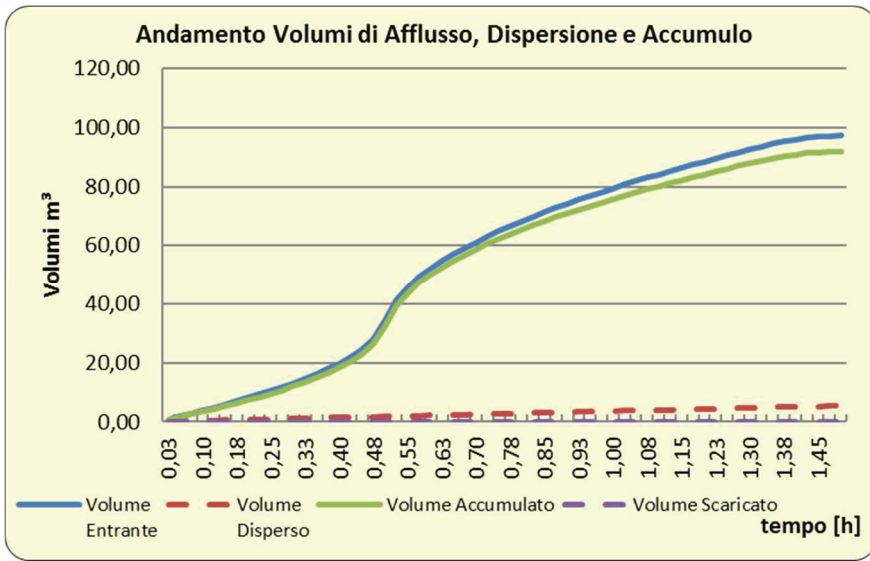
Caratteristiche dello scarico		
Diametro tubazione di efflusso ( $D_e$ )	[mm]	0
Altezza del battente (dall'asse del tubo di efflusso) ( $h_e$ )	[m]	0,00
Portata massima effluente (scarico)	[l/s]	0,00

Ietogramma di progetto		
Ietogramma tipo		Chicago
Posizione relativa del picco (r)		0,340
Durata dell'evento (T)	[h]	1,50



**Risultati del calcolo**

Portata entrante di colmo	[m <sup>3</sup> /s]	<b>0,048</b>
Volume entrato	[m <sup>3</sup> ]	<b>97,22</b>
Volume disperso	[m <sup>3</sup> ]	<b>5,43</b>
Volume scaricato	[m <sup>3</sup> ]	<b>0,00</b>
Volume massimo accumulato compreso pozzi perdenti	[m <sup>3</sup> ]	<b>91,79</b>
Volume massimo accumulato al netto dei pozzi	[m <sup>3</sup> ]	<b>58,81</b>
Battente massima nella vasca	[m]	<b>0,23</b>
Portata di scarico massima	[m <sup>3</sup> /s]	<b>0,00</b>
Tempo di svuotamento	[h]	<b>25,36</b>



Tab. 10c	<b>DIMENSIONAMENTO INVASI DI LAMINAZIONE</b>
----------	--

<b>3</b>	<b>Sottobacino: Strada cavalcavia</b>
----------	---------------------------------------

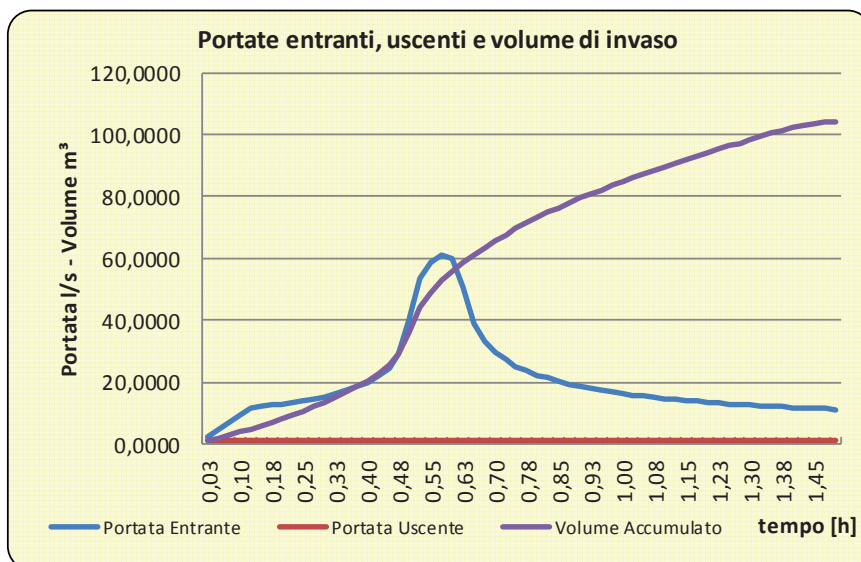
Parametri idrologici		
Tempo di ritorno ( $T_r$ )	[anni]	50 anni
Coefficiente pluviometrico orario (a)		54,085
Coefficiente di scala (n)		0,50

Superficie scolante		
Superficie (S)	[m <sup>2</sup> ]	1 900,00
Coefficiente di afflusso ( $\phi$ )		1,00

Geometria del bacino di laminazione		
Superficie media ( $S_v$ )	[m <sup>2</sup> ]	75,00
Altezza massima del battente (H)	[m]	1,00
Volume massimo di invaso ( $V_L$ )	[m <sup>3</sup> ]	75,00

Caratteristiche dello scarico		
Diametro tubazione di efflusso ( $D_e$ )	[mm]	0
Altezza del battente (dall'asse del tubo di efflusso) ( $h_e$ )	[m]	0,00
Portata massima effluente (scarico)	[l/s]	0,00

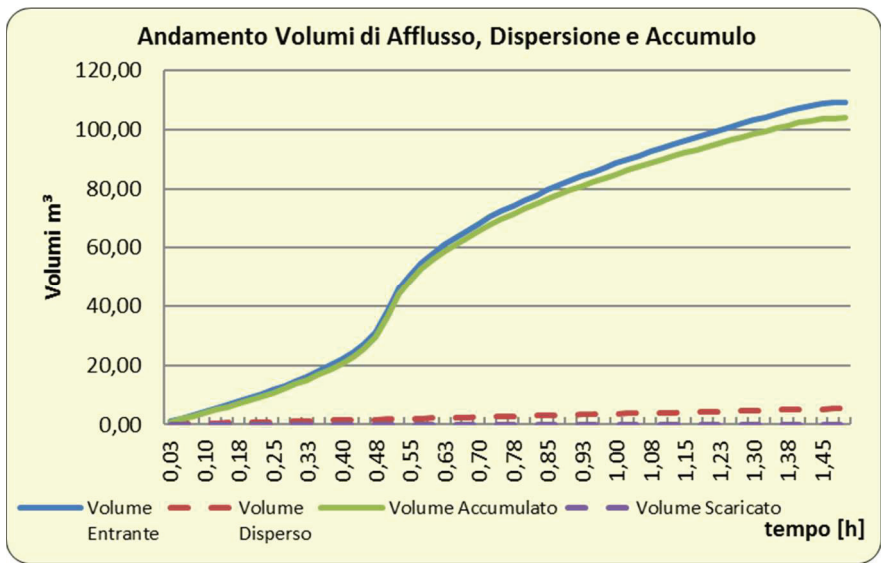
Ietogramma di progetto		
Ietogramma tipo		Chicago
Posizione relativa del picco (r)		0,340
Durata dell'evento (T)	[h]	1,50



**Risultati del calcolo**

Portata entrante di colmo	[m <sup>3</sup> /s]	<b>0,061</b>
Volume entrato	[m <sup>3</sup> ]	<b>109,40</b>
Volume disperso	[m <sup>3</sup> ]	<b>5,43</b>
Volume scaricato	[m <sup>3</sup> ]	<b>0,00</b>
Volume massimo accumulato compreso pozzi perdenti	[m <sup>3</sup> ]	<b>103,97</b>
Volume massimo accumulato al netto dei pozzi	[m <sup>3</sup> ]	<b>70,98</b>
Battente massima nella vasca	[m]	<b>0,95</b>
Portata di scarico massima	[m <sup>3</sup> /s]	<b>0,00</b>
Tempo di svuotamento	[h]	<b>28,73</b>





## 5.8 Dimensionamento dei collettori

Il calcolo delle portate di acque meteoriche che affluiscono nei collettori viene condotto utilizzando il cosiddetto metodo cinematico o metodo della corrivazione.

La portata massima al colmo in una data sezione viene calcolata per una durata di pioggia pari al tempo di corrivazione del bacino sotteso dalla sezione stessa ed è data da:

$$Q_M = A \cdot \varphi \cdot u_m$$

dove:

$Q_M$ : portata massima al colmo

$A$ : superficie del bacino

$\varphi$ : coefficiente medio ponderale di afflusso del bacino

$u_m$ : coefficiente udometrico medio, che rappresenta la portata per unità di superficie del bacino scolante, ovvero l'intensità media della pioggia di durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$  data dall'equazione:

$$u_m = \frac{a \cdot t_c^n}{t_c}$$

Per una fognatura urbana il tempo di corrivazione  $t_c$  può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulico più lungo della rete fognaria fino alla sezione di chiusura considerata, compreso il percorso che l'acqua pluviale compie sulla superficie scolante prima dell'accesso in rete.

Il tempo di corrivazione è dato da:

$$t_c = t_a + t_r$$

dove:

$t_a$ : tempo di accesso in rete

$t_r$ : tempo percorso nella rete

Il tempo di accesso in rete è in genere di difficile determinazione, variando con le pendenze delle superfici scolanti e con la natura delle stesse: scabrezza, permeabilità e irregolarità, nonché dall'altezza di pioggia precedente all'evento critico di progetto e dalla capacità del bacino di accumulare invasi minori. Salvo casi particolari, nell'ambito della progettazione delle reti urbane, il valore di  $t_a$  è compreso entro l'intervallo di 5 ÷ 15 minuti.

Il tempo di rete  $t_r$  può essere stimato come rapporto tra la lunghezza del punto più lontano dalla sezione considerata e la velocità che, in prima approssimazione, si assume pari a  $V = 1 \text{ m/s}$ ,

quindi:

$$t_r = \frac{L}{V}$$

dove:

$L$  : lunghezza del punto più lontano della rete rispetto alla sezione considerata

$V$  : velocità del fluido nella rete. Ove la lunghezza non fosse facilmente misurabile si può assumere:

$$L = \sqrt{1,5 \cdot A}$$

dove:

$A$  : superficie del bacino scolante

Il calcolo del tempo di corrivazione per ciascuna sezione considerata è riepilogato nella tabella che segue:

Tab. 11		TEMPO DI CORRIVAZIONE				
Superfici scolanti		S [m <sup>2</sup> ]	L [m]	V [m/s]	Tc [s] [min]	
<b>1 Sottobacino: Strada</b>						
1	SEZIONE Finale	13 865				
	t <sub>a</sub>		5	0,01	500	8
	t <sub>r</sub>		545	1,00	545	9
<b>t<sub>c</sub></b>					<b>1 045</b>	<b>17,00</b>
Superfici scolanti		S [m <sup>2</sup> ]	L [m]	V [m/s]	Tc [s] [min]	
<b>2 Sottobacino: Zona rotatoria</b>						
1	SEZIONE Finale	1 770				
	t <sub>a</sub>		13	0,02	650	11
	t <sub>r</sub>		23	1,00	23	0
<b>t<sub>c</sub></b>					<b>673</b>	<b>11,00</b>
Superfici scolanti		S [m <sup>2</sup> ]	L [m]	V [m/s]	Tc [s] [min]	
<b>3 Sottobacino: Strada cavalcavia</b>						
1	SEZIONE Finale	1 900				
	t <sub>a</sub>		4	0,01	400	7
	t <sub>r</sub>		70	0,50	35	1
<b>t<sub>c</sub></b>					<b>435</b>	<b>8,00</b>

Il calcolo del coefficiente di afflusso medio ponderale  $\phi$  del bacino di riferimento viene condotto assegnando un valore del coefficiente di afflusso per ogni insieme di aree a permeabilità omogenea che costituisce il bacino sotteso dalla sezione considerata, come riportato nella tabella che segue:

Tab. 12		COEFFICIENTI DI DEFLUSSO MEDI PONDERALI			
Superfici scolanti		A [m <sup>2</sup> ]	$\phi'$	A <sub>imp</sub> [m <sup>2</sup> ]	$\phi$
<b>1 Sottobacino: Strada</b>					
1	SEZIONE Finale	12 150			
	Sotto aree impermeabili	12 150	0,9	10 935	
	Sotto aree semipermeabili				
	Sotto aree permeabili				
Superficie scolante impermeabile				<b>10 935</b>	<b>0,90</b>
<b>2 Sottobacino: Zona rotatoria</b>					
1	SEZIONE Finale	1 450			
	Sotto aree impermeabili	1 450	0,9	1 305	
	Sotto aree semipermeabili				
	Sotto aree permeabili				
Superficie scolante impermeabile				<b>1 305</b>	<b>0,90</b>
<b>3 Sottobacino: Strada cavalcavia</b>					
1	SEZIONE Finale	1 900			
	Sotto aree impermeabili	1 900	0,9	1 710	
	Sotto aree semipermeabili				
	Sotto aree permeabili				
Superficie scolante impermeabile				<b>1 710</b>	<b>0,90</b>

Il valore dell'intensità media di pioggia  $\frac{a \cdot t_c^n}{t_c}$  per una durata di tempo pari Al tempo di corrivazione come sopra determinato, viene stimata attraverso la valutazione della curva di possibilità pluviometrica come già definita nel § 5.3 della presente relazione, per un tempo di ritorno di 50 anni.

Pertanto il calcolo della portata di acqua meteorica che affluisce in una data sezione della rete fognaria, condotto come rappresentato nel presente paragrafo, è riportato nella tabella che segue:

Tab. 13		CALCOLO DELLE PORTATE DI COLMO						
Parametro		Valore						
$T_r$	Periodo di ritorno	50 anni						
$a$	Coefficiente pluviometrico orario	54,085						
$n$	Coefficiente di scala	0,50						
$\Phi_i$	Coeff. afflusso aree impermeabili	0,9						
$\Phi_s$	Coeff. afflusso aree semi-permeabili	0,7						
$\Phi_p$	Coeff. afflusso aree permeabili	0,5						
Sezione	Superfici			Afflussi				
	Imperm. [m <sup>2</sup> ]	Semidren. [m <sup>2</sup> ]	Drenante [m <sup>2</sup> ]	$\Phi_m$ -	$t_c$ [min]	$h(t_c)$ [mm]	$u_m$ [l/s ha]	$Q_M$ [m <sup>3</sup> /s]
<b>1</b>	<b>Sottobacino: Strada</b>							
1.1	8 200			0,90	17,00	28,79	282,24	<b>0,208</b>
1.2	3 900			0,90	12,00	24,19	335,94	<b>0,118</b>
<b>2</b>	<b>Sottobacino: Zona rotatoria</b>							
2.1	242			0,90	11,00	23,16	350,88	<b>0,008</b>
<b>3</b>	<b>Sottobacino: Strada cavalcavia</b>							
2.1	1 900			0,90	8,00	19,75	411,44	<b>0,070</b>

Dove:

$\Phi_m$	Coefficiente di afflusso medio ponderale	$u_m$	Coefficiente udometrico medio
$t_c$	Tempo di corrivazione del bacino	$Q_M$	Portata di colmo massima
$h(t_c)$	Altezza di pioggia al tempo $t_c$		

Si procede quindi al dimensionamento dei collettori in funzione della portata di colmo massima così ottenuta,

La verifica delle sezioni viene effettuata nell'ipotesi che nei collettori si instauri una corrente a pelo libero in condizioni di moto uniforme.

Per il calcolo della portata del collettore si utilizza la formula di Gaukler-Strikler:

$$Q = A \cdot k_s \cdot R_H^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{i}$$

dove:

$A$ : Area netta interna del condotto

$k_s$ : Coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strikler

$i$ : Pendenza di fondo della condotta

$R_H$ : Raggio idraulico della condotta, dato dal rapporto fra Area bagnata e Perimetro bagnato:

$$R_H = \frac{A}{P}$$

dove:

$A$ : Area bagnata

$P$ : Perimetro bagnato

Che per le condotte circolari vale:

$$R_H = \frac{A}{P} = \left(1 - \frac{\sin \delta}{\delta}\right) \cdot \frac{D}{4}$$

Conseguentemente, per ciascun tratto sono stati ipotizzati i diametri e le pendenze delle condotte che garantissero una portata superiore o al limite uguale a quella di colmo massima calcolata in precedenza.

Nella determinazione del diametro ottimale, si è cercato di non superare un grado di riempimento della condotta dell'80%, in modo da avere un franco tra pelo libero e generatrice superiore della sezione (per questioni di sicurezza e per l'alimentazione d'aria della corrente).

Il grado di riempimento è dato dal rapporto tra il battente idraulico  $y$  all'interno della condotta corrispondente alla portata massima di colmo e il diametro della condotta stessa.

Nel seguito si riporta la tabella di calcolo dei collettori nelle sezioni più significative:

Tab. 14		DIMENSIONAMENTO DEI COLLETTORI						
Collettori								
N.	Sezione	$Q_M$ [m <sup>3</sup> /s]	Materiale -	D [mm]	$k_s$ [m <sup>1/3</sup> /s]	$I_f$ [%]	$Q_r$ [m <sup>3</sup> /s]	y/D [%]
<b>1</b>		<b>Sottobacino: Strada</b>						
1	1.1	0,208	CLS	<b>600</b>	70	0,50%	0,3949	52%
2	1.2	0,118	CLS	<b>500</b>	70	0,50%	0,2428	49%
<b>2</b>		<b>Sottobacino: Zona rotatoria</b>						
1	2.1	0,008	PVC	<b>250</b>	90	0,50%	0,0492	48%
<b>3</b>		<b>Sottobacino: Strada cavalcavia</b>						
1	2.1	0,070	CLS	<b>600</b>	70	0,50%	0,3949	29%

Dove:

$Q_M$  Portata di colmo massima

D Diametro del collettore

$k_s$  Coefficiente di scabrezza di Strikler

$I_f$  Pendenza del fondo

$Q_r$  Portata di massimo riempimento

y/D Rapporto di riempimento

## **5.9 Dimensionamento dello scarico terminale**

Il progetto non prevede alcuno scarico in fognatura né in corpi idrici superficiali.

Lonato del Garda, 15 aprile 2019

Il tecnico