



**ORDINE DEGLI INGEGNERI DI CREMONA**

in collaborazione con

**ORDINE DEGLI INGEGNERI DI LODI**

con patrocinio del

**COMUNE DI CREMA**

**Seminario**



## **INVARIANZA IDRAULICA, IDROLOGICA E RISCHIO IDRAULICO**

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MILANO - SEDE DI CREMA Via Bramante 65 – CREMA (CR) AULA MAGNA

Giovedì 23 maggio 2019 - h. 14,00

**DOTT. ING. MASSIMO BIGATTI**

**ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI LODI**

**OPERE DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA**

***Nuovo edificio artigianale in provincia di Lodi***

*Ai sensi della R.R. n°7 del 23/11/2017*

Regolamento recante i criteri e metodi per il rispetto del principio dell' INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio).

# NUOVO EDIFICIO ARTIGIANALE provincia di Lodi (Lo)

## Classificazione intervento

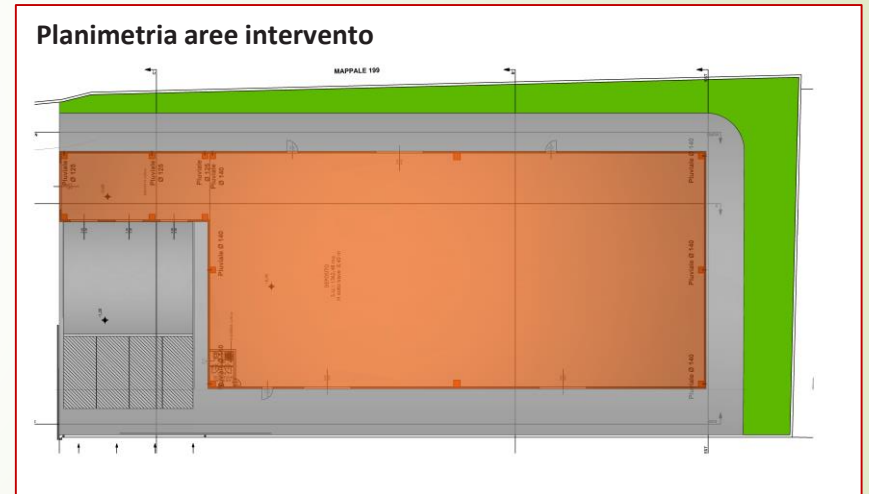
**ART. 3 R.R. n°7 23/11/2017** Interventi richiedenti le misure di invarianza idraulica e idrologica.

.....sono soggetti ai requisiti di invarianza idraulica e idrologica ai sensi del presente regolamento gli interventi di:

a) **nuova costruzione**, compresi gli ampliamenti.....

**Art. 11 R.R. n°7 23/11/2017**.....**coefficienti di deflusso** di cui al numero 1 sono adottati per la stima della superficie scolante impermeabile interessata dall'intervento, valutando il coefficiente di deflusso medio ponderale rispetto alle superfici delle tre suddette categorie.

SUPERFICI	AREA mq	COEFF. DI DEFLUSSO
Coperture e tetti	1460	1,0
Viabilità	920	1,0
Aree verdi	460	0,3
<b>TOTALE</b>	<b>2840</b>	<b>0,89 c.d.m.p.</b>
<b>SUPERFICIE SCOLANTE IMPERMEABILE</b>		<b>2520 mq</b>



CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,01 \text{ ha } (\leq 100 \text{ mq})$	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		$da > 0,1 \text{ a } \leq 1 \text{ ha } (da > 1.000 \text{ a } \leq 10.000 \text{ mq})$	qualsiasi		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	
		$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$> 0,4$		
		$> 10 \text{ ha } (> 100.000 \text{ mq})$	qualsiasi		

**Tabella 1) Art. 9 R.R. n°7 23/11/2017** Ai fini dell'individuazione delle diverse modalità di calcolo dei volumi da gestire per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrologica, **gli interventi** di cui all'articolo 3 richiedenti misure di invarianza idraulica e idrologica **sono suddivisi nelle classi** di cui alla tabella 1, a seconda della superficie interessata dall'intervento e del coefficiente di deflusso medio ponderale.....

**CLASSE INTERVENTO:**  
**' IMPERMEABILIZZAZIONE POTENZIALMETE MEDIA '**

# Individuazione dell'ambito territoriale di applicazione, requisiti minimi, massima portata ammissibile nel recettore

## ► ART. 7 – ALL. B - C - R.R. n°7 23/11/2017

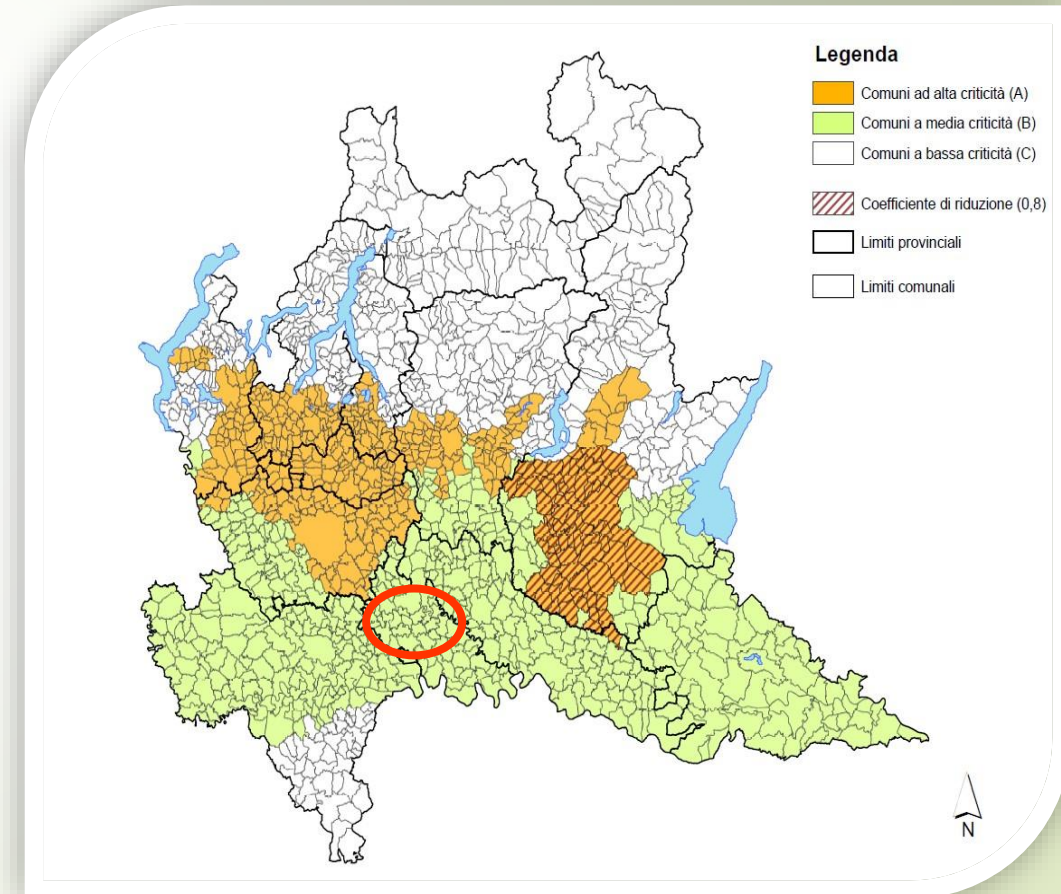
L'intera provincia di Lodi è inserita nell'area **B** dei comuni a media criticità.

## ► ART. 12 - R.R n°7 23/11/2017

Il requisito minimo da soddisfare consiste nella realizzazione di uno o più invasi di laminazione, dimensionati adottando un volume minimo d'invaso e laminazione pari a **600 mc per ettaro di superficie impermeabile (ambito B)**.

## ► ART. 8 - R.R. n°7 23/11/2017

Gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore stesso e comunque entro il seguente valore massimo ammissibile ( $U_{lim}$ ): - **20 l/s (ambito B)**



# Soluzione progettuale: TRINCEA e POZZO

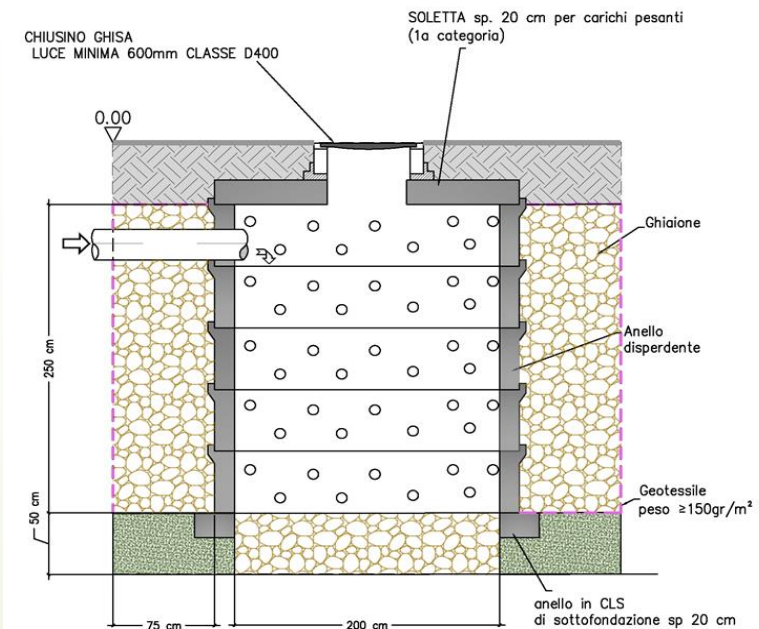
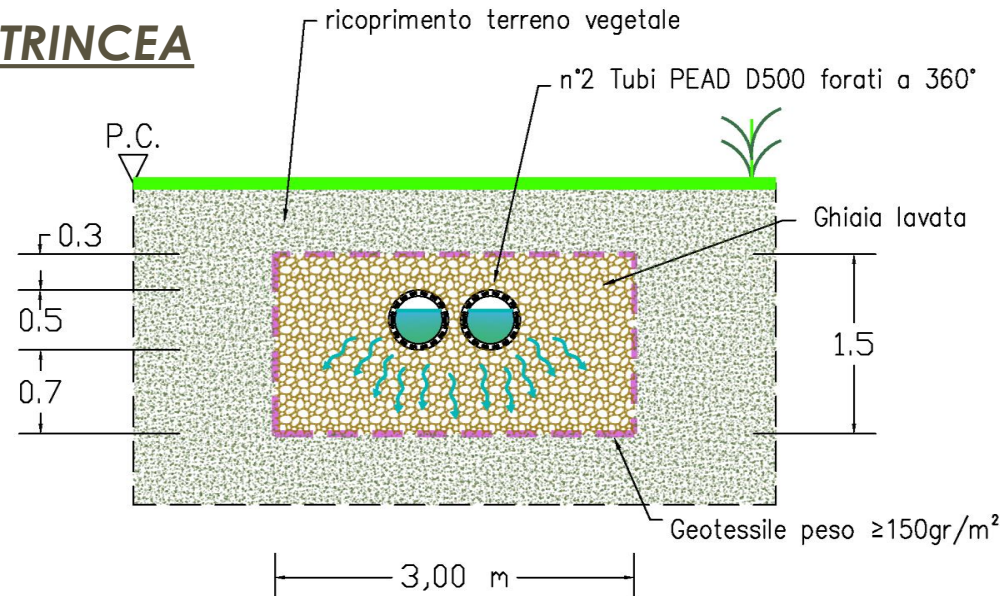
- ▶ **Trincee d'infiltrazione** utilizzate per lo smaltimento delle acque delle coperture e della viabilità 'leggera'.

Realizzate da una o più tubazioni in PEAD DN500 forato a 360° poste in una trincea riempita di ghiaia lavata confinata da geotessuto. Per il dimensionamento di tale sistema si stabiliscono larghezza e profondità per determinarne la lunghezza totale.

- ▶ **Pozzo d'infiltrazione** per lo smaltimento delle seconde piogge dell' area interessata da viabilità 'pesante' (con sistema di trattamento delle acque di prima pioggia).

Realizzato sovrapponendo anelli forati in cls fino all'altezza di progetto, il manufatto è circondato sui lati e sul fondo da uno strato di ghiaia di pezzatura grossolana il tutto confinato da geotessuto.

## TRINCEA

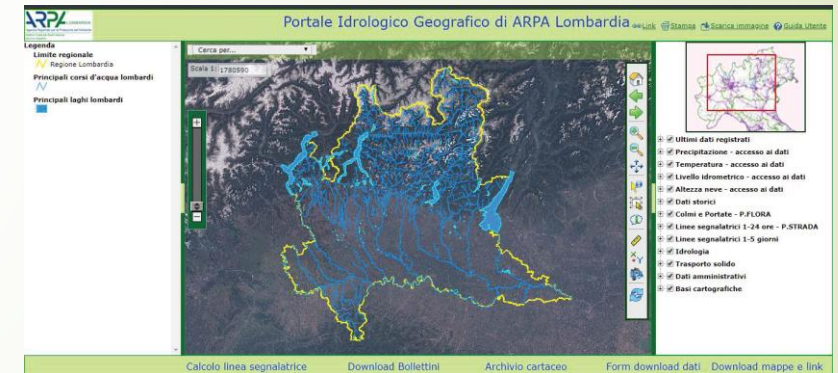
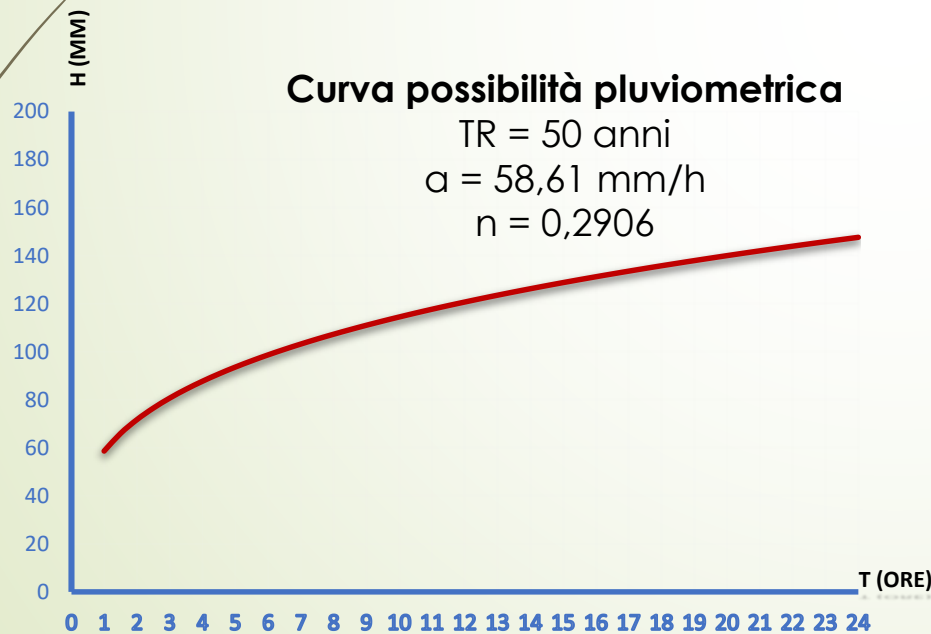


## POZZO

# Calcolo della curva di possibilità pluviometrica

**Art. 11 R.R n°7 23/11/2017** (Metodologia di calcolo delle misure di invarianza idraulica e idrologica per il rispetto dei limiti allo scarico in caso di interventi di impermeabilizzazione potenziale media o alta ricadenti negli ambiti territoriali di criticità media o alta)

- **Curva** di tipo monomia  $h = a D^n$  lega altezza di pioggia con tempo di ritorno e durata della pioggia
- Dati per l'elaborazione della curva sono presi da <http://www.arpalombardia.it>
- **Tempo di ritorno** utilizzato per il dimensionamento di questo tipo di opere è **50 anni**, valore da adottare per ottenere un accettabile grado di sicurezza



**ARPA LOMBARDIA**  
 Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente

**Calcolo della linea segnatrice 1-24 ore**

Località: .....  
 Coordinate: .....

Linea segnatrice  
 Tempo di ritorno (anni)

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

A1 - Coefficiente pluviometrico orario 28,129999  
 N - Coefficiente di scala 0,2906  
 GEV - parametro alpha 0,289  
 GEV - parametro kappa -0,0592  
 GEV - parametro epsilon 0,81489998

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/man>  
<http://idro.arpalombardia.it/man>

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

Tr	2	5	10	20	50	100	200	50
WT	0,92198	1,26821	1,51057	1,75338	2,08344	2,34298	2,61247	2,0834374

# Calcolo del processo di infiltrazione

(Allegato F – Metodologie di calcolo dei processi di infiltrazione del RR 23/11/2017 n°7).

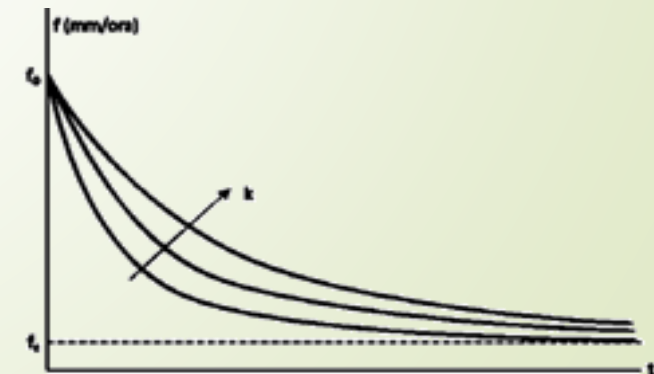
Nei calcoli di dimensionamento delle opere di infiltrazione, come i bacini di infiltrazione, è opportuno riferirsi al valore minimo asintotico  $f_c$  che eguaglia la conduttività idraulica residua dopo che sia sostanzialmente terminato il processo di saturazione del suolo, tanto più che l'evento meteorico intenso può avvenire dopo piogge che hanno già contribuito a saturare il suolo. (misura preventiva a favore di sicurezza)

## Classificazione della tipologia di suolo (Soil Conservation Service (SCS) [1956])

- Classe A \_ Scarsa potenzialità di deflusso....sabbie, ghiaie
- Classe B \_ Potenzialità di deflusso moderatamente bassa
- Classe C \_ Potenzialità di deflusso moderatamente alta
- Classe D \_ Potenzialità di deflusso molto alta...argille pressoché impermeabili

Classe suolo	$f_0$ [mm/ora]	$f_c$ [mm/ora]	$k$ [ore <sup>-1</sup> ]
A	250	25.4	2
B	200	12.7	2
C	125	6.3	2
D	76	2.5	2

**Legge di Horton.** Andamenti della capacità di infiltrazione in presenza di sovrabbondanza di acqua sulla superficie disperdente



# Calcolo del processo di laminazione.

Come previsto nella **tabella 1) Art.9** R.R.n°7 23/11/2107 per interventi con impermeabilizzazione potenzialmente media

## METODO DELLE SOLE PIOGGE (Paoletti,1997)

**Ipotesi:** trascurabile l'effetto della trasformazione afflussi-deflussi

$$W_e = A \cdot \phi \cdot a \cdot \theta^n$$

Volume entrante da ietogramma netto di pioggia

$$Q_u = Q_{u,max}$$

Laminazione ottimale

$$W_u = Q_{u,max} \cdot \theta$$

Volume uscente con portata costante

$$h_{netta} = \phi \cdot a \cdot \theta^n$$

Curva di possibilità pluviometrica

$$h_u = \frac{Q_{u,max} \cdot \theta}{S}$$

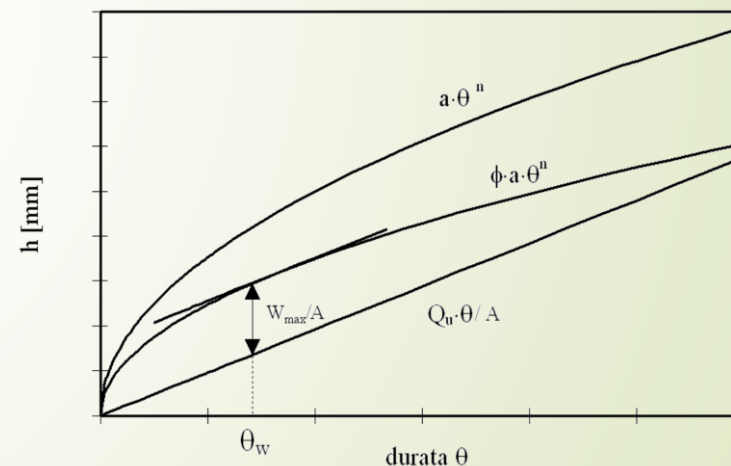
Retta vol. uscente per area di bacino

$$\theta_w = \left( \frac{Q_{u,max}}{A \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

Durata critica dell'evento per la vasca

$$W_{0,sole\ piogge} = A \cdot \phi \cdot a \cdot \theta_w^n - Q_{u,max} \cdot \theta_w$$

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Area A, B	Area C	
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	$\leq 0,01 \text{ ha } (\leq 100 \text{ mq})$	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	$da > 0,01 \text{ a } \leq 0,1 \text{ ha } (\leq 1.000 \text{ mq})$	$> 0,4$	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		$da > 0,1 \text{ a } \leq 1 \text{ ha } (da > 1.000 \text{ a } \leq 10.000 \text{ mq})$	qualsiasi		
		$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$\leq 0,4$		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	$da > 1 \text{ a } \leq 10 \text{ ha } (da > 10.000 \text{ a } \leq 100.000 \text{ mq})$	$> 0,4$	Procedura dettagliata (vedi articolo 11, comma 2, lettera d)	
		$> 10 \text{ ha } (> 100.000 \text{ mq})$	qualsiasi		



Volume della vasca **84 mc – 334 mc/ha.imp < 151 mc – 600 mc/ha.Imp** Art.12 (Requisiti minimi...) ambito B)

# Dimensionamento del sistema

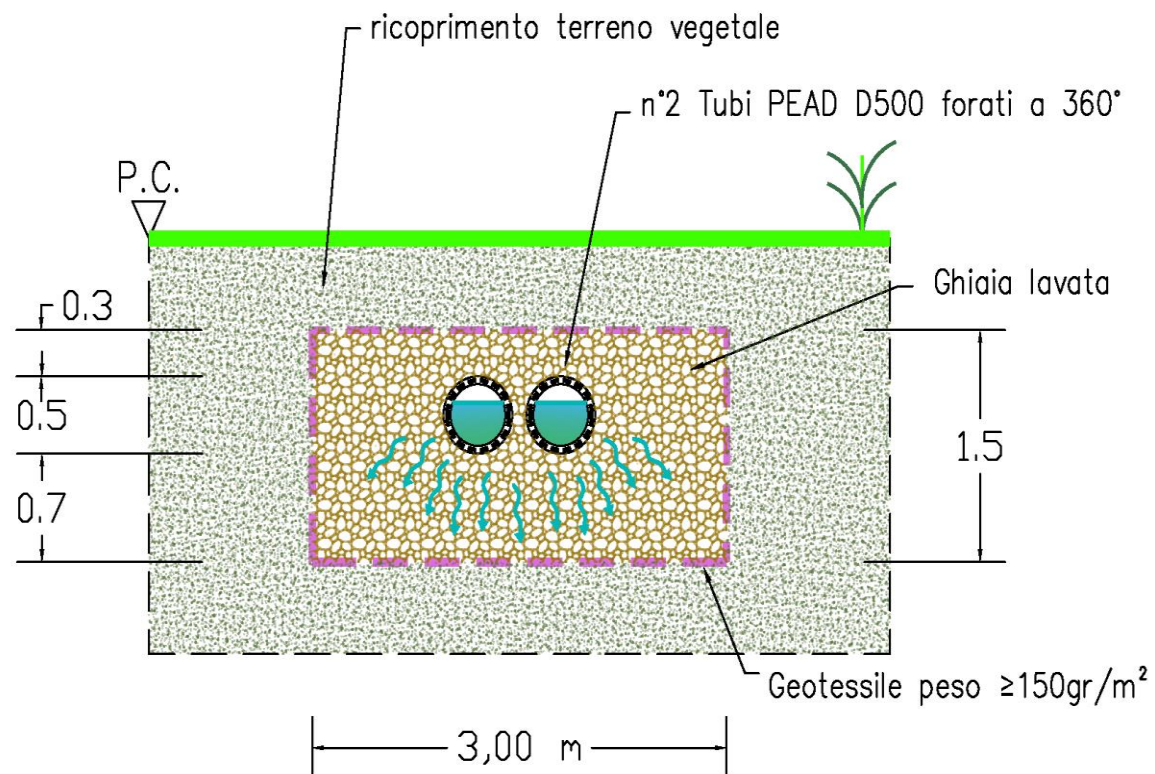
SUPERFICIE SCOLANTE IMPERMEABILE		2520 mq
<i>VOLUMI</i>		
<b>Requisiti minimi (ambito B)</b>	600 mc/ha imp	151 mc
<b>Metodo sole piogge</b>	331 mc/ha imp	84 mc
<i>TRINCEA</i>		
<b>Diametro tubazioni forate / numero</b>	<b>Larghezza</b>	<b>Altezza</b>
500 mm / 2	3,0 m	1,5 m
<b>Lunghezza</b>		<b>Volume utile</b>
70 m		142,5 mc
<i>POZZO</i>		
<b>Diam.interno / Spessore ghiaia</b>	<b>Altezza</b>	<b>Volume utile</b>
2,0 m / 0,75 m	2,5 m	15 mc
<i>PORTATE USCENTI</i>		
Q.Lim Art. 8 ambito B)	20 l/s h.imp	5,00 l/s
Q.Infiltrazione Trincea	(fc = 12,7 mm/h) * sup. infiltrazione	0,60 l/s
Q.Infiltrazione Pozzo	(fc = 12,7 mm/h) * sup. infiltrazione	0,03 l/s
	<b>Q.Uscente TOT</b>	5,63 l/s
<i>TEMPO DI SUOTAMENTO</i>		
Limite da R.R. n°7 27/11/2017		48 h
Progetto		8 h



## PARTICOLARI OPERE INVARIANZA IDRAULICA

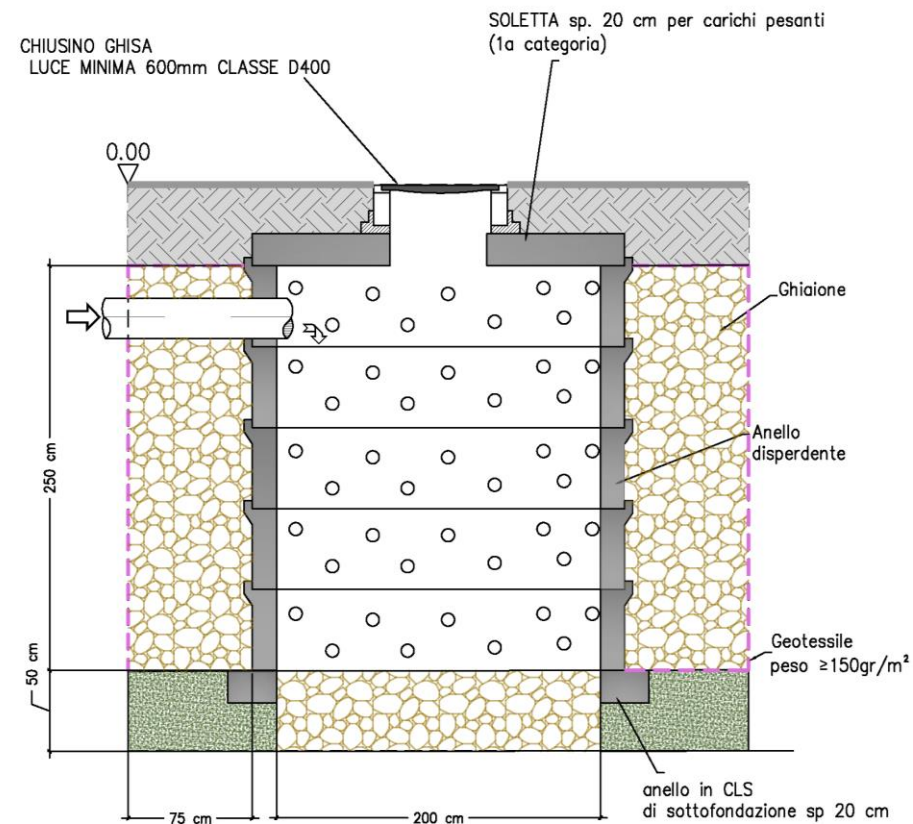
### Trincea d'infiltrazione

H=1,5m B=3,0m L=70m  
N°2 Tubazioni PEAD DN 500  
forate a 360°  
Riempimento in ghiaia lavata  
Confinamento in geotessuto  
Ricoprimento con terreno vegetale



### Pozzo d'infiltrazione

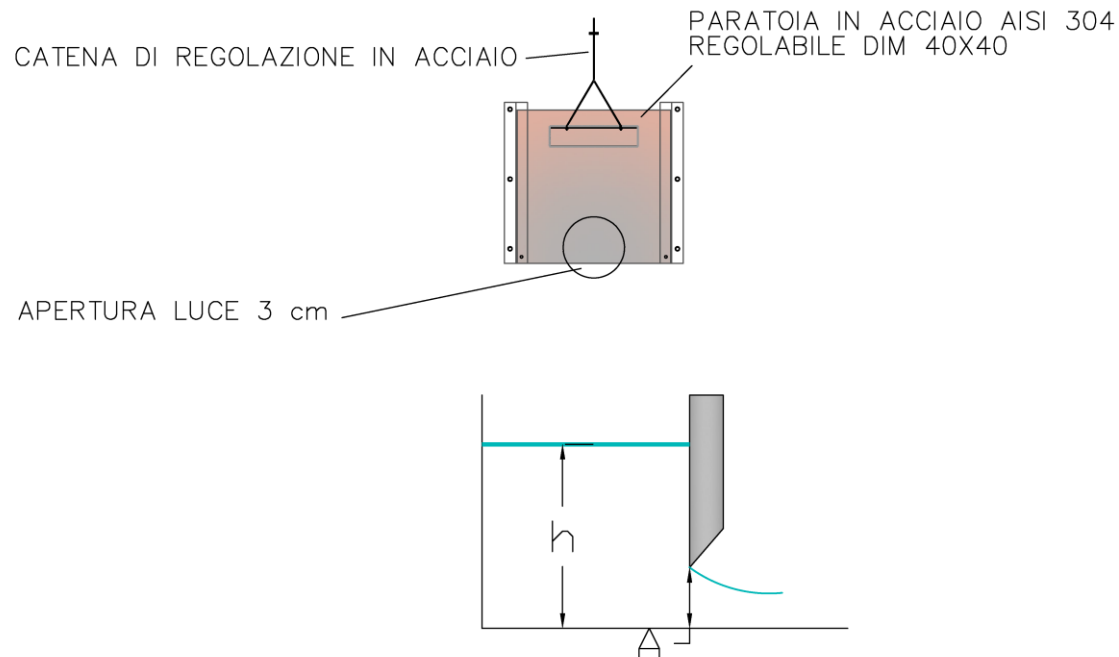
D.Int = 2.0 m Htot = 2,5 m  
Spessore ghiaia esterno 0,75 m  
Spessore fondo ghiaia 0,50 m  
N°5 anelli forati h=0,5m  
Confinamento geotessuto  
Chiusino luce 600mm D400



# PARTICOLARI OPERE INVARIANZA IDRAULICA

## Sistema di scarico con luce a battente

Paratoia di regolazione Acc.AISI304  
portata uscente (5,0 l/s)  
Luce a battente sezionata 3 cm  
Tubazione uscente DN160

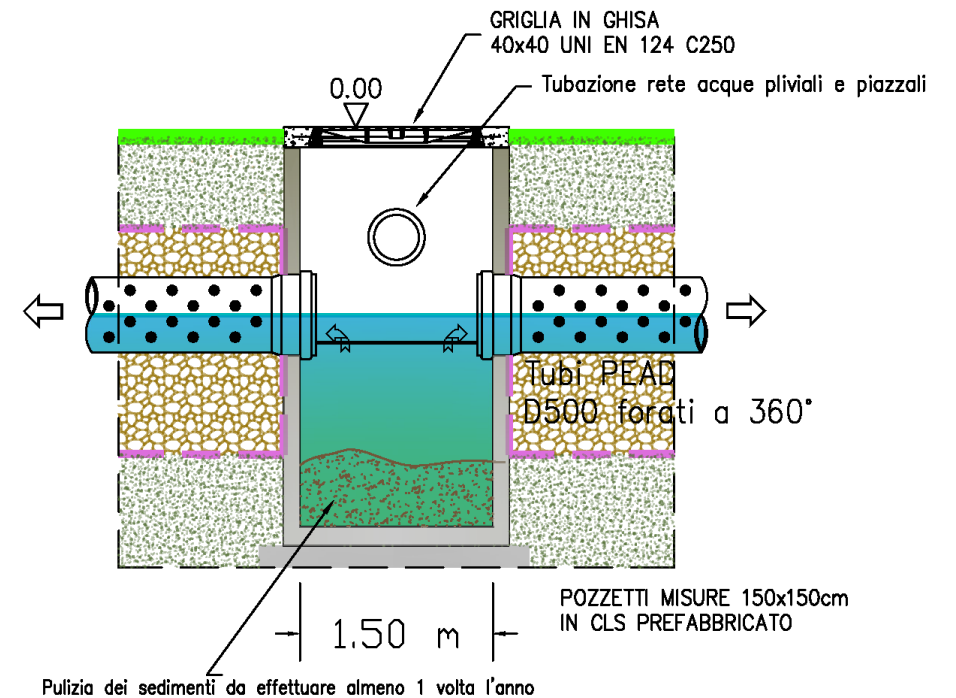


Dimensionamento luce a battente

$$Q = \mu * A * \sqrt{2gh} \quad \mu = 0,6$$

## Pozzetto di areazione ed ispezione

Griglia di areazione in ghisa  
Dim 150 x 150 cm  
Tubazione entrante pluviali e viabilità leggera  
Tubazioni trincea DN500 forate a 360°





## CRITICITA' RISCONTRATE NELL'APPLICAZIONE DEI PRINCIPI DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA

- Spesso è difficile conciliare le scelte progettuali delle opere edili e quelle delle opere di invarianza. E' necessario procedere sin dall'inizio con una progettazione integrata tra opere edili e opere di invarianza idraulica e idrologica.
- Il sistema di scarico terminale risulta spesso caratterizzato da una luce di passaggio ridotta, che potrebbe determinare occlusioni. E' necessaria una manutenzione attenta e frequente.
- I costi di realizzazione sono spesso elevati. I meccanismi di incentivazione per l'applicazione dei principi di invarianza idraulica e idrologica (Art. 15 R.R. 23/11/2017) devono portare concreti benefici a chi sostiene i costi di tali opere.