



Giornata di Studio
Le Acque di Prima Pioggia
Cassino, 3 ottobre 2007

VASCHE DI PRIMA PIOGGIA: CRITERI DI PROGETTAZIONE ED EFFETTI SULL'AMBIENTE



prof. ing. Rudy Gargano



Dipartimento di Meccanica Strutture Ambiente e Territorio
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO



Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

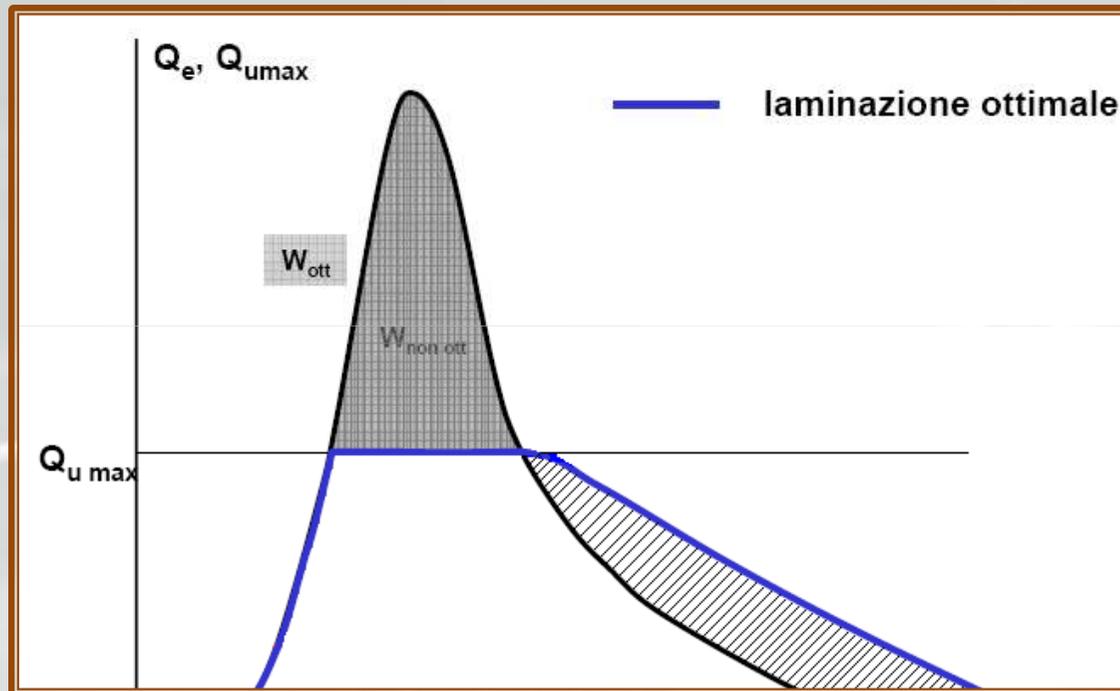
Perché si prevedono invasi nei sistemi fognari?

- Ridurre i notevoli carichi inquinanti scaricati nei corpi ricettori durante gli eventi di pioggia
 - Garantire nel tempo l'efficienza dell'impianto di trattamento
-
-

Classificazione delle tipologie di invasi impiegati nelle fognature

- ✓ Vasche di Prima Pioggia
 - ✓ Vasche Volano
 - ✓ Bacini di Calma
- laminazione
- Sedimentazione

Vasche volano



Idrogramma di piena

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

$$Q_u(t) = f(h(t))$$

$$h(t) = f(W(t))$$

$Q_e(t)$ = portata entrante nella vasca

$h(t)$ = tirante idrico della vasca

$Q_u(t)$ = portata uscente dalla vasca

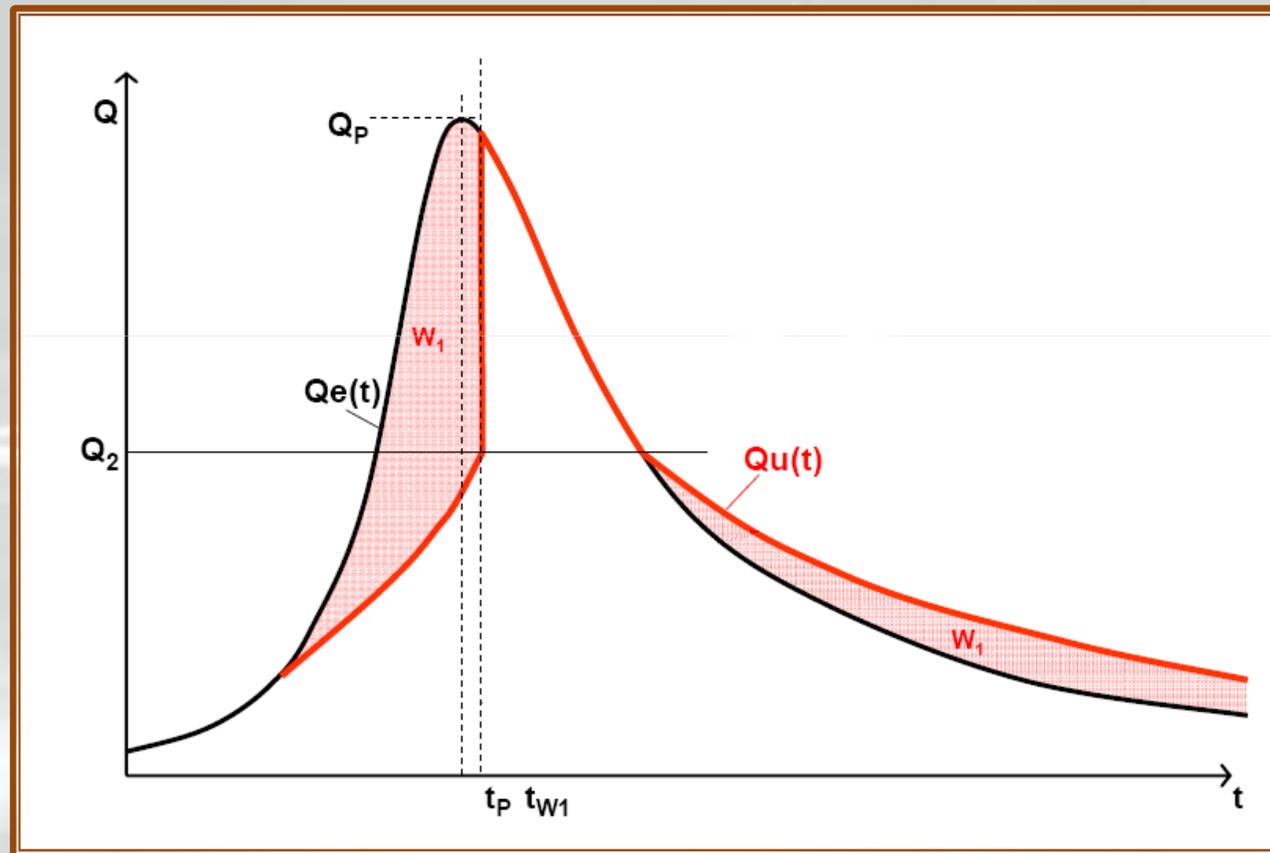
$W(t)$ = volume invasato



Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Vasche di Prima Pioggia



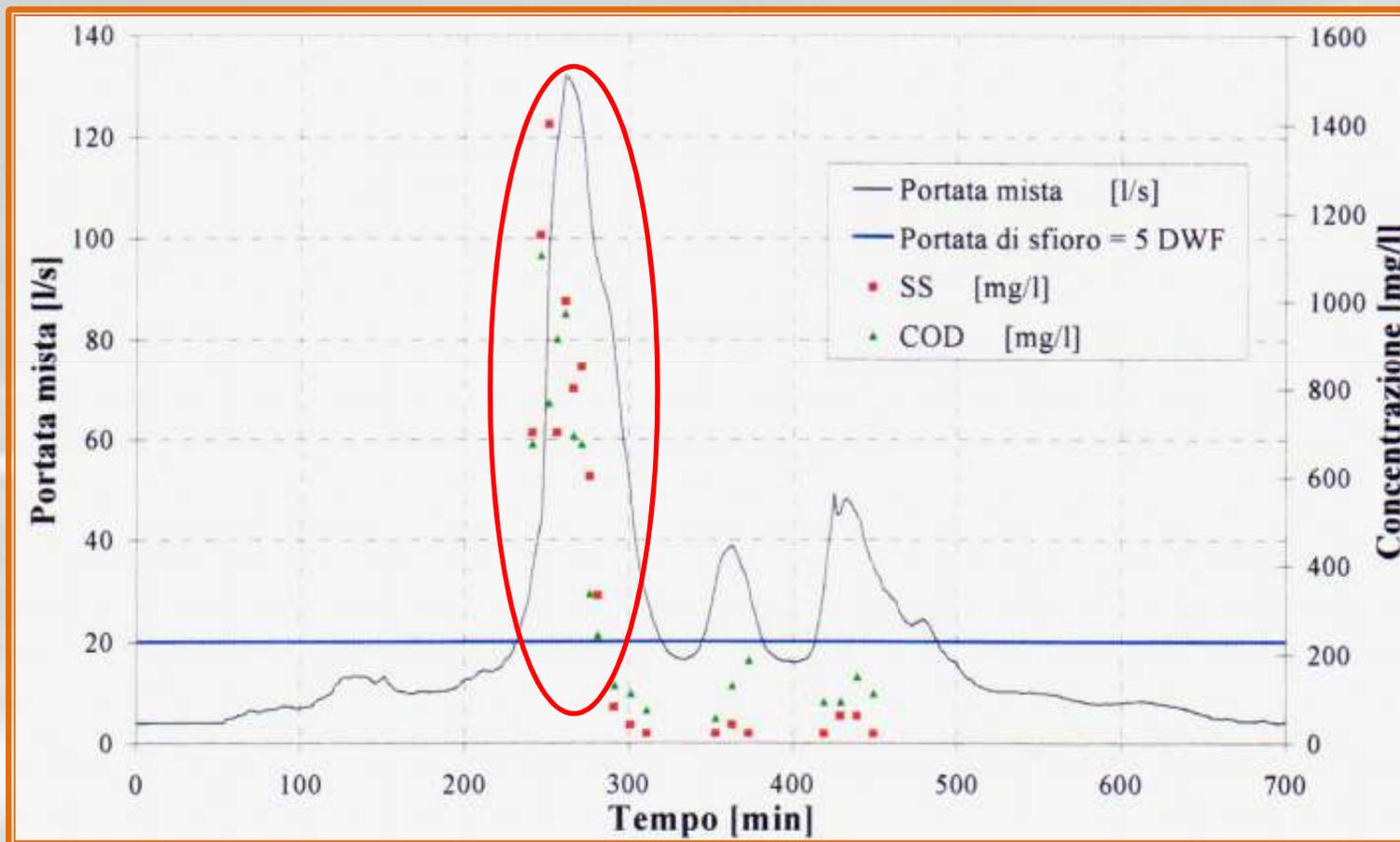
Idrogramma di piena



Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Pollutogramma e Idrogramma – Dati sperimentali Cascina Scala (Pavia)



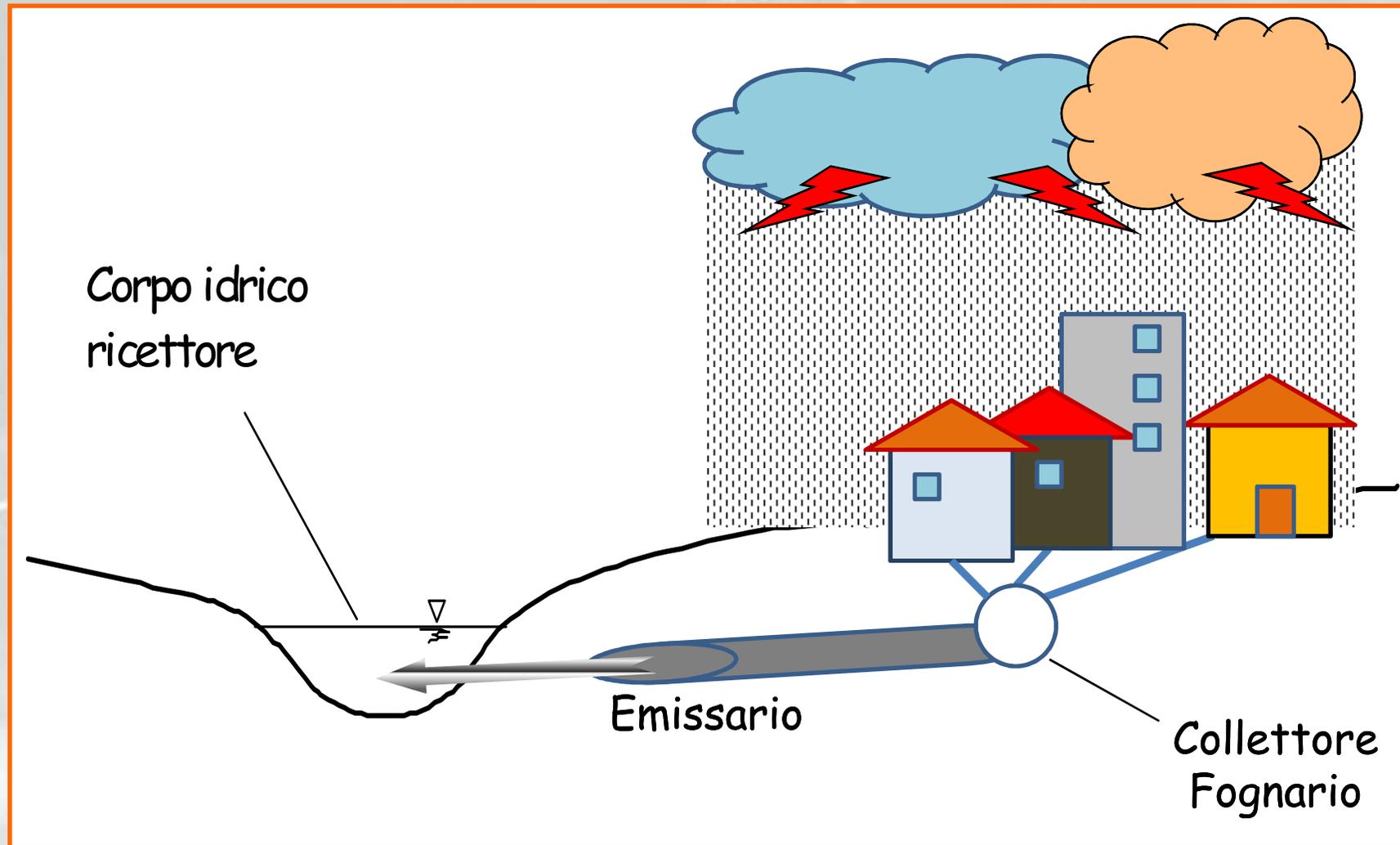
Barco et al., 2004

“First Flush”



Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

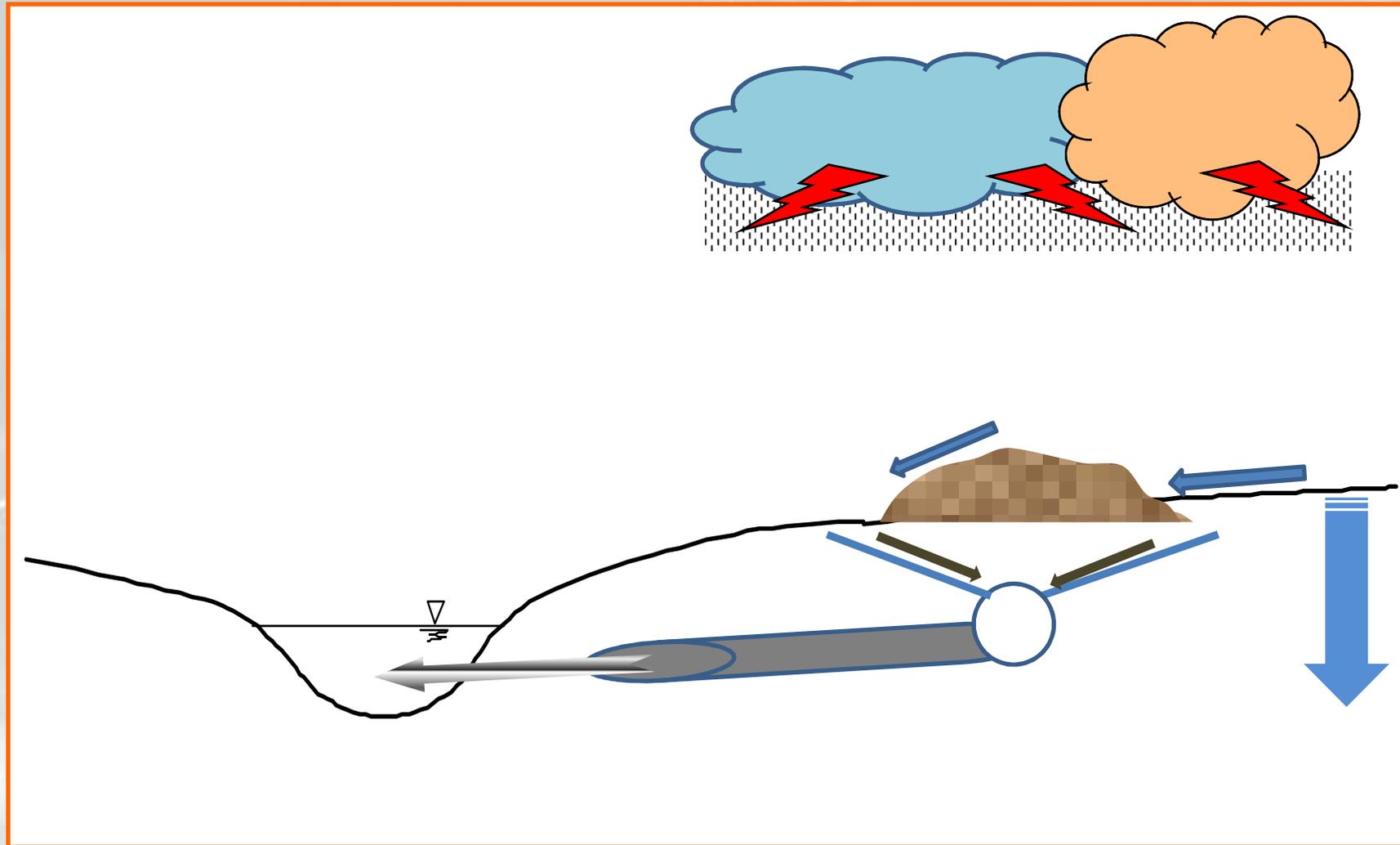
prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO





Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO





Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

L'alterazione dei reflui pluviali dipende da:

➤ **Fattori idrologici**

Intensità della pioggia
Durata della pioggia
Frequenza degli eventi

➤ **Fattori climatici**

Temperatura
Durata dei periodi secchi

➤ **Caratteristiche morfometriche del bacino urbano**

Superficie
Pendenza
Permeabilità
Conformazione orografica

➤ **Sistema fognario**

Caratteristiche idrauliche dei canali
Schema rete di drenaggio

➤ **Fattori esterni**

Traffico veicolare
Inquinamento atmosferico



Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Classificazione Tipologica/Topologica delle Vasche di Prima Pioggia

✓ **Rete di drenaggio**

mista – separata

✓ **Collocazione della vasca rispetto ai canali fognari**

Vasche in linea – vasche fuori linea

✓ **Regolazione delle portate**

Vasche di cattura – Vasche di transito

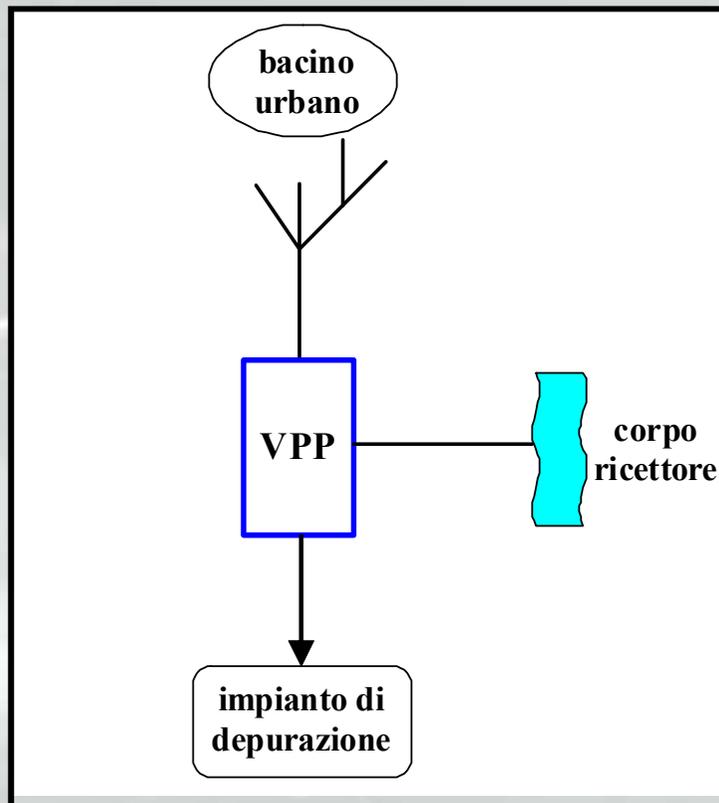


Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

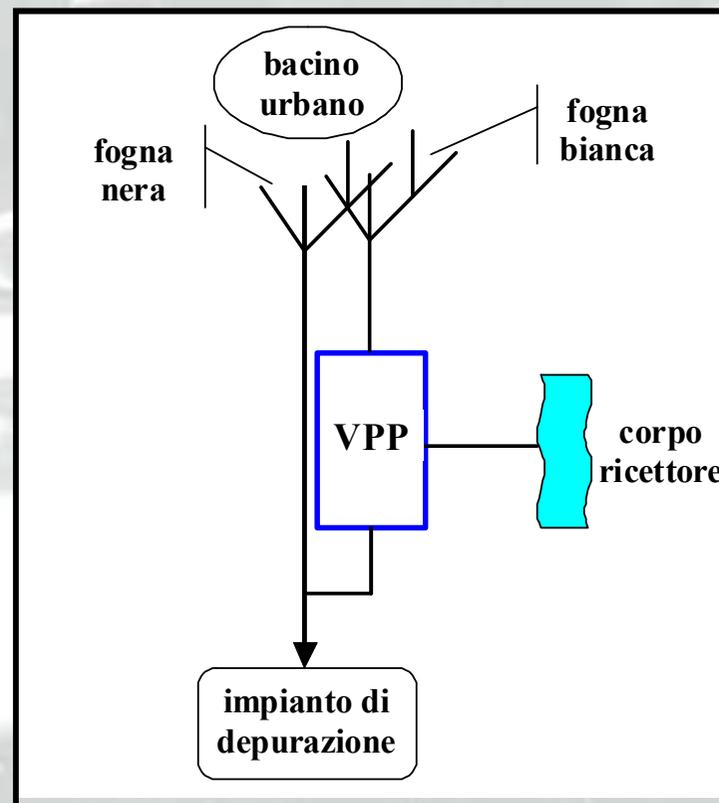
prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Schema Vasca di Prima Pioggia in linea – vasca di transito

Per fognatura unitaria



Per fognatura separata



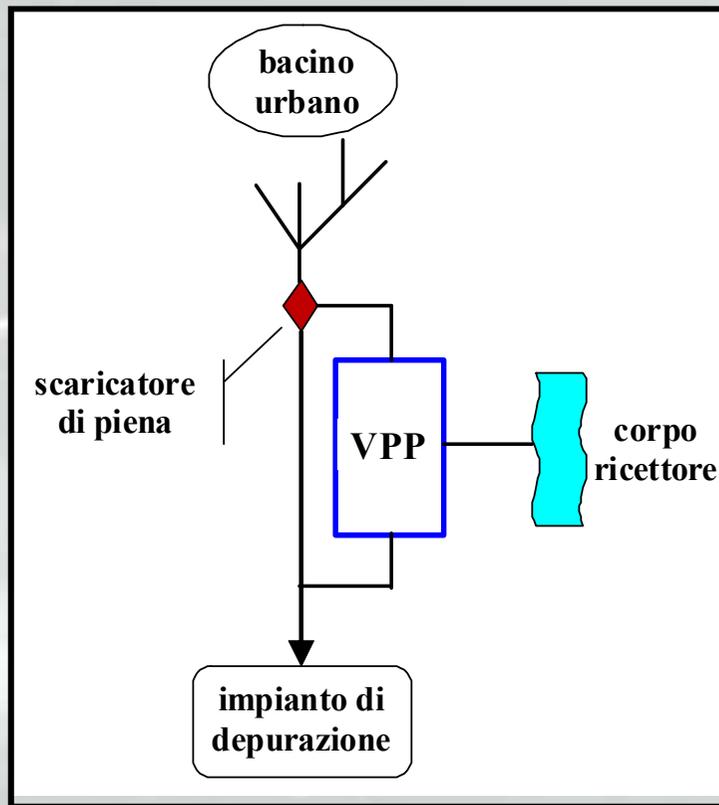


Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

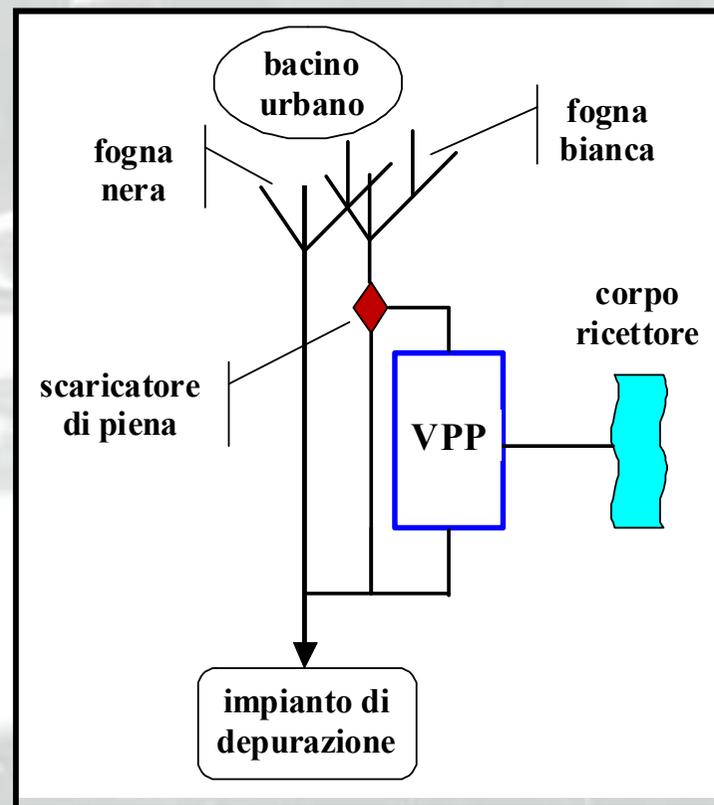
prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Schema Vasca di Prima Pioggia fuori linea – vasca di transito

Per fognatura unitaria



Per fognatura separata



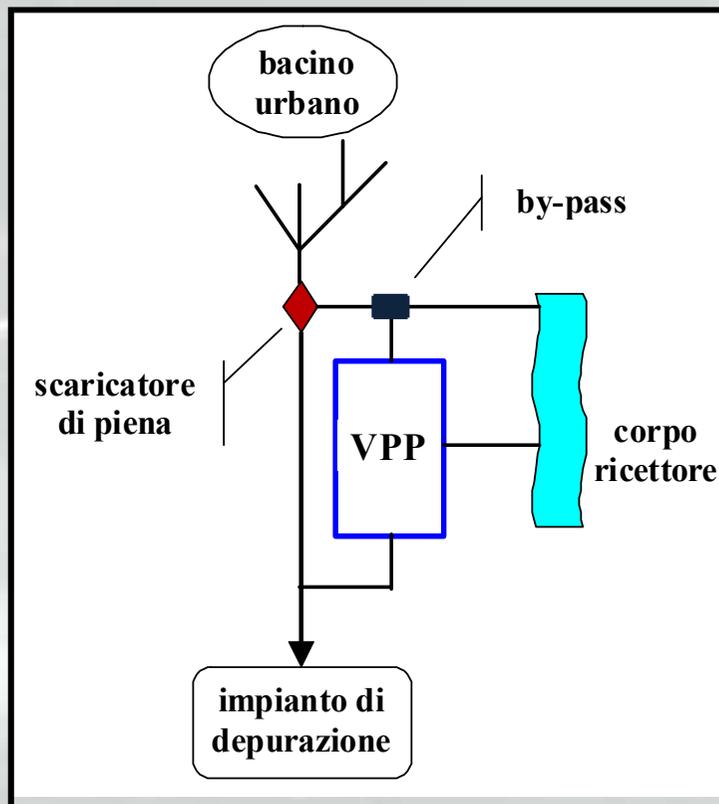


Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

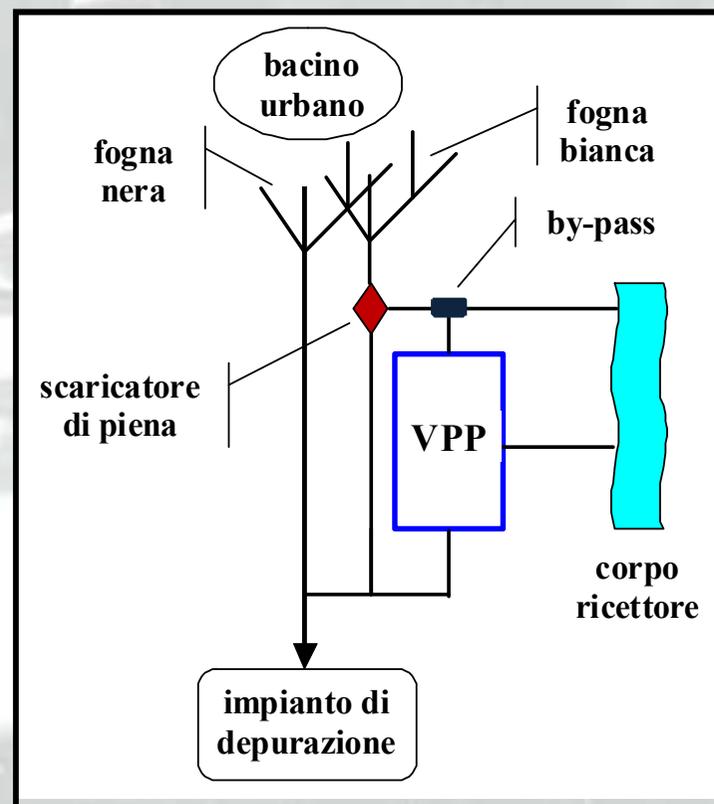
prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Schema Vasca di Prima Pioggia fuori linea – vasca di cattura

Per fognatura unitaria



Per fognatura separata

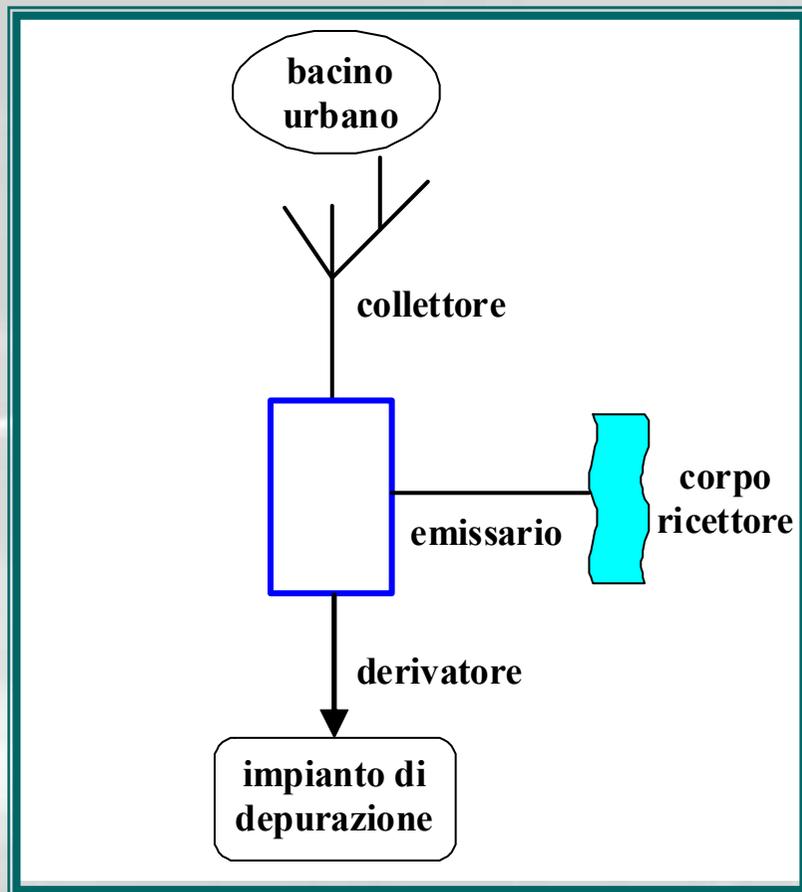




Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Schema di funzionamento Vasca di Prima Pioggia - Esempio



$$Q_C \leq \hat{q}_N$$

$$\hat{q}_N < Q_C \leq \bar{q}_D$$

$$Q_C > \bar{q}_D$$

Q_C = Portata reflua addotta dal collettore

\hat{q}_N = Portata media delle acque nere

\bar{q}_D = Massima portata da conferire all'impianto di depurazione



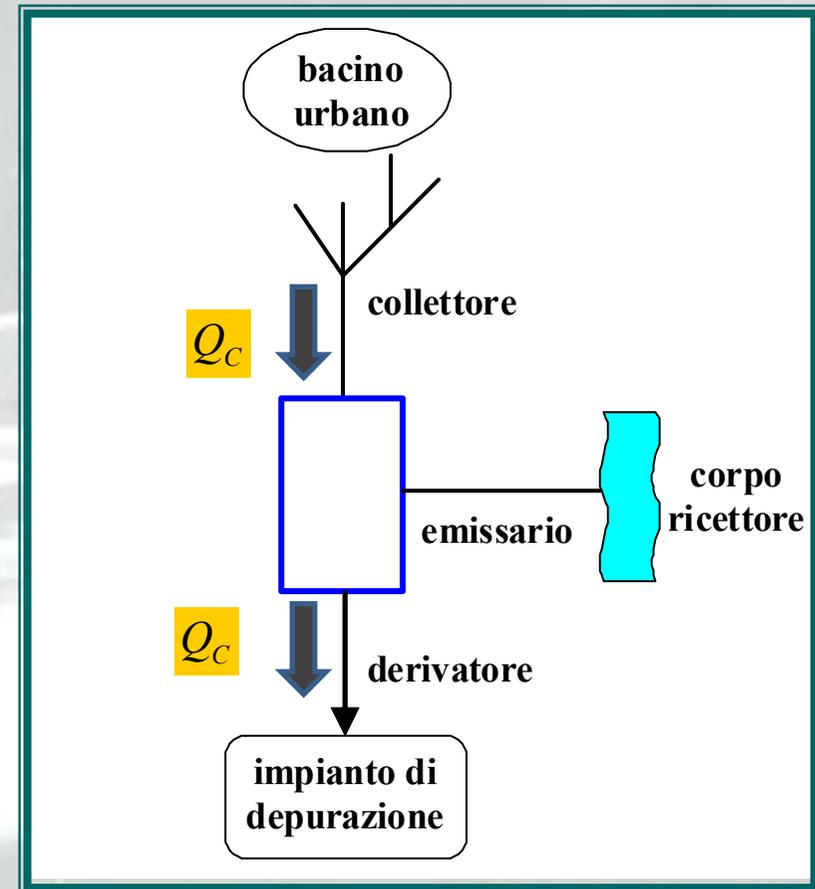
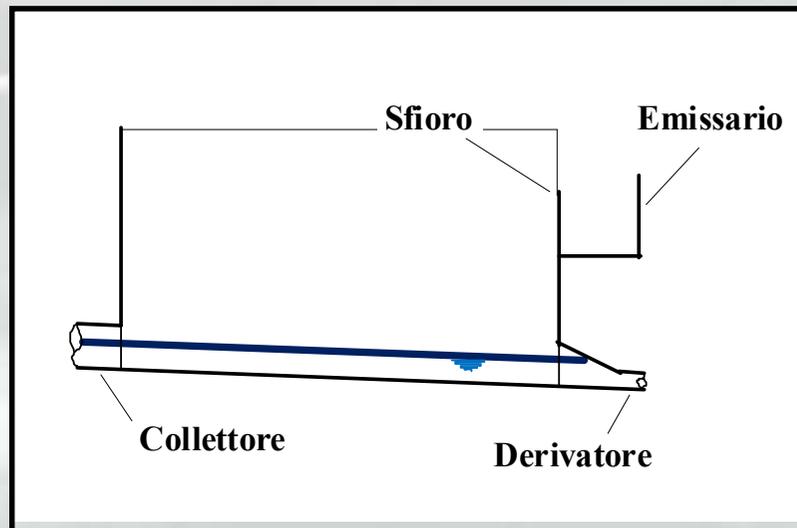
Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

$$Q_C \leq \hat{q}_N$$

$$Q_E = 0$$

$$W = 0$$





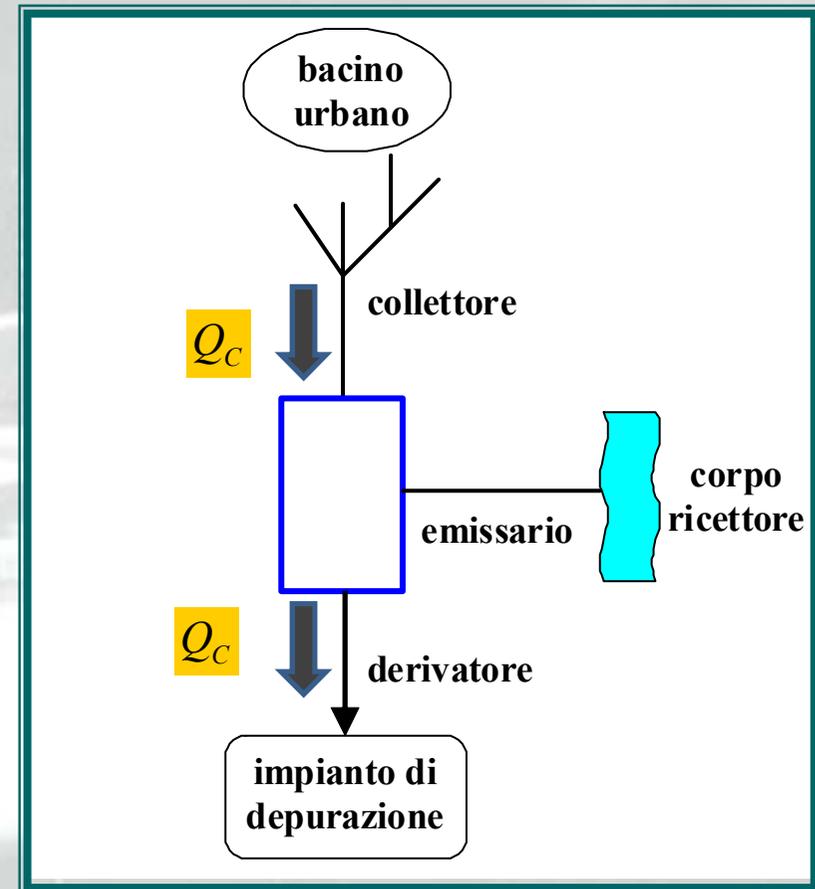
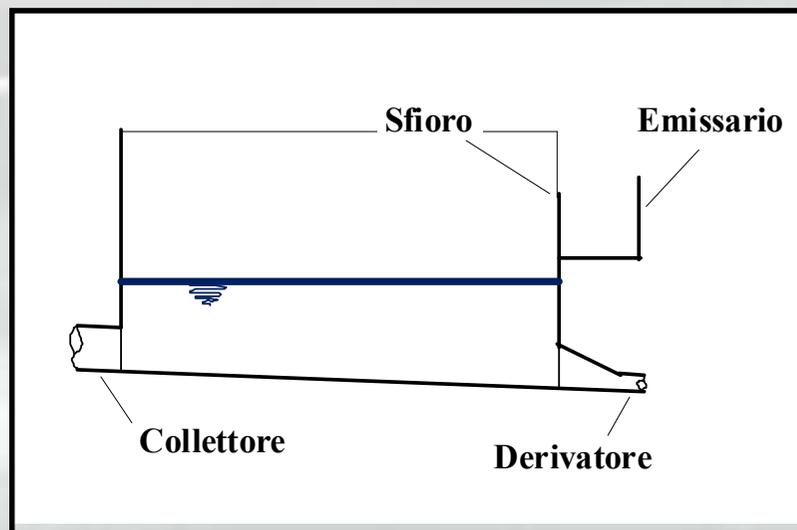
Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

$$\hat{q}_N < Q_C \leq \bar{q}_D$$

$$Q_E = 0$$

$$W \neq 0$$





Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

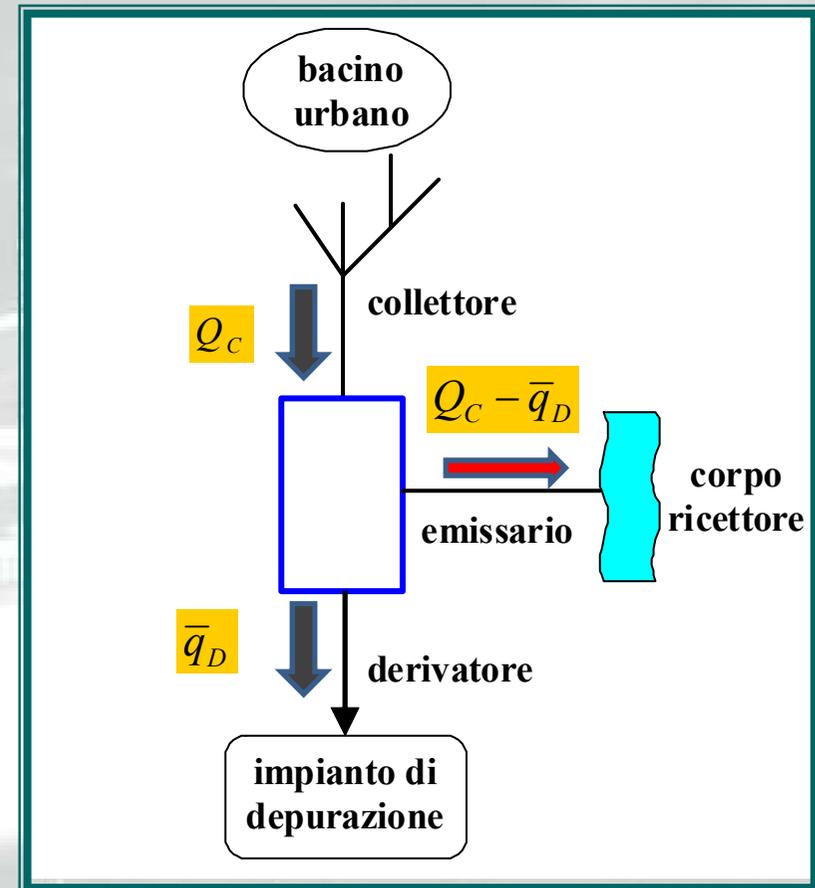
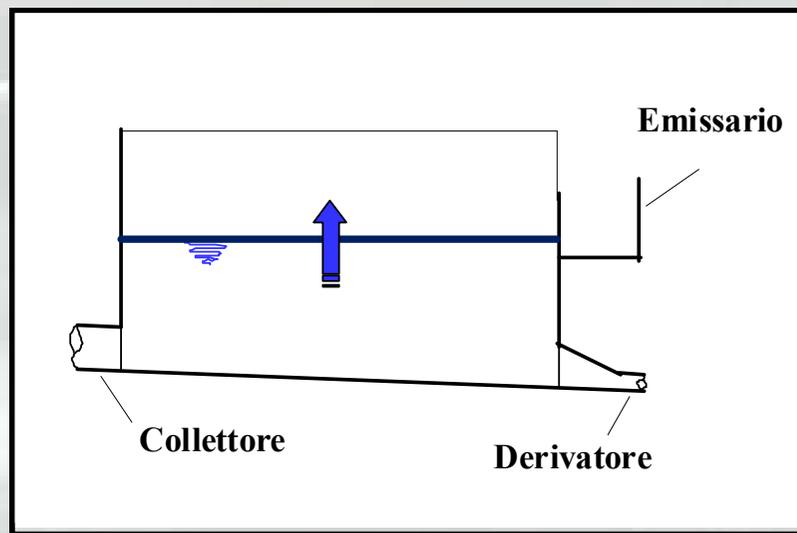
prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

$$Q_C > \bar{q}_D$$

$$Q_E = Q_C - \bar{q}_D$$

$$W = W_{\max}$$

$$Q_C(t) - Q_D(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$





Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Dimensionamento della vasca di prima pioggia

- ✓ **Modelli empirici**
- ✓ **Modelli concettuali**
- ✓ **Modelli fisicamente basati**



Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Modelli empirici

w' = Volume specifico [m³/ha]

$$W = w' \cdot A_{imp}$$



Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Metodo del “Volume di Trattamento” – modello concettuale

Obiettivo: stima l'invaso per ridurre gli sfiori nell'anno ad un numero predefinito

Modello esponenziale - Guo e Adams, 1998

Volume di pioggia per evento

$$F_X[x] = 1 - e^{-\lambda x}$$

Durata dell'evento

Modello Weibull - Bacchi et al., 2006

Tempo asciutto

$$F_X[x] = 1 - e^{-\left(\frac{x-\alpha}{\beta}\right)^\gamma}$$

Volume di deflusso, v_r

$$v_r = \varphi(v - IA)$$

v = volume di pioggia

f = coefficiente di afflusso

IA = perdita iniziale



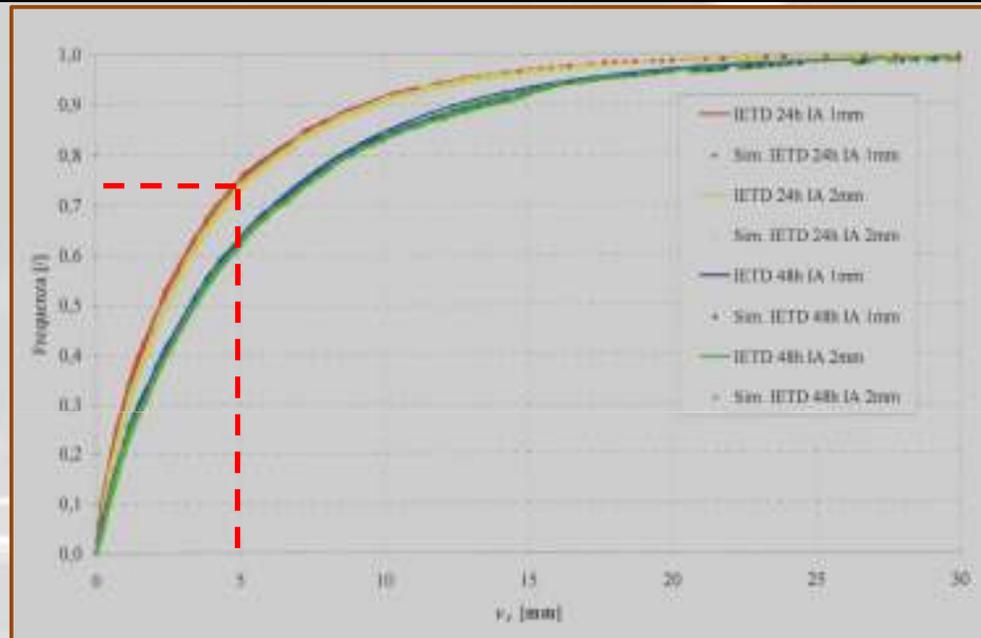
$$IA = \beta$$



Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Metodo del “Volume di Trattamento” – modello concettuale



Bacchi et al., 2006

$$F[v_r] = P[V_r \leq v_r] \quad \text{Probabilità di successo}$$

$$U[V_r > v_r] = 1 - F[v_r] \quad \text{Probabilità di insuccesso}$$

T = Periodo di ritorno

N = Numero medio di eventi meteorici

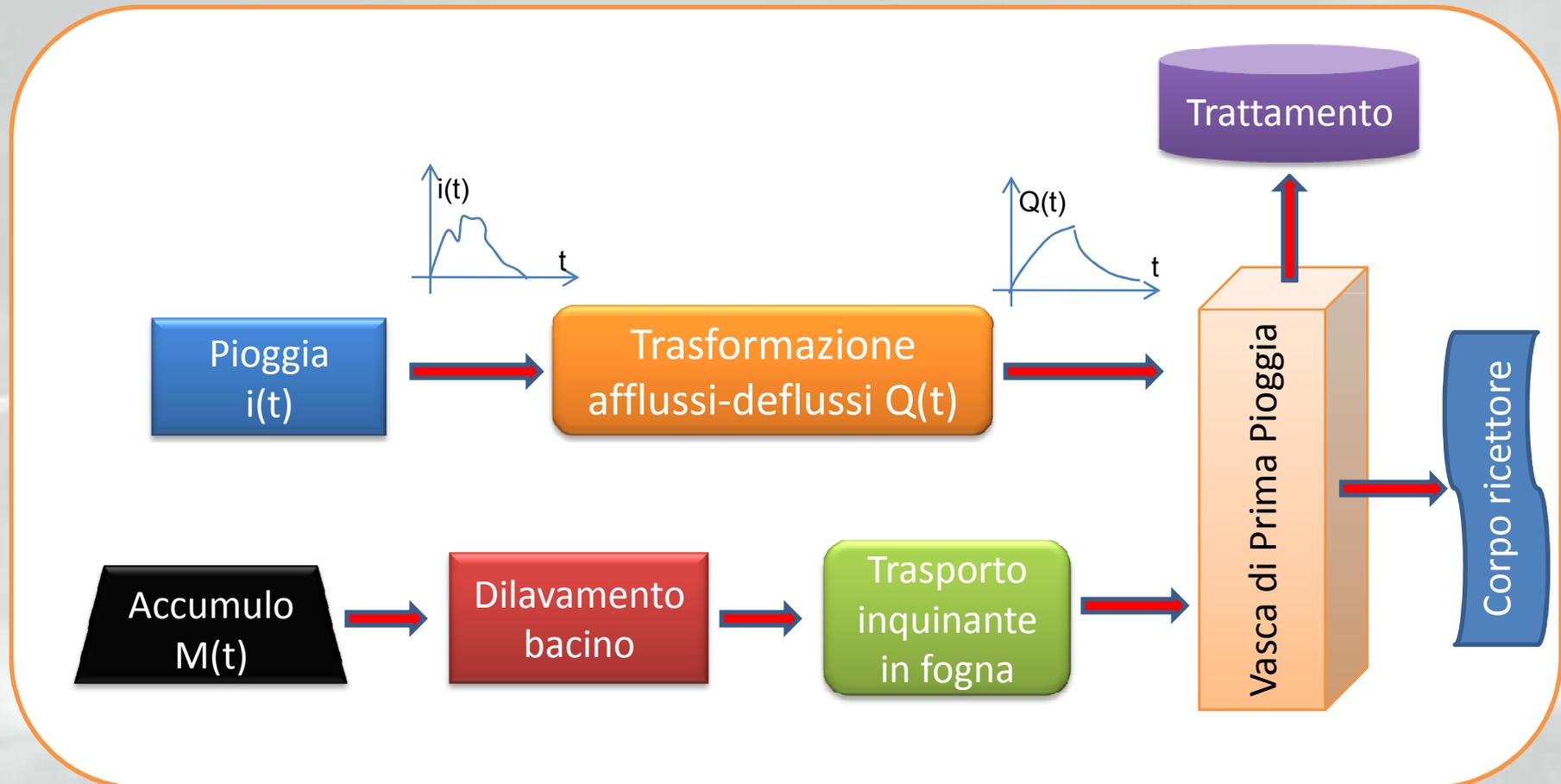
$$T = \frac{1}{N(1 - F[v_r])}$$



Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Modelli Fisicamente Basati





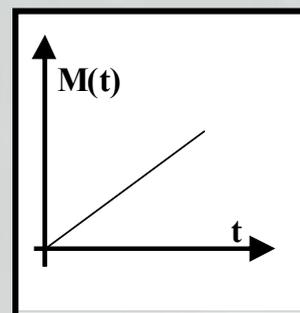
Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Accumulo della massa inquinante sulla superficie del bacino

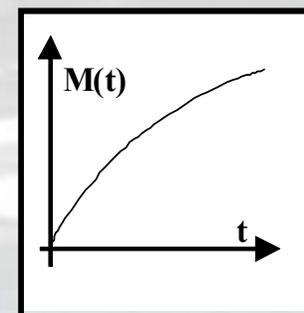
Modello monoparametrico “a”

$$M(t) = a \cdot t$$



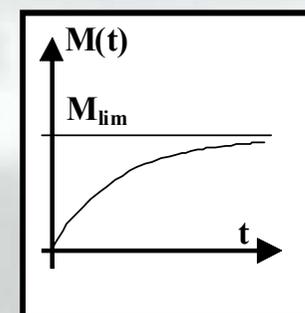
Modello biparametrici:
“b, c”; “d, M_{lim}”; “f, M_{lim}”

$$M(t) = c \cdot t^b$$



$$M(t) = M_{\text{lim}} \cdot (1 - e^{-dt})$$

$$M(t) = M_{\text{lim}} \cdot \frac{t}{(f + t)}$$





Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Accumulo della massa inquinante sulla superficie del bacino

$$M(t) = \frac{B}{D} A \varphi [1 - \exp(-DT)] + m_r \exp(-DT)$$

Alley e Smith, 2004

B = [ML⁻²T⁻¹] tasso di accumulo inquinante

D = [T⁻¹] coefficiente di scomparsa dell'inquinante

A = [L²] Area del bacino

m_r = [M] massa inquinante residua al termine del precedente evento meteorico

f = coefficiente di afflusso

Parametri		Valori adottati
B	[Kg/ha d]	18
D	[1/d]	0,3

Bornatici et al., 2004



Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Dilavamento del bacino urbano operato dalle piogge

$$\frac{dm(t)}{dt} = f(M(t), i(t), \varphi \dots)$$

$M(t)$ = massa inquinanti accumulati sul bacino

$i(t)$ = intensità della pioggia

f = coefficiente di afflusso

$$\frac{dm(t)}{dt} = -\alpha \left(\frac{i^*}{\bar{i}} \right)^\beta M(t)$$

Sartor e Boyd, 1974

$a = [T^{-1}]$ coefficiente di lavaggio

b = parametro di taratura

i^* = $[LT^{-1}]$ intensità della pioggia netta

\bar{i} = $[LT^{-1}]$ intensità della pioggia di riferimento

Parametri		Valori adottati
a	[1/min]	0,2
b		1,2
\bar{i}	[mm/min]	0,42

Bornatici et al., 2004



Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Pollutogramma

$$y(t) = \int_0^t m(\tau)h(t-\tau)d\tau$$

m(t) = massa entrante

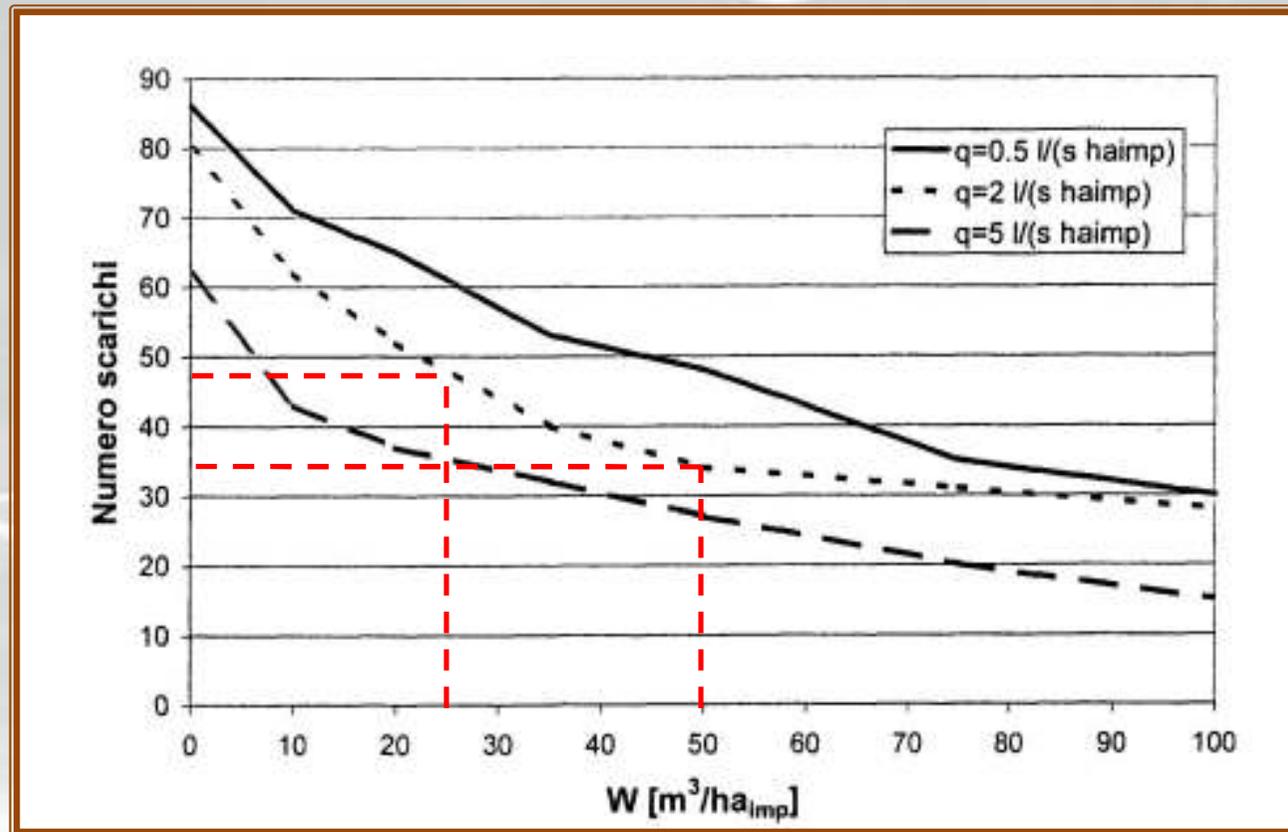
$$h(t) = \frac{1}{k} \exp\left(-\frac{t}{k}\right) \quad \text{I.U.H.}$$

K = costante dell'invaso



Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

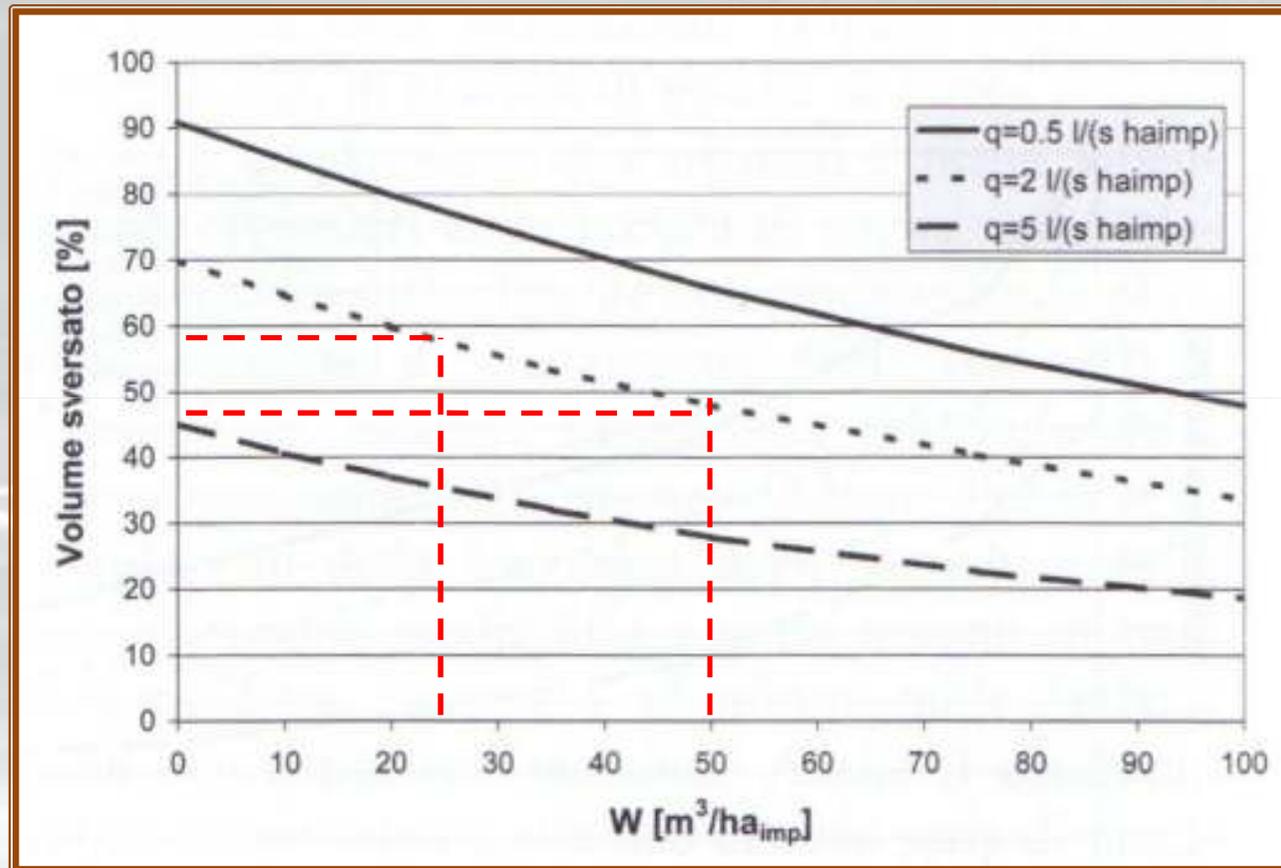


Bornatici et al., 2004



Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

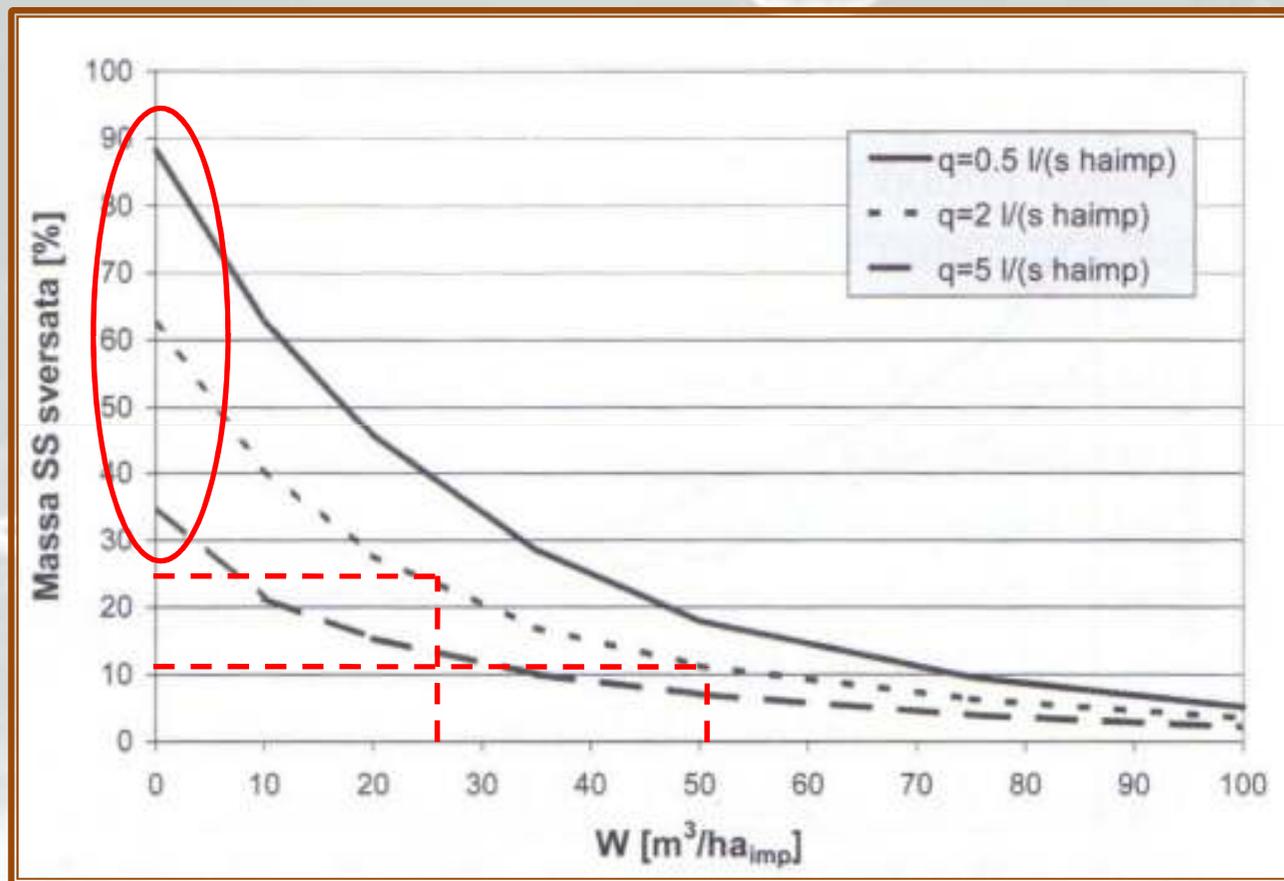


Bornatici et al., 2004



Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO



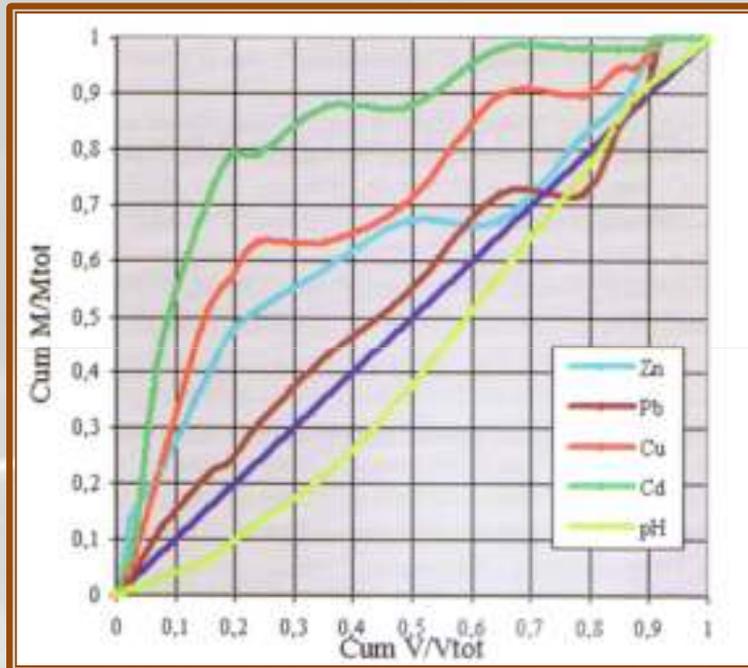
Bornatici et al., 2004



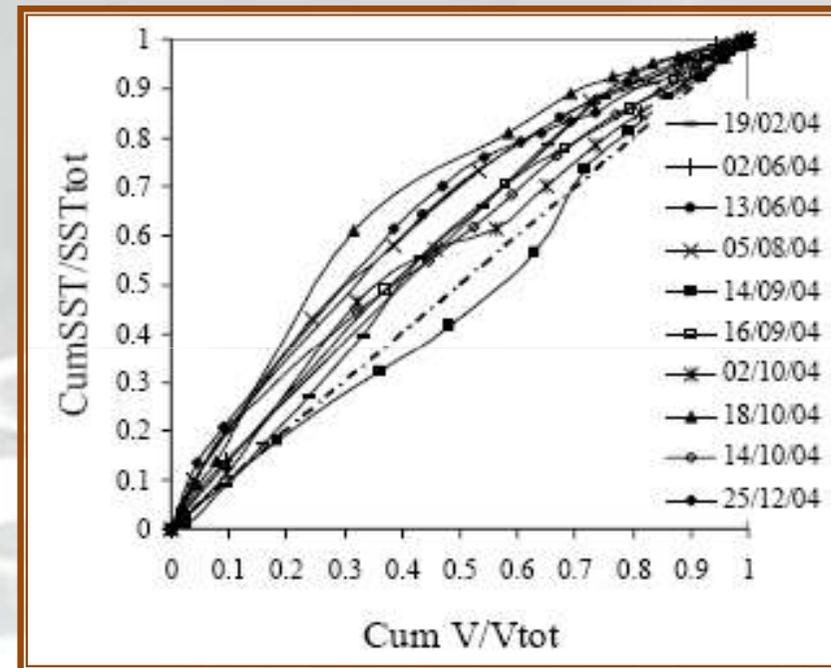
Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Diagrammi M(v)



Beretta et al., 2003



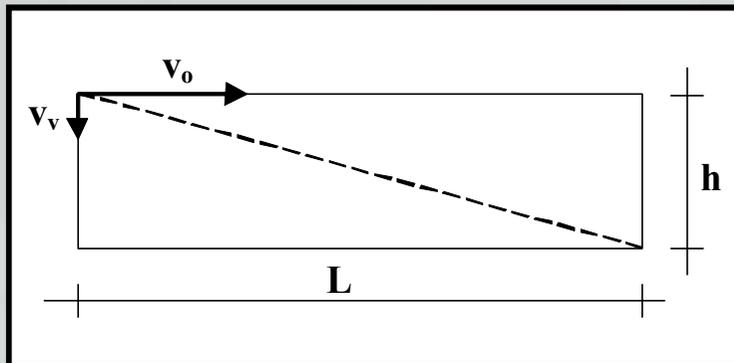
Gnecco et al., 2005



Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO

Effetti della sedimentazione sulle vasche di prima pioggia



$$V_o = 15 \div 30 \text{ cm/s}$$

$$V_v = 0,2 \div 0,5 \text{ cm/s}$$

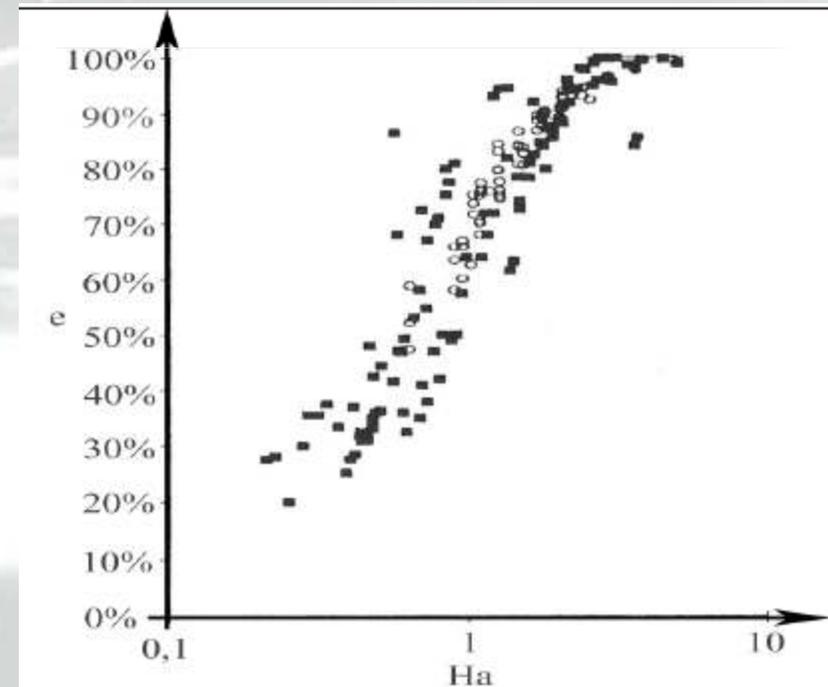
$$Ha = \frac{v_v}{C_i} = \frac{v_v T}{h}$$

Numero di Hazen

e = efficienze abbattimento SS

$C_i = [LT^{-1}]$ carico idraulico

T = [T] tempo di detenzione



Tratto da Calomino et al., 2005



Vasche di Prima Pioggia: Criteri di Progettazione ed Effetti sull'Ambiente

prof. Rudy Gargano – UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO



Giornata di Studio
Le Acque di Prima Pioggia

Cassino, 3 ottobre 2007

**Grazie
per
l'attenzione**