

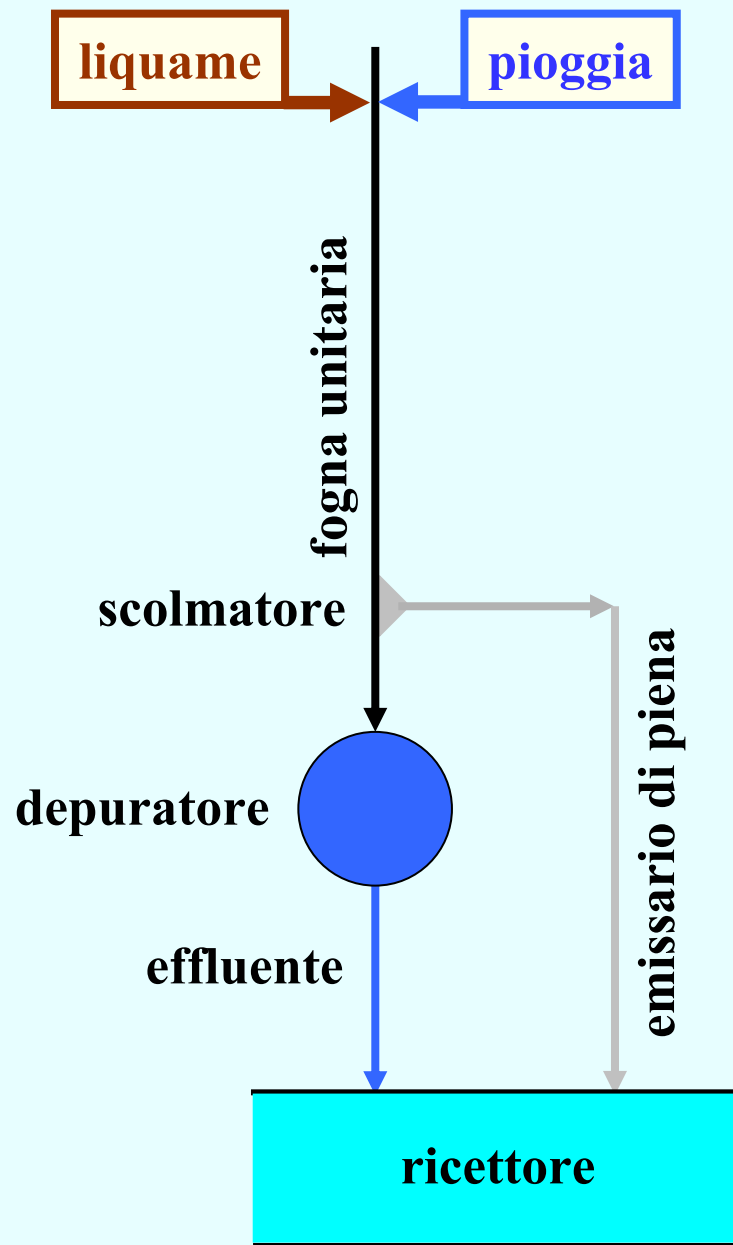
50° ANNIVERSARIO “ACQUEDOTTO DEL VETTORE”
Cicli Integrati Impianti Primari

SISTEMI DI FOGNATURA UNITARI E SEPARATI
FUNZIONALITÀ E IMPATTO SULL’AMBIENTE

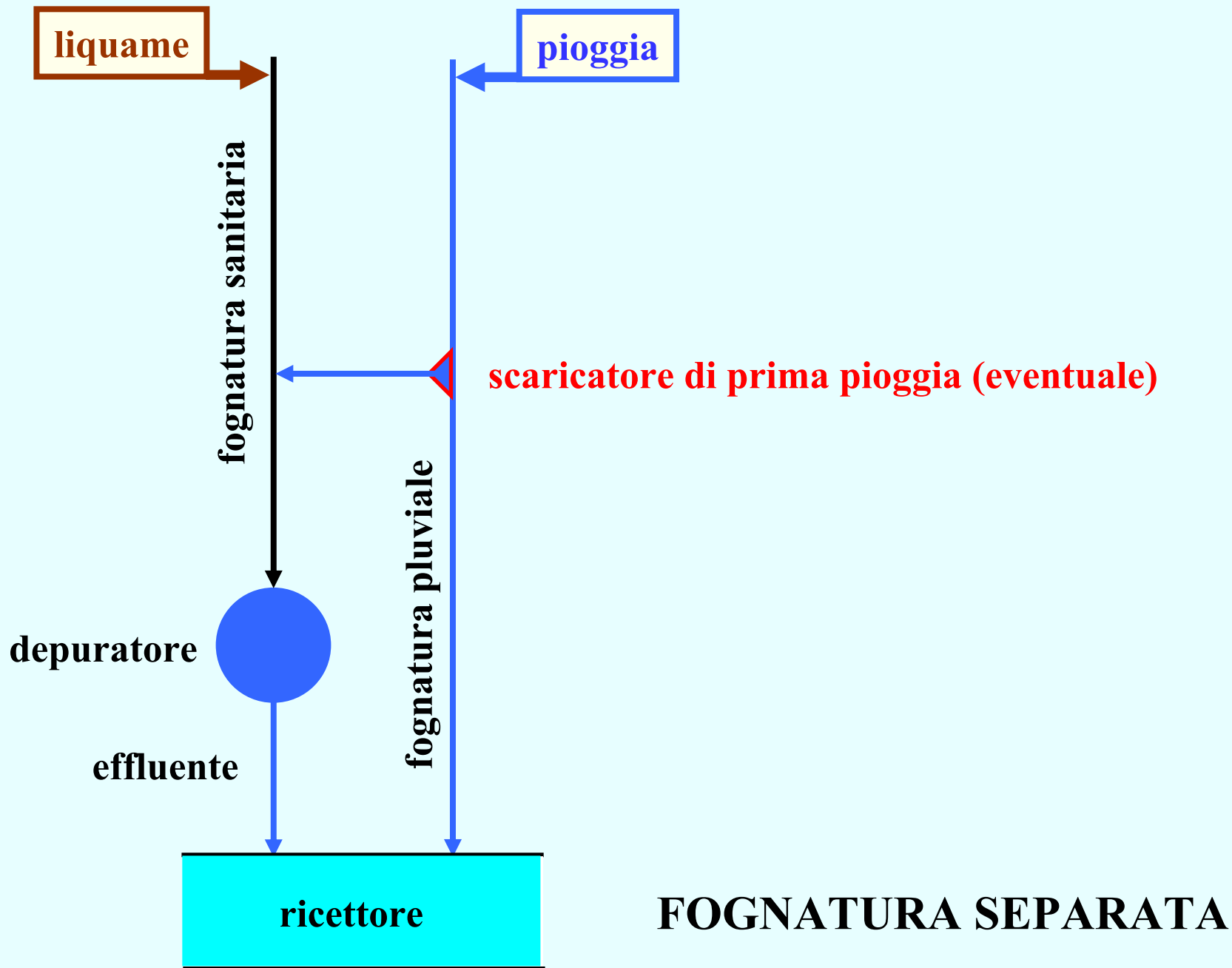
Guido Calenda

Dipartimento di Scienze dell’Ingegneria Civile

Università di Roma Tre



FOGNATURA UNITARIA



Un tempo si pensava che le acque pluviali delle fogne separate non dessero alcun contributo all'inquinamento dei ricettori.

Le indagini di campo hanno mostrato che **non è così.**

Confronto tra gli sversamenti di tempo di pioggia:

- fognatura pluviale di Cincinnati (USA) (Weibel et al., 1964)
- fognatura unitaria di Detroit (USA) (Burm et al., 1968)

<i>parametro</i>	<i>Cincinnati</i>		<i>Detroit</i>	
	<i>fognatura pluviale</i>	<i>fognatura unitaria</i>		
	<i>valori estremi</i>	<i>media</i>	<i>massimo</i>	<i>media</i>
<i>SS</i> (mg/l)	5 ÷ 1200	227	804	274
<i>VSS</i> (mg/l)	1 ÷ 290	53	452	117
<i>COD</i> (mg/l)	20 ÷ 610	111	685	153
<i>BOD</i> (mg/l)	2 ÷ 173	17		
<i>NO₂</i> (mg/l come N)	0,02 ÷ 0,3	0,05		
<i>NO₃</i> (mg/l come N)	0,1 ÷ 1,5	1,5	2,8	0,5
<i>NH₃</i> (mg/l come N)	0,1 ÷ 1,9	0,6	134	12,6
<i>N organico</i> (mg/l)	0,2 ÷ 4,8	1,7	38,4	3,7
<i>PO₄solubile</i> (mg/l)	0,02 ÷ 0,3	0,05	21,2	7,7
<i>PO₄ totale</i> (mg/l)			43,3	14,6
<i>fenoli</i> (µg/l)			8000	312

Washington D.C. (USA) (De Filippi e Shih, 1971).

Confronto tra acque di tempo di pioggia di:

- fognature separate
- fognature unitarie

<i>parametro</i>		<i>fogna separata</i>	<i>fogna unitaria</i>
		<i>media</i>	<i>media</i>
<i>SS</i>	<i>(mg/l)</i>	1697	622
<i>VSS</i>	<i>(mg/l)</i>	145	245
<i>COD</i>	<i>(mg/l)</i>	335	382
<i>BOD</i>	<i>(mg/l)</i>	19*	71
<i>N totale</i>	<i>(mg/l)</i>	2,1	35
<i>fosfati totali</i>	<i>(mg/l)</i>	1,3	3,0
<i>coliformi totali</i>	<i>(n°/100 ml)</i>	600.000	2.800.000
<i>coliformi fecali</i>	<i>(n°/100 ml)</i>	310.000	2.400.000
<i>streptococchi fecali</i>	<i>(n°/100 ml)</i>	21.000	17.200

** Escluso un evento in cui è stato misurato un BOD di 660 mg/l*

Fognatura di Seattle (Field e Turkeltaub, 1981) confronto tra:

- sfioro unitario
- scarico pluviale

<i>parametro</i>	<i>sfioro unitario</i>			<i>scarico pluviale</i>		
	<i>totale</i> <i>(kg/anno)</i>	<i>particolato</i>		<i>totale</i> <i>(kg/anno)</i>	<i>particolato</i>	
		<i>(kg/anno)</i>	<i>(%)</i>		<i>(kg/anno)</i>	<i>(%)</i>
<i>solidi sospesi</i>	3920	3920		2238	2238	
<i>Cu</i>	1,33	1,04	78	1,16	0,74	64
<i>Hg</i>	0,026	0,023	88	-	-	-
<i>Pb</i>	1,46	1,01	69	6,04	5,32	88
<i>Zn</i>	3,20	2,20	69	2,74	1,76	64
<i>Al</i>	66,0	63,4	96	97,2	93,9	97
<i>C organico</i>	458	193	42	299	168	56
<i>P totale</i>	45,1	12,8	28	8,73	4,60	53
<i>oli e grassi</i>	330	-	-	113	-	-

La necessità di valutare l'inquinamento di tempo di pioggia ha stimolato studi indirizzati a correlare i contributi inquinanti con le tipologie urbanistiche.

Acque di tempo di pioggia in bacini di diverse caratteristiche (Lindholm e Balmér, 1978)

<i>località</i>	<i>Oslo 1</i>	<i>Sandefjord</i>	<i>Trondheim 1</i>	<i>Oslo 2*</i>	<i>Oslo 2</i>	<i>Oslo 3</i>	<i>Oslo 4</i>	<i>Trondheim 2</i>
<i>tipologia urbana</i>	<i>R/C</i>	<i>R</i>	<i>R/C</i>	<i>Ce</i>	<i>Ce</i>	<i>SR</i>	<i>SR</i>	<i>SR</i>
<i>sistema fognario</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>U</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>	<i>S</i>
<i>area (ha)</i>	<i>219</i>	<i>380</i>	<i>21</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>37</i>	<i>37</i>	<i>20</i>
<i>% impermeabile</i>	<i>69</i>	<i>12</i>	<i>37</i>	<i>97</i>	<i>97</i>	<i>43</i>	<i>33</i>	<i>18</i>
<i>densità (ab/ha)</i>	<i>342</i>	<i>25</i>	<i>93</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>155</i>	<i>123</i>	<i>30</i>
<i>pendenza (%)</i>	<i>2,8</i>	<i>2,5</i>	<i>1,1</i>	<i>5,3</i>	<i>5,3</i>	<i>4,1</i>	<i>9,3</i>	<i>5,3</i>
<i>BOD₇ (g/m³)</i>	<i>200</i>	<i>103</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>
<i>COD (g/m³)</i>	<i>530</i>	<i>268</i>	<i>352</i>	<i>244</i>	<i>160</i>	<i>73</i>	<i>63</i>	<i>74</i>
<i>SS (g/m³)</i>	<i>721</i>	<i>424</i>	<i>510</i>	<i>1038</i>	<i>303</i>	<i>367</i>	<i>86</i>	<i>929</i>
<i>VSS (g/m³)</i>	<i>188</i>	<i>168</i>	<i>193</i>	<i>189</i>	<i>75</i>	<i>46</i>	<i>33</i>	<i>72</i>
<i>P tot (g/m³)</i>	<i>2,4</i>	<i>4</i>	<i>3</i>	<i>1,2</i>	<i>0,6</i>	<i>0,5</i>	<i>0,8</i>	<i>0,3</i>
<i>N tot (g/m³)</i>	<i>8,2</i>	<i>14,4</i>	<i>-</i>	<i>4,2</i>	<i>3,2</i>	<i>4,9</i>	<i>5,9</i>	<i>2,3</i>
<i>Pb (g/m³)</i>	<i>0,45</i>	<i>0,08</i>	<i>-</i>	<i>0,82</i>	<i>0,41</i>	<i>0,1</i>	<i>0,05</i>	<i>0,07</i>
<i>Zn (g/m³)</i>	<i>1,07</i>	<i>0,64</i>	<i>-</i>	<i>1,73</i>	<i>0,57</i>	<i>0,17</i>	<i>0,32</i>	<i>0,1</i>
<i>Cu (g/m³)</i>	<i>0,17</i>	<i>0,11</i>	<i>-</i>	<i>0,52</i>	<i>0,19</i>	<i>0,04</i>	<i>0,13</i>	<i>0,03</i>

* Serie che include una pioggia molto intensa che la serie successiva non include

Tipologia abitativa: *R* = residenziale *C* = commerciale *Ce* = centro cittadino

SR = suburbano residenziale Fognatura: *U* = unitaria *S* = separata

Carichi inquinanti medi per diverse tipologie urbane (Hall, 1984)

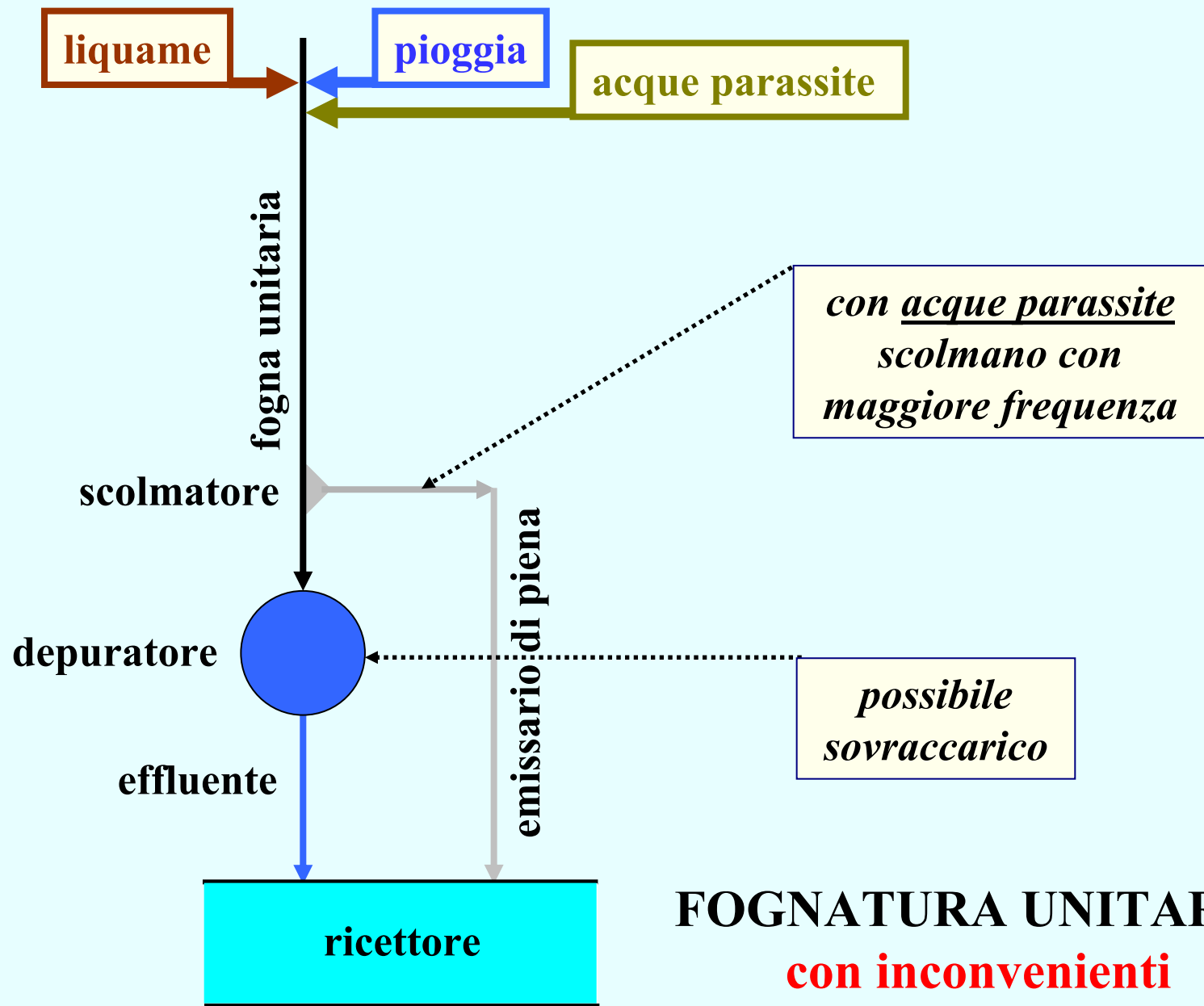
<i>località</i>	<i>tipologia</i>	<i>area (ha)</i>	<i>BOD</i>	<i>SS</i>	<i>P totale</i>	<i>N totale</i>
			<i>[kg/(ha·anno)]</i>			
<i>Oxhey (UK)</i>	<i>R</i>	<i>247</i>	4,6	<i>115</i>	-	-
<i>Cincinnati (USA)</i>	<i>R/C</i>	<i>11</i>	<i>37</i>	<i>818</i>	-	<i>10</i>
<i>Durham (USA)</i>	<i>R/C</i>	<i>432</i>	<i>94</i>	-	-	-
<i>Stockolm (Svezia)</i>	<i>Sv</i>	<i>3,3</i>	<i>100</i>	<i>1185</i>	<i>0,2</i>	<i>5,1</i>
	<i>R</i>	<i>25</i>	14	<i>173</i>	<i>0,04</i>	<i>1,4</i>
	<i>C</i>	<i>25</i>	<i>43</i>	<i>620</i>	<i>0,16</i>	<i>3,5</i>
<i>Birmingham (UK)</i>	<i>As</i>	<i>3,6</i>	<i>172</i>	<i>6289</i>	-	-
<i>Massans (USA)</i>	<i>R</i>	<i>80</i>	-	<i>560</i>	<i>0,82</i>	<i>2,9</i>
	<i>R/C</i>	<i>1680</i>	<i>11,5</i>	<i>1787</i>	<i>1,37</i>	<i>5,5</i>
<i>Zurich (Svizzera)</i>	<i>R</i>	<i>9</i>	25	<i>159</i>	<i>0,59</i>	<i>4,9</i>
<i>Sydney (Australia)</i>	<i>R</i>	<i>131</i>	35	<i>320</i>	-	-
<i>Orlando (USA)</i>	<i>R</i>	<i>6,5</i>	75	<i>195</i>	-	<i>4,0</i>
	<i>C</i>	<i>11,4</i>	<i>50</i>	<i>338</i>	-	<i>4,0</i>
<i>Houston (USA)</i>	<i>R (in costr.)</i>	<i>8744</i>	-	<i>2676</i>	<i>0,75</i>	-

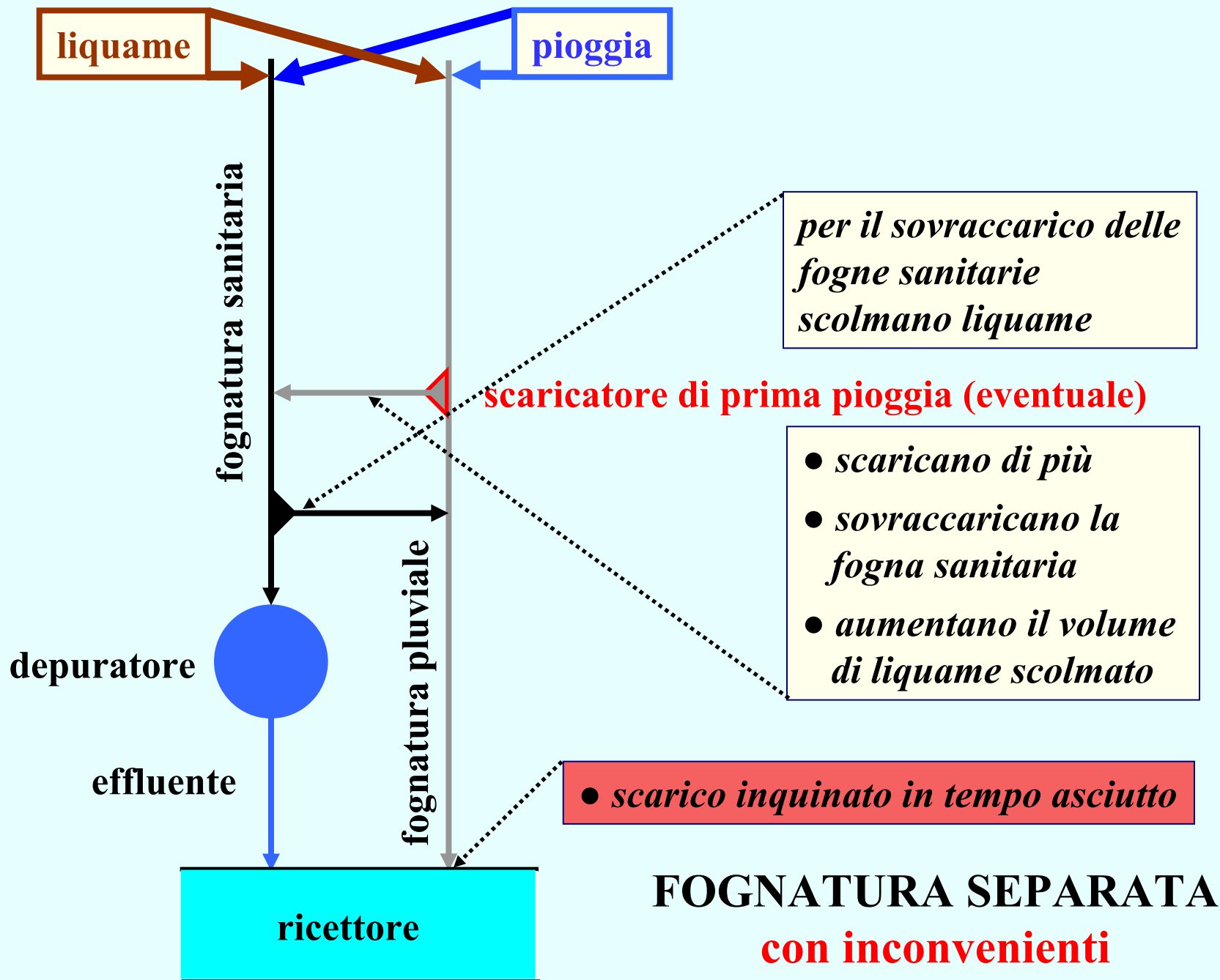
Tipologia abitativa: R = residenziale C = commerciale

Sv = svincolo stradale As = autostrada.

Purtroppo

il funzionamento delle fognature, soprattutto se separate, è spesso ben lontano da quello ideale.





Confronto tra acque di tempo di pioggia (Carleton, 1990):

- fognatura **unitaria** di **Lione**

- fognatura **separata** di **Sydney**

concentrazioni medie

<i>parametro</i>	<i>Sydney</i>		<i>Lione</i>
	<i>scolmatori</i>	<i>scarichi pluviali</i>	<i>scolmatori</i>
<i>BOD (mg/l)</i>	59	47	42
<i>COD (mg/l)</i>	180	132	145
<i>SS (mg/l)</i>	186	141	170

carichi specifici

<i>parametro</i>	<i>Sydney</i>		<i>Lione</i>
	<i>scolmatori</i>	<i>scarichi pluviali</i>	<i>scolmatori</i>
<i>BOD (kg/ha)</i>	29,5	141	12,6
<i>COD (kg/ha)</i>	90	396	43,5
<i>SS (kg/ha)</i>	93	423	51,1

Nella fognatura pluviale separata di Sydney è stato necessario inserire circa **3000 scolmatori**

per problemi di sovraccarico della rete nera in occasione delle piogge

dovuti:

- a) a errati collegamenti**
- b) a infiltrazioni dal terreno durante le piogge**

In qualche caso gli sfiori dovuti all'infiltrazione dal terreno sono continuati per 10 giorni dopo la fine delle piogge.

DECRETO AMBIENTALE 152/2006

ART. 74

(definizioni)

- g) **acque reflue domestiche**: acque reflue provenienti da **insediamenti di tipo residenziale** e da servizi e derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche;
- h) **acque reflue industriali**: qualsiasi tipo di acque reflue provenienti da edifici od installazioni in cui si svolgono **attività commerciali** o di **produzione di beni**, differenti qualitativamente dalle acque reflue domestiche e da quelle meteoriche di dilavamento, intendendosi per tali anche quelle venute in contatto con sostanze o materiali, anche inquinanti, non connessi con le attività esercitate nello stabilimento;
- i) **acque reflue urbane**: il **miscuglio di acque reflue domestiche**, di acque **reflue industriali** e/o di quelle **meteoriche di dilavamento** convogliate in reti fognarie, anche separate, e provenienti da agglomerato;

dd) **rete fognaria**: il sistema di canalizzazioni, generalmente sotterranee, per la raccolta e il convogliamento delle acque reflue **domestiche**, **industriali** ed **urbane** fino al recapito finale;

ee) **fognatura separata**: la rete fognaria costituita da **due canalizzazioni**, la **prima** delle quali adibita alla raccolta ed al convogliamento delle sole **acque meteoriche di dilavamento**, e dotata o meno di dispositivi per la raccolta e la **separazione delle acque di prima pioggia**, e la **seconda** adibita alla raccolta ed al convogliamento delle acque **reflue urbane** unitamente alle eventuali **acque di prima pioggia**;

ff) **scarico** qualsiasi immissione di acque reflue in acque superficiali, sul suolo, nel sottosuolo e in rete fognaria, indipendentemente dalla loro natura inquinante, anche sottoposte a preventivo trattamento di depurazione. Sono esclusi i rilasci di acque previsti all'articolo 114;

gg) **acque di scarico**: tutte le acque reflue provenienti da uno scarico;

si pone il problema dell'inquinamento di tempo di pioggia

Le **acque meteoriche di dilavamento** sono menzionate
ma non definite: possiamo immaginare cosa siano.

Le **fognature unitarie (o miste)** non sono menzionate
anche se
sono le più diffuse al mondo

Si intuisce però che il legislatore sospetta l'esistenza di reti unitarie, infatti:

ART. 100

(reti fognarie)

1. Gli agglomerati con un numero di abitanti equivalenti superiore a 2.000 devono essere provvisti di reti fognarie per le acque reflue urbane.
2. La **progettazione** la costruzione e la manutenzione delle **reti fognarie** si effettuano adottando le migliori tecniche disponibili e che comportino costi economicamente ammissibili, **tenendo conto**, in particolare:
 - a) della portata media, del volume annuo e delle caratteristiche **delle acque reflue urbane**;
 - b) della prevenzione di eventuali **fenomeni di rigurgito** che comportino la **fuoriuscita** delle acque reflue dalle sezioni fognarie;
 - c) della limitazione dell'inquinamento dei ricettori, causato da **tracimazioni** originate da particolari **eventi meteorici**.

ART. 101

(criteri generali della disciplina degli scarichi)

1. Tutti gli scarichi sono disciplinati in funzione del rispetto degli obiettivi di qualità dei corpi idrici e devono comunque rispettare i valori limite previsti nell'Allegato 5 alla parte terza del presente decreto. L'autorizzazione può in ogni caso stabilire specifiche deroghe ai suddetti limiti e idonee prescrizioni per i periodi di avviamento e di arresto e per l'eventualità di guasti nonché per gli ulteriori periodi transitori necessari per il ritorno alle condizioni di regime.

ART. 113

(acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia)

1. Ai fini della prevenzione di rischi idraulici ed ambientali, le regioni previo parere del Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio, disciplinano e attuano:

- a) le forme di controllo degli scarichi di acque meteoriche di dilavamento provenienti da reti fognarie separate;

Le acque meteoriche di dilavamento da reti separate possono dare problemi, anche se si ritiene che usualmente non ne diano.

Ma

gli scolmatori delle fognature unitarie ?

Art. 101:

**le reti devono essere progettate
tenendo conto**

**« della limitazione dell'inquinamento
dei ricettori, causato da tracimazioni
originate da particolari eventi meteorici »**

Gli scolmatori di piena
e di conseguenza

le fognature unitarie

restano in un limbo:

gli sversamenti di piena degli
scolmatori sono o non sono scarichi ?

ossia

devono sottostare ai limiti sugli
effluenti ? Si può desumere di no,
mala legge non è esplicita.

**L'incertezza spinge le amministrazioni
verso l'adozione di fognature separate
che è**

una scelta rischiosa

dal punto di vista dell'inquinamento.

Inoltre:

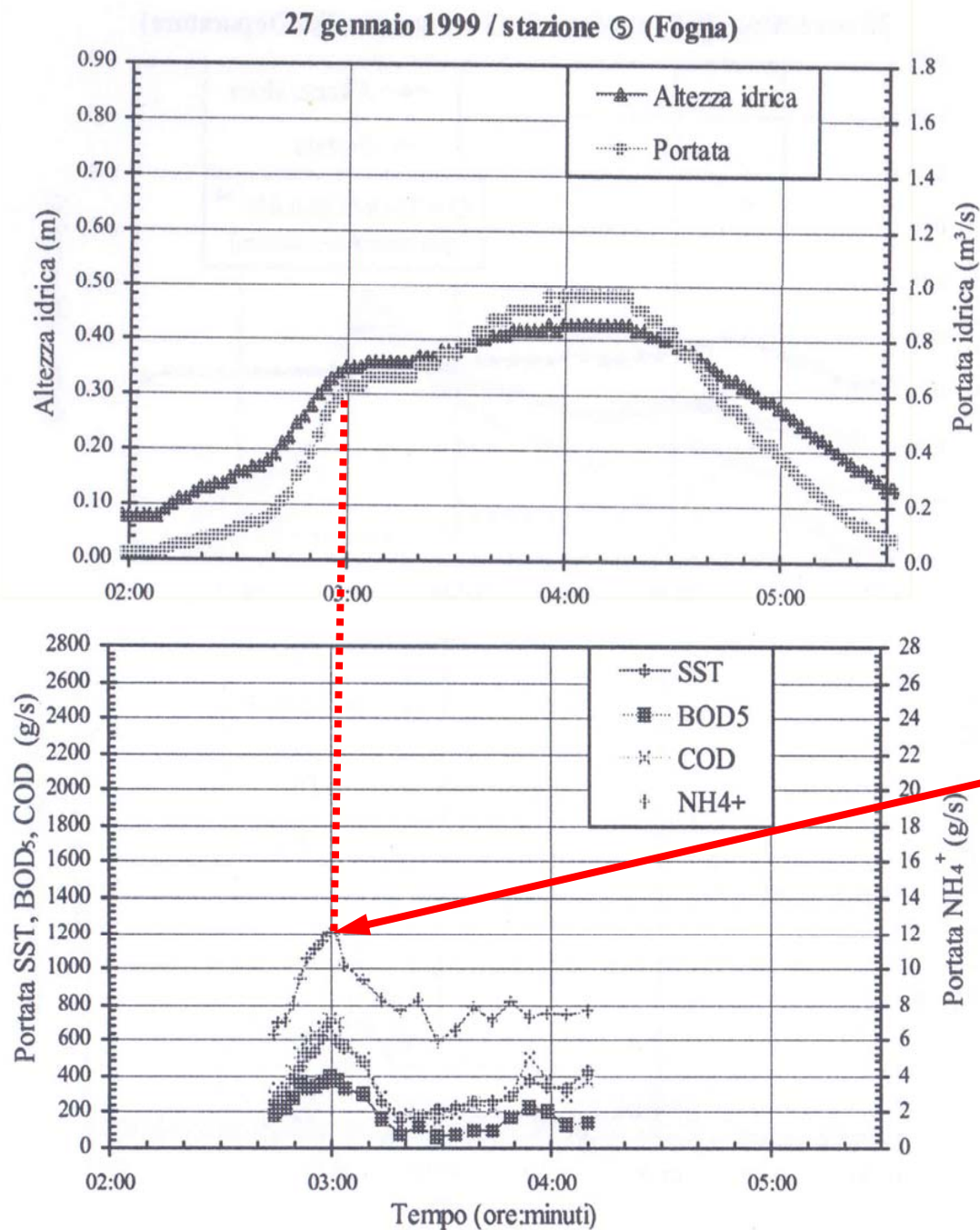
- le fognature **sanitarie** (separate)
 - le fognature **unitarie**
- sono competenza dell'A.T.O.**
- le fognature **pluviali** separate **NO**.

Ciò introduce una **distorsione nella scelta.**

La scelta non è più dettata soltanto da considerazioni tecniche di funzionamento corretto ma da problemi amministrativi.

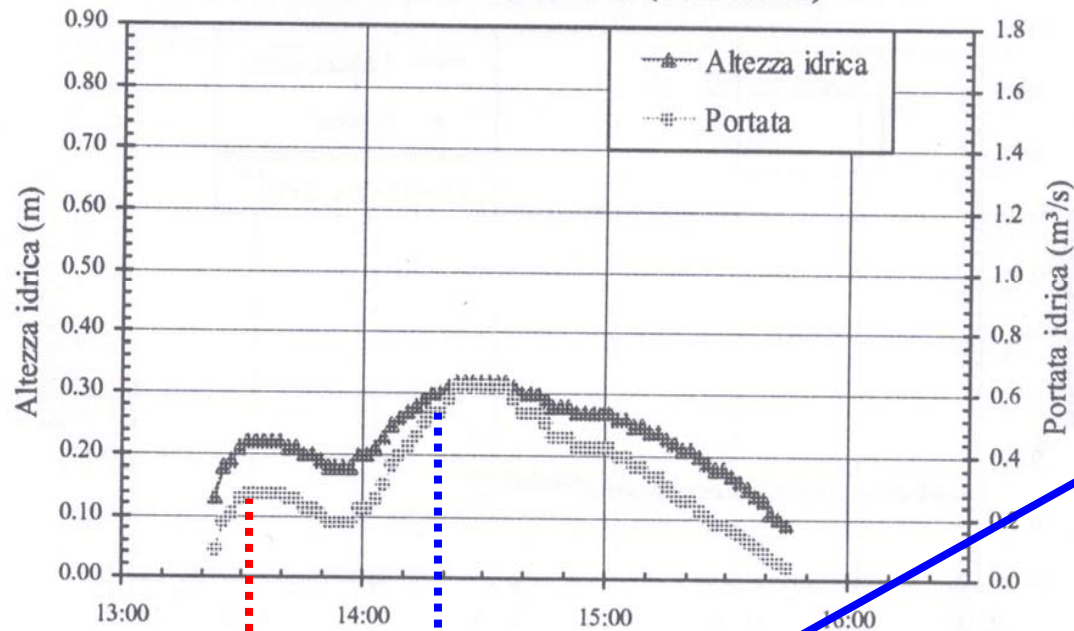
INQUINAMENTO PLUVIALE

Prima cacciata inquinata

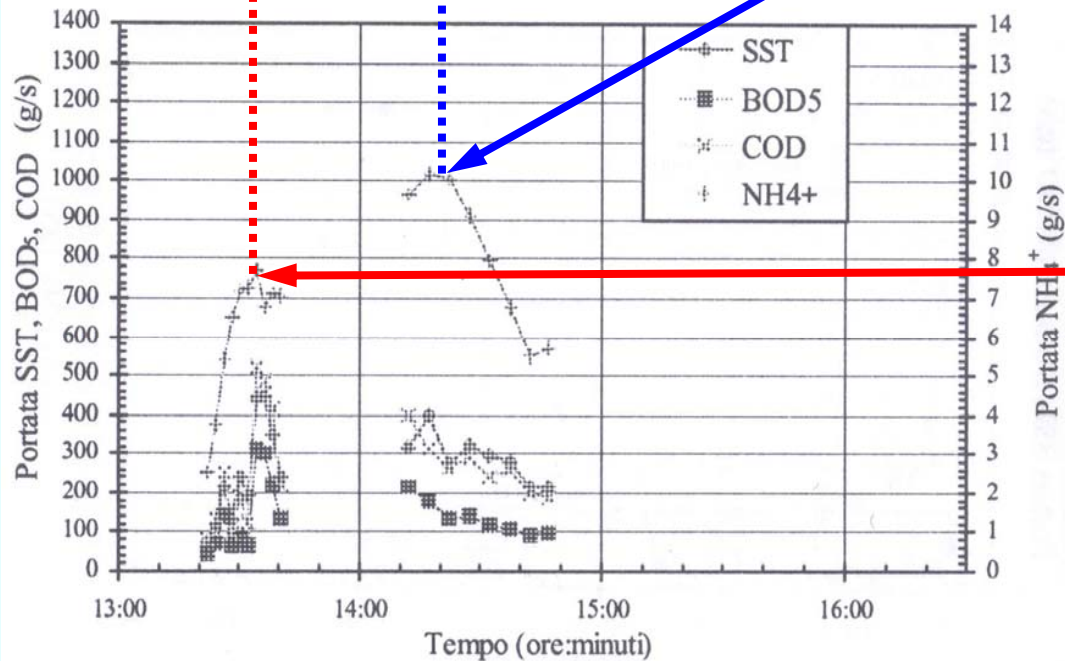


**prima cacciata
inquinata**

22 marzo 1999 / stazione ④ (Scaricatore)



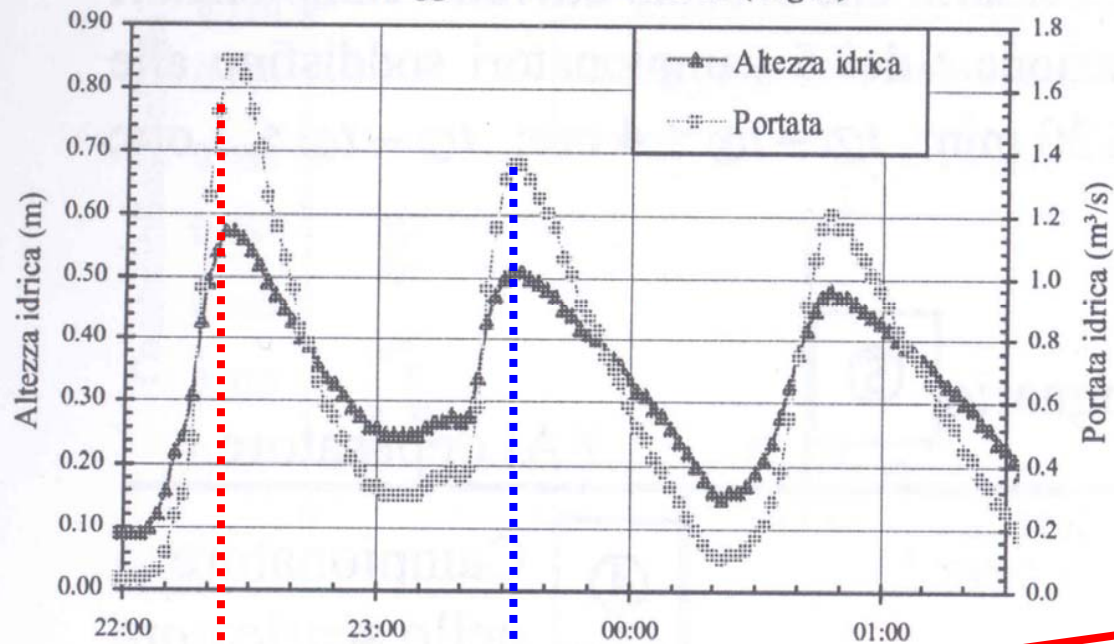
NH_4



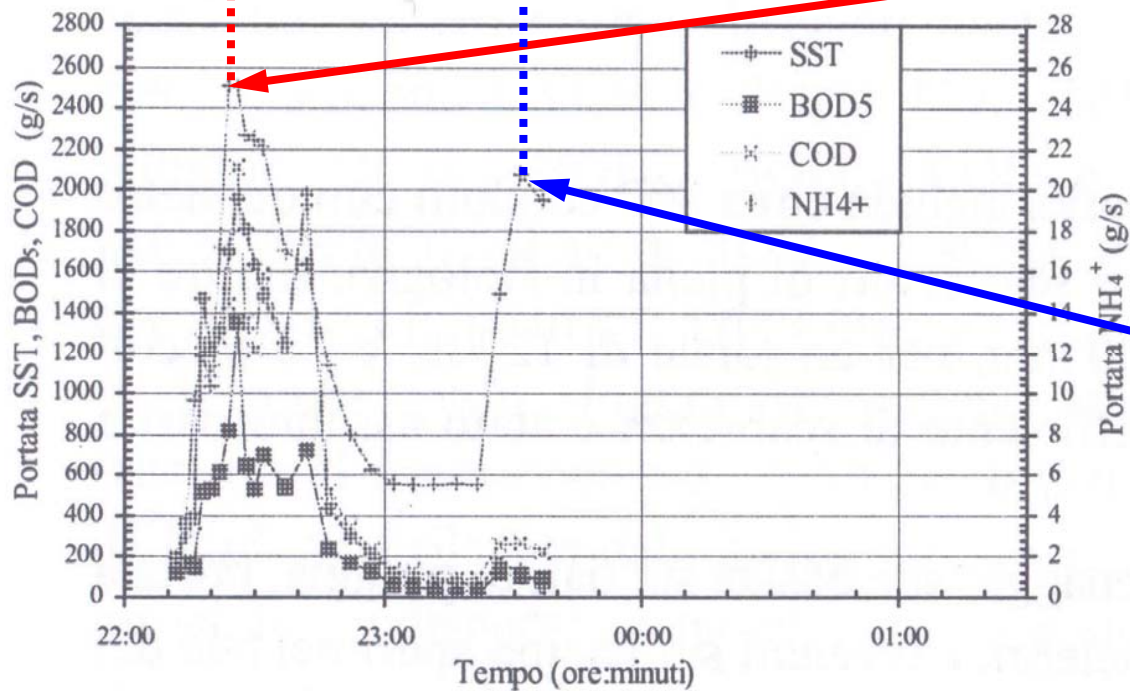
prima cacciata
inquinata

22-23 maggio 1998 / stazione ⑤ (Fogna)

Artina e al., 2000

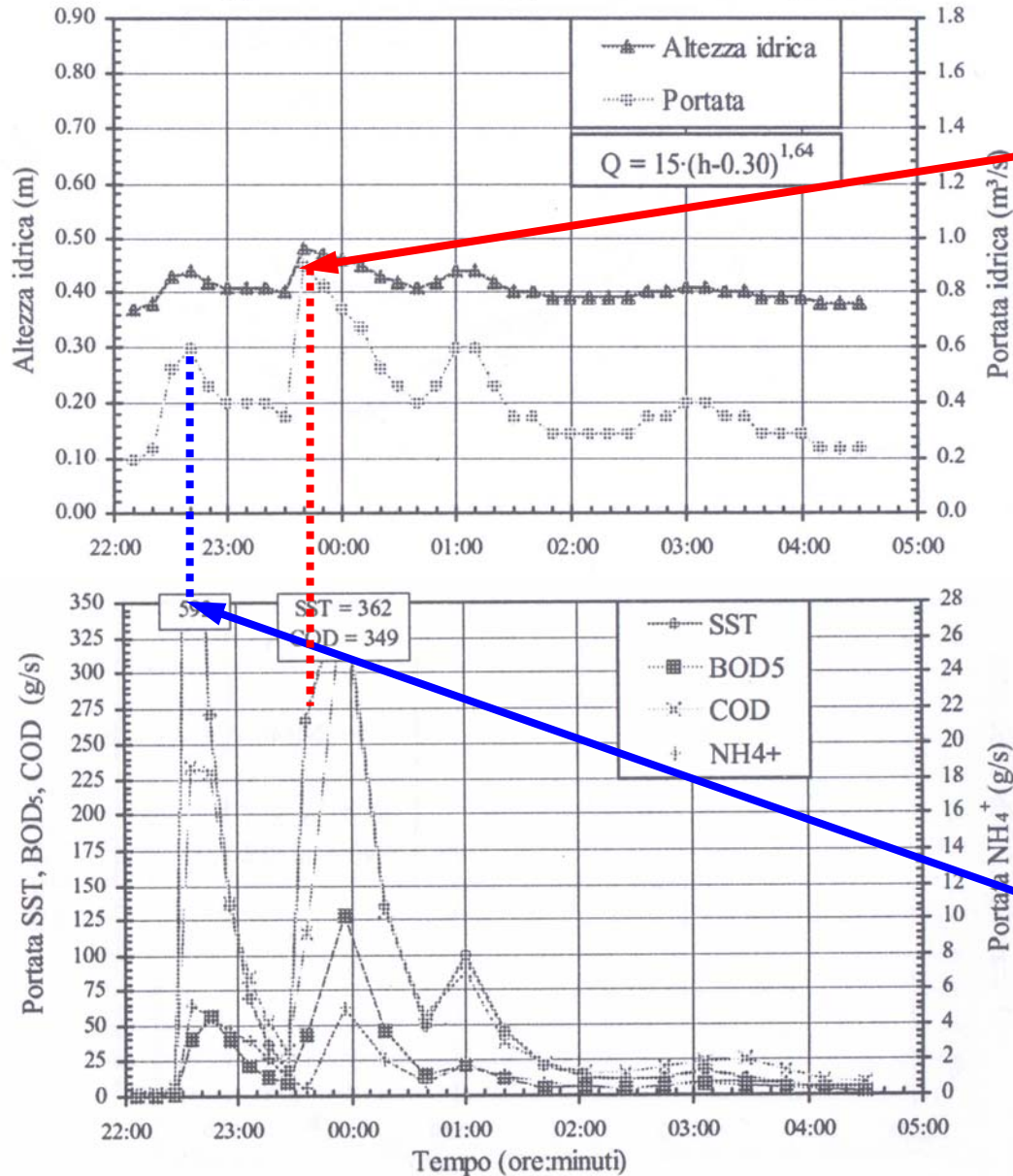


prima cacciata inquinata



NH₄

22-23 maggio 1998 / stazione ③ (Savena - località Depuratore)



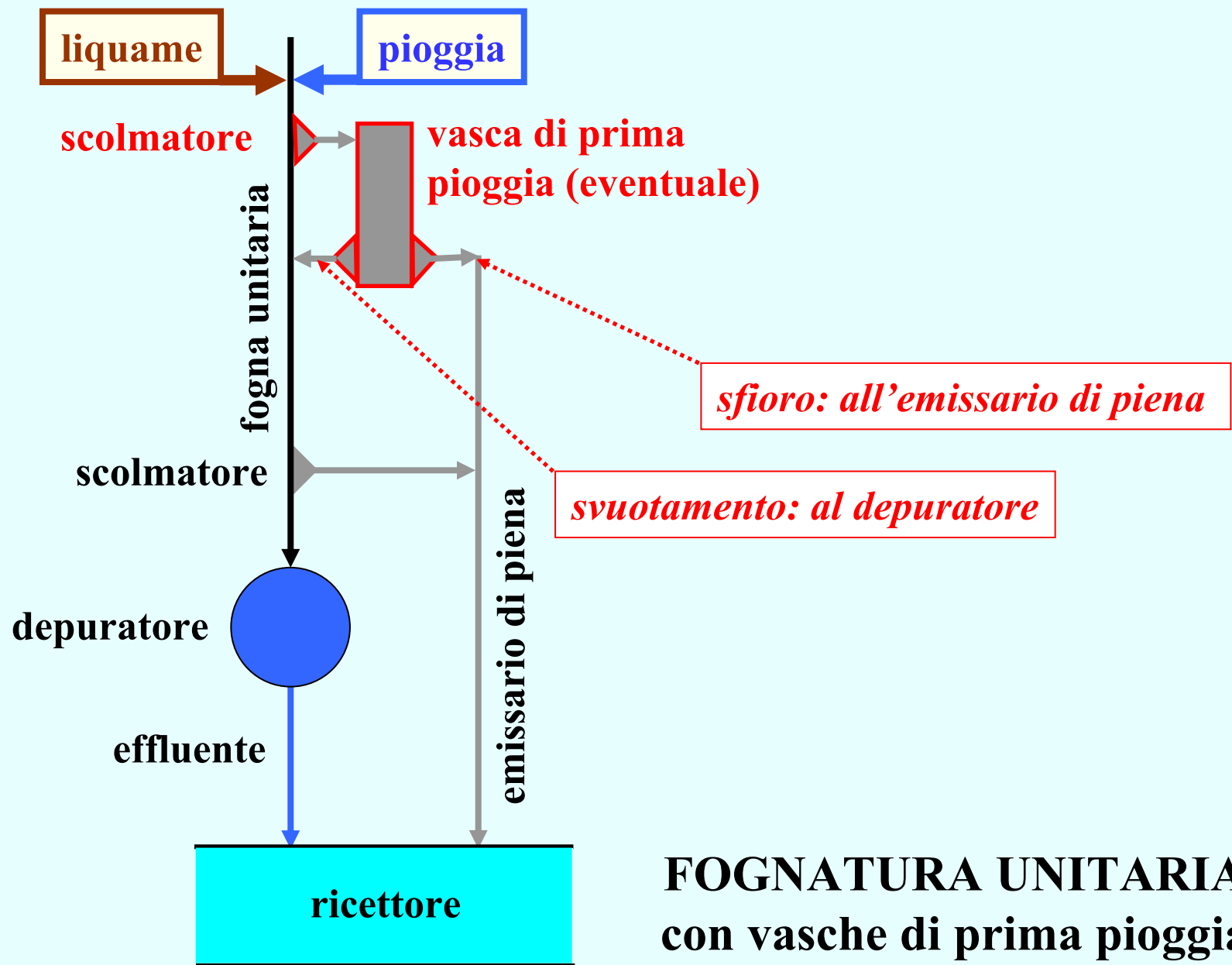
**la cacciata inquinata
richiede una portata
consistente**

**inefficienza degli scaricatori
di prima pioggia**

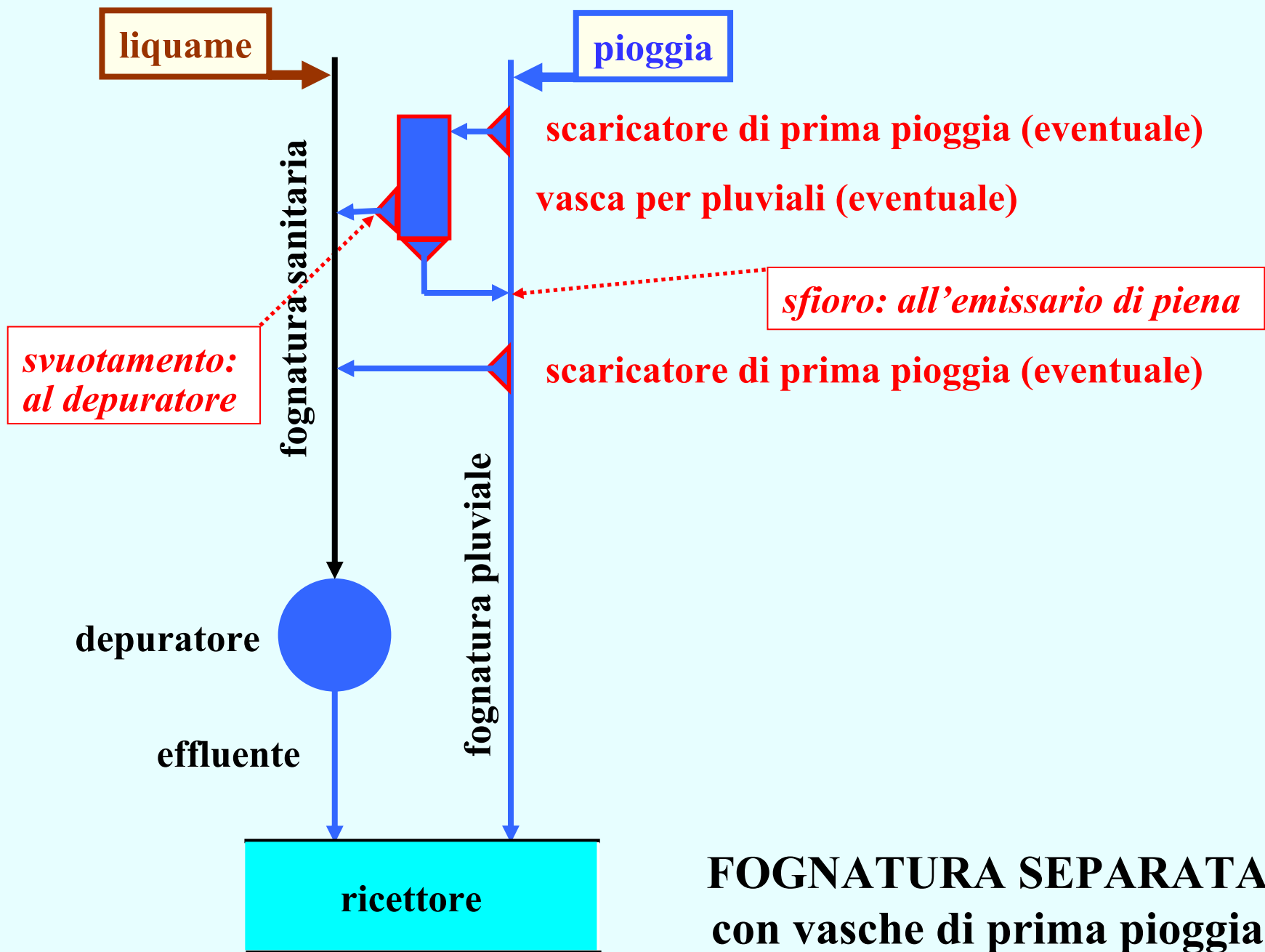
**Prima cacciata inquinata.
Non ha esaurito i depositi**

quindi:

VASCHE DI PRIMA PIOGGIA



**FOGNATURA UNITARIA
con vasche di prima pioggia**



Le vasche di prima pioggia

- sono costose e ingombranti
- pongono problemi di manutenzione

Devono essere previste solo quando se ne **dimostra la necessità con studi sulle condizioni ecologiche dei ricettori.**

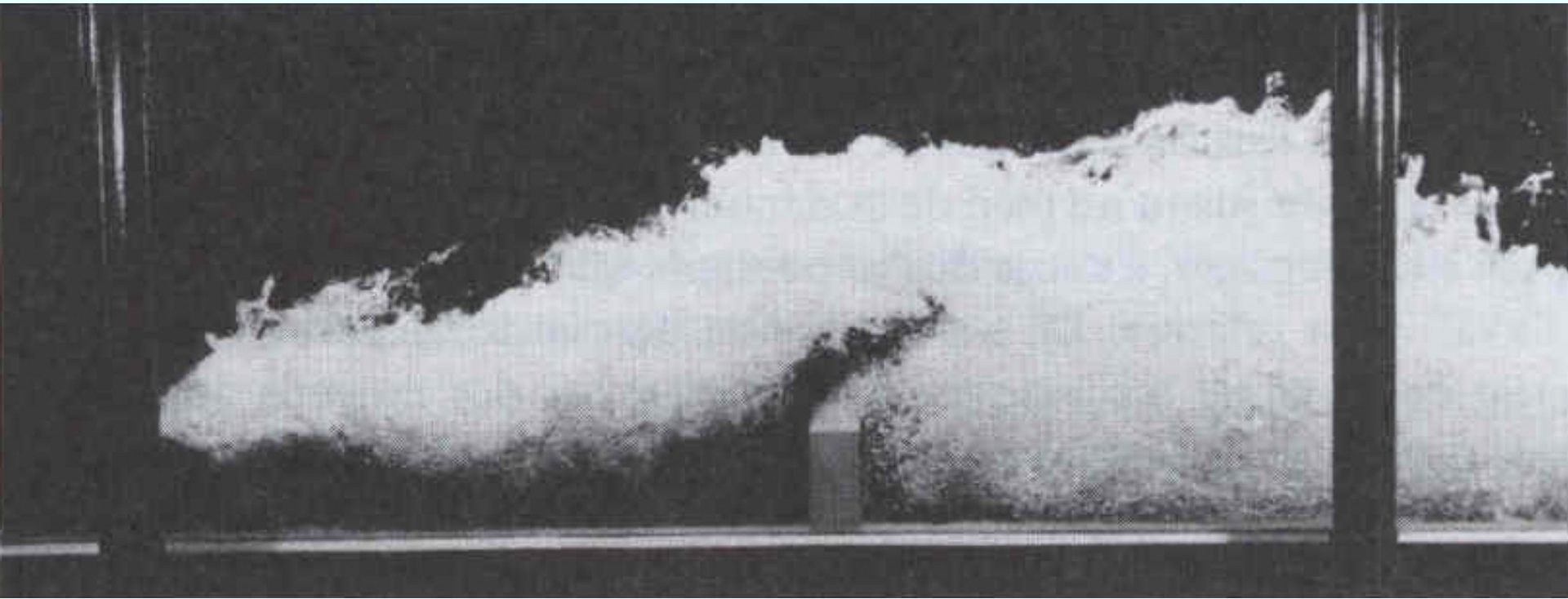
**DISSIPAZIONE DI ENERGIA
E
INQUINAMENTO DI TEMPO DI PIOGGIA**

**Fognatura di
Napoli
Via Manzoni
29 novembre 2003**





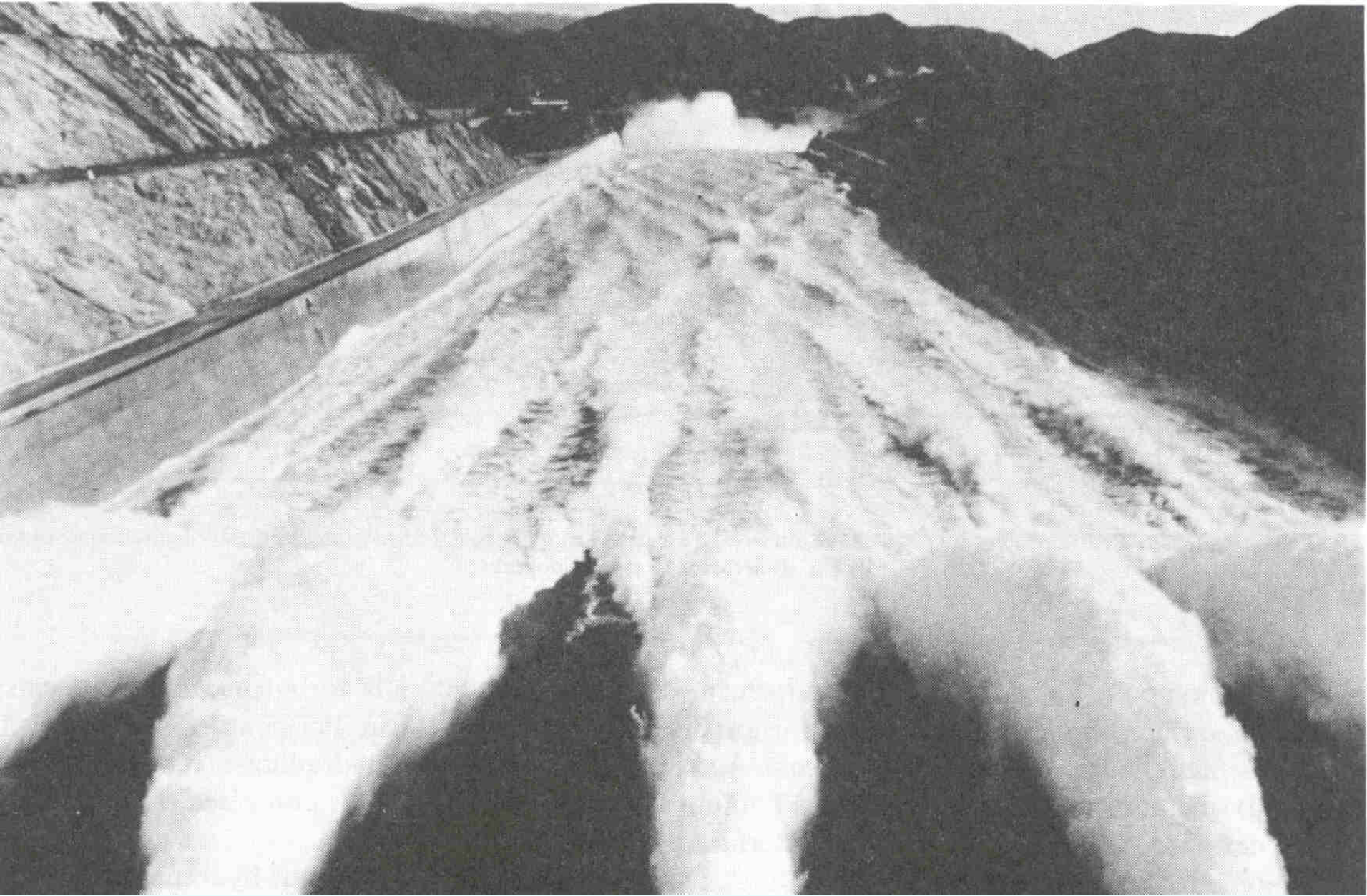
Fognatura di Napoli – Posillipo
7 novembre 2004



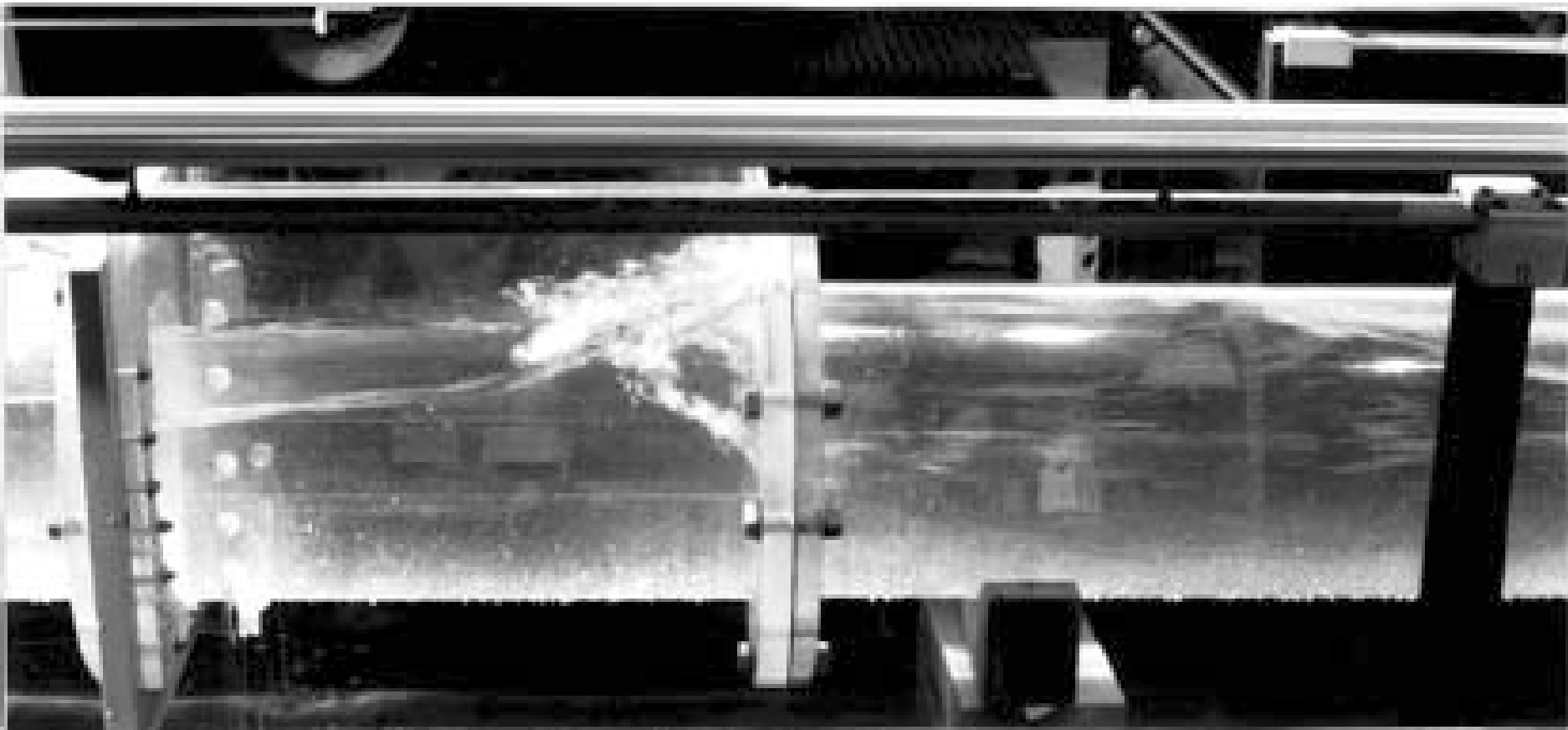
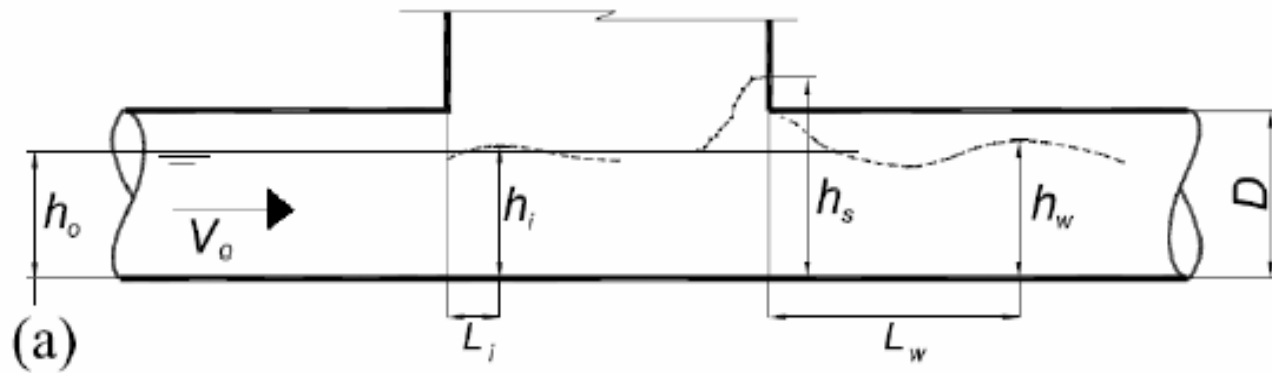
Risalto idraulico forzato (Sinniger R. O. e Hager W. H. 1989)



Ischia 22-09-2002 (C. Gisonni, 2005)

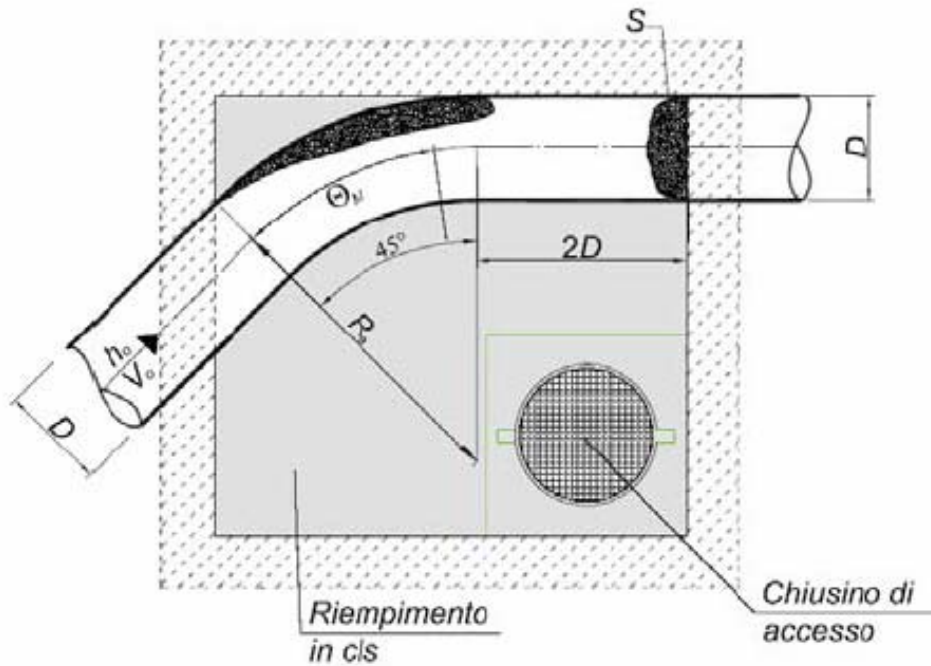


Corrente rapida in forte pendenza (Sinniger e Hager, 1989)

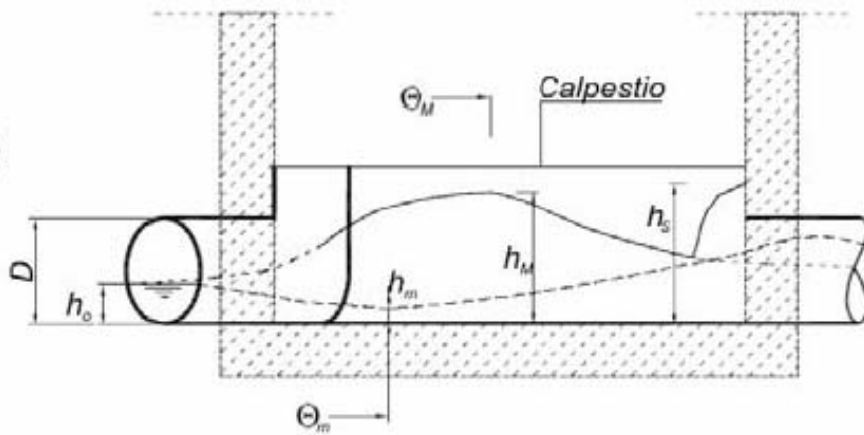


Corrente veloce: rigonfiamento della corrente in un pozzetto

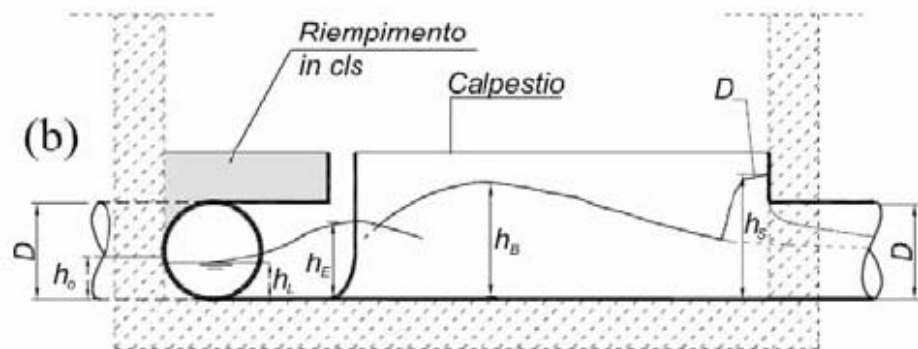
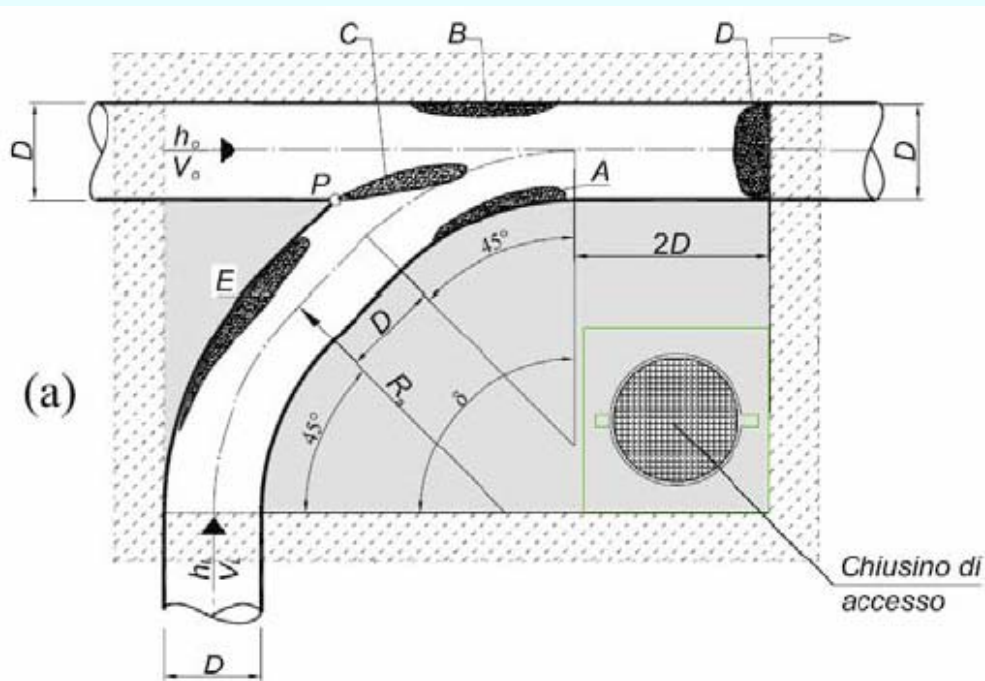
(a)



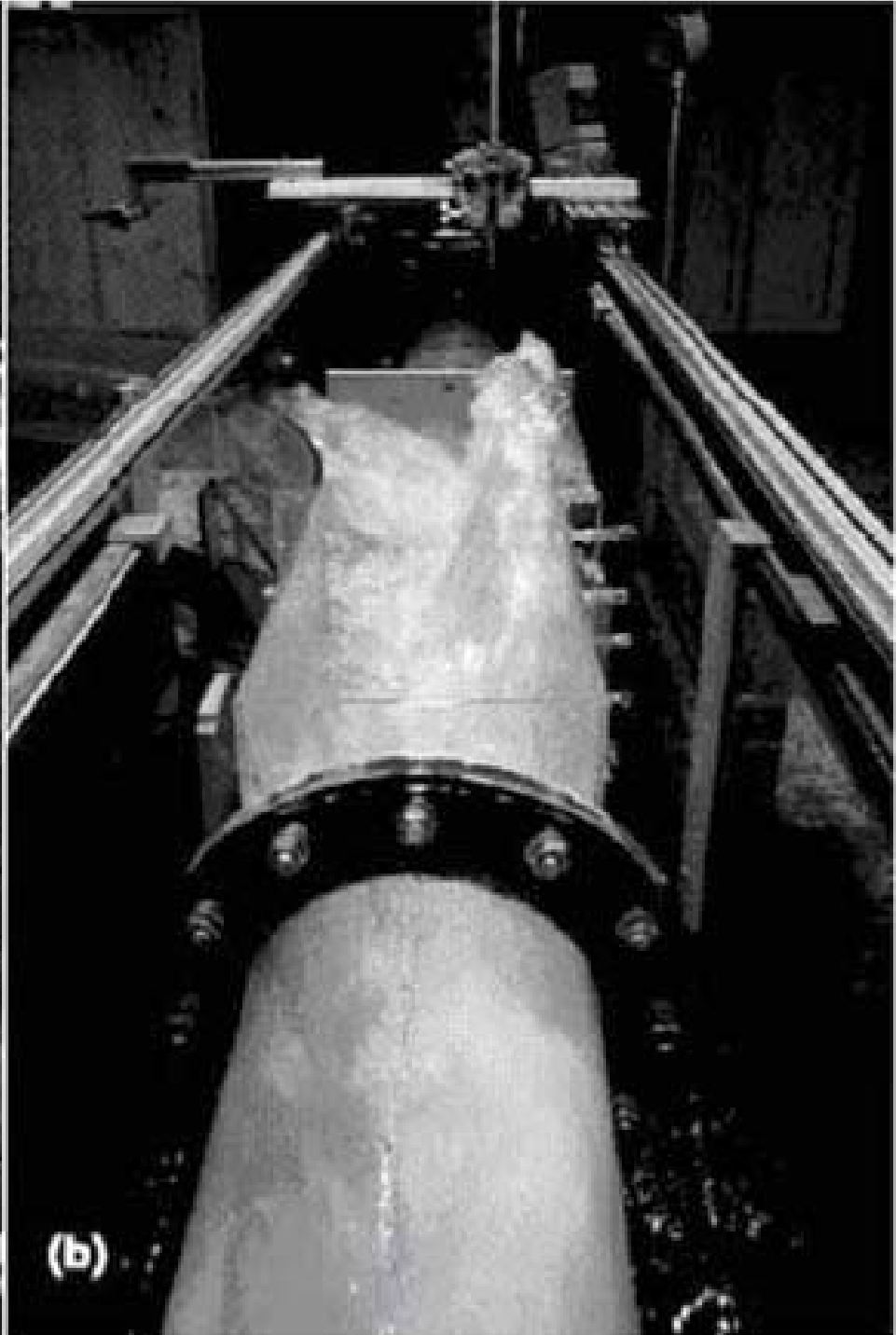
(b)

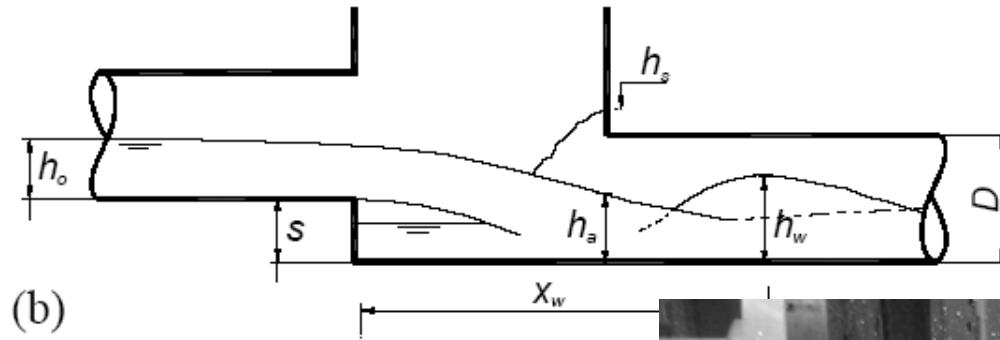
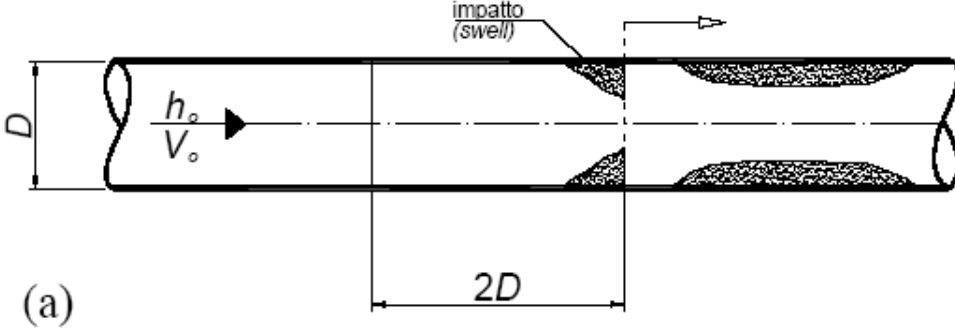


**Corrente veloce: rigonfiamento della corrente in curva
(Gisonni, 2005)**

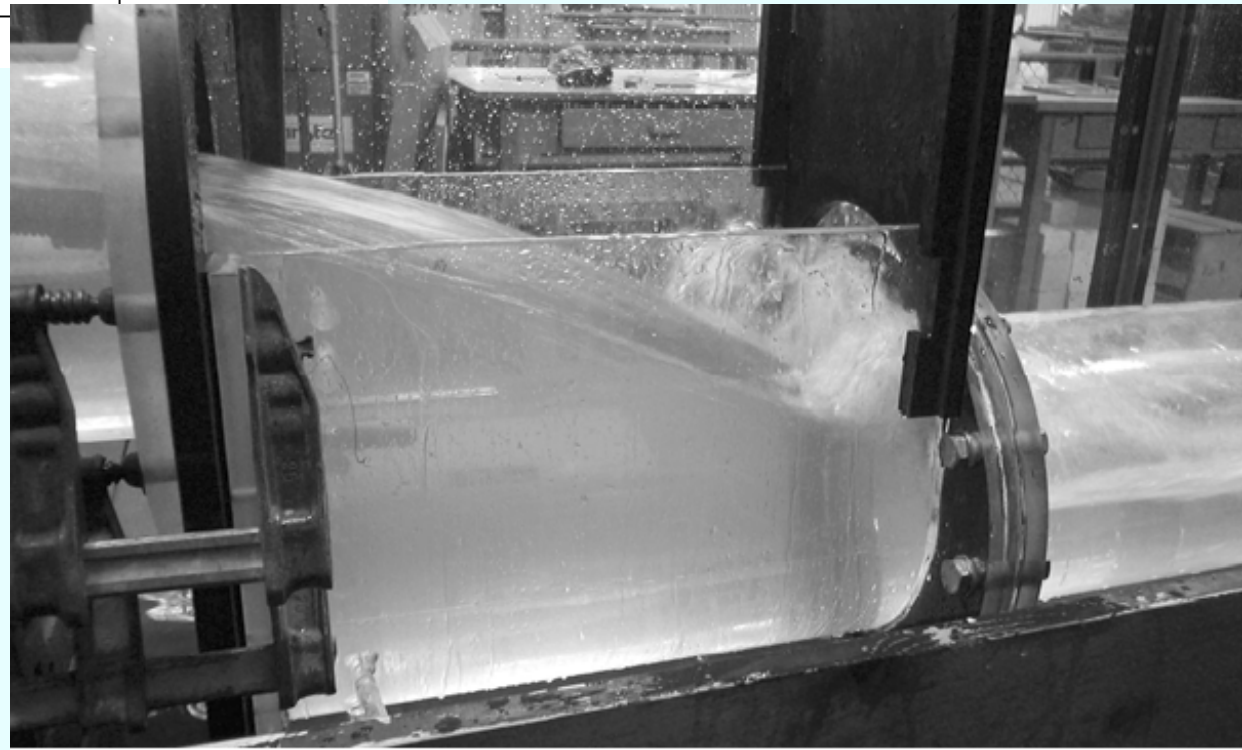


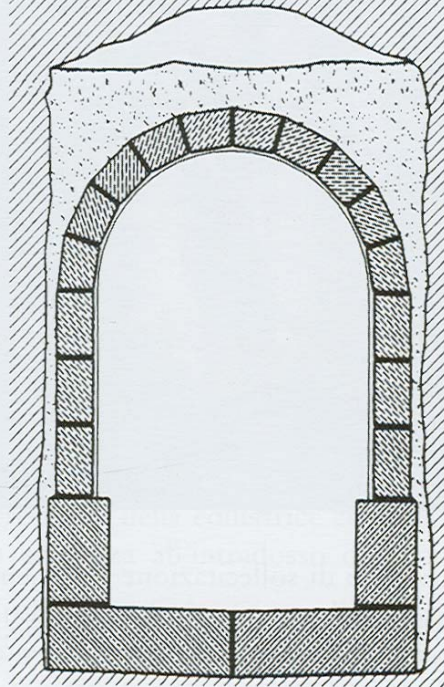
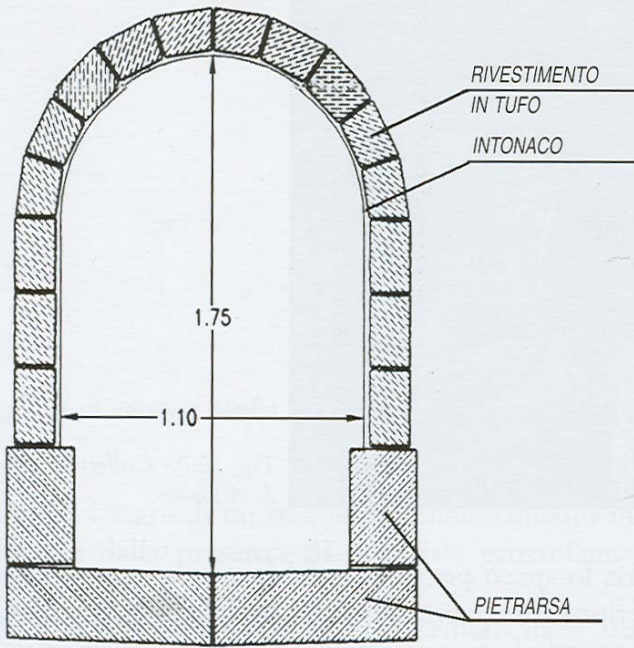
Corrente veloce: rigonfiamento della corrente in curva
(Gisonni, 2005)



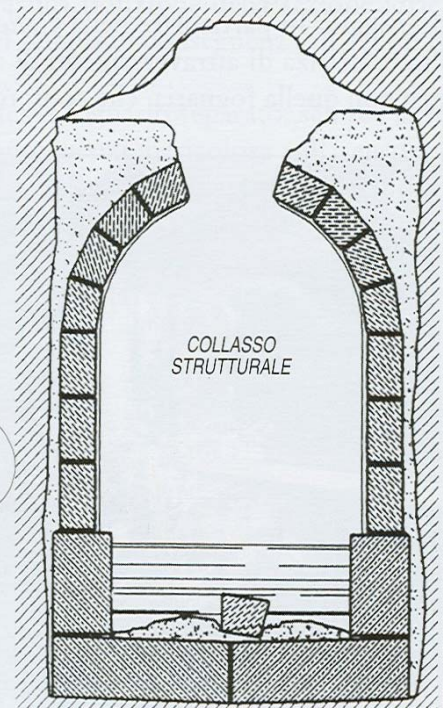
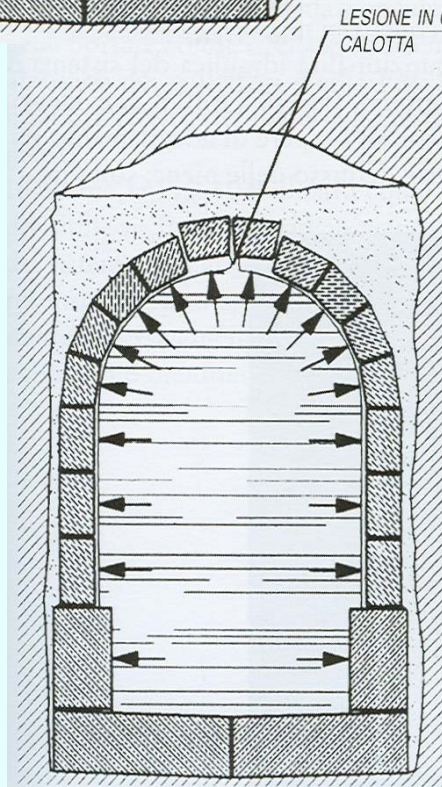


**Corrente veloce:
rigonfiamento della
corrente in un salto
(Gisonni, 2005)**





**Cavità prodotta
dalla pressione
interna**

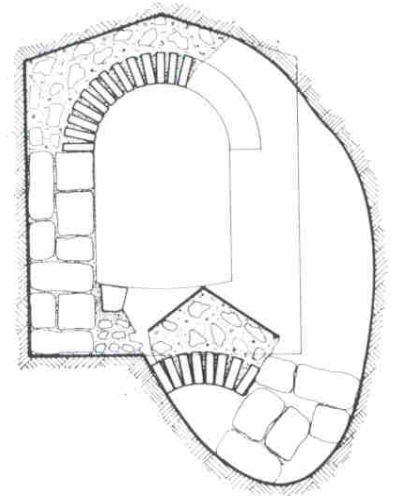
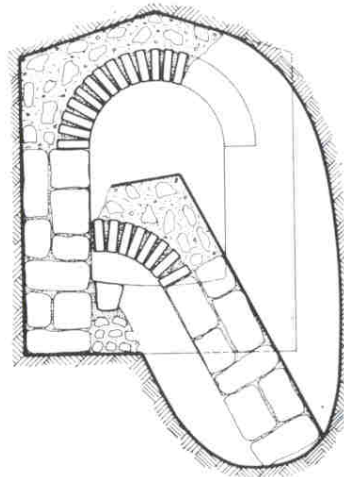
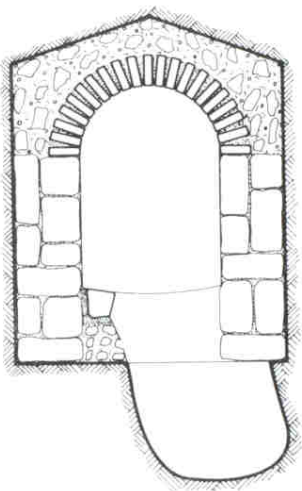
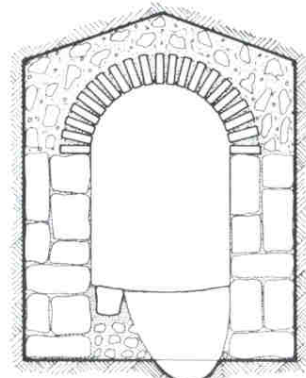
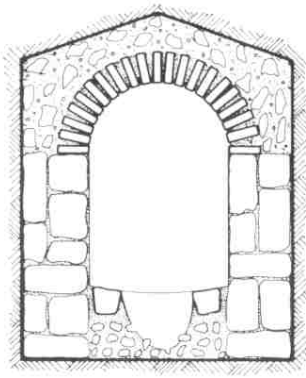
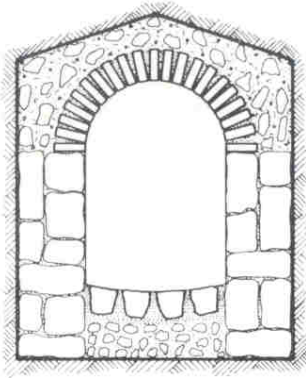




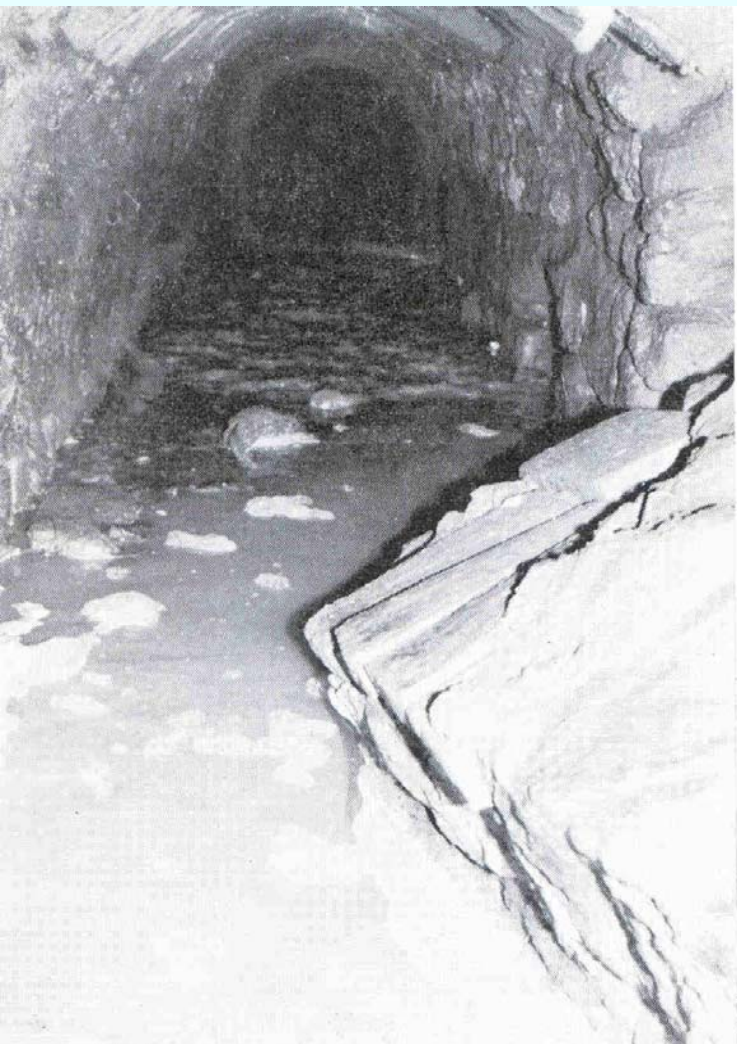
**Erosione del fondo
in una fogna in
muratura**



**Erosione del fondo in
una fogna ovoidale a
forte pendenza**



Crollo per erosione del fondo



Effetti del crollo



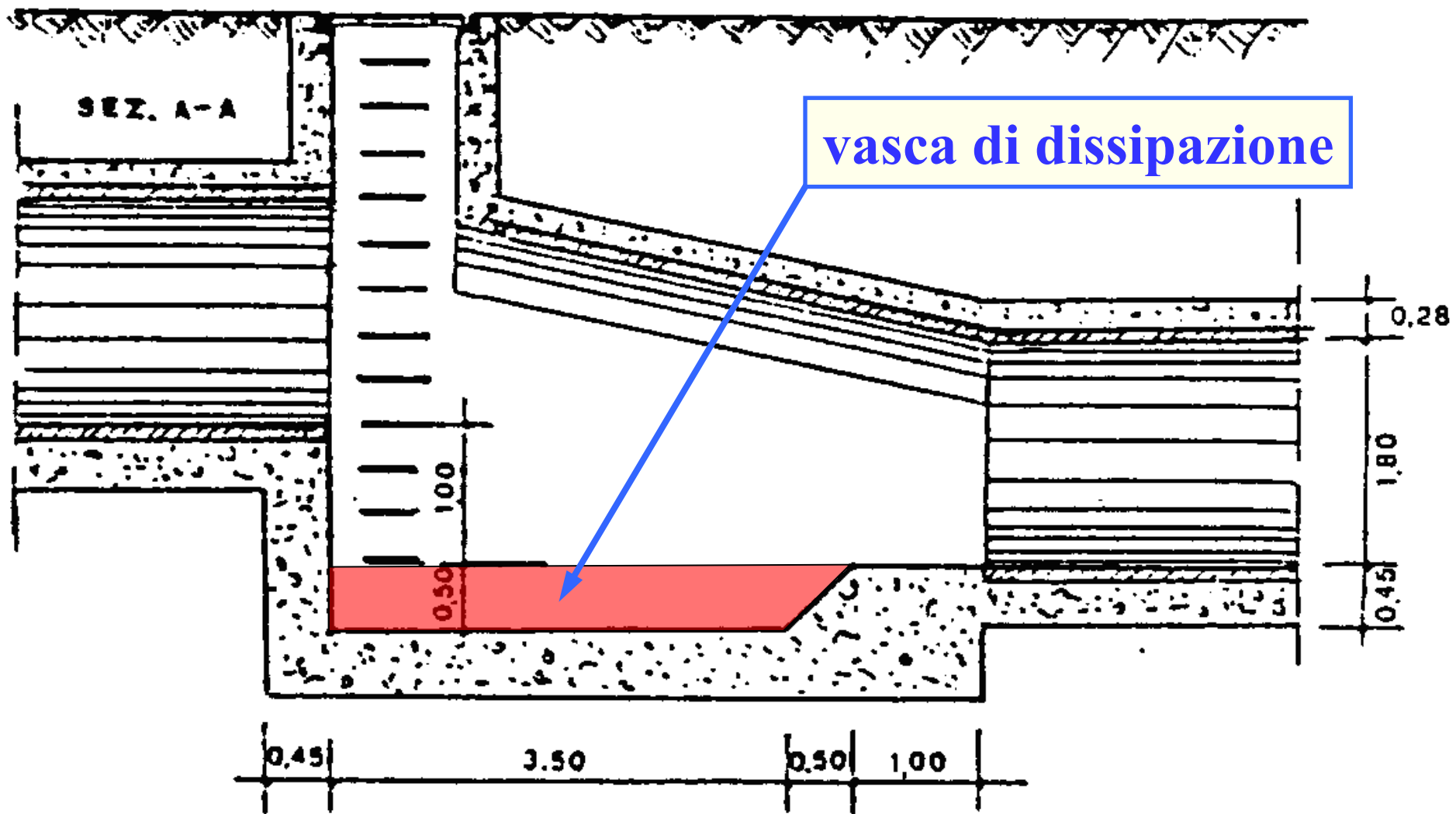
**Materiale prodotto dal
crollo, trasportato a
valle**

**questi danni si possono evitare con
una buona progettazione**

ma

**in Italia manca una normativa per la
progettazione delle fognature**

**una normativa progettuale è
indispensabile**



- Tipologia dei salti adottati nella fognatura di Roma:
- progettati solo per dissipare il carico,
 - sono causa di **forti cacciate inquinate** in tempo di pioggia.

Fognatura di Assisi: collettore terminale



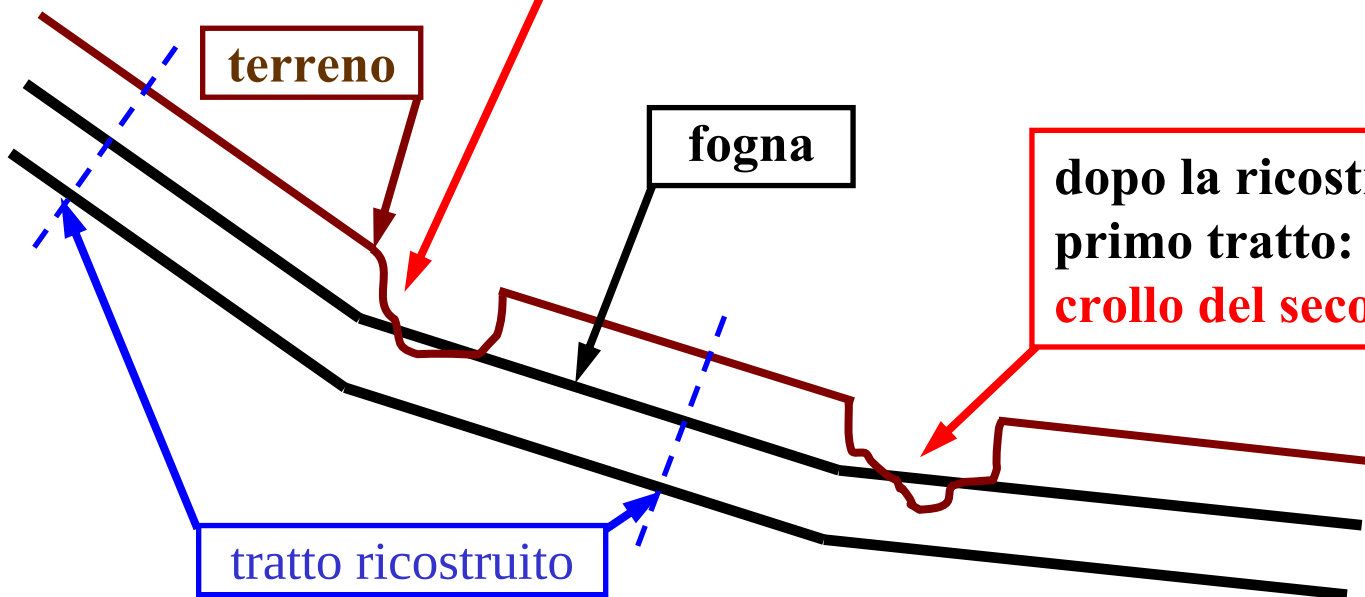
primo crollo

terreno

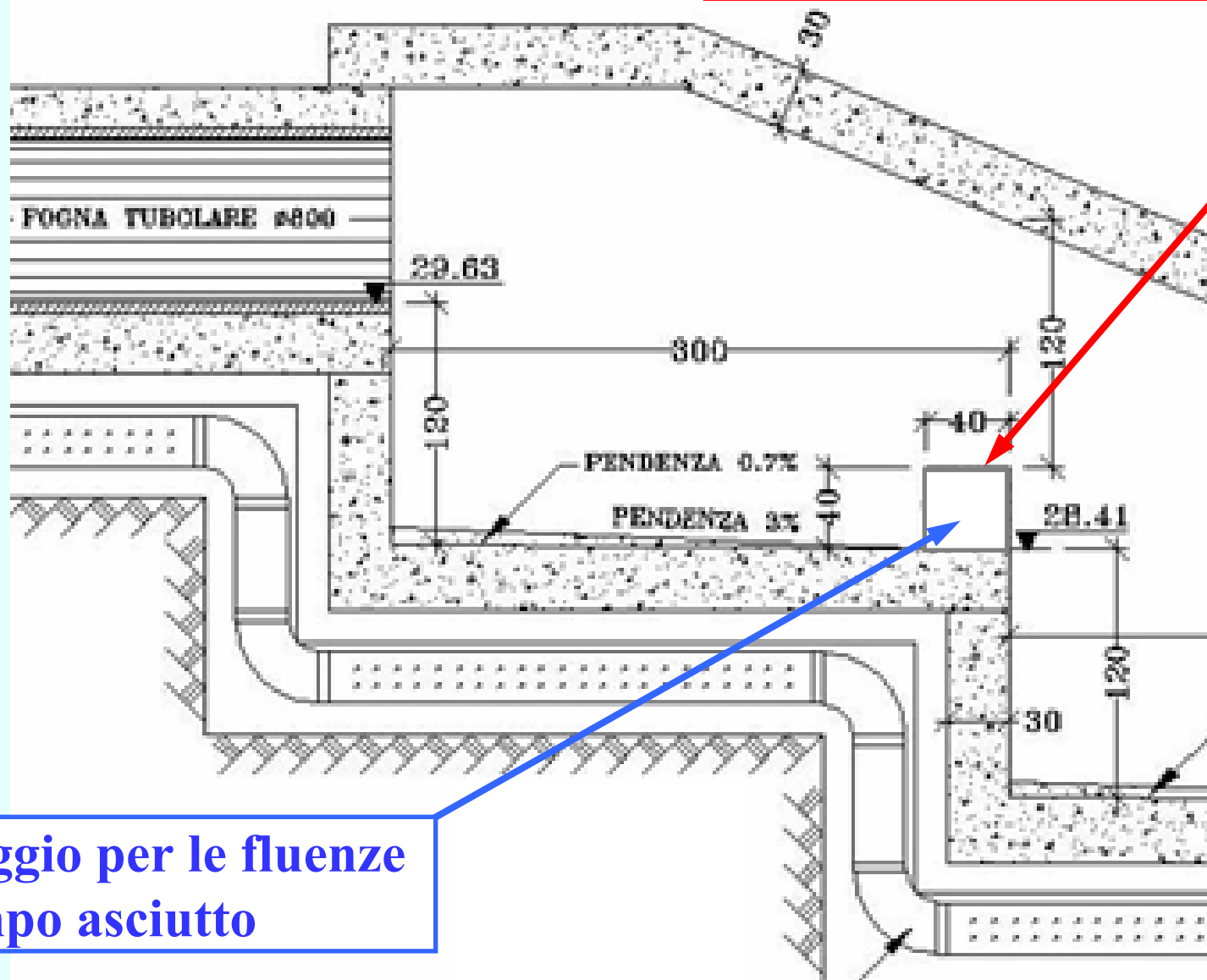
fogna

**dopo la ricostruzione del
primo tratto:
crollo del secondo tratto**

tratto ricostruito



dente per forzare il risalto



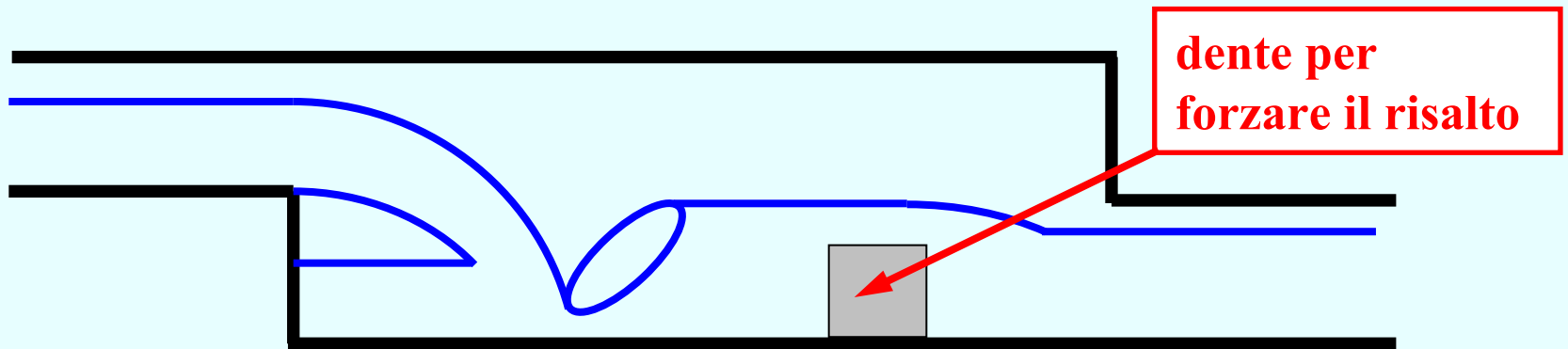
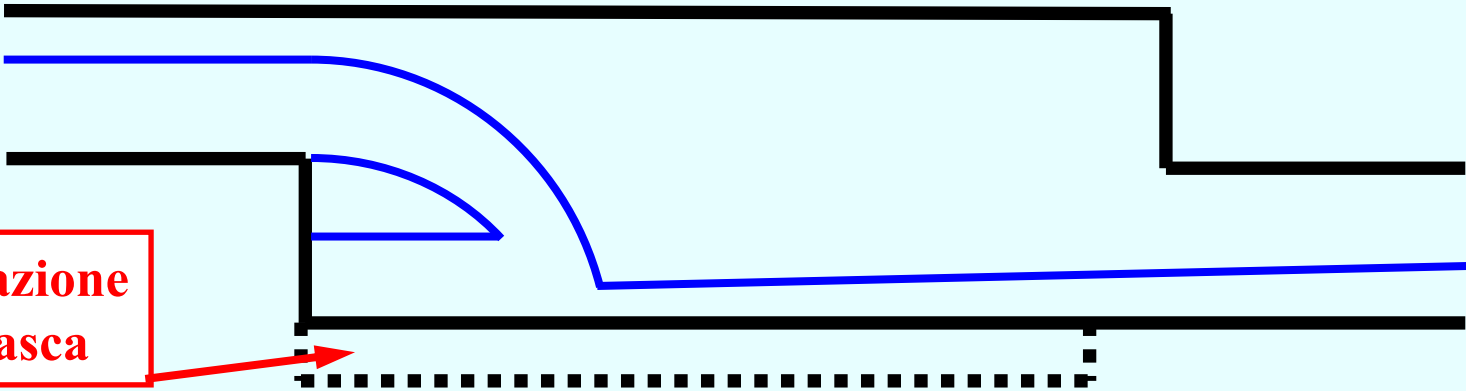
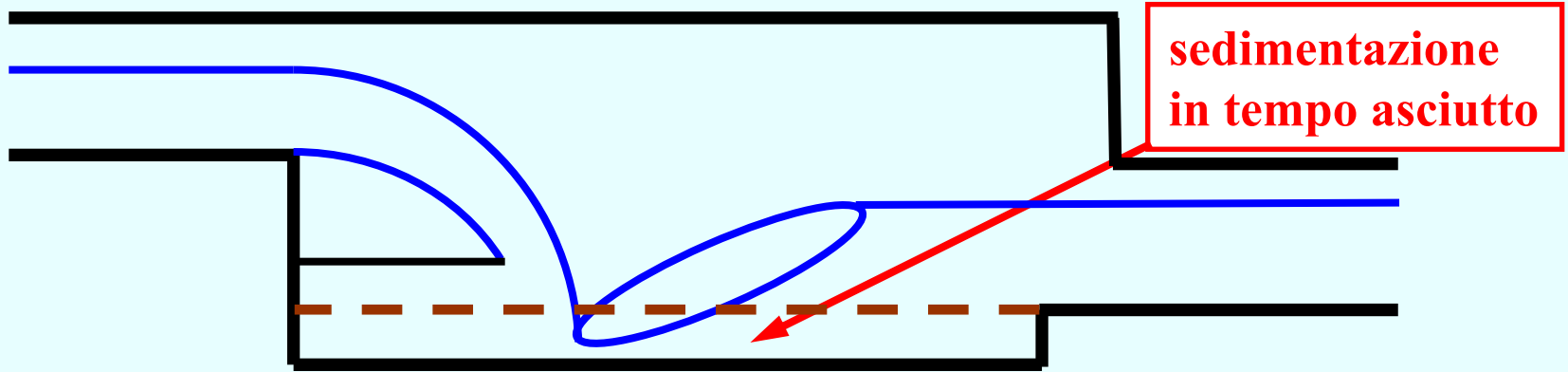
**passaggio per le fluenze
di tempo asciutto**

Fognatura di Assisi: collettore terminale

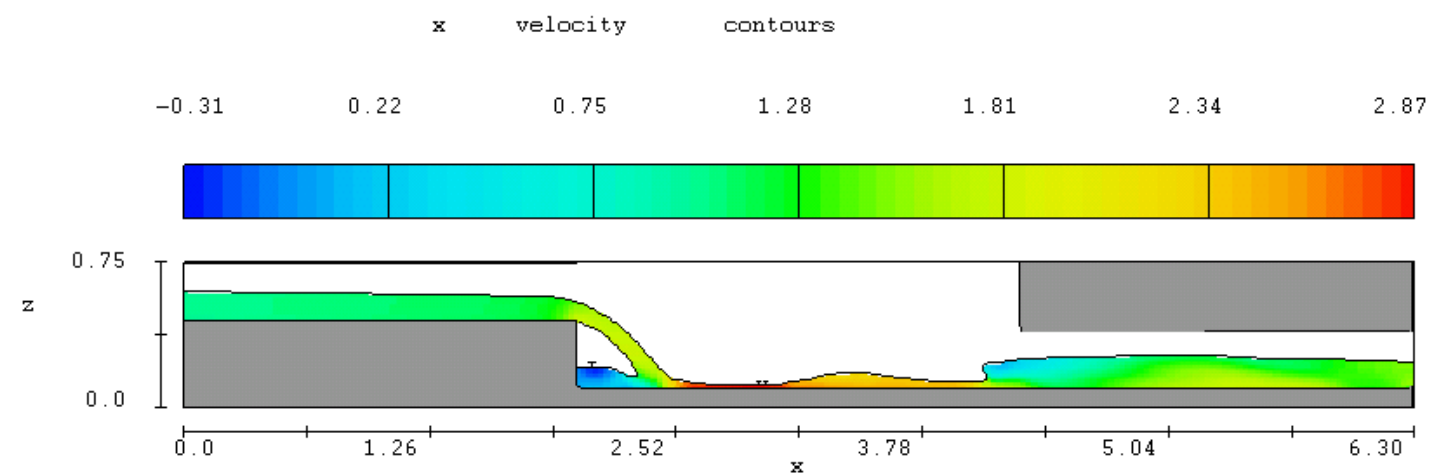
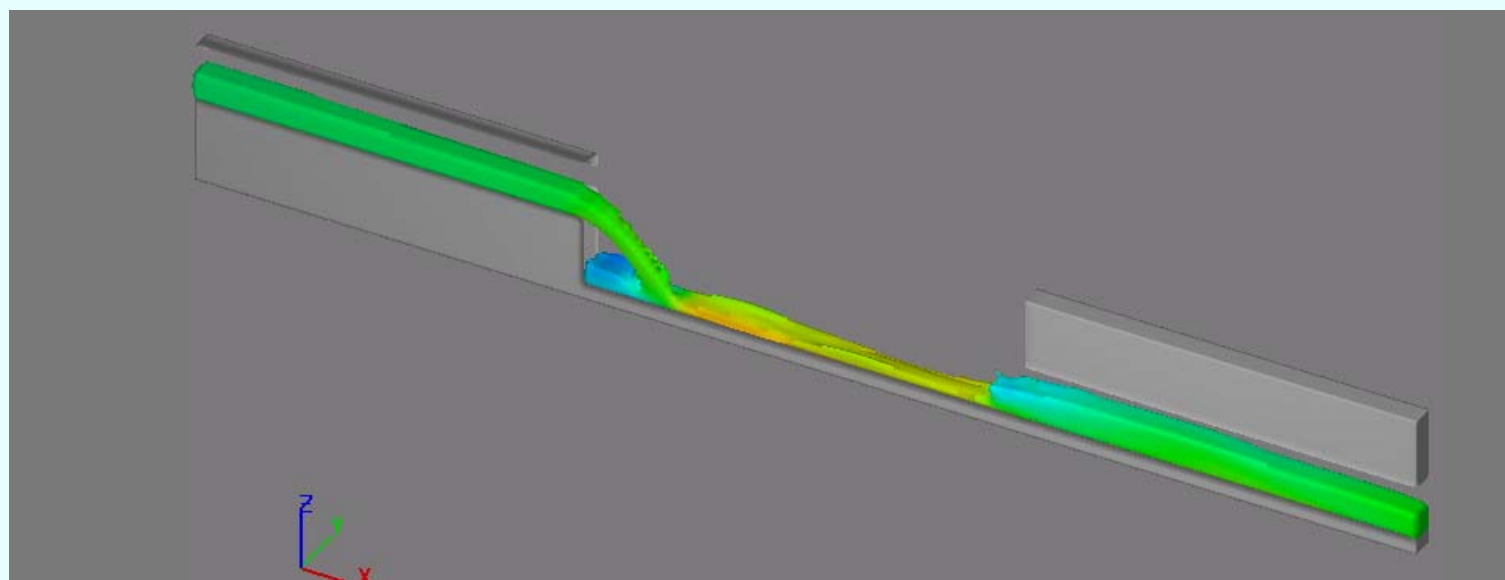


**Fognatura di Assisi:
ricostruzione del collettore
terminale**

MODIFICA DEI SALTI ESISTENTI







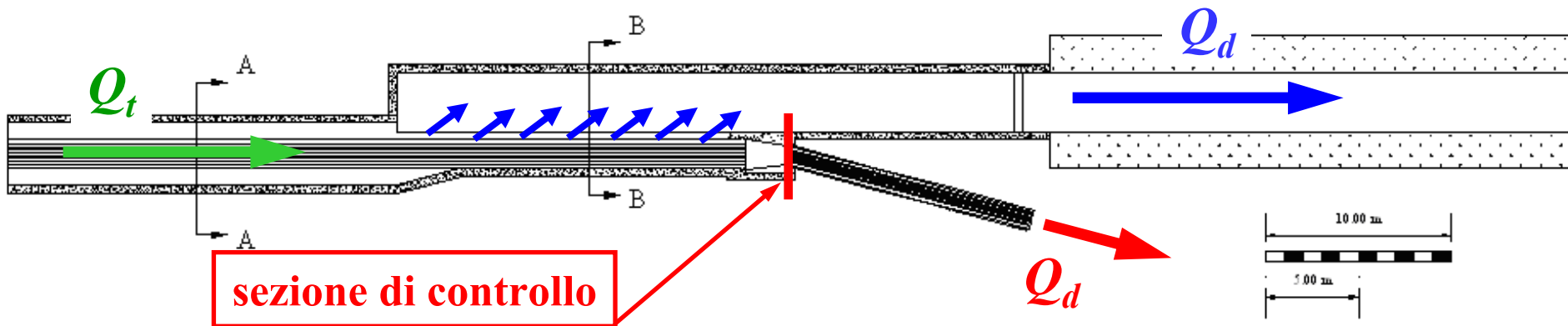
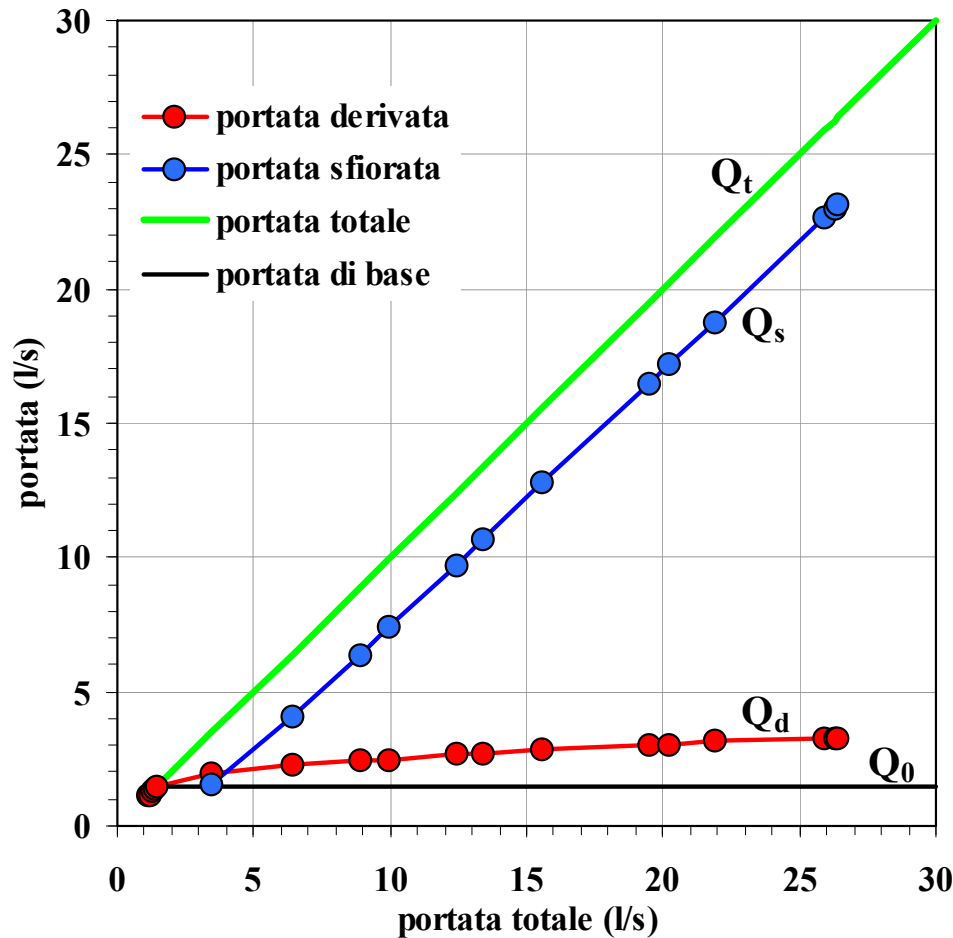
FLOW-3D t=9.751 v=1.500E-02 (ix=2 to 211 kz=2 to 26)
 21:36:11 11/09/2006 nmcp hydr3d: version 8.1 win32-cvf 2002
 Title

ALCUNI PROBLEMI CON GLI SCOLMATORI

SCOLMATORI problemi

Efficienza di scolmamento:

$$E = \frac{Q_0}{Q_{d,max}} = 0,46$$



**Per migliorare l'efficienza di scolmamento:
strozzare la sezione di controllo**

Le sezioni di controllo troppo strette si **intasano e
provocano lo **sfioro di liquame nei ricettori**.**

- **accontentarsi di basse efficienze**
- **fare pochi scolmatori e grandi**

