



Difa

Università degli Studi della Basilicata

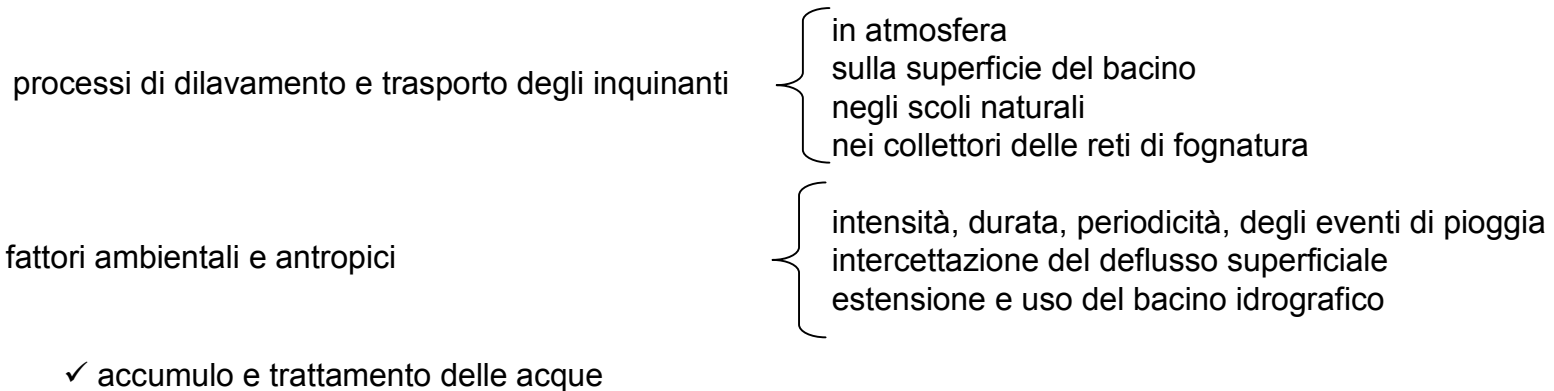
Dipartimento di Ingegneria e Fisica dell'Ambiente

Valutazione dei carichi inquinanti associati alle acque di drenaggio urbano

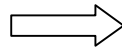
Aurelia Sole, Ettore Trulli, Ignazio Marcello Mancini

Controllo del processo di contaminazione dei corpi idrici ricettori in periodi di pioggia

Processi di contaminazione delle acque di drenaggio sono influenzati da:

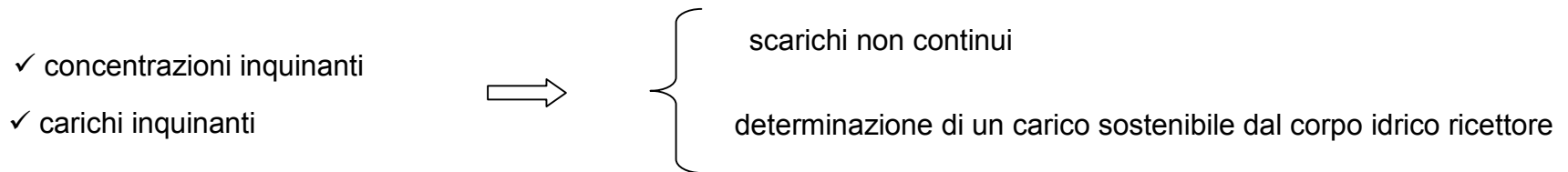


inquinamento potenziale



inquinamento effettivo delle acque naturali

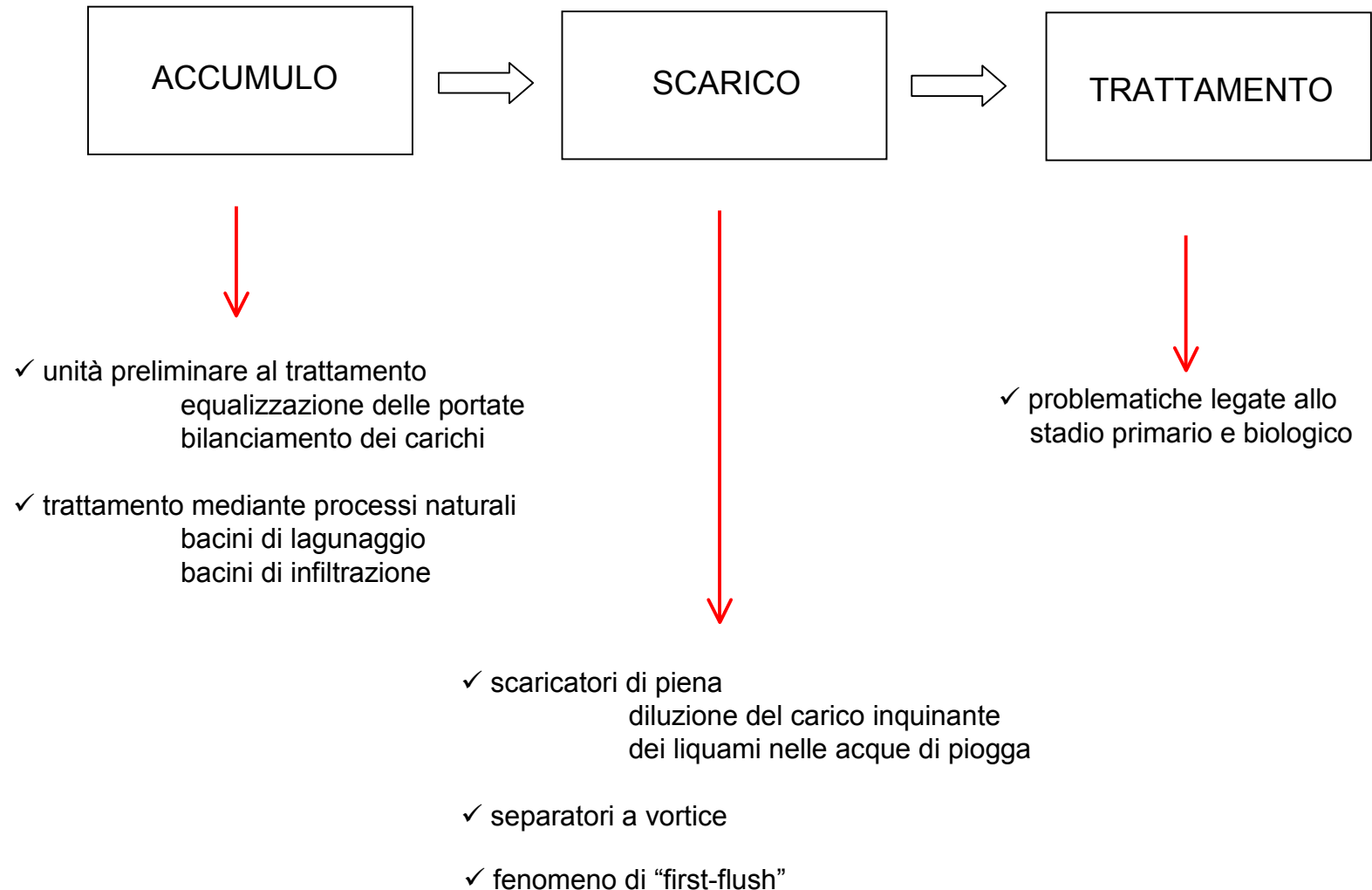
Il controllo dell'inquinamento può essere attuato fissando limiti su



$$\left[\frac{\text{massa}}{\text{unità di tempo}} \right]$$

concentrazione x portata

Controllo del processo di contaminazione dei corpi idrici ricettori in periodi di pioggia



Articolo 39 - Acque meteoriche di dilavamento e acque di prima pioggia

4. È comunque vietato lo scarico o l'immissione diretta di acque meteoriche nelle acque sotterranee.

Articolo 29 - Scarichi sul suolo

1. E' vietato lo scarico sul suolo o negli strati superficiali del sottosuolo fatta eccezione:

b) per gli scaricatori di piena a servizio delle reti fognarie;

e) Per gli scarichi di acque meteoriche convogliate in reti fognarie separate.

Carichi inquinanti associati alle acque reflue urbane trattati

(Decreto Legislativo n. 258/2000, Decreto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio n. 185 del 12 giugno 2003)

solidi totali

		limiti di concentrazione per lo scarico (mgST/l)		
		in acque superficiali	sul suolo	riutilizzo
		35	25	10
portata media oraria m3/ora	kgST/ora	kgST/ora	kgST/ora	kgST/ora
10	0,4	0,3	0,0	
50	1,8	1,3	0,0	
100	3,5	2,5	0,1	
500	17,5	12,5	0,4	
1.000	35,0	25,0	0,9	
1.500	52,5	37,5	1,3	
2.000	70,0	50,0	1,8	
volume medio giornaliero m3/giorno	kgST/giorno	kgST/ora	kgST/ora	kgST/ora
150	5,3	3,8	0,1	
500	17,5	12,5	0,4	
1.000	35,0	25,0	0,9	
5.000	175,0	125,0	4,4	
10.000	350,0	250,0	8,8	
15.000	525,0	375,0	13,1	
20.000	700,0	500,0	17,5	



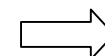
1 ÷ 70 Kg ST /ora



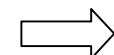
1 ÷ 700 Kg ST /ora

COD

		limiti di concentrazione per lo scarico (mgO2/l)	
		in acque superficiali	sul suolo
		125	100
portata media oraria m3/ora	kgO2/ora	kgO2/ora	kgO2/ora
10	1,3	1,0	
50	6,3	5,0	
100	12,5	10,0	
500	62,5	50,0	
1.000	125,0	100,0	
1.500	187,5	150,0	
2.000	250,0	200,0	
volume medio giornaliero m3/giorno	kgO2/giorno	kgO2/giorno	kgO2/giorno
100	12,5	10,0	
500	62,5	50,0	
1.000	125,0	100,0	
5.000	625,0	500,0	
10.000	1.250,0	1.000,0	
15.000	1.875,0	1.500,0	
20.000	2.500,0	2.000,0	



1 ÷ 200 Kg O₂ /ora



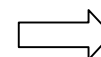
10 ÷ 2000 Kg O₂ / giorno

Carichi inquinanti associati alle acque reflue urbane trattati

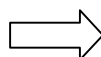
(Decreto Legislativo n. 258/2000)

azoto totale

	limiti di concentrazione per lo scarico (mgN/l)	
	in aree sensibili	sul suolo
10.000 a.e. > popolazione > 100.000 a.e.	15	15
popolazione > 100.000	10	15
portata media oraria <i>m3/ora</i>	<i>kgN/ora</i>	<i>kgN/ora</i>
10	---	---
50	---	---
100	1,5	1,5
500	7,5	7,5
1.000	15,0	15,0
1.500	15,0	22,5
2.000	20,0	30,0
volume medio giornaliero <i>m3/giorno</i>	<i>kgN/giorno</i>	<i>kgN/giorno</i>
100	---	---
500	---	---
1.000	125,0	100,0
5.000	625,0	500,0
10.000	1.250,0	1.000,0
15.000	1875,0	1500,0
20.000	2.500,0	2.000,0



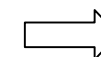
$1,5 \div 30 \text{ Kg N / ora}$



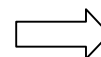
$100 \div 2000 \text{ Kg N / giorno}$

fosforo totale

	limiti di concentrazione per lo scarico (mgP/l)	
	in aree sensibili	sul suolo
10.000 a.e. > popolazione > 100.000 a.e.	2	2
popolazione > 100.000	1	2
portata media oraria <i>m3/ora</i>	<i>kgP/ora</i>	<i>kgP/ora</i>
10	---	---
50	---	---
100	0,2	0,2
500	1,0	1,0
1.000	2,0	2,0
1.500	1,5	3,0
2.000	2,0	4,0
volume medio giornaliero <i>m3/giorno</i>	<i>kgP/giorno</i>	<i>kgP/giorno</i>
100	---	---
500	---	---
1.000	2,0	2,0
5.000	10,0	10,0
10.000	20,0	20,0
15.000	15,0	30,0
20.000	20,0	40,0



$1,5 \div 30 \text{ Kg N / ora}$



$100 \div 2000 \text{ Kg N / giorno}$

Linee guida dell'attività di ricerca

Studio a livello di approccio metodologico

Valutazione dei carichi inquinanti nelle acque di drenaggio in bacini urbani

Localizzazione geografica delle attività

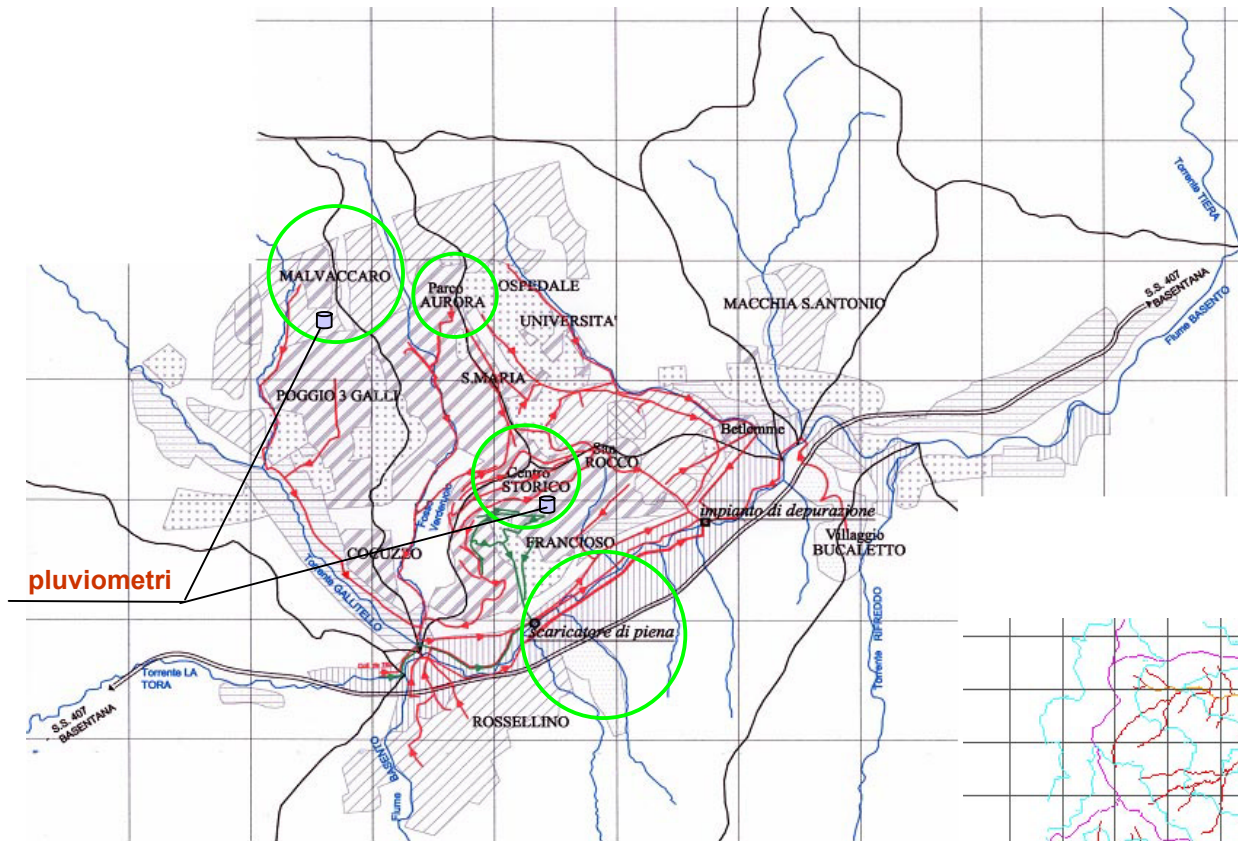
- bacino urbano di Potenza nel bacino idrografico del Fiume Basento
- bacino urbano di Matera nel bacino idrografico del Fiume Bradano

Attività di ricerca

- ✓ individuazione e localizzazione delle opere di scarico di acque naturali e di acque reflue presenti nell'alveo dei corpi idrici;
- ✓ studio della rete dei collettori fognari, dei principali sottobacini, delle caratteristiche d'uso del suolo;
- ✓ creazione di un sistema geografico informativo dei bacini di "*Malvaccaro*" e dell'area urbana di "*Parco Aurora*";
- ✓ esamina ed elaborazione di dati idrologici raccolti nelle stazioni pluviometriche del Servizio Idrologico di Potenza e Matera e presso il pluviometro nel bacino sperimentale di "*Malvaccaro*"
- ✓ esamina ed elaborazione di dati di concentrazione di inquinanti in acque reflue urbane campionate nell'area urbana di Potenza durante periodi di pioggia:
 - rete di fognatura pluviale del bacino di "*Malvaccaro*", triennio 1989-1991
 - superficie stradale dell'area di "*Parco Aurora*", anno 1999
 - scaricatore di piena operante sulla rete di fognatura mista, anno 1999-2001

Aree di indagine

Bacino urbano del fiume Basento a Potenza



Collettori della rete di fognatura urbana:

affidenti direttamente all'imp. di depurazione

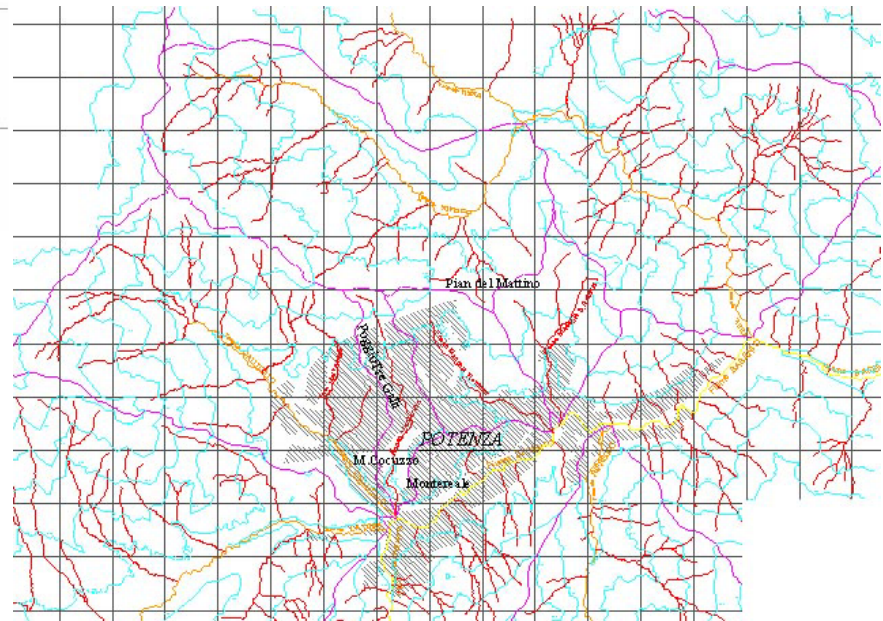


affidenti allo scaricatore di piena



TIPOLOGIE D'USO DEL TERRITORIO

- Zona residenziale
- Zona residenziale
- Edifici pubblici
- Area Industriale del Basento
- Z. produttive e commerciali
- Parchi urbani



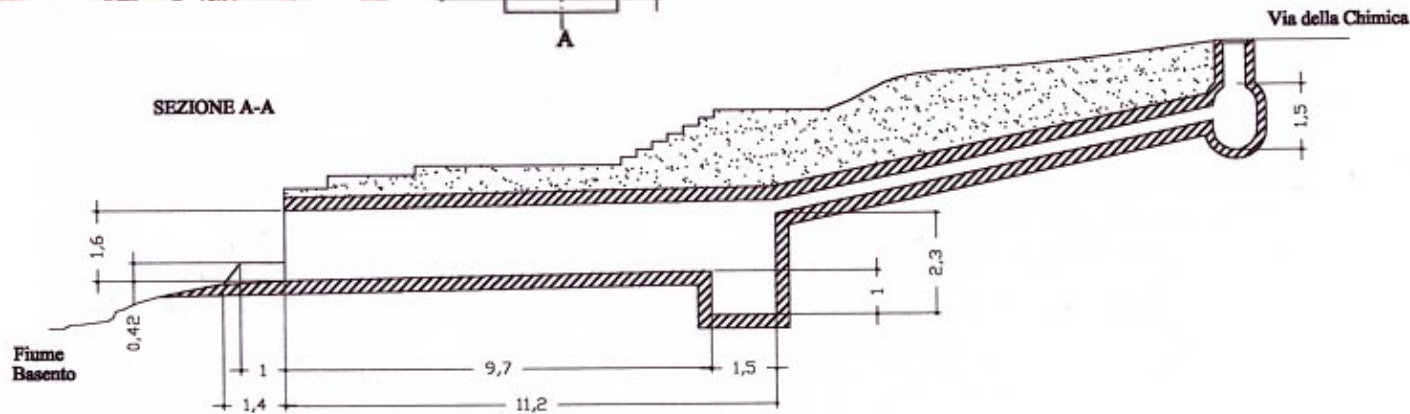
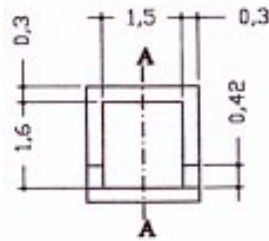
Localizzazione di opere di scarico di acque naturali e reflue sul fiume Basento nell'area urbana di Potenza



Localizzazione di opere di scarico di acque naturali e reflue sul fiume Basento nell'area urbana di Potenza



Rete di fognatura mista della città di Potenza: scaricatore di piena



Rete di fognatura mista della città di Matera: canale di scarico delle acque di piena



bacino sperimentale di “*Malvaccaro*”



bacino urbano di “*Parco Aurora*”



ESAMINA DEI DATI IDROLOGICI

ANALISI DEI DATI IDROLOGICI

Raccolta di dati relativi a serie annuali complete di altezze di pioggia negli ultimi 32 anni, dal 1970 al 2001, disponibili per entrambe le stazioni pluviometriche di Matera (204 m.s.l.m.) e Potenza (865 m.s.l.m.).

Sono stati esaminati i dati di 15 serie relative agli anni:

[1970, 1971, 1972] + [1986] + [1988, 1989, 1990] + [1992, 1993, 1994, 1995, 1996] + [1998, 1999, 2000]

Sono state elaborate le seguenti serie statistiche:

altezze di pioggia

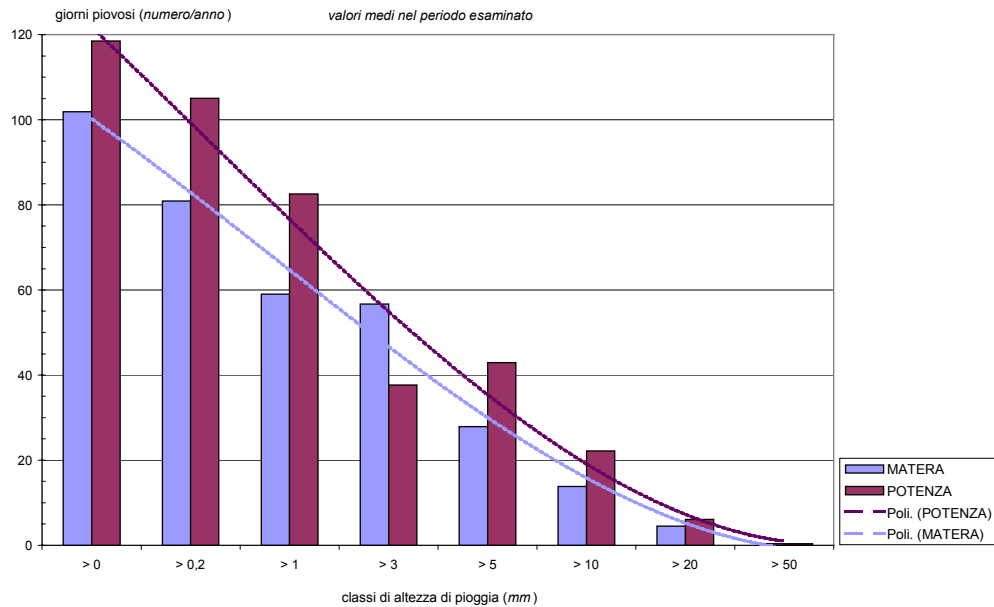
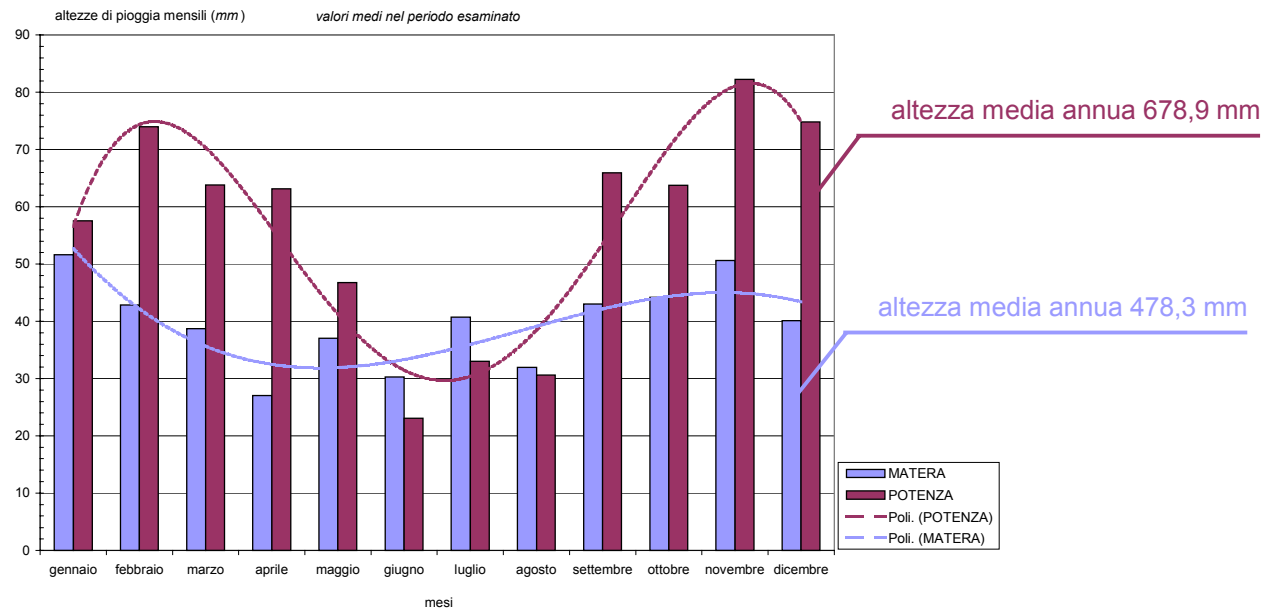
- valori giornalieri;
- valori mensili di altezza di pioggia
- medie dei valori mensili nel periodo esaminato;

giorni piovosi

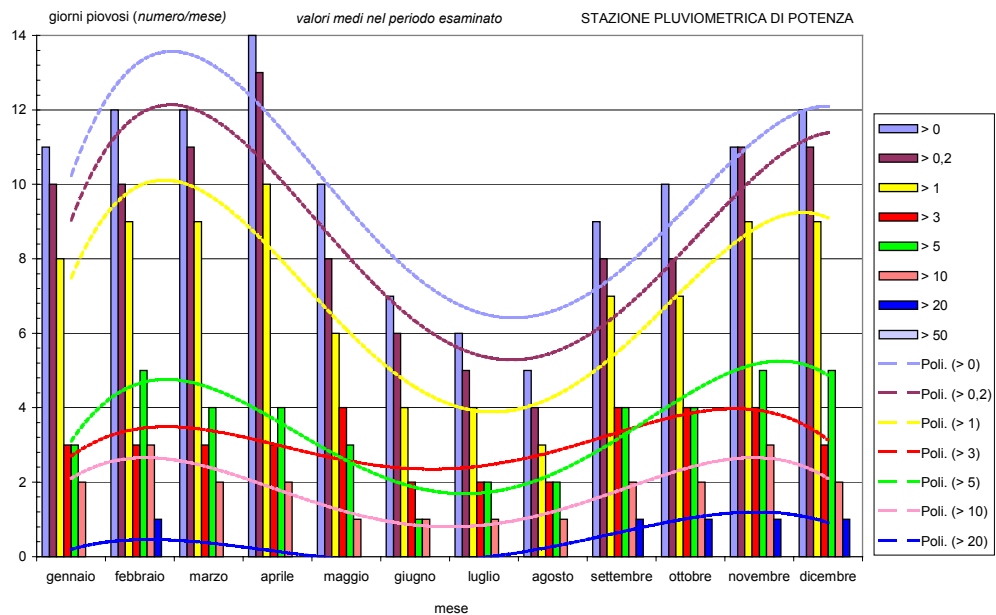
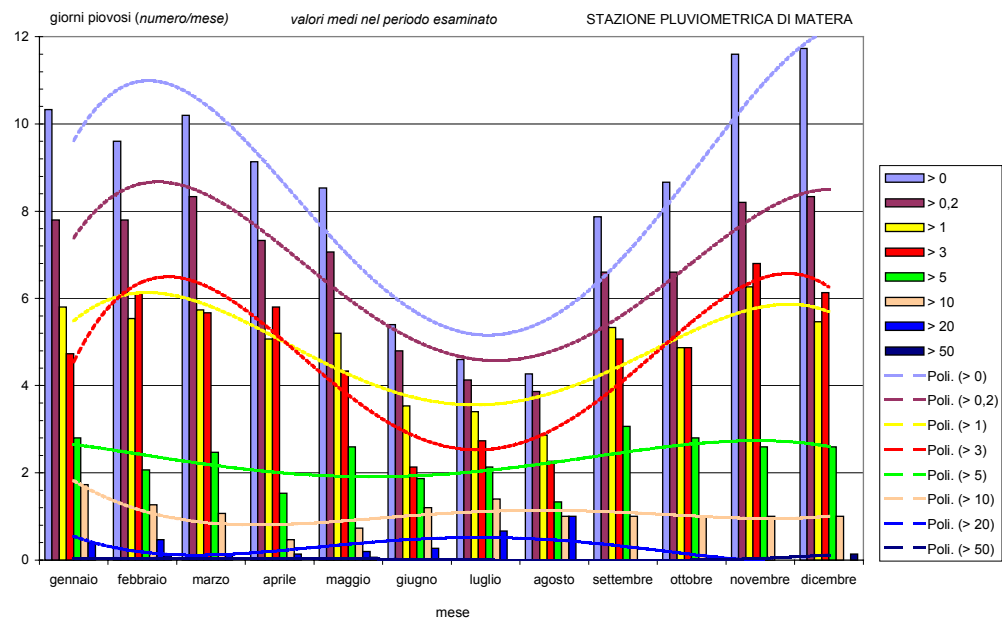
- numero nel mese e nell'anno per classi di altezze di pioggia:

maggiore di 0,2 mm, 1 mm, 3 mm, 5 mm, 10 mm, 20 mm, 50 mm.

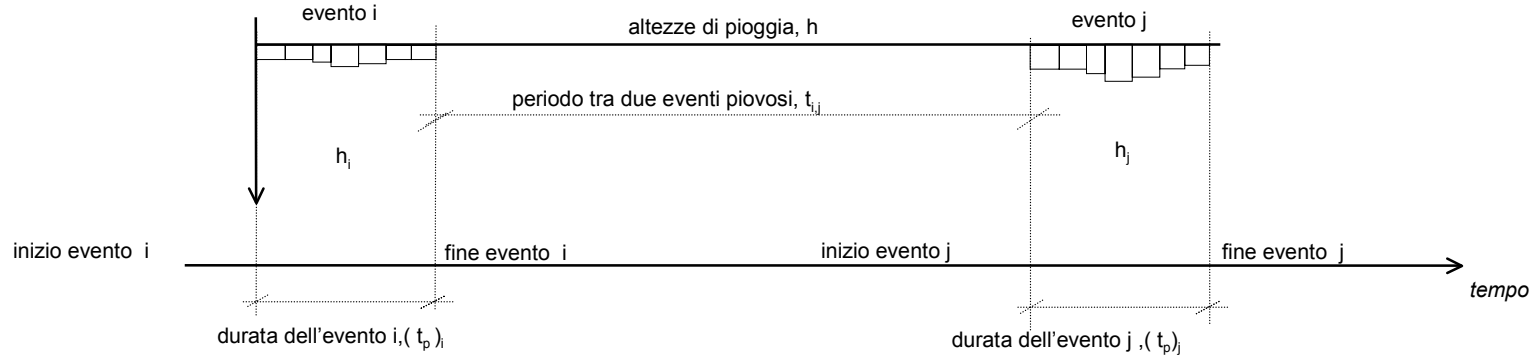
altezze di pioggia e giorni piovosi mensili



giorni piovosi mensili per classe di altezza di pioggia



Analisi del periodo di tempo secco

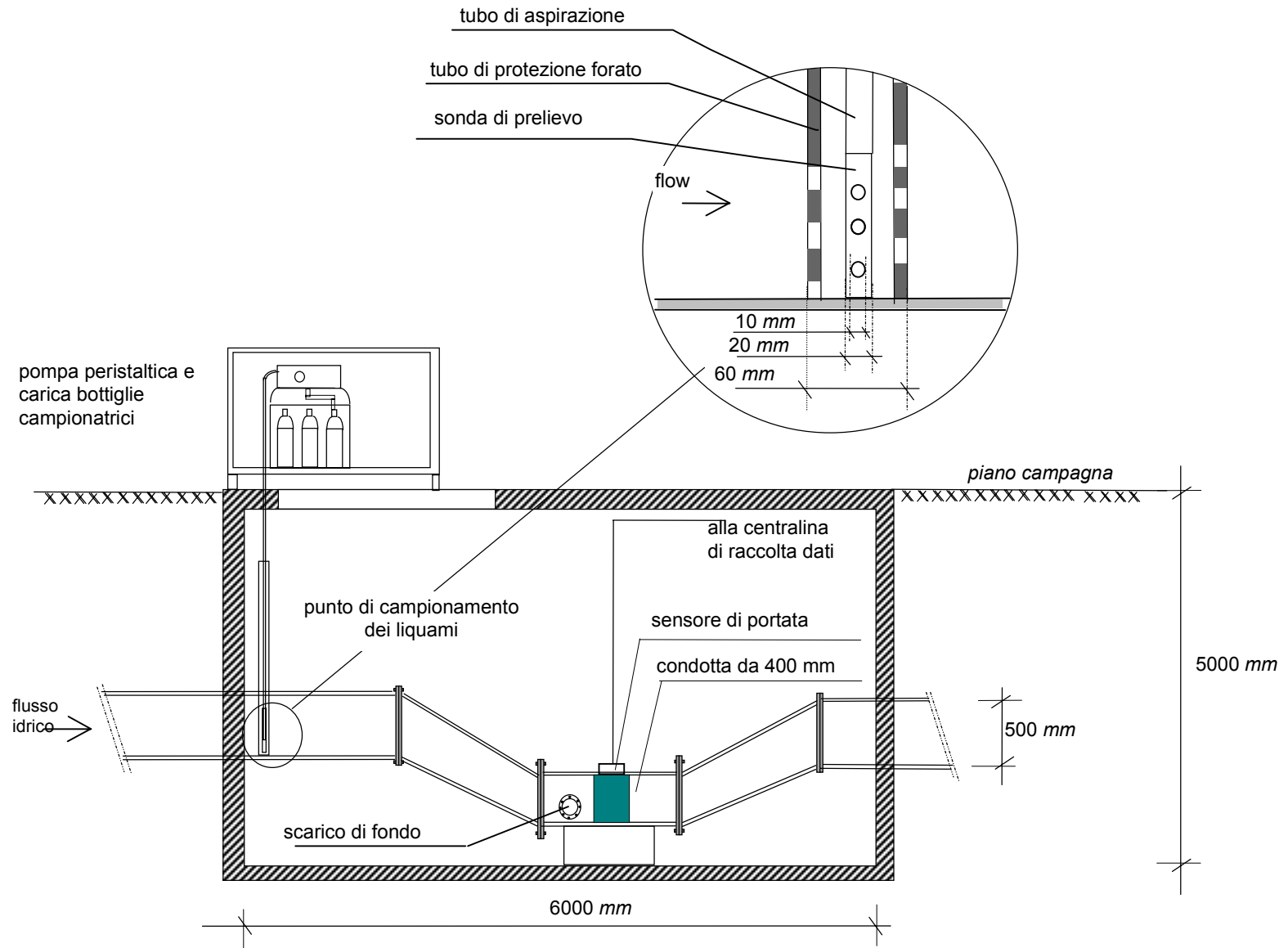


Periodi di tempo secco osservati nella stazione pluviometrica di Potenza dal 1/1/1970 al 31/12/1980

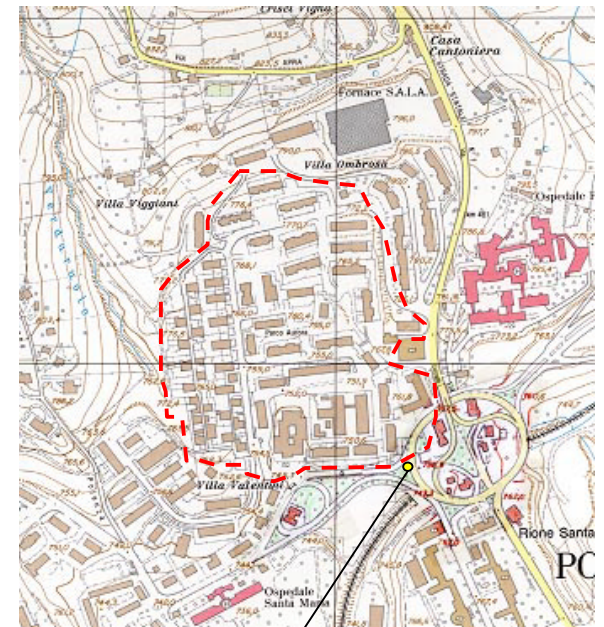
classe di durata	Periodi di osservazione				
	1 gennaio ÷ 31 dicembre		1 giugno ÷ 31 ottobre		
giorni	n.ro di eventi	%	n.ro di eventi	%	% relativa all'intero periodo dell'anno
1	169	22,1	66	17,6	39,1
1 ÷ 3	346	45,3	153	40,9	44,2
4 ÷ 6	126	16,5	69	18,4	54,7
7 ÷ 9	58	7,6	42	11,2	72,4
10 ÷ 12	21	2,7	12	3,2	57,1
13 ÷ 15	19	2,5	14	3,7	73,0
16 ÷ 18	8	1,0	5	1,3	62,5
19 ÷ 21	6	0,8	4	1,1	66,7
22 ÷ 24	4	0,5	3	0,8	75,0
25 ÷ 27	2	0,3	2	0,5	100,0
28 ÷ 30	1	0,1	0	0,0	0,0
31 ÷ 33	0	---	0	0,0	---
34 ÷ 36	0	---	0	0,0	---
37 ÷ 39	3	0,4	3	0,8	100,0
40 e oltre	1	0,1	1	0,3	100,0
Totale	764	100,0	374	100,0	---

Modalità di conduzione delle indagini sperimentali

Stazione di monitoraggio



Bacino urbano di "Parco Aurora": punto di campionamento



punto di campionamento

Indagine sulla qualità delle acque di drenaggio urbano

inquinanti esaminati

- solidi sospesi totali, fissi e volatili
- COD



campionamento delle acque



trattamento fisico del campione:
filtrazione con cartina da 1.2 micron



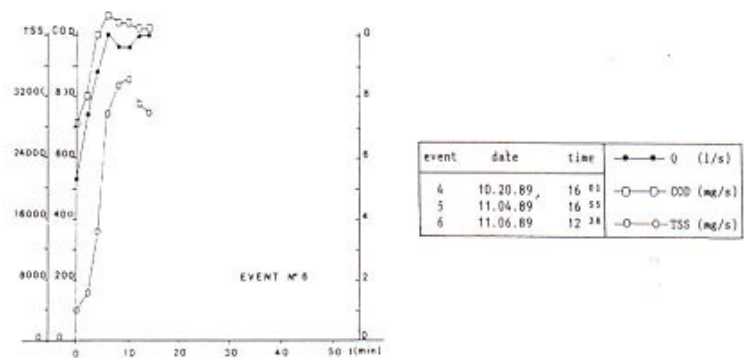
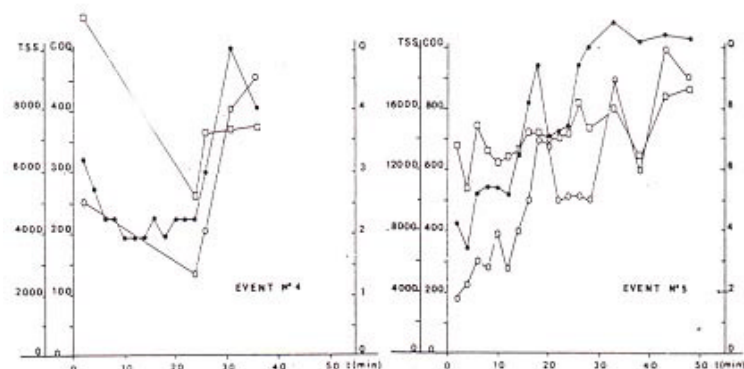
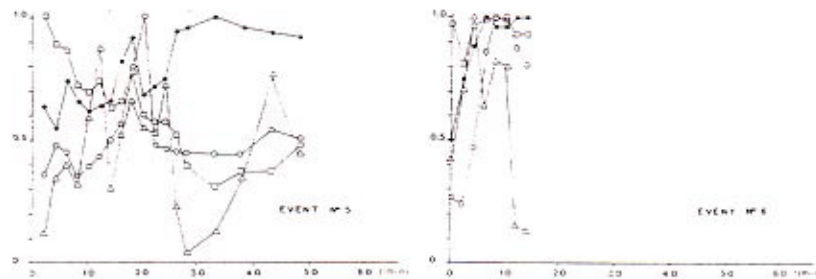
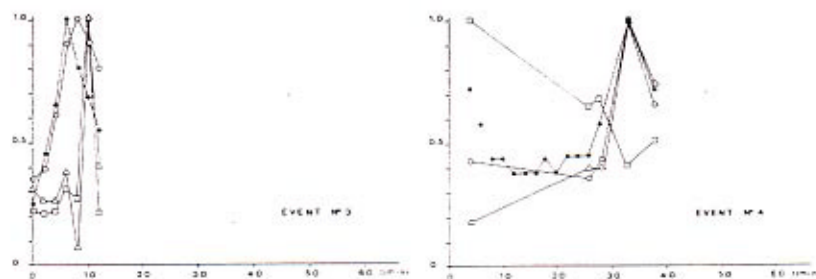
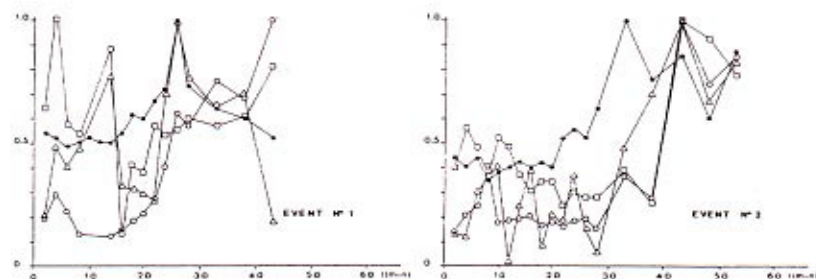
- frazione disciolta
- frazione associata al particolato



analisi

Dati di qualità raccolti nei bacini sperimentali

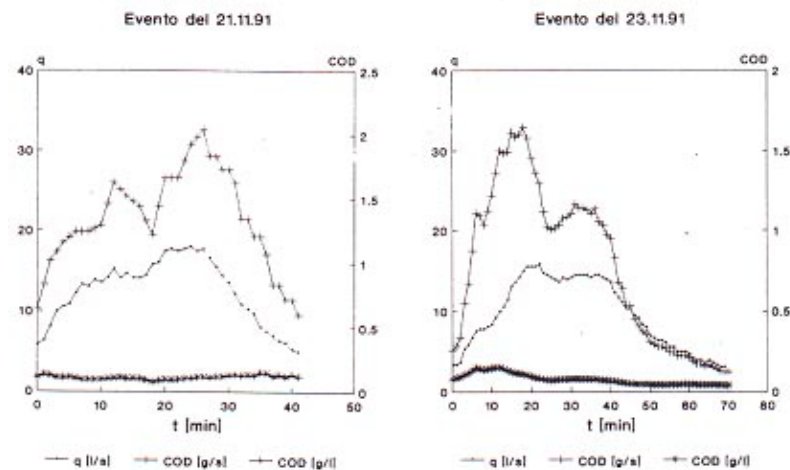
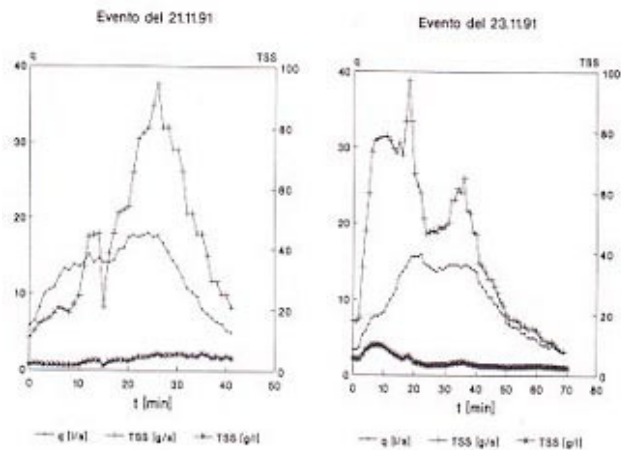
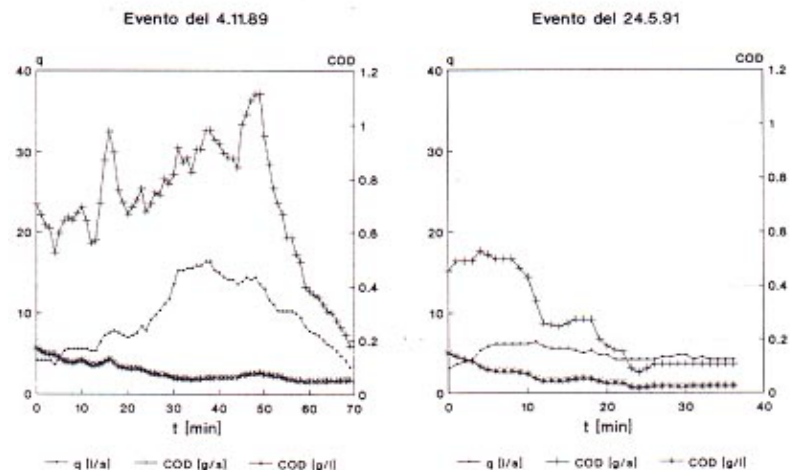
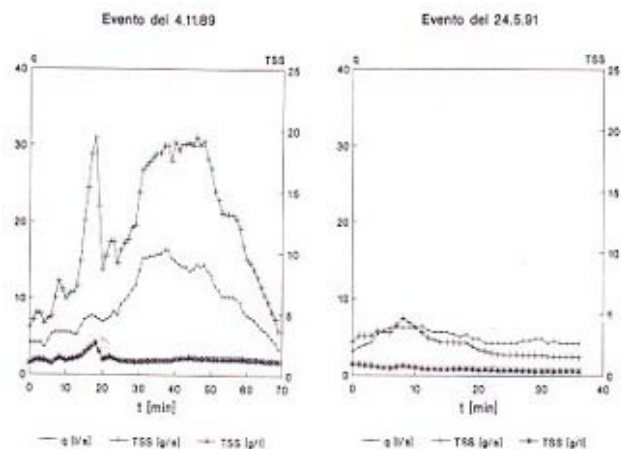
Bacino di Malvaccaro: monitoraggio della qualità delle acque defluenti nella fognatura pluviale



event	date	time	COD _{max}	TSS _{max}	VSS _{max}	Q/Q _{max}
1	10.09.89	02 18	295 mg/l	6655 mg/l	550 mg/l	
2	10.09.89	52 40	220 mg/l	8000 mg/l	600 mg/l	
3	10.10.89	05 00	624 mg/l	5650 mg/l	1315 mg/l	
4	10.20.89	16 41	182 mg/l	5190 mg/l	275 mg/l	
5	11.04.89	16 55	109 mg/l	2585 mg/l	275 mg/l	
6	11.06.89	12 24	127 mg/l	5525 mg/l	225 mg/l	

event	date	time	Q (l/s)
4	10.20.89	16 41	
5	11.04.89	16 55	
6	11.06.89	12 24	

Bacino di Malvaccaro: monitoraggio della qualità delle acque defluenti nella fognatura pluviale

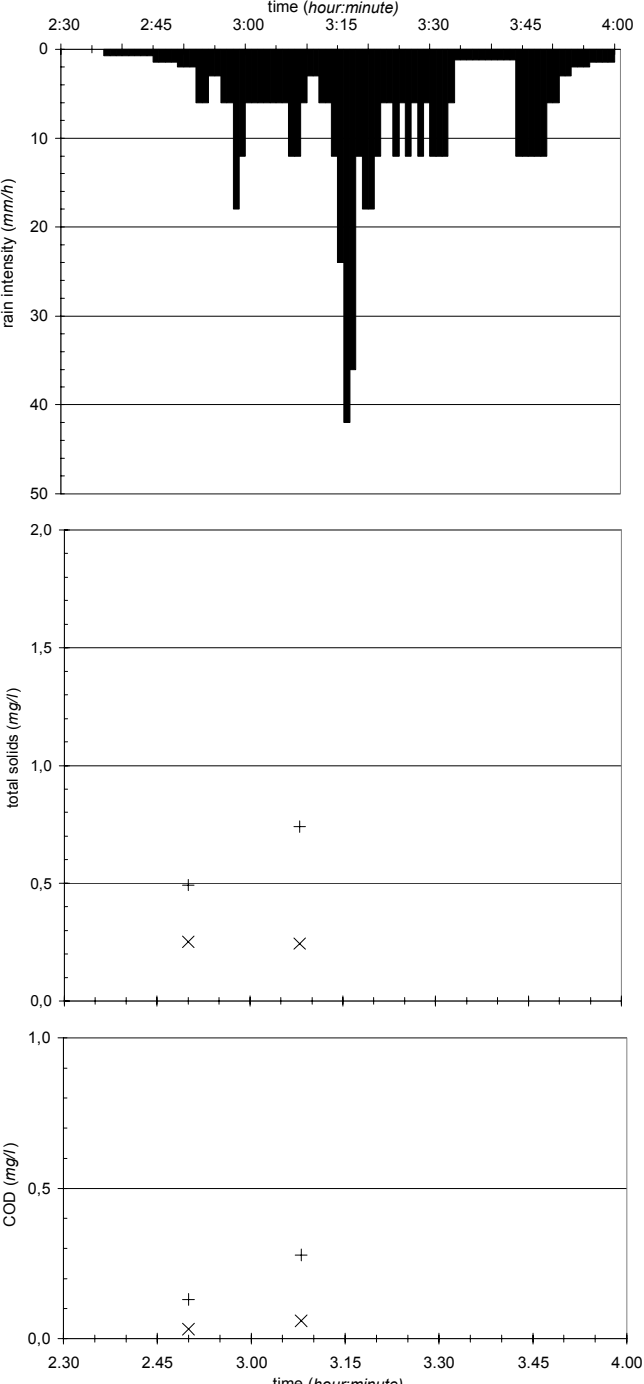
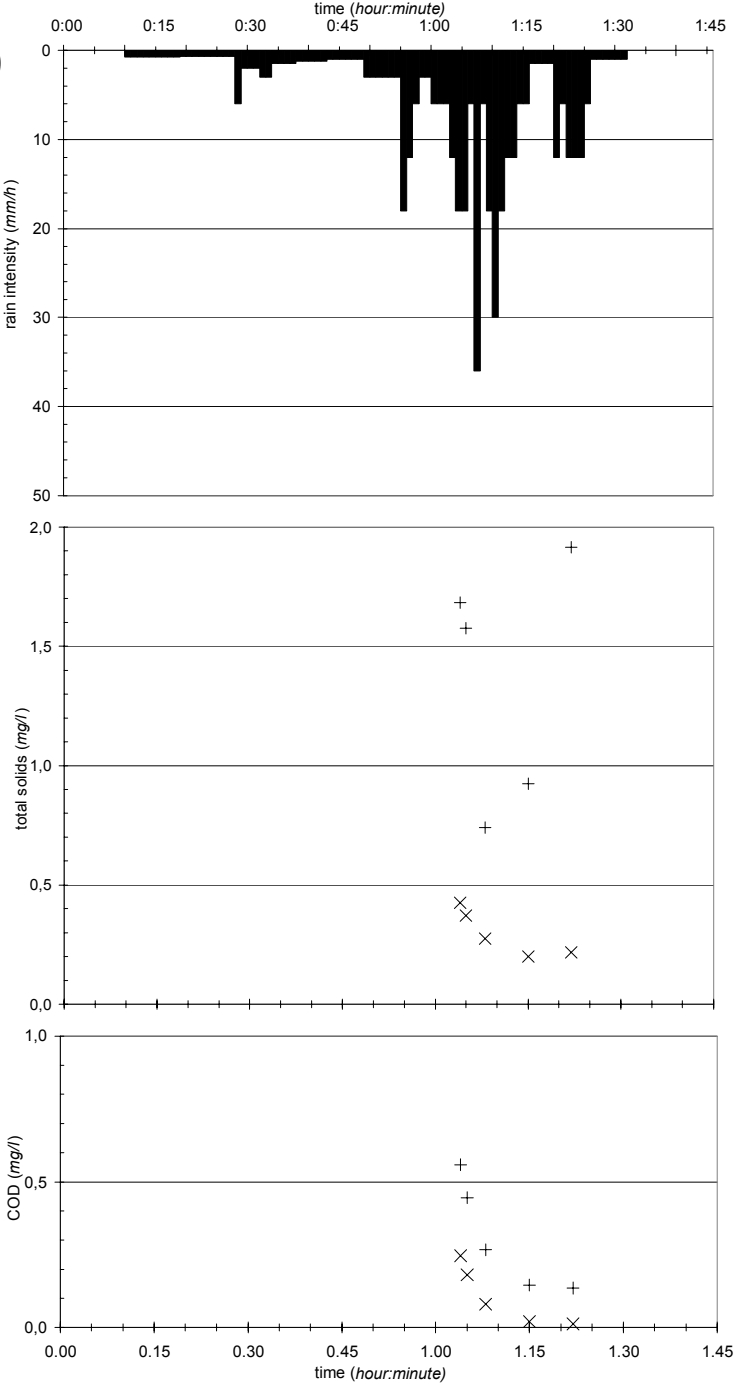


Classificazione degli eventi osservati: Bacino di Malvaccaro

evento di pioggia						deflusso	dati osservati sulla qualità delle acque		
identificativo	data	durata del periodo di tempo secco precedente	tempo di inizio	durata	altezza di pioggia totale	portata massima	campione tal quale, concentrazione massima		
							solidi sospesi totali	solidi sospesi volatili	COD
<i>n.</i>	<i>gg/mm/aa</i>	<i>giorni</i>	<i>h.min</i>	<i>min</i>	<i>mm</i>	<i>l/sec</i>	<i>g/l</i>	<i>g/l</i>	<i>g/l</i>
Anno 1989									
MA-DQ01	10/09/89	---	2.16	---	---	---	6.555	0.550	0.295
MA-DQ02	10/09/89	0	12.40	---	---	---	8.000	0.600	0.220
IT0311	07/10/89	5	21.39	106	12.0	117	---	---	---
MA-DQ03 - IT0312	10/10/89	3	4.41	228	13.0	17	4.650	1.115	0.624
MA-DQ04	20/10/89	10	16.01	---	---	5	3.100	0.275	0.182
MA-DQ05	04/11/89	16	16.55	---	---	11	2.590	0.235	0.170
MA-DQ06 - IT0313	06/11/89	1	12.38	---	---	10	3.475	0.225	0.127
Anno 1990									
IT314	20/05/90	---	17.05	54	20.6	422	---	---	---
IT315	20/10/90	---	3.51	138	12.5	101	---	---	---
IT316	26/10/90	6	2.41	143	12.4	101	---	---	---
IT317	16/11/90	21	20.41	74	3.8	108	---	---	---
IT318	17/11/90	1	0.50	124	5.8	121	---	---	---
IT319	28/11/90	11	0.23	162	12.8	118	---	---	---
IT320	10/12/90	11	4.40	134	13.7	268	---	---	---
Anno 1991									
IT321	26/04/91	---	17.22	97	4.2	101	---	---	---
IT322	29/07/91	---	11.44	14	3.1	145	---	---	---
IT323	13/08/91	14	16.43	37	7.2	237	---	---	---
MA-DQ07	24/05/91	0.5	18.23	81	4.0	---	0.880	---	0.150
MA-DQ08	21/11/91	1.83	10.36	489	10.4	---	5.580	---	---
MA-DQ09	23/11/91	1.67	17.30	360	13.2	---	10.020	---	---

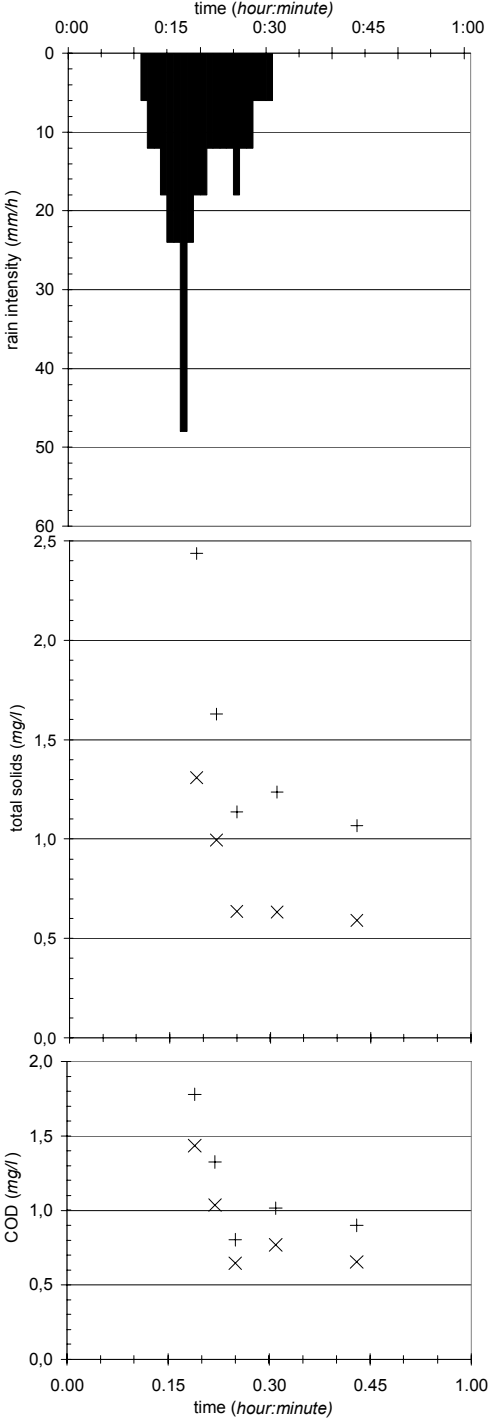
bacino urbano di
“Parco Aurora”

evento
PA - 1/1999

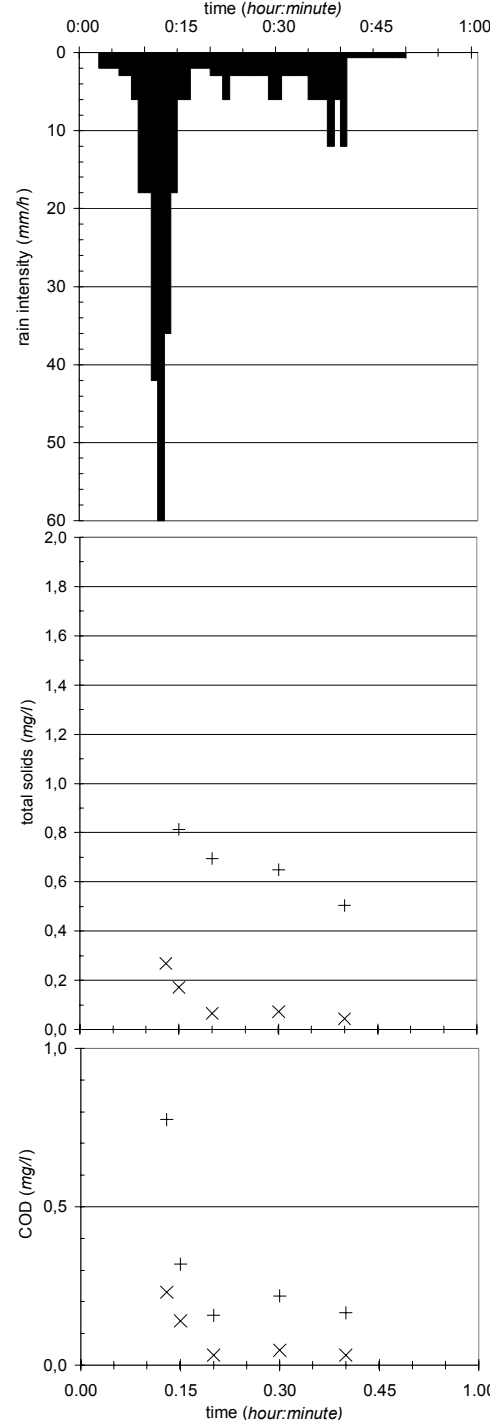


**bacino urbano di
“Parco Aurora”**

**evento
PA-2/1999**

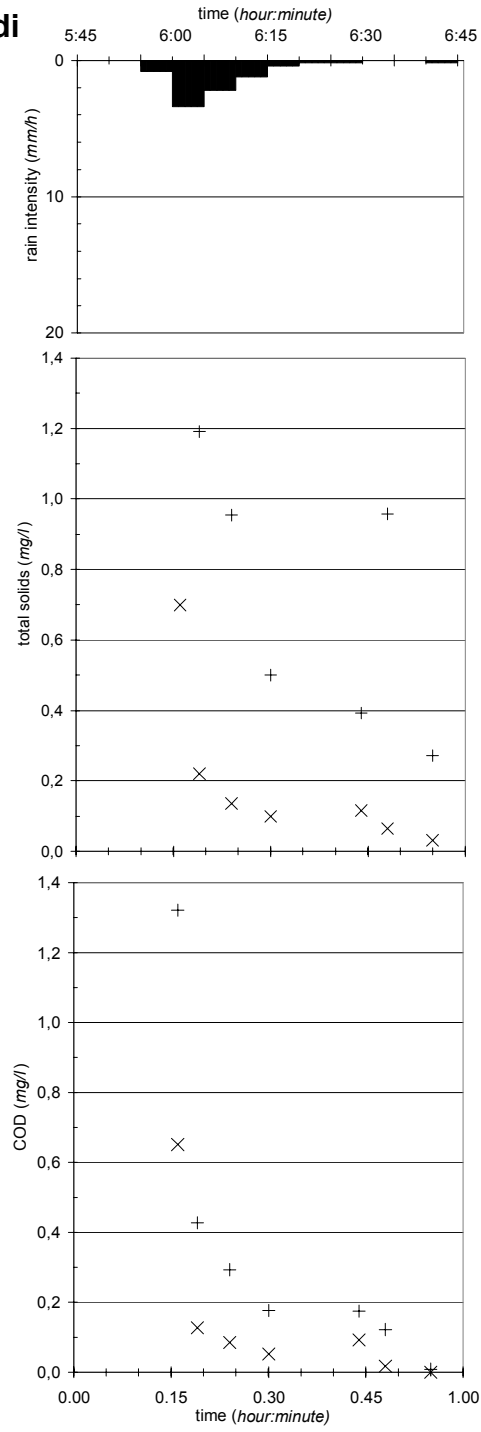


**evento
PA -3/1999**

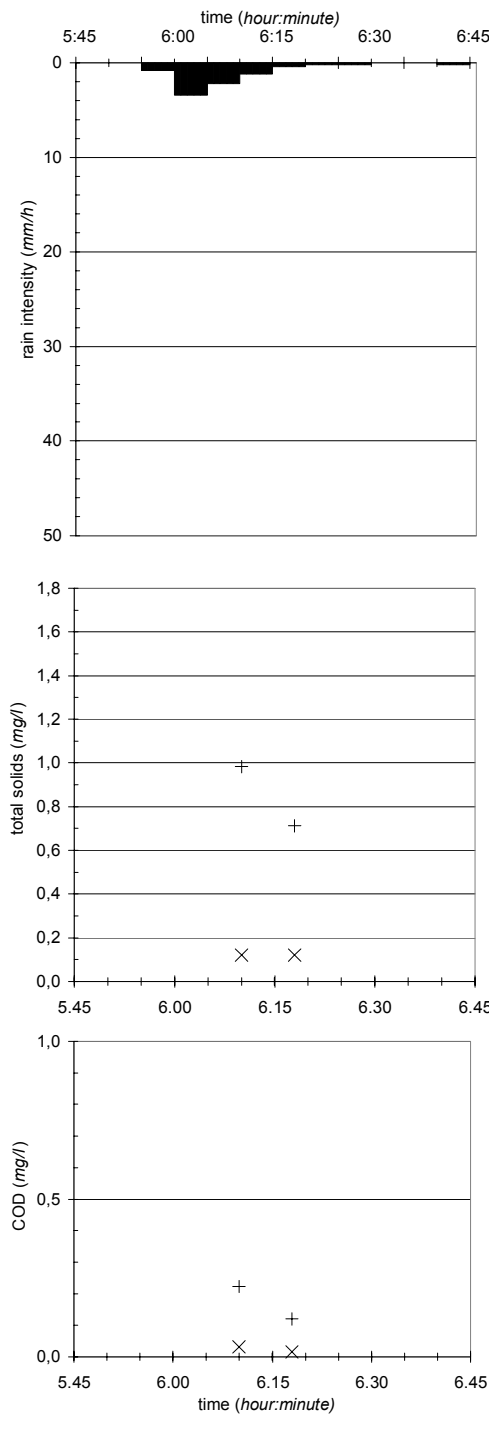
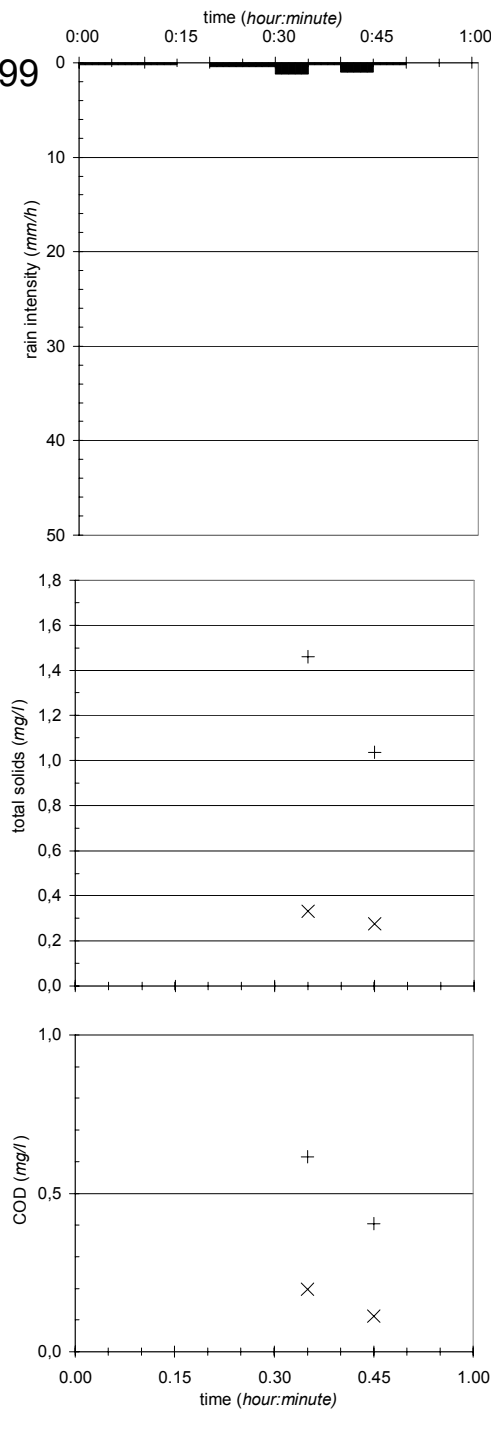


**bacino urbano di
"Parco Aurora"**

evento
PA-4/1999



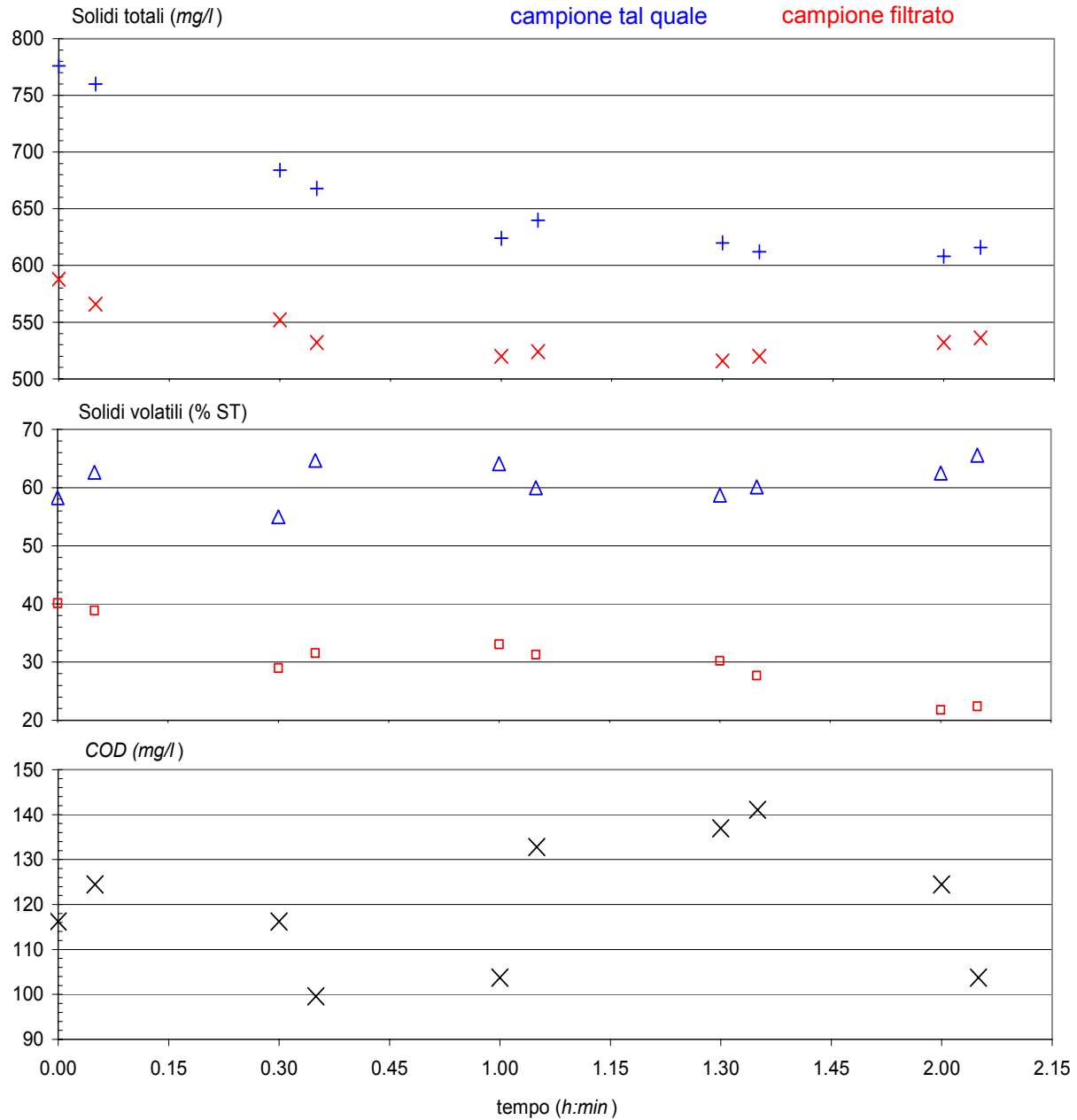
**evento
PA-5/1999**



Classificazione degli eventi osservati: bacino urbano di "Parco Aurora"

evento di pioggia						deflusso	dati osservati sulla qualità delle acque		
identificativo	data	durata del periodo di tempo secco precedente	tempo di inizio	durata	altezza di pioggia totale	portata massima	campione tal quale, concentrazione massima		
							solidi sospesi totali	solidi sospesi volatili	COD
<i>n.</i>	<i>gg/mm/aa</i>	<i>giorni</i>	<i>h.min</i>	<i>min</i>	<i>mm</i>	<i>l/sec</i>	<i>g/l</i>	<i>g/l</i>	<i>g/l</i>
Anno 1999									
PA-DQ01	08/07/1999	---	13.40	225	17.4	---	1.916	0.832	0.558
PA-DQ02	23/07/1999	14	21.31	20	5.2	---	2.438	1.502	1.780
PA-DQ03	24/07/1999	0	13.03	46	5.6	---	2.176	0.964	0.776
PA-DQ04	21/09/1999	---	11.01	54	1.9	---	2.104	1.180	1.322
PA-DQ05	18/10/1999	---	13.50	49 + 35	1.6	---	1.460	0.456	0.616

scaricatore di piena evento SC - 1/1999



Classificazione degli eventi osservati: scaricatore di piena

evento di pioggia						deflusso	dati osservati sulla qualità delle acque				
identificativo	data	durata del periodo di tempo secco precedente	tempo di inizio	durata	altezza di pioggia totale	portata massima	campione tal quale, concentrazione massima				
							solidi sospesi totali	solidi sospesi volatili	COD	NH ₃	NO ₃
Anno 1999											
n.	gg/mm/aa	giorni	h.min	min	mm	l/sec	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l
SC-DQ01	27/01/1999	---	14.36	---	---	---	0.660	0.316	0.417	0,011	0,008
SC-DQ02	11/02/1999	---	14.00	---	---	---	0.612	0.256	0.156	0.018	0.003

Analisi degli eventi osservati: analisi dei valori massimi delle concentrazioni inquinanti

□ Acque di deflusso nei collettori pluviali

I valori massimi della concentrazione di

- solidi totali variano tra 2,5 e 8,0 g/l
- COD variano tra 0,15 e 0,6 g/l

□ Acque di deflusso superficiale

I valori massimi della concentrazione di

- solidi totali variano tra 1,5 e 2,5 g/l
- COD variano tra 0,6 e 1,7 g/l
- la frazione dei solidi sospesi volatili è influenzata dal periodo di tempo secco precedente all'evento

□ Acque sfiorate dallo scaricatore di piena

I valori massimi della concentrazione di

- solidi totali sono prossimi a 0,6 g/l
- COD variano tra 0,15 e 0,4 g/l
- azoto ammoniacale tra 0,011 e 0,018

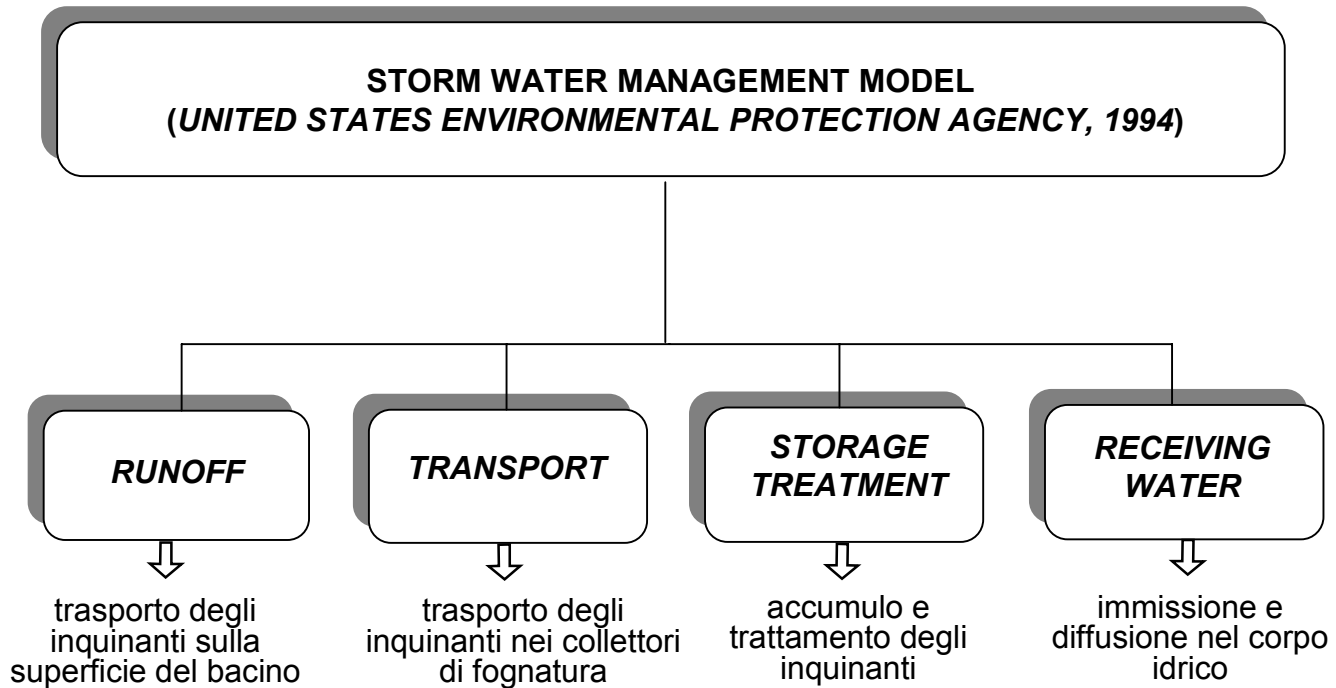
Linee guida dell'indagine

- ✓ determinazione dei dati geografici, idrologici e di uso del suolo
- ✓ l'elaborazione dei dati è stata condotta con l'ausilio del modello di calcolo **Storm Water Management Model** (*SWMM, United States Environmental Protection Agency, Huber and Dickinson, 1994*);
- ✓ implementazione dei dati relativi al bacino drenante tramite un Sistema Geografico Informativo;
- ✓ sono state condotte una serie di elaborazioni per simulare gli eventi osservati nei bacini di “*Malvaccaro*” e “*Parco Aurora*”; sono stati calcolati gli idrogrammi e i pollutogrammi in corrispondenza di ciascun punto nodale delle reti idriche e nelle sezioni di chiusura dei bacini principali e dei sottobacini;
- ✓ i risultati del modulo di calcolo idraulico dell'SWMM sono stati confrontati con i dati ottenuti con un altro modello di calcolo, il MOUSE, (*Danish Institute, 1991*).

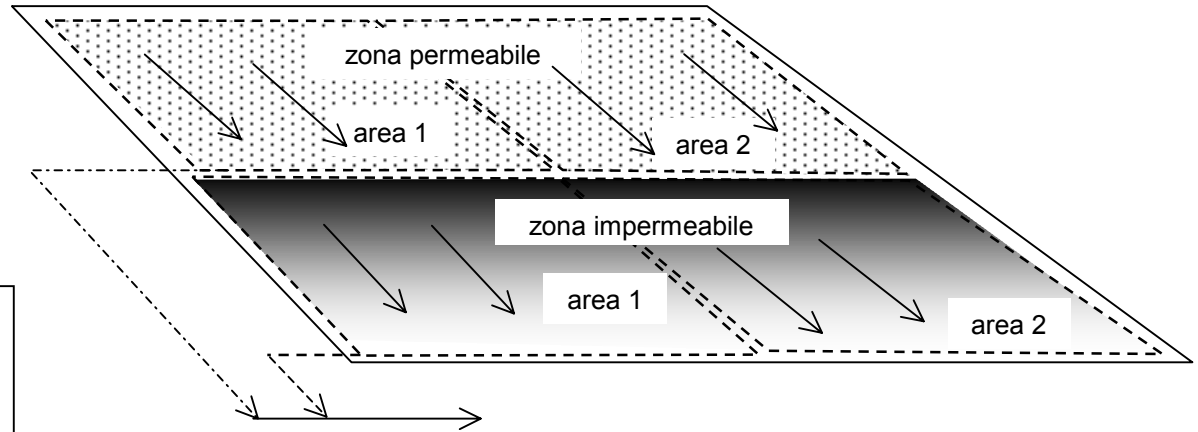
IL MODELLO DI CALCOLO
“STORM WATER MANAGEMENT MODEL”

SWMM: STRUTTURA DEL CODICE DI CALCOLO

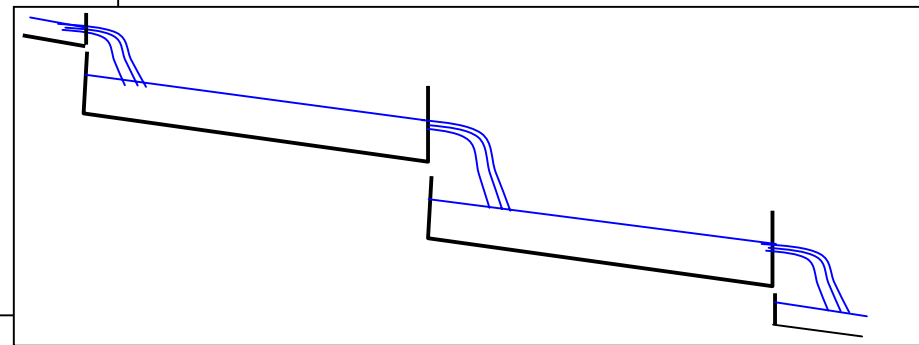
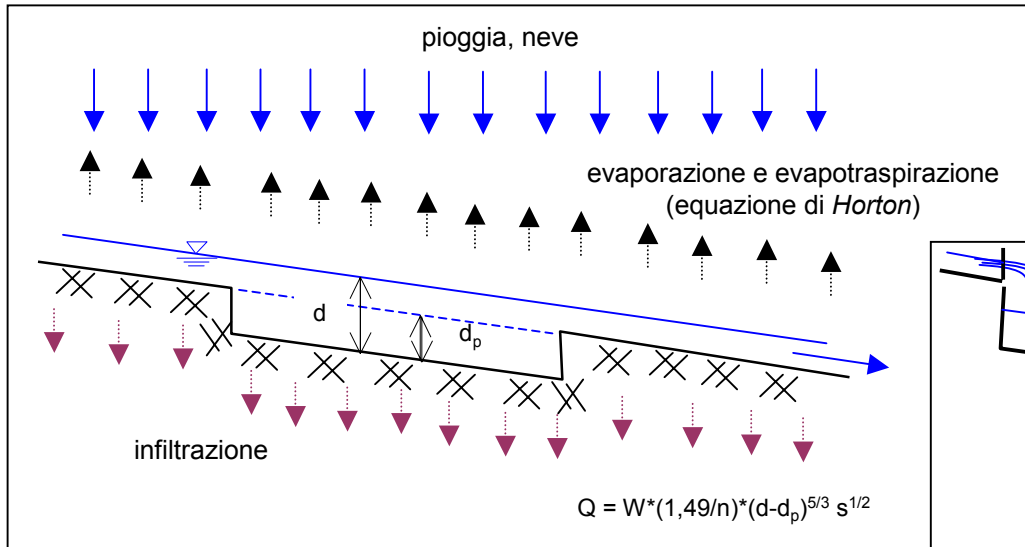
MODELLO DI CALCOLO PER LA VALUTAZIONE DEL DELLE CONCENTRAZIONI
INQUINANTI NELLE ACQUE DI DRENAGGIO URBANO



SWMM, "RUNOFF": PROCESSI IDRAULICI SULLA SUPERFICE DEL BACINO



moto uniforme (n di Manning)
 falda piana
 canali a pelo libero, in serie in cascata



SWMM, "RUNOFF": FASE DI ACCUMULO DEGLI INQUINANTI

metodologia "A"

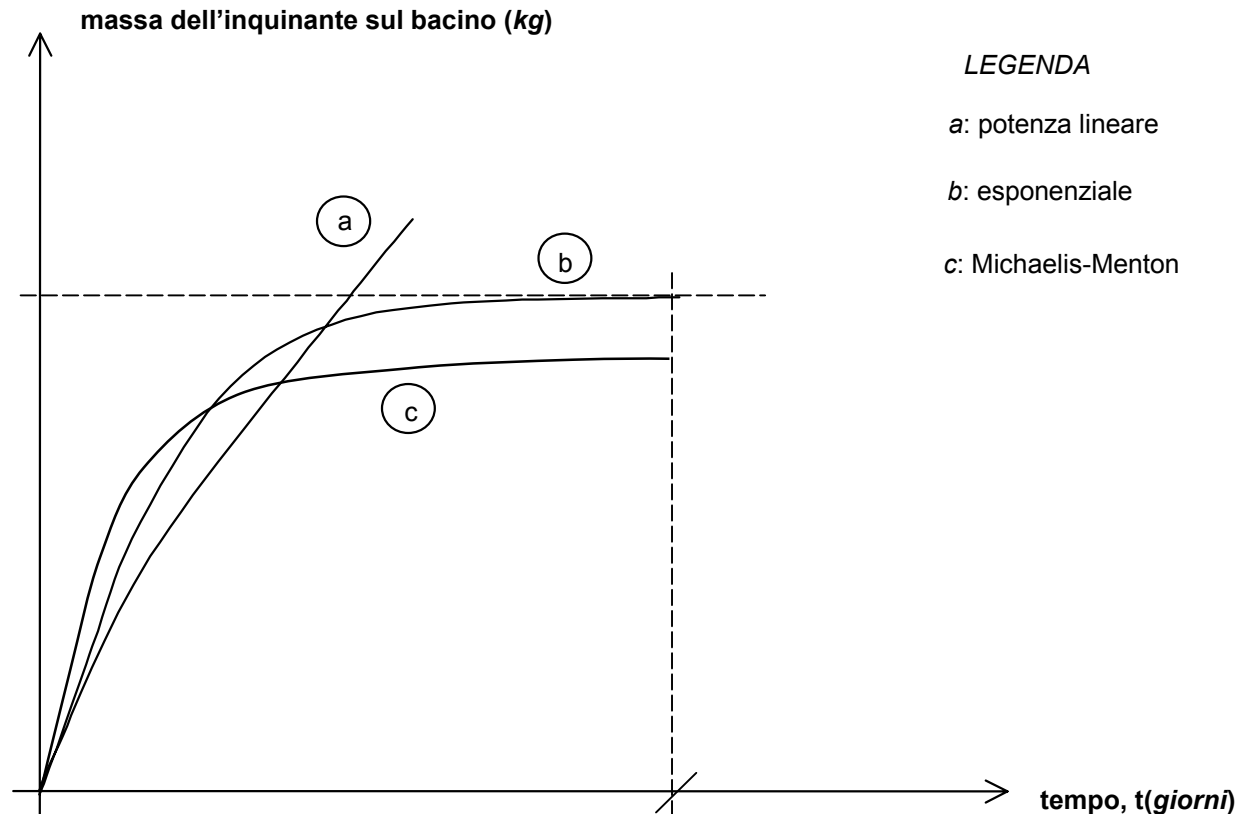
l'accumulo del generico inquinante avviene in funzione di una specifica equazione valida su tutti i sotto-bacini

metodologia "B"

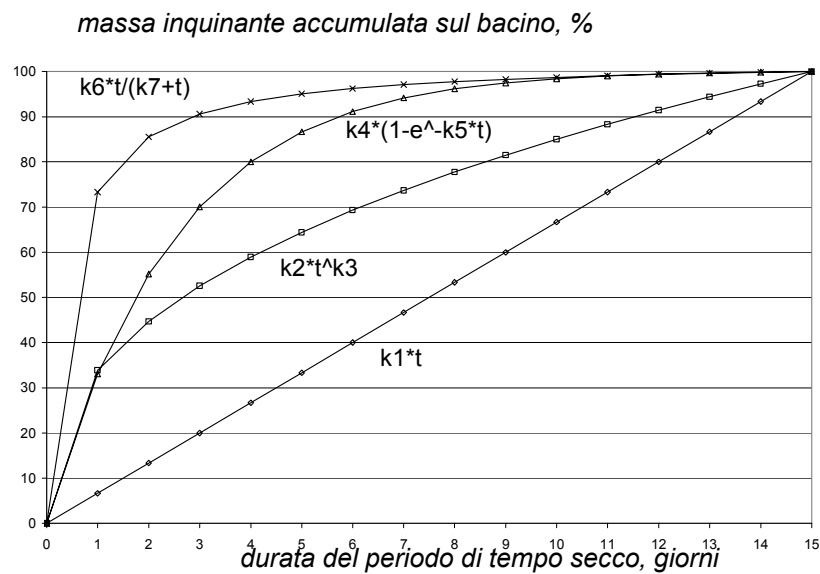
definizione del parametro "Dust and Dirty", DD, "everything passing through a 1/4 inch filter"

la fase di accumulo del parametro DD, avviene secondo differenti equazioni ognuna valida per un tipo di uso del suolo

la massa dell'inquinante è calcolata come una frazione del parametro DD.



SWMM, "RUNOFF": FASE DI ACCUMULO DEGLI INQUINANTI



carichi inquinanti superficiali accumulati per giorno di tempo secco in bacini urbanizzati

valori riportati per lunghezza della cunetta drenante

Tipologia di uso del suolo		BOD ₅	COD	azoto totale	fosforo totale	coliformi totali	DD
		$\frac{g}{100\text{ ml} \cdot d}$	$\frac{g}{100\text{ ml} \cdot d}$	$\frac{g}{100\text{ ml} \cdot d}$	$\frac{g\text{ P-PO}_4}{100\text{ ml} \cdot d}$	$\frac{MPN \times 10^6}{100\text{ ml} \cdot d}$	$\frac{g}{100\text{ ml} \cdot d}$
residenziale	ville a schiera	5,2086	41,6686	0,5000	0,0521	1,3542	1.041,714
	edifici	12,3220	136,9114	2,0879	0,1711	9,2415	3.422,784
	commerciale	37,8143	191,5271	2,0135	0.3438	8,3486	4.910,951
industriale		20,5367	273,8227	2,9436	0,2054	6,8456	6.845,568
aree a verde o terreni non coltivati		---	---	---	---	---	2,2322
intervallo dei valori		5÷40	40÷300	0,5÷3,0	0,05÷0,35	1 ÷ 10	1.000÷7.000

La procedura di calcolo applicata nel codice *Runoff* si basa sull'ipotesi che il processo di dilavamento degli inquinanti è proporzionale all'entità del deflusso superficiale.

La massa cumulata di un generico inquinante, i , dilavata all'istante t è descritta da una legge di tipo esponenziale e la variazione di massa inquinante sul bacino varia in funzione della relazione

$$dM_{bi} / dt = - R_d * r_d(t)^{w_d} * M_{bi}(t)$$

in cui

$r_d(t) = Q(t)/A$	portata specifica di deflusso
$Q(t)$	portata defluente attraverso la sezione di studio
A	superficie del bacino drenante
R_d	coefficiente di dilavamento
w_d	coefficiente adimensionale.

La concentrazione del generico inquinante nella portata defluente è data invece dalla:

$$c_i(t) = (dM_{bi}/dt)/Q(t) = - [R_d * r_d(t)^{wd} * M_{bi}(t)] / [r_d(t) * A] = - (R_d/A) * r_d(t)^{(wd-1)} * M_{bi}(t)$$

- il carico del generico inquinante defluito con le acque di pioggia ad un determinato istante di tempo, $C_{inq}(t)$, viene calcolato attraverso la determinazione di
 - volume idrico defluito attraverso la sezione di studio, $V_i(t)$,
 - concentrazione inquinante, $c_{inq}(t)$,

$$C_{inq}(t) = V_i(t) * c_{inq}(t) = \int_{t=0,t} Q(t) c_{inq}(t) dt$$

SWMM, "RUNOFF": FASE DI DILAVAMENTO DEGLI INQUINANTI

$$\text{massa dilavata } M_{OFF}(t) = M(t=t^*) \cdot (1 - e^{-K t})$$

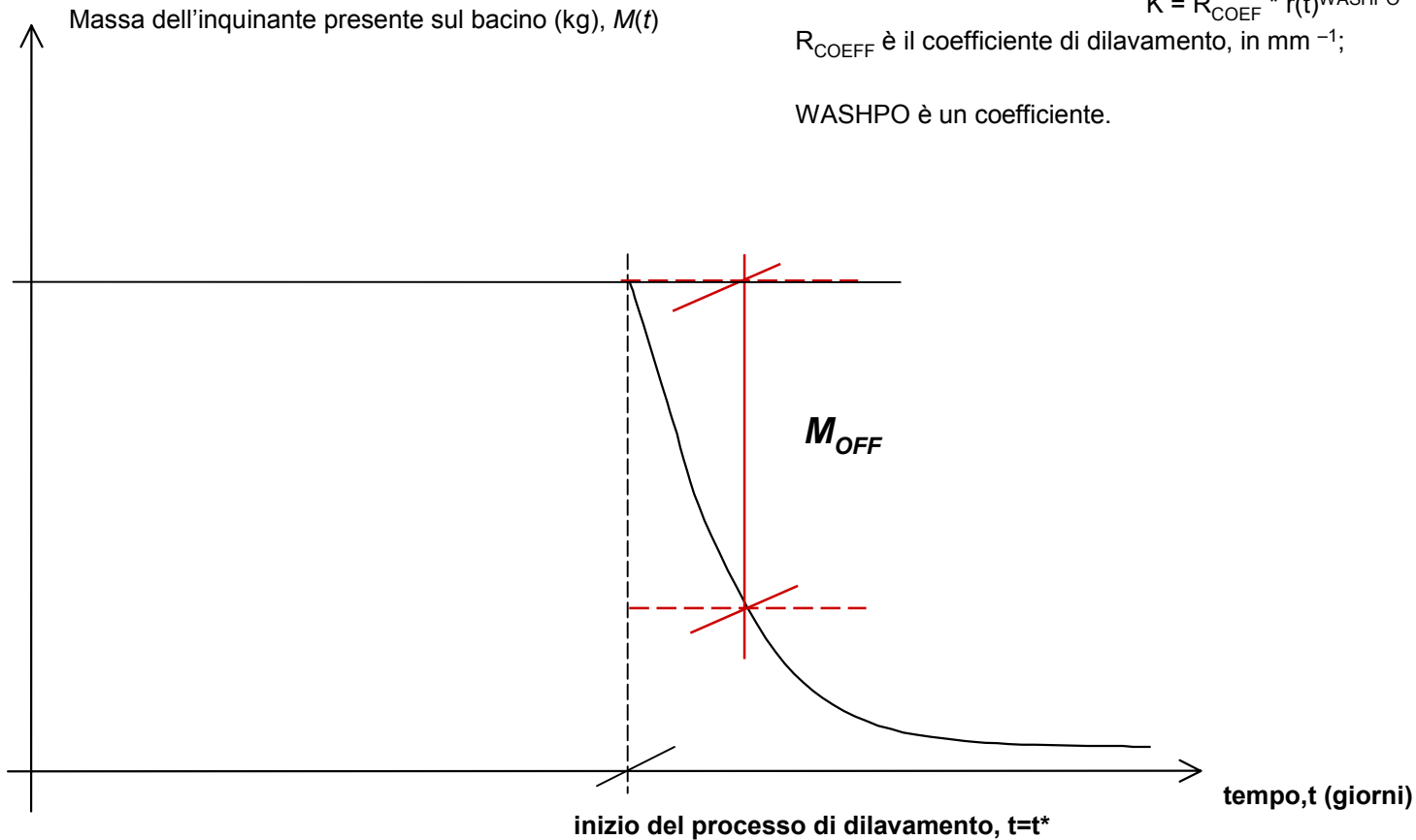
$r(t)$ è la portata specifica o tasso di deflusso, in mm/hr

K è un coefficiente funzione sia delle particelle che dell'entità del deflusso, in d^{-1}

$$K = R_{COEF} * r(t)^{WASHPO}$$

R_{COEFF} è il coefficiente di dilavamento, in mm^{-1} ;

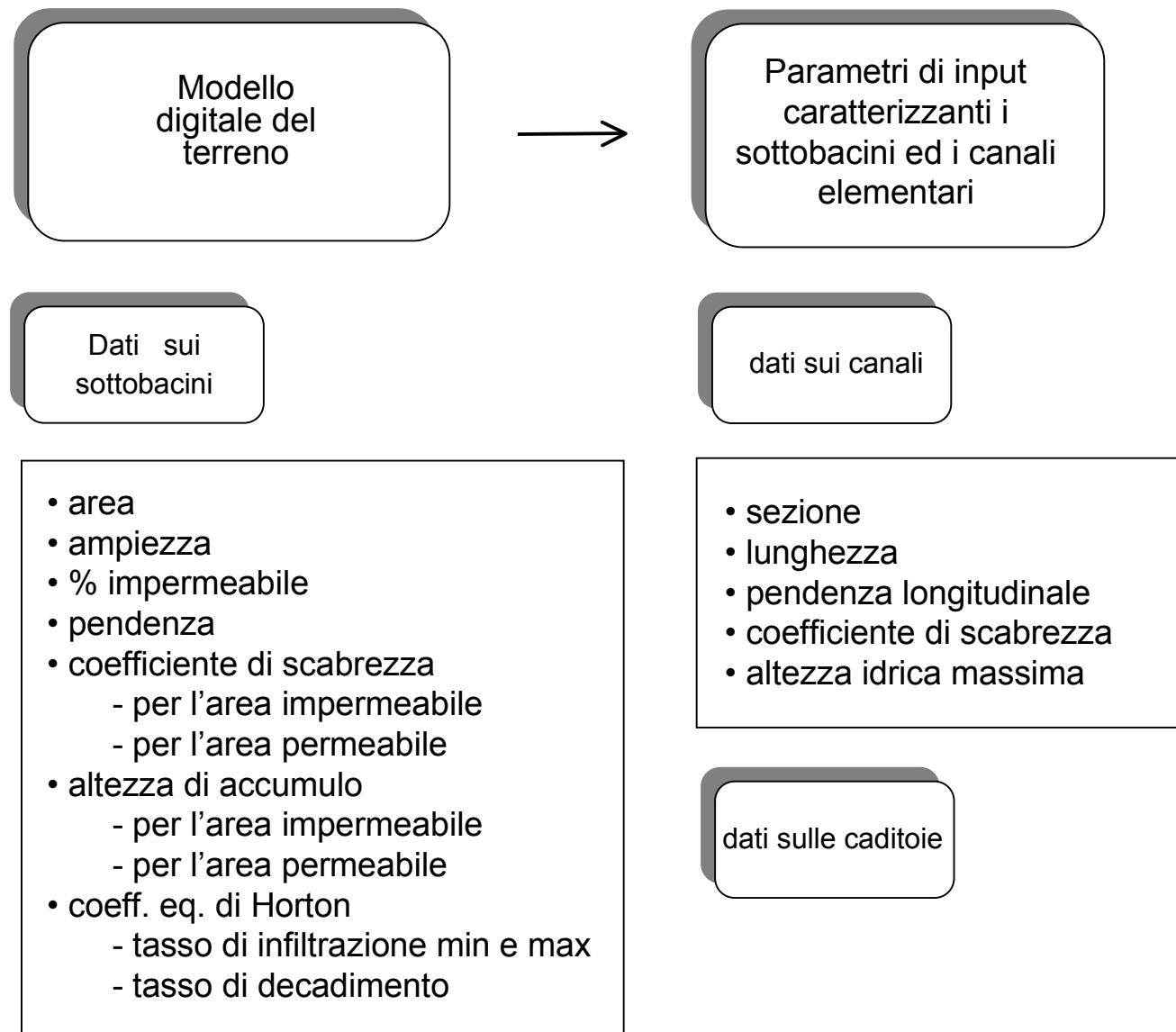
WASHPO è un coefficiente.



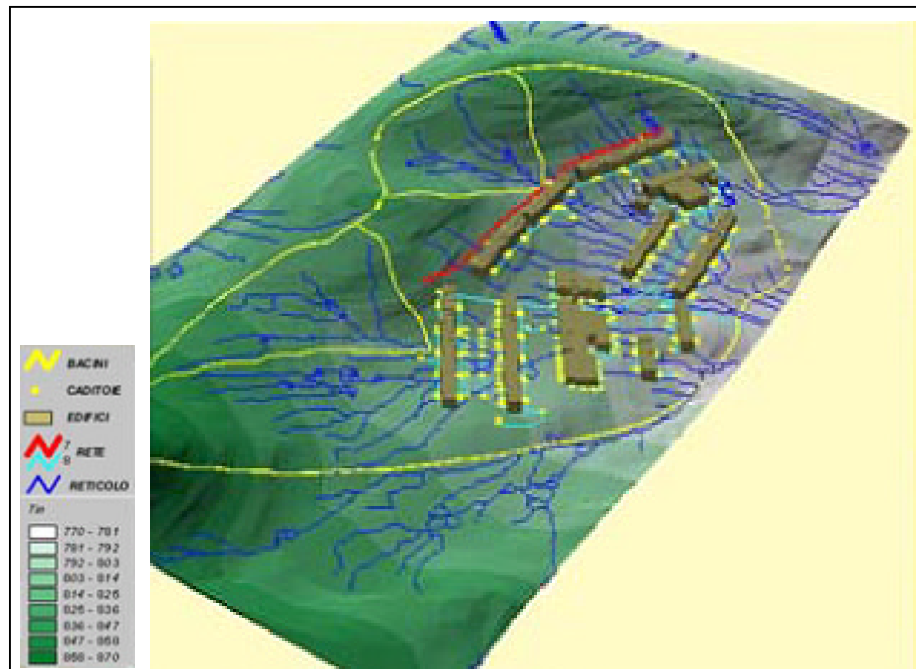
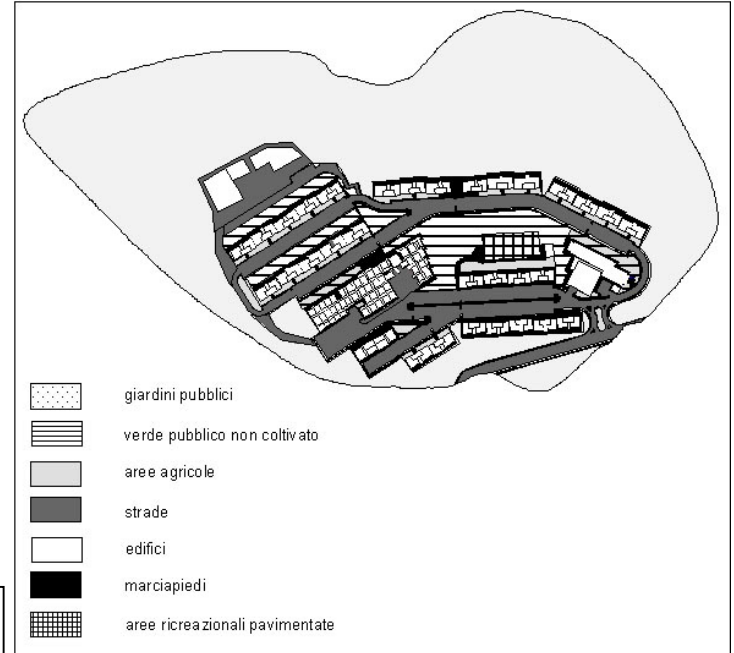
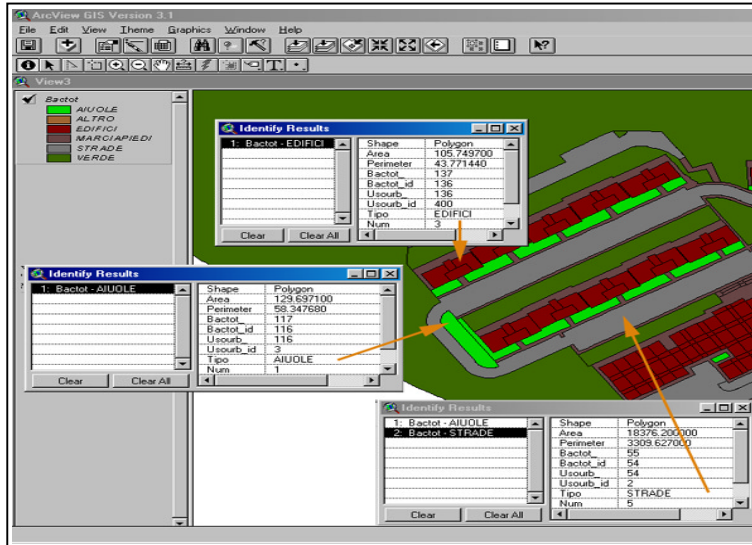
$$\text{concentrazione } c(t) = (dM_{br}/dt) / Q(t) = (R_{COEFF} / A_b) * r(t)^{WASHPO-1} * M(t^*)]$$

**IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO
MEDIANTE SISTEMI GEOGRAFICI INFORMATIVI**

implementazione della fase di input dei dati mediante ausilio di GIS



Bacino sperimentale di "Malvaccaro": mappa di uso del suolo

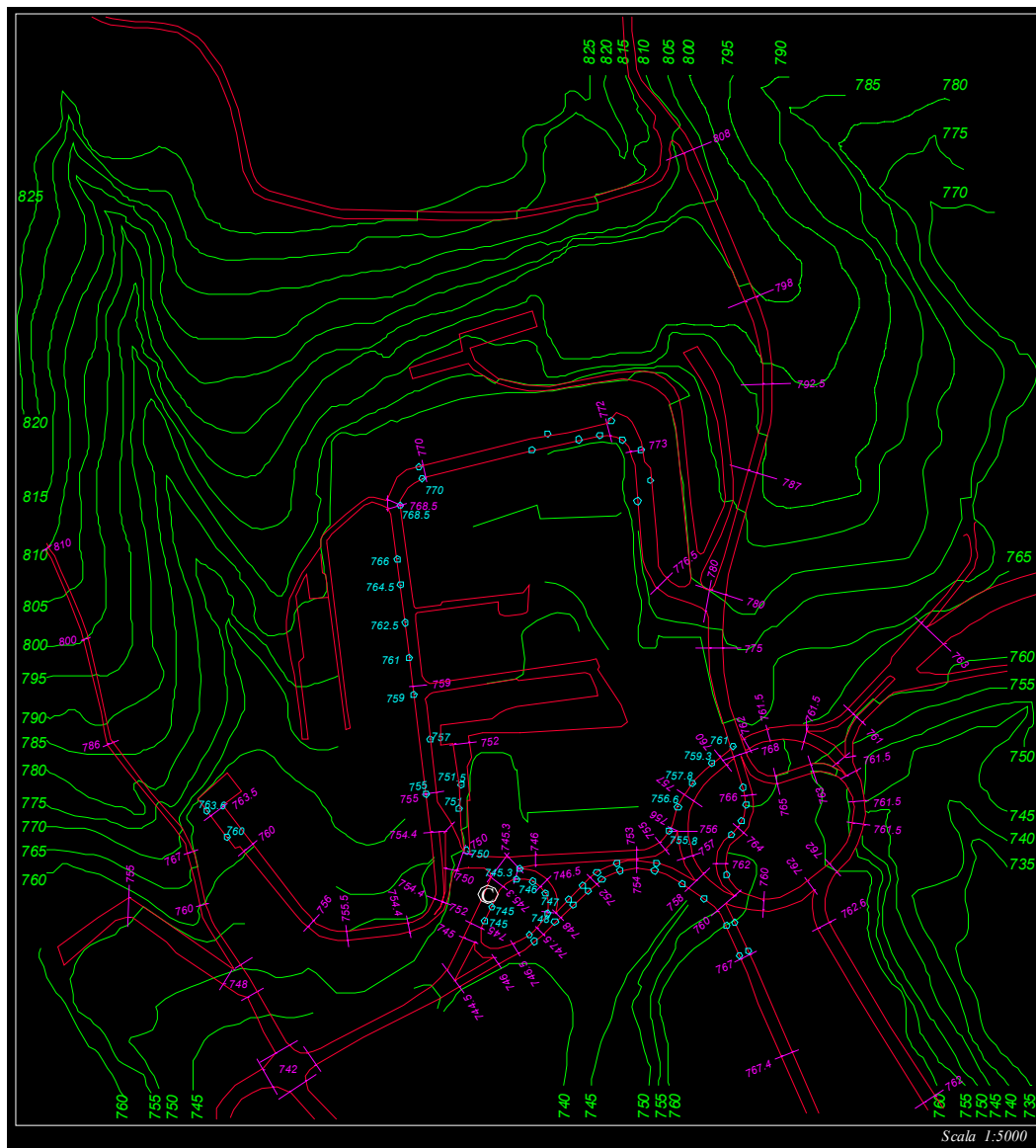


L'area urbanizzata è completamente adibita ad uso residenziale

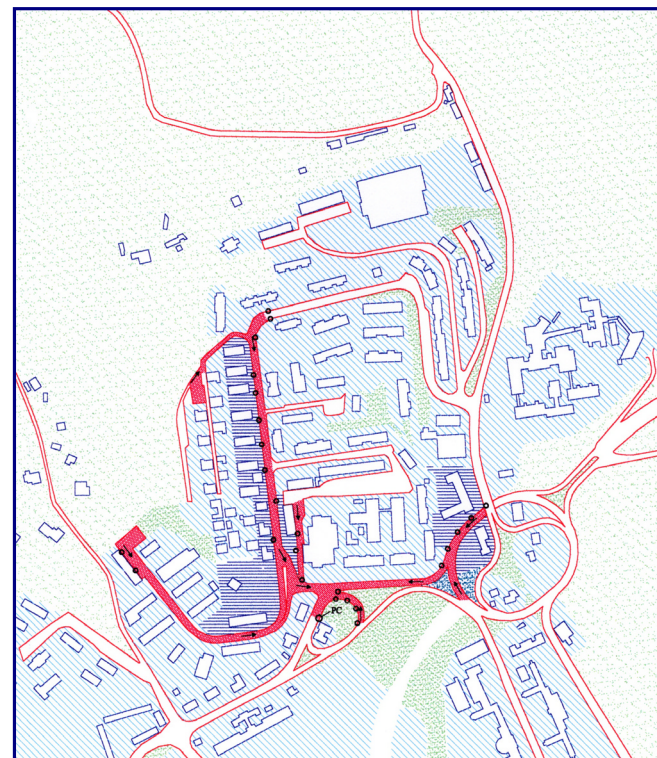
- popolazione 1500 abitanti
- l'altitudine tra 770 and 870 m.s.l.m.
- i collettori della rete di fognature della acque pluviali sono costituiti da tubi in PVC di sezione circolare e diametro di 500 mm.

- superficie complessiva 18 ha
- superficie dell'area urbanizzata 6.28 ha
- superficie ad uso:
 - stradale 2.45 ha
 - edifici 2.06 ha
 - marciapiedi 1.06 ha
 - giardini 0.53 ha

area urbano di "Parco Aurora": modello digitale del terreno e carta di uso del suolo



- (C) punto di campionamento
 ○ caditoie della rete di fognatura pluviale



- caditoie della rete di fognatura pluviale
 ■ superfici stradali che danno contributo al deflusso in PC
AREE URBANIZZATE
 ■ aree edificate a destinazione d'uso residenziale e pubblico
 ■ aree edificate a destinazione d'uso residenziale e pubblico che danno contributo al deflusso in PC
AREE A VERDE
 ■ verde urbano
 ■ verde urbano (aree che danno contributo al deflusso in PC)
 ■ aree agricole

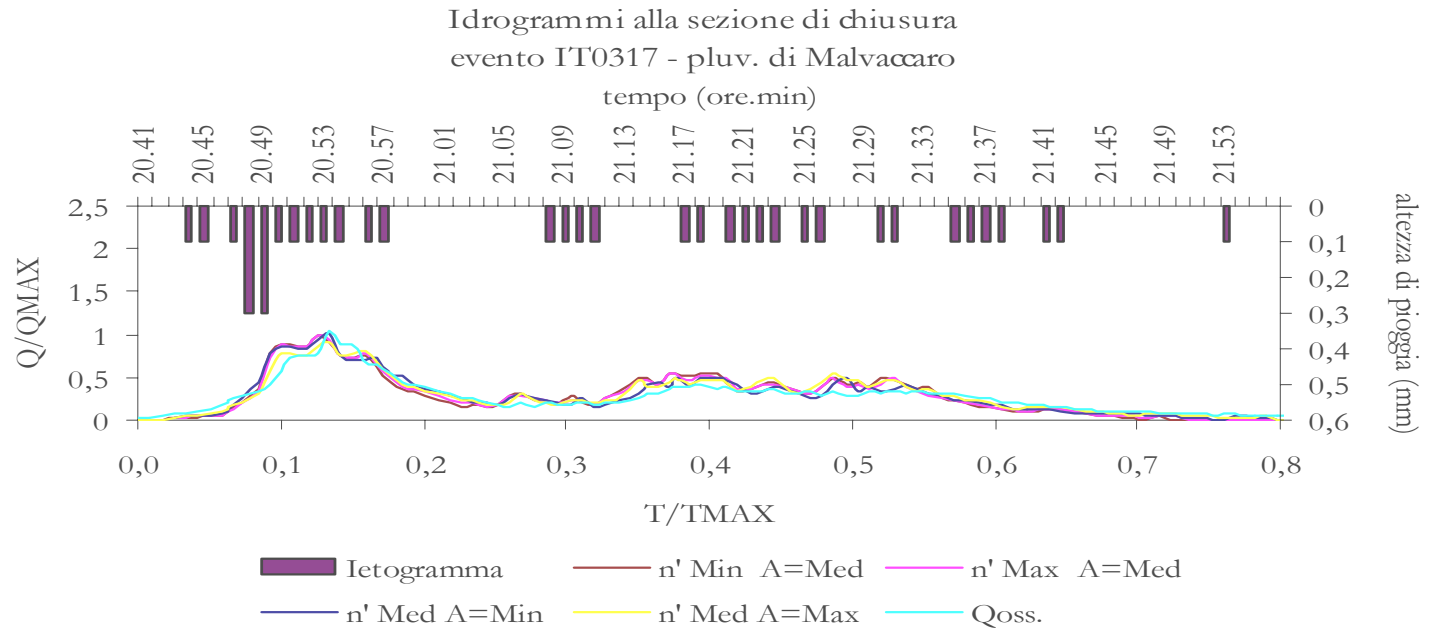
L'area urbanizzata è completamente adibita ad uso residenziale
 - l'altitudine tra 770 and 740 m.s.l.m.
 - superficie del bacino drenante 3.97 ha
 - superficie dell'area impermeabile 2.21 ha (55.7 % del totale)
 - superficie dell'area permeabile 1.76 ha
 - sviluppo totale dei canali di drenaggio 1590 m

SWMM, ANALISI DEI RISULTATI DEL MODULO IDRAULICO

SWMM: modulo idraulico

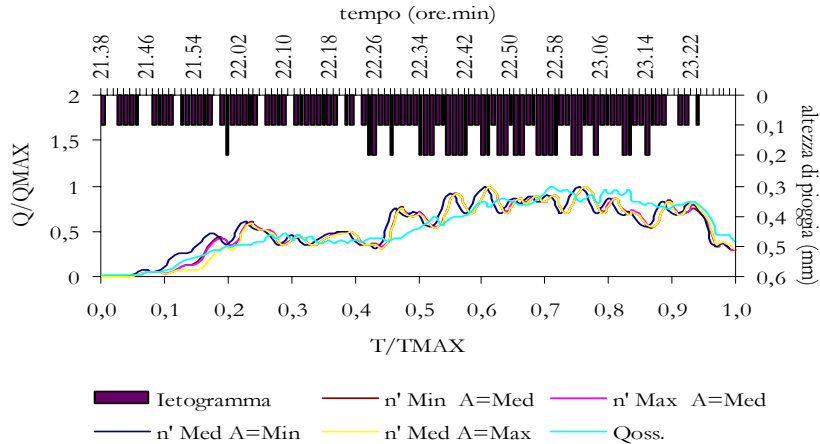
Coefficienti per il calcolo del deflusso	Coefficiente di scabrezza di Manning [10]		Altezze di accumulo delle depressioni [11]		Coefficienti dell'equazione di Horton [12]		
	aree impermeabili	aree permeabili	aree impermeabili	aree permeabili	f_0	f_c	k
Denominazione nel modello	IMP'n'	PER'n'	ISTORE	PSTORE	COEFF1	COEFF2	COEFF3
Tipologia del sottobacino	$\frac{m^{-1/3}}{sec}$	$\frac{m^{-1/3}}{sec}$	[mm]	[mm]	[mm/h]	[mm/h]	[sec ⁻¹]
Agricola	----	0.025	----	0.8 - 5	200	12.7	0.00056
Coperture	0.01 - 0.011	----	0.4 - 0.9	----	76	2.5	0.00056
Terreno	----	0.025 - 0.030	----	2.7 - 6	250	25.4	0.00056
Strade	0.0117-0.0143	----	0.7 - 1.2	----	80	3	0.00056
Giardini	----	0.018 - 0.025	----	0.8 - 4.5	125	6.3	0.00056

SWMM: modulo idraulico

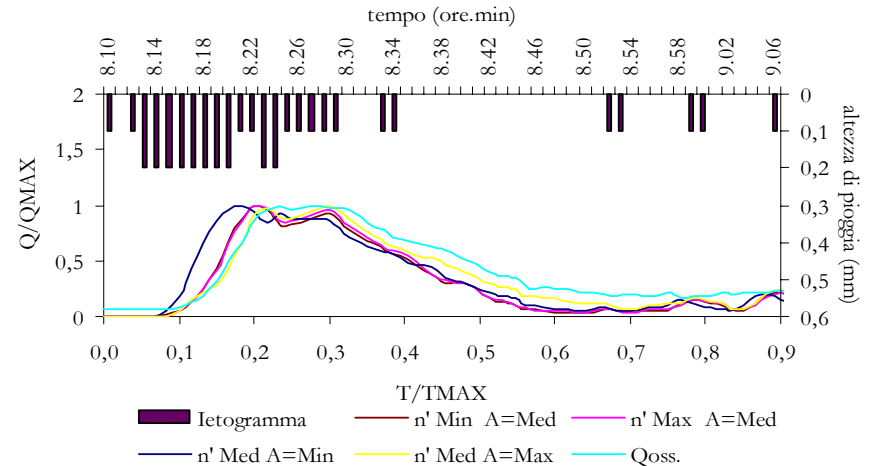


SWMM: modulo idraulico

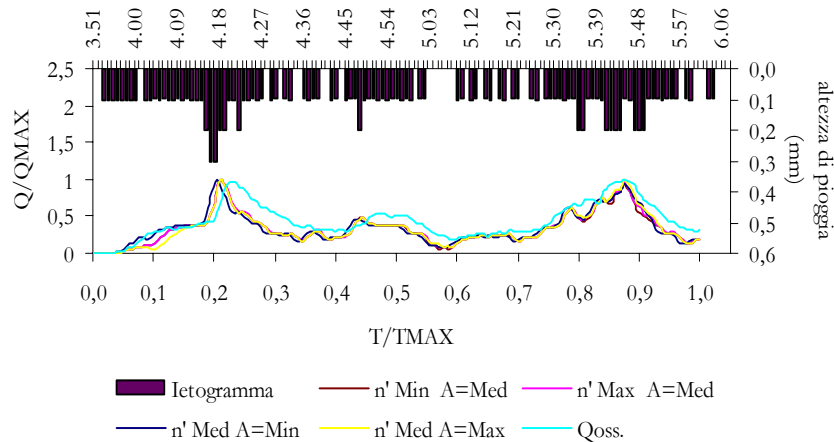
Idrogramma alla sezione di chiusura
evento IT0311 - pluv. Di Malvaccaro



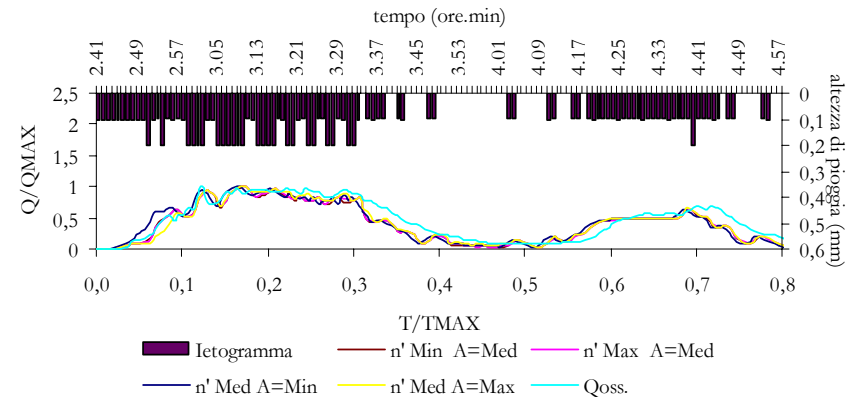
Idrogrammi alla sezione di chiusura
evento IT0314 - pluv. di Malvaccaro



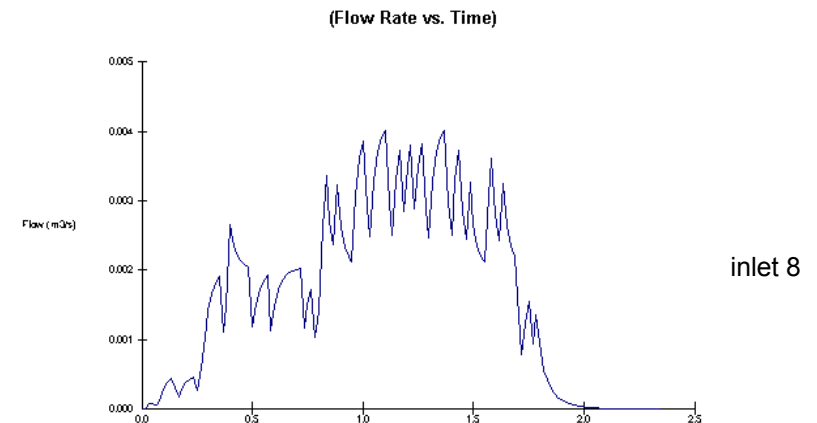
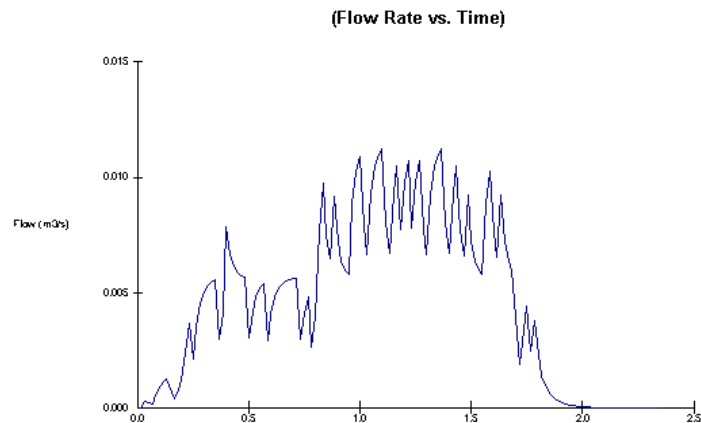
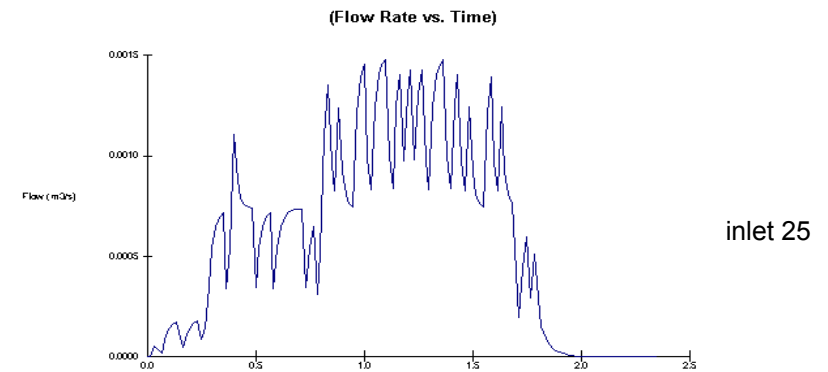
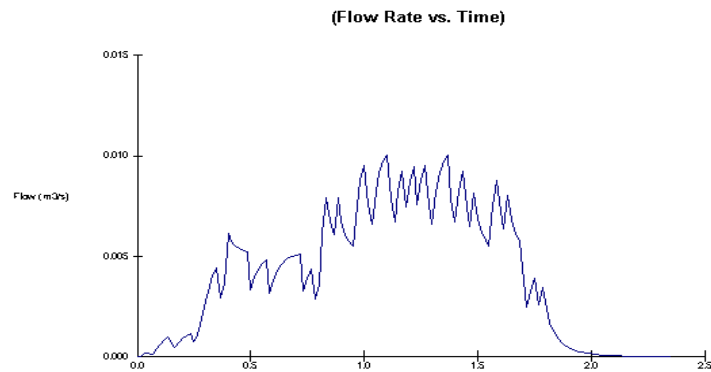
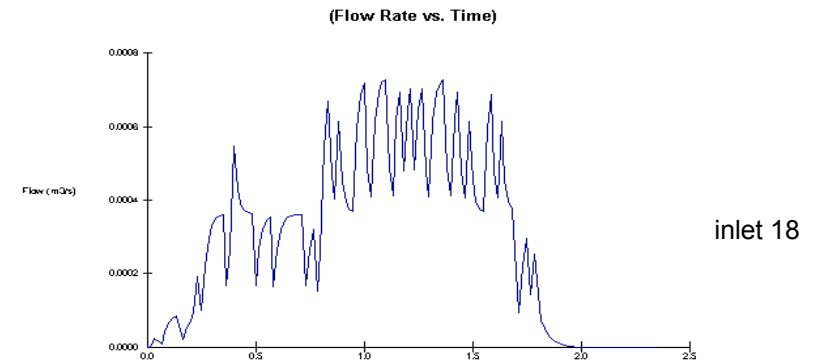
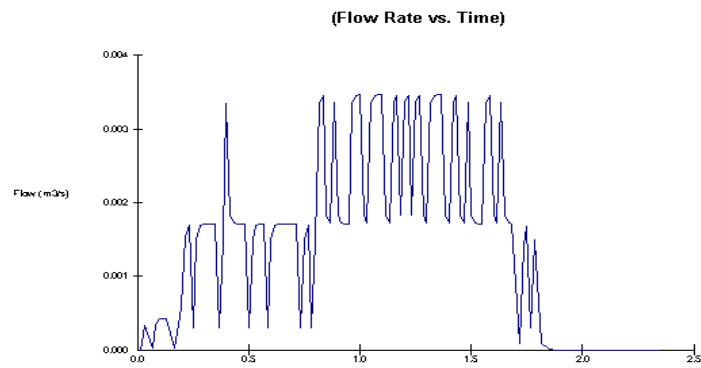
Idrogrammi alla sezione di chiusura
evento IT0315 - pluv. di Malvaccaro



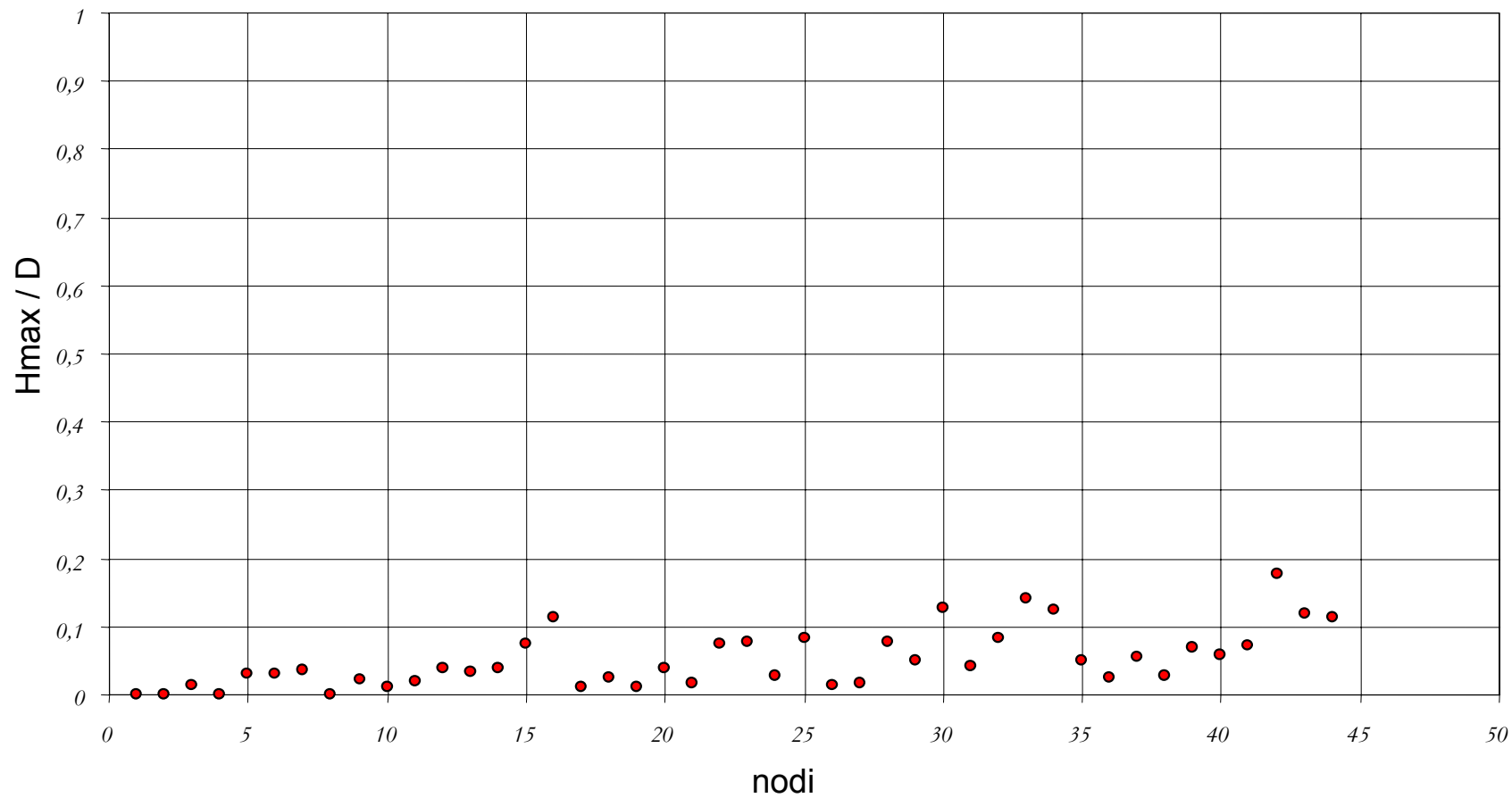
Idrogrammi alla sezione di chiusura
evento IT0316 - pluv. di Malvaccaro



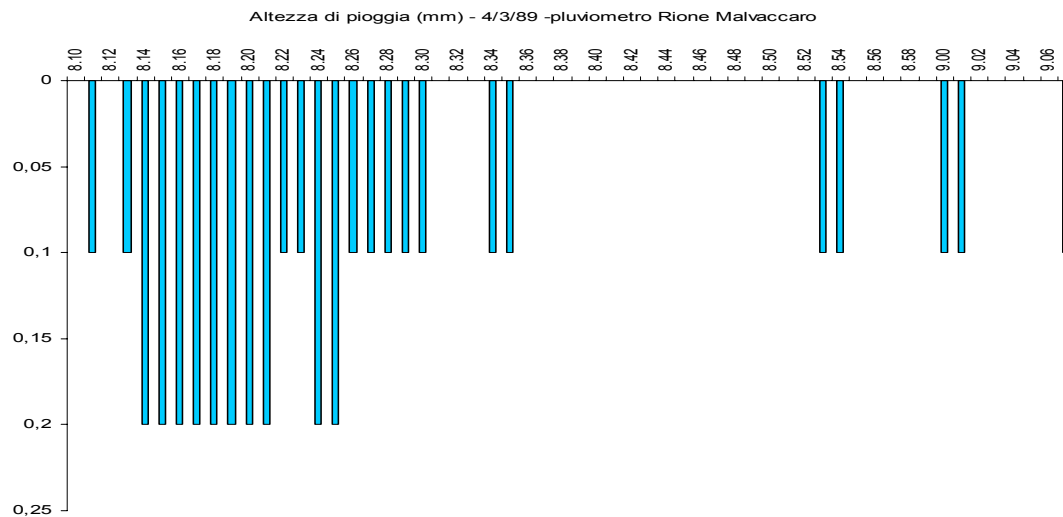
SWMM: simulazione del deflusso superficiale nelle sezioni di calcolo durante l'evento IT0311



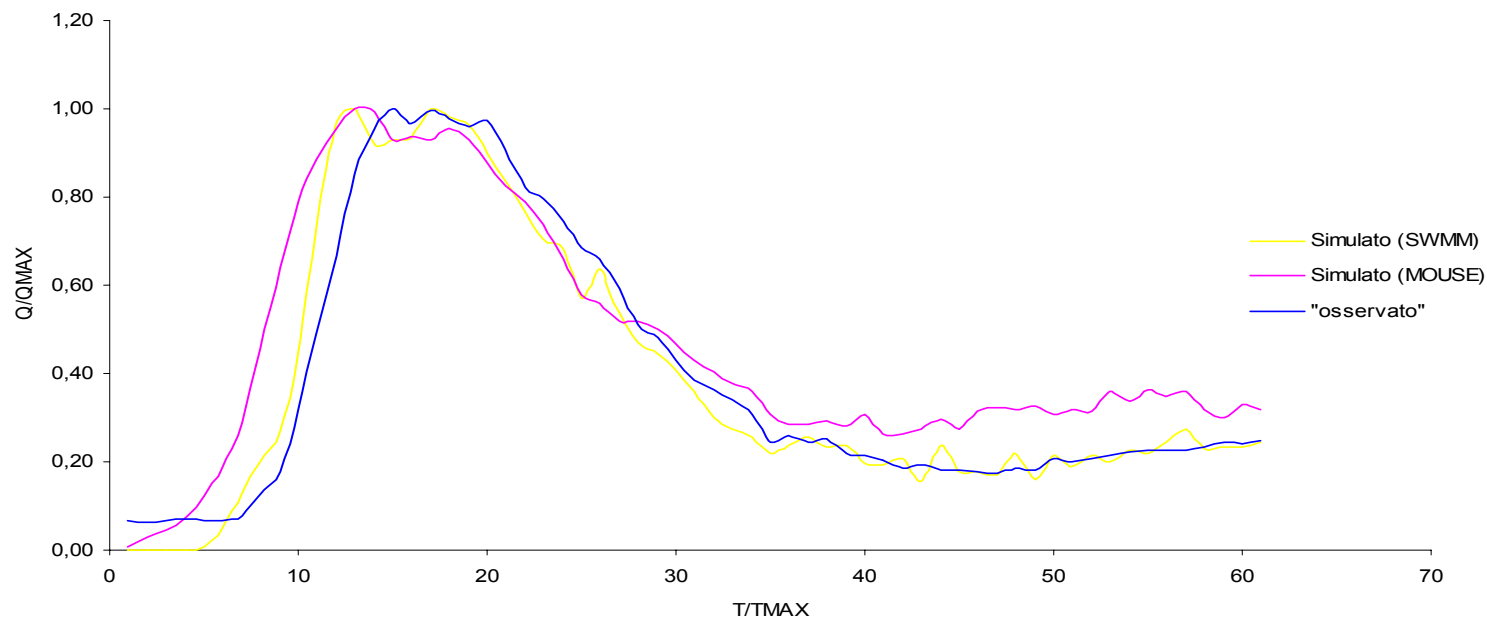
SWMM: massimi tiranti idrici adimensionalizzati rispetto al diametro durante l'evento IT0311



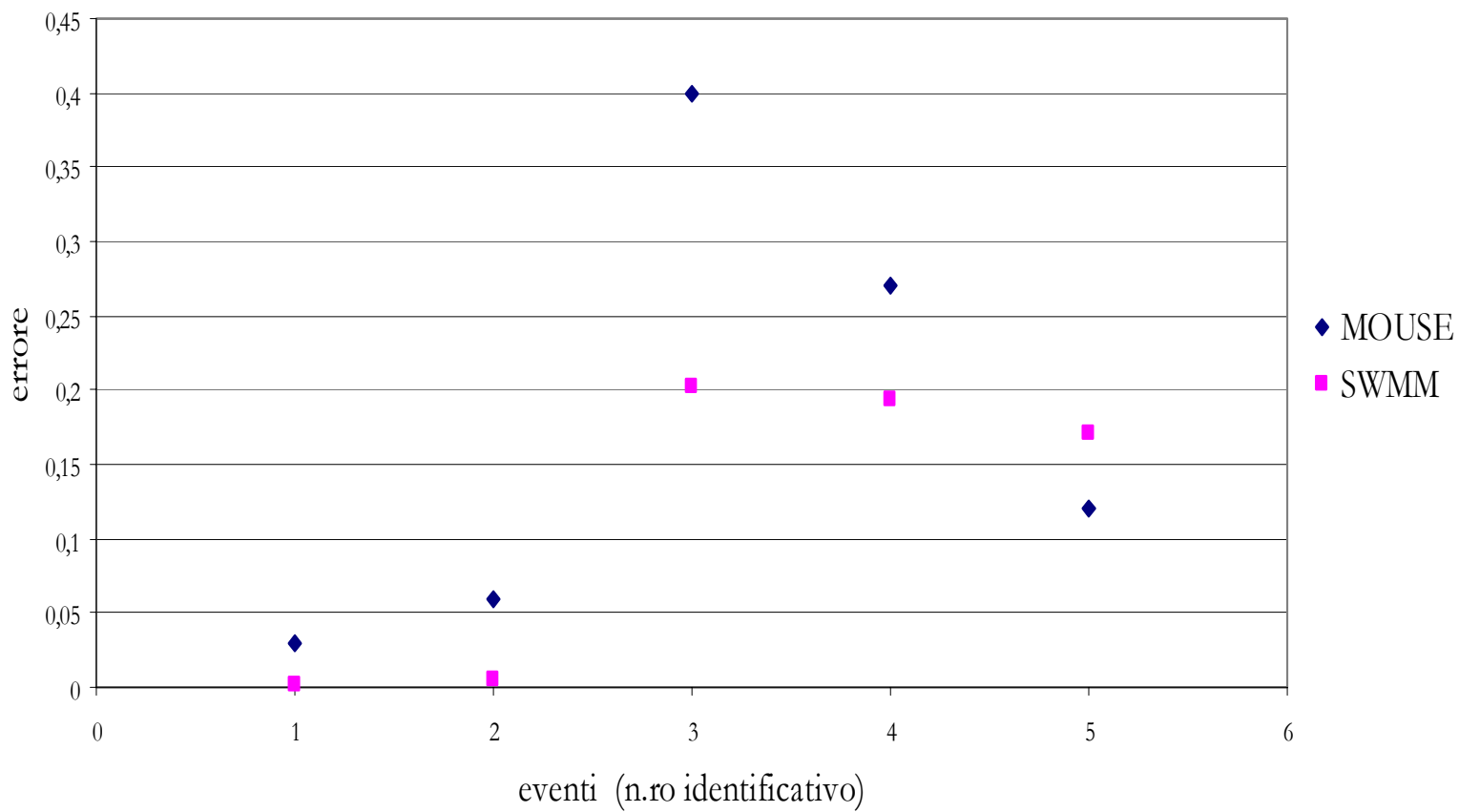
Confronto delle prestazioni dei codici di calcolo SWMM (U.S.E.P.A.) e MOUSE (Danish Institute)



IDROGRAMMA ALLA SEZIONE DI CHIUSURA
(CONDOTTA: N - FINE)



Confronto delle prestazioni dei codici di calcolo SWMM e MOUSE: valori di portata massima



***SWMM*, ANALISI DEI RISULTATI DEL MODULO DI QUALITA'**

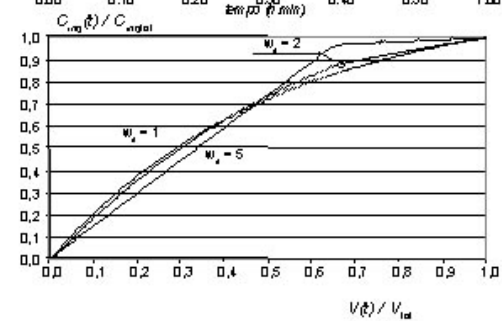
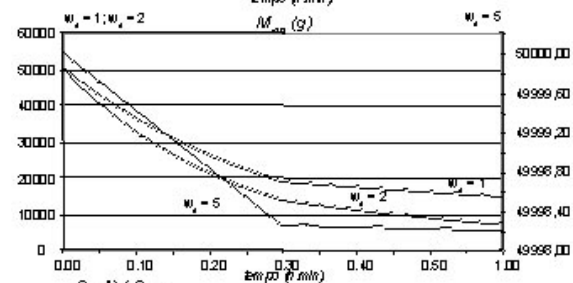
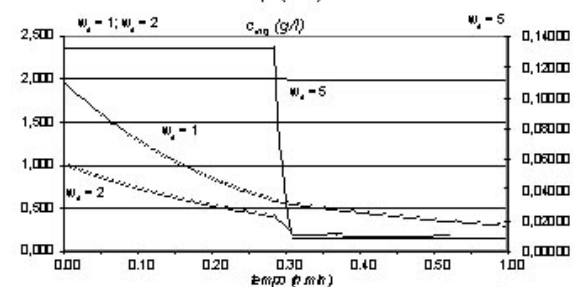
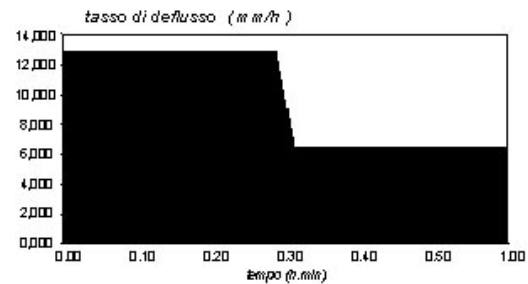
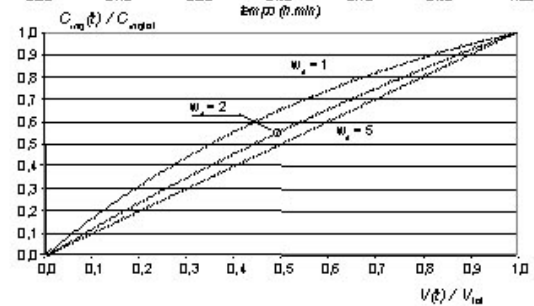
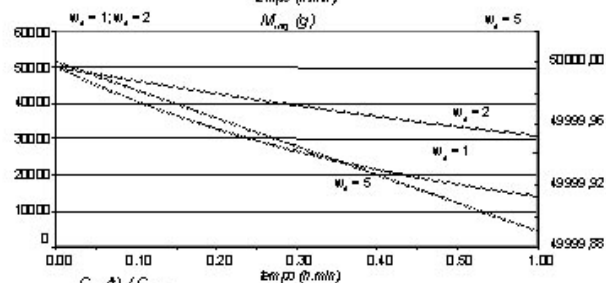
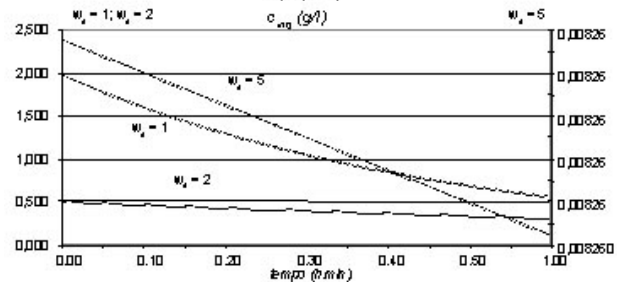
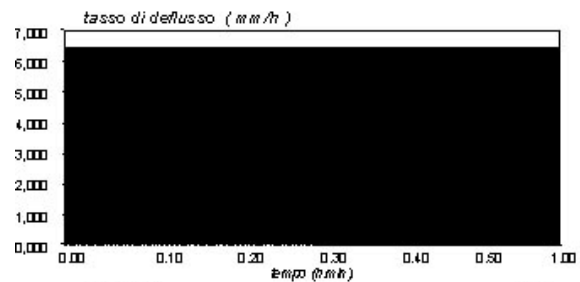
ANALISI DI FUNZIONAMENTO DEL MODELLO

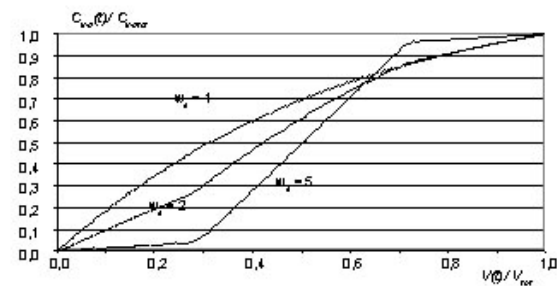
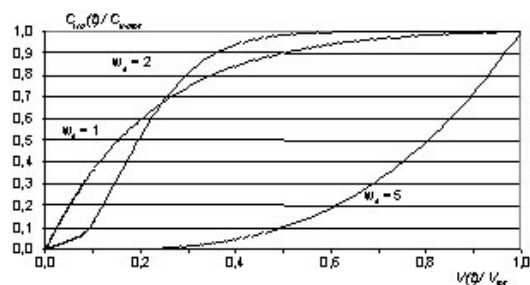
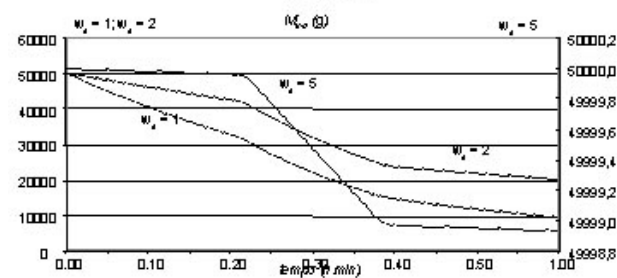
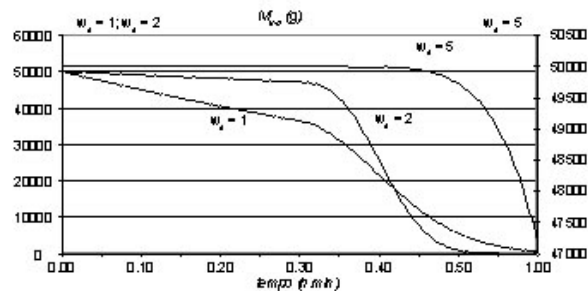
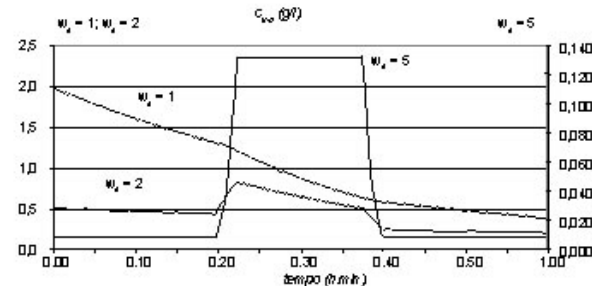
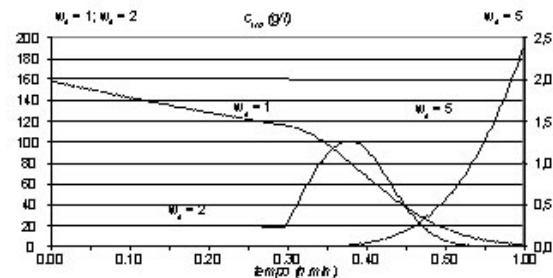
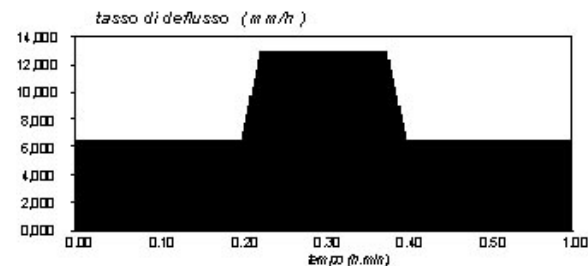
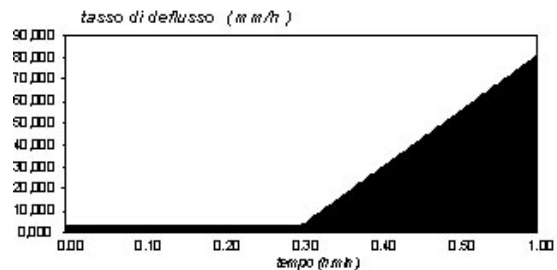
carico superficiale del generico inquinante	100	kg/ha
area del bacino drenante	0,5	ha

valori dei coefficienti

$$R_d = 5^{w_d} h^{-1}$$

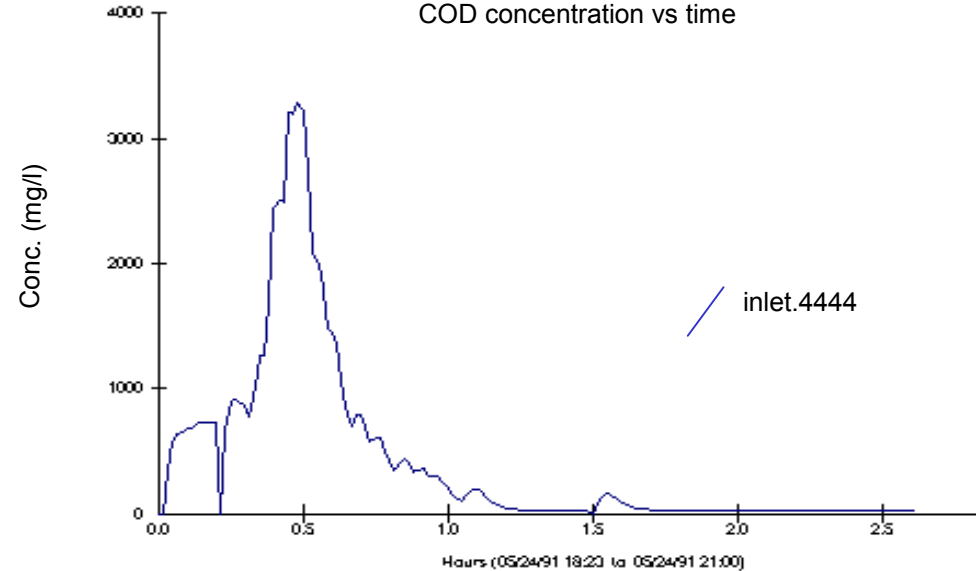
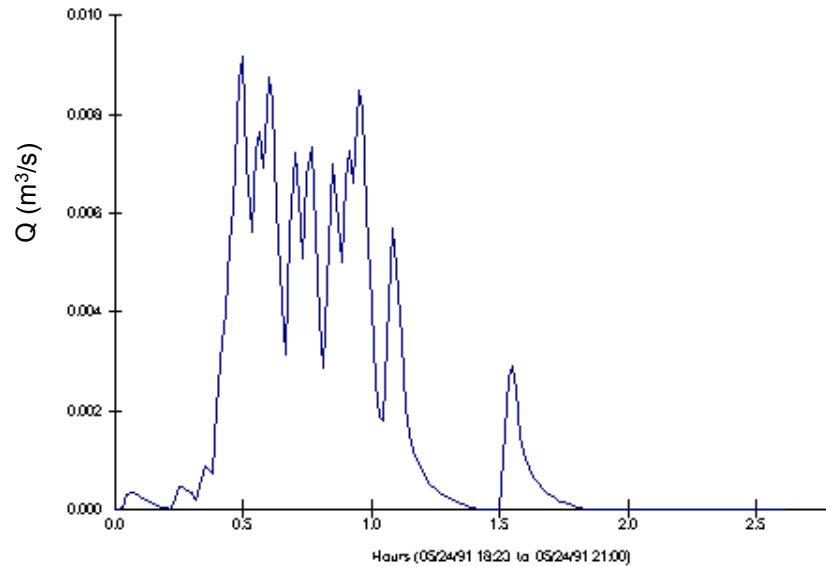
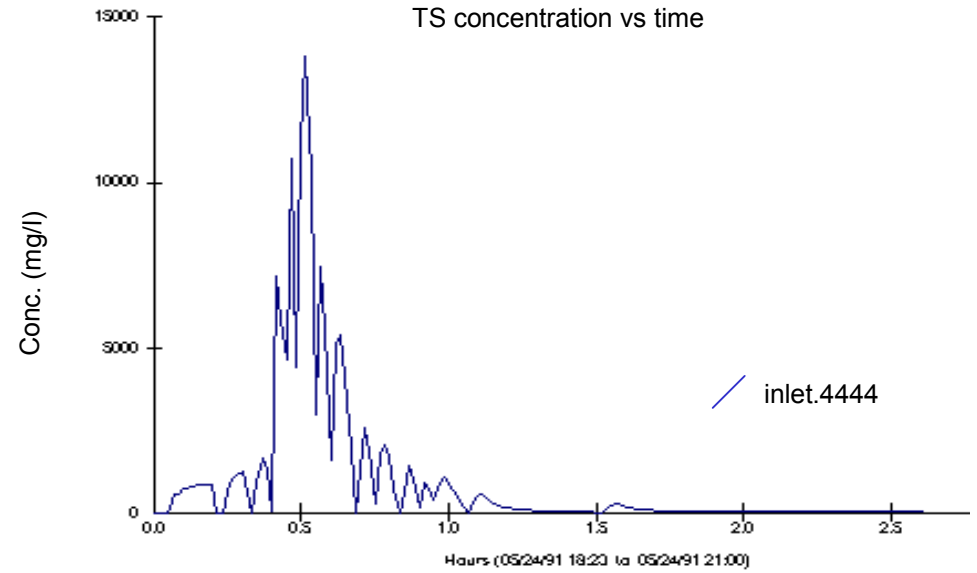
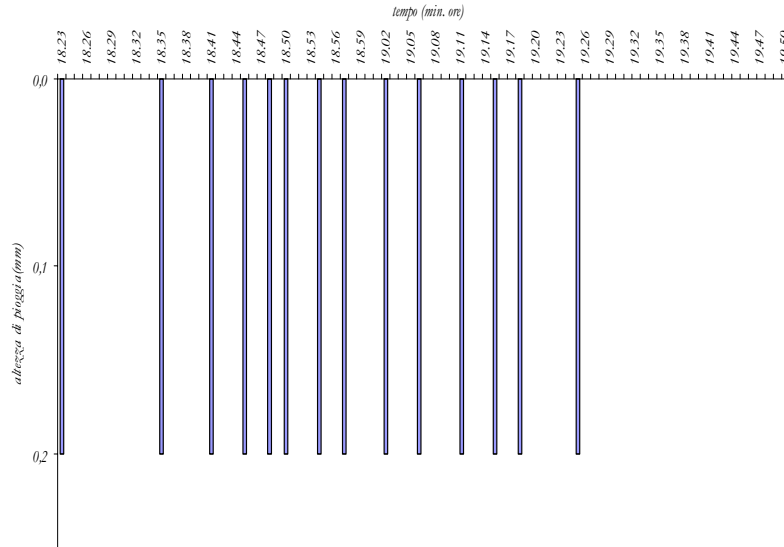
$$w_d = 1, 2, 5.$$





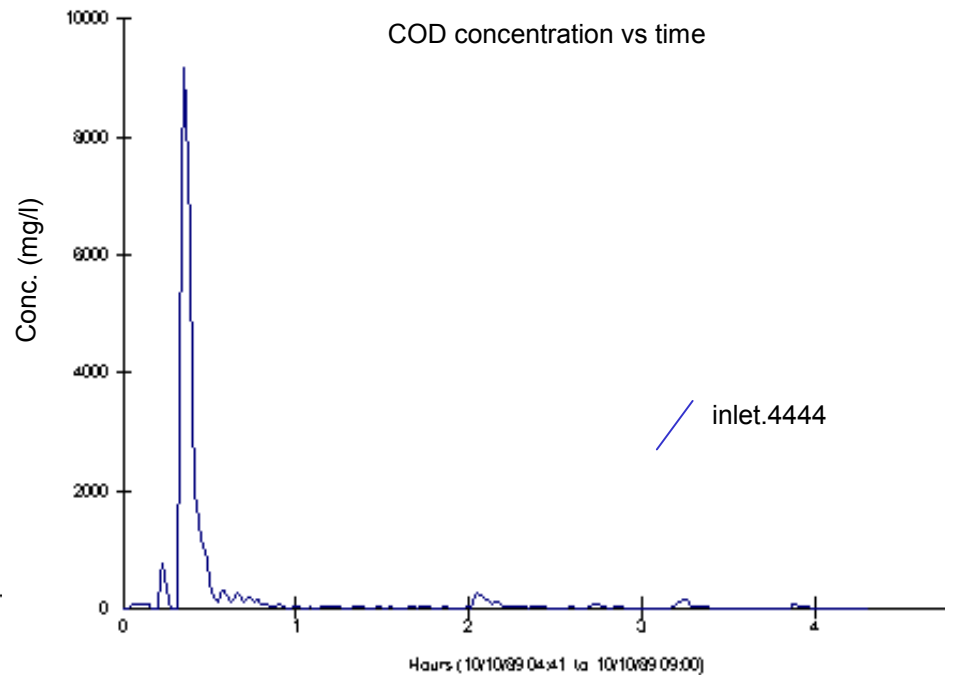
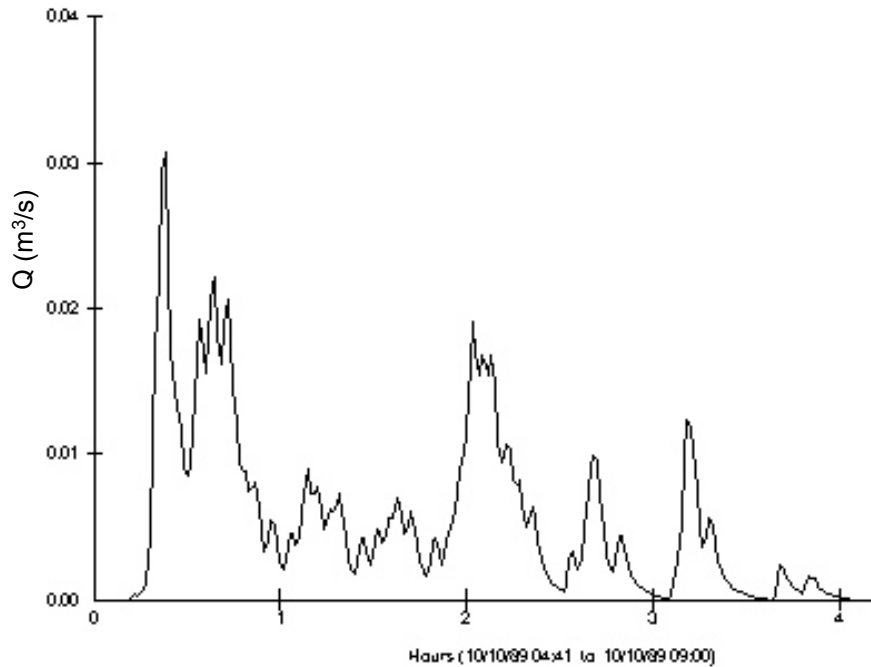
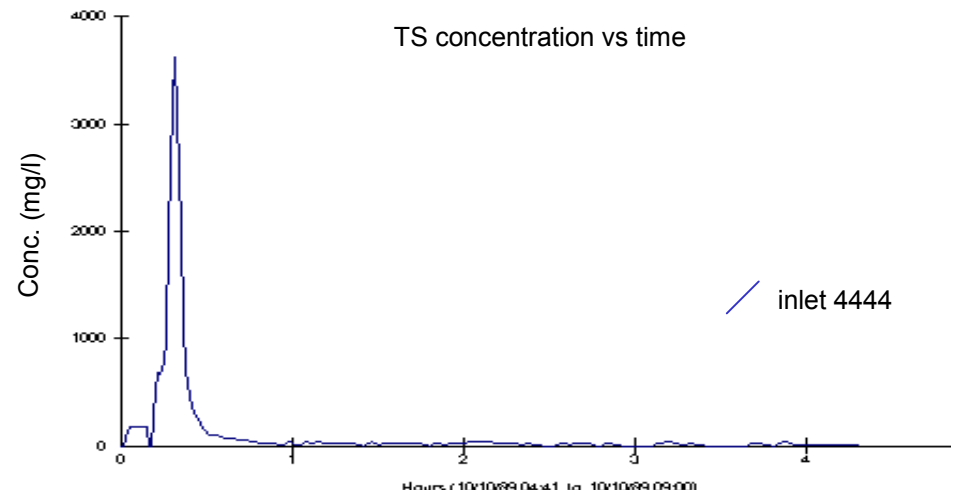
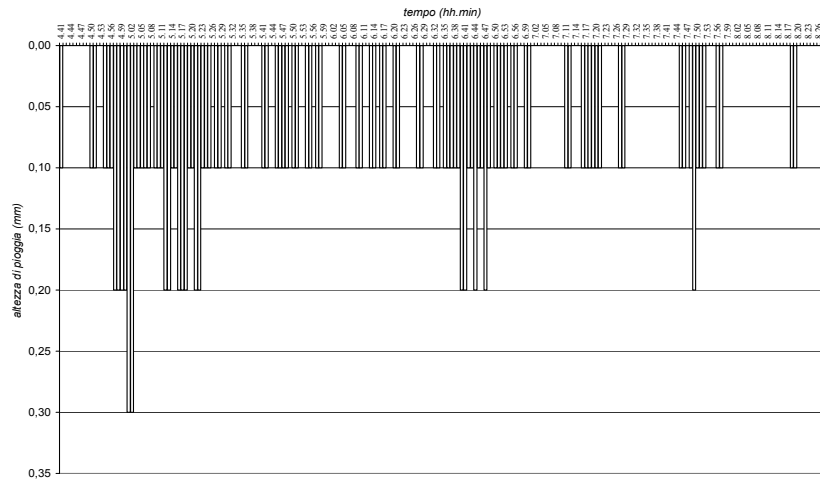
SWMM: modulo di qualità

evento MA-DQ07, sezione n.ro 4444



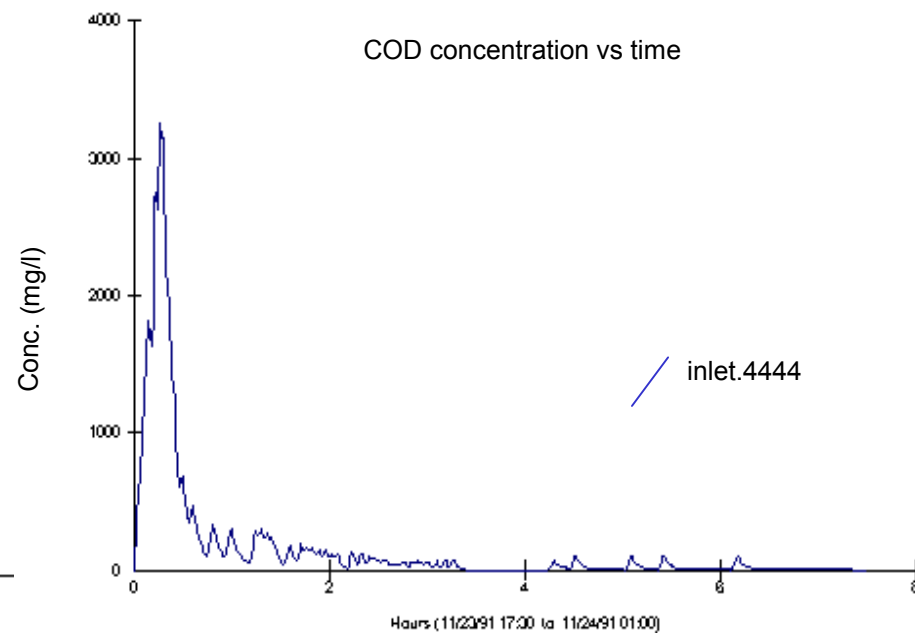
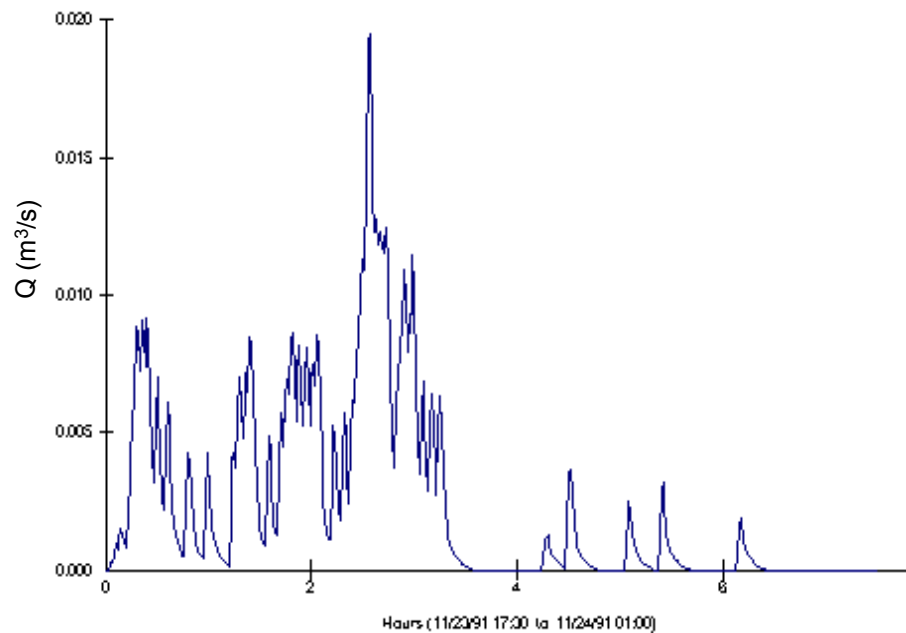
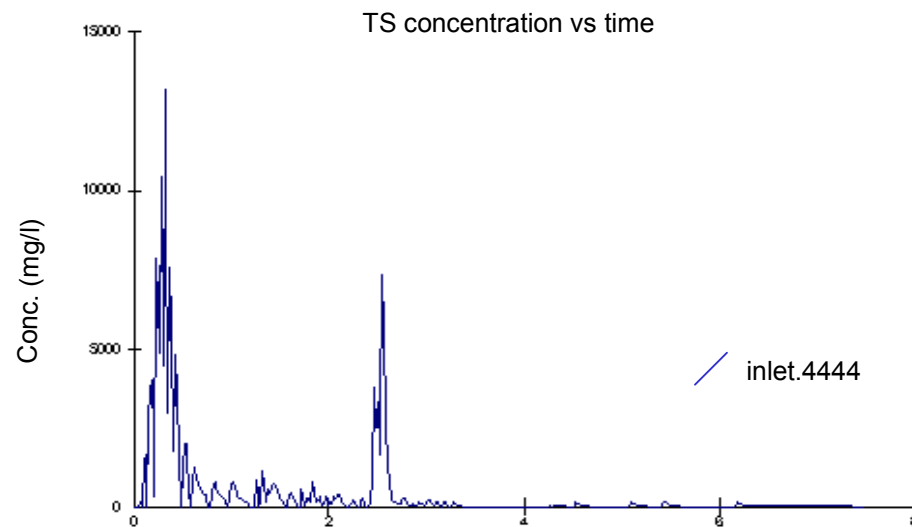
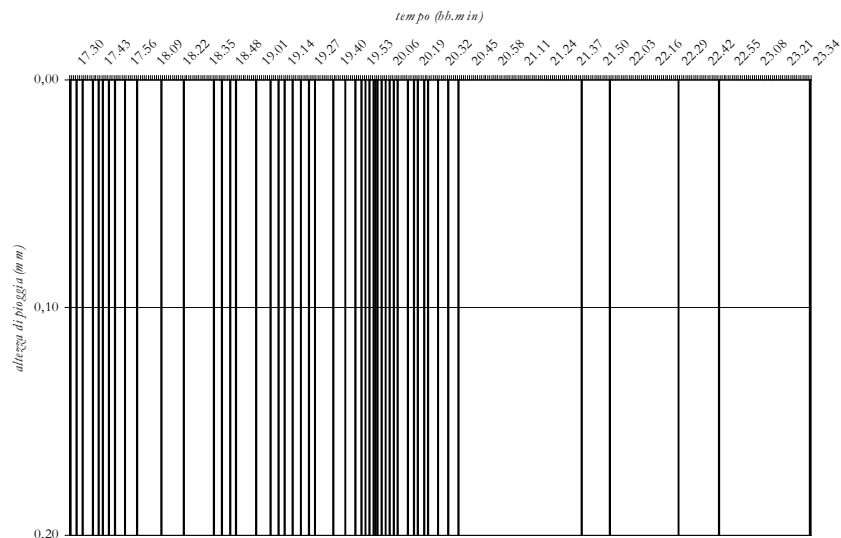
SWMM: modulo di qualità

evento MA-DQ03, sezione n.ro 4444



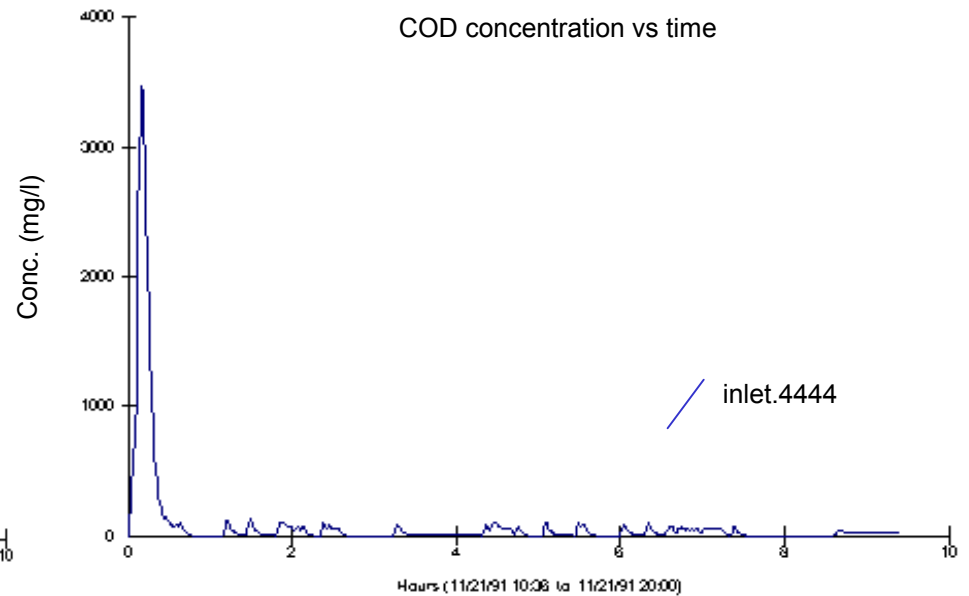
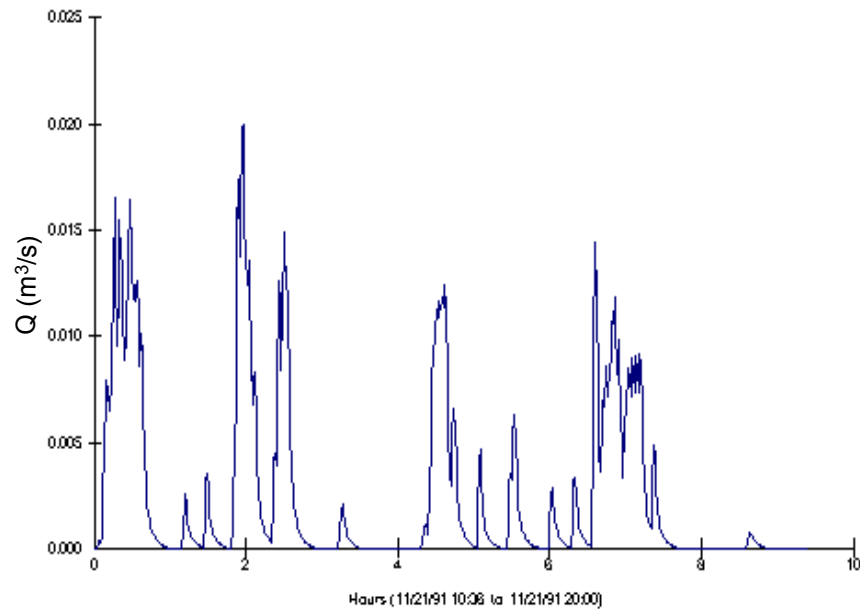
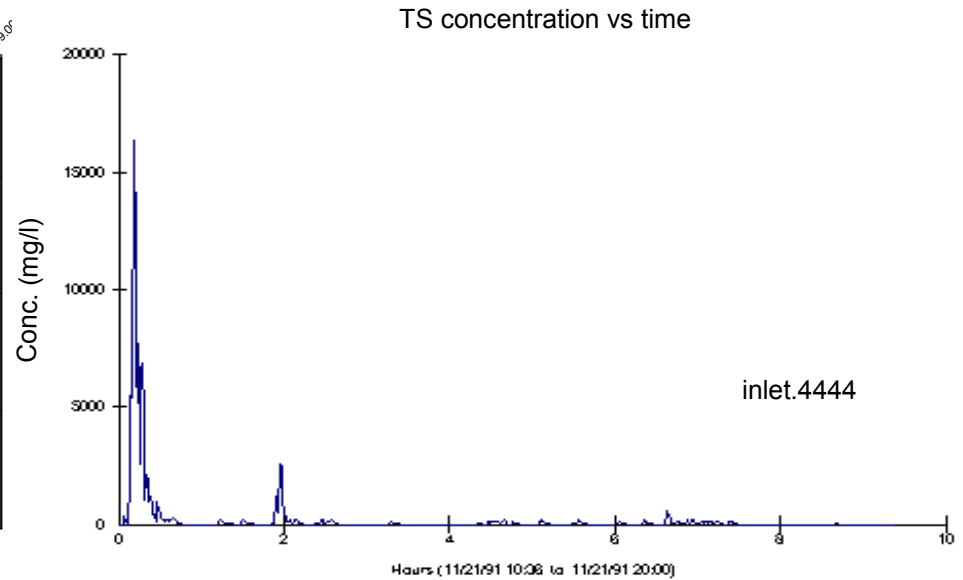
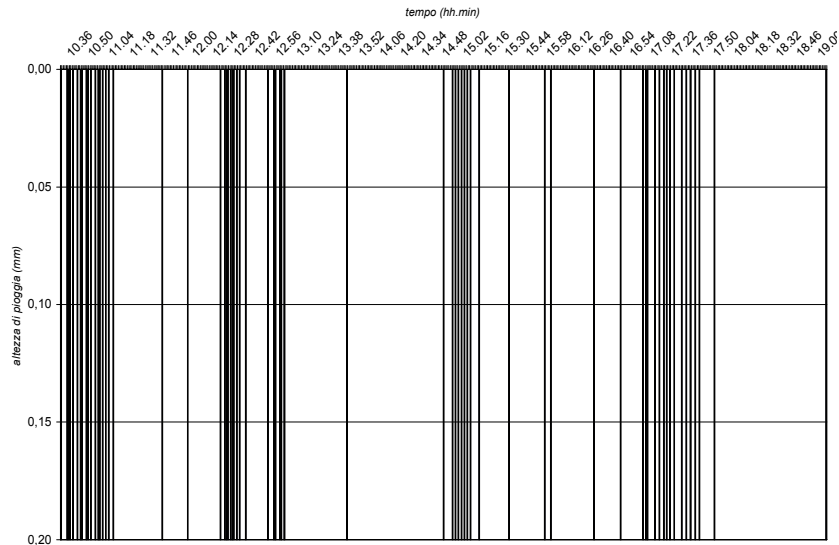
SWMM: modulo di qualità

evento MA-DQ09, sezione n.ro 4444



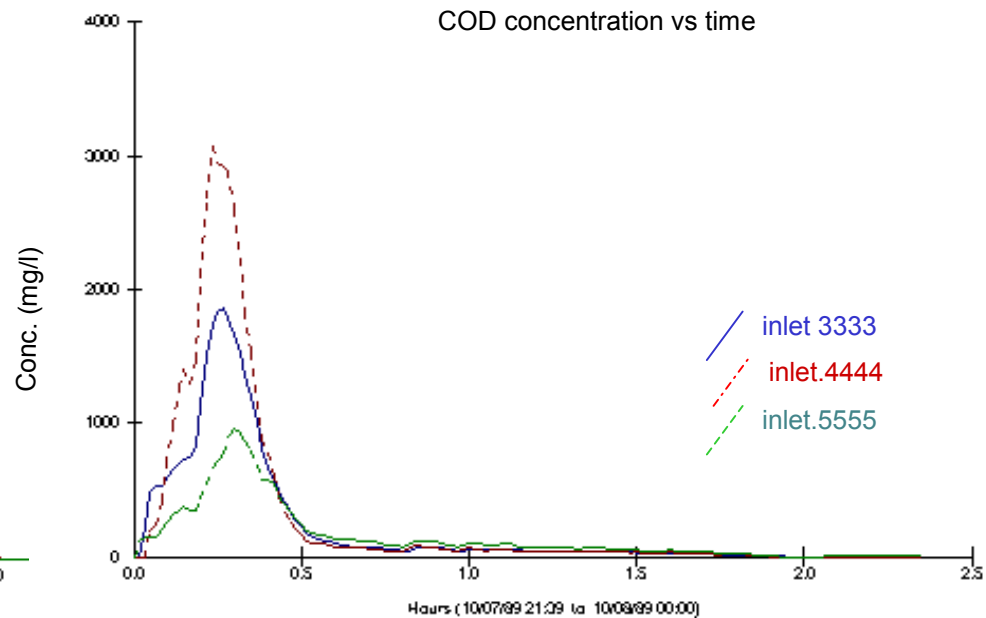
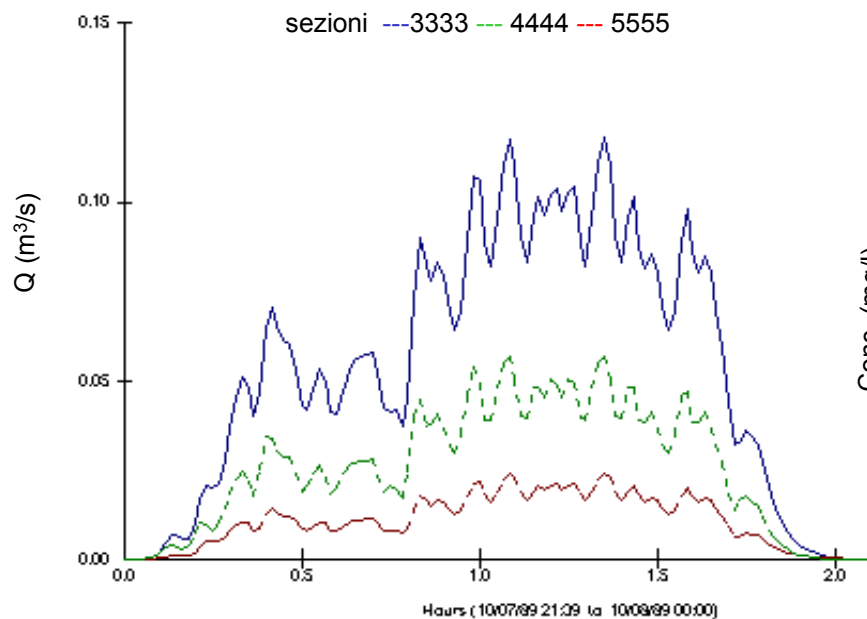
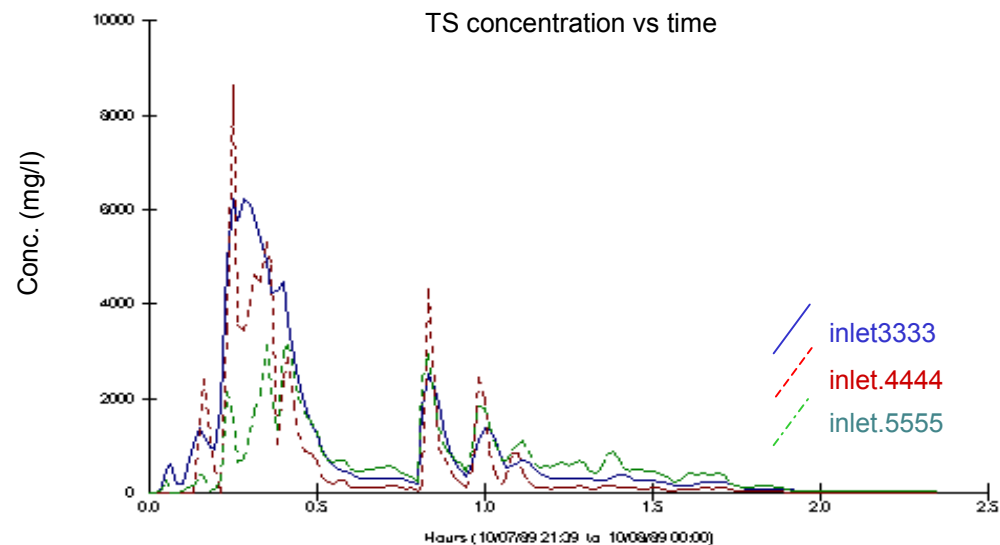
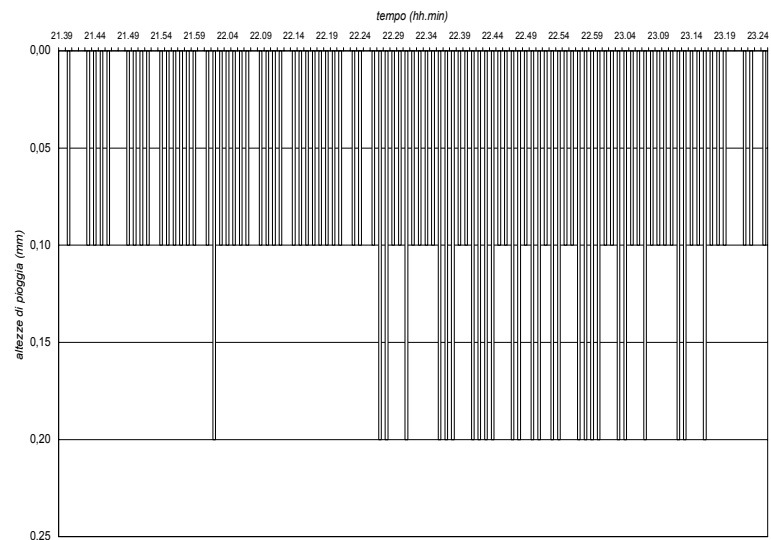
SWMM: modulo di qualità

evento MA- DQ08, sezione n.ro 4444



SWMM: modulo di qualità

evento IT0311, sezioni n. 3333, n. 4444, n. 5555



**VALUTAZIONE DEI CARICHI INQUINANTI NEL
BACINO URBANO DI PARCO AURORA**

Fattori di calcolo del processo di accumulo degli inquinanti

Fattori di calcolo della funzione di accumulo dei parametri inquinanti

Parameters	units	Type of buildup calculations	Dependence of buildup	Buildup parameters		
				QFACT(1)	QFACT(2)	QFACT(3)
ST-A	mg/l	<i>exponential</i>	<i>f(area)</i>	4	0,9	1
COD-A	mg/l	<i>exponential</i>	<i>f(area)</i>	3	0,8	1
ST-B	mg/l	<i>DD fraction</i>	<i>f(area)</i>	4	0,9	1
COD-B	mg/l	<i>DD fraction</i>	<i>f(area)</i>	3	0,8	1
DD	mg/l	<i>exponential</i>	<i>f(area)</i>	10	0,9	1

Tempo secco precedente all'evento (dry days prior to start of storm)

event	DRYDAY (day)
PA-DQ02	1
PA-DQ03	14

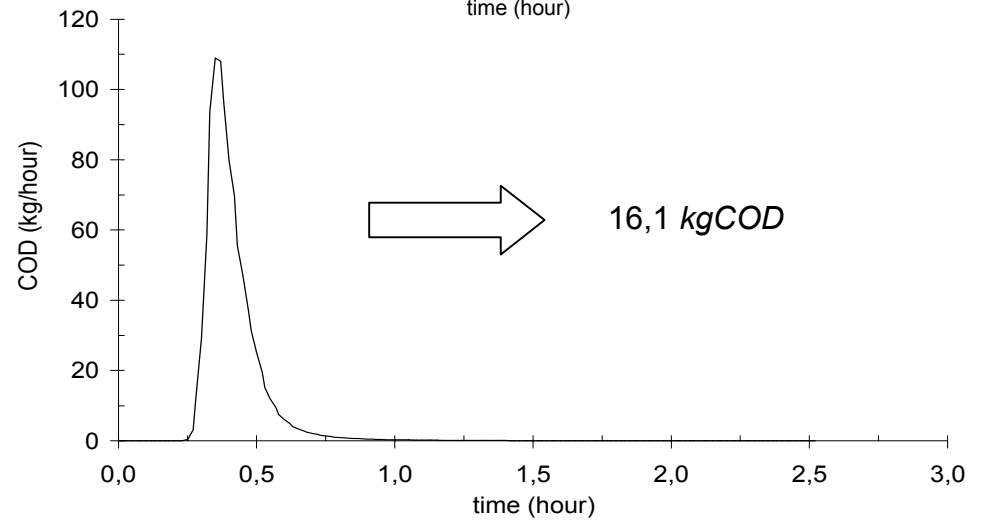
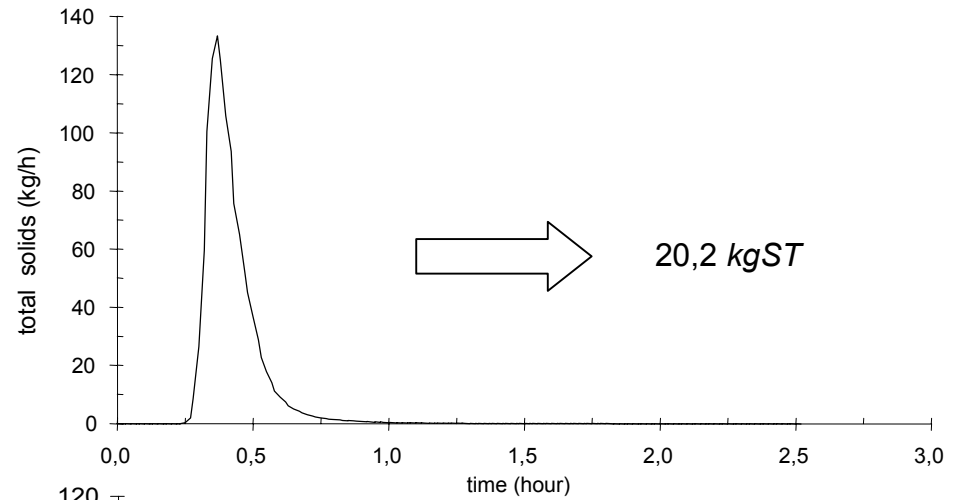
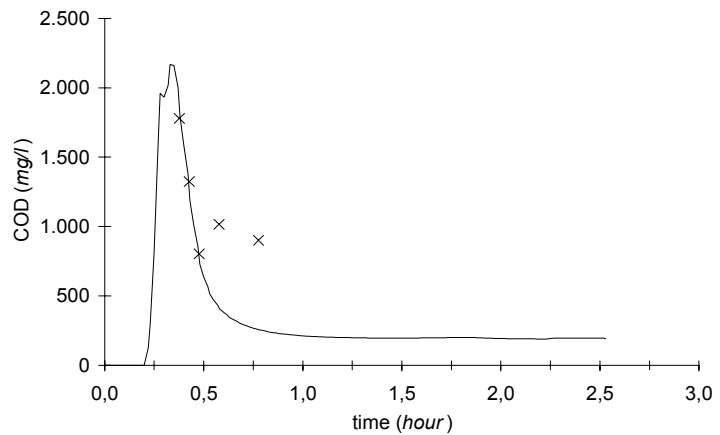
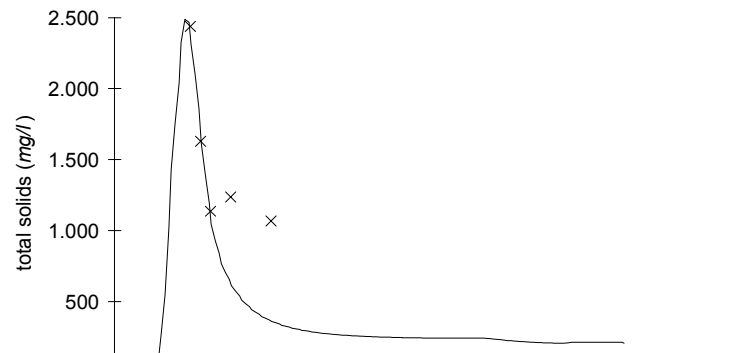
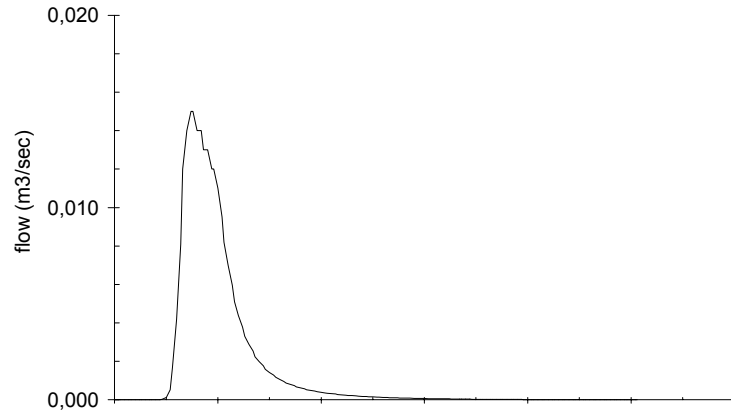
Fattori della funzione di accumulo del parametro DD (opzione "DD FRACTION")

Land use	Equation	Type functional	Parameter builduo		
LNAME	METHOD	JACGUT	DDLIM	DDPOW	DDFACT
RESIDENZE	Power-linear	F(area)	3	2	1
STRADE	Power-linear	F(area)	5	1	1
PARCHI	Power-linear	F(area)	10	3	1

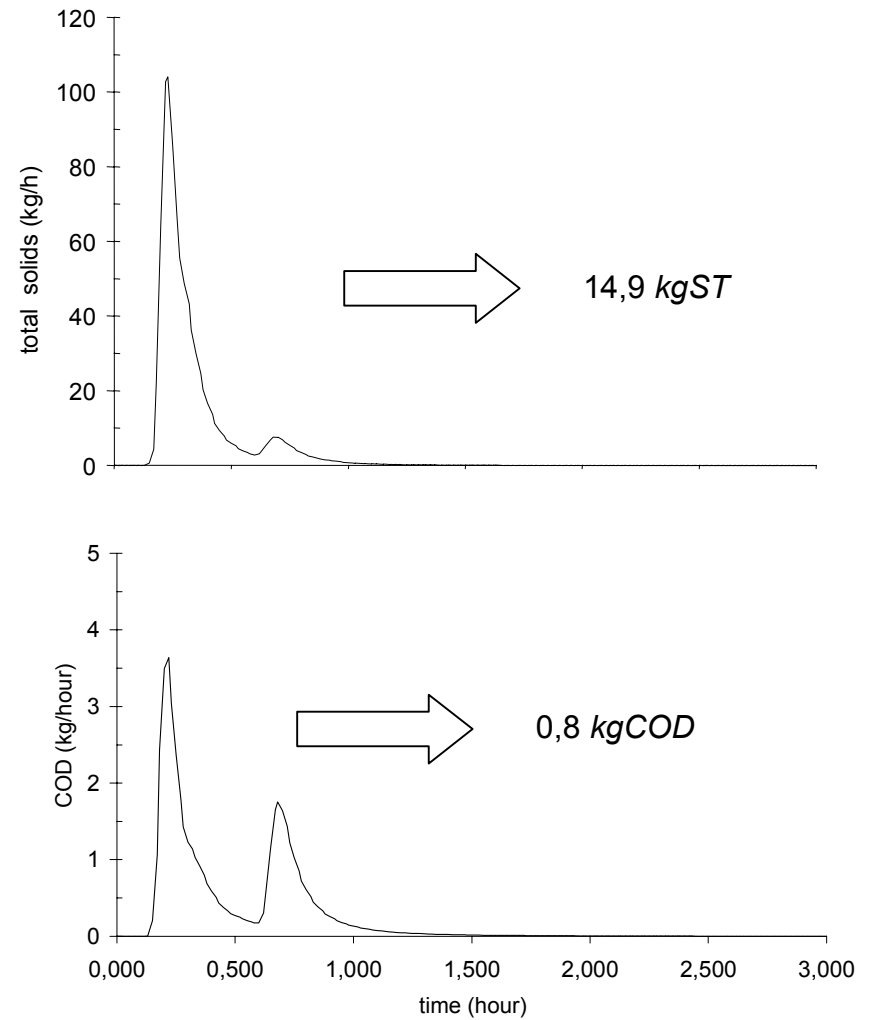
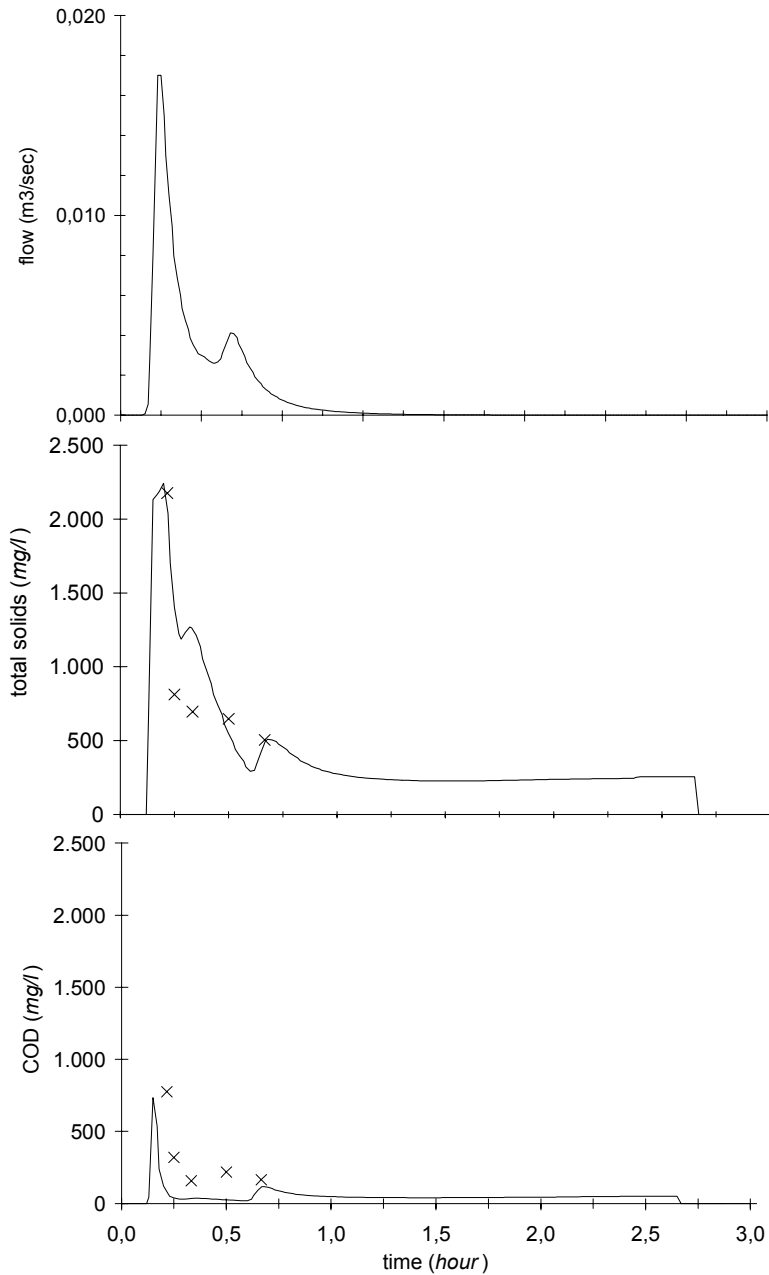
Fattori di calcolo del processo di dilavamento degli inquinanti

Parameters	Washoff function	Washoff parameters	
		power	coefficient
		WASHPO	RCOEFF
ST-A	Power Exponential	2.8	1.2
COD-A	Power Exponential	2.7	1
ST-B	Power Exponential	3.7	1.7
COD-B	Power Exponential	3.2	1.3
DD	Power Exponential	10	5

Area urbana di "Parco Aurora": diagrammi dei valori calcolati per l'evento PA-DQ02

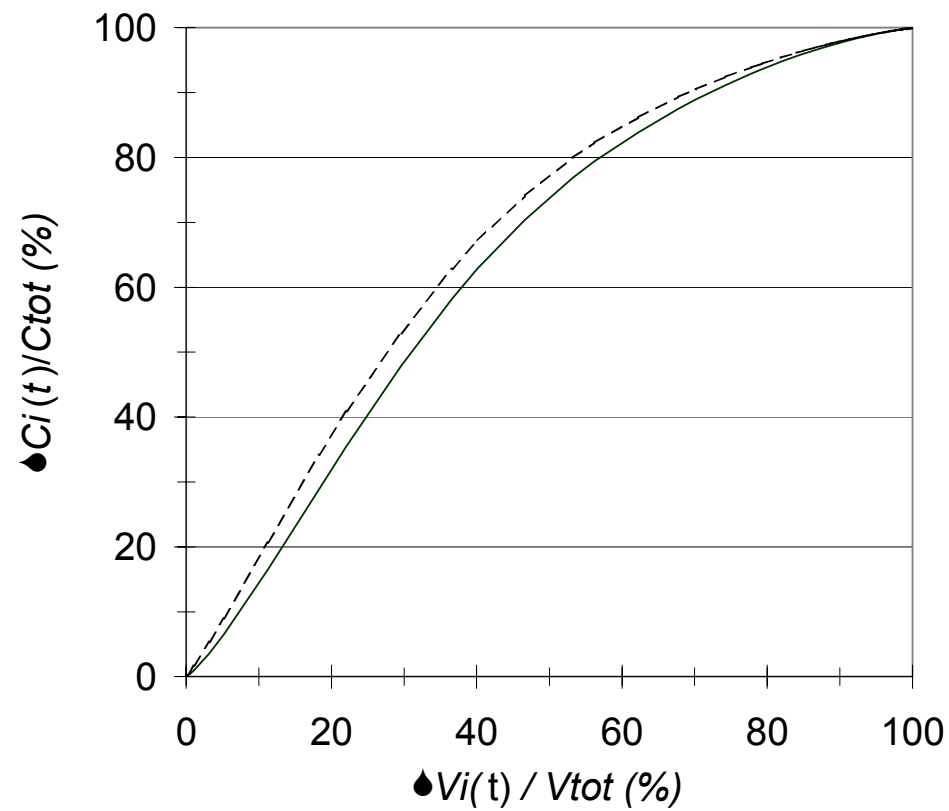


Area urbana di "Parco Aurora": diagrammi dei valori calcolati per l'evento PA-DQ03

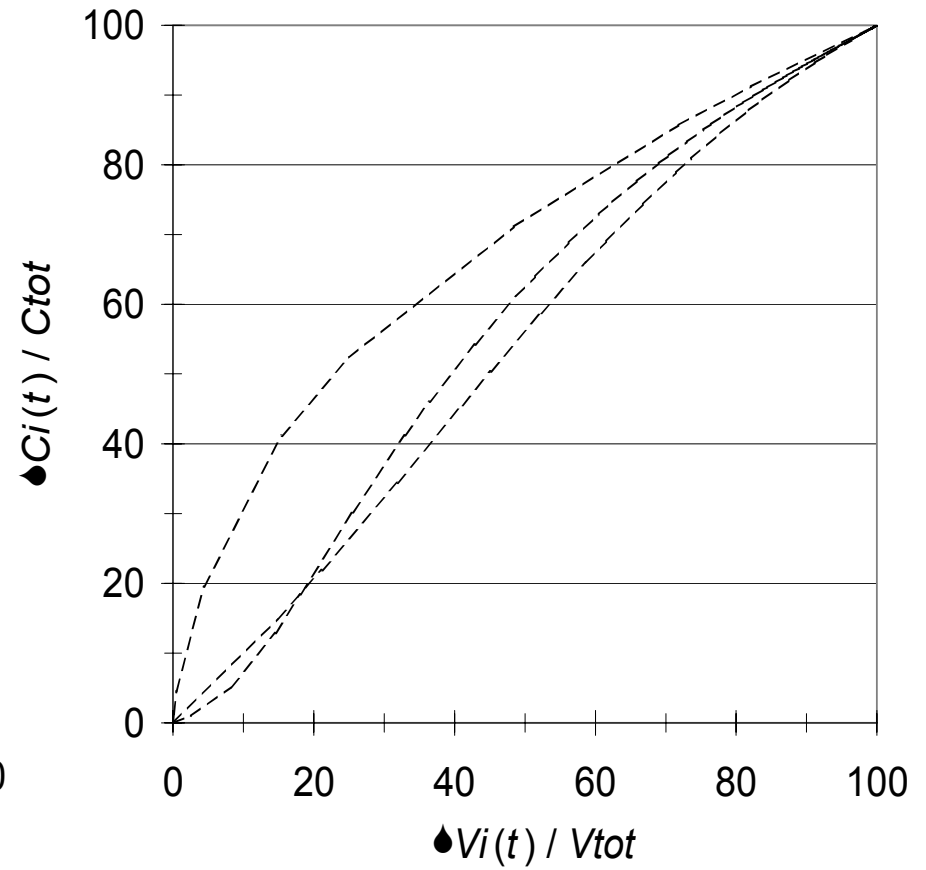
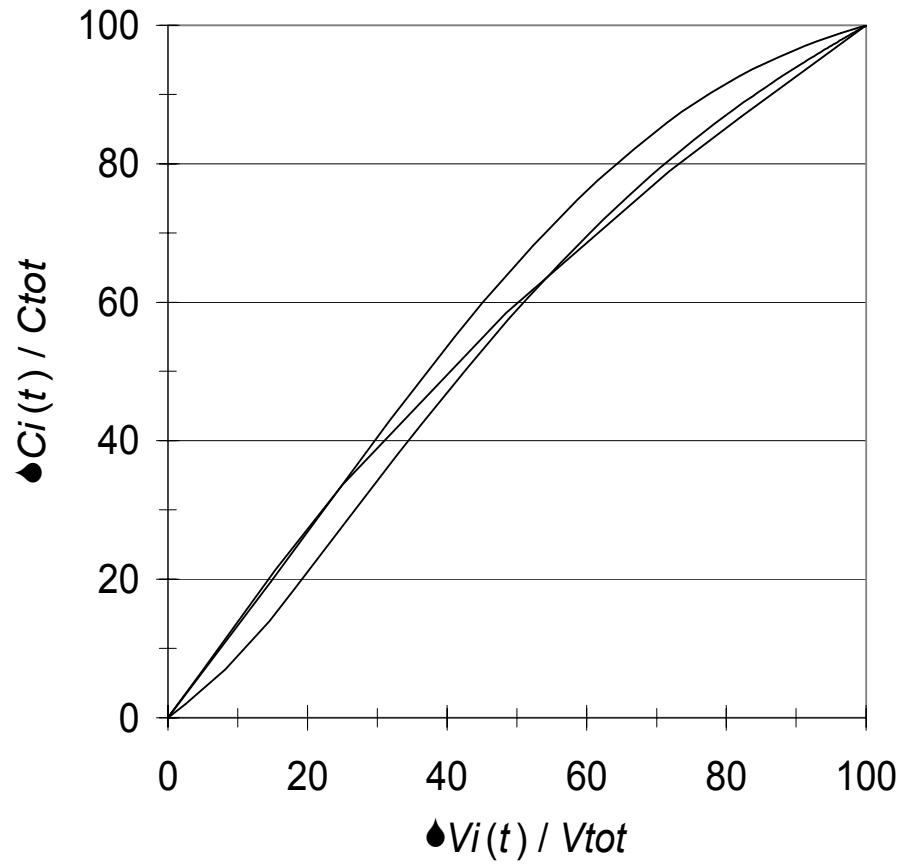


area urbana di “*Parco Aurora*”: valutazione dei carichi inquinanti associati alle acque di deflusso superficiale

parametri		unità di misura	valori	eventi di pioggia	
				PA-DQ02	PA-DQ03
superfici	bacino drenante	ha	3,97	---	---
	area impermeabile	ha	2,21	---	---
	area permeabile	ha	1,76	---	---
sviluppo totale dei canali di drenaggio superficiale		m	1590	---	---
durata dell'evento di pioggia		ore	---	0,33	0,77
altezza di pioggia caduta		mm	---	5,2	5,6
carichi inquinanti	massa totale dilavata	kgST	---	20,2	14,9
		kgCOD	---	16,1	0,8
	carichi inquinanti superficiali (intero bacino drenante)	KgST / ha*ora	---	15,3	4,9
		KgCOD / ha*ora	---	12,2	0,3
	carichi inquinanti superficiali (area impermeabile)	KgST / ha*ora	---	27,4	8,8
		KgCOD / ha*ora	---	21,9	0,5
	carichi inquinanti per lunghezza di cunetta	KgST / 100 m*ora	---	0,38	0,12
		KgCOD / 100 m *ora	---	0,30	0,01



Area urbana di Parco Aurora”: diagrammi dei valori calcolati per l’evento PA-DQ03



Considerazioni conclusive sulle indagini condotte nel bacino urbano di Potenza

- ❑ Le campagne di raccolta di dati condotte hanno evidenziato che lo scarico non controllato delle acque di pioggia costituisce una delle principali fonti di inquinamento delle acque del fiume.
- ❑ Le acque di drenaggio superficiale raccolte nelle reti pluviali e negli scoli naturali presenti nell'area urbana sono caratterizzate da valori di concentrazione dei parametri di solidi sospesi, COD e alcuni metalli pesanti (nichel, piombo, rame e zinco) superiori ai limiti di emissione previsti per lo scarico in acque superficiali e sul suolo.
- ❑ Le concentrazioni dei parametri inquinanti solidi sospesi e COD rilevate in campioni di acque scaricate nel fiume da opere di scarico delle acque di piena presentano valori superiori ai valori previsti dal Decreto Legge n. 152/99 per lo scarico di acque reflue urbane trattate in acque superficiali.
- ❑ L'integrazione di sistemi geografici informativi (*ARCVIEW*) a un modello di calcolo (*E.P.A.-SWMM, Runoff, 1994*) è risultata di facile applicazione e ha consentito una buona rappresentazione dei processi di contaminazione e i risultati delle simulazioni hanno mostrato un buon accordo con i valori misurati delle concentrazioni inquinanti.
- ✓ una buona valutazione dei valori massimi
- ✓ sufficiente approssimazione dei tempi in cui questi si presentano
- ❑ È necessario disporre di una maggiore quantità di dati per rappresentare con una minore approssimazione la formazione dei pollutogrammi anche attraverso una migliore fase di calibrazione del modello relativa una volta che siano disponibili un maggior numero di dati sperimentali