

DETERMINAREA DEBITELOR DE APĂ METEORICĂ EVACUATĂ PRIN CANALIZARE

1. Generalități

1.1 Prezentul standard se referă la metodele de determinare a debitului de apă meteorică (precipitații lichide) căzută pe teritoriul unei localități și evacuată prin rețeaua de canalizare. Apa poate fi evacuată prin rețea în sistem separativ, unitar sau mixt.

1.2 Domeniu de aplicare

Prevederile prezentului standard se aplică:

- la determinarea debitelor de dimensionare pentru reabilitarea și extinderea rețelelor de canalizare existente, care transportă și apă uzată menajeră sau numai apa meteorică;
- la determinarea debitelor de ape meteorice pentru dimensionarea rețelelor noi de canalizare (dimensionarea colectoarelor, deversoarelor, gunilor de vărsare, stațiilor de pompare, etc.);

1.3 Perspectiva de dezvoltare

La determinarea debitelor pentru rețele noi de ape meteorice evacuate prin rețeaua de canalizare se va ține seama de o perspectivă de dezvoltare extensivă și intensivă a spațiului construit pentru următorii 20 – 25 ani. În cazuri speciale (localități mari, centre istorice și culturale, platforme importante), dezvoltarea va fi considerată într-o perspectivă mai largă adoptând o frecvență mai rară a ploilor de calcul.

La determinarea debitelor vor fi aplicate soluții de reținere a apelor meteorice la locul de cădere prin amenajări specifice: infiltrarea apei în subteran prin lucrări permeabile de infiltrare (alei, trotuare, parcări, curți ale caselor etc.), amenajarea de spații adecvate pentru retenția temporară a apei, folosirea apei meteorice în gospodăria (apă pentru udat spații verzi, spălare etc.).

Evacuarea apelor canalizate în receptorii naturali se va face cu respectarea prescripțiilor legislative în vigoare și a prevederilor privind amenajarea bazinului hidrografic.

1.4 Terminologie

- ploaie de calcul; ploaia definită prin intensitate, durată și frecvență și care dimensionează lucrările de canalizare în secțiunea dată;
- timp de concentrare - t_c ; durata de timp în care apa căzută pe cea mai îndepărtată suprafață a bazinului se scurge în canalizare și ajunge în secțiunea de calcul; durata totală a ploii de calcul, D , se consideră egală cu timpul de concentrare t_c pentru ultima secțiune de calcul din bazin, pe colectorul analizat;
- ploaie efectivă; ploaia echivalentă care produce cantitatea de apă ajunsă în canalizare (după infiltrare și evaporare);
- timp mediu de revenire; durata de timp în care o ploaie de intensitate, durată și frecvență dată, este egalată sau depășită pe bazinul respectiv;
- curbe IDF; curbe rezultate din prelucrarea statistică a datelor înregistrate pe minim 30 de ani asupra ploilor produse pe bazinul respectiv;
- probabilitate de depășire; probabilitatea ca o ploaie de aceeași durată, intensitate și frecvență să fie egalată sau depășită în bazinul respectiv;
- bazin de canalizare; suprafața de pe care apa din precipitații este colectată și ajunge în secțiunea de calcul a colectorului de canalizare precizat;
- frecvența ploii; exprimare a timpului mediu de revenire sub forma numărului de ani la care o ploaie de o anumită intensitate și durată este egală sau depășită.

1.5 Standarde și normative conexe

- SR 3051 – 91 Sisteme de canalizare. Canale ale rețelelor exterioare de canalizare.
- SR 10110 – 06 Alimentări cu apă. Stații de pompare. Prescripții generale de proiectare.
- SR 9470 – 73 Hidrotehnică. Ploi maxime. Intensități, durate, frecvențe.
- SR 10898 – 2005 Alimentări cu apă și canalizări. Tehnologie.
- SR EN 752 – 1–6/99 Rețele de canalizare în exteriorul clădirilor.
- NTPA 001/05 Normativul privind stabilirea limitelor de încărcare cu poluanți a apelor uzate evacuate în resursele de apă.
- NTPA 002/05 Normativul privind condițiile de evacuare a apelor uzate în rețelele de canalizare ale localităților și direct în stațiile de epurare
- Legea 107 – 95 Legea apelor completată cu modificările ulterioare.

2. Determinarea debitelor de apă de canalizare

2.1 Determinarea intensității ploii de calcul a rețelei de canalizare

Dimensionarea lucrărilor de drenaj și evacuare a apelor pluviale din zonele urbane impune cunoașterea „ploii de calcul”. Ploaia de calcul are durată egală cu timpul de concentrare și intensitatea medie corespunzătoare unei probabilități de depășire (frecvență) dată. Această ploaie are o distribuție în timp stabilită pe bază de ipoteze cu valoare euristică și generează un debit maxim în secțiune. Valorile specifice ale unei ploii de calcul se referă atât la intensitatea medie a ploii de calcul (stratul de apă și durata) cât și la distribuția temporală. Distribuția temporală are efect direct asupra valorilor debitelor de vârf ale hidrografului de viitură.

Întrucât procedura statistică de eșantionare a ploilor se aplică la valorile individuale maxime anuale, probabilitatea de depășire se poate exprima sub forma timpului mediu de egalare sau depășire a unei valori date. Valoarea inversă a timpului de revenire reprezintă frecvența medie de producere sau depășire a valorii de calcul a intensității medii a ploii. Relația între frecvența ploii și probabilitatea de depășire este dată în tabelul 1.

Tabelul 1. Relația între frecvența ploii și probabilitatea de depășire.

Perioada medie de repetare sau depășire, n	1	2	5	10	20	50	100
Frecvența (1/n)	1/1	1/2	1/5	1/10	1/20	1/50	1/100
Probabilitatea de depășire	-	50 %	20 %	10 %	5 %	2 %	1 %

2.1.1 Utilizarea curbelor IDF (Intensitate – Durată – Frecvență) pentru determinarea intensității medii pe bazine urbane [de colectare a apei meteorice din localități] cu suprafețe sub 10 km²

În bazine mici, sub 10 km², intensitatea medie a ploii de calcul i se poate determina pentru o durată egală cu timpul de concentrare. Se presupune că tot bazinul participă la formarea debitului maxim în secțiunea de calcul. Acest concept se bazează pe utilizarea curbelor IDF (Intensitate – Durată - Frecvență).

Curbele IDF pot fi determinate conform SR 9470/73, folosind frecvențele standard de 1/1, 1/2, 1/5, ..., 1/100, pentru durate de ploaie de 5 – 1440 min. Localitatea va fi inclusă în una dintre cele 19 regiuni de pe suprafața țării, regiuni în care se presupune că ploaia este identică.

Nota 1): Întrucât clima a înregistrat modificări importante este rațional să se facă reactualizarea curbelor IDF.

2.1.2 Utilizarea analizei spațio - temporale a ploilor maxime anuale pentru determinarea stratului mediu de precipitații pentru bazine urbane cu suprafețe mai mari de 10 km²

Se pleacă de la analiza spațio - temporală a ploilor maxime anuale cu durata de 24 de ore; ploile maxime zilnice se adoptă conform zonării din figura 1, cu ajutorul valorilor date în tabelul 2.

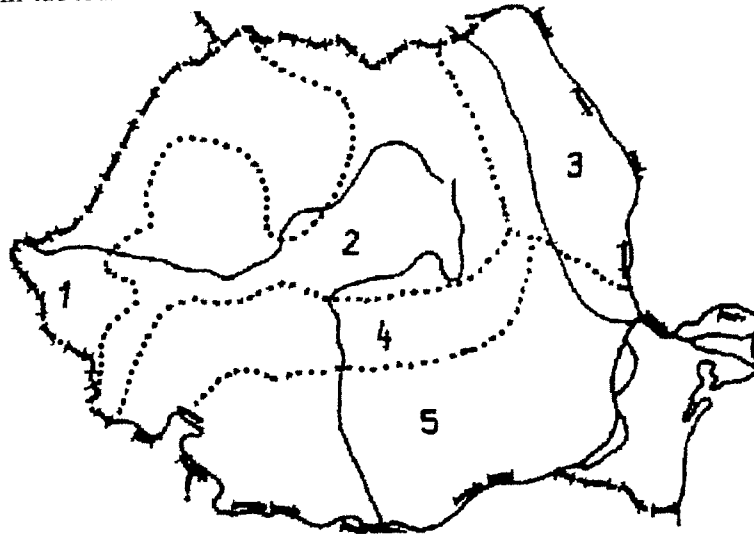


Figura 1. Zonarea precipitațiilor maxime (Diaconu C., Șerban P. 1994).

Pentru fiecare zonă, utilizând datele din tabelul 2 se determină înălțimea ploii cu durată de 24 ore. Pentru valori curente ale suprafeței S se poate recurge la interpolare liniară.

Tabelul 2. Valori ale precipitațiilor de 24 de ore (mm/zi) cu diferite probabilități de depășire pentru fiecare din cele 5 zone delimitate în figura 1.

Zona	Suprafața km ²	Frecvența ploii (1/n)			
		1/10	1/5	1/3	1/2
1	10	96.3	75.2	62.2	52.8
	20	94.5	73.9	61.1	52.0
	30	93.2	73.0	60.4	51.5
	40	92.2	72.3	59.8	51.1
	50	91.3	71.7	59.3	50.7
	60	90.6	71.2	58.9	50.4
	70	90.0	70.7	58.6	50.2
	80	89.5	70.3	58.3	49.9
	90	89.0	70.0	58.0	49.7
	100	88.6	69.7	57.8	49.5
	150	86.9	68.5	56.8	48.8
	200	85.6	67.6	56.1	48.3

Tabelul 2. Continuare.

Zona	Suprafața km ²	Frecvența ploii (1/n)			
		1/10	1/5	1/3	1/2
2	10	124.4	96.4	82.6	65.8
	20	121.7	94.3	81.0	64.6
	30	119.7	92.8	79.8	63.7
	40	118.2	91.6	78.9	63.0
	50	116.9	90.7	78.1	62.4
	60	115.8	89.9	77.5	61.9
	70	114.9	89.2	76.9	61.5
	80	114.1	88.5	76.4	61.1
	90	113.4	88.0	76.0	60.8
	100	112.7	87.5	75.6	60.5
	150	110.2	85.6	74.1	59.4
200	108.3	84.1	72.9	58.5	
3	10	146.2	160.1	87.0	69.8
	20	143.0	103.8	85.2	68.6
	30	140.7	102.2	84.0	67.7
	40	138.9	100.9	83.0	67.0
	50	137.5	99.9	82.2	66.4
	60	136.2	99.0	81.5	65.9
	70	135.2	98.3	81.0	65.5
	80	134.2	97.6	80.5	65.1
	90	133.4	97.0	80.0	64.8
	100	132.6	96.5	79.6	64.5
	150	129.7	94.3	78.0	63.3
200	127.5	92.8	76.8	62.5	
4	10	169.1	121.1	100.6	81.3
	20	164.6	117.8	98.0	79.6
	30	161.5	115.6	96.3	78.4
	40	159.3	113.9	95.0	77.6
	50	157.4	112.6	94.0	76.9
	60	155.9	111.4	93.2	76.3
	70	154.6	110.5	92.4	75.8
	80	153.4	109.6	91.8	75.3
	90	152.4	108.9	91.2	74.9
	100	151.5	108.2	90.7	74.6
	150	147.8	105.6	88.7	73.2
200	145.3	103.7	87.2	72.2	
5	10	125.5	95.7	79.6	63.2
	20	122.8	93.8	78.2	62.2
	30	121.0	92.4	77.2	61.5
	40	119.5	91.3	76.4	60.9
	50	118.3	90.4	75.8	60.4
	60	117.3	89.7	75.2	60.0
	70	116.5	89.1	74.8	59.7
	80	115.7	88.5	74.4	59.4
	90	115.0	88.0	74.0	59.1
	100	114.4	87.5	73.7	58.9
	150	111.9	85.7	72.4	57.9
200	110.2	84.5	71.4	57.3	

Pentru a obține ploaia curentă pentru alte durate (cuprinse între 5 minute și 72 ore) se utilizează relația:

$$h_D = k \cdot h_{24}, \quad [1]$$

unde valoarea parametrului k se determină din tabelul 3 pe baza zonării din figura 2.

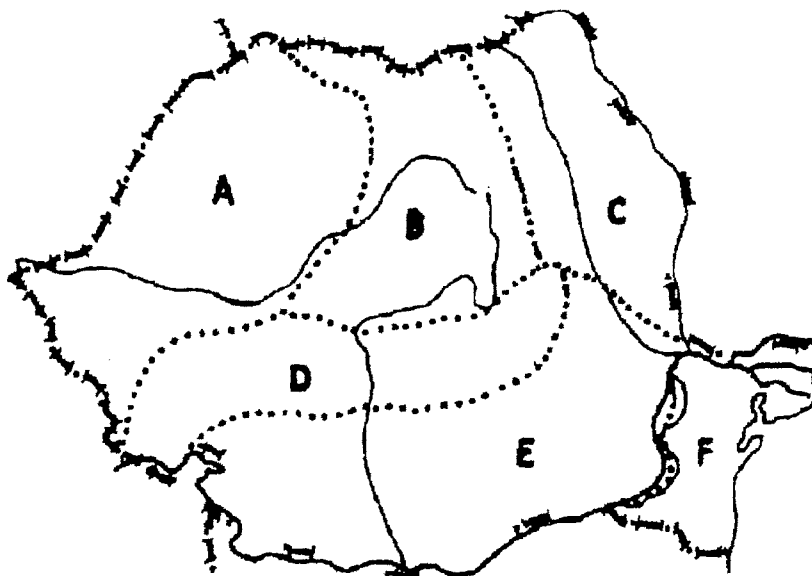


Figura 2. Harta cu valorile parametrului k în cele 6 regiuni ale țării (Diaconu C., Șerban P. 1994).

Tabelul 3. Valorile raportului k – pentru zonele A - F.

Zona	5'	10'	15'	30'	60'	2 ore	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore	48 ore	72 ore
A	0.20	0.30	0.36	0.48	0.58	0.67	0.71	0.78	0.88	1.00	1.13	1.23
B	0.21	0.29	0.36	0.45	0.53	0.60	0.64	0.73	0.85	1.00	1.15	1.25
C	0.15	0.23	0.29	0.38	0.46	0.55	0.59	0.70	0.84	1.00	1.15	1.25
D	0.15	0.22	0.29	0.37	0.45	0.52	0.56	0.68	0.82	1.00	1.18	1.29
E	0.18	0.27	0.34	0.45	0.55	0.64	0.70	0.79	0.89	1.00	1.13	1.23
F	0.20	0.29	0.34	0.47	0.56	0.65	0.70	0.79	0.89	1.00	1.13	1.23

2.1.3 Hietograme ale ploii de calcul

Chiar și în cazul în care condițiile de aplicare a metodei (formulei) raționale sunt îndeplinite, adoptarea ipotezei unei ploii cu distribuție uniformă în timp conduce la subevaluarea debitelor maxime. Cunoașterea distribuției în timp a intensității ploii este obiectiv necesară.

2.1.3.1 Distribuția ploii de calcul

Ipoteza de bază a hietogramei compuse este aceea că intensitatea obținută din curbele IDF pentru durata D , constituie, de fapt, rezultatul medierii unor intensități variabile definite pe intervale de timp $\Delta t < D$; șirul acestor valori constituie hietograma ploii de calcul.

Pașii de calcul pentru obținerea hietogramei sunt următorii:

(1) Se determină durata totală a ploii, egală cu timpul de concentrare al ploii de calcul pentru bazinul respectiv; se notează durata maximă a ploii D ;

(2) Pentru o probabilitate de depășire asumată și pentru durata ploii de calcul, se determină intensitatea ploii din curbele IDF sau din înregistrările pluviografice prelucrate statistic;

(3) Durata ploii de calcul D se împarte în intervale discrete de timp ($t_0=0, t_1=\Delta t, t_2= t_1+\Delta t, \dots, t_n= t_{n-1}+\Delta t \leq D$); pentru fiecare valoare de timp se determină din curbele IDF valoarea intensității ploii i_{t_i} (mm/min); frecvența ploii se păstrează aceeași pentru toate intervalele;

(4) Se calculează pentru fiecare interval de timp stratul cumulat de ploaie până în momentul t_i , cu relația:

$$h_{t_i} = i_{t_i} \cdot t_i \text{ (mm)} \quad [2]$$

(5) Grosimea stratului de ploaie pentru fiecare interval de timp Δt se determină ca diferențe între două valori succesive ale stratelor cumulate;

$$h_{t_i, t_{i+1}} = h_{t_{i+1}} - h_{t_i} \text{ (mm)} \quad [3]$$

(6) Intensitatea medie a ploii pe fiecare din intervalele $\Delta t_i = t_{i+1}-t_i$, rezultă din relația:

$$i_{t_i, t_{i+1}} = h_{t_i, t_{i+1}} / \Delta t \text{ (mm)} \quad [4]$$

Cu valorile (t_i, t_{i+1}) și $i_{t_i, t_{i+1}}$ rezultă un grafic ca în figura 3.

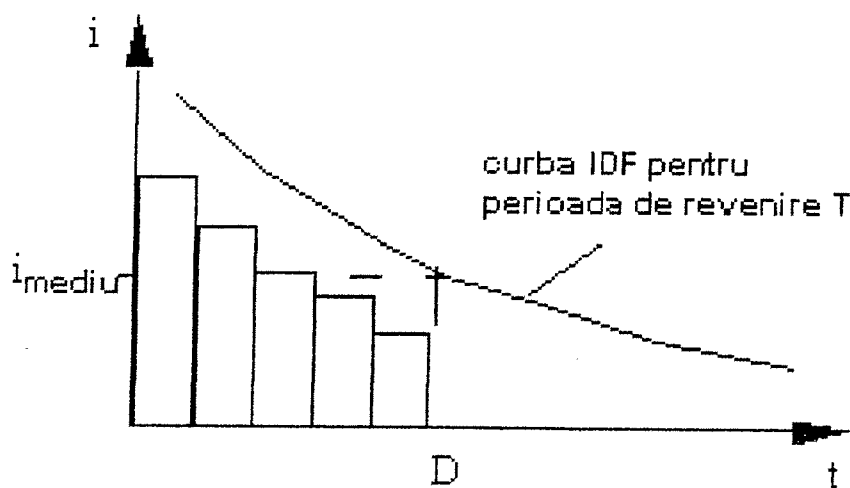


Figura 3. Modul de constituire al distribuției ploii în timp.

(7) Se rearanjează graficul astfel încât valoarea maximă să fie plasată la mijlocul sirului de valori; celelalte valori ale intensității se așează, alternativ pe o parte și pe alta în ordine descrescătoare.

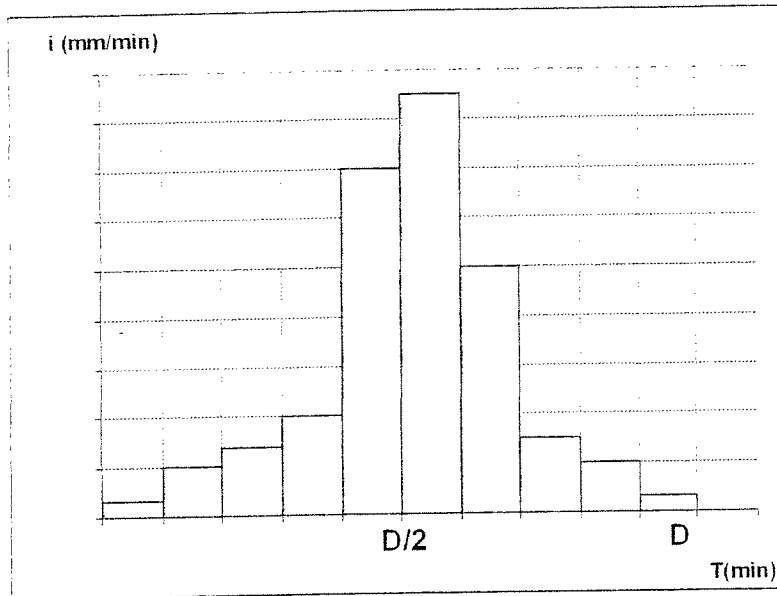


Figura 4. Hietograma finală a ploii de calcul.

2.1.3.2 Metoda derivatei stratului cumulativ adimensional mediu (metoda curbei integrale)

Dacă se dispune de măsurători pluviometrice asupra a cel puțin 20 de ploii maxime se poate aplica metoda curbei integrale pentru calculul distribuției temporale a ploii de calcul.

Întrucât curbele integrale se exprimă adimensional, ele vor putea fi folosite pentru orice valoare a stratului precipitat pe o durată dată.

Pașii de calcul sunt următorii:

- se selectează ploile importante măsurate la stația meteo din zonă; ploile au caracteristici apropiate în ce privește durata și cantitatea totală de apă;
- se alege un pas de timp Δt și se exprimă valoarea lui procentual față de durata totală a ploii;
- pentru fiecare ploaie (k) pluviograma $h_k(t)$ se exprimă procentual față de stratul total de apă căzută;
- se calculează media procentuală $\bar{h}(t)$ a pluviogramelor considerate $h_k(t)$ pentru fiecare moment t, conform relației:

$$\bar{h}(t) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n h_k(t) \quad [5]$$

unde n este numărul ploilor considerate.

- pentru ca frecvența debitului maxim în rețeaua de canalizare să fie aproximativ egală cu frecvența ploii de calcul adoptată la proiectare, este de dorit să se determine structura medie a aversei; pentru durata D a ploii de calcul (egală cu timpul de concentrare al bazinului) stratul acestei ploii se obține cu relația:

$$h = \bar{i} \cdot D \quad [5']$$

rezultatul este multiplicat cu valoarea obținută din relația [5] obținând astfel distribuția medie a pluviogramei;

- distribuția intensităților ploii de calcul pe fiecare din intervalele de timp succesive Δt rezultă din derivarea pluviogramei medii;
- dacă se dorește altă distribuție, diferită de cea medie, pentru a obține un hidrograf de debite mai dezavantajos din punct de vedere al inundabilității zonelor urbane, se poate construi o familie de pluviograme adimensionale, cărora li se atribuie o anumită probabilitate; pentru aceasta la fiecare pas de timp se calculează valoarea medie și abaterea medie pătratică a pluviogramelor pentru toate ploile luate în considerare; pentru fiecare pas de timp se adoptă o distribuție normală cu parametrii mediei și abaterii medii pătratice stabilite anterior; pe baza acestora se calculează cuantilele de probabilitate standard (10 %, 20 %, 50 %, 80 %, 90 %);

Obținerea mai multor distribuții temporale este importantă și pentru determinarea volumului bazinului de retenție.

2.2 Determinarea debitului de calcul pe secțiuni ale rețelei de canalizare

2.2.1 Debite de calcul pe bazine mici, sub 10 km²

Metoda cea mai folosită este metoda rațională. Metoda se bazează pe teoria izocronelor; se consideră că apa de ploaie din bazin ajunge în același timp în secțiunea de calcul, iar intensitatea medie a ploii de calcul este constantă în timp.

Relația de calcul pentru debitul maxim este:

$$Q_{\max p\%} = m \cdot S \cdot \Phi \cdot i_{p\%} \text{ (l/s)} \quad [6]$$

în care:

S - suprafața bazinului de pe care se colectează apa care trece prin secțiunea de calcul [ha];

$i_{p\%}$ – intensitatea medie a ploii exprimată în l/s, ha; valoarea se adoptă din curbele IDF (STAS 9470), funcție de frecvența ploii de calcul și timpul de concentrare;

m – coeficient de reducere a debitului, datorat efectului de acumulare a apei în rețeaua de canalizare între momentul începerii ploii și momentul în care se realizează debitul maxim în secțiunea de calcul; debitul ajunge la valoarea maximă după umplerea colectoarelor și stabilirea unui regim permanent de curgere până în secțiunea de calcul; pot fi adoptate valorile:

$$m = 0.8 \text{ la timp de ploaie sub } 40 \text{ min}$$

$$m = 0.9 \text{ la timp de ploaie peste } 40 \text{ min,}$$

sau se poate determina și cu un model hidraulic.

Φ – coeficientul de scurgere – reprezintă raportul între volumul de apă ajuns în secțiunea de calcul (evacuată prin canalizare) și volumul ploii căzute pe același bazin; valorile medii ale coeficientului de scurgere sunt date în tabelul 4.

Tabel 4. Valori specifice pentru coeficientul de scurgere utilizate în România.

Nr. crt.	Natura suprafeței	Coeficientul de scurgere Φ
1	Învelitori metalice și de ardezie	0,95
2	Învelitori de sticlă, țiglă și carton asfaltat	0,90
3	Terase asfaltate	0,85 - 0,90
4	Pavaje din asfalt și din beton	0,85 - 0,90
5	Pavaje din piatră și alte materiale, cu rosturi umplute cu mastic	0,70 - 0,80
6	Pavaje din piatră cu rosturi umplute cu nisip	0,55 - 0,60
7	Drumuri din piatră spartă (macadam): • în zone cu pante mici ($\leq 1\%$); • în zone cu pante mari ($> 1\%$).	0,25 - 0,35 0,40 - 0,50
8	Drumuri împietruite: • în zone cu pante mici ($\leq 1\%$); • în zone cu pante mari ($> 1\%$).	0,15 ... 0,20 0,25 ... 0,30
9	Terenuri de sport, grădini: • în zone cu pante mici ($\leq 1\%$); • în zone cu pante mari ($> 1\%$).	0,05 ... 0,10 0,10 ... 0,15
10	Incinte și curți nepavate, neîmierbate	0,05 ... 0,20
11	Terenuri agricole (cultivate)	0,10 ... 0,15
12	Parcuri și suprafețe împădurite: • în zone cu pante mici ($\leq 1\%$); • în zone cu pante mari ($> 1\%$).	0,00 ... 0,05 0,05 ... 0,10

În anexa 4 sunt date și alte valori pentru coeficientul de scurgere.

La ploi de intensitate ridicată sau durată mare valoarea coeficientului de scurgere este variabilă în timp; la începutul ploii, când solul este uscat, coeficientul Φ are valori mici, o cantitate importantă de apă se infiltrează sau dacă temperatura este ridicată se evaporă; pe măsură ce ploaia continuă, coeficientul Φ crește datorită saturării solului. La ploi cu intensitate redusă, toată apa se poate infiltra sau evapora. Valoarea luată în calcul reprezintă o valoare medie pe durata ploii cu ajutorul căreia se determină debitul maxim în secțiune.

Pentru suprafețe neomogene S_i , coeficientul de scurge poate fi calculat ca o valoare medie ponderată:

$$\Phi = \frac{\sum \Phi_i \cdot S_i}{\sum S_i} \quad [7]$$

Pe traseul unui colector, funcție de natura suprafețelor S_i coeficientul de scurgere poate avea valori diferite.

Frecvența ploii de calcul (f) se stabilește, în mod simplificat, după valorile date în STAS 4273-83, tabelul 4 și după valorile date de STAS 752 – 0/99, tabelul 5.

Pentru bazine importante frecvența ploii de calcul se stabilește pe baza unor calcule tehnico-economice în care sunt luate în considerare:

- valoarea pagubelor produse pentru ploaia dată;
- costul lucrărilor de canalizare prin care pot fi atenuate pagubele până la o limită dată.

Dacă în bazin sunt obiective importante care cer măsuri sporite de protecție pot fi adoptate valori diferite pentru frecvențe pe sub-bazine.

Se consideră necesar ca pentru toate localitățile importante (sau sectoare din acestea), cu peste 100.000 locuitori, să fie efectuat în prealabil un studiu tehnico-economic prin care să se stabilească frecvența ploii de calcul. Valoarea obținută va fi aprobată de către autoritatea locală.

Durata ploii de calcul pentru o secțiune dată se stabilește, pentru primul tronson cu relația [8]:

$$t = t_{cs} + \frac{L}{v_a} \text{ [min]} \quad [8]$$

iar pentru tronsoanele următoare, cu relația [9]:

$$t_i = t_{i-1} + \frac{L_{i,i-1}}{v_{a,i-1}} \text{ [min]}, \quad [9]$$

unde:

L – lungimea tronsonului de la prima gură de scurgere la prima secțiune de calcul, m

$L_{i,i-1}$ – lungimea tronsonului dintre secțiunea de calcul și precedenta secțiune calculată

v_a – viteza de curgere a apei în canal, m/s;

t_{cs} – timpul de concentrare superficială; minute;

Valoarea timpului de concentrare superficială poate fi adoptată astfel:

1 – 3 min – pentru zonele cu pante mai mari de 5 %

3 – 5 min – pentru zonele de deal (pante medii 1 – 5 %)

5 – 12 min – pentru zonele de șes (panta medie < 1%).

Prin amenajări adecvate se va urmări creșterea timpului de concentrare superficială în vederea reducerii debitului maxim.

Durata minimă a ploii de calcul nu poate fi mai mică decât valorile următoare:

5 minute în zona de munte, panta > 5 %

10 minute în zona de deal, pante de 1 – 5 %

15 minute în zona de șes, panta < 1 %.

NOTA 2:

(1) În cazul intersecției a două colectoare pentru secțiunile aval va fi luat în considerare timpul de concentrare cu valoare mai mare.

(2) Dacă într-o secțiune aval, valoarea debitului este mai mică decât debitul în secțiunea amonte, valoarea din secțiunea imediat amonte este cea care dimensionează tronsonul de canalizare.

În cazul în care secțiunea aval este amplasată după un bazin de retenție, deversor, etc., dimensionarea va fi făcută fără a ține seama de această regulă.

(3) Valoarea v_a – viteza de curgere prin colector trebuie să fie mai mare de 0.7 m/s; pentru un calcul inițial se apreciază valoarea v_a și se calculează debitul; se dimensionează colectorul și se verifică viteza de curgere; dacă între valoarea apreciată și valoarea rezultată diferența este mai mare de 20 % se stabilește o nouă valoare a vitezei și se reface calculul.

(4) Gradul de umplere în secțiune va fi apropiat de 1.0.

(5) În lungul colectorului diametrul /secțiunea aval va fi egal / egală sau mai mare decât diametrul /secțiunea din amonte.

2.2.2 Calculul debitelor pe bazine cu suprafețe între 10 – 50 km²

Pentru aceste bazine sunt necesare date mai complete. Astfel în locul debitului maxim trebuie cunoscut hidrograful unde de viitură. Hidrograful se determină pe baza ploii de calcul a cărei distribuție temporală este cunoscută (vezi punctul 2.1.3).

Relația de calcul pentru debitul din secțiunea curentă, la momentul k este:

$$Q_{kj} = 16,7 \cdot \sum_{j=1}^k S_{k-j+1} \cdot i_j \cdot \Phi \text{ [m}^3/\text{s]}, \quad [10]$$

în care:

16,7 este un coeficient de transformare a intensității din mm/min în m³/m²·s și a suprafeței din km² în m²;

S - suprafața bazinului de canalizare de pe care apa colectată ajunge în secțiunea de calcul, [km²];

i_j – intensitatea medie a ploii de calcul la pasul j, [mm/min];

Φ – coeficientul mediu de scurgere în bazin.

Efectul de atenuare (propagare sector) dat de rețeaua de canalizare pe sectorul cuprins între 2 secțiuni succesive se poate calcula cu o relație liniară de tipul:

$$q_{k+1} = aQ_{k+1} + bQ_k + cq_k \quad [11]$$

unde:

q_k, q_{k+1} – sunt debitele care pleacă din secțiunea de calcul;

Q_k, Q_{k+1} – sunt debitele care intră (alimentează) tronsonul de calcul în care se face acumularea.

Parametrii a, b, c vor fi determinați prin calare (calibrare) pe baza debitelor măsurate în rețelele existente;

Pentru rețele noi se poate admite un coeficient de reducere a debitului maxim egal cu 0,9.

2.2.3 Calculul debitelor pe bazine urbane cu suprafețe mai mari de 50 km²

În cazul unor localități importante (4 – 500.000 loc) calculul debitelor se recomandă să se facă pe bazinele colectoarelor componente ale căror suprafețe sunt de maxim 50 km².

Valorile debitelor de pe subbazine vor constitui baza unui model topologic al rețelei majore de canalizare. În fiecare nod se va proceda la compunerea hidrografelor afluențe calculate anterior.

În acest model de calcul, debitele din fiecare sub-bazin se determină pe baza unor valori diferite pentru coeficientul de scurgere, frecvențe ale ploii, distribuție temporală etc.

Compunerea și propagarea hidrografelor va conduce la determinarea debitelor pe tronsoanele aval ale canalizării.

Rezolvarea acestor cazuri presupune un studiu detaliat al ploilor, realizat de o instituție specializată (ANM), utilizarea unui soft specializat de hidrologie urbană și un plan de urbanism coerent și definitiv.

În situația modelării hidrografului de calcul vor fi analizate și soluții pentru reducerea debitului evacuat prin:

- sporirea capacității de infiltrație în bazin, astfel încât să se ajungă chiar la reținerea totală, prin infiltrație a debitului rezultat prin impermeabilizarea suprafeței din zonele urbane;
- creșterea duratei de concentrare superficială prin amenajarea specifică a suprafeței;
- realizarea de bazine de retenție integrate ecologic și peisagistic în noua amenajare urbană; mărimea acestor bazine va constitui obiectul unui studiu specializat;
- acumularea apei în vederea folosirii la spălat și stropit străzile, udarea spațiilor verzi, realizarea de luciuri de apă în zona urbanizată; alegerea soluției se va justifica prin calcul comparativ între reducerea debitului evacuat și costul lucrărilor de protecție pe receptor.

2.3 Calculul debitelor în secțiunile de canalizare în sistem unitar (mixt)

În cazul rețelelor de canalizare realizate în sistem mixt sau unitar, debitul de calcul în secțiune va fi:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{menajer}} + Q_{\text{ploaie}} \quad [12]$$

- debitul apelor menajere se calculează conform SR 1846/1;
- debitul produs de precipitațiile lichide conform punctului 2.2.

Pentru colectorul funcționând în sistem unitar, secțiunea de colector va fi verificată pe timp uscat atât la debitul maxim de ape uzate cât și la debitul minim de ape uzate (conform SR 1846/1); în ambele cazuri trebuie realizată o valoare minimă a vitezei de 0.6 - 0.7 m/s.

În cazuri speciale se poate asigura și transportul unei părți din debitul apelor de suprafață pe tronsoane din rețeaua de canalizare; soluția trebuie însă justificată. Pentru apa de suprafață va fi adoptată orice măsură care conduce la reducerea debitului transportat. Debitele maxime evacuate se adaugă la debitul bazinului propriu al localității și în această ipoteză se dimensionează colectorul.

Ori de câte ori este posibil, debitele de ape meteorice de pe versanții care limitează localitatea vor fi evacuate prin alte mijloace decât rețeaua de canalizare. Localitatea, inclusiv rețeaua de canalizare, trebuie să fie protejate contra inundațiilor.

2.4 Bazine de retenție

Bazinul (bazinele de retenție) se adoptă când:

- debitul de evacuat, în zona de maxim, depășește capacitatea de transport a canalizării sau receptorului; prin reținere temporară a unui volum de apă și evacuarea pe o durată mai mare de timp se reduce pericolul de inundație;
- concentrația de poluanți în apă depășește limita admisă; reținerea poluanților se face prin sedimentare sau diluție; în cazuri speciale, apa pluvială din primele minute ale ploii sau a ploilor cu intensitate sau durată mică, poate fi reținută integral și trimisă la stația de epurare.

2.4.1 Determinarea volumelor bazinelor de retenție pentru cazul bazinelor de canalizare urbane cu suprafețe mici (sub 10 km²)

Mărimea bazinului se obține funcție de durata ploii și scopul pentru care se prevede bazinul.

Bazinul se amplasează și se echipează astfel încât să poată fi păstrat în condiții sanitare adecvate prin mijloace specifice de curățire.

2.4.1.1 Bazinul pentru reținerea apelor murdare (poluate)

Volumul bazinului se determină din condiția de timp de reținere și funcție de hidrograful ploii de calcul ($t_p = t_c$).

$$V_{BR} = \frac{1}{2} \cdot \frac{t_R^2}{t_c} \cdot Q_{max} \cdot k_1 \quad [13]$$

unde:

V_{BR} – volumul bazinului de retenție [m³];

t_R – timpul de retenție; se recomandă 20 min;

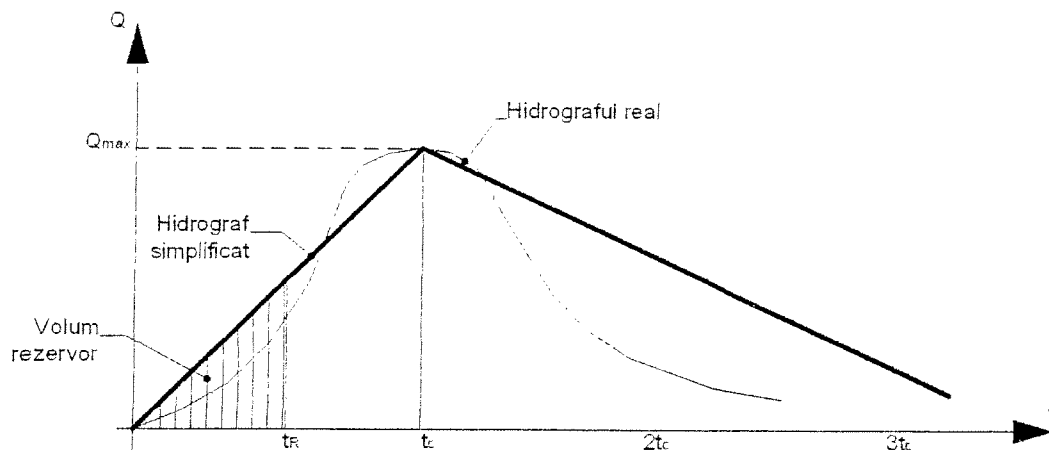


Figura 5. Schema de calcul pentru bazinul de retenție a apei poluate.

t_c – timpul de concentrare (durata ploii de calcul) în secțiune, minute;

Q_{max} – debitul maxim al ploii de calcul în secțiune, l/s;

k_1 – coeficient de transformare a unităților de măsură.

Legarea bazinului la rețeaua de canalizare se face funcție de poziția relativă și de modul de dotare cu echipamentele de manevră, în vederea asigurării umplerii și golirii controlate.

2.4.1.2 Bazinul de retenție pentru reducerea vârfului de debit când durata ploii este egală cu timpul de concentrare ($t_p = t_c$)

Bazinul se prevede pentru evitarea punerii sub presiune a rețelei de canalizare, pentru evitarea inundării străzilor sau pentru controlul debitului evacuat în râul receptor.

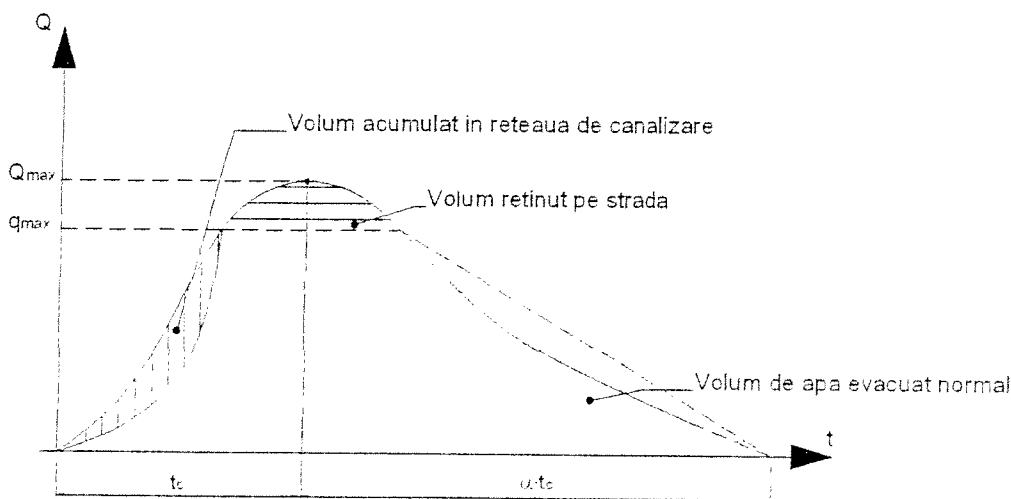


Figura 6a. Situația reală a reținerii volumelor de apă în sistemul de canalizare.

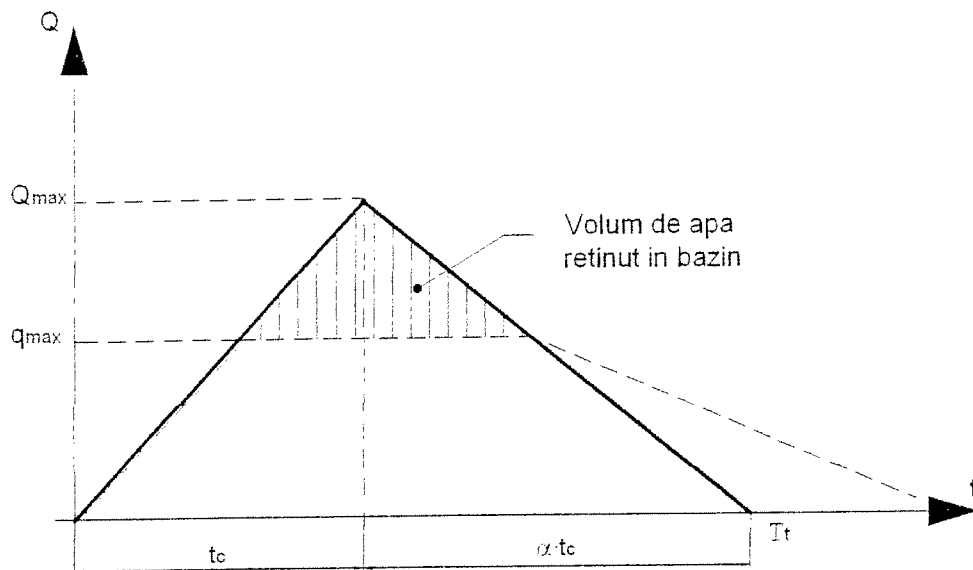


Figura 6b. Schema de calcul pentru determinarea volumului bazinului de retenție.

Volumul bazinului de retenție rezultă din relația:

$$V_1 = \frac{1}{2} \cdot T_t \cdot \frac{(Q_{\max} - q_{\max})^2}{Q_{\max}} \quad [14]$$

unde:

q_{\max} – debitul maxim ce poate fi evacuat fără apariția apei pe stradă sau debitul maxim suportat de receptor;

T_t – durata totală a hidrografului de debit;

α – raport supraunitar dintre durata ramurii descendente pentru durata ramurii ascendente a hidrografului debitului în secțiunea de calcul.

2.4.1.3 Bazinul de retenție cu efect combinat

Bazinul de retenție a apei de ploaie sau din topirea zăpezii și reducerea debitului maxim evacuat în aval, rezultă din combinarea soluțiilor prezentate la punctele 2.4.1.1 și 2.4.1.2. Soluția constructivă trebuie să aibă dotarea necesară pentru realizarea corectă a celor două funcționalități.

2.4.2 Determinarea volumului bazinului de retenție când durata ploii este mai mare ca durata ploii de calcul ($t_p > t_c$)

De regulă este cazul cel mai frecvent în rețeaua de canalizare a bazinelor mici.

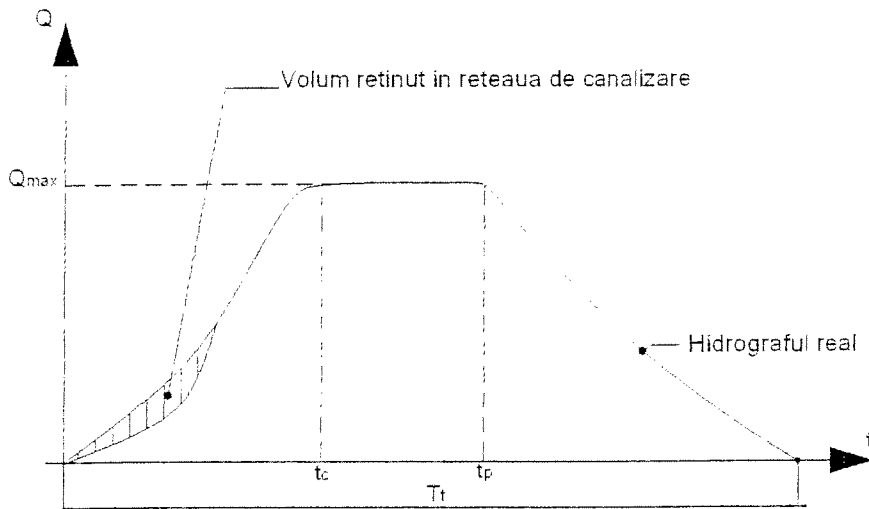


Figura 7a.. Hidrograful real al ploii în bazinul de canalizare.

Pentru calcul se consideră că volumul de apă acumulat de canalizare este nul, ceea ce reprezintă un grad de siguranță suplimentar.

Volumul V_1 se calculează:

$$V_1 = V'_1 + V''_1 \text{ (m}^3\text{)} \quad [15]$$

și reprezintă volumul bazinului, calculat după [15].

Volumul V_2 se calculează cu relația:

$$V_2 = (t_p - t_c)(Q_{\max} - q_{\max}) \cdot k_2 \text{ (m}^3\text{)} \quad [16]$$

unde k_2 este un coeficient de transformare a unităților de măsură.

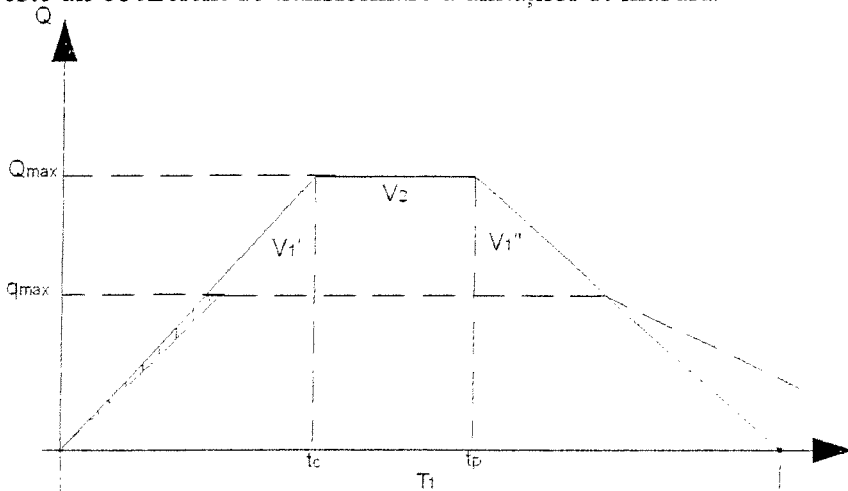


Figura 7b. Schema de calcul pentru bazinul de retenție.

În cazul în care volumul V_2 nu este corect apreciat volumul suplimentar de apă se va acumula pe stradă.

Volumul real al bazinului de retenție va fi:

$$V_{BR} = V_1 + V_2 \text{ (m}^3\text{)} \quad [17]$$

Volumul bazinului corespunde unei ploii egală cu ploaia de calcul. Pentru ploi de magnitudine mai mare decât ploaia de calcul, pericolul apariției apei pe stradă se menține.

2.4.3 Determinarea volumului bazinului de retenție în cazul bazinelor de canalizare urbane de dimensiuni mari ($S > 10 \text{ km}^2$)

În acest caz, debitele care intră în calcul sunt mari, volumele de bazin vor fi importante la fel ca și pagubele produse în lipsa acestora. Calculele vor fi conduse după schema din figura 8.

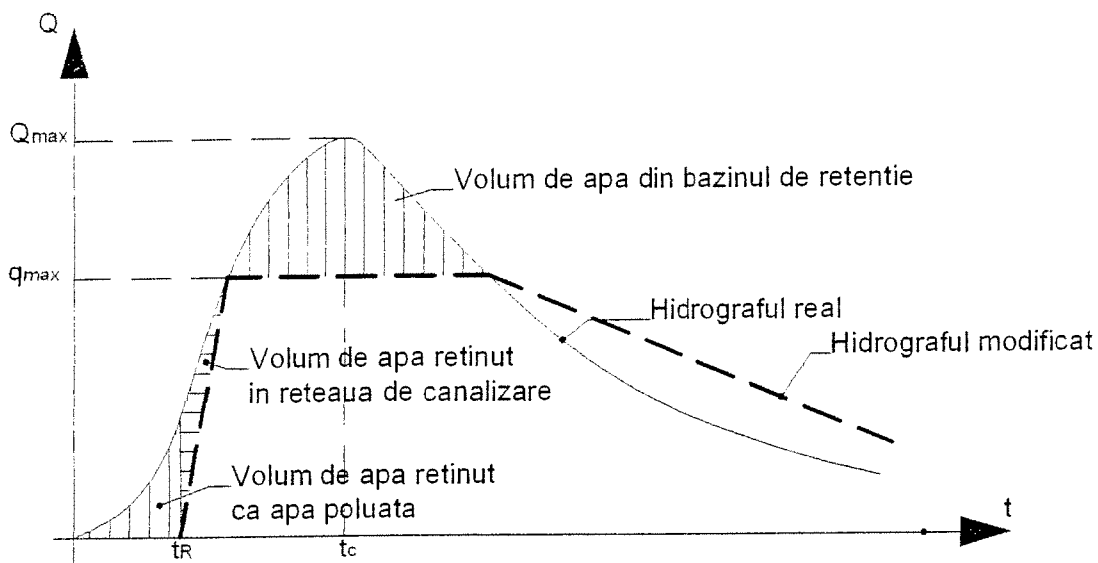


Figura 8. Schema de calcul pentru bazinul de retenție.

În cazul unor volume mari ale bazinului de retenție și pentru rețele în sistem separativ va fi luată în calcul și posibilitatea realizării unui bazin de retenție deschis, încadrat în peisaj.

3. Calitatea apei de ploaie evacuate

Localitatea trebuie gospodărită astfel încât apele meteorice evacuate să nu conțină substanțe periculoase (toxice, patogene, etc.) existente în bazinul de canalizare.

Colectarea acestor substanțe trebuie făcută cu mijloace specifice (mecanice – mecano-chimice). În mod special se va insista pe colectarea cu mijloace specifice la locul de producere.

Când totuși calitatea apei meteorice de pe suprafețele murdare (poluate) depășește valoarea parametrilor de control prevăzută în NTPA 001, apele vor fi tratate total sau parțial. Epurarea parțială poate consta în tratarea primei părți, de regulă mai poluată, a apei colectate sau a întregii cantități de apă pentru unele ploi mici. Aceasta presupune

realizarea de bazine de retenție. Tratarea apei se poate face separat sau în comun cu alte ape.

Reținerea apei meteorice și a poluanților biodegradabili la locul de proveniență trebuie să fie strategia de bază în alcătuirea sistemului.

4. Măsuri constructive pentru intrarea apei în canalizare

Accesul apei în rețeaua de canalizare se face numai prin guri de scurgere sau prin sisteme speciale prevăzute cu grătare dese.

Gurile de scurgere vor fi cu depozit și sifon la rețelele de canalizare în sistem unitar, cu depozit la rețelele amplasate pe suprafețe ce pot produce suspensii, respectiv fără depozit și sifon la suprafețele curate cu rețele de canalizare în sistem separativ.

5. Evacuarea apei meteorice în receptor

5.1 Rețeaua de canalizare în sistem separativ

Apa ajunsă în canalizare va fi evacuată în receptor cât mai repede posibil atunci când nu sunt probleme legate de calitate. Numărul și poziția gurilor de vărsare vor fi stabilite printr-o analiză economică.

Gura de vărsare va fi stabilă constructiv, fiind astfel alcătuită încât să se asigure un amestec rapid și complet cu apa receptorului, iar fluxul de apă sosit lateral în albie să nu provoace erodarea malului opus în ipoteza unor debite extreme pe râu (maxime /minime).

5.2 Rețeaua de canalizare funcționând în sistem unitar

Evacuarea apelor de canalizare se va face în râul receptor, în varianta cea mai convenabilă. Se poate evacua un debit de apă uzată – diluată cu apă meteorică – până la limite la care calitatea apei nu depășește condițiile prevăzute în NTPA 001.

5.3 Rețeaua de canalizare în sistem mixt

Evacuarea apelor se va face după regulile stabilite la punctul 5.1 pentru colectoarele funcționând în sistem separativ și după regulile de la punctul 5.2 când colectoarele funcționează în sistem unitar.

5.4 Pomparea apelor meteorice

Funcție de rezultatul analizei amănunțite a condițiilor de evacuare (debit și nivel apă în râul receptor) apa poate fi evacuată gravitațional (soluție de dorit) sau prin pompare.

Stațiile de pompare vor fi amplasate în zone neinundabile sau vor avea acces neinundabil.

Echiparea cu pompe și alimentarea cu energie va fi astfel făcută încât siguranța în funcționare să fie maximă. În cazul în care alimentarea cu energie nu este suficient de sigură vor fi prevăzute surse de siguranță (generatoare sau motopompe).

În cazuri speciale, când consecințele inundării zonelor urbane sunt mari, vor fi adoptate și soluții de pompare suplimentară cu motopompe fixe sau mobile.

Frecvenței ploii la care se asigură aceste mijloace se adoptă de autoritatea locală pe baza unor studii prin care se evaluează costurile și pagubele pentru fiecare variantă.

ELABORAT

Catedra CH – Prof.dr.ing. R. Drobot

Catedra ISPA – Prof.dr.ing. Al. Mănescu

Asist.drd.ing. A. Cojocar

6. Bibliografie

- [1] Bourrier, R. – Les réseaux d'assainissement, Lavoisier – Tec & D - 1991.
- [2] Diaconu, C., Șerban, P. – Sinteze și regionalizări hidrologice, Ed. Tehnică, 1994.
- [3] Drobot, R., Șerban, P. – Aplicații de hidrologie și gospodărirea apelor, Ed. HGA 1999.
- [4] Stormwater Conveyance. Modeling and Design, 1st Edition, Hasted – Durran – SUA 2003.

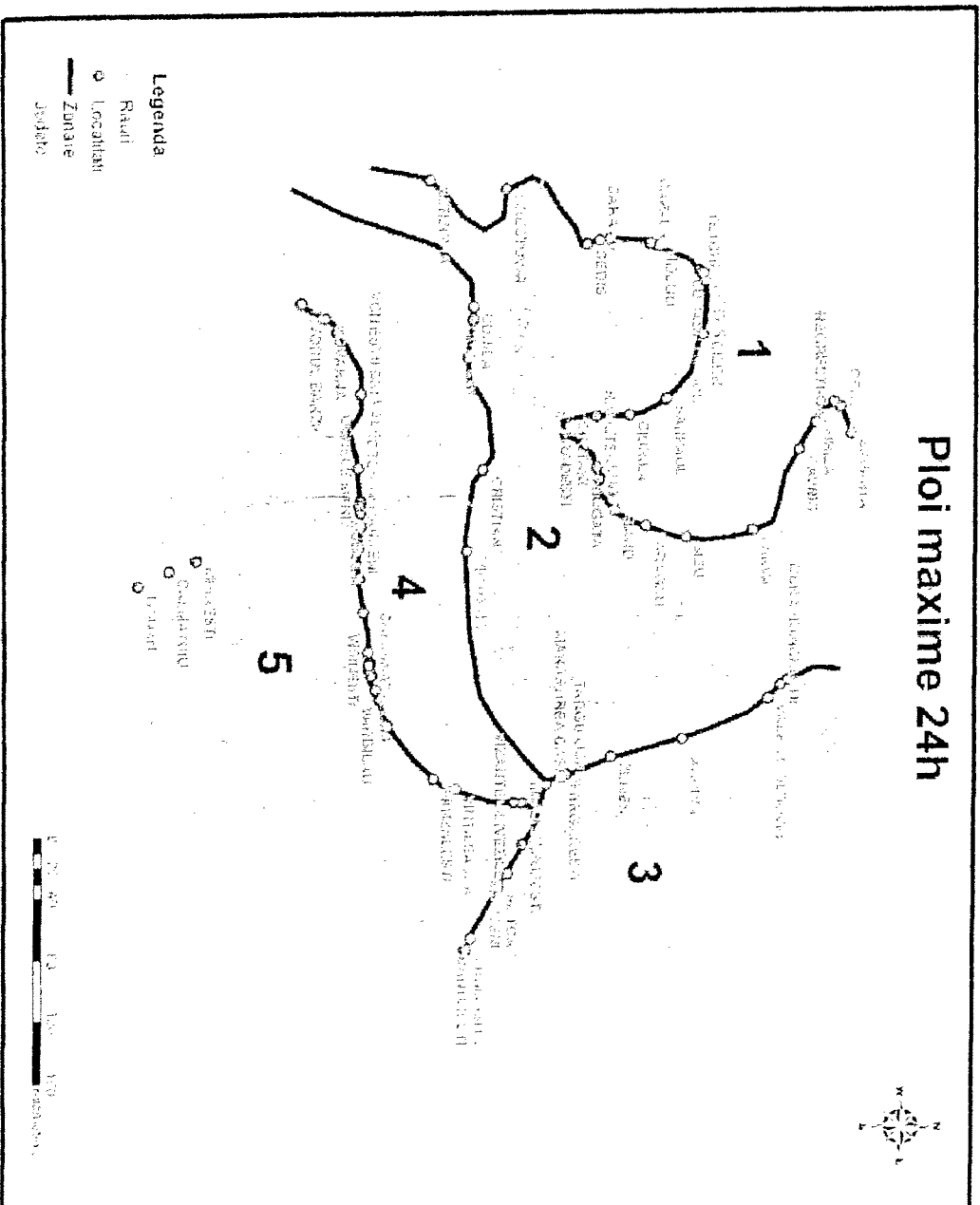
ANEXA 1

Lista orientativă de programe de calcul pentru dimensionarea rețelelor de canalizare pentru ape meteorice

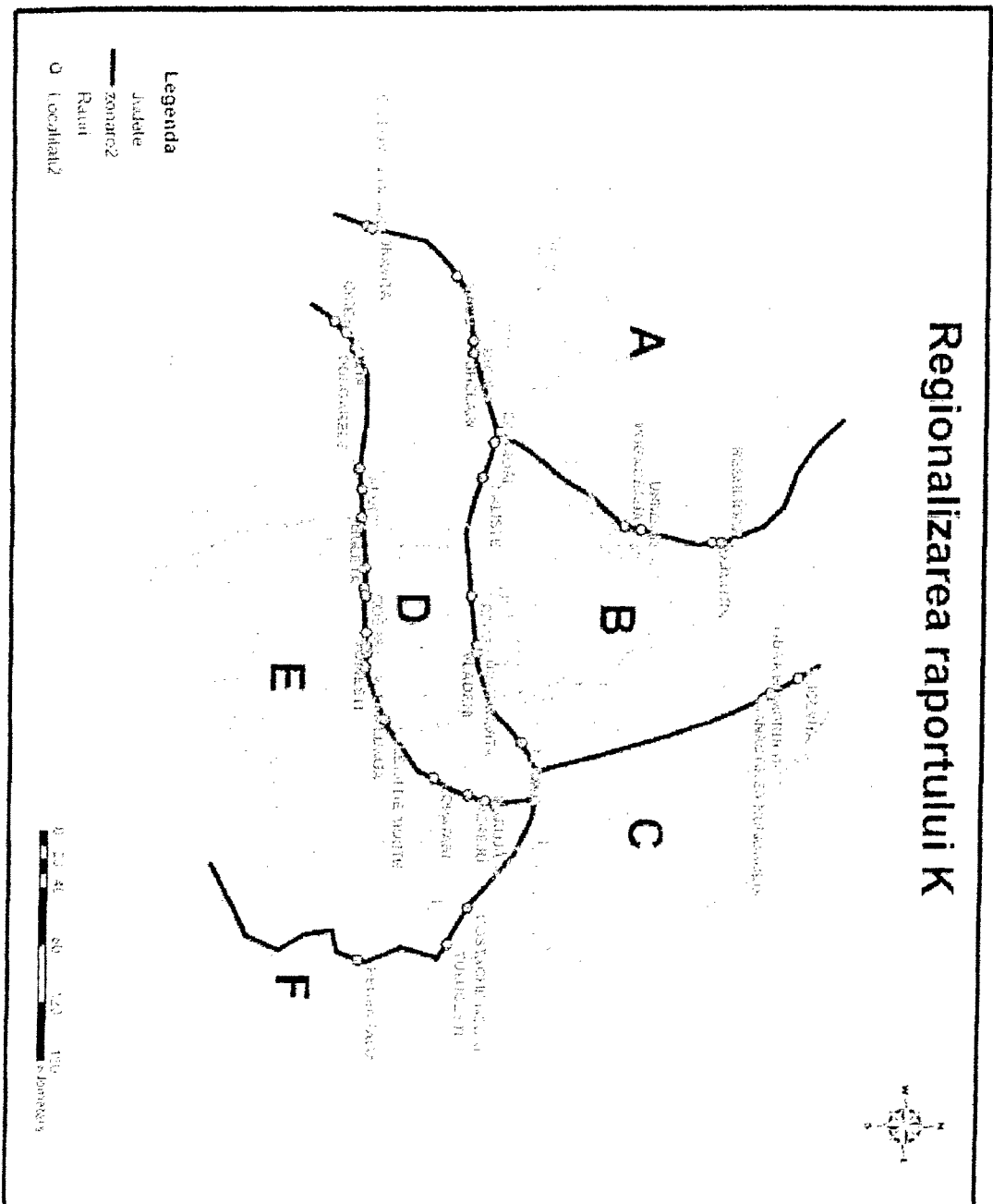
Nr.crt.	Firma / Compania	Denumire program
1	DHI	Mike Urban, Mike Urban Collection Systems, Mouse, Mouse Trap, Mouse Gis
2	Compulation	PCSWMM
3	EPA	SWMM
4	BOSS	StormNET, StormWater, WasteWater
5	MWHSoft	InfoSewer Pro, InfoSWMM v.4, H2OMapSewer Pro, InfoWater, H2OMapWater, H2ONet
6	HAESTED METHODS	StormCAD

ANEXA 2

Zonarea precipitațiilor maxime.



Zonarea parametrului K.



ANEXA 4

Valori specifice ale coeficientului de scurgere C utilizat în SUA.

Nr. crt.	Natura suprafeței	Coeficientul de scurgere C
1	Zone urbane	0.70 – 0.95
2	Zone comerciale	0.50 – 0.70
3	Zone rezidențiale:	
	• case unifamiliale	0.30 – 0.50
	• case comune (condominium)	0.40 – 0.60
	• case cu apartamente	0.60 – 0.80
4	Zone suburbane de locuințe	0.25 – 0.40
5	Zone industriale:	
	• industrie ușoară	0.50 – 0.80
	• industrie grea	0.60 – 0.90
6	Parcuri, centuri verzi, cimitire	0.10 – 0.30
7	Drumuri în parcuri	0.20 – 0.40
8	Spații verzi	0.10 – 0.30
9	Pavaje cu asfalt și beton	0.70 – 0.95
10	Pavaje din piatră cubică	0.70 – 0.80
11	Acoperișuri de clădiri	0.80 – 0.95
12	iarbă pe soluri nisipoase:	
	• cu panta < 2 %	0.05 – 0.10
	• cu panta 2 – 8 %	0.10 – 0.16
	• cu panta > 8 %	0.16 – 0.20
13	iarbă pe soluri argiloase:	
	• cu panta < 2 %	0.10 – 0.16
	• cu panta 2 – 8 %	0.17 – 0.25
	• cu panta > 8 %	0.26 – 0.36