



Małgorzata Pietrak

tel.: +48 662 635 712
e-mail: m.pietrak@hydroprofil.pl
www.hydroprofil.pl

Liczba stron: 15

Data: 20.07.2010r

MODELOWANIE WEZBRAŃ POWODZIOWYCH W MAŁEJ ZLEWNI MIEJSKIEJ


MODEL OPAD-ODPŁYW

Metoda CN-SCS wyznaczania opadu efektywnego
Transformacja w odpływ wg formuły Rao i in.



W górnej części zlewni Potoku Północnego w Radomiu o powierzchni 20km² w czasie 10h wystąpiły ulewne deszcze o wysokości całkowitej 50mm. Ze względu na miejski charakter zlewni, charakteryzującej się wysokim stopniem zurbanizowania, znaczna część wody opadowej spłynęła bezpośrednio do ciek, wywołując gwałtowną reakcję zlewni w postaci wezbrania. Na terenach przylegających do potoku wystąpiły lokalne podtopienia ulic, placów oraz piwnic w budynkach mieszkalnych, wywołujące tym samym wymierne straty gospodarcze.

Jaka była rzeczywista wielkość odpływu w istniejących warunkach meteorologicznych (przy określonej intensywności i wysokości opadu), hydrologicznych (retencja początkowa) oraz topograficznych (przepuszczalność podłoża)?

	<p>Modelowanie wezbrań powodziowych w małej zlewni miejskiej</p>	<p>Małgorzata Pietrak e-mail: m.pietrak@hydroprofil.pl www.hydroprofil.pl</p>
		<p>Nr str.: 2/8</p>

ROZWIĄZANIE

Rozwiązanie niniejszego problemu polega na wyznaczeniu hydrogramu wezbrania, przy wykorzystaniu matematycznych modeli hydrologicznych opad-odpływ.

W obszarach zurbanizowanych, reprezentowanych przez analizowany przypadek, jedną z powszechnie stosowanych metod obliczania opadu efektywnego (czyli tego rzeczywistego, po odjęciu strat na parowanie i wsiąkanie) jest metoda CN-SCS. Uzależnia ona opad od takich czynników jak: rodzaj gleb w zlewni, jej zagospodarowanie, warunki hydrologiczne (stan retencji przed wystąpieniem opadu), które opisuje bezwymiarowy współczynnik CN.

Charakterystyki deszczu:

- | | |
|--|---------------|
| - czas trwania deszczu D | - 10 h |
| - wysokość opadu całkowitego P | - 50 mm |
| - średnie natężenie deszczu I | - 5 mm/h |
| - zmienność natężenie w czasie trwania deszczu | - zmienne |
| - zmienność obszarowa sumy opadu | - równomierna |

I. Obliczenie opadu efektywnego

1. Wyznaczenie parametrów metody CN-SCS

◆ Parametr CN = 80

Wielkość określona zgodnie z tablicami opracowanymi przez autorów metody, na podstawie informacji o zlewni (procentowy udział poszczególnych typów gleb oraz użytkowania).

◆ Parametr S - Maksymalna potencjalna retencja w zlewni

$$S = 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right) = 25,4 \cdot \left(\frac{1000}{80} - 10 \right) = 63,5 \text{ mm}$$

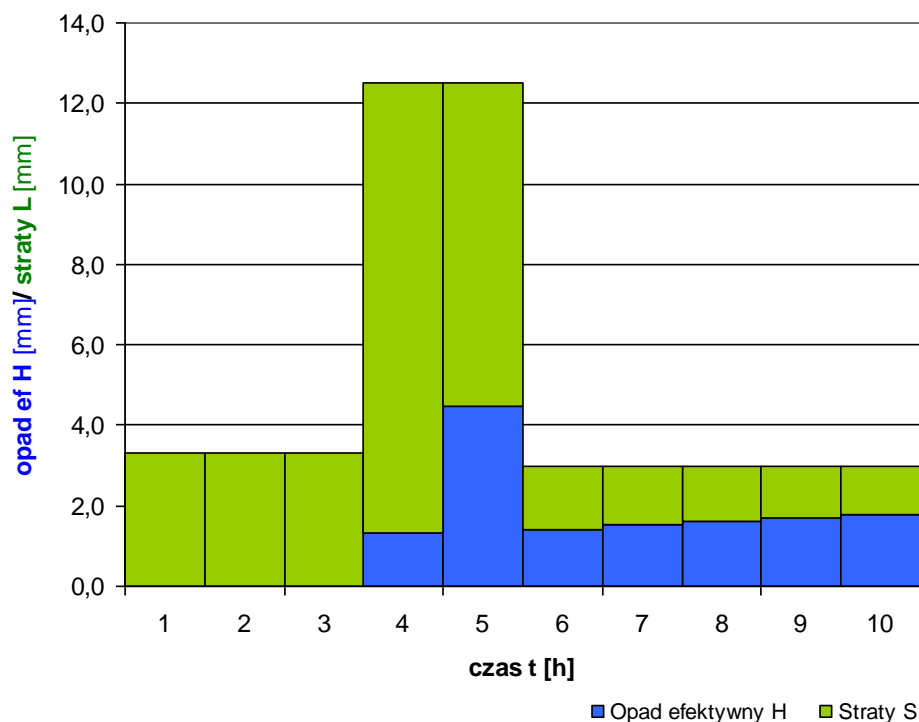
◆ Parametr H - Wysokość opadu efektywnego


$$H = \frac{P_j - 0,2S}{P_j + 0,8S} = \frac{50 - 0,2 \cdot 63,5}{50 + 0,8 \cdot 63,5} = 13,8 \text{ mm}$$

Tab. 1. Wyznaczenie opadu efektywnego metodą CN-SCS

Czas t	Opad całkowity P	delta P	Opad efektywny H	delta H	Straty delta L
[h]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	3	4	5	6	7
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1	3,3	3,3	0,0	0,0	3,3
2	6,7	3,3	0,0	0,0	3,3
3	10,0	3,3	0,0	0,0	3,3
4	22,5	12,5	1,3	1,3	11,2
5	35,0	12,5	5,8	4,5	8,0
6	38,0	3,0	7,2	1,4	1,6
7	41,0	3,0	8,7	1,5	1,5
8	44,0	3,0	10,3	1,6	1,4
9	47,0	3,0	12,0	1,7	1,3
10	50,0	3,0	13,8	1,8	1,2
11	50,0	0,0	13,8	0,0	0,0
12	50,0	0,0	13,8	0,0	0,0
13	50,0	0,0	13,8	0,0	0,0

Rys.1. Hietogram opadu efektywnego H oraz strat S na parowanie i infiltrację



	Modelowanie wezbrań powodziowych w małej zlewni miejskiej	Małgorzata Pietrak e-mail: m.pietrak@hydroprofil.pl www.hydroprofil.pl
		Nr str.: 4/8

W początkowym etapie od rozpoczęcia opadu całkowita objętość wody została stracona na parowanie i infiltrację w głąb profilu glebowego. Dopiero w czwartej godzinie część opadu (6% całkowitej objętości) zaczęła spływać bezpośrednio do cieku.

II. Wyznaczenie reakcji zlewni na zadany opad

Transformację opadu efektywnego w odpływ bezpośredni przeprowadzono wykorzystując metodę Rao i inni, która wiąże wysokość hydrogramu wezbrania z fizjografią zlewni.

1. Określenie parametrów chwilowego hydrogramu jednostkowego IH wg formuły Rao i in.

♦ Czas opóźnienia LAG [h]

$$LAG = 1,28 \cdot A^{0,46} \cdot (1+U)^{1,66} \cdot H^{-0,27} \cdot D^{0,37} = 1,28 \cdot 20^{0,46} \cdot (1+0,2)^{-1,66} \cdot 13,8^{-0,27} \cdot 10^{0,37} = 4,33 \text{ h}$$

gdzie:

U - zurbanizowanie zlewni [-]

♦ Parametr retencji zbiornika k [-]

$$k = 0,56 \cdot A^{0,39} \cdot (1+U)^{0,62} \cdot H^{-0,11} \cdot D^{0,22} = 0,56 \cdot 20^{0,39} \cdot (1+0,2)^{-0,62} \cdot 13,8^{-0,11} \cdot 10^{0,22} = 2,00$$

2. Obliczenie rzędnych chwilowego hydrogramu jednostkowego

Chwilowy hydrogram jednostkowy IUH opisuje proces kształtowanie się wezbrania jako reakcji zlewni na opad dla nieskończenie małych przedziałów czasowych ($\Delta t \sim 0$).

Jego matematyczny zapis wyraża się równaniem:

$$u(t) = \frac{1}{k\Gamma(N)} \cdot \left(\frac{t}{k}\right)^{N-1} \exp\left(-\frac{t}{k}\right)$$

gdzie:

$u(t)$ - rzędna chwilowego hydrogramu jednostkowego [h^{-1}]

t - czas od początku układu współrzędnych [h]

k - parametr retencji zbiornika [h]


N - liczba zbiorników [-]

$\Gamma(N)$ - funkcja gamma, której wartość całkowitej liczby zbiorników wynosi $\Gamma(N) = (N-1)!$

Obliczenia przeprowadzono wykorzystując narzędzia arkusza kalkulacyjnego Excel. Wyniki zestawiono w tab. 2.

3. Obliczenie rzędnych hydrogramu jednostkowego

Rzędne te opisywane są za pomocą następujących równań:

 HYDRO profil	Modelowanie wezbrań powodziowych w małej zlewni miejskiej	Małgorzata Pietrak e-mail: m.pietrak@hydroprofil.pl www.hydroprofil.pl
		Nr str.: 5/8

$$h_i = \frac{A}{3,6} \cdot \bar{u}_i = \frac{A}{3,6 \cdot \Delta t} \int_{t-\Delta t}^t u(\tau) d\tau \quad \text{dla } t = \Delta t \cdot i; \quad i=1,2,\dots, m$$

Obliczenia podobnie jw. wykonano w arkuszu kalkulacyjnego Excel a wyniki zestawiono w tab. 2.



Małgorzata Pietrak


tel.: +48 662 635 712
 e-mail: m.pietrak@hydroprofil.pl
 www.hydroprofil.pl

Liczba stron: 15

Data: 20.07.2010r

Tab. Wyznaczenie hydrogramu wezbrania

Czas t	U(t)	Pow. IUH	Rzędne hi	Rzędne UH hi													Delta H	Odptyw Q
				[h]	[1/h]	[-]	[1/h]	[m3/s]										
1	3			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
0	0	0		0,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
1	0,076	0,030	0,030	0,168	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0
2	0,156	0,151	0,120	0,669	0,168	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0
3	0,180	0,323	0,173	0,959	0,669	0,168	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0
4	0,165	0,498	0,175	0,971	0,959	0,669	0,168	0,000	0	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0
5	0,132	0,647	0,149	0,828	0,971	0,959	0,669	0,168	0,000	0	0	0	0	0	0	0	1,310	0,22
6	0,098	0,762	0,115	0,637	0,828	0,971	0,959	0,669	0,168	0,000	0	0	0	0	0	0	4,486	1,63
7	0,068	0,844	0,082	0,458	0,637	0,828	0,971	0,959	0,669	0,168	0,000	0	0	0	0	0	1,412	4,49
8	0,046	0,901	0,056	0,314	0,458	0,637	0,828	0,971	0,959	0,669	0,168	0,000	0	0	0	0	1,516	6,78
9	0,030	0,938	0,037	0,207	0,314	0,458	0,637	0,828	0,971	0,959	0,669	0,168	0,000	0	0	0	1,610	8,08
10	0,019	0,962	0,024	0,133	0,207	0,314	0,458	0,637	0,828	0,971	0,959	0,669	0,168	0,000	0	0	1,695	8,74
11	0,012	0,977	0,015	0,083	0,133	0,207	0,314	0,458	0,637	0,828	0,971	0,959	0,669	0,168	0,000	0	1,773	9,08
12	0,007	0,986	0,009	0,051	0,083	0,133	0,207	0,314	0,458	0,637	0,828	0,971	0,959	0,669	0,168	0,000	0,000	9,00
13	0,004	0,992	0,006	0,031	0,051	0,083	0,133	0,207	0,314	0,458	0,637	0,828	0,971	0,959	0,669	0,168	0,000	7,97
14				0	0,031	0,051	0,083	0,133	0,207	0,314	0,458	0,637	0,828	0,971	0,959	0,669		6,39
15				0	0	0,031	0,051	0,083	0,133	0,207	0,314	0,458	0,637	0,828	0,971	0,959		4,76
16				0	0	0	0,031	0,051	0,083	0,133	0,207	0,314	0,458	0,637	0,828	0,971		3,35
17				0	0	0	0	0,031	0,051	0,083	0,133	0,207	0,314	0,458	0,637	0,828		2,27
18				0	0	0	0	0	0,031	0,051	0,083	0,133	0,207	0,314	0,458	0,637		1,46
19				0	0	0	0	0	0	0,031	0,051	0,083	0,133	0,207	0,314	0,458		0,85
20				0	0	0	0	0	0	0	0,031	0,051	0,083	0,133	0,207	0,314		0,51
21				0	0	0	0	0	0	0	0	0,031	0,051	0,083	0,133	0,207		0,29
22				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,031	0,051	0,083	0,133		0,14

	<p>Modelowanie wezbrań powodziowych w małej zlewni miejskiej</p>	<p>Małgorzata Pietrak e-mail: m.pietrak@hydroprofil.pl www.hydroprofil.pl</p>
		<p>Nr str.: 7/8</p>

23				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,031	0,051	0,083		0,06
24				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,031	0,051		0
25				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,031		0



Małgorzata Pietrak

tel.: +48 662 635 712
e-mail: m.pietrak@hydroprofil.pl
www.hydroprofil.pl

Liczba stron: 15

Data: 20.07.2010r

Rys. 2. Hydrogram odpływu bezpośredniego (hydrogram wezbrania)

