

Pavel Urcikán
Dušan Rusnák

WYKORZYSTANIE POMIARÓW OMBROMETRYCZNYCH DO OBLICZANIA PRZELEWÓW BURZOWYCH

Jednym z najważniejszych czynników, który należy uwzględnić przy projektowaniu przelewów burzowych jest wartość natężenia przepływu wód deszczowych (Q_{do}) odpływających do oczyszczalni ścieków. Przepływ ten, wraz z przepływem ścieków bytowo-gospodarczych i przemysłowych, przyjmuje się jako miarodajny przy ustalaniu wymiarów obiektów oczyszczalni ścieków. Od przyjętej wartości Q_{do} zależy także stopień ochrony wód odbiornika przed zanieczyszczeniem, spowodowanym zrzutem wód burzowych.

Wartość natężenia przepływu wód deszczowych Q_{do} może być obliczona za pomocą następujących metod:

- współczynnika początkowego rozcieńczenia ścieków (n_{rp}),
- równania bilansu masy zanieczyszczeń,
- deszczu granicznego,
- hydrogramów odpływowych.

Wartość współczynnika n_{rp} ustala się najczęściej szacunkowo, uwzględniając charakterystyczne przepływy oraz jakość wód odbiornika. Przy stosowaniu metody równania bilansu masy zanieczyszczeń przeważnie nie bierze się pod uwagę wpływu warunków lokalnych na wartości wskaźników zanieczyszczenia wód deszczowych (BZT₅ itp.), a wpływ wód burzowych na odbiornik ocenia się wyłącznie na podstawie krótkotrwałego oddziaływania w chwili określonego natężenia przepływu wód deszczowych przez krawędź przelewu.

Obecnie w CSRS wymienione metody modyfikuje się oraz zastępuje metodą deszczu granicznego lub metodą hydrogramów, opracowanych przy pomocy odpowiednich modeli opad-odpływ. Obydwie ostatnie metody pozwalają na uzyskanie danych dotyczących wielkości zrzutów przez przelewy burzowe. Tego rodzaju dane, które można uważać za stosunkowo obiektywne, ułatwiają prawidłowe zarządzanie gospodarką wodną, a rozwój systemów kanalizacyjnych ze zbiornikami retencyjnymi, tak na etapie projektowania jak i budowy, może być bardziej racjonalny.

W niniejszej pracy przedstawiono rezultaty badań prowadzonych w Katedrze Inżynierii Sanitarnej Politechniki w Bratysławie. Badania te dotyczą interpretacji wyników tereno-

wych pomiarów ombrometrycznych, a ich rezultaty pozwalają na szersze zastosowanie metody deszczu granicznego w pracach projektowych w CSRS.

Omówienie wyników badań

Deszcz graniczny definiowany jest jako deszcz o takim natężeniu, przy którym zaczyna się działanie przelewów burzowych. Po przekroczeniu tego natężenia deszczu następuje odpływ mieszaniny ścieków i wód deszczowych z komory przelewowej do burzowca. Natężenie przepływu deszczu granicznego (Q_{do}) odpływającego do oczyszczalni oblicza się według równania:

$$Q_{do} = q_o \cdot F \cdot \Psi \quad [\text{dm}^3/\text{s}] \quad (1)$$

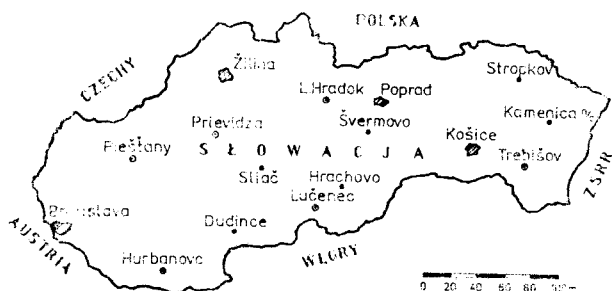
w którym:

- Ψ — współczynnik spływu,
- F — powierzchnia zlewni deszczowej do przelewu burzowego [ha],
- q_o — natężenie deszczu granicznego dającego odpływ do wysokości krawędzi przelewowej [$\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{ha}$].

Liczba odpływów z przelewów burzowych oraz całkowity czas ich trwania zależy od charakterystyki hydrologicznej i hydraulicznej zlewni i sieci kanalizacyjnej. Najważniejszym wskaźnikiem hydrologicznym jest liczba deszczów o natężeniu wyższym niż deszcz graniczny, a także czas trwania tych deszczów.

Pewną pomocą przy ocenie wymienionych wskaźników dla konkretnego obszaru mogą być dane opracowane w formie krzywych sum liczby deszczów o danym i wyższym (przeciętnym) natężeniu w okresie letnim (m_{do}) oraz krzywych sum czasu trwania deszczów o danym i wyższym (przeciętnym) natężeniu w tym samym okresie (T_{do}). Punktem wyjścia przy opracowywaniu tych krzywych były zapisy ombrograficzne z pięcioletnich okresów obserwacji w szesnastu stacjach ombrometrycznych pokrywających całe terytorium Słowacji (rys. 1). W badaniach wykorzystano zapisy ombrograficzne z tzw. okresów letnich, tj. od kwietnia do października każdego roku.

Aby bilans pięcioletniego okresu pracy stacji ombrometrycznej był dostatecznie reprezentatywny, przy jego wyborze brano pod uwagę warunek, aby suma opadów w okresach letnich w trzydziestoleciu 1951÷1980 miała rozpiętość od minimalnej do maksymalnej wartości sumy opadów w wybranym okresie pięcioletnim.



Rys. 1. Rozmieszczenie stacji ombrograficznych na terenie Słowacji.

Obliczone na podstawie zapisów ombrograficznych przeciętne natężenia poszczególnych deszczów oraz czasy ich trwania posłużyły do graficznego opracowania przebiegu krzywych sum czasu trwania deszczów (T_{do}) oraz krzywych sum liczby deszczów (m_{do}) w okresie letnim.

Z krzywych sum liczby deszczów o danym i wyższym (przeciętnym) natężeniu $q_o = f(m_{do})$ dla $m_{do} \in \langle 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 90, 120 \rangle$ oraz z krzywych sum czasu trwania deszczów $q_o = f(T_{do})$ dla $T_{do} \in \langle 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 90, 120 \text{ i } 180 \text{ h} \rangle$ obliczono natężenia deszczów q_o dla poszczególnych wartości m_{do} i T_{do} . Przez połączenie wartości natężenia deszczów o jednakowej częstotliwości otrzymano dla każdej stacji ombro-

metrycznej pięć krzywych sum czasu trwania deszczów o danym i wyższym natężeniu i częstotliwościach $p_o = 0,2, 0,4, 0,6, 0,8$ i $1,0$ oraz pięć krzywych sum liczby deszczów o danym i wyższym natężeniu i tych samych częstotliwościach (rys. 2 i 3).

W celu matematycznego opisu zależności pomiędzy danym (przeciętnym) natężeniem a czasem trwania deszczów o tym i większym natężeniu dla różnych częstotliwości, przeanalizowano model w postaci następującego równania:

$$q_o = \frac{K}{(T_{do} + B)^a} - C \quad [\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{ha}] \quad (2)$$

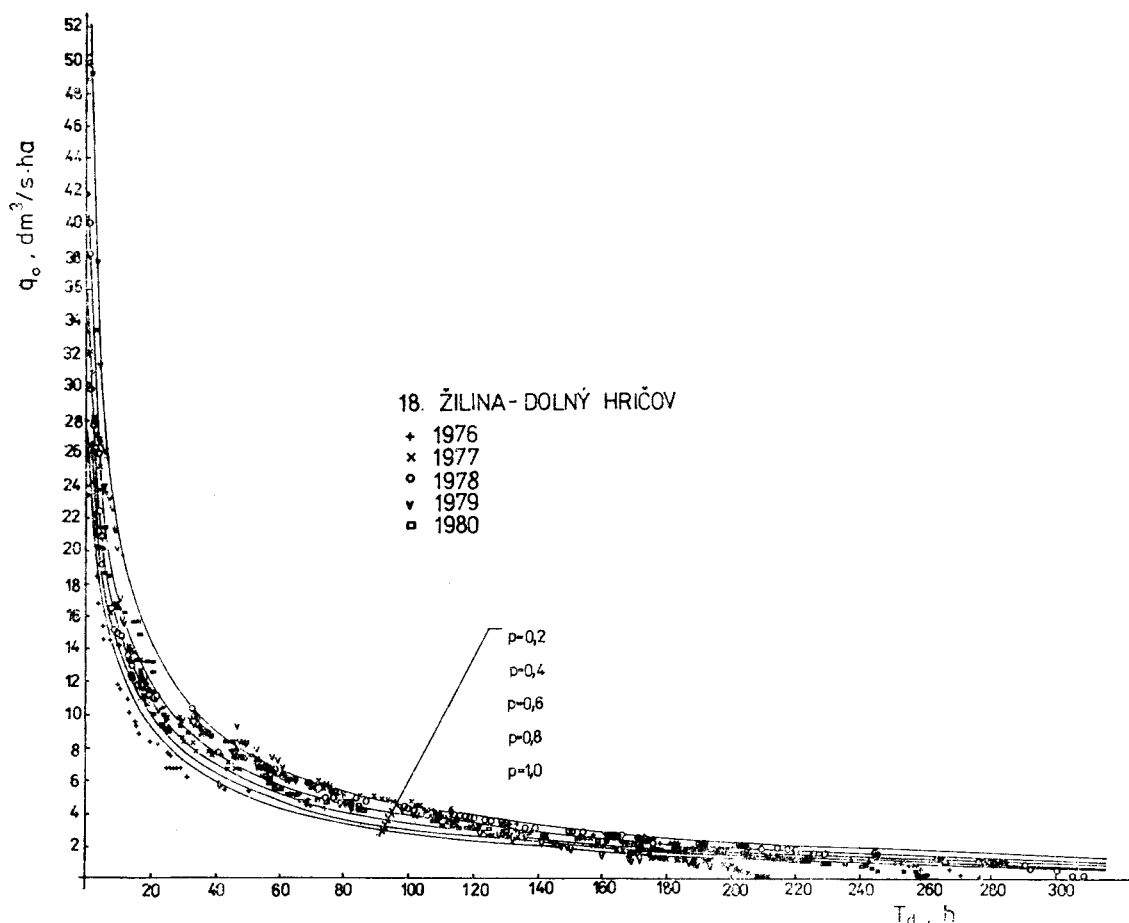
w którym:

$$K = q_{15} (15 + B)^a \cdot p_o^\gamma \quad (3)$$

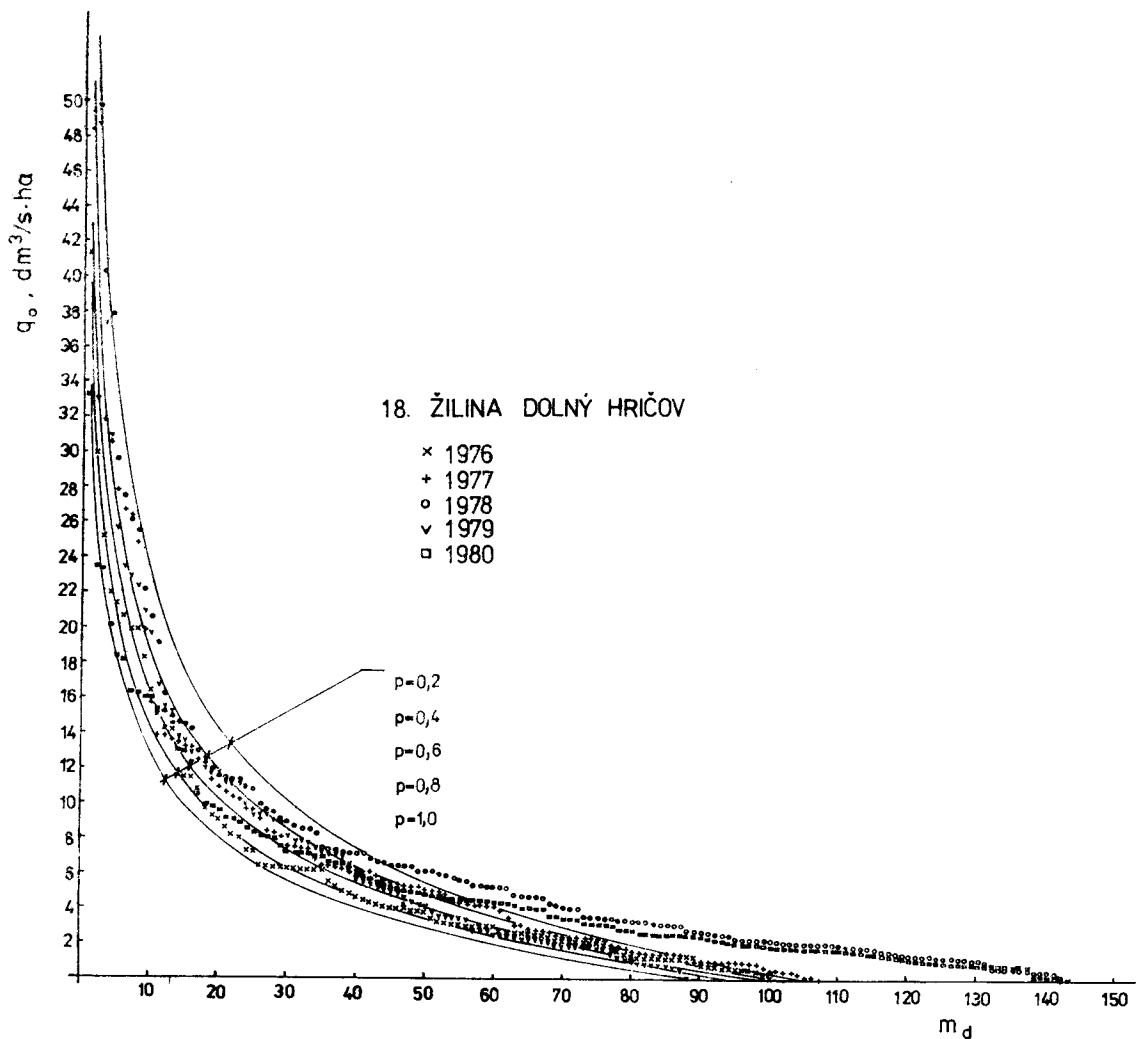
$$a = a_p a_1 \quad (4)$$

natomiast K , a , B , q_{15} , a , a_1 , γ , C są parametrami lokalnymi modelu; T_{do} — sumaryczny czas trwania deszczów o danym i wyższym natężeniu [h], p_o — częstotliwość.

Weryfikacja równań (2), (3) i (4) wykazała dużą zgodność wartości obliczonych z wartościami doświadczalnymi q dla krzywych sum czasu trwania deszczów T_{do} . Na rysunku 2 przedstawiono układ punktów doświadczalnych T_{do} oraz krzywych symulowanych matematycz-



Rys. 2. Krzywe sum czasów trwania deszczów o danym i wyższym natężeniu w okresie letnim.



Rys. 3. Krzywe sum liczby deszczów o danym i wyższym natężeniu w okresie letnim.

nie (linie ciągłe), obliczonych wg równań (2), (3) i (4). Dane dotyczą stacji ombrometrycznej w Żilinie oraz następujących (statystycznie obliczonych) wartości parametrów lokalnych: $q_{15} = 13,437 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{ha}$, $\alpha = 0,449$, $\alpha_1 = -0,12$, $\gamma = -0,405$, $B = 1,573$, $C = 2,8 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{ha}$.

Pozytywne rezultaty uzyskano także dla matematycznego opisu przebiegu krzywych sum liczby deszczów o danym i wyższym (przeciętnym) natężeniu (m_{do}), przy pomocy modelu o podobnej postaci:

$$q_0 = \frac{K'}{(m_{do} + B')^{\alpha'}} - C' \quad [\text{dm}^3/\text{s} \cdot \text{ha}] \quad (5)$$

w którym:

$$K' = q'_{15} (15 + B')^{\alpha'} \cdot p_0 \gamma' \quad (6)$$

$$\alpha' = \alpha' p_0 \alpha_1 \quad (7)$$

natomiast K' , α' , B' , q'_{15} , α' , α_1 , γ' , C' są parametrami lokalnymi modelu; m_{do} — liczba deszczów o danym lub wyższym natężeniu q_0 .

Na rysunku 3 przedstawiono doświadczalne punkty m_{do} oraz krzywe symulowane matematycznie przy pomocy równań (5), (6) i (7) (linie ciągłe), dla poszczególnych wartości częstotliwości (p_0). Wartości statystycznie obliczonych

parametrów lokalnych były następujące: $q'_{15} = 30,02 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{ha}$, $\alpha' = 0,222$, $\alpha'_1 = -0,225$, $\gamma' = -0,306$, $B' = 0,07$, $C' = 20,13 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{ha}$.

Dla każdej stacji ombrometrycznej, na podstawie ogólnej sumy opadów w poszczególnych okresach letnich oraz odpowiednich wartości ich częstotliwości, wyznaczono poprzez interpolację charakterystyczną wartość częstotliwości p_0 , odpowiadającą przeciętnej sumie opadów z okresów letnich 30-lecia 1951÷1980. Zaleca się stosowanie częstotliwości p_0 dla poszczególnych krzywych sumowych w odpowiednich stacjach ombrometrycznych. Wówczas równania modeli matematycznych upraszczają się odpowiednio do postaci równań (2) i (5). Dla przykładu, w stacji ombrometrycznej w Żilinie otrzymano w ten sposób dla częstotliwości $p_0 = 0,323$ następujące wartości parametrów lokalnych: $K = 74,41$, $B = 1,573$, $\alpha = 0,514$, $C = 2,8 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{ha}$ oraz $K' = 77,41$, $B' = 0,07$, $\alpha' = 0,286$, $C' = 20,13 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{ha}$.

Miarodajną wartość q_0 do równania (1) można wyznaczyć z proponowanej krzywej sum czasu trwania deszczów (T_{do}) poprzez odczytanie na niej punktu, w którym pionowa część krzywej przechodzi w łuk, tj. punktu gdzie krzywa ma minimalną krzywiznę. Miarodajną wartość q_0 można również wyznaczyć analitycznie na pod-

stawie równania (2). Dla Žiliny wartość ta wynosi $q_0 = 19,7 \text{ dm}^3/\text{s} \cdot \text{ha}$. Wartości tej odpowiada prawdopodobny czas działania przelewów $T_{do} = 8,8 \text{ h}$ (dla przeciętnego okresu letniego w trzydziestoleciu). Stosownie do warunków sanitarnych odbiornika ścieków można wartość q_0 zmieniać, w zależności od klasy czystości i możliwości samooczyszczania odbiornika.

Prawdopodobną objętość zrzutów ścieków deszczowych z przelewów burzowych $V_0 [\text{m}^3]$ w okresie letnim można obliczyć za pomocą równania:

$$V_0 = 3,6 F_{pz} \frac{K}{1-a} \left[(T_{do} + B)^{1-a} - B^{1-a} - \frac{(1-a) T_{do}}{(T_{do} + B)^a} \right] \quad (8)$$

w którym K , B , a są parametrami lokalnymi jak w równaniu (2); T_{do} — prawdopodobny czas działania przelewów w okresie letnim w wieloleciu [h]; F_{pz} — uszczelniona powierzchnia spływu powyżej przelewu burzowego [ha].

Podsumowanie

Parametry hydrauliczne przelewów burzowych (T_{do} , m_{do} , V_0) wyznaczone bezpośrednio z pomiarów ombrometrycznych przy pomocy równań (2), (5) i (8) są wartościami przybliżonymi, gdyż nie ujmują rzeczywistego czasu działania przelewów burzowych, rzeczywistej częstotliwości pracy przelewów burzowych i rzeczywistej objętości zrzutów burzowych. Wartości rzeczywiste tych parametrów wynikają z konkretnych hydrogramów odpływu.

Pomimo tego w powyższy sposób można wyznaczyć wskaźniki hydrologiczne dla małych obszarów skanalizowanych, określonych usytuowaniem przelewów burzowych i zbiorników retencyjnych. Pozwala to projektantom systemów kanalizacyjnych lepiej uwzględniać warunki hydrologiczne panujące na poszczególnych obszarach, niż w przypadku stosowania metody współczynnika rozcieńczenia ścieków lub też metody równania bilansu masy zanieczyszczeń.

STORM OVERFLOW DESIGN ON THE BASIS OF OMBROMETRIC DATA

The limit rain method proposed for the calculations of storm overflows makes it possible to quantify the storm flow discharge, the duration of outflow and the frequency of service. To evaluate these parameters

for an actual area, cumulative curves have been plotted for the duration and number of rainfalls in the summer seasons (April-October) from 1951 to 1980. The relations have been described by mathematical models and verified for the territory of Slovakia. The agreement between simulated and empirical values is good.