

## NIŻÓWKI I WEZBRANIA GÓRNEJ WILGI

Ewa KAZNOWSKA<sup>1)</sup>, Łukasz CHUDY<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska

<sup>2)</sup> Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie

*Słowa kluczowe: niżówki, odpływ rzeki, roztopy, wezbrania, zlewnie reprezentatywne*

### Streszczenie:

W artykule przedstawiono analizę niżówek i wezbrań górnej Wilgi po profil Oziemkówka w latach 1977–2003 oraz dodatkowo opis wezbrania z 2005 r. W latach 1976–2000 ta rolnicza zlewnia, o powierzchni 232 km<sup>2</sup>, położona na Wysoczyźnie Żelechowskiej, była specjalną zlewnią badawczą IMGW. Obecnie bogaty program pomiarowy został zlikwidowany, jedynie wodowskaz Oziemkówka wraz z przelewem włączono do sieci standardowych posterunków IMGW.

Za minimalny czas trwania niżówki przyjęto 10 dni. Parametry niżówek wyznaczono, stosując cztery poziomy odcięcia  $Q_{70\%}$  (przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia 70%),  $Q_{90\%}$  (przepływ o prawdopodobieństwie przewyższenia 90%),  $WNQ$  (przepływ największy z minimów rocznych) i  $SNQ$  (przepływ średni z minimów rocznych). Parametry wezbrań obliczono dla przyjętych – wyznaczonych z hydrogramów przepływu – okresów trwania wezbrań. Objętości szczytów fal wezbraniowych obliczono, „odcinając” szczyty przepływem  $SWQ$  (średni z maksimów rocznych).

Stosując poziom odcięcia  $Q_{70\%}$ , stwierdzono że najdłużej – ponad 150 dni – trwały niżówki w latach: 1983, 1989, 1991, 1993 i 2003, a ich deficyty odpływu wynosiły ok. 2 mln m<sup>3</sup>. Czas trwania najdłuższych niżówek wyznaczonych, za pomocą  $Q_{90\%}$ , wynosił od 69 do 111 dni, w związku z czym deficyt osiągnął wartość 0,4–0,7 mln m<sup>3</sup>.

Wezbrania górnej Wilgi najczęściej występują w miesiącach wczesnowiosennych i zimowych. Podczas największych wezbrań w latach: 1977, 1979, 1982 i 2005 przepływy maksymalne przekraczały 30 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. Największą objętością odpływu – ponad 30 mln m<sup>3</sup> – odznaczało się wezbranie roztopowe w 1979 r. Szczyty największych fal wezbraniowych trwały od 64 do 158 godzin, a ich objętości wynosiły od 1,1 do 5,3 mln m<sup>3</sup>.

W artykule rozważono również możliwość budowy zbiornika retencyjnego na górnej Wildze, gromadzącego ok. 1 mln m<sup>3</sup> wody, co umożliwiłoby zwiększenie przepływów niżówkowych do poziomu  $Q_{90\%}$ . Do zmniejszenia największych wezbrań do  $SWQ$  niezbędne jest zapewnienie rezerwy

---

Adres do korespondencji: dr inż. E. Kaznowska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Wydział Inżynierii i Kształtowania Środowiska, ul. Nowoursynowska 159, 02-787 Warszawa; tel. +48 (22) 593-53-23, e-mail: Ewa\_Kaznowska@sggw.pl

powodziowej, przekraczającej 2,8 mln m<sup>3</sup>, co wydaje się niemożliwe. Projektowana retencja zbiornikowa powinna być poprzedzona analizą skutków przyrodniczych oraz zmian jakości wody w zbiorniku i w Wildze.

## WSTĘP

Zasoby wodne małych rzek, szczególnie nizinnych, mają podstawowe znaczenie w środowisku przyrodniczym i w gospodarce. Ponad 90% powierzchni Polski ma charakter nizinny (<300 m n.p.m.). Woda z tego terenu w znacznej części odpływa małymi rzekami. Rozpoznanie i dokładna analiza niżówek i wezbrań takich rzek stanowią podstawę do działań wodnogospodarczych w zlewniach i do projektowania oraz przewidywania inwestycji nie tylko hydrotechnicznych, ale i inwestycji w infrastrukturę zlokalizowaną w dolinach rzek.

Celem pracy jest analiza niżówek i wezbrań w dorzeczu górnej Wilgi w profilu hydrologicznym Oziemkówka na podstawie hydrogramów przepływu w wieloleciu 1977–2003.

## ZLEWNIA BADAWCZA

Wilga jest prawobrzeżnym dopływem środkowej Wisły. Powierzchnia całej zlewni Wilgi wynosi 569 km<sup>2</sup>, natomiast jej górna część, do profilu hydrologicznego Oziemkówka, obejmuje powierzchnię 232 km<sup>2</sup>. Zlewnia górnej Wilgi [JAWORSKI, SOCZYŃSKA, 1979; SOCZYŃSKA, 1979] znajduje się na wznoszącej się od 150 do 200 m n.p.m., falistej równinie Wysoczyzny Żelechowskiej [KONDRACKI, 2002]. Średnia wysokość zlewni wynosi 165 m n.p.m., a średnie nachylenie jej stoków 2,51‰. Długość rzeki po profil Oziemkówka wynosi 27,3 km, a jej średni spadek – 1,15‰. W górnej części Wilga jest uregulowana, a jej płaska i szeroka dolina zmeliorowana. W dolnej części, od profilu Oziemkówka, dolina jest zwarta i dość wąska [Dynamika..., 1999]. Zlewnia jest użytkowana głównie rolniczo, przeważają grunty orne (66,8%). Lasy stanowią 15,2% powierzchni [CHOJNOWSKA, 1979]. Roczne sumy opadów w wieloleciu 1977–2004 na stacji w Jarczewie wynoszą średnio 568 mm, z czego 62% przypada na półrocze letnie.

## METODY BADAŃ

Doświadczenia IMGW w pierwszych latach badań odpływu Wilgi, prowadzonych w profilu Oziemkówka, wskazały że jedynie przelew pomiarowy<sup>1)</sup> zapewnia

<sup>1)</sup> Przelew w profilu Oziemkówka – największe tego typu urządzenie pomiarowe w Polsce, wybudowane w drugiej połowie lat 70. XX w. na podstawie projektu CBSiPWIM. Przelew jest pięciodzielnny, środkowe światło o szerokości 3,0 m położone jest najniżej, na rzędnej 139,98 m n.p.m., dwa sąsied-

wymaganą dokładność oceny przepływów w całym zakresie ich zmienności [Dynamika..., 1999]. W celu wytarowania przelewu w laboratorium „Hydroprojektu” we Włocławku wykonano model przelewu w skali 1 : 66,6, ponadto wykonano również wiele pomiarów przepływu w pełnym zakresie jego zmienności [SZKUTNICKI, 1995].

Niżówka jest to okres utrzymywania się niskich przepływów w rzece na skutek deficytu zasilania, spowodowanego brakiem opadów, intensywnym parowaniem lub długotrwałym mrozem. DĘBSKI [1970] przyjmuje za niżówkę proces trwający co najmniej kilkanaście dni, w którym stany wody układają się poniżej strefy stanów średnich. Natomiast OZGA-ZIELIŃSKA [1990] podkreśla brak możliwości sformułowania genetycznie uzasadnionej definicji niżówki. Proponuje definicję umowną, w której niżówką nazywa taki stan, gdy przepływy są równe i niższe od założonego przepływu granicznego. W celu określenia wartości poziomu odcięcia wyróżnia kryteria hydrologiczne lub gospodarcze, dobierane w zależności od celu opracowania. W literaturze za przepływ graniczny niżówki przyjmuje się różne wartości przepływów charakterystycznych, w literaturze polskiej – często wartość średnią z minimów rocznych  $SNQ$ , stosowaną między innymi przez BOBIŃSKIEGO i MEYERA [1992] oraz FARAT i in. [1995].

Zdefiniowanie procesu wymaga nie tylko ustalenia przepływu granicznego, ale też minimalnego czasu jej trwania, który wg BYCZKOWSKIEGO [1999] wynosi 10–20 dni. Na potrzeby analiz przedstawionych w artykule za niżówkę uznano zjawisko trwające co najmniej 10 dni, w którym przepływy nie przekraczają granicznego przepływu niżówkowego. Do badań wybrano 4 poziomy odcięcia: przepływy  $Q_{70\%}$  i  $Q_{90\%}$  (przepływy o prawdopodobieństwie przewyższenia 70 i 90%), odczytane z krzywej sum czasów trwania wraz z wyższymi, zastosowane do analizy niżówek przez grupę roboczą IHP UNESCO FRIEND2 [Friend..., 2002; KASPRZYK, KUPCZYK, 1996; POKOJSKI, 2002], oraz przepływy charakterystyczne  $WNQ$  (wartość maksymalna z minimów rocznych) i  $SNQ$ .

Na podstawie hydrogramów przepływu wyznaczono za pomocą programu „Nizowka2003” [JAKUBOWSKI, 2005; JAKUBOWSKI, RADCZUK, 2004] trzy parametry ilościowe niżówek: przepływ minimalny  $Q_{min}$ , przepływ średni  $Q_{srm}$ , objętość deficytu  $V_n$ , rozumianą jako różnica między wartościami kolejnych przepływów chwilowych a przepływem granicznym niżówki, oraz czas jej trwania  $T_n$ .

Za wezbranie rzeki uznaje się proces wzrostu stanów wody wywołany bądź zwiększonym zasilaniem, bądź utrudnionym odpływem [BYCZKOWSKI, 1999; MIKULSKI, 1965]. Dzięki tej definicji można wyodrębnić wezbrania, w których zwiększenie przepływu jest wywołane zwiększonym zasilaniem bez ścisłego rozpatrywania jego genezy. Analiza pochodzenia wód odpływających ciekami w cza-

---

nie – mające po 3 m szerokości 0,3 m – wyżej, a dwa skrajne, szerokości po 10 m – najwyżej, na rzędnej 141,08 m n.p.m. Przelew umożliwia określenie przepływu Wilgi z dokładnością ok. 5% w całym zakresie zmienności.

się wezbrań [HORTON, 1933] nadal jest otwartym problemem w hydrologii [BAJKIEWICZ-GRABOWSKA, MIKULSKI, 1984; SŁUPIK, 1981] i stanowi przedmiot wielu eksperymentalnych<sup>2)</sup> badań, w tym nielicznych prowadzonych w Polsce [SŁUPIK, 1970; SZYMCZAK, 1993; SZYMCZAK, SZELENBAUM, 2003b], a także opracowań normalizacyjnych [DIN 4049, 1979].

Rozważając przebieg wezbrania, stwierdzamy że woda początkowo dopływa do koryta najszybszymi drogami [SZYMCZAK, 2004], w tym bezpośrednio przez zasilanie koryta rzeczno opadem, następnie w formie odpływu: powierzchniowego, podpowierzchniowego [SZYMCZAK, SZELENBAUM, 2003a, b] i gruntowego. Wzajemny układ wielkości, czasu trwania i tempa reakcji tych form odpływu jest specyficzną cechą każdej zlewni i każdego incydentu wezbraniowego, gdyż rozkład czasowo-przestrzenny opadów i sytuacja hydrometeorologiczna w zlewni oraz np. stan rozwoju szaty roślinnej stanowią zespół charakterystyk niepowtarzalnych w czasie i przestrzeni. Formułując tę myśl inaczej – nie ma dwóch wezbrań uformowanych w takich samych warunkach. Można mówić jedynie o podobieństwie warunków formowania, a także o podobnym przebiegu wezbrań czy też kształtów fal wezbraniowych. Uściślenie w definicji, że wezbranie występuje wówczas, gdy rzeka zasilana jest odpływem powierzchniowym, wydaje się zbyt uogólnieniem, gdyż w niektórych nizinnych zlewniach leśnych czy bagiennych trudno w ogóle rozważać istnienie odpływu powierzchniowego, a mimo to występują tam wezbrania. Podejście, wskazujące że wezbranie to okres, w którym rzeką płynie więcej wody niż pewna ustalona wartość przepływu [OZGA-ZIELIŃSKA, BRZEZIŃSKI, 1994], jest wprawdzie jednoznaczne i ułatwia analizy statystyczne, jednak oddala hydrologów od poznania natury procesu i utrudnia szczegółowe analizy<sup>3)</sup>.

Przyjęcie przepływu  $NWQ$  (minimalny z maksimum rocznych) za przepływ graniczny wezbrań górnej Wilgi w profilu Oziemkówka umożliwia przeanalizowanie występowania wezbrań w czasie i stwierdzenie ich znacznej liczby. Przepływ  $NWQ$ , który wystąpił w 1992 r., wynosił nieco ponad  $2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a jego porównanie z wartościami  $SWQ$  –  $13,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (średni z maksimum rocznych) bądź też  $WWQ$  –  $41,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (maksymalny z maksimum rocznych) wskazuje, że przyjęta na potrzeby analizy wezbrań wartość graniczna  $NWQ$  jest zbyt mała.

W przedstawionej w dalszej części artykułu analizie liczby incydentów wezbraniowych zastosowano dwie wartości przepływu granicznego oraz dodatkowo subiektywnie wyznaczono liczbę wezbrań w poszczególnych latach na podstawie przebiegu hydrogramów przepływów. Graniczne wartości przepływu przyjęto na wspomnianym wcześniej poziomie  $NWQ$  i  $SWQ$ . Poziom, odpowiadający warto-

<sup>2)</sup> Więcej prac na temat badań eksperymentalnych w karpacczych zlewniach Homerki (dopływ Kamienicy, dorzecze Dunajca) i Bystrzanki (dopływ Ropy, dorzecze Wisłoki) można znaleźć w pracy SŁUPIKA [1981].

<sup>3)</sup> Dodatkową komplikacją jest istnienie kilku różnych metod wyznaczania przepływu granicznego wezbrania.

ściom *NWQ* i *SWQ* służył do oceny liczby wezbrań i do graficznego wyznaczenia przepływów większych od niego.

Hydrogram był podstawą analizy charakterystyk wezbrań: początku, końca, czasu trwania i całkowitej objętości fali. Ponadto przyjęto poziom odcięcia szczytu fali wg *SWQ* – przepływ powyżej tej wartości powoduje szkody i straty gospodarcze.

## WYNIKI BADAŃ

### CHARAKTERYSTYKA NIŻÓWEK

Najdłużej trwające niżówki górnej Wilgi występowały nieregularnie – co roku (na przykład w kolejnych latach: 1991, 1992, 1993), co 2 (1989 i 1991), 6 (1983 i 1989) i 10 lat (1993 i 2003). Przepływy niższe od *WNQ*, trwające co najmniej 100 dni, stwierdzono w latach: 1989, 1991 i 2003, zaś przepływy nieprzekraczające  $Q_{70\%}$  dłuższe niż 150 dni – w latach: 1983, 1989, 1991, 1993 i 2003. Najgłębsze niżówki, wyznaczone według  $Q_{90\%}$ , zanotowano w latach: 1983, 1989, 1991, 1992 i 2003 (tab. 1).

**Tabela 1.** Parametry wybranych niżówek górnej Wilgi w profilu Oziemkówka w latach 1977–2003 – poziom odcięcia  $Q_{90\%} = 0,29 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

**Table 1.** Parameters of selected low flows in the years 1977–2003 in upper Wilga River to Oziemkówka gauge – truncation level  $Q_{90\%} = 0.29 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

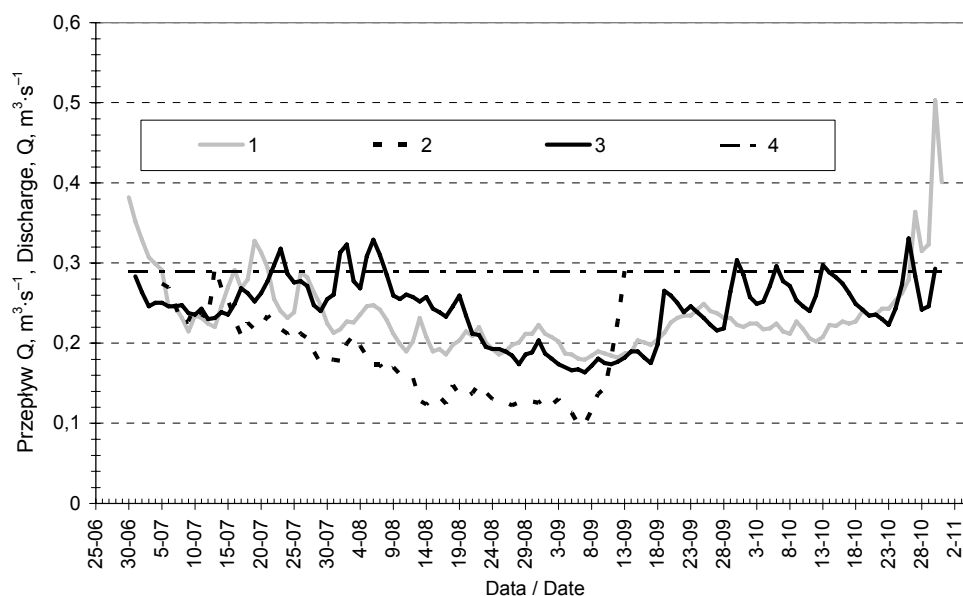
Data wystąpienia Time of occurrence	Parametry niżówki Parameters of low flow		
	$V_n$ tys. $\text{m}^3$ thous. $\text{m}^3$	$T_n$ dni    days	$Q_{\text{śrn}}$ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$
04.07–09.11.1983	406	70	0,224
26.06–04.09.1989	465	70	0,216
25.05–03.07.1990	130	36	0,256
15.07–07.09.1990	289	53	0,231
05.07–26.10.1991	658	111	0,225
29.06–06.09.1992	693	69	0,177
15.07–09.08.1994	201	26	0,202
15.07–28.08.1995	326	45	0,207
18.08–26.09.2002	205	37	0,232
01.06–29.09.2003	534	110	0,242

Objaśnienia:  $V_n$  – deficyt wody;  $T_n$  – czas trwania niżówki;  $Q_{\text{śrn}}$  – przepływ średni niżówki.

Explanations:  $V_n$  – volume of water deficit;  $T_n$  – duration of low flow;  $Q_{\text{śrn}}$  – average discharge of low flow.

W latach 1977–2003 największą liczbę niżówek (62) zanotowano, gdy zastosowano poziom odcięcia  $Q_{70\%}$  ( $0,44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), o połowę mniej – 31 przypadków, gdy za wartość graniczną przyjęto przepływ  $WNQ$  ( $0,32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), natomiast gdy  $Q_{90\%}$  ( $0,29 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), to ich liczba wyniosła 25, a gdy  $SNQ$  ( $0,21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) – jedynie 10. Niżówki górnej Wilgi najczęściej zdarzają się w lipcu i sierpniu i trwają do pierwszej dekady września. Hydrogramy przepływu w półroczu zimowym, odcięte na poziomie przepływu granicznego  $Q_{70\%}$  i  $WNQ$ , ujawniają niżówki.

Deficyty wody, obliczone według poziomu odcięcia  $Q_{90\%}$ , nie przekraczały  $0,7 \text{ mln m}^3$ , co wymaga objętości użytkowej ( $0,7 \text{ mln m}^3$ ) zbiornika retencyjnego, zapewniającego wyrównanie odpływu górnej Wilgi. Zmniejszenie granicznego przepływu do wartości  $SNQ$  powoduje, że deficyt odpływu jest przeszło dwukrotnie mniejszy ( $0,25 \text{ mln m}^3$ ). W celu zapewnienia przepływu w okresie niżówek, odciętych na hydrogramach na poziomie  $Q_{70\%}$ , odpowiedni jest natomiast zbiornik retencyjny o pojemności 10 razy większej, co – z uwagi na ograniczone możliwości budowy takiego zbiornika w dolinie Wilgi – wydaje się zbyt dużą objętością. Zbiornik o pojemności użytecznej mniejszej niż  $2,5 \text{ mln m}^3$  nie mógłby więc w czasie niżówek zapewnić odpływu wynoszącego  $0,44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ <sup>4)</sup>.



Rys. 1. Hydrogramy przepływu Wilgi w profilu Oziemkówka podczas niżówek w latach 1991 (1), 1992 (2), 2003 (3); 4 – poziom odcięcia  $Q_{90\%}$

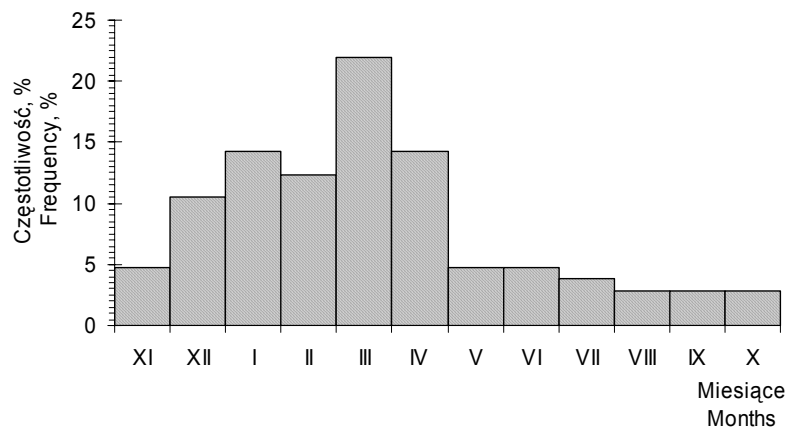
Fig. 1. Discharge hydrographs of the Wilga River to Oziemkówka gauge in the period of low flows in 1991 (1), 1992 (2), 2003 (3) years; 4 – truncation level  $Q_{90\%}$

<sup>4)</sup> Dokładniejszej analizie wymagają obliczenia dopływu i odpływu ze zbiornika na podstawie krzywych sumowych oraz uwzględnienia parowania i infiltracji (por. Metodyka..., [1995]).

Najgłębsza niżówka w wieloleciu 1977–2003 wystąpiła w 1992 r. Rozpoczęła się ona 29 czerwca i trwała 69 dni (tab. 1). Średni przepływ w okresie tej niżówki, wydzielonej przepływem granicznym  $Q_{90\%}$ , był mniejszy niż  $0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a najmniejszy przepływ wyniósł  $0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (rys. 1). Niżówka była spowodowana długotrwałym brakiem opadów, wynikającym z przemieszczania się nad Europą Środkową, w tym nad Polską, bardzo suchych i bardzo ciepłych mas powietrza zwrotnikowego [Susza..., 1992]. Niedobór opadów w zlewni rozpoczął się w bardzo suchym (według kryterium KACZOROWSKIEJ [1962]) 1982 r., w którym roczna suma opadów w Jarzewie wyniosła 423 mm. Kolejne lata 1985, 1987 i 1988 należały do suchych, a lata 1989 i 1991 do bardzo suchych pod względem rocznych sum opadów. Głęboka niżówka w 1992 r. była zatem skutkiem trwającego od ponad 10 lat deficytu opadów.

### CHARAKTERYSTYKA WEZBRAŃ

Wezbrania górnej Wilgi pojawiają się najczęściej w marcu, rzadziej w lutym i kwietniu (rys. 2). W analizowanych latach 1977–2003 w tych trzech miesiącach wystąpiło 63% przypadków maksymalnych rocznych przepływów. Wezbrania roztopowe i opadowo-roztopowe formują się również w grudniu i styczniu (22% przypadków). Rzadziej zdarzają się wezbrania opadowe latem i jesienią<sup>5)</sup> (rys. 2).



Rys. 2. Częstotliwość występowania wezbrań Wilgi w profilu Oziemkówka w latach 1977–2003

Fig. 2. Frequency of floods of the Wilga River to Oziemkówka gauge in the period 1977–2003

<sup>5)</sup> Tylko w trzech latach (1977, 1980 i 1997) maksymalne przepływy roczne wystąpiły w sierpniu, lipcu i październiku. W niektórych latach, np.: 1983, 1989, 1991, 1993, od czerwca do października wezbrania nie wystąpiły, por. Rola retencji... [2003].

**Tabela 2.** Parametry wybranych największych fal wezbraniowych górnej Wilgi w latach 1977–2003

**Table 2.** Parameters of the highest flood waves in the upper Wilga in the period 1977–2003

Data wystąpienia wezbrania Date of occurrence	Parametry wezbrania Parameters of flood				
	czas trwania dni duration of flood wave days	przepływ maksymalny peak discharge $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	objętość całkowita volume $\text{mln m}^3$	czas trwania szczytu(-ów) fali duration of peak flood wave h	objętość szczytu(-ów) ponad przepływ <i>SWQ</i> volume of the peak flood wave over <i>SWQ</i> $\text{mln m}^3$
19.08–05.09.1977	17	33,4	9,26	63,8	1,10
04.03–26.04.1979	53	35,2	32,2	157,8	5,34
08.10–27.10.1980	19	16,0	9,82	25,4	0,093
11.12–29.12.1981	18	17,5	7,43	22,2	0,106
29.12.1981–16.01.1982	18	36,1	14,3	110,2	3,72
05.03–22.03.1983	17	16,8	6,49	20,0	0,158
14.03–13.04.1993	30	18,6	10,2	32,3	0,335
02.04–24.04.1994	22	17,5	7,70	26,9	0,200
22.03–07.05.1996	46	15,7	8,94	25,0	0,120
17.04–08.05.1999	21	18,4	7,78	25,6	0,195
20.01–08.02.2002	19	22,4	11,6	92,5	1,19
15.03–23.03.2003	8	41,7	7,36	66,4	2,85

Objaśnienia: *SWQ* – średni wielki przepływ ( $13,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ).

Explanations: *SWQ* – mean of the highest annual discharges ( $13.9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ).



Jak wykazała KAWKA [1997], przeciętny czas trwania wezbrania w wieloleciu 1977–1996 wyniósł 19 dni<sup>6)</sup>, jednakże w wieloleciu 1977–2003 zmieniał się od kilku do 53 dni (tab. 2).

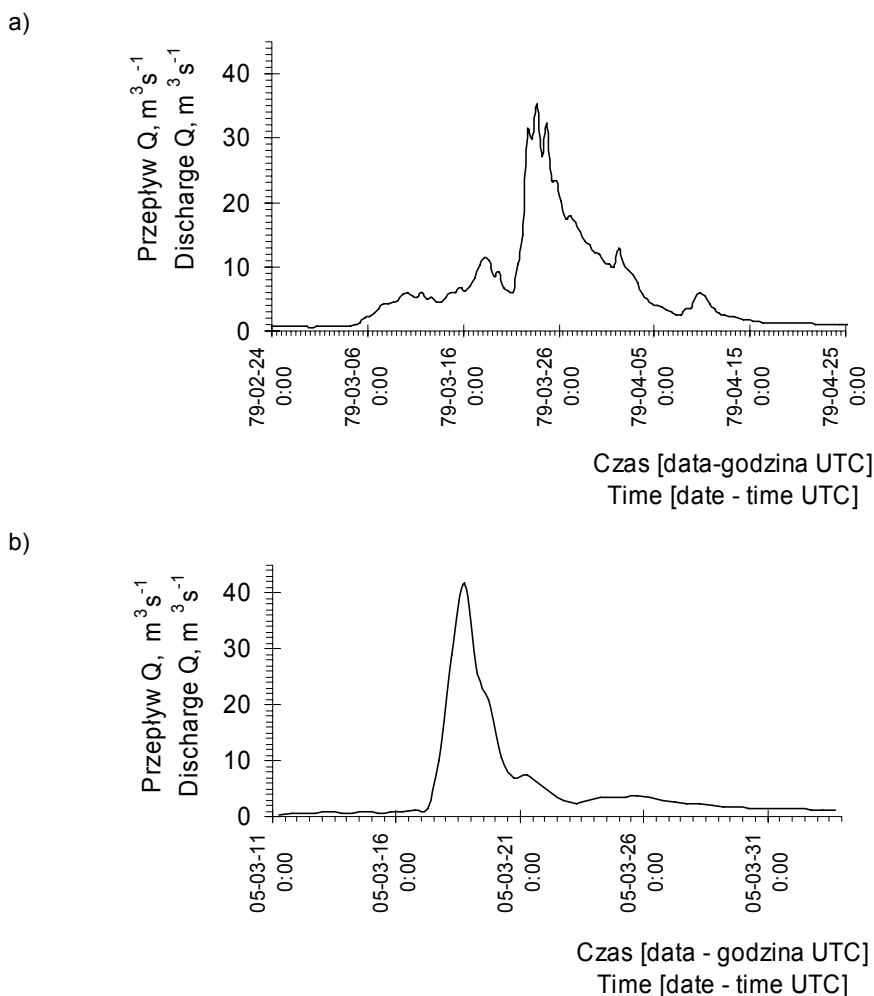
**Wezbranie roztopowo-opadowe w 1979 r.** spośród wszystkich wezbrań górnej Wilgi, które wystąpiły w latach 1977–2003, było wyjątkowe ze względu na:

- największą objętość: całkowitą ( $32,2 \text{ mln m}^3$ ) i szczytu fali ( $5,34 \text{ mln m}^3$ ) oraz największą warstwę odpływu (139 mm);
- najdłuższy czas trwania (53 dni);
- trzecie miejsce maksimum fali wezbraniowej wśród maksymalnych rocznych przepływów w warunkach długiego czasu trwania;
- wystąpienie po wyjątkowo intensywnych opadach śniegu, który bardzo szybko stopniał na skutek wzrostu temperatury powietrza i intensywnych opadów deszczu.

W trzeciej dekadzie listopada i pierwszych dwóch dekadach grudnia 1978 r. opady występowały niemal codziennie, jednak ich wydajność nie była duża ( $4 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ ). Jedynie 26–28 listopada i 8 grudnia opady były wyższe (np. 28 listopada przekroczyły 10 mm). Grudzień, styczeń i pierwsze dwie dekady lutego obfitowały w opady, w pierwszych dwóch dekadach grudnia i stycznia głównie śniegu. Najwyższe sumy opadów wystąpiły pod koniec grudnia jednocześnie z gwałtownym spadkiem temperatury. W Jarczewie spadło wówczas w ciągu czterech dób 20 mm opadu w postaci śniegu z deszczem i śniegu. Styczeniowe opady śniegu odpowiadały 62 mm warstwy wody, miąższość pokrywy śnieżnej 25 stycznia w pobliskim Radzynie Podlaskim wynosiła 43 cm, a zapas wody – 95 mm. Ilość opadów i wartość temperatury powietrza w pierwszych dwóch dekadach lutego przesądziły o nazwaniu zimy 1978/1979 zimą stulecia. Suma opadów wyniosła wówczas 20 mm, natomiast grubość pokrywy śnieżnej do połowy lutego przyrosła do 50 cm. Zapas wody zgromadzonej w śniegu pod koniec lutego przekroczył 140 mm. Bezpośrednio przed analizowanym wezbraniem rzeki, podobnie jak we wschodniej, centralnej i północno-wschodniej Polsce [STACHÝ i in., 1996], stan retencji zlewni nie był korzystny. Sytuację pogarszało zamarznięcie gruntu do głębokości ponad 1 m. O rozwoju wezbrania rzeki przesądziły fale ocieplenia, połączone z mieszanymi opadami deszczu i śniegu [STACHÝ i in., 1996]. Opady, które wystąpiły od 10 marca do 1 kwietnia 1979 r., oraz zasilanie z topniejącej pokrywy śnieżnej<sup>7)</sup> (w ciągu 15 dni marca zapas wody w śniegu na stacji meteorologicznej w Radzynie Podlaskim zmniejszył się o 84 mm) uformowały falę wezbraniową, charakteryzującą się nie tylko dużym przepływem maksymalnym ( $35,2 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ), ale także znaczną objętością i długim czasem trwania.

<sup>6)</sup> Wartość ta ma znaczenie czysto statystyczne, gdyż w tych analizach przyjęto jako kryterium wydzielenia wezbrań minimalny czas trwania wynoszący 10 dni.

<sup>7)</sup> Tempo topnienia śniegu od 25 lutego do 15 marca przekraczało  $1 \text{ cm}\cdot\text{d}^{-1}$ , zaś 4 marca  $5 \text{ cm}\cdot\text{d}^{-1}$ .



Rys. 3. Hydrogramy fal wezbraniowych Wilgi w profilu hydrologicznym Oziemkówka:  
a) w marcu 1979 r., b) w marcu 2005 r.

Fig. 3. Hydrographs of flood waves of the Wilga River to Oziemkówka gauge:  
a) in March 1979, b) in March 2005

Wezbranie rozpoczęło się 4 marca, a w ciągu 2,5 doby przepływy w rzece zwiększyły się pięciokrotnie (rys. 3a). Przez następne kilkanaście dni przepływ utrzymywał się na poziomie  $4,5\text{--}6,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a następnie szybko zwiększył się, tworząc pierwszy szczyt fali wezbraniowej (przepływ maksymalny  $11,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ). Kolejne, jeszcze gwałtowniejsze, zwiększenie przepływu rozpoczęło się 21 marca, w ciągu 36 godzin ponownie pięciokrotnie się zwiększyło i osiągnęło wartość  $30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Kulminacja wezbrania o wartości  $35,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  wystąpiła 23 marca o godzinie 18 UTC. Na górnym wodowskazy przelewu zanotowano wówczas 1995 mm.

Przepływy nieznacznie mniejsze od kulminacyjnego utrzymywały się jeszcze dobę, po czym przez dwa tygodnie ulegały recesji. Opady deszczu, które zanotowano od 29 marca do 1 kwietnia i 7–8 kwietnia, zahamowały dalsze opadanie fali i spowodowały tylko krótkotrwałe zwiększenie przepływu. Od tego czasu fala regularnie opadała aż do 26 kwietnia, trwała zatem 53 dni. W tym czasie przez przelew w profilu Oziemkówka odpłynęło 32,2 mln m<sup>3</sup> wody, co odpowiada warstwie 139 mm. Fala wezbraniowa narastała 468 h, zaś opadała prawie dwukrotnie dłużej – 804 h<sup>8)</sup> (stosunek wartości 1 : 1,72). Przepływy przekraczające *SWQ* trwały blisko tydzień, a objętość szczytu fali wezbraniowej przekroczyła 5,3 mln m<sup>3</sup>.

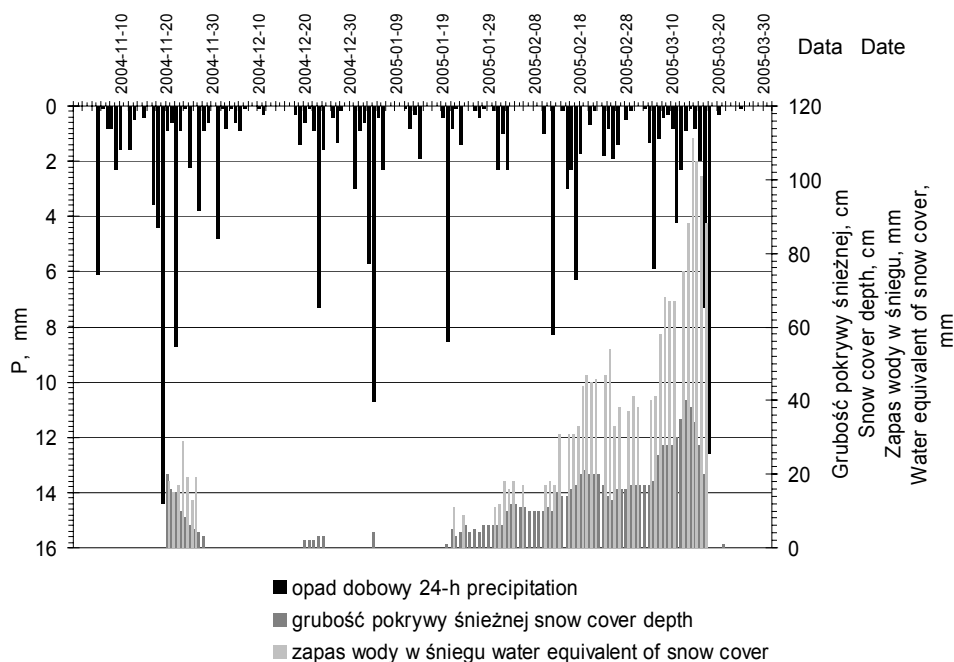
Mimo przyjęcia innych dat początku i końca wezbrania rzeki oraz innego profilu hydrologicznego, wszystkie wartości świadczą o znacznych rozmiarach tego wezbrania i dają podstawy do stwierdzenia, że było to największe wezbranie potwierdzone pomiarami stacjonarnymi. Według klasyfikacji PUNZETA [1967], wezbranie w 1979 r. było wielkie, o prawdopodobieństwie przekroczenia przepływu maksymalnego  $Q_p$ , wynoszącym 10% [Dynamika..., 1999].

**Wezbranie w marcu 2005 r.** Bezpośrednią jego przyczyną było ocieplenie, które wystąpiło 16–18 marca w połączeniu z opadami, początkowo śniegu, potem deszczu. Znaczny wzrost temperatury powietrza, wynoszący od 3,5°C w nocy do 10°C w dzień spowodował szybkie topnienie – w ciągu 48 h (16–17 marca) pokrywa śnieżna zmniejszyła się o 14 cm (z 34 do 20 cm). Wskutek dość intensywnych opadów deszczu (18 marca w Jarczewie w ciągu doby spadło 12,6 mm deszczu) śnieg stopniał całkowicie (rys. 4). Zapas wody w pokrywie śnieżnej w Jarczewie w okresie poprzedzającym wynosił 88 mm. Zasilenie zlewni tak znaczną ilością wody, połączone z opadami deszczu, które zwiększyły intensywność topnienia śniegu, musiało wywołać wysokie wezbranie rzeki.

Wezbranie w marcu 2005 r. charakteryzowało się dużą gwałtownością<sup>9)</sup> – czas narastania fali wynosił trzy i pół doby, przepływ w ciągu 36 godzin (od godzin porannych 17 marca do popołudnia 18 marca) zwiększył się 28 razy, osiągając wartość maksymalną 41,7 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> (rys. 3 b).

<sup>8)</sup> KAWKA [1997] oraz STACHÝ i in. [1996] podają parametry wezbrania Wilgi w 1979 r. odnoszące się do innego czasu trwania wezbrania. KAWKA [1997] przyjęła przepływ graniczny *NWQ*, wg którego wezbranie rozpoczęło się 6 marca i trwało do 12 kwietnia, a w ciągu 38 dni jego trwania odpływ całkowity wynosił 29,6 mln m<sup>3</sup>. Parametry wezbrania w 1979 r. podane przez drugi zespół autorów odnoszą się do profilu Wilga, który zamyka zlewnię o dwukrotnie większej powierzchni (568,9 km<sup>2</sup>). Początek wezbrania wyznaczyli oni na 7 marca, przepływ maksymalny (67,8 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>) w profilu Wilga rzeka osiągnęła 23 marca, a koniec wezbrania 8 kwietnia. W ciągu 33 dni wezbrania odpłynęło 74,8 mln m<sup>3</sup>, co odpowiada warstwie odpływu 131,5 mm.

<sup>9)</sup> Pod tym względem wezbranie w 2005 r. było podobne do tych, które uformowały się w styczniu 1953 r. na wielu mniejszych rzekach środkowej Polski, kiedy osiągnęły rekordowe rozmiary [PARCZEWSKI, 1960].



Rys. 4. Dobbowe sumy opadów  $P$ , grubość pokrywy śnieżnej i zapas wody w śniegu na stacji meteorologicznej Jarczewie od 1 listopada 2004 r. do 31 marca 2005 r.

Fig. 4. Daily precipitation  $P$ , snow cover depth and water equivalent of snow cover in Jarczew station in the period 1 November 2004–31 march 2005

Fala wezbraniowa opadała niemal równie gwałtownie, jak narastała, a stosunek czasu opadania (108 h) do narastania (84 h) wynosił 1 : 1,29. Wilga w górnym biegu osiągnęła przepływ największy z obserwowanych, jednakże pod względem objętości odpływu było to wezbranie mniejsze niż w latach 1979 i 1982. Ze względu na największy przepływ maksymalny, długi czas utrzymywania się przepływu wyższego od  $SWQ$  (trzy doby) i znaczną objętość szczytu fali wezbraniowej, wynoszącą 2,8 mln m<sup>3</sup>, było to najgroźniejsze<sup>10)</sup> wezbranie.

## PODSUMOWANIE

Najdłużej trwające niżówki, wyznaczone wg przepływu granicznego  $Q_{70\%}$ , trwały ponad 170 dni, zaś wg przepływów  $WNQ$  i  $Q_{90\%}$  tylko 110 dni. Największe deficyty odpływu rzeki, określające niezbędną objętość użytkową retencji zbiorni-

<sup>10)</sup> W czasie wezbrania doszło do licznych podtopień, a Wilga wystąpiła z brzegów, zalewając m.in. tereny nadrzeczne w Garwolinie, w tym drogę Warszawa – Lublin.

kowej, gdy wyrówna się je do  $Q_{70\%}$ , wynoszą od 2,0 do 2,6 mln m<sup>3</sup>, zaś gdy wyrówna się do  $Q_{90\%}$  od 0,4 do 0,7 mln m<sup>3</sup>. Dlatego planowanie zbiornika retencyjnego w celu zapewnienia przepływu górnej Wilgi na poziomie wyższym od  $Q_{90\%}$  wydaje się mało realne.

Spośród czterech największych wezbrań rzeki w ciągu 28 lat pomiarów stacjonarnych (1977–2005) przeważają wezbrania roztopowo-opadowe, natomiast tylko jedno (1977) było wywołane letnimi opadami. Objętość wezbrań wynosiła od 7,4 do 32,2 mln m<sup>3</sup>, co potwierdza ograniczone możliwości zretencjonowania najwyższych wezbrań rzeki w zbiorniku o pojemności do 5 mln m<sup>3</sup> <sup>11)</sup>. Obniżenie roztopowo-opadowych fal wezbraniowych do przepływu granicznego  $SWQ$  wymaga zretencjonowania od 2,8 do 5,3 mln m<sup>3</sup>, co jest niemożliwe. Retencjonowanie 1,1 mln m<sup>3</sup> umożliwiłoby zmniejszenie przepływu maksymalnego fali wezbraniowej, jaka wystąpiła w 1977 r., do wartości  $SWQ$ . Utrzymywanie w hipotetycznym zbiorniku rezerwy powodziowej większej niż 1,5 mln m<sup>3</sup> wydaje się mało realne, tym bardziej że objętość szczytów jedynie trzech fal wezbraniowych była większa. Poza tym, przynajmniej teoretycznie, istnieje możliwość, zwłaszcza wiosną, utworzenia rezerwy wymuszonej. Przepływy większe od założonej wartości granicznej  $SWQ$  trwały od 65 do 158 h.

Biorąc pod uwagę zarówno konieczność zapewnienia wyrównanego przepływu podczas niżówek, jak i zadania retencyjne podczas wezbrań, ustalono że retencja w hipotetycznym zbiorniku, służąca do zasilania badanego cieku w czasie niżówek, powinna wynosić 0,7 mln m<sup>3</sup>. Zapewni to przepływ zbliżony do  $Q_{90\%}$ . Rezerwa powodziowa utrzymywana przez cały rok i wypełniana przepływami wyższymi od  $SWQ$  powinna wynosić 1 mln m<sup>3</sup> z możliwością zwiększenia wiosną do 1,5 mln m<sup>3</sup>. Dodatkowo wydaje się wskazana otwarta rezerwa nadpiętrzenia o objętości 0,5 mln m<sup>3</sup>, po której wypełnieniu urządzenie upustowe osiągnie wydatek przewidziany w projekcie zbiornika. W celu uzyskania wymiernych efektów gospodarki wodnej hipotetyczny zbiornik retencyjny na górnej Wildze, poniżej ujścia Żelechówki, powinien osiągnąć pojemność całkowitą 3–5 mln m<sup>3</sup>, z czego co najmniej 0,5 mln m<sup>3</sup> ma stanowić pojemność martwa <sup>12)</sup>, niezbędna ze względów eksploatacyjnych, umożliwiająca wykorzystanie zbiornika w okresie minimalnych napełnień do rekreacji.

<sup>11)</sup> Por. DĄBKOWSKI i in. [2003].

<sup>12)</sup> Odpowiednio duża pojemność martwa zbiornika sprzyjałaby utrzymaniu jakości zarówno wód zbiornika, jak i rzeki; powyżej zbiornika wskazane byłoby wykonanie zbiornika wstępnego o pojemności rzędu 0,2–0,5 mln m<sup>3</sup>, służącego poprawie jakości wody dopływającej do zbiornika głównego [CZAMARA, WIATKOWSKI, 2002].

## LITERATURA

- BAJKIEWICZ-GRABOWSKA E., MIKULSKI Z., 1984. Hydrogram wezbrania, jego rozdział genetyczny i podstawowe pojęcia. *Prz. Geofiz.* 29 3 s. 333–343.
- BOBIŃSKI E., MEYER W., 1992. Susza w Polsce w latach 1989–1992 na tle wielolecia 1982–1992. *Gosp. Wod.* 12 s. 267–277.
- BYCZKOWSKI A., 1999. *Hydrologia*. T. 2. Warszawa: Wydaw. SGGW ss. 356.
- CHOJNOWSKA T., 1979. Charakterystyka fizycznogeograficzna zlewni Wilgi. *Gaz. Obserw. IMGW 2* (374) s. 12–14.
- CZAMARA W., WIATKOWSKI M., 2002. Ochrona zbiorników małej retencji przed zanieczyszczeniami antropogenicznymi. W: *Obieg wody w zmieniającym się środowisku*. Pr. Inst. Geogr. Akad. Św. 7 s. 259–267.
- DĄBKOWSKI L., CIEPIEŁOWSKI A., GUTRY-KORYCKA M., 2003. Hydrologiczno-techniczne podstawy zabezpieczenia miasta Pruszkowa przed wylewami Utraty. W: *Mater. Jubil. Konf. Nauk. „Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie”* Streszczenia referatów i wystąpienia na uroczystej Sesji Rady Naukowej IMUZ. Falenty 24–25 listopada 2003. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 105–106.
- DĘBSKI K., 1970. *Hydrologia*. Warszawa: Arkady ss. 367.
- DIN 4049 T. 1. *Hydrologie. Begriffe, Quantitativ*, 1979. Normenausschuss Wasserwesen (NAW) in DIN Deutsches Institut für Normung e. V, Berlin–Köln ss. 56.
- Dynamika obiegu wody w zlewni górnej Wilgi, 1999. Pr. zbior. Red. J. Jaworski, J. Szkutnicki. Warszawa: IMGW s. 382.
- FARAT R., KĘPIŃSKA-KASPRZAK M., KOWALCZAK P., MAGER P., 1995. Susze na obszarze Polski w latach 1951–1990. *Mater. Bad. IMGW Ser. Gosp. Wod. Ochr. Wód* nr 16. s. 141.
- Friend raport 2002. FRIEND – a Global Perspective 1998–2002. Pr. zbior. Red. A. Gustard, G.A. Cole. Wallingford, UK: Centre Ecol. Hydrol. ss. 132.
- HORTON R. E., 1933. The role of infiltration in the hydrological cycle. *Trans. Am. Geophys Union* 14 s. 446–460.
- JAKUBOWSKI W., 2005. Rozkłady prawdopodobieństwa niżówek maksymalnych. *Prz. Geofiz.* z. 3–4 s. 229–248.
- JAKUBOWSKI W., RADCUK L., 2004. *Nizowka2003 Software Manual*. W: *Hydrological drought – processes and estimation methods for streamflow and groundwater*. Pr. zbior. Red. L. M. Tallaksen, H. A. J. van Lanen. *Dev. Water Sci.* 48 CD.
- JAWORSKI J., SOCZYŃSKA U., 1979. Zadania badawcze w eksperymentalnej zlewni Wilgi. *Gaz. Obserw. IMGW 2* (374) s. 6–8.
- KACZOROWSKA Z., 1962. Najsuchsze i najwilgotniejsze pory roku w Polsce w okresie 1900–1959. *Prz. Geofiz.* z. 3 s. 175–183.
- KASPRZYK A., KUPCZYK E., 1996. Ocena podatności systemu zlewni rzecznej na występowanie niżówek o znacznym deficycie odpływu. W: *Hydrologia u progu XXI w. Konf. Hydrol. Mładz k. Otwocka 24–27 IX* Warszawa: UW s. 157–165.
- KAWKA E., 1997. Charakterystyka niżówek i wezbrań w zlewni górnej Wilgi. Warszawa: UW pr. magist. maszyn. s. 53.
- KONDRACKI J., 2002. *Geografia regionalna Polski*. Warszawa: Wydaw. Nauk. PWN ss. 440.
- Metodyka zagospodarowania zasobów wodnych w małych zlewniach rzecznych, 1995. Pr. zbior. Red. A. Ciepiewski. Warszawa: Wydaw. SGGW ss. 152.
- MIKULSKI Z., 1965. *Zarys hydrografii Polski*. Warszawa: PWN ss. 288.
- OZGA-ZIELIŃSKA M., 1990. Niżówki i wezbrania – ich definiowanie i modelowanie. *Prz. Geofiz.* z. 1–2. s. 33–44.
- OZGA-ZIELIŃSKA M., BRZEZIŃSKI J., 1994. *Hydrologia stosowana*. Warszawa: Wydaw. Nauk. PWN ss. 324.

- PARCZEWSKI W., 1960. Warunki występowania nagłych wezbrań na małych ciekach. Wiad. Sł. Hydrol. Meteorol. t. 8 z. 3. Warszawa: WKiŁ ss. 79.
- POKOJSKI W., 2002. Wpływ warunków fizycznogeograficznych na kształtowanie się przepływów niżówkowych rzek nizinnych w Polsce. Warszawa: UW rozpr. dokt. maszyn. ss. 142.
- PUNZET J., 1967. Przebieg wezbrania w dorzeczu górnej Wisły. W: Powódź w roku 1960. Mater. monogr. Warszawa: WKiŁ ss. 33–94.
- Rola retencji zlewni w kształtowaniu się wezbrań opadowych, 2003. Pr. zbior. Red. M. Gutry-Korycka, B. Nowicka, U. Soczyńska. Warszawa: UW ss. 207.
- SŁUPIK J., 1970. Methods of investigation the water cycle within a slope. St. Geomorph. Carpatho Balc. 4.
- SŁUPIK J., 1981. Rola stoku w kształtowaniu odpływu w Karpatach fliszowych. Pr. Geogr. 142. Warszawa: Inst. Geogr. Przestrz. Zagospod. PAN ss. 98.
- SOCZYŃSKA U., 1979. Rola zlewni reprezentatywnych i eksperymentalnych w hydrologii. Gaz. Obserw. IMGW 2 (374) s. 3–5.
- STACHÝ J., FAL B., DOBRZYŃSKA I., HOŁDAKOWSKA J., 1996. Wezbrania rzek polskich w latach 1951–1990. Mater. Bad. Ser. Hydrol. Oceanol. 20. Warszawa: IMGW ss. 80.
- Susza 1992. Zasięg, natężenie, przyczyny i skutki, wnioski na przyszłość, 1992. Pr. zbior. Red. H. Słota. Mater. Bad. Ser. Hydrol. Oceanol. 16. Warszawa: IMGW ss. 40.
- SZKUTNICKI J., 1995. Przelewy pomiarowe w zlewni górnej Wilgi. Mater. Bad. Ser. Hydrol. i Oceanol. 18. Warszawa: IMGW ss. 36.
- SZYMCZAK T., 1993. Formowanie się wezbrań opadowych w małej zlewni nizinnej. W: Program badań w małych zlewniach rzecznych dla potrzeb ochrony i kształtowania środowiska – stan obecny i przyszłość. Mater. Konf. 17 września 1993. Warszawa: IMGW s. 141–154.
- SZYMCZAK T., 2004. Koncepcja obszarów czynnych w zlewni jako podstawa modelowania wezbrań opadowych. Wykład wygłoszony na 32. Szkole Hydrologii Komitetu Gospodarki Wodnej PAN, Mładz k. Otwocka.
- SZYMCZAK T., SZELENBAUM C., 2003a. Identifying runoff source areas in a small lowland catchment using topographic wetness index. J. Water Land Dev. 7 s. 49–64.
- SZYMCZAK T., SZELENBAUM C., 2003b. Badania odpływu podpowierzchniowego w zlewni górnej Mławki. Wiad. Melior. nr 2 s. 89–93.

*Ewa KAZNOWSKA, Łukasz CHUDY*

## LOW FLOWS AND FLOODS IN THE UPPER WILGA RIVER

*Key words: floods, low flows, representative basin, runoff, snowmelts*

### S u m m a r y

This paper presents an analysis of low flows and floods in the Upper Wilga River to Oziemkówka gauge in the period 1977–2003 and includes the characteristics of the flood in 2005. This agricultural catchment area was a special catchment basin of the Institute of Meteorology and Water Management (IMGW) in the years 1976–2000. Daily discharge hydrographs and sums of precipitations were the basis of analysis. In authors' opinion, low discharge is when the sequence of daily discharges lower than the threshold discharges of low flow lasts at least 10 days. Parameters of low flows were calculated for 4 selected truncation levels. The largest deficit of water lasting 96 days was

noted in 1992. The Upper Wilga floods occur most often in early spring and in winter. Large floods were noted in 1977, 1979, 1982 and 2005, the largest, however, was that in 1979 and it was a snow-melt flood.

---

Recenzenci:

*prof. dr hab. Małgorzata Gutry-Korycka*

*dr inż. Tomasz Szymczak*

Praca wpłynęła do Redakcji 04.05.2006 r.