

Edward PIERZGALSKI*, Jan TYSZKA*, Andrzej STOLAREK*

ZMIENNOŚĆ ODPLYWU WODY ZE ZLEWNI RZEKI ŁUTOWNI (PUSZCZA BIAŁOWIESKA) W LATACH 1966–2000

VARIATION IN THE OUTFLOW FROM THE ŁUTOWNIA RIVER
CATCHMENT AREA (BIAŁOWIEŻA PRIMEVAL FOREST)
IN THE PERIOD BETWEEN 1966 AND 2000

***Abstract.** The paper defines the scope and trends of changes of the outflow from the Łutownia river catchment area located in the Białowieża Primeval Forest. The annual outflow and outflows in the summer and winter half-years were calculated on the basis of measurement results carried out in 1966-2000 in the Pogorzelce hydrometric cross-section. Particular attention has been drawn to the fluvial outflow during the summer half-year, a period considered important for forests. Its amount is affected by current precipitation, field evaporation rate, catchment retentive capacity, and the state of water resources in the preceding winter half-year. Analysing the variation in precipitation over the studied period, a conclusion could be drawn that the amount of the outflow in the summer half-year and low flows had a declining tendency. The reason for this state of affairs can be looked for in an increase in air temperature recorded over the last two decades, resulting in a growing transpiration and evaporation.*

***Key words:** Primeval Forest Białowieża, specific discharge, outflow.*

* Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Siedliskoznawstwa, Pracownia Gospodarki Wodnej
Sękocin Las, 05-090 Raszyn, e-mail: E.Pierzgalski@ibles.waw.pl

1. WSTĘP

Warunki wodne należą do najważniejszych czynników kształtujących siedliska leśne. W zależności od stanu uwilgotnienia siedlisk (suche, świeże, wilgotne, bagienne i łąkowe) różna jest wrażliwość drzew na zmiany położenia wód gruntowych, które mogą być cykliczne lub trwałe, w skrajnych przypadkach prowadzące do stepowienia lub zabagniania. Stabilny rozwój ekosystemów leśnych jest możliwy jedynie przy małych zmianach warunków wodnych. Zagrożeniem dla lasów są zmiany przekraczające zdolność tolerancji drzew na brak lub nadmiar wody. Zmiany te mogą być powodowane czynnikami naturalnymi lub antropogenicznymi (Tyszka 2004).

Podjęcie działań ograniczających zagrożenia związane z czynnikiem wodnym powinno być dokonywane na podstawie rozpoznania przyczyn i trendów zmian zasobów wodnych. W tym celu należy prowadzić pomiary hydrologiczne podstawowych elementów bilansu wodnego zlewni rzecznej, tj. opadu, odpływu i stanu wód gruntowych, jako wskaźnika zmian retencji. Miarodajne wnioski z badań hydrologicznych można formułować jedynie na podstawie długookresowych obserwacji. W Polsce prowadzono niewiele takich badań w nizinnych zlewniach leśnych (Białkiewicz i in. 1993).

Jednym z najdłuższych hydrologicznych ciągów obserwacyjnych w takich zlewniach są pomiary stanów i przepływów wód prowadzone od 1966 r. dla rzeki Łutowni (ryc. 1), która przepływa przez centralną część Puszczy Białowieskiej i jest lewostronnym dopływem Narewki (Białkiewicz i in. 1978). Zlewnię prawie w całości zajmują lasy (91,7%), a objęcie ich różnymi formami ochrony sprawia, że obieg wody odbywa się w warunkach mało zmienionych w porównaniu z naturalnymi. W pracy przedstawiono kierunki i zakres zmian zasobów wodnych tej zlewni określonych na podstawie wyników pomiarów odpływów w latach 1966–2000.

2. CEL I METODYKA BADAŃ

Badania zjawisk hydrologicznych w zlewni rzeki Łutowni, jako reprezentatywnej dla warunków występujących w Puszczy Białowieskiej, są prowadzone od 1966 r. i mają na celu ocenę ilościową zasobów wodnych, określenie kierunku zmian w dyspozycyjnych zasobach wodnych siedlisk leśnych oraz możliwości ich prognozowania na podstawie charakterystyk odpływu rzeczego.

Kształtowanie się odpływów analizowano na tle przychodu opadu, czyli głównego czynnika decydującego o wielkości i rozkładzie odpływu w czasie, uwzględniając także wpływ zasobów retencji pozimowej i temperatury powietrza. Wielkość opadów miarodajnych zlewni rzeki Łutowni określono metodą wielokątów równego zadeszczenia na podstawie danych ze stacji w Hajnówce,

Białowieży i Nowosadach. Podstawą obliczania odpływu wody ze zlewni rzeki Łutowni były dobowe notowania wodowskazowe i pomiary przepływu wody w przekroju hydrometrycznym w Pogorzalcach. Stan wody wahał się w granicach 68–270 cm. Ze względu na zmiany poziomu dna rzeki i zakłócenia przepływu spowodowane zarastaniem, zlodzeniem i piętrzeniem wody przez bobry, konieczne było wykonywanie pomiarów przepływu przynajmniej raz na kwartał. Za pomocą młynków hydrometrycznych (początkowo marki “Pl” i “Metra”, a od 1979 r. marki “Ott”) wykonano ponad 300 pomiarów przepływu wody przy stanach wodowskazowych od 76 cm do 230 cm. Dla okresów o podobnych warunkach przepływu obliczono równania krzywych przepływu. Wskaźnik odpływu wody H w mm (warstwa odpływu) ze zlewni w okresach dobowych, miesięcznych, półrocznych i rocznych obliczono na podstawie przepływu wody w rzece według zależności (Byczkowski 1996):

$$H = 86,4 Q_s A^{-1} d$$

gdzie:

Q_s – przepływ średni dobowy ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$),

A – powierzchnia zlewni (km^2),

d – liczba dni.

Opracowane parametry hydrologiczne umożliwiły określenie wielkości przepływów charakterystycznych, amplitudy zmienności odpływu oraz zmian cykli rozkładu odpływu w ciągu roku. Zależności korelacyjne pomiędzy wyznaczonymi parametrami hydrologicznymi określono za pomocą współczynnika korelacji Spearmana, przy założonym poziomie istotności 0,05. Prawdopodobieństwo występowania zjawisk hydrologicznych obliczano metodą największej wiarygodności z szacowaniem parametrów rozkładu metodą Pearsona III typu.

W celu opracowania zmienności odpływu stosowano zalecane przez Byczkowskiego (1996) następujące miary: odchylenie standardowe δ (S), współczynnik zmienności c_v i współczynnik nieregularności k .

Współczynnik k wyznaczono ze wzoru:

$$k = \max.SQ / \min.SQ$$

gdzie:

$\max. SQ$ – maksymalna wartość przepływu rocznego,

$\min. SQ$ – minimalna wartość przepływu rocznego.

Miary te zastosowano również do interpretacji zmienności ciągów wskaźnikowych cech hydrologicznych. Głębokość zalegania wody gruntowej w zlewni określono na podstawie pomiarów w kilkunastu studzienkach badawczych i studniach gospodarczych.

3. OBIEKT BADAŃ

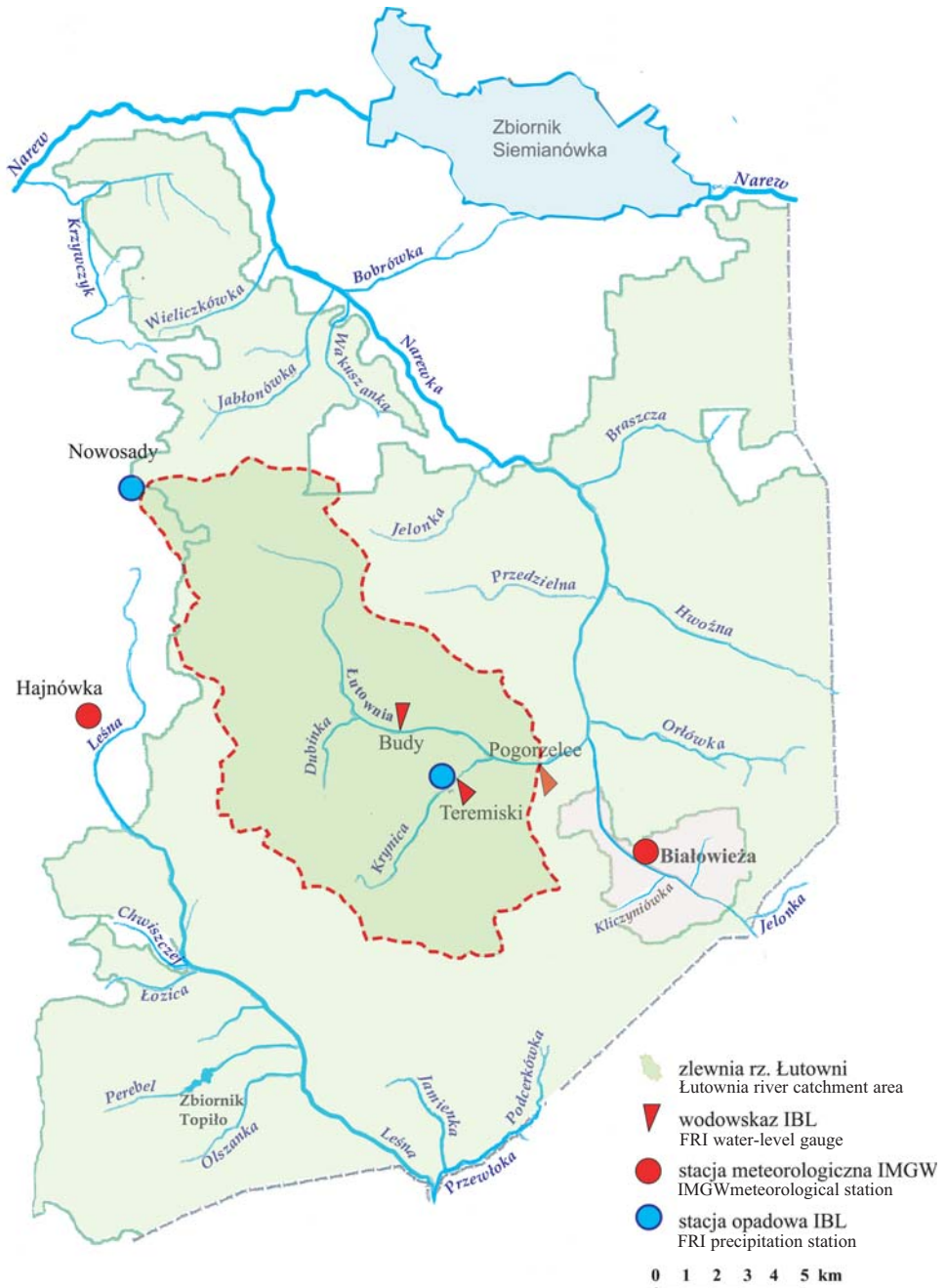
Puszcza Białowieska leży na utworach polodowcowych zlodowacenia środkowopolskiego (Kwiatkowski 2004). Równinny, lekko pofałdowany teren Puszczy położony jest w zlewniach rzek Narewki i Leśnej, lewostronnych dopływów Narwi, w strefie wododziału kontynentalnego z dorzecziami Dniestru i Niemna. Rzeka Łutownia jest największym lewobrzeżnym dopływem rzeki Narewki, do której uchodzi 5 km poniżej Białowieży (ryc. 1). Źródła rzeki znajdują się na terenach bagiennych w okolicach wsi Nowosady. Zlewnia rzeki Łutowni ma powierzchnię 121 km², co stanowi 21% powierzchni Puszczy Białowieskiej znajdującej się w granicach Polski. Rzeka płynie w dolnym biegu w korycie o głębokości około 1,5 m. Szerokość doliny miejscami wynosi ponad 100 m. Przez większą część roku rzeka jest odbiornikiem wód gruntowych i powierzchniowych, a jedynie w czasie wysokich stanów wód jej drenująca rola jest ograniczona.

Na terenie zlewni do przekroju hydrometrycznego w Pogorzelnach obszary leśne stanowią 91,7% powierzchni i należą do nadleśnictw: Białowieża, Hajnówka i Browsk. Dominują tu siedliska lasowe (81,8%). Przeważają drzewostany mieszane o wielopiętrowej strukturze i dużej produktywności biomasy oraz dużym zapasie grubizny (224 m³ha⁻¹). Podstawowe charakterystyki zlewni podano w tabeli 1 i 2.

Tabela 1. Morfologiczne i hydrograficzne charakterystyki zlewni rzeki Łutowni (do przekroju wodowskazowego w Pogorzelnach)

Table 1. Morphological and hydrographic characteristics of the Łutownia river catchment (up to Pogorzelnice hydrometric cross-section)

Wyszczególnienie Specification		Wielkość Value
Wielkość powierzchni Surface area	km ²	121
Średnia rzędna terenu Land mean ordinate	m n.p.m	166
Deniwelacja terenu Land delevelling	m	46
Spadek powierzchni Land inclination	‰	0,54
Ekspozycja powierzchni Exposure	–	E
Długość rzeki River length	km	16,6
Spadek rzeki River inclination	‰	0,93
Gęstość sieci rzecznej River network density	km/km ²	0,40
Średnia głębokość zalegania wód gruntowych Mean depth of groundwater occurrence	m	2,0
Udział utworów słabo przepuszczalnych Fraction of poorly permeable soils	%	42,2



Ryc. 1. Plan sytuacyjny zlewni rzeki Łutowni po przekrój w Pogorzelcach

Fig. 1. Location of the Łutownia river catchment in Pogorzelec

Tabela 2. Charakterystyka wilgotnościowa siedlisk leśnych i skład gatunkowy drzewostanów w zlewni rzeki Łutowni

Table 2. Moisture characteristics of forest habitats and species composition of stands in the Łutownia river catchment

Wyszczególnienie Specification	Udział w powierzchni zlewni Share in catchment area (%)
Grupy wilgotnościowe siedlisk leśnych Moisture-based habitat groups	
Świeże Fresh	64,0
Wilgotne Humid	18,8
Bagienne Boggy	0,7
Olesy Alder carr	8,2
Razem Total	91,7
Gatunki drzewostanów Stand species	
Lasotwórcze: Main species:	
świerk, jodła spruce, fir	32,7
dąb oak	16,0
sosna pine	12,3
brzoza birch	10,6
Domieszkowe: admixture:	
klon, osika, grab, topola, buk maple, aspen, hornbeam, poplar, beech	20,1
Razem Total	91,7

Środowisko Puszczy Białowieskiej od dawna budziło zainteresowanie hydrologów, m.in. ze względu na zachowanie w stanie bliskim do naturalnego tak dużego kompleksu leśnego. Od 1930 r. prowadzono tu w ramach standardowych pomiarów PIHM obserwacje meteorologiczne, a w latach 50-tych ubiegłego stulecia rozpoczęto systematyczne pomiary meteorologiczne i hydrologiczne. Pierwsze obserwacje wodowskazowe rozpoczęto na rzekach Narewce i Leśnej. Obie te rzeki biorą początek poza Puszcza, a ich przepływy są w dużym stopniu zakłócone; w Narewce melioracjami odwadniającymi torfowiska na obszarze Białorusi, a na rzece Leśnej przez gospodarkę wodną miasta Hajnówka. Dlatego uzyskane dla nich parametry hydrologiczne nie reprezentują naturalnych zmian warunków odpływu z Puszczy.

Zlewnia rzeki Łutowni po przekrój wodowskazowy w Pogorzalcach, znajdujący się o 2,2 km od ujścia rzeki do Narewki, ma unikalny w Polsce charakter, ponieważ żyzne, przydatne do produkcji rolniczej gleby są porośnięte lasem. Występujące na jej obszarze siedliska reprezentują większość siedlisk spotykanych w Puszczy Białowieskiej. Badania hydrologiczne, realizowane tu przez Zakład Gospodarki Wodnej IBL nieprzerwanie od 1966 r., dały jednorodne ciągi obserwacyjne.

4. WYNIKI BADAŃ

4.1 Przepływy charakterystyczne

Zlewnia rzeki Łutowni ma charakter nizinny, a opady tu występujące są zbliżone do średnich w Polsce. Rzeka cechuje się stabilnymi warunkami alimentacji wody, wynikającymi z mało przekształconych warunków przyrodniczych. Obserwacje wodowskazowe, prowadzone przez 35 lat wykazały, że absolutna amplituda stanów wody w przekroju wodowskazowym Pogorzelnce wyniosła 202 cm, a amplituda średnia roczna – 118 cm. Wysokie stany, powodujące lokalne wylewy wody z koryta, statystycznie zdarzają się raz na dwa lata i występują najczęściej w okresie od marca do maja. Rzadziej, bo co trzy, cztery lata wylewy zdarzają się w okresie od czerwca do sierpnia. Największe wezbranie wystąpiło w lipcu 1974 r., kiedy po długotrwałych opadach maksymalny przepływ wynosił $9,6 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ i był bliski tzw. wodzie stuletniej (o 1% prawdopodobieństwie pojawiania się). Przepływy średnie z wielolecia wzrastają od września do kwietnia, a następnie maleją do sierpnia. W latach o średnich zasobach wodnych rzeka nie wysycha, jedynie w najbardziej suchych lub mroźnych okresach przepływy niemal zanikają. Występują dwa okresy niżówek: zimowy w styczniu i lutym, spowodowany zamrażaniem wody w rzece, oraz letni w lipcu, sierpniu i wrześniu, związany ze wzmożonym parowaniem terenowym. Niżówki najczęściej występują we wrześniu, a najniższe przepływy minimalne w lipcu. W latach o średnich opadach przepływy w rzece wzrastają od września do kwietnia, a następnie maleją do sierpnia. Wezbrania najczęściej występują w marcu, ale najwyższe kulminacje przepływu związane są z wezbraniem letnimi, których czas koncentracji wynosi niecałe dwie doby, a czas trwania fali wezbraniowej jest dwukrotnie krótszy aniżeli w zimie (Kucharska i in. 1984). Średni roczny przepływ wynosi $0,440 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Prawdopodobieństwu pojawienia się wynoszącemu 1% i 10% odpowiadają odpowiednio przepływy $10,7 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ i $6,8 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Obliczone na podstawie pomiarów wartości przepływów charakterystycznych podano w tabeli 3, a częstotliwość występowania odpływów ekstremalnych zawiera tabela 4.

4.2 Relacje opad-odpływ

Odpływ ze zlewni leśnej może być miarą zasobów wodnych zlewni rzecznej i w dużym stopniu odzwierciedlać stan uwilgotnienia siedlisk. Jego wielkość i rozkład w ciągu roku zależy od rodzaju i ilości przychodu wody (opad, roztopy), potrzeb wodnych lasu, a także od przebiegu pogody. Przejawem wodnej retencyjności zlewni jest brak spójnych czasowo relacji pomiędzy opadem i odpływem. Wysoki udział odpływu półrocznego letniego (V–X) w odpływie rocznym (XI–X) w zlewniach leśnych wskazuje na ich duże możliwości opóźniania odpływu. Ich zdolności retencyjne powodują zatrzymywanie wody w okresie jej nadmiaru w półroczu zimowym i alimentowaniu w okresie wegetacyjnym.

Tabela 4. Przepływy charakterystyczne ($m^3 \cdot s^{-1}$) w rzece Lutowni – średnie miesięczne w latach 1966–2000
 Table 4. Specific discharges ($m^3 \cdot s^{-1}$) in the Lutownia river – monthly means in the years between 1966 and 2000

Przepływy* Discharges	Okres Period														
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	XI-X
NNQ	0,019	0,022	0,021	0,000	0,019	0,062	0,016	0,011	0,014	0,001	0,007	0,016	0,000	0,001	0,000
SNQ	0,150	0,144	0,167	0,003	0,253	0,265	0,141	0,101	0,081	0,076	0,082	0,115	0,197	0,099	0,148
SQ	0,33	0,43	0,48	0,46	0,83	0,88	0,48	0,42	0,38	0,18	0,18	0,24	0,57	0,31	0,44
SWQ	0,81	1,18	1,17	1,06	2,59	2,54	1,89	1,63	1,54	0,78	0,40	0,49	1,56	1,12	1,34
WWQ	5,43	5,25	7,64	2,87	6,90	7,07	6,49	7,81	9,63	4,20	1,56	3,67	7,64	9,63	9,63

*Przepływy: NNQ – najniższe, SNQ – średnie z niskich, SQ – średnie, SWQ – średnie z wysokich, WWQ – najwyższe

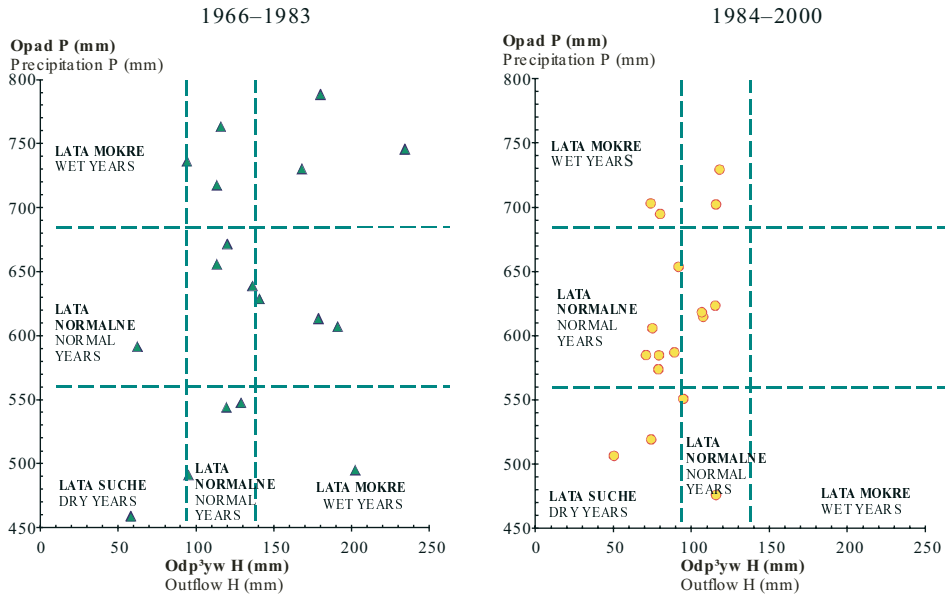
* Discharges: NNQ – lowest, SNQ – mean low, SQ – mean high, WWQ – highest

Tabela 5. Średnia miesięczna częstotliwość występowania odpływów ekstremalnych ze zlewni Lutowni w latach 1966–2000 (liczba zdarzeń)
 Table 5. Monthly mean frequency of extreme outflows from the Lutownia river catchment in the years between 1966 and 2000 (number of events)

Odpływ Outflow	Okres Period														
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI-IV	V-X	XI-X
Najmniejszy Lowest	2	1	1	1				4	6	7	12	1	5	30	35
Największy Highest	1	4	1		13	9	2	1	3			1	27	8	35

Tabela 5. Zestawienie rocznych wartości opadu P, współczynnika odpływu H/P oraz stosunku odpływu półrocza letniego H_L do rocznego H w zlewni rzeki ŁutowniTable 5. Specification of annual values for precipitation index P, outflow coefficient H/P and the ratio of summer half-year outflow H_L to annual outflow H for the Łutownia river catchment

Rok Year	Opad Precipitation mm	Odpływ Outflow mm	Współ- czynnik odpływu Outflow coefficient [-]	H_L/H %
1966	591,4	62,3	0,11	34,5
1967	717,5	113,4	0,16	40,8
1968	655,7	113,4	0,17	41,4
1969	458,8	58,1	0,13	53,2
1970	788,3	180,0	0,23	41,6
1971	547,5	128,9	0,24	10,6
1972	736,1	94,2	0,13	72,6
1973	544,0	119,6	0,22	49,8
1974	763,2	115,9	0,15	56,8
1975	730,3	168,0	0,23	33,2
1976	491,2	95,1	0,19	18,3
1977	671,5	120,1	0,18	41,0
1978	628,6	140,8	0,22	16,2
1979	607,1	191,0	0,31	21,9
1980	745,5	234,2	0,31	72,3
1981	613,1	178,7	0,29	24,7
1982	494,9	202,3	0,41	27,5
1983	638,8	136,2	0,21	25,9
1984	573,8	78,8	0,14	72,3
1985	584,7	79,2	0,14	66,6
1986	614,7	107,5	0,17	9,9
1987	506,5	50,3	0,10	37,2
1988	702,9	73,9	0,11	51,3
1989	618,2	106,7	0,17	21,6
1990	653,6	91,8	0,14	35,0
1991	476,0	115,8	0,24	24,4
1992	605,8	75,0	0,12	28,7
1993	587,0	89,1	0,15	14,9
1994	702,1	115,7	0,16	32,8
1995	729,3	118,1	0,16	30,4
1996	550,8	94,8	0,17	31,4
1997	584,9	70,9	0,12	46,8
1998	694,7	80,0	0,12	28,9
1999	623,4	115,3	0,18	27,1
2000	519,3	74,2	0,14	6,3
Minimum	459	50,3	0,100	6,30
Maksimum	788	234,2	0,410	72,6
Średnia Mean	619	114	0,180	35,7
Odchylenie średnie Mean deviation(S)	86,8	43,2	0,068	17,8
Wsp. zmienności Variability coefficient (Cv)	14,0	37,9	37,0	49,9
Wsp. nierównomierności Coeff. of nonuniformity(k)	1,72	4,66	4,10	11,52



Ryc. 2. Zróżnicowanie rocznych zasobów wodnych rzeki Łutowni w latach 1966–2000

Fig. 2. Variation in annual water resources of the Łutownia river in the years between 1966 and 2000

Wielkość rocznych opadów, odpływów, współczynnika odpływu i stosunku odpływu letniego do rocznego w zlewni Łutowni przedstawiono w tabeli 5. Analiza tych danych wykazała, że nie ma statystycznie istotnej zależności między opadem i odpływem w odpowiadających im latach. Ilustruje to rycina 2, gdzie przyjęto podział na lata normalne z opadem różniącym się od opadu normalnego do 10% i od odpływu normalnego do 20% oraz lata suche i mokre przy większym zróżnicowaniu ich wielkości. Wyraźniejsze związki rysują się dopiero przy analizie relacji odpływu półrocznego z opadem przy uwzględnieniu wielkości zasobów wodnych poprzedzających półroczy. Zależności te mają odmienny charakter do 1983 r., tj. w okresie występowania lat mokrych i latach następnich, w okresie suszy hydrologicznej.

Odpływy ze zlewni zanikały w półroczach letnich po mokrym roku przy opadach mniejszych od 250 mm, po roku o opadach normalnych przy 300 mm i po roku suchym przy opadach półrocznego letniego mniejszych od 370 mm. Na wielkość odpływu w okresie wegetacji w znacznym stopniu rzutował stan zasobów wodnych w półroczu zimowym. Przy opadzie w półroczu letnim zbliżonym do normalnego (389 mm) odpływ w tym okresie kształtował się w zależności od opadów w roku poprzedzającym. Po roku mokrym w następującym po nim półroczu letnim odpływ wynosił 73,3 mm oraz odpowiednio 35,9 mm po roku normalnym i 30,2 mm po roku suchym. Wynika stąd wniosek, że na podstawie opadu bieżącego i z roku poprzedzającego, można prognozować wielkość odpływu letniego.

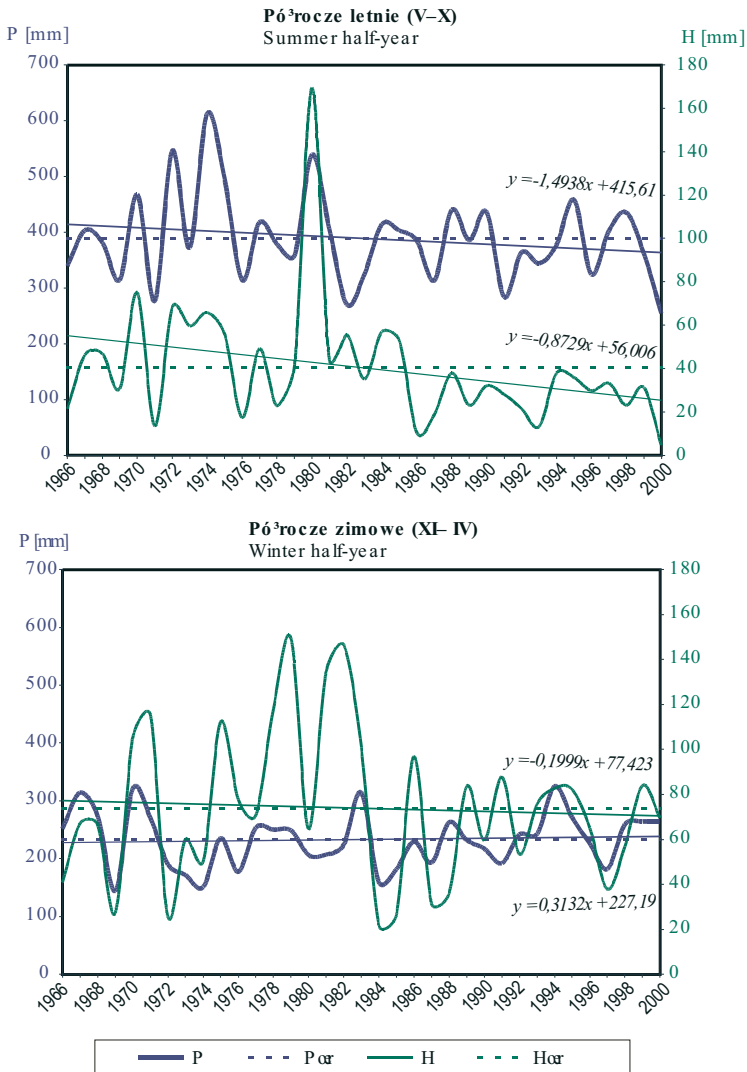
Na podstawie różnicy reakcji odpływu na opad w okresach wysokiego i niskiego stanu zasobów wodnych w zlewni wyznaczono wskaźnikową wielkość pojemności retencyjnej zlewni. Dla średnich warunków zasilania opadem w zlewni

Łutowni różnicę tę, odnoszącą się do miesięcy półroczy zimowego i letniego, można ocenić na 90 mm. Taka ilość wody może zasilać odpływ po zimie niezależnie od wielkości przychodu opadów w miesiącach wegetacyjnych. Po zimach o opadzie zbliżonym do średniego z wielolecia niemal cała nadwyżka ponad opad normalny letni zasilała odpływ. Jak można przypuszczać, w latach po suchych zimach następowało przede wszystkim uzupełnienie przez opady zasobów wód gruntowych, a w latach mokrych – podziemnych zasobów wód. Z tej przyczyny wpływ odpływu zimowego na letni był w latach o skrajnej wilgotności relatywnie mniejszy. Zróżnicowanie oddziaływania zim suchych i mokrych było bardzo wyraźne, co potwierdza, że siedliska leśne stwarzają dzięki swym własnościom retencyjnym strefę buforową, w której ramach występuje ścisła zależność odpływu letniego od zimowego. Wielkość tej strefy wynosi ponad 60 mm odpływu półrocza zimowego przy opadach półrocza letniego bliskich średnim z wielolecia. Sądząc na podstawie reakcji odpływu na opad, las dostosowuje swoje potrzeby wodne do aktualnego stanu ich zasobów, ograniczając zużycie wody po zimach suchych i zwiększając po zimach mokrych.

4.3 Zmienność odpływu

Wielkość odpływu w okresach półroczy zimowych i letnich przedstawiono na tle opadów na rycinie 3. Średni roczny odpływ w okresie badań wynosił 114 mm i stanowił 18,0% rocznego opadu. Udział odpływu półrocza letniego stanowił 35,7% odpływu rocznego. W latach 1966–1970 odnotowano trend zwiększania odpływów szczególnie w półroczach zimowych (ryc. 3). Od 1979 r. odpływy zmniejszają się. Jak można wnioskować ze zmian zachodzących w okresie prowadzenia badań, wyraźne obniżenie odpływu letniego spowodowane było ociepleniem w okresach zimowych i zwiększeniem produktywności drzewostanów (Boczoń 2004; Malzahn 2004). Do 1983 roku odpływ roczny wahał się w granicach od 62,3 do 234,2 mm, a w okresie późniejszym 50,3–118 mm.

Zasadnicze znaczenie dla funkcjonowania siedlisk leśnych ma stan zasobów wodnych w okresie wegetacyjnym, który w przybliżeniu można utożsamiać z przyjętym w hydrologii jako półrocze letnie okresem od maja do października. Przy prawie stabilnych w wieloleciu przychodach opadu półroczy zimowych i malejących w półroczach letnich, zaznacza się wyraźny trend do obniżania się odpływu rzeczno i to szczególnie w półroczach letnich. Wyrównane wielkości wskaźników odpływu letniego zmalały w ciągu 35 lat o około 25 mm, tj. o blisko 45%. W okresie 1996–2000, w porównaniu z mokrym czteroleciem 1976–1980, nastąpiło 2,5-krotne zmniejszenie odpływu półrocza letniego, przy 40-procentowym obniżeniu odpływu półrocza zimowego. Wyraźny trend malejący odpływu zapoczątkowany został w 1985 r. Po tym roku wystąpiły jedynie lata hydrologicznie suche i normalne o odpływie niższym od średniego wieloletniego. Pojawiające się dotychczas minimalne roczne przepływy rzędu $0,2\text{--}0,3\text{ m}^3\text{s}^{-1}$ osiągnęły w roku 2000 wielkość $0,085\text{ m}^3\text{s}^{-1}$. Obniżyły się wartości i zmienił rozkład w roku minimalnych odpływów miesięcznych. Średnie z najwyższych w



Ryc. 3. Przebieg i trendy półrocznych opadów P i odpływów H w zlewni rzeki Łutowni po profil w Pogorzelnach

Fig. 3. The course and trends in half-year precipitation P and outflows H in the Łutownia river catchment area up to the Pogorzelve profile

poszczególnych latach odpływów miesięcznych zmalały z 3,1 do 1,1 mm. Najniższe odpływy zdarzały się nie tylko we wrześniu, jak to było na ogół w poprzednich latach, ale także w czerwcu i lipcu. Najczęściej minimum roczne przypada ostatnio w sierpniu. Pogłębiające się susze hydrologiczne i coraz wcześniejsze w roku terminy ich występowania wskazują na ograniczoną dostępność

wody dla drzewostanów. Deficyt wody występuje już w środku okresu wegetacji, tj. największego zapotrzebowania wody przez drzewostany i utrudnia warunki odbudowy zasobów wodnych na końcu roku hydrologicznego, w okresie zawiązywania się pączków drzew.

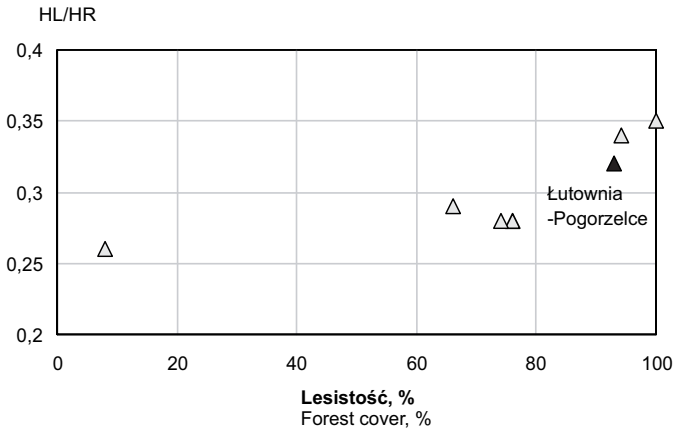
Wieloletnia zmienność odpływu rocznego była dwukrotnie większa aniżeli opadu (tab. 5). Wyznaczona wartość 4,66 współczynnika nierównomierności odpływów rocznych jest większa od średniej dla terytorium Polski podaną przez Fal (1994), wynoszącej 2,43. Najmniej stabilny w czasie był odpływ półrocza letniego, o czym świadczy wysoki współczynnik zmienności udziału odpływu półrocza letniego w odpływie rocznym, który wyniósł 49,9.

5. DYSKUSJA WYNIKÓW

W latach 1985–2000 prowadzono na terenie Puszczy Białowieskiej systematyczne badania hydrologiczne w kilku małych zlewniach cząstkowych (Pierzgalski i in. 2002a), co umożliwiło lepsze rozpoznanie lokalnych zróżnicowań opadu i odpływu. Na podstawie wyników tych badań można stwierdzić, że zlewnia rzeki Łutowni dobrze reprezentuje warunki wodne Puszczy. Potwierdzają to jej charakterystyki hydrologiczne, które odpowiadają ogólnym zależnościom między wskaźnikiem i współczynnikiem odpływu a lesistością zlewni (ryc. 4 i 5). Wyniki tych badań wskazują, że siedliska lasowe, chociaż przyczyniają się tu do zmniejszenia ogólnej wielkości odpływu, to równocześnie sprzyjają wyrównaniu wielkości odpływu pomiędzy półroczem zimowym i letnim.

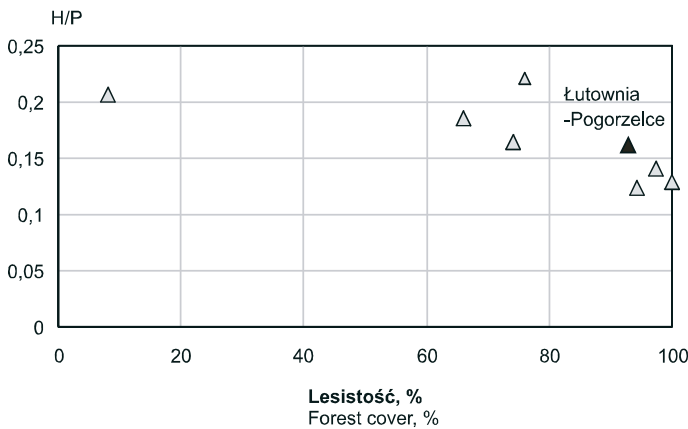
Zmiany parametrów hydrologicznych w położonej w centralnej części Puszczy Białowieskiej zlewni rzeki Łutowni, które można wiązać z czynnikami klimatycznymi, zwiększoną produktywnością siedlisk leśnych i poprawą stanu skażenia środowiska, wskazują na tendencje do zmniejszania się zasobów wodnych siedlisk i obserwowanych od około 20 lat coraz trudniejszych warunków do zaspokojenia potrzeb wodnych drzewostanów. Zjawisko to zostało stwierdzone w wielu kompleksach leśnych w Polsce (Pierzgalski, Tyszka 2000), także na terenie szczególnie cennych siedlisk Puszczy Białowieskiej (Pierzgalski i in. 2002b) i jest alarmującym sygnałem do podjęcia działań zapobiegawczych. Wobec dużego deficytu wody trudno jest poprawić warunki wodne w ekosystemach całego obszaru Puszczy, ale trzeba się skoncentrować na siedliskach najbardziej wrażliwych na zmiany uwilgotnienia. Miarodajnej ocenie należy poddać działalność bobrów, które od 1975 r. zwiększają swoją populację w dolinach wielu rzek Puszczy, w tym w zlewni rzeki Łutowni. Mnogość wykonanych przez bobry tam stwarza realną szansę przetrwania niektórych gatunków flory i fauny zagrożonych wyginięciem, przy powstałych równocześnie pewnych stratach w drzewostanach.

Do działań wspomagających zwiększanie zasobów wodnych należy budowa progów kamiennych, realizowana z inicjatywy Północno Podlaskiego Towarzystwa Ochrony Ptaków. Mają one na celu spowolnienie i zmniejszenie odpływu



Ryc. 4. Zależność udziału wskaźnika odpływu półrocza letniego H_L w rocznym H_R od stopnia lesistości zlewni λ

Fig. 4. Dependence of index of the summer half-year H_L in annual H_R on the degree of catchment forest cover ●



Ryc. 5. Zależność współczynnika odpływu H/P od stopnia lesistości zlewni λ

Fig. 5. Dependence of outflow coefficient H/P on the degree of catchment forest cover I

wody ze zlewni. Jeśli obecny okres posuszny przedłuży się, należy rozważyć konieczność stopniowej przebudowy drzewostanów z zastosowaniem gatunków drzew o mniejszych wymaganiach wodnych.

Wieloletnie ciągi obserwacyjne umożliwiły ustalenie pewnych prawidłowości w kształtowaniu się odpływu okresu letniego półrocza, będących następstwem stanu zasobów wodnych okresu poprzedzającego i bieżących przychodów opadu. Uzyskane wyniki badań, dotyczących relacji opad-odpływ, potwierdzają pogląd Dębskiego (1951), iż w warunkach klimatu nizinnego oddziaływanie lasu na obieg wody w zlewni jest zróżnicowane w zależności od wielkości opadu. W zlewni Łutowni wyraźne zwiększenie odpływu następowało dopiero, gdy opad w półroczu letnim był większy od 350 mm.

7. WNIOSKI

1. Zapoczątkowany w 1983 r. na terenie Puszczy Białowieskiej trend zmniejszania się odpływu rzecznego w pierwszym okresie, trwającym kilka lat, był spowodowany niskimi opadami. Obecnie jest on również następstwem podwyższonych temperatur powietrza i zwiększonej produktywności siedlisk.

2. Zmniejszone zasoby wodne i zakłócony przebieg kształtowania się rocznego cyklu odpływu w ostatnich dziesięcioleciach pogarszają warunki wodne funkcjonowania ekosystemów leśnych. Szczególnie wyraźnie wskazują na to znacznie mniejsze i wcześniej występujące odpływy minimalne.

3. Retencyjną pojemność wodną lasów Puszczy Białowieskiej można ocenić na około 90 mm. Umożliwia ona zaspokojenie potrzeb wodnych drzewostanów w warunkach niedoborów opadu w okresie wegetacji i określa granicę dostosowania się drzewostanów do zakłóceń warunków wodnych.

4. Regulacja bilansu wodnego może być prowadzona zarówno metodami gospodarki leśnej, jak i działaniami technicznymi. Jednak wszelka ingerencja w warunki wodne Puszczy Białowieskiej musi być prowadzona niezwykle rozważnie. Obecnie uzasadnione wydają się działania lokalne mające na celu łagodzenia deficytu wody, polegające na zastosowaniu urządzeń spowalniających obieg wody, m.in. poprzez retencjonowanie wody powierzchniowej i zamianę spływu powierzchniowego na odpływ gruntowy.

5. Odpływ wody jest dobrą miarą wskaźnikową charakteryzującą stan i zmienność zasobów wodnych w zlewni. Łatwość jego pomiarów i przydatność do prognozowania zmian warunków wodnych funkcjonowania drzewostanów powinna sprzyjać upowszechnieniu monitorowania odpływu wody ze zlewni leśnych.

Praca została złożona 14.02.2005 r. i przyjęta przez Komitet Redakcyjny 25.07.2005 r.

VARIATION IN THE OUTFLOW FROM THE ŁUTOWNIA RIVER CATCHMENT AREA (BIAŁOWIEŻA PRIMEVAL FOREST) IN THE PERIOD BETWEEN 1966 AND 2000

Summary

The paper contains results from hydrological studies conducted in the Łutownia river catchment up to the Pogorzelce hydrometric cross-section in the years between 1966 and 2000. The river catchment of the Narewka right-side tributary covering an area of 121 km² is located in the central part of the Białowieża Primeval Forest. Its hydrologic parameters, i.e. mean annual precipitation – 619 mm, outflow – 114 mm and the share of the summer half-year outflow in the annual outflow – 35.7% indicates that the catchment is representative for the Białowieża Primeval Forest. Fertile and near-nature forest habitats reveal high retentive capacity which is manifested in an infrequent occurrence of years with both extreme precipitation and outflow

conditions. Basing on different responses to precipitation, the retentive capacity of the catchment can be estimated at 90 mm. In addition to the current atmospheric precipitation, the outflow in the summer half-year is under a significant impact of water resources of the winter half-year. When the precipitation is close to normal, the amount of water outflowing from the catchment area after a dry winter is by 60 mm lower than after a wet winter. Due to the buffering capacity of forests, they can adjust their water requirements through limiting the use of water after dry winters and increasing it after wet winters. In spite of the retentive and buffering capacities of forests, considerable changes have occurred in recent years in the state of water resources which can be the result of habitat destabilisation. The catchment outflow in the summer half-year was found to be lower by 25 mm, or 45% as compared with the values determined at the beginning of the study period. Also, the amounts of annual outflow minima were reduced while their occurrences were accelerated. The reason for this state of affairs can be looked for in an increase in air temperature and quick stand increment. To improve water relations in the most precious forest ecosystems it is advisable to apply measures aimed at reducing surface runoff, e.g. building drop structures on the riverbed or to promote beaver activity in some of the habitats.

(transl. K. M.)

LITERATURA

- Białkiewicz F., Ciepielowski A., Stolarek A., Tyszka J., Wiślińska B. 1993: Leśne zlewnie badawcze. Prace Inst. Bad. Leś., B, 16: 31-38.
- Białkiewicz F., Kucharska K., Tyszka J. 1978: Odływ wód powierzchniowych z małych zlewni nizinnych o różnym stopniu i układzie lesistości. Sylwan, 6: 1-10.
- Boczoń A. 2004: Warunki klimatyczne w Puszczy Białowieskiej w latach 1950–2003. Materiały z sem. "Zagrożenia leśnych siedlisk hydrogeniczných w Puszczy Białowieskiej", Białowieża 21.05.2004, 32-46.
- Byczkowski A. 1996: Hydrologia, tom I. Wyd. SGGW.
- Fał B. 1994: Zasoby wodne rzek polskich. IMGW. Maszynopis.
- Kucharska K., Tyszka J., Ciepielowski A. 1984: Rola lasów w wyrównaniu odpływu z małych zlewni północno-wschodniej Polski. Gospodarka Wodna, 4: 107-110.
- Kwiatkowski W. 2004: Geologiczne i hydrologiczne uwarunkowania rozmieszczenia roślinności w Puszczy Białowieskiej. Materiały z sem. "Zagrożenia leśnych siedlisk hydrogeniczných w Puszczy Białowieskiej", Białowieża 21.05.2004, 3-17.
- Dębski K. 1951: Wpływ lasu na stosunki hydrologiczne. Wiadomości Służby Hydrol. i Meteorol. T.II, 4-5: 57-70.
- Malzahn E. 2004: Kierunki zmian depozytu zanieczyszczeń powietrza w Puszczy Białowieskiej. Materiały z sem. "Zagrożenia leśnych siedlisk hydrogeniczných", Białowieża 21.05.2004, 47-66.
- Pierzgalski E., Tyszka J. 2000: Influence of forest on river discharges during drought in the north-east part in Poland. Proc. Int. Conf. Central and Eastern European Workshop on Drought Mitigation. Budapest, 191-198.
- Pierzgalski E., Boczoń A., Tyszka J. 2002a: Zmienność opadów i położenia wód gruntowych w Białowieskim Parku Narodowym. Kosmos, t. 51, 4: 415-425.
- Pierzgalski E., Tyszka J., Boczoń A. 2002b: Zróżnicowanie odpływu w małych zlewniach rzecznych w regionie Puszczy Białowieskiej. Prace Inst. Geograficznego. Akademia Światokrzyska w Kielcach, 7: 133-145.
- Tyszka J. 2004: Przyczyny zakłóceń warunków wodnych i metody łagodzenia ich skutków w ekosystemach leśnych. Post. Tech. Leś., 86: 49-53.