

Zmienność przepływów w małym cieku leśnym

Daniel Liberacki
Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań

1. Wstęp

Ze względu na duże deficyty wody, Wielkopolska jako region najbardziej zagrożony w kraju jej brakiem, zmuszona jest do jej racjonalnego wykorzystywania [6]. W celu ograniczenia odpływów wody ze zlewni rzecznych konieczne jest tworzenie systemów umożliwiających zamykanie obiegu wody w zlewni lub w jej wydzielonych częściach, czyli tzw. retencjonowanie. Cel ten jest realizowany w lasach w ramach tzw. małej retencji ujętej w „Zasadach planowania i realizacji małej retencji w Lasach Państwowych” [8]. Wiele prac wskazuje, że cechy lasu oraz właściwe rozmieszczenie powierzchni leśnych na terenie zlewni wpływa w istotny sposób na gospodarkę wodną zlewni zalesionych, gdyż sprzyjają wyrównaniu odpływów [2÷5, 7].

2. Materiały i metody

Celem pracy jest ocena wielkości przepływów wody w małym cieku leśnym w trzech odmiennych pod względem warunków meteorologicznych latach hydrologicznych.

Badania prowadzone były w zlewni cieku Hutka do przekroju Huta Pusta położonej w Puszczy Zielonce. W pracy wykorzystano wyniki badań i obserwacji terenowych z lat hydrologicznych 2000, 2003 i 2005. Wybór lat hydrologicznych przyjęto na podstawie zróżnicowanych sum rocznych opadów atmosferycznych. Badania i obserwacje terenowe obejmowały:

- ciągłą limnigraficzną rejestrację stanów wody na przelewie trójkątnym Thomsona o kącie wierzchołkowym 90° , w przekroju zamykającym zlewnię,
- codzienne pomiary opadów wysokości atmosferycznych deszczomierzem Hellmanna.

Natężenie przepływu zostało obliczone na podstawie wzoru dla przepływów cienkościennych, trójkątnych [1].

$$Q = C_e \frac{8}{15} \sqrt{2g} \cdot \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} \cdot h^{2,5} \text{ [dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

gdzie:

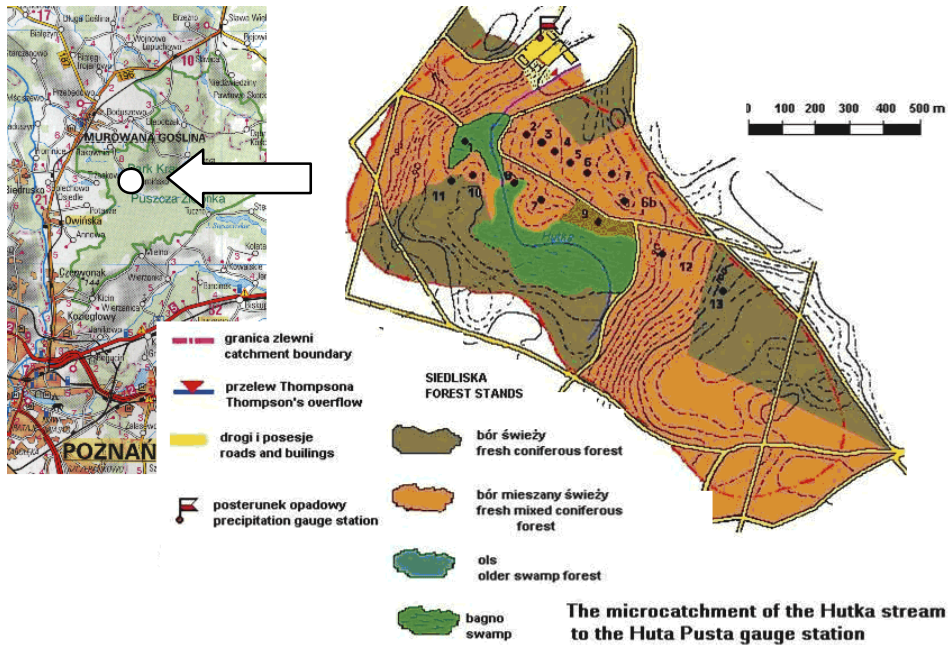
- Q – przepływ w cieku,
- C_e – współczynnik wydatku przelewu,
- Θ – kąt rozwarcia przelewu,
- h – wysokość warstwy wody,
- g – przyspieszenie ziemskie.

Analizy przebiegu warunków meteorologicznych dokonano na podstawie wyników opadów atmosferycznych uzyskanych z posterunku opadowego w Hucie Pustej oraz danych dotyczących temperatur powietrza ze stacji meteorologicznej Poznań-Sołacz. Dodatkowo na obszarze badanej zlewni wytypowano charakterystyczne transekty spływowe, w których założono 13 studzienek do pomiaru stanów wód gruntowych oraz trzy reprezentatywne dla badanych gleb stanowiska do pomiaru uwilgotnienia. Zapasy wody określono metodą suszarkowo-wagową na podstawie próbek o nienaruszonej strukturze pobieranych z każdego poziomu genetycznego dla reprezentatywnych profili glebowych.

3. Wyniki i dyskusja

Zlewnia cieku Hutka, zajmująca powierzchnię 52 ha, znajduje się w środkowej części Puszczy Zielonki (rys. 1).

Obszar ten charakteryzuje się licznymi równinami i wzniesieniami morenowymi typu młodoglacjalnego. Na obszarze badanej zlewni znajduje się również śródleśne oczko wodne o maksymalnej głębokości równej 1m. Usytuowane jest ono w obniżeniu terenowym, na glebach torfowych wytworzonych z torfów niskich. Parametry fizjograficzne zlewni opracowane zostały na podstawie odkrywek gleb i pomiarów wykonywanych przez Katedrę Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji w Poznaniu, a także na podstawie map topograficznych w skali 1:10 000, map glebowo-rolniczych w skali 1:50 000 i również na podstawie danych zawartych w planie urządzenia lasu Nadleśnictwa Doświadczalnego Zielonka obowiązującego na okres 01.01.2004 do 31.12.2013 r., uwzględniając także Operat Typu Siedliskowego Lasu, Roślinności Rzeczywistej i Potencjalnej Nadleśnictwa Doświadczalnego Zielonka według stanu na 28.06.2002 r.



Rys. 1. Zlewnia ciek Huta do przekroju Huta Pusta

Fig. 1. Catchment of river Huta down to Huta Pusta cross section

Teren zlewni ciek Hutka ma charakter równiny falistej o wysokościach wahających się pomiędzy 85 a 106 m n.p.m. Średni spadek terenu wynosi około 10‰, natomiast spadek podłużny ciek wynosi jedynie 1,13‰. Badany ciek jest stosunkowo nieduży i płytki. Jego średnia głębokość waha się w granicach 20-30 cm, a średnia szerokość w dnie około 50 cm.

W zlewni ciek Hutka do przekroju Huta Pusta przeważają lasy zajmujące 46,3 ha, co stanowi 89% jej powierzchni. Znacznie mniejszą część, bo tylko 5,7 ha powierzchni zlewni, zajmują grunty orne, nieużytki i obszary zabagnione, co stanowi 11%. Na terenie zalesionej części procentowy udział występowania poszczególnych siedlisk jest następujący: bór mieszany świeży 40% (18,5 ha), bór świeży 52,5% (24,3 ha), bór mieszany wilgotny 3,2% (1,5 ha) oraz ols 4,3% (2,0 ha) (rys. 1). Dominującym gatunkiem w drzewostanach jest sosna, prócz niej występują inne gatunki takie jak: dąb, brzoza, olsza, modrzew, świerk i jesion.

Tabela 1. Sumy miesięczne, półroczne i roczne opadów atmosferycznych (mm) oraz średnie miesięczne, półroczne i roczne temperatury powietrza (°C) i ich odchylenia od średnich z wielolecia w latach hydrologicznych 2000, 2003 oraz 2005

Table 1. Monthly and half-year annual precipitation sums (mm) and monthly, half-year and annual average air temperature (°C) and their deviation from the average of multiyear, in examind hydrological years 2000, 2003 and 2005

m-ce	wielolecie		rok mokry 2000				rok suchy 2003				rok średni 2005			
	opad	temp.	opad	odch. opadu	temp.	odch. temp.	opad	odch. opadu	temp.	odch. temp.	opad	odch. opadu	temp.	odch. temp.
XI	39	4	34	-5	3	-1	49	10	4	0	53	14	5	1
XII	43	0	48	5	2	2	11	-32	-4	-4	44	1	2	2
I	35	-1	28	-7	0	1	46	11	-2	-1	32	-3	-5	-4
II	29	0	36	7	3	3	8	-21	-3	-3	57	28	1	1
III	36	3	71	35	4	1	19	-17	3	0	34	-2	4	1
IV	34	8	14	-20	12	4	27	-7	8	0	23	-11	9	1
V	50	13	50	-1	16	3	15	-35	16	3	73	23	12	-1
VI	57	16	36	-21	18	2	24	-33	20	4	21	-36	16	0
VII	82	18	145	63	17	-1	84	2	20	2	93	11	20	2
VIII	62	18	113	51	16	-2	14	-48	20	2	56	-6	19	1
IX	49	13	42	-7	13	0	16	-33	14	1	44	-5	13	0
X	41	9	18	-23	12	3	34	-7	6	-3	6	-35	10	1
Suma XI-IV	216	2	232	16	4	2	160	-56	1	-1	243	27	3	1
suma V-X	341	15	404	63	15	0	187	-154	16	1	293	-48	15	0
suma XI-X	557	8	636	79	10	2	347	-210	9	1	536	-21	9	1

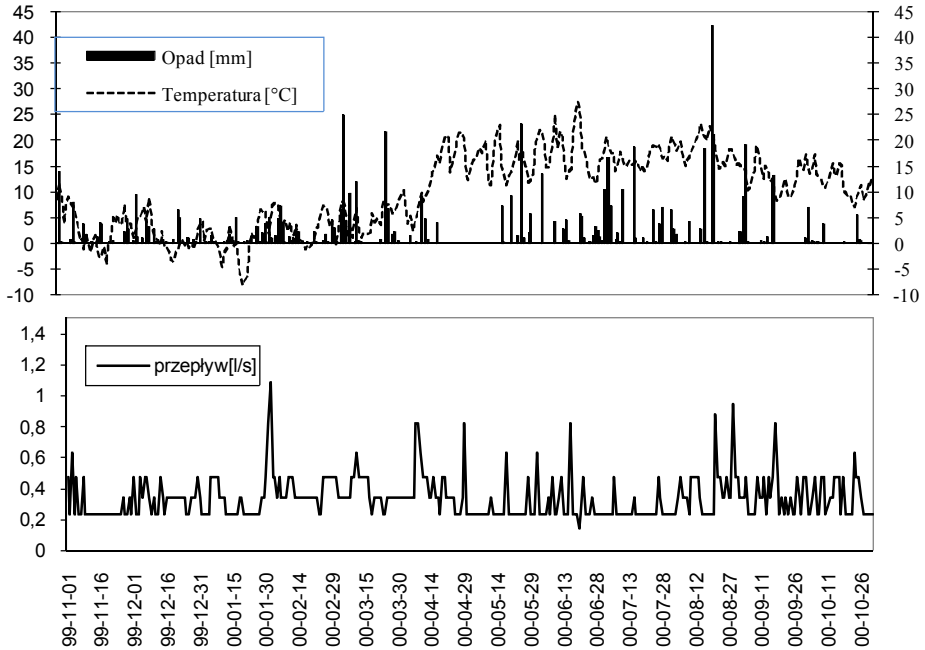
W pierwszym analizowanym roku hydrologicznym 2000 suma opadów atmosferycznych wyniosła 636 mm i była wyższa od średniej z wielolecia o 79 mm (tabela 1). Prawdopodobieństwo wystąpienia takiej sumy opadów wraz z wyższymi wynosi 14%, czyli raz na siedem lat. Największe odchylenia opadów wystąpiły w lipcu i październiku. W pierwszym omawianym miesiącu opady były wyższe od średniej z wielolecia o 63mm, w drugim natomiast były mniejsze o 23 mm. Średnie miesięczne temperatury w omawianym roku hydrologicznym kształtowały się w granicach od 0 do 18°C. Średnia roczna temperatura wyniosła 10°C i była wyższa od średniej z wielolecia o 2°C.

W 2003 roku średnia roczna temperatura wyniosła 9°C, najzimniejszym miesiącem był grudzień z średnią miesięczną temperaturą powietrza wynoszącą -4°C, natomiast najcieplejszym był czerwiec, lipiec i sierpień o średniej miesięcznej temperaturze powietrza wynoszącej 20°C. Roczna suma opadów atmosferycznych w tym roku wyniosła 347mm i była niższa od średniej z wielolecia o aż 210 mm. Prawdopodobieństwo wystąpienia takiej sumy opadów wraz z niższymi wynosi 8%, czyli jeden raz na 13 lat.

W ostatnim z analizowanych lat, 2005 roku suma opadów atmosferycznych wyniosła 536mm i była niższa od średniej z wielolecia o 21mm. Prawdopodobieństwo wystąpienia takiej sumy opadów wraz z wyższymi wynosi 39%, czyli około raz na 3 lata. Miesiącem o największej sumie miesięcznej opadu wynoszącej 93mm oraz najwyższej średniej miesięcznej temperaturze powietrza wynoszącej 20°C był lipiec. Najmniejszą miesięczną sumą opadów wynoszącą 6mm pomierzono w październiku. Suma ta była niższa od średniej z wielolecia o 35mm. Najniższą średnią miesięczną temperaturą powietrza wynoszącą -5°C charakteryzował się styczeń.

Na początku listopada roku hydrologicznego 2000 przepływy wody w cieku Hutka były na poziomie $0,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a pod koniec tego miesiąca zmniejszyły się o połowę (rys. 2). Bardzo wyraźny, lecz krótkotrwały wzrost przepływów nastąpił na początku lutego i był spowodowany roztopami śródziemnymi. Wzrost średniodobowej temperatury z -8°C do 7 °C spowodował stopnienie pokrywy śnieżnej i wzrost przepływów do maksymalnej wartości pomierzonej w półroczu zimowym wynoszącej $1,09 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Zwiększenie przepływów w cieku zaobserwowano w tym półroczu jeszcze w marcu, a jego przyczynę stanowiły kilkudniowe intensywne opady.

W półroczu letnim przepływy w cieku były wyrównane i kształtowały się na poziomie $0,25 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. W półroczu tym nie zaobserwowano znaczących wzrostów przepływów, co można przypisać intensywnej ewapotranspiracji drzewostanów. Dopiero w drugiej dekadzie sierpnia na skutek intensywnych opadów atmosferycznych wynoszących 42 mm odnotowano krótkotrwały wzrost przepływów wody w cieku do poziomu $0,9 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

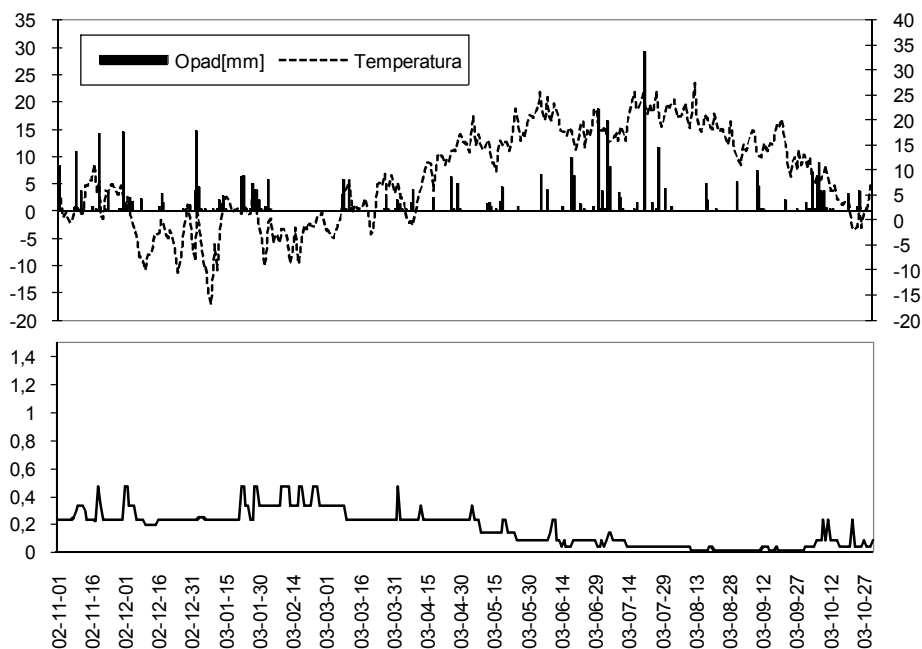


Rys. 2. Przebieg średnich dobowych przepływów w roku hydrologicznym 2000 na tle przebiegu warunków meteorologicznych

Fig. 2. Mean daily water flows in hydrological years 2000 against meteorological conditions

W roku hydrologicznym 2003 znaczący wzrost przepływów do wartości $0,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ wystąpił dopiero pod koniec trzeciej dekady stycznia i spowodowany był krótkotrwałym wzrostem dobowej temperatury powietrza i okresem topnienia pokrywy śnieżnej (rys. 3). Od początku marca zaobserwowano systematyczny spadek wartości przepływów dobowych w cieku Hutka. Systematyczne zmniejszanie przepływów spowodowane było niskimi sumami opadów atmosferycznych oraz rosnącą temperaturą powietrza. Nawet duże dobowe opady atmosferyczne wynoszące 30 mm odnotowane na początku lipca nie były w stanie uzupełnić strat spowodowanych intensywnym parowaniem terenowym. Na początku sierpnia przepływy w cieku całkowicie zanikły. Okres bez odpływowy trwał aż do początku października, kiedy to na skutek krótkotrwałych opadów pojawił się niewielki przepływ w cieku.

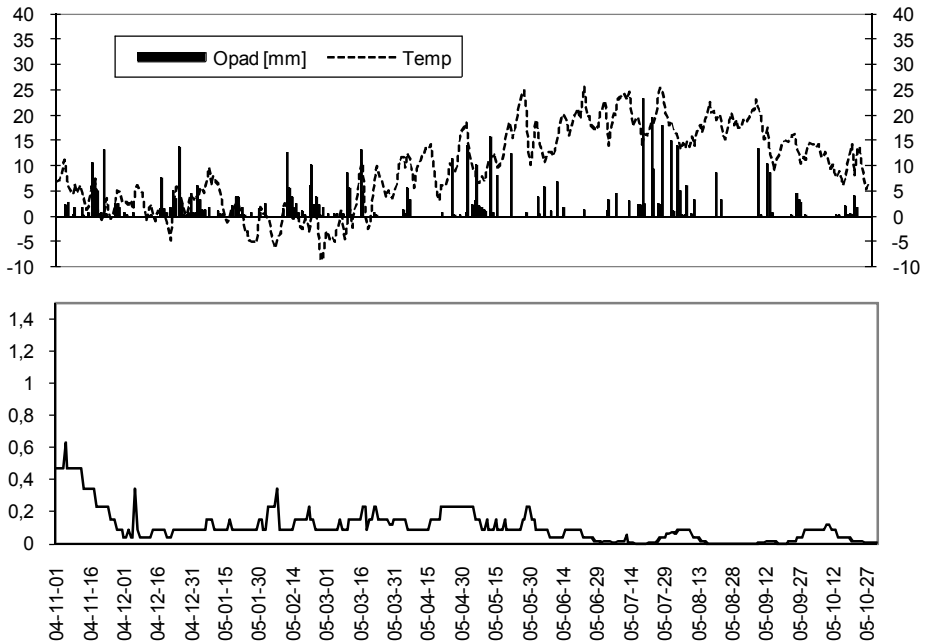
Zmienność przepływów w małym cieku leśnym



Rys. 3. Przebieg średnich dobowych przepływów w roku hydrologicznym 2003 na tle przebiegu warunków meteorologicznych

Fig. 3. Mean daily water flows in hydrological years 2003 against meteorological conditions

W półroczu zimowym roku hydrologicznego 2005 wahania przepływów były znacznie mniejsze w porównaniu z analizowanymi wcześniej latami (rys. 4) Największe przepływy na poziomie $0,48 \pm 0,63 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ zostały pomierzone w pierwszej dekadzie listopada, a następnie odnotowano systematyczny spadek przepływów w cieku do poziomu $0,1 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Tak niewielki i wyrównany przepływ z małymi jedno-dwudniowymi wzrostami spowodowanymi krótkotrwałymi opadami, utrzymuje się przez cały okres półrocza zimowego. Przy braku opadów i znacznym wzroście temperatury, w marcu powyżej 10°C stwierdzono dalsze obniżenie się przepływów w cieku Hutka. Na przełomie pierwszej i drugiej dekady czerwca na skutek niskich sum opadów atmosferycznych i wysokiej temperatury powietrza przepływy w cieku zanikają. Okresowo pojawiają się od 25 lipca do 15 sierpnia po opadach o wydajności 20 mm. Pod koniec sierpnia na skutek niekorzystnego rozkładu opadów oraz wysokich temperatur powietrza i intensywnego parowania przepływy w cieku ponownie zanikają, aby pojawić się dopiero w niewielkiej ilości w październiku.



Rys. 4. Przebieg średnich dobowych przepływów w roku hydrologicznym 2005 na tle przebiegu warunków meteorologicznych

Fig. 4. Mean daily water flows in hydrological years 2005 against meteorological conditions

Zestawione w tabeli 2 wielkości przepływów charakterystycznych wskazują, że zarówno maksymalne jak i średnie dobowe w cieku Hutka były większe w półroczach zimowych niż letnich.

Przepływy maksymalne wynosiły od $0,63 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (2005) do $1,09 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (2000). W półroczach zimowych analizowanych lat przepływy średnie dobowe wynosiły $0,36$ (2000), $0,28$ (2003) i $0,23 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (2005), natomiast w półroczach letnich $0,30$, $0,07$ i $0,05 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Przeprowadzone badania potwierdzają regułę, że w wyniku zróżnicowanych sum opadów atmosferycznych od 347 mm (2003) do 636 mm (2000) odpływy roczne z małej zlewni leśnej różniły się znacząco tylko w przypadku roku mokrego (2000) i suchego (2003). Natomiast w roku suchym i średnim różnica w odpływach jest niewielka i wynosi zaledwie 4 mm , co może świadczyć o dużych zdolnościach retencyjnych badanej zlewni. Nierównomierny rozkład opadów oraz duże wartości parowania terenowego wraz z wysoką temperaturą powietrza pomierzone w półroczu letnim 2003 roku spowodowały, że

Zmienność przepływów w małym cieku leśnym

w analizowanej zlewni wystąpił znaczący spadek zasobów wodnych gleb, który wyniósł aż 275 mm. Pogłębił on się jeszcze bardziej na skutek wystąpienia po sobie lat suchych w 2003 i 2004 roku, co spowodowało, że zapasy wody w 2005 roku były najniższe. Wpłynęło to w istotny sposób na przepływy w półroczu letnim badanego roku.

Tabela 2. Maksymalne, średnie i minimalne dobowe przepływy wody w cieku Hutka w latach hydrologicznych 2000, 2003 oraz 2005

Table 2. Maximum, mean and minimum daily water flows in watercourse Hutka in hydrological years 2000, 2003 and 2005

Okres		Przepływy charakterystyczne [$\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]			Odpływ m^3	Wskaźnik odpływu mm
		Max	Średnie	Min		
2000	XI÷IV	1,09	0,36	0,23	5574,5	10,7
	V÷X	0,95	0,3	0,18	5036,3	9,7
	XI÷X	1,09	0,33	0,18	10610,8	20,4
2003	XI÷IV	0,50	0,28	0,20	4364,1	8,4
	V÷X	0,34	0,07	0,0	1136,2	2,2
	XI÷X	0,50	0,18	0,0	5500,3	10,6
2005	XI÷IV	0,63	0,23	0,18	2477,9	4,8
	V÷X	0,23	0,05	0,0	843,3	1,6
	XI÷X	0,63	0,14	0,0	3321,2	6,4

4. Podsumowanie i wnioski

1. Przeprowadzone badania potwierdzają regułę, że w wyniku zróżnicowanych sum opadów atmosferycznych od 347 mm (2003) do 636 mm (2000) odpływy roczne z małej zlewni leśnej różniły się znacząco tylko w przypadku roku mokrego (2000) i suchego (2003), natomiast w roku suchym i średnim różnica w odpływach jest niewielka, co może świadczyć o dużych zdolnościach retencyjnych badanej zlewni.
2. W badanych latach hydrologicznych 2000, 2003 i 2005 maksymalne przepływy wody w cieku Hutka występowały zawsze w półroczach zimowych i wynosiły od $0,63 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ w 2005 do $1,09 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 2000 roku.
3. Przepływy w półroczach letnich były znacznie mniejsze niż w półroczach zimowych, a w latach 2003 i 2005 odnotowano w cieku Hutka kilkunastodniowy zanik przepływów.
4. Największe odpływy ze zlewni odnotowano w mokrym pod względem sum opadów atmosferycznych roku hydrologicznym 2000. Były one dwukrotnie większe niż w roku 2003 i trzykrotnie większe niż w roku 2005.

5. Stwierdzono, że nierównomierny rozkład opadów oraz duże wartości parowania terenowego wraz z wysoką temperaturą powietrza pomierzone w półroczu letnim 2003 roku spowodowały, że w analizowanej zlewni wystąpił znaczący spadek zasobów wodnych gleb.
6. Badania wykazały, że uwilgotnienie w poszczególnych latach ma duży wpływ na przebieg zapasów wody w latach następnych. Po suchym 2003 i średnio suchym 2004 w roku średnim (2005) zapasy wody w zlewni były najmniejsze, co w istotny sposób wpłynęło na wartości przepływów w cieku w badanych latach.

Literatura

1. **Bajkiewicz-Grabowska E., Magnuszewski A., Mikulski Z.:** *Hydrometria*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993.
2. **Białkiewicz F., Babiński S.:** *Znaczenie lasu w kształtowaniu retencji gleb i dopływu wód opadowych*. Sylwan CXXV, 1-9, 1981.
3. **Białkiewicz F., Ciepeliowski A., Stolarek A., Tyszka J., Wiślińska B.:** *Leśne zlewnie badawcze*. Prace IBL, Warszawa, ser. B, 16, 5-38, 1993.
4. **Kosturkiewicz A., Czopor S., Korytowski M., Stasik R., Szafrąński Cz.:** *Odplawy i retencja siedlisk leśnych w małych zlewniach*. Roczn. AR Poznań, Melior. Inż. Środ. 23, 217-227, 2002.
5. **Stasik R., Szafrąński Cz., Korytowski M., Liberacki D.:** *Zmienność przepływów w ciekach małych zlewni nizinnych o zróżnicowanym zasilaniu i stopniu lesistości na tle warunków meteorologicznych*. Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus 6(1), 15-27, Kraków 2007.
6. **Szafrąński Cz.:** *Zasoby wodne Polski i ich ochrona*. W monografii: *Zasoby przyrodnicze szansą zrównoważonego rozwoju*. Red. J. Nowacki Wyd. AR Poznań, 67-77, 2007.
7. **Tyszka J.:** *Rola i miejsce lasu w kształtowaniu stosunków wodnych w zlewni rzecznej*. Sylwan CXXXIX, 11, 67-80, 1995.
8. *Zasady planowania i realizacji zasad małej retencji w lasach państwowych*. Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych. Biuro Studiów i Projektów Leśnictwa Bioplas, ss. 25, 1997.

Flow Variability in Small Forest Watercourse

Abstract

The paper presents the results of researches carried out at Hutka small catchment up to Huta Pusta cross section. The catchment is located at the central part of Wielkopolska Region about 20km on the north-east from Poznań at Puszcza Zielonka. The catchment area is 0.52 km². The catchment of the Hutka watercourse, with an area of

0.52 km², is forested in 89%, the other 11% being covered by swamps and wasteland (Fig. 2). The predominant sites are fresh mixed coniferous forest (BMśw), fresh coniferous forest (Bśw) and alder carr forest (OI).

Landscape in catchment is characterized by a large number of interior depressions, filled partly with rainwater or peatbogs, with poorly developed natural drainage. The watercourses do not exceed 1 km in length, the mean width is approx. 0.5 m, while mean depth ranges from 0.2 to 0.3 m. Podzolic soils, formed from sands, predominate in the area of analyzed catchment. In land depressions, where the ground water table is located immediately below the ground surface, muckous soils are found.

The variability of flow in small lowland watercourse was studied in 2000, 2003 and 2005 hydrological years differing in the pattern of meteorological conditions. The results of the research indicate differentiation of characteristic flow, forming dates of initial and final raised water stage and their culmination. There was runoff rates and coefficients differentiation in each of the analysed watercourse catchment in winter and summer hydrological half-years as well. It was found that the rate of water flow was lower in summer half-years than in winter halves. In some periods of the former, the flow disappeared. Obtained results indicate that despite of differences of yearly precipitation sum which hesitated from 347 to 635 mm, the outflow from the catchment were small. Smoothing of half-year and year outflow indicates significant retention of investigated catchment. On the basis of results significant influence of meteorological conditions on groundwater level dynamics in different forest habitats well as significant impact of forest areas on retaining capacity and on stream water and groundwater quality were realised.

