

ARKADIUSZ BARTCZAK<sup>1</sup>, RYSZARD GLAZIK<sup>2</sup>, SEBASTIAN TYSZKOWSKI<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego  
Polska Akademia Nauk w Toruniu

<sup>2</sup>Institut Geografii  
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

## CZASOWE I PRZESTRZENNE ZRÓŻNICOWANIE ODPLYWU JEDNOSTKOWEGO W ZLEWNI RZEKI ZGŁOWIĄCZKI (WSCHODNIA CZĘŚĆ KUJAW)\*

TIME AND SPACE DIVERSITY OF THE SPECIFIC DISCHARGE  
IN THE ZGŁOWIĄCZKA RIVER BASIN (EASTERN PART OF KUJAWY)

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wyniki analiz i badań dotyczących wielkości i zmienności w przebiegu wieloletnim oraz przestrzennego rozkładu średniego rocznego odpływu jednostkowego z obszaru rolniczego szczególnie narażonego na deficyt wody, który związany jest z małym zasilaniem opadami atmosferycznymi. Do analiz wieloletnich wykorzystano dane z sieci monitoringowej IMGW z okresu 1951-2012. Rozkład przestrzenny średnich rocznych odpływów jednostkowych w zlewni Zgłowiączki zaprezentowano dla dwóch skrajnych lat: roku anomalnie wilgotnego oraz suchego, na podstawie danych z własnej sieci obserwacyjnej. Średni wieloletni (1951-2012) odpływ jednostkowy ze zlewni Zgłowiączki wynosił  $2,51 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Na podstawie kierunku linii trendu kroczącego średniego rocznego odpływu jednostkowego wydzielono trzy charakterystyczne okresy: lata 1951-1980 – kierunek rosnący, lata 1981-1991 – kierunek malejący i lata 1992-2011 – kierunek rosnący. W roku anomalnie wilgotnym (2011) średni roczny odpływ jednostkowy ze zlewni Zgłowiączki oszacowano na  $5,80 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Nadmienić należy, że odpływ, jaki wystąpił w roku 2011, był drugim co do wielkości w wieloletniu 1951-2012. Jedynie w roku 1980 był większy i wynosił  $6,79 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . W roku suchym (2012) wynosił on  $1,30 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Przyczyny wystąpienia anomalnie dużych odpływów jednostkowych w 2011 roku powiązano z warunkami hydrometeorologicznymi, jakie wystąpiły w badanym okresie.

---

\*Prezentowane wyniki są częścią pracy finansowanej ze środków na naukę Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2010-2013 jako projekt badawczy nr N N306 47 3538. Analizy były wykonane również przy wsparciu projektu ICLEA (*Virtual Institute of Integrated Climate and Landscape Evolution Analyses* within the *Helmholtz Association* – Wirtualny Instytut Zintegrowanych Analiz Ewolucji Klimatu i Krajobrazu w ramach Stowarzyszenia Helmholtza).

**Słowa kluczowe:** zasoby wodne, odpływ jednostkowy, deficyt wody, Zgłowiączka, Kujawy wschodnie

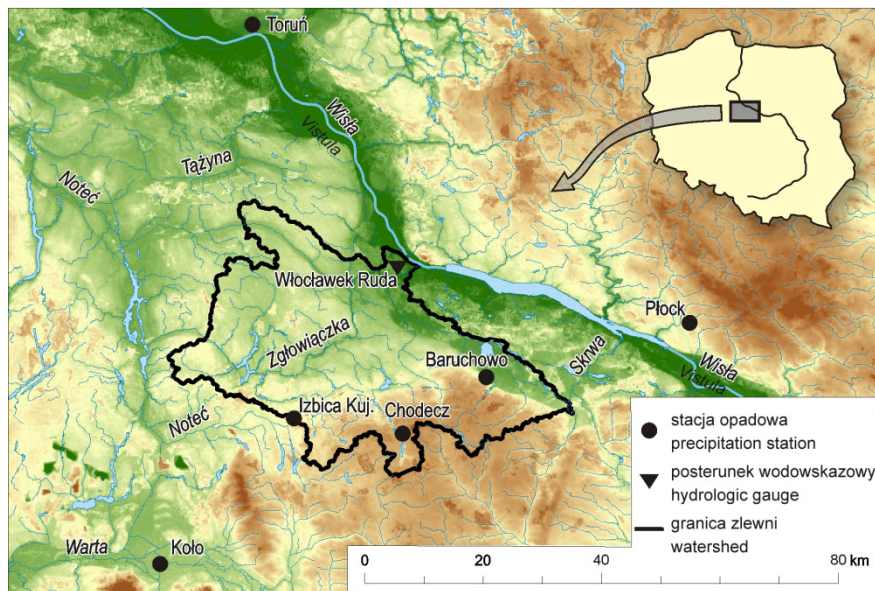
## Wstęp

Gospodarowanie wodą na obszarach wiejskich nabiera coraz większego znaczenia w świetle ograniczonych zasobów oraz zmian (często nieodwracalnych) w strukturze bilansu wodnego. Niedobór wody jest odczuwany przede wszystkim na terenach rolniczych, szczególnie tam, gdzie jest zintensyfikowana produkcja roślinna (MICHALCZYK 2004, ŁABĘDZKI 2006, MIODUSZEWSKI 2006). Jednym ze wskaźników charakteryzujących wielkość zasobów wodnych na określonym obszarze, niezależnie od jego zagospodarowania, jest średni odpływ jednostkowy, czyli ilość wody odpływającej z określonej powierzchni ( $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ) (MICHALCZYK 2009). Odpływ jako funkcja opadów atmosferycznych i parowania terenowego kształtuje się na obszarze Polski niekorzystnie (GUTRY-KORYCKA 1997). Zasoby wodne Polski są około dwukrotnie mniejsze w stosunku do średnich zasobów europejskich (STAN... 1996). Średni odpływ jednostkowy w latach 1901-2000 dla Polski wynosił  $5,56 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (FAL 2002, FAL i BOGDANOWICZ 2002). W krajach sąsiadujących z Polską średni odpływ jednostkowy był znacznie większy i wynosił w Niemczech  $15,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , podobnie na Łotwie –  $15,7 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , na Ukrainie –  $11,1 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , na Białorusi –  $8,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Jedynie w Rosji wynosił  $2,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , jednak, zdaniem FAL i BOGDANOWICZ (2002), wartość ta jest znacznie zaniżona i mało wiarygodna. Największe średnie odpływy jednostkowe w krajach europejskich były notowane w Irlandii –  $51,6 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , w Albanii –  $45,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , w Szwajcarii –  $41,4 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , w Norwegii –  $38,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  czy w Austrii –  $34,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ .

Głównym celem artykułu było określenie wielkości oraz zmienności w okresie wieloletnim średniego rocznego odpływu jednostkowego na obszarze wschodniej części Kujaw – szczególnie narażonym na deficyt wody. Ponadto w artykule przedstawiono przestrzenne zróżnicowanie średniego rocznego odpływu jednostkowego w skrajnych sytuacjach hydrologicznych – w roku anomalnie wilgotnym (2011) i suchym (2012).

## Obszar badań

Obszar badań – wschodnia część Kujaw – został zamknięty topograficznym działem wodnym zlewni Zgłowiączki (rys. 1). Zgodnie z podziałem regionalnym Polski w układzie dziesiątym opracowanym przez KONDRACKIEGO (2002) zlewnia Zgłowiączki należy do dwóch makroregionów: Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej – 315.3 (mezo-region Kotlina Płocka – 315.36) i Pojezierza Wielkopolskiego – 315.5 (mezo-regiony: Równina Inowrocławska – 315.55 i Pojezierze Kujawskie – 315.57). Rzeka Zgłowiączka jest zaliczana do największych lewobrzeżnych dopływów dolnego odcinka Wisły. Całkowita powierzchnia zlewni wynosi  $1495,6 \text{ km}^2$  (ATLAS... 2005), a długość rzeki Zgłowiączki wynosi 79,0 km. Za początek Zgłowiączki uważany jest Kanał Głuszyński, którego źródło znajduje się na południe od miejscowości Płowce na wysokości 92,5 m n.p.m. Zgłowiączka kończy swój bieg, uchodząc do Wisły (679,6 km biegu rzeki)



Rys. 1. Położenie obszaru badań  
Fig. 1. Location of study area

we Włocławku na wysokości 44,4 m n.p.m. Podstawowy opis stosunków wodnych w zlewni Zgłowiączki przedstawił GLAZIK (1970). Jego zdaniem najważniejszymi czynnikami kształtującymi układ i gęstość sieci rzecznej w zlewni są rzeźba terenu oraz budowa geologiczna. Wszystkie dopływy Zgłowiączki wykorzystują w swym biegu rynnę subglacialne i obniżenia terenowe o różnej genezie.

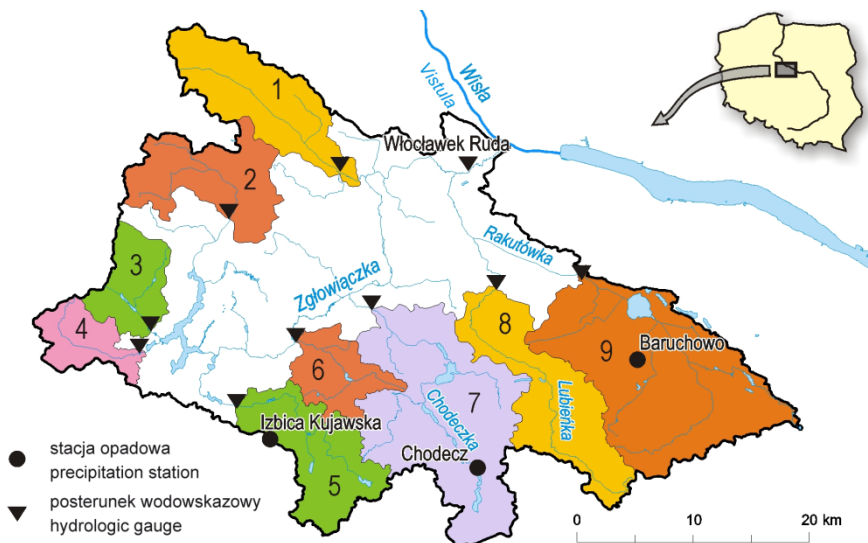
Na skutek działalności człowieka na obszarze badań zniekształcona została naturalna zdolność retencyjna zlewni. Głównymi przyczynami tego procesu były: wylesienia, odwodnienie oraz intensyfikacja produkcji roślinnej. W efekcie tych działań powstał krajobraz nazwany przez WODZICZKĘ (1947) „chorym krajobrazem rolniczym” (s. 147), „krajobrazem spustoszoną” (s. 151) lub wręcz „krajobrazem stepowym” (s. 151). Jedną z pierwszych prac dotyczących możliwości stepowienia w Polsce, w której rozważania były prowadzone na bazie warunków hydrologicznych, jest praca LAMBORA (1954). Zdaniem tego autora procesu stepowienia nie należy wiązać ze zmianami klimatu, a zmiany w obiegu wody zostały spowodowane w sposób sztuczny. Nie stwierdził on trwałych zmian klimatu, lecz jedynie krótsze lub dłuższe jego zmiany, powodujące okresowe (wieloletnie i w cyklu rocznym) nadwyżki i deficyty wody. W swojej kolejnej pracy LAMBOR (1956) wyznaczył obszary, które w największym stopniu są narażone na proces „stepowienia”. Zaliczył do nich właśnie obszary: Kujaw, Wielkopolski oraz części Mazowsza, które są szczególnie narażone na deficyt wody w miesiącach od maja do września. Także KOWALCZAK i IN. (1997), na podstawie analizy klimatycznego bilansu wodnego (uwzględniającego parowanie potencjalne oraz sumy opadów) oraz częstości występowania najniższych stanów pierwszego horyzontu wód podziemnych, jako obszary najbardziej zagrożone wystąpieniem zjawiska suszy wskazali Nizinę

Wielkopolską i Pojezierze Wielkopolskie. Na obszarze Kujaw występują jedne z najmniejszych sum opadów w Polsce. Potwierdzają to analizy m.in. WÓJCIKA i MARCINIAKA (1993), WOSIA (1994), ŁABĘDZKIEGO i IN. (2008). Średnie roczne sumy opadów atmosferycznych (z okresu 1951-1980) nie przekraczające 500 mm nie występowały na całym obszarze Kujaw. Występowały one raczej „wyspowo”, a na obszarze badań taka „wyspa” najmniejszych opadów występuje w centralnej części zlewni w okolicach Brześcia Kujawskiego (452 mm). Tak małe średnie sumy roczne WÓJCIK i MARCINIAK (1993) uzasadniają przede wszystkim mało zróżnicowaną rzeźbą terenu oraz oddziaływaniem cienia opadowego wysoczyzn pojeziernych. Również KOŻUCHOWSKI i IN. (1990) stwierdzili, że „każda znaczniejsza zmiana sumy opadów wywołuje w środowisku geograficznym poważne zakłócenia. Szczególnie Polska środkowa, Wielkopolska i Kujawy, a także wododziałowy obszar dzielący zlewnie Warty i Wisły dotkliwie odczuwają deficyt wody pogłębiany przez pojawiające się od czasu do czasu niedobory opadów atmosferycznych” (s. 359). Analizy i badania wykonane przez BRENDE (1997) pokazały, że to właśnie deficyt wody jest obecnie zasadniczą barierą rozwoju rolnictwa na tym terenie.

## Metodyka

Ze względu na zróżnicowany układ naturalnych warunków środowiska przyrodniczego (GLAZIK 1970) oraz rolnicze wykorzystanie obszar zlewni Zgłowiączki stał się poligonem doświadczalnym dla badań hydrologicznych prowadzonych w latach 2010-2013. Jednym z celów było określenie przestrzennego zróżnicowania odpływu rzeczno-ego w zlewni Zgłowiączki. Badania terenowe rozpoczęto od założenia i uruchomienia własnej sieci posterunków obserwacyjnych na wszystkich głównych dopływach Zgłowiączki (rys. 2). Każdy z posterunków wyposażono w urządzenia pozwalające na automatyczną rejestrację stanów wody – czujniki WL-1. W punktach, gdzie ustawione były czujniki, wykonywano pomiary prędkości płynięcia wody. W trakcie badań wykonano 23 pełne serie pomiarowe w profilach zamkniętych lokalizacją czujników. Na podstawie danych z czujników z konkretnego dnia i godziny oraz wielkości przepływu rzeczno-ego opracowano krzywą natężenia przepływu. Konstrukcję krzywej wykonano na podstawie zasad obowiązujących w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie dla zakresu danych uzyskanych bezpośrednio w terenie. W zakresie wartości większych i mniejszych ekstrapolowano dane, posługując się programem Krzywa 2 zawartym w opracowaniu „Metoda wyznaczania krzywej natężenia przepływu” (SZKUTNICKI i IN. 2007). Dane te stanowiły podstawę do oceny przestrzennego zróżnicowania zasobów wodnych wyrażonych wielkością średniego rocznego odpływu jednostkowego z tego terenu. Analizy zostały wykonane w układzie roku hydrologicznego. Podstawowe parametry zlewni zamkniętych rejestratorami stanów wody przedstawiono w tabeli 1.

Charakterystykę termiczno-wilgotnościową okresu, w którym prowadzono badania terenowe, wykonano na podstawie danych: półrocznych (półrocze zimowe XI-IV i półrocze letnie V-X) i rocznych (XI-X) przepływów rzeki Zgłowiączki, średnich temperatur powietrza w Kole, sum opadów atmosferycznych w Chodczu, Baruchowie i Izbicy Kujawskiej oraz sumowanej grubości pokrywy śnieżnej w Kole. Szeregi czasowe z okresu



Rys. 2. Rozmieszczenie sieci pomiarowej w zlewni Zgłowiączki. Zlewnie cząstkowe: 1 – kanał Bachorze, 2 – Kanał Głuszyński, 3 – kanał Gopło Świesz, 4 – kanał Głuszyn Dębółka, 5 – Struga, 6 – Kocięca, 7 – Chodeczka, 8 – Lubieńka, 9 – Rakutówka  
 Fig. 2. Location of gauging and precipitation stations within the Zgłowiączka river basin. Catchment areas: 1 – Bachorze channel, 2 – Głuszyński channel, 3 – Gopło Świesz channel, 4 – Głuszyn Dębółka channel, 5 – Struga, 6 – Kocięca, 7 – Chodeczka, 8 – Lubieńka, 9 – Rakutówka

1951-2012 pochodziły z IMGW w Warszawie. Analizowane szeregi poddano normalizacji i standaryzacji. Następnie każdy element szeregu został sklasyfikowany na podstawie wielkości odchylenia od wartości średniej wieloletniej według schematu:

- przedział ekstremalnie wilgotny (ekstremalnie ciepły dla szeregu średniej temperatury) – przedział, w którym wartości są  $\geq 2,18$  odchylenia standardowego (co stanowi teoretycznie 1,5% obserwacji),
- przedział anomalnie wilgotny (anomalnie ciepły dla szeregu średniej temperatury) – przedział, w którym wartości mieszczą się w zakresie od 1,66 do 2,17 odchylenia standardowego (co stanowi teoretycznie 3,5% obserwacji),
- przedział bardzo wilgotny (bardzo ciepły dla szeregu średniej temperatury) – przedział, w którym wartości mieszczą się w zakresie od 1,15 do 1,65 odchylenia standardowego (co stanowi teoretycznie 7,5% obserwacji),
- przedział wilgotny (ciepły dla szeregu średniej temperatury) – przedział, w którym wartości mieszczą się w zakresie od 0,61 do 1,14 odchylenia standardowego (co stanowi teoretycznie 15% obserwacji),
- przedział przeciętny – przedział, w którym wartości mieszczą się w zakresie od 0,60 do  $-0,60$  odchylenia standardowego (co stanowi teoretycznie 45% obserwacji),

Tabela 1. Wybrane parametry charakteryzujące zlewnię Zgłowiączki oraz analizowane zlewnie cząstkowe (zlewnie zamknięte rejestratorami)

Table 1. Spatial diversity characterising the Zgłowiączka river basin and the analysed catchment areas (those limited by gauging stations)

Charakterystyka Characteristic	Zlewnia – River basin of									
	Zgłowiączki Zgłowiączka	Rakutówki Rakutówka	Lubieńki Lubieńka	Chodeczki Chodeczka	Strugi Struga	Kocięcy Kocięca	kanalu Głuszyn Dęboleka Głuszyn Dęboleka channel	kanalu Gopło Świesz Gopło Świesz channel	Kanalu Głuszynskiego Głuszynski channel	kanalu Bachorze Bachorze channel
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Powierzchnia (km <sup>2</sup> )* Area (km <sup>2</sup> )*	1 468,7	224,8	114,4	202,5	87,5	47,7	39,2	48,6	85,1	99,0
Średnia wysokość zlewni (m n.p.m.)* Mean basin elevation (m a.s.l.)*	95,1	106,2	111,6	111,5	114,1	102,3	96,3	99,8	94,7	86,0
Deniwelacja (m)* Level difference (m)*	100,2	70,7	67,2	57,9	46,4	49,2	29,2	38,9	19,3	31,9
Długość zlewni (km)* Length of the river basin (km)*	82,5	26,7	31,3	32,3	22,5	12,3	12,6	5,8	16,8	19,3
Wskaźnik formy* Index of basin shape*	0,24	0,32	0,12	0,19	0,17	0,32	0,25	1,44	0,30	0,27
Gęstość cieków natural- nych (km·km <sup>-2</sup> )* Natural watercourses density (km·km <sup>-2</sup> )*	0,73	0,59	0,93	0,81	0,66	1,04	0,58	0,81	0,64	0,66
Gęstość cieków sztucznych (km·km <sup>-2</sup> )* Artificial watercourses density (km·km <sup>-2</sup> )*	0,70	0,76	0,66	0,68	1,44	1,03	1,02	0,39	0,68	0,71
Obszar zmeliorowany (%)** Reclaimed land (%)**	52,8	42,0	47,3	41,0	38,7	65,8	28,1	62,5	93,2	65,0
Użytkowanie terenu Land use										
Grunty orne (%)** Arable land (%)**	79	69	88	82	74	83	78	88	93	93
Łąki i pastwiska (%)** Grasslands and pasture lands (%)**	8	15	5	7	16	11	17	4	0	6

Tabela 1 – cd. / Table 1 – cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Lasy (%)*** Forests (%)***	9	13	4	8	2	3	2	5	5	1
Powierzchnia jezior (%)*** Lake area (%)***	1,5	2,3	0,9	2,4	0,9	0,6	0,1	0,9	0	0
Inne (%)*** Other (%)***	2,5	0,7	2,1	0,6	7,1	2,4	2,9	2,1	2	0

Źródła: \*mapy topograficzne w skali 1 : 25 000, \*\*obliczenia własne na podstawie danych Kujawsko-Pomorskiego Zarządu Melioracji i Urządzeń Wodnych we Włocławku, \*\*\*CORINE LAND COVER... 2006.

Sources: \*topographic maps in scale 1 : 25 000, \*\*authors' compilations based on the Kuyavian-Pomeranian Reclamation and Water Devices Management in Włocławek data, \*\*\*CORINE LAND COVER... 2006.

- przedział suchy (chłodny dla szeregu średniej temperatury) – przedział, w którym wartości mieszczą się w zakresie od  $-0,61$  do  $-1,14$  odchylenia standardowego (co stanowi teoretycznie 15% obserwacji),
- przedział bardzo suchy (bardzo chłodny dla szeregu średniej temperatury) – przedział, w którym wartości mieszczą się od  $-1,15$  do  $-1,65$  odchylenia standardowego (co stanowi teoretycznie 7,5% obserwacji),
- przedział anomalnie suchy (anomalnie chłodny dla szeregu średniej temperatury) – przedział, w którym wartości mieszczą się w zakresie od  $-1,66$  do  $-2,17$  odchylenia standardowego (co stanowi teoretycznie 3,5% obserwacji),
- przedział ekstremalnie suchy (ekstremalnie chłodny dla szeregu średniej temperatury) – przedział, w którym wartości są  $\leq -2,18$  odchylenia standardowego (co stanowi teoretycznie 1,5% obserwacji).

Do analiz statystycznych szeregu średnich rocznych odpływów jednostkowych wykorzystano standardowe metody stosowane w hydrologii. Badanie losowości szeregu wykonano testem Manna (WIBIG 1990), homogeniczność szeregu zweryfikowano testem Bartletta, hipotezę o braku wystąpieniu skoku wartości średniej w szeregu zbadano testem skumulowanych odchyłeń (BUISHAND 1982), a sprawdzenie trendu w szeregu – za pomocą testu Spearmana (OZGA-ZIELIŃSKI 1987). Weryfikację wszystkich testów przeprowadzono na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ .

Wieloletnie tendencje odpływu jednostkowego z okresu 1951-2012 przedstawiono za pomocą trendu kroczącego. Metoda ta jest szczególnie użyteczna do analizy długich szeregów, które charakteryzują się nieregularnymi i licznymi zmianami kierunku tendencji rozwojowej. Trend kroczący nie posiada analitycznej postaci funkcji matematycznej. Metoda ta została wykorzystana w pracy BARTCZAKA I IN. (2013). Wygładzanie szeregu polega na arbitralnym ustaleniu stałej wygładzania  $k$  ( $k < n$ ), a następnie szacowaniu parametrów strukturalnych liniowej funkcji trendu na podstawie kolejnych fragmentów szeregu o długości stałej  $k$ . W przedstawionej pracy autorzy zdecydowali się na wybór kroku czasowego  $k = 15$  lat. Dla szeregu chronologicznego  $y_1, y_2, \dots, y_n$  i stałej wygładzania  $k$  kolejnymi fragmentami szeregu są:  $y_1, \dots, y_k; y_2, \dots, y_{k+1}; y_{n-k+1}, \dots, y_n$ .

Następnie szacowane są – klasyczną metodą najmniejszych kwadratów – parametry strukturalne funkcji w każdym segmencie. Liczba segmentów w szeregu wynosi  $n - k + 1$ , np. dla szeregu składającego się z 60 wartości, przy stałej  $k = 15$  lat, liczba segmentów wynosi 46. Liniowe funkcje trendu dla każdego segmentu przyjmują postać:

$$\begin{aligned} \hat{y}_1 &= a_1 + b_1 t \text{ dla } 1 \leq t \leq k \\ \hat{y}_2 &= a_2 + b_2 t \text{ dla } k+1 \leq t \leq 2k \\ &\dots\dots\dots \\ \hat{y}_{n-k+1} &= a_{n-k+1} + b_{n-k+1} t \text{ dla } n-k+1 \leq t \leq n \end{aligned}$$

Ostateczne wyrównanie szeregu otrzymuje się poprzez obliczenie średnich arytmetycznych z wartości teoretycznych.

## Wyniki i dyskusja

Odpływ rzeczny na obszarze Polski charakteryzuje się dużą zmiennością przestrzenną (STACHY 1976, 1984 a, 1984 b, GUTRY-KORYCKA 1985, DOBIJA 1986). Bardzo szczegółowe i aktualne dane – z okresu 1951-2000 – podają FAL (2002), FAL i BOGDANOWICZ (2002) oraz MICHALCZYK (2009). Z ich prac wynika, że najmniejszy średni odpływ jednostkowy na obszarze Polski wynosi 2-4  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  i występuje w pasie Nizin Środkowopolskich. Rośnie on w kierunku południowym i wynosi: na wyżynach – 5-6  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , w górach – do 10-20  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , w Tatrach przekracza 40  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  i lokalnie osiąga 100  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Na pojezierzach i przymorzu wynosi 8-10  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ .

Obliczony średni roczny (XI-X) odpływ jednostkowy ze zlewni Zgłowiączki z okresu 1951-2012 wynosił 2,51  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Średni odpływ jednostkowy z półrocza zimowego (XI-IV) wynosił 3,35  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , a z półrocza letniego (V-X) – 1,66  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ .

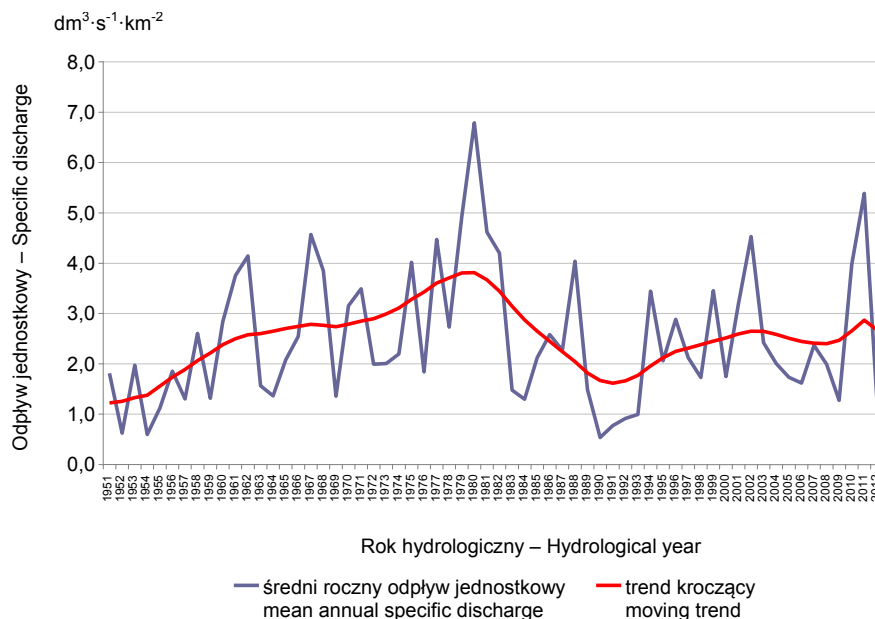
Wyniki analiz statystycznych pod kątem jednorodności analizowanego szeregu średnich rocznych odpływów jednostkowych w okresie 1951-2012 wskazują, że:

- 1) szereg jest uporządkowany losowo,
- 2) szereg jest jednorodny pod względem wariancji,
- 3) w szeregu nie ma skoku wartości średniej,
- 4) w szeregu nie występuje tendencja rozwojowa (trend).

Na rysunku 3 przedstawiono przebieg średniego rocznego odpływu jednostkowego z omawianego obszaru Kujaw Wschodnich w latach 1951-2012. Maksymalne wartości średniego rocznego odpływu jednostkowego wynosiły 6,79  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  w roku 1980 oraz 5,39  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  w roku 2011. Minimalne wartości – poniżej 1  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  – wystąpiły w latach 1952 (0,63  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ) i 1954 (0,60  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ) oraz w okresie od 1990 (0,54  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ) do 1993 roku (1,00  $\text{dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ). Analizując przebieg linii trendu kroczącego, można zauważyć trzy charakterystyczne okresy:

- 1) lata 1951-1980 – kierunek rosnący odpływu.
- 2) lata 1981-1991 – kierunek malejący odpływu.
- 3) lata 1992-2011 – kierunek rosnący odpływu.



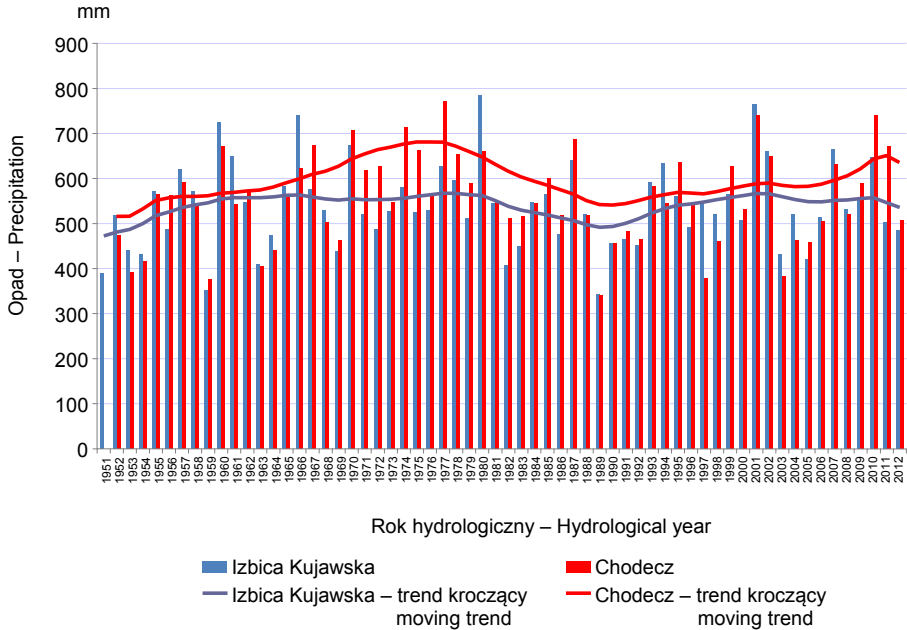


Rys. 3. Wielkość i tendencje średniego rocznego odpływu jednostkowego ze zlewni Zgłowiączki w wieloletniu 1951-2012

Fig. 3. Magnitude and trends of the mean annual specific discharge from the Zgłowiączka river basin in the period 1951-2012

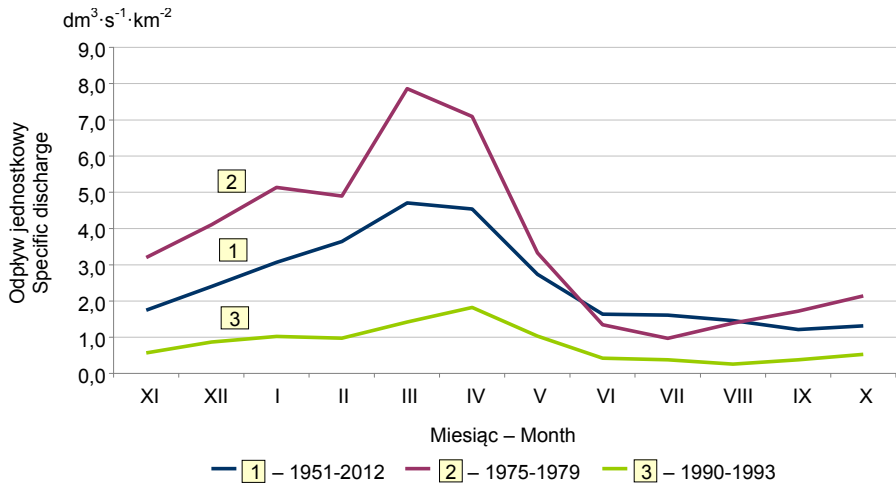
Powyższa analiza wskazuje, że w badanym okresie zaznaczają się jedynie kilku- lub kilkunastoletnie fluktuacje w przebiegu średnich rocznych wartości odpływu jednostkowego. Właśnie te fluktuacje są bardziej istotne aniżeli ich wieloletnia tendencja. Wielkość i tendencje średniego rocznego odpływu jednostkowego ściśle nawiązywały do tendencji rocznych sum opadów atmosferycznych na tym obszarze (rys. 4) (BARTCZAK i IN. 2013).

Zmienność odpływu jednostkowego z badanego obszaru w cyklu rocznym przedstawiono na rysunku 5. Średni miesięczny odpływ jednostkowy charakteryzował się stosunkowo dużą zmiennością. Na taką zmienność ma wpływ przede wszystkim ilość dostarczanej energii oraz wpływ opadów atmosferycznych – dotyczy to formy opadów (deszcz lub śnieg) oraz ich rozkładu w ciągu roku. Najefektywniejsze zasilanie rzek występuje praktycznie w jednym okresie – na wiosnę, w wyniku tajania pokrywy śnieżnej. Wtedy też występują roztopowe wezbrania wiosenne lub późnowiosenne roztopowo-opadowe. Średni miesięczny odpływ jednostkowy (1951-2012) wynosił w marcu  $4,71 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , a w kwietniu  $4,54 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . W okresie wilgotnym (1975-1979) średni miesięczny odpływ jednostkowy wynosił w marcu  $7,86 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , a w kwietniu  $7,09 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (rys. 5). Z kolei w okresie suchym (1990-1993) maksymalny średni miesięczny odpływ jednostkowy wynosił  $1,82 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  w marcu (rys. 5). Najmniejsze odpływy były notowane w miesiącach letnich. Wtedy to występują najmniejsze przepływy rzeczne i niżówki letnie, często przedłużające się na miesiące



Rys. 4. Wielkość i tendencje rocznych sum opadów atmosferycznych na wybranych postęrkach w zlewni Zgłowiączki w wieloletniu 1951-2012

Fig. 4. Magnitude and trends of annual sums of precipitations on selected gauges in the Zgłowiączka river basin in the period 1951-2012



Rys. 5. Średnie miesięczne odpływy jednostkowe ze zlewni Zgłowiączki w wybranych okresach wieloletnich

Fig. 5. Mean monthly specific discharges from the Zgłowiączka river basin in selected multi-annual periods

jesiennie-zimowe. Rzeki w tym okresie są zasilane głównie wodami podziemnymi. Opady deszczu wtedy występujące równoważyły połowe zużycie wody przez rośliny uprawne oraz parowanie. Minimalny średni miesięczny odpływ jednostkowy w okresie 1951-2012 był notowany we wrześniu i wynosił  $1,21 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . W okresie suchym 1990-1993 wynosił tylko  $0,26 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  w sierpniu i  $0,28 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  w lipcu i wrześniu. Sezonowy rytm niskich przepływów w półroczu letnim może zostać przerwany wysokimi przepływami. Jednak aby tak się stało, muszą wystąpić specyficzne warunki meteorologiczne. Takie ekstremalne warunki wystąpiły w lipcu 1980 roku, gdzie w dniach 14-16 VII odnotowano dobowy przepływ na rzece Zgłowiączce (w profilu Włocławek Ruda) wynoszący  $62,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Prawdopodobieństwo wystąpienia takiego przepływu kulminacyjnego zostało obliczone przez STACHY'EGO (1984 b) na blisko 0,1%. Średni miesięczny odpływ jednostkowy w lipcu 1980 roku wynosił  $26,15 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , a w sierpniu tego samego roku –  $13,64 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Przyczyną takiego dużego przepływu były ekstremalnie duże opady atmosferyczne (BARTCZAK 2007).

Okres badań terenowych był bardzo zróżnicowany pod względem hydrometeorologicznym. Autorzy prowadzili badania hydrologiczne w okresach skrajnych pod względem wielkości odpływu rzeczego (tab. 2). Pod względem wielkości średniego rocznego odpływu rzeczego rok hydrologiczny 2010 należał do lat wilgotnych, rok 2011 należał do lat anomalnie wilgotnych, a 2012 – do lat suchych.

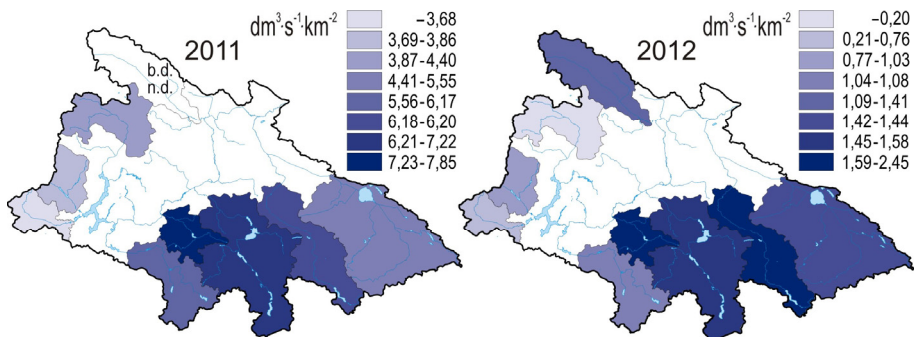
Tabela 2. Charakterystyka termiczno-wilgotnościowa podczas prowadzenia badań terenowych  
Table 2. Temperature and humidity characteristics during field research

Okres Period	Przepływ Zgłowiączka Zgłowiączka discharge	Opady atmosferyczne – Precipitation			Średnia tempera- tura powie- trza w Kole Mean air temperature in Koło	Sumowana grubość po- krywy śnieżnej w Kole Total snow cover thickness in Koło
		Chodecz	Baruchowo	Izbica Kujawska		
1	2	3	4	5	6	7
2010						
XI-X	Wilgotny Wet	Anomalnie wilgotny Anomalously wet	Anomalnie wilgotny Anomalously wet	Wilgotny Wet	Przeciętny Average	
XI-IV	Przeciętny Average	Przeciętny Average	Przeciętny Average	Przeciętny Average	Przeciętny Average	Bardzo wilgotny Very wet
V-X	Anomalnie wilgotny Anomalously wet	Anomalnie wilgotny Anomalously wet	Anomalnie wilgotny Anomalously wet	Bardzo wilgotny Very wet	Przeciętny Average	
2011						
XI-X	Anomalnie wilgotny Anomalously wet	Bardzo wilgotny Very wet	Wilgotny Wet	Przeciętny Average	Przeciętny Average	

Tabela 2 – cd. / Table 2 – cont.

1	2	3	4	5	6	7
XI-IV	Ekstremalnie wilgotny Extremely wet	Anomalnie wilgotny Anomalously wet	Wilgotny Wet	Ekstremalnie wilgotny Extremely wet	Przeciętny Average	Wilgotny Wet
V-X	Przeciętny Average	Przeciętny Average	Przeciętny Average	Anomalnie suchy Anomalously dry	Ciepły Warm	
2012						
XI-X	Suchy Dry	Przeciętny Average	Suchy Dry	Przeciętny Average	Ciepły Warm	
XI-IV	Suchy Dry	Przeciętny Average	Suchy Dry	Anomalnie suchy Anomalously dry	Ekstremalnie ciepły Extremely warm	Suchy Dry
V-X	Suchy Dry	Przeciętny Average	Przeciętny Average	Przeciętny Average	Bardzo ciepły Very warm	

Obok zmienności czasowej zasobów wodnych widoczne jest również ich zróżnicowanie przestrzenne. Wielkość średnich rocznych odpływów oraz ich przestrzenne zróżnicowanie w roku 2011 i 2012 przedstawiono na rysunku 6. W roku anomalnie wilgotnym (2011) średnie roczne odpływy wynosiły od  $3,67 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (zlewnia kanału Głuszyn Dębołęka) do  $7,85 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (zlewnia Kocięcy), a w roku suchym – od  $0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (zlewnia Kanału Głuszyńskiego) do  $2,45 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (zlewnia Lubieńki).



Rys. 6. Przestrzenne zróżnicowanie średnich rocznych odpływów jednostkowych w zlewni Zgłowiączki w latach 2011 i 2012

Fig. 6. Spatial diversity of mean annual specific discharges in the Zgłowiączka river basin in 2011 and 2012

Szczególnie interesujące były przyczyny wystąpienia anomalnie dużych odpływów jednostkowych w 2011 roku. Przede wszystkim zwrócono uwagę na znaczne opady atmosferyczne, jakie wystąpiły w roku poprzedzającym (2010). Rok 2010 należał do lat anomalnie wilgotnych pod względem wielkości opadów atmosferycznych, szczególnie jego półrocze letnie (tab. 2). Na posterunku w Baruchowie w sumie w półroczu letnim 2010 roku zanotowano 565 mm opadu (średnia z lat 1951-2010 wynosiła 333 mm), a w Chodczu – 538 mm (średnia z lat 1952-2010 wynosiła 351 mm). Również początek roku 2011 należał do okresów skrajnie wilgotnych – w listopadzie 2011 roku na posterunku w Baruchowie zanotowano sumę opadów wynoszącą 107 mm (średnia z okresu 1951-2010 wynosiła 39 mm), a w Chodczu – 132 mm (średnia z lat 1952-2010 – 39 mm). Duże jesienne opady uzupełniły zapas wilgoci w badanych zlewniach. Pod koniec listopada (26 XI) średnia dobowa temperatura powietrza spadła poniżej zera, co wpłynęło na ograniczenie zasilania rzek drogą podziemną. Znaczne opady śniegu spowodowały, że na powierzchni utworzyła się gruba pokrywa śnieżna. Grubość pokrywy śnieżnej w grudniu w Kole dochodziła do 21 cm, w Płocku – do 23 cm, a w Toruniu – do 35 cm. Sumowana grubość pokrywy śnieżnej wynosiła w Kole 433 cm, w Toruniu – 765 cm, a w Płocku – 536 cm (w grudniu średnia sumowana grubość pokrywy śnieżnej z wielolecia 1952-2010 wynosiła odpowiednio 55 cm, 72 cm i 62 cm). Łączna sumowana grubość pokrywy śnieżnej w okresie od 30 XI do 09 I wynosiła w Kole 526 cm. W czasie zalegania pokrywy śnieżnej odnotowano trzy fale chłodnego powietrza, w tym czasie średnia dobowa temperatura powietrza spadała do około  $-12,5^{\circ}\text{C}$ . Stosunkowo szybkie śródzimowe ocieplenie, które wystąpiło 7 I i w dniach następnym, spowodowało całkowite stopienie pokrywy śnieżnej. W czasie tego ocieplenia średnia dobowa temperatura powietrza dochodziła do  $5,4^{\circ}\text{C}$ . W późniejszym okresie, tj. na przełomie lutego i marca oraz pod koniec marca, wystąpiły jeszcze opady śniegu, a temperatura powietrza spadała poniżej  $0^{\circ}\text{C}$ . Jednak miąższość pokrywy śnieżnej nie była już tak duża. Widoczny był w przebiegu przepływów dobowych wzrost przepływu spowodowany topnieniem śniegu, ale nie był już to proces tak intensywny i tak bardzo znaczący jak w styczniu.

## Wnioski

1. W przebiegu wieloletnim średniego rocznego odpływu jednostkowego nie stwierdzono skoku wartości średniej, szereg wartości był homogeniczny i ułożony losowo. Nie wykryto również tendencji rozwojowej.

2. Średni roczny odpływ jednostkowy ze zlewni Zgłowiączki z okresu 1951-2012 wynosił  $2,51 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  i należał do najmniejszych średnich odpływów jednostkowych w Polsce (średni odpływ jednostkowy dla Polski wynosi  $5,56 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ). Odpływ jednostkowy ze zlewni Zgłowiączki był w przybliżeniu równy średniemu rocznemu odpływowi jednostkowemu dla Polski dopiero w latach anomalnie wilgotnych – w roku 2011 wynosił  $5,39 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ .

3. W cyklu rocznym największe średnie miesięczne odpływy jednostkowe występują w marcu i kwietniu, najmniejsze zaś we wrześniu. W okresach wilgotnych średni odpływ w marcu wynosi  $7,86 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , a w kwietniu  $7,09 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . W okresach suchych średni odpływ wynosi  $0,28 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  w lipcu i we wrześniu.

4. W roku anomalnie wilgotnym średnie roczne wartości odpływu jednostkowego wynosiły od  $3,67 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  do  $7,85 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , a w suchym – od  $0,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  do  $2,45 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ .

5. Ilość i rozkład odpływu w cyklu rocznym są uzależnione przede wszystkim od ilości i formy opadów atmosferycznych. W okresie wiosennym, obok grubości i czasu trwania pokrywy śnieżnej, duże znaczenie ma również przebieg temperatury powietrza, która modeluje proces topnienia śniegu.

## Literatura

- ATLAS podziału hydrograficznego Polski. Cz. II. Zestawienia zlewni. 2005. Kier. H. Czarnecka. IMGW, Warszawa.
- BARTCZAK A., 2007. Wieloletnia zmienność odpływu rzecznoego z dorzecza Zgłowiączki. Pr. Geogr. Inst. Geogr. Przestrz. Zagosp. PAN 209.
- BARTCZAK A., GLAZIK R., TYSZKOWSKI S., 2013. Tendencje rocznych sum opadów atmosferycznych we wschodniej części Kujaw. *Nauka Przyr. Technol.* 7, 1, #8.
- BRENDA Z., 1997. Deficyt wody – główna bariera wzrostu produkcji rolnej w województwie wrocławskim. *Przegl. Geogr.* 69, 3-4: 333-351.
- BUISHAND T.A., 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *J. Hydrol.* 58: 11-27.
- CORINE LAND COVER 2006 database of Poland. 2006. EEA. [<http://clc.gios.gov.pl>].
- DOBŁA A., 1986. Sezonowa zmienność średnich miesięcznych odpływów jednostkowych w Polsce. *Zesz. Nauk. Uniw. Jagiell. Pr. Geogr.* 64: 81-91.
- FAL B., 2002. Przepływy rzek w Polsce w drugiej połowie XX w. *Gaz. Obs. IMGW* 5: 14-16.
- FAL B., BOGDANOWICZ E., 2002. Zasoby wód powierzchniowych Polski. *Wiad. Inst. Meteorol. Gosp. Wod.* 25, 2: 3-38.
- GLAZIK R., 1970. Stosunki wodne powiatu wrocławskiego. *Przegl. Geogr.* 42, 4: 661-684.
- GUTRY-KORYCKA M., 1985. Struktura naturalnego bilansu Polski (1931-1960). *Pr. Stud. Geogr.* 7: 91-134.
- GUTRY-KORYCKA M., 1997. Próba oceny odpływu rzek polskich w XXI wieku. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska Sect. B* 52, 8: 123-132.
- KONDRACKI J., 2002. Geografia regionalna Polski. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- KOWALCZAK P., FARAT R., KĘPIŃSKA-KASPRZAK M., KUŹNICKA M., MAGER P., 1997. Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji. *Mater. Bad. Ser. Gosp. Wod. Ochr. Wód* 19.
- KOZUCHOWSKI K., KŁYSIK K., TARAJKOWSKA M., WIBIG J., 1990. Rytmiczne zmiany opadów atmosferycznych na obszarze międzyrzecza Pilicy i Warty. *Przegl. Geogr.* 62, 3-4: 358-382.
- LAMBOR J., 1954. Stepowanie środkowych obszarów Polski. *Pr. Państw. Inst. Hydrol. Meteorol.* 34.
- LAMBOR J., 1956. Potencjalne możliwości stepowania w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 7: 51-64.
- ŁABĘDZKI L., 2006. Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. *Woda Środ. Obsz. Wiej. Rozpr. Nauk. Monogr.* 17.
- ŁABĘDZKI L., BĄK B., KAZANECKA-GESZKE E., KASPERSKA-WOŁOWICZ W., SMARZYŃSKA K., 2008. Związek między suszą meteorologiczną i rolniczą w różnych regionach Polski. *Woda Środ. Obsz. Wiej. Rozpr. Nauk. Monogr.* 25.
- MICHALCZYK Z., 2004. Rola obszarów wiejskich w tworzeniu i wykorzystaniu zasobów wodnych w Polsce. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 4, 2a (11): 13-24.

- MICHALCZYK Z., 2009. Średnie i skrajne odpływy z obszaru Polski. W: *Zasoby i ochrona wód. Obieg wody i materii w zlewniach rzecznych*. Red. R. Bogdanowicz, J. Fac-Beneda. Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk: 37-46.
- MIODUSZEWSKI W., 2006. Woda na obszarach wiejskich. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 6, 1 (16): 277-295.
- OZGA-ZIELIŃSKI B., 1987. Badanie statystycznej niejednorodności ciągów pomiarowych. *Gosp. Wod.* 10: 226-228.
- STACHY J., 1976. Mapa odpływu średniego w Polsce (1931-1960). *Przegl. Geofiz.* 21 (29), 1: 27-34.
- STACHY J., 1984 a. Odpływ rzek polskich w latach 1971-1980 na tle danych wieloletnich – cz. I. *Gosp. Wod.* 5: 138-141.
- STACHY J., 1984 b. Odpływ rzek polskich w latach 1971-1980 na tle danych wieloletnich – cz. II. *Gosp. Wod.* 6: 163-168.
- STAN i wykorzystanie zasobów wód powierzchniowych Polski. 1996. *Mater. Bad. Ser. Gosp. Wod. Ochr. Wód* 20.
- SZKUTNICKI J., KADŁUBOWSKI A., CHUDY Ł., 2007. Metoda wyznaczania krzywej natężenia przepływu. IMGW, Warszawa.
- WIBIG J., 1990. Metody analizy klimatologicznych szeregów czasowych. W: *Materiały do poznania klimatu w okresie obserwacji instrumentalnych*. Red. K. Kożuchowski. Wyd. UŁ, Łódź: 98-202.
- WODZICZKO A., 1947. Wielkopolska stepowieje. W: *Stepowienie Wielkopolski – cz. I*. Red. A. Wodziczko. *Pr. Kom. Mat.-Przyr. PTPN Ser. B* 10, 4: 141-152.
- WOŚ A., 1994. *Klimat Niziny Wielkopolskiej*. Wyd. Nauk. UAM, Poznań.
- WÓJCIK G., MARCINIAK K., 1993. Opady atmosferyczne w regionie dolnej Wisły w okresie 1951-1980. W: *Uwarunkowania przyrodnicze i społeczno-ekonomiczne zagospodarowania dolnej Wisły*. Red. Z. Churski. Instytut Geografii UMK, Toruń: 107-121.

## TIME AND SPACE DIVERSITY OF THE SPECIFIC DISCHARGE IN THE ZGŁOWIĄCZKA RIVER BASIN (EASTERN PART OF KUJAWY)

**Summary.** The article presents the results of analyses and research into the magnitude and long-term course variability, as well as spatial distribution of water resources (expressed as the mean annual specific discharge) within an agricultural area which is particularly threatened by water deficit. The long-term analyses relied on the data retrieved from the monitoring network of the Institute of Meteorology and Water Management (IMGW) for the period 1951-2012. The spatial distribution of water resources was depicted on the basis of the data obtained from own observation facilities. The hydrological image of the river basin concerns two extremes: the years which were either anomalously wet or dry. The average long-term (1951-2012) specific discharge from the Zgłowiączka river basin stood at  $2.51 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . On the basis of the direction of the moving trend line of the mean annual specific discharge, three characteristic periods have been identified: 1951-1980 – the increasing trend, 1981-1991 – the decreasing trend and 1992-2011 – the increasing trend. In the anomalously wet year (2011) the mean annual specific discharge from the Zgłowiączka river basin was estimated at  $5.80 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . Incidentally, the discharge level noted in 2011 was the second largest for the studied period (1951-2012). Only in 1980 it was higher standing at  $6.79 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . The discharge in the dry year (2012) was  $1.30 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ . The anomalously high specific discharges in 2011 were ascribed to the hydro-meteorological conditions prevailing in the studied period.

**Key words:** water resources, specific discharge, water deficit, Zgłowiączka river, eastern Kujawy

Bartczak A., Glazik R., Tyszkowski S., 2014. Czasowe i przestrzenne zróżnicowanie odpływu jednostkowego w zlewni rzeki Zgłowiączki (wschodnia część Kujaw). *Nauka Przyr. Technol.* 8, 3, #28.

---

*Adres do korespondencji – Corresponding address:*

*Arkadiusz Bartczak, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego Polskiej Akademii Nauk w Toruniu, ul. Kopernika 19, 87-100 Toruń, Poland, e-mail: arekbartczak@gazeta.pl*

*Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:*

*28.04.2014*

*Do cytowania – For citation:*

*Bartczak A., Glazik R., Tyszkowski S., 2014. Czasowe i przestrzenne zróżnicowanie odpływu jednostkowego w zlewni rzeki Zgłowiączki (wschodnia część Kujaw). *Nauka Przyr. Technol.* 8, 3, #28.*