

Zakład Hydrologii UMCS
20-718 Lublin, al. Kraśnicka 2cd; grzegorz.siwiek@poczta.umcs.lublin.pl

GRZEGORZ MARCIN SIWEK

Charakterystyka wezbrania opadowego w zlewni górnego Wieprza w maju 2014 roku

Characteristics of rain floods in the upper Wieprz catchment in May 2014

Słowa kluczowe: wezbranie, opad nawalny, gwałtowna ulewa, zlewnia górnego Wieprza, Wyżyna Lubelska

Keywords: floods, torrential rainfall, rapid downpour, upper Wieprz catchment, Lublin Upland region

WSTĘP

Wyżyna Lubelska jest regionem, w którym co kilka lat pojawiają się intensywne opady burzowe powodujące lokalne wezbrania rzek. Szczególnie często zjawiska te występują w okolicy Krasnegostawu (Ziemnicki 1956; Dębski 1958; Maruszczak, Trembaczowski 1958; Ciepielowski, Dąbkowski 1967; Ciepielowski, Dąbkowski 1968; Górniak 1982; Kaszewski, Siwek 2005; Siwek 2010).

W świetle dotychczasowych badań (Parczewski 1960; Górniak 1982; Michalczyk 1984; Rodzik 1984; Michalczyk i in. 2008) na Wyżynie Lubelskiej katastrofalne w skutkach są ulewy o średnim natężeniu przekraczającym $1 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ i sumie opadu wynoszącej ok. 100 mm (Teisseyre 1994). Z obliczeń wynika, że prawdopodobieństwo wystąpienia opadów o tej wysokości wynosi ok. 1% (Suliński 2004). W latach 1951–2000 zostało odnotowanych na Lubelszczyźnie jedynie 11 opadów o sumie dobowej $> 100 \text{ mm}$, z czego większość z nich (8 przypadków) w obszarze wyżynnym (Michalczyk i in. 2008; Siwek 2010). Kilka lat wcześniej w międzyrzeczu Bystrzycy i Giełczwi opad o wysokości powyżej 100 mm wystąpił w nocy z 3 na 4 sierpnia 2005 roku (Michalczyk i in. 2008).

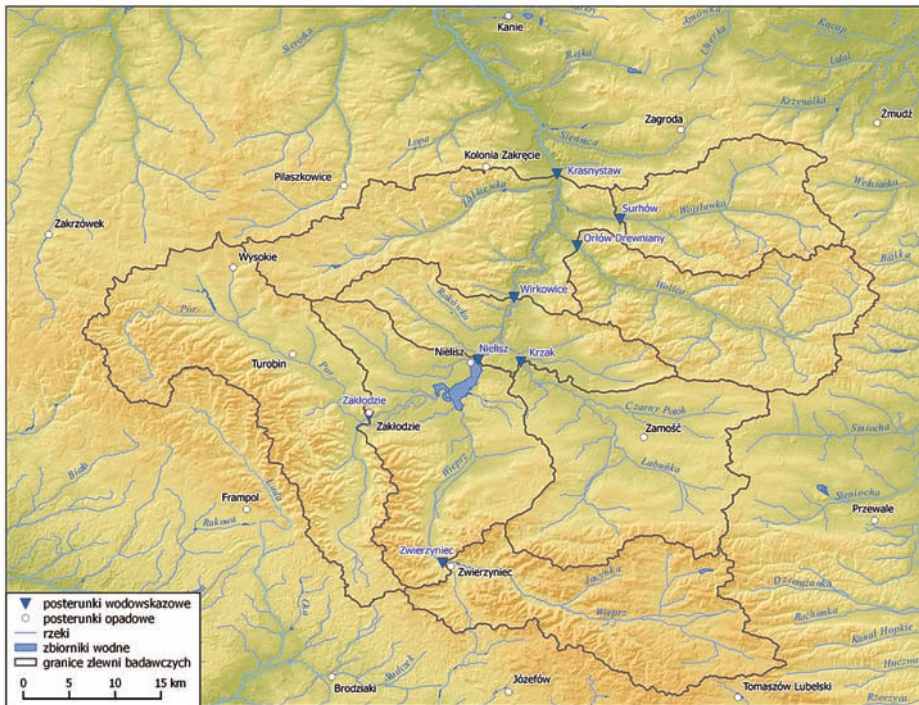
Można domniemać, że najprawdopodobniej nie wszystkie epizody opadowe o sumie przekraczającej 100 mm i znacznym natężeniu zostały zarejestrowane (Siwek 2006). Często o ich wystąpieniu można było wnioskować tylko na podstawie wysokiego spływu wody lub skutków geomorfologicznych. Przykładem tego są katastrofalne skutki opadów o znacznie niższych zmierzonych sumach (Maruszczak i Trembacowski 1956; Ziemiński 1956; Dębski 1958; Ciepielowski i Dąbkowski 1967; Ciepielowski i Dąbkowski 1968; Ciepielowski 1970; Buraczyński i Wojtanowicz 1974; Górniak 1982; Janicki i in. 2010).

Celem niniejszego opracowania jest analiza warunków formowania oraz charakterystyka hydrologiczna wezbrania w zlewni górnego Wieprza, które wystąpiło w maju 2014 roku. W dniach 11–17 maja 2014 roku na pograniczu Wyżyny Lubelskiej i Rostocza wystąpiły opady o dużej intensywności. Stacje meteorologiczne położone na tym obszarze zarejestrowały sumy opadów sięgające od 95 do 226 mm. Opad o największej intensywności wystąpił w nocy z 16 na 17 maja, kiedy to w ciągu około 3 godzin w stacji Nielisz zanotowano aż 110,7 mm. W krótkim czasie nastąpiło znaczne podniesienie stanów wody w rzekach, co spowodowało ogłoszenie w kilku gminach alarmów przeciwpowodziowych (m.in. w gminie Krasnystaw). Intensywny spływ wody wywołał gwałtowne wezbranie, którego efektem były wysokie straty zarówno materialne, jak i przyrodnicze. Woda zalała ponad 2,5 tys. ha upraw, wyrządziła szkody w inwentarzu, zniszczyła dziesiątki budynków oraz odcinek drogi Zamość–Hrubieszów.

OBSZAR BADAŃ

Zlewnia górnego Wieprza, zamknięta profilem wodowskazowym Krasnystaw, ma powierzchnię 3010 km² i znajduje się w południowej części województwa lubelskiego (MPHP10). Według podziału Chałubińskiej i Wilgata (1954) obszar badań wchodzi w obręb części Wyniosłości Giełczewskiej, Działów Grabowieckich, Padołu Zamojskiego oraz Rostocza Zachodniego i Środkowego. Sieć rzeczna jest dość rzadka, co wynika z dobrej przepuszczalności utworów powierzchniowych. Tworzy ją rzeka Wieprz z dopływami Por, Wolica, Wojsławka i Łabuńka, na których funkcjonują wodowskazy IMGW (ryc. 1).

Obszar badań jest bardzo zróżnicowany pod względem hipsometrycznym. Najwyżej wyniesiona jest roztoczańska część zlewni, z wysokością maksymalną 386 m n.p.m. Natomiast najniższą część zlewni zajmuje dno doliny Wieprza, które w Krasnymstawie obniża się do 174 m n.p.m. Deniwelacje terenu w zlewniach cząstkowych zmieniają się od 129 m w zlewni Wolicy (profil Orłów Drewniany) do 172 m w zlewni zamkniętej profilem Zwierzyniec (ryc. 1). Średnia wysokość obszaru badań osiąga 244 m n.p.m, a średnie nachylenie terenu wynosi 4,5%. Największe spadki stwierdzane są w zlewniach cząstkowych Wieprza powyżej Zwie-



Ryc. 1 Rozmieszczenie posterunków opadowych i wodowskazowych w zlewni górnego Wieprza na tle rzeźby terenu (NMT) oraz sieci hydrograficznej (opracowanie własne)

Fig. 1. Localisation of precipitation stations and gauges in the upper Wieprz catchment on the background of digital terrain model (DTM) and the hydrographic network (own elaboration)

rzyńca (5,7%) oraz Poru do Zakłodzia (5,5%). Obszary o najmniejszych nachyleniach terenu znajdują się w centralnej części zlewni górnego Wieprza (zlewnia Łabuńki do profilu Krzak – 2,8%).

MATERIAŁY I METODY

Materiał źródłowy niniejszej pracy stanowiły dobowe wartości stanów i przepływów wody w 8 profilach wodowskazowych, znajdujących się na rzekach w zlewni górnego Wieprza zamkniętej w profilu Krasnystaw, oraz dobowe sumy opadów atmosferycznych zarejestrowane w 17 stacjach opadowych sieci IMGW PIB (ryc. 1). Dodatkowo wykorzystano zweryfikowane godzinowe wartości stanów i przepływów rzeki Wieprz w profilach wodowskazowych Krasnystaw i Nielisz oraz rzeki Por w profilu Zakłodzie, pochodzące z bazy Monitor pogodyнка.pl. W celu rozpoznania czasowego rozkładu opadów wykorzystano godzinowe sumy opadów atmosferycznych z 7 stacji meteorologicznych.

Sytuację synoptyczną, która spowodowała wystąpienie kilkudniowych opadów oraz burz, przeanalizowano w oparciu o mapy synoptyczne pochodzące z zasobów IMGW (pogodynka.pl).

Na podstawie wartości uzyskanych z posterunków opadowych znajdujących się na obszarze analizowanej zlewni oraz stacji sąsiednich wykonano, za pomocą narzędzi geoinformacyjnych (interpolacja metodą funkcji sklepanych), mapy pola opadu na obszarze zlewni górnego Wieprza. Materiały te, po wykonaniu analiz i statystyk przestrzennych, wykorzystano do obliczenia sumarycznej objętości opadu w zlewniach cząstkowych.

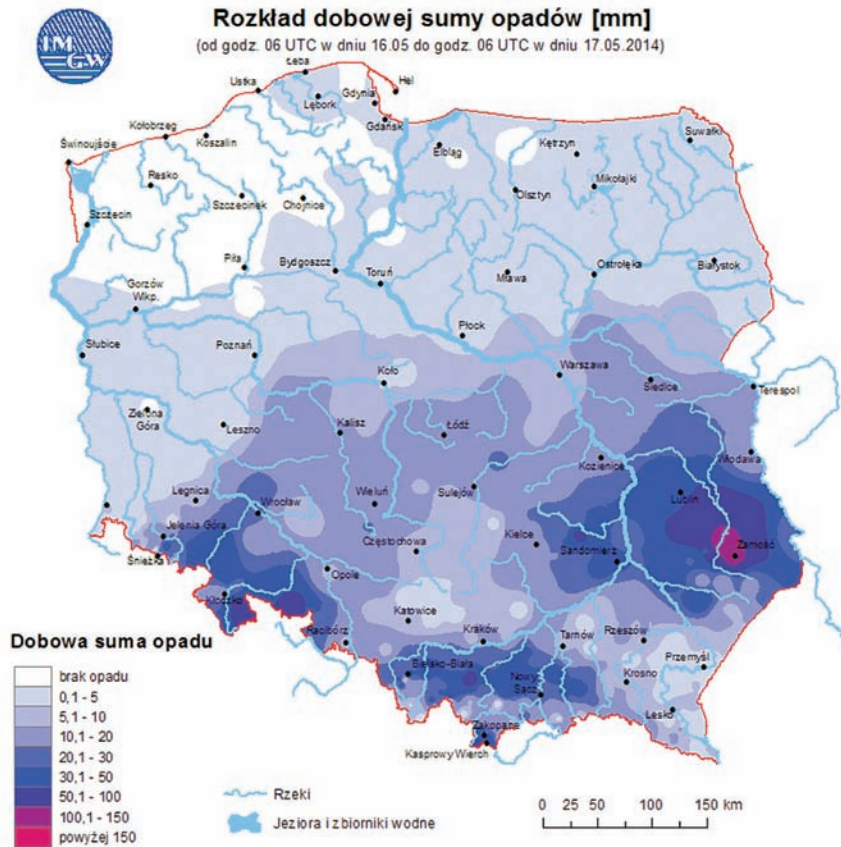
Charakterystyka hydrologiczna wezbrania została wykonana w oparciu o analizę dobowych i godzinowych hydrogramów stanów wody i przepływów oraz hietogramów pozwalających na ocenę przestrzennego zróżnicowania wysokości opadów. Ponadto obliczone zostały m.in.: objętość wezbrania (metodą ścięcia fali), czas koncentracji i recesji fali wezbraniowej, czas reakcji zlewni na opad, a także tempo przemieszczania się fali wezbraniowej.

ANALIZA WYNIKÓW

Kwiecień był miesiącem o stosunkowo niskich opadach. Miesięczna suma opadów w tym miesiącu wyniosła od 18,1 mm w stacji Żmudź do 47,5 mm we Frampolu. Pierwsze opady, poprzedzające analizowane wezbranie, odnotowano 8 oraz 10 maja, jednakże ich wysokość była zbyt mała i nie spowodowała istotnego wzrostu przepływu. W nocy z 11 na 12 maja rozpoczął się okres ciągłych i bardziej intensywnych opadów. Z analizy map synoptycznych wynika, iż były one związane z przejściem nad wschodnią Polską frontu chłodnego oraz napływem powietrza polarnego morskiego (PPm), które przez kilka następnych dni zalegało nad Polską środkową. W nocy z 11 na 12 maja zarejestrowano sumy opadów od 17,5 mm w Turobinie do 33,7 mm w Kolonii Zakręcie oraz 33,9 mm w Nieliszu. Następnie, 15 oraz 16 maja, z SE nadszedł kolejny front atmosferyczny, który przyniósł strefę gwałtownych opadów i burz z gradem (ryc. 2). Zmierzona suma opadów w dniach 7–17 maja wyniosła na obszarze zlewni górnego Wieprza od 103,2 mm w Zwierzyńcu do 231 mm w Nieliszu.

Dodatkowo oprócz opadów frontalnych wystąpiły gwałtowne opady wewnętrzmasowe. W ciągu około 36 godzin w stacjach opadowych zlokalizowanych w zlewni górnego Wieprza dobowe sumy opadów osiągnęły wartość od 48,5 mm w Zwierzyńcu do 172,2 mm w Nieliszu (tab. 1).

Nateżenie i wysokość opadów były bardzo zróżnicowane. Z zebranych informacji wynika, że intensywność opadu w Nieliszu wynosiła nawet $57,1 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, a w Wysokim – $20,8 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$. Największe nateżenie opadu wystąpiło 16 maja w godzinach popołudniowych pomiędzy godziną 16 a 20. W tym czasie odnotowano również największą liczbę lokalnych podtopień gospodarstw.



Ryc. 2. Rozkład dobowej sumy opadów atmosferycznych w Polsce 16 maja 2014 roku – wystąpienie gwałtownych opadów (źródło: www.imgw.pl)

Fig. 2. Daily precipitation distribution in Poland on May 16, 2014 – the occurrence of heavy rains (source: www.imgw.pl)

Tab. 1. Dobowe sumy opadu w zlewni górnego Wieprza w dniach 7–17 maja 2014

Tab. 1. The daily total precipitation in the upper Wieprz catchment between May 7–17 2014

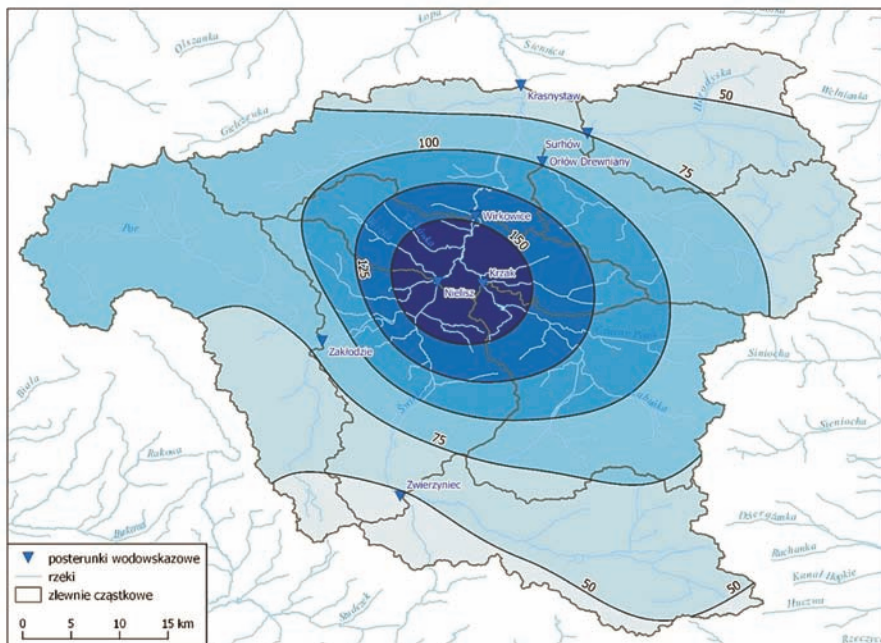
Posterunek opadowy	Wysokość opadu [mm]											
	7.05	8.05	9.05	10.05	11.05	12.05	13.05	14.05	15.05	16.05	17.05	7-17.05
Kolonia Zakręcie	0	4,3	-	3,1	17,5	16,2	0,3	7,0	25,5	29,5	5,8	109,2
Nielisz	0,1	5	-	0,5	24,1	9,8	3,9	9,7	27,4	144,8	6,1	231,4
Turobin	0	7	-	1,7	14,8	2,7	11,1	15,7	19,8	61,0	18,0	151,8
Wysokie	0,1	6,8	-	1,6	18,6	4,0	1,3	4,1	28,4	66,9	32,4	164,2
Zakłodzie	0,1	7,2	-	0,5	23,2	7,2	3,1	9,0	25,8	57,7	25,6	159,4
Zamość	0,2	3,8	-	1	20,4	10,9	2,3	11,9	27,2	84	2,6	164,3
Zwierzyniec	0,5	8,2	-	0,2	22,0	7,8	0,3	11,5	33,5	15,0	4,2	103,2

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych IMGW

Source: own study based on IMGW

Na podstawie dobowych sum opadu zarejestrowanych w 17 posterunkach opadowych wykonano mapy opadów, które spowodowały wezbranie (15–16 maja) (ryc. 3) oraz sumy opadów z okresu 7–17 maja (ryc. 4). Z map izohiet dla poszczególnych okresów wynika, że najwyższe opady miały miejsce w centralnej części zlewni, w okolicach miejscowości Nielisz i Krzak. Taki rozkład pola opadów znajduje potwierdzenie w wielkościach przepływów zarejestrowanych w profilach wodowskazowych.

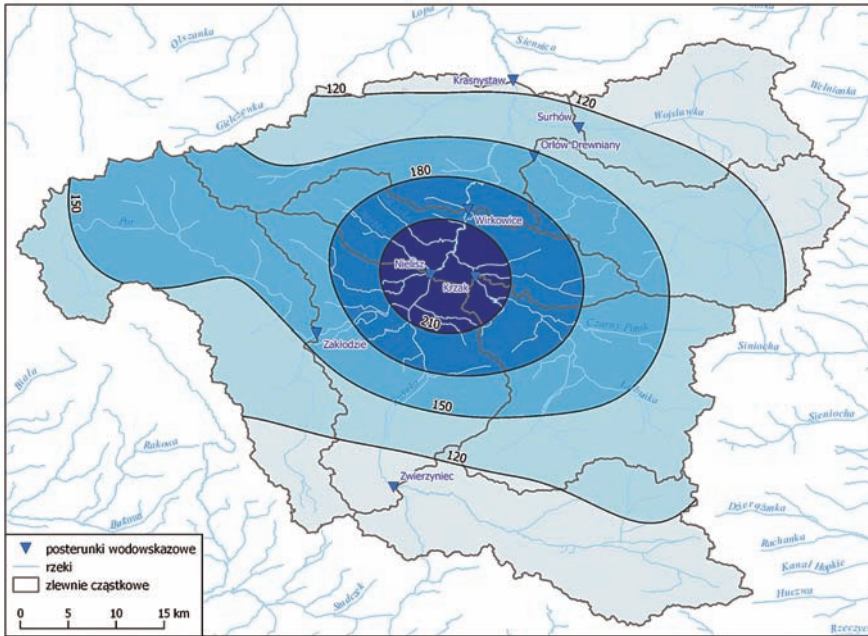
Mapy izohiet były podstawą do obliczenia całkowitej objętości opadu, która wystąpiła w górnej części zlewni Wieprza, jak również w jego zlewniach częściowych.



Ryc. 3. Przestrzenne zróżnicowanie pola opadu w dniach 15–16 maja 2014 roku w zlewni górnego Wieprza na tle sieci hydrograficznej (opracowanie własne na podstawie danych opadowych IMGW)

Fig. 3. The spatial distribution of total precipitation on 15–16 May 2014 in the upper Wieprz basin on the background of hydrographic network (own study based on IMGW precipitation data)

Opady poprzedzające wezbranie (7–8 oraz 11–12 maja) zostały prawie w całości zretencjonowane w zlewni, o czym świadczy nieznaczny i krótkotrwały wzrost przepływów w profilach Wirkowice i Krasnystaw (ryc. 5). Uzupelnienie retencji zlewni miało jednak znaczący wpływ na hydrologiczne skutki kolejnych wysokich opadów, które wystąpiły w dniach późniejszych (15–17 maja). Podobną sytuację meteorologiczną z czerwca 1966 roku opisują Kaszewski i Siwek (2005).



Ryc. 4. Przestrzenne zróżnicowanie pola opadu z okresu 7–17 maja 2014 roku w zlewni górnego Wieprza na tle sieci hydrograficznej (opracowanie własne na podstawie danych opadowych IMGW)

Fig. 4. The spatial distribution of total precipitation on 7–17 May 2014 in the upper Wieprz basin on the background of hydrographic network (own study based on IMGW precipitation data)

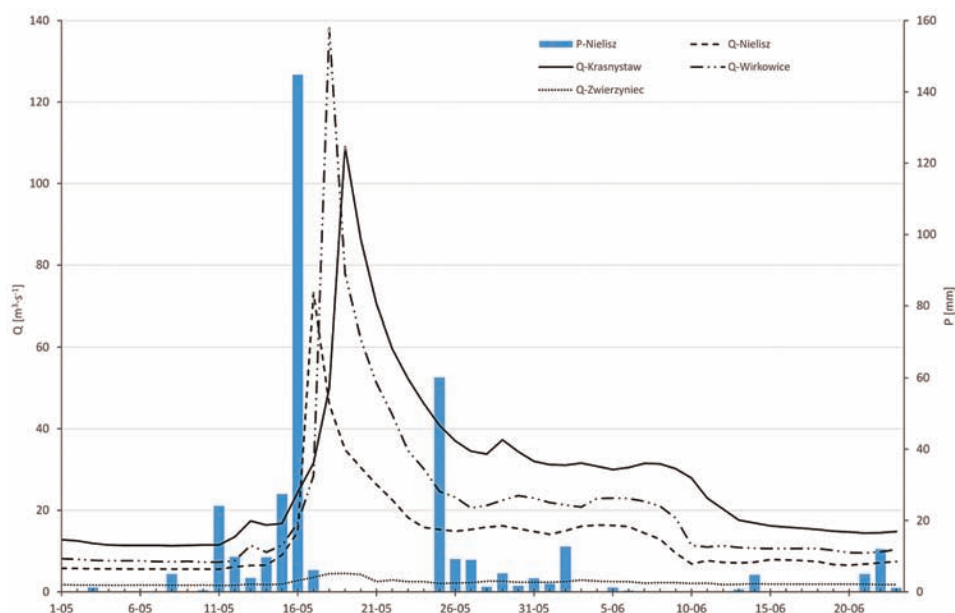
Mapy izohiet (ryc. 3 i 4) wskazują na silnie zróżnicowane wysokości zasilania. Analiza sum opadów wskazuje, że strefa stosunkowo wysokich opadów objęła centralną część zlewni, w obszarze pomiędzy miejscowościami Wysokie – Nielisz – Krzak. Najwyższe opady wystąpiły w rejonie stacji Nielisz, gdzie dobową sumę z 16 maja wyniosła 144,8 mm, a jedenastodniową – 231,4 mm. W okolicach Wysokiego i Turobina najwyższe dobowe sumy opadów wyniosły od 60 do 70 mm. Natomiast w północno-wschodniej części obszaru badań oraz na Roztoczu Środkowym dobowe sumy opadu nie przekroczyły 25 mm.

W związku ze znacznymi różnicami w wysokości opadów w poszczególnych częściach zlewni zaobserwowano odmienne tempo oraz różną skalę reakcji rzek na opad (ryc. 6). W zlewniach cząstkowych, gdzie zaobserwowano najniższe opady (Wolica, Wojsławka, Wieprz do Zwierzyńca), zmiany wielkości przepływów były niewielkie. Znacząca część opadów na tych obszarach uzupełniła retencję zlewni i zaledwie niewielka część została zamieniona w odpływ. W zlewni Poru do profilu Zakładzie obserwowano jedne z wyższych opadów na obszarze badań, co znalazło również odzwierciedlenie w zmianach stanów i przepływów. Wzrost przepływów, wywołany zwiększonym zasilaniem atmosferycznym, wystąpił

w Zakładzie ok. 1–2 dni wcześniej niż w Nieliszu. Bardzo wyraźnie zaznaczało się tempo propagacji fali wezbraniowej w poszczególnych zlewniach, a szczególnie w kolejnych profilach wodowskazowych na Wieprzu: Nielisz, Wirkowice, Krasnystaw.

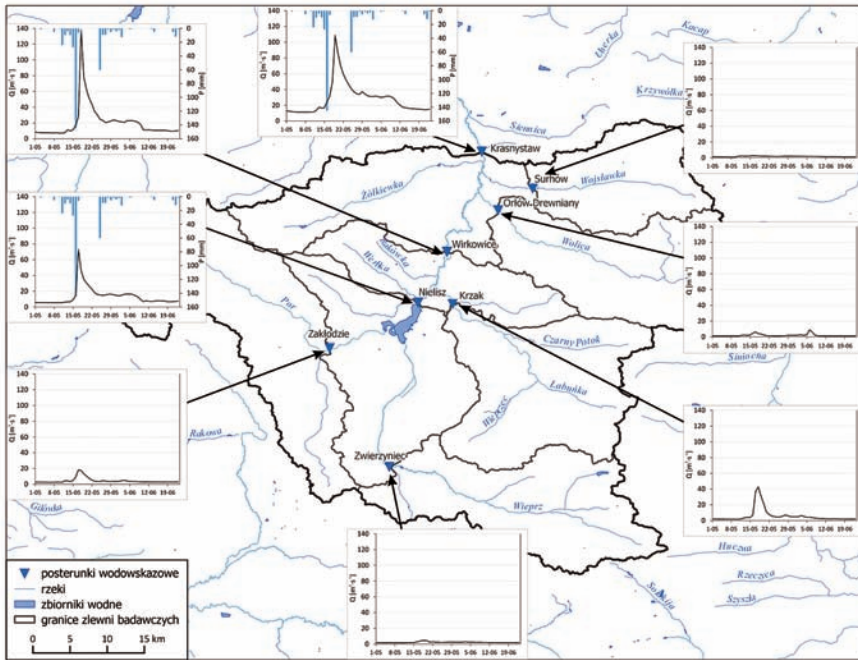
Przebieg fali wezbraniowej z maja 2014 roku w 4 przekrojach wodowskazowych w górnym biegu Wieprza oraz dobowe sumy opadu przedstawiono na ryc. 5. W profilu Zwierzyniec wzrost przepływu był niewielki, co związane było z niższymi opadami w tym obszarze. Pierwszym profilem, w którym zarejestrowano znaczący wzrost zarówno stanów wody, jak i przepływów, był Nielisz. Maksymalny dobowy przepływ w tym profilu wyniósł $73,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (17 maja). Przepływ wzrastał wraz z biegiem rzeki do $138 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (18 maja) w pobliskich Wirkowicach oraz $109 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ w profilu Krasnystaw (19 maja). Transformacja fali wezbraniowej pomiędzy Wirkowicami a Krasnymstawem była spowodowana retencją korytową i dolinną. Fala uległa redukcji, ponieważ woda rozlała się po rozległych łąkach położonych na terasach zalewowych doliny Wieprza w okolicach Krasnegostawu.

Dynamikę zasilania i przepływ wody w profilach wodowskazowych doskonale odzwierciedlają godzinowe wartości przepływu wody zarejestrowane w profilach Nielisz, Krasnystaw i Zakładzie oraz dobowe sumy opadów w Nieliszu



Ryc. 5. Hydrogram przepływu $[Q]$ w profilach Zwierzyniec, Nielisz, Wirkowice i Krasnystaw oraz dobowe sumy opadów atmosferycznych $[P]$ w stacji Nielisz (opracowanie własne na podstawie danych IMGW)

Fig. 5. Flow hydrograph $[Q]$ in profiles Zwierzyniec, Nielisz, Wirkowice and Krasnystaw and daily precipitation totals $[P]$ in Nielisz (own study based on data from IMGW)



Ryc. 6. Przestrzenne zróżnicowanie dynamiki przepływów $[Q]$ oraz dobowe sumy opadów atmosferycznych $[P]$ w stacji Nielisz na tle sieci hydrograficznej (opracowanie własne na podstawie danych IMGW)

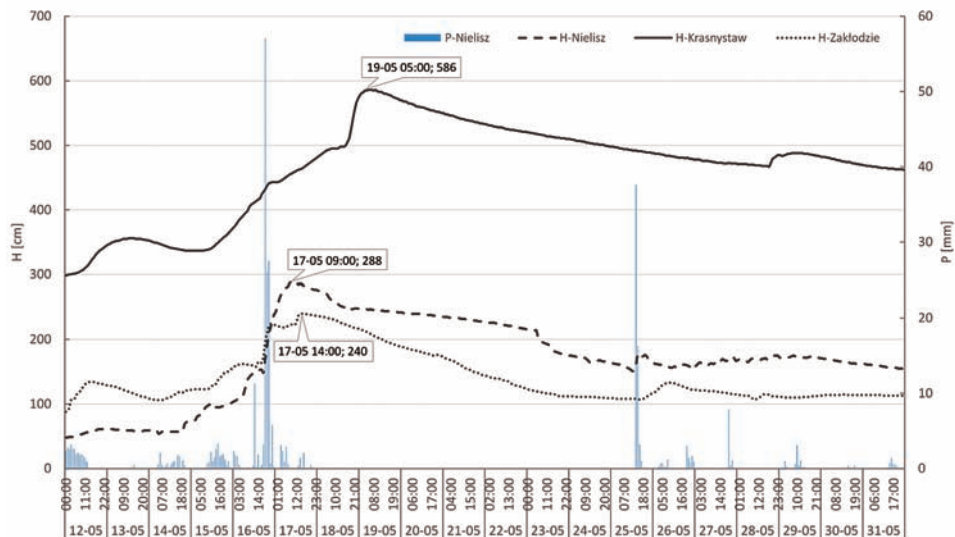
Fig. 6. Spatial distribution of flow dynamics $[Q]$ and daily precipitation totals $[P]$ in Nielisz on the background of hydrographic network (own study based on data from IMGW)

(ryc. 7). Czas opóźnienia, który wystąpił w profilu Nielisz, od najbardziej intensywnego opadu odnotowanego 16 maja wyniósł ok. 1–2 godzin, natomiast w profilu Krasnystaw było to już blisko 12 godzin. Wysokość fali wezbraniowej w Nieliszu wyniosła 232 cm, w Krasnymstawie 248 cm, a w Zakłodziu 134 cm.

W Nieliszu poziom wody zwiększył się z 56 cm (14 maja 18:00) do 288 cm (17 maja 9:00). Opady z 16 maja spowodowały zmianę ze 149 cm (16 maja 17:00) do 288 cm (17 maja 9:00), powodując przekroczenie stanu alarmowego o 58 cm. Stany wody przekraczające stan alarmowy (230 cm) utrzymywały się w tym profilu przez 113 godzin (4 doby 17 godz.). Po obniżeniu się stanów wody zaczęto opróżniać zbiornik retencyjny w Nieliszu. Proces ten rozpoczął się 18 maja około godziny 20:00 i trwał do 23 maja do ok. godziny 6:00.

W Krasnymstawie stan wody w trakcie wezbrania wzrósł z 338 cm (15 maja 8:00) do 586 cm (19 maja 5:00). Najintensywniejsze opady z 16 maja spowodowały podniesienie stanów wody z 443 cm (17 maja 00:00) do 586 cm (19 maja 5:00). Stan alarmowy (470 cm) został przekroczony o 116 cm, a woda powyżej stanu alarmowego utrzymywała się przez 318 godzin (13 dób).

W Zakłodziu na Porze stan wody wzrósł z 106 cm (14 maja 7:00) do 240 cm (17 maja 14:00). Stan alarmowy (230 cm) był przekroczony jedynie przez 21 godzin.



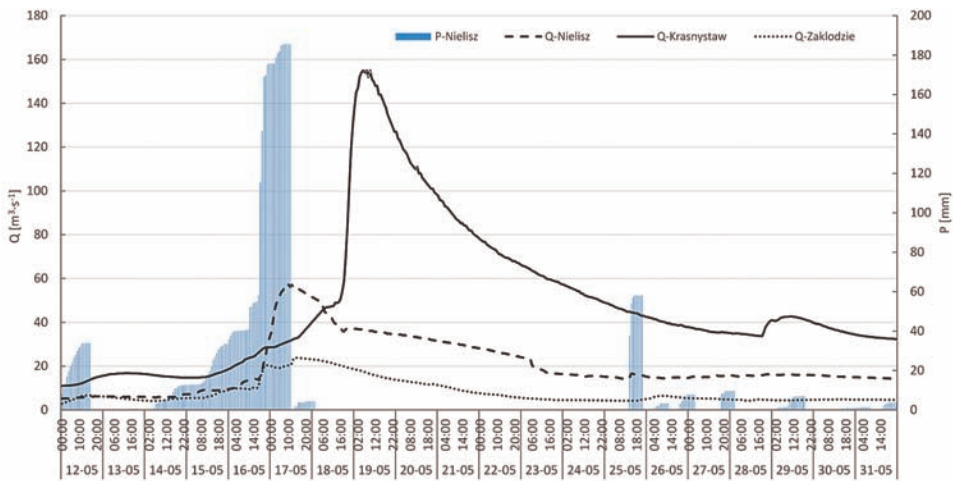
Ryc. 7. Godzinowe stany wody [H] w profilach Nielisz i Krasnystaw oraz godzinowe sumy opadów atmosferycznych [P] w stacji Nielisz. W ramkach podano wysokość i termin wystąpienia kulminacji (opracowanie własne na podstawie danych IMGW)

Fig. 7. Hourly water levels [H] observed in profiles Nielisz and Krasnystaw and hourly precipitation totals [P] in Nielisz. In the frames given the height and date of peak (own study based on data from IMGW)

Czas propagacji fali wezbraniowej pomiędzy profilami Nielisz i Krasnystaw, oddalonymi od siebie o 36 km, wyniósł ok. 45 godzin. Obliczona na tej podstawie prędkość przemieszczania się fali wezbraniowej na tym odcinku była równa $0,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Dla profilu Krasnystaw czas koncentracji fali wezbraniowej oszacowano na 105 godzin (4 dob 9 godz.), a czas opadania – na 203 godziny (8 dob 11 godz.). Warto również zwrócić uwagę na fakt, iż najwyższy zarejestrowany w profilu Krasnystaw stan wody wyniósł 586 cm. Na podstawie analiz danych historycznych z roczników hydrologicznych oraz danych udostępnionych przez IMGW stwierdzono, iż był to jeden z najwyższych zarejestrowanych stanów w tym profilu od 1924 roku. Długo utrzymujące się wysokie stany w profilu Krasnystaw były najprawdopodobniej spowodowane rozlaniem się wód wezbraniowych na rozległej terasie zalewowej powyżej miasta.

Wielkość odpływu wody jest bezpośrednio uzależniona od opadów atmosferycznych. Związek ten doskonale odzwierciedla kumulowana suma opadów. Pokazuje ona tempo zasilania zlewni oraz jej reakcję na opad, którą można prze-

analizować na podstawie stanów wody i przepływów. Na wykresie (ryc. 8) przedstawiono kumulowany hietogram godzinowy opadu zanotowanego na stacji w Nieliszu od 14 do 17 maja oraz hydrogram przepływu w profilach Nielisz, Krasnystaw i Zakładzie, na którym widoczna jest sumaryczna wielkość opadów od 14 do 17 maja. Zwraca uwagę niewielki wzrost przepływów w Nieliszu w dniach 14–16 maja, co wskazuje na zatrzymanie znacznej części opadu w zlewni. Opady te uzupełniły zasoby wody w zlewni jako tzw. straty początkowe, co przyczyniło się do zwiększenia wielkości spływu po następnych opadach. Opady, które wystąpiły 16 maja, w godzinach 16–18, w wysokości ponad 110 mm, spowodowały gwałtowny wzrost przepływu w Wieprzu w profilu Nielisz.



Ryc. 8. Godzinowy hydrogram przepływu [Q] w profilach Zakładzie, Nielisz i Krasnystaw oraz kumulowany hietogram opadów [P] w stacji Nielisz (opracowanie własne na podstawie danych IMGW)

Fig. 8. Hourly flow hydrograph [Q] profiles Zakładzie, Nielisz and Krasnystaw and cumulative rainfall hyetograph [P] Nielisz (own study based on data from IMGW)

Podstawowe parametry charakteryzujące wysokość opadu i odpływu w zlewniach cząstkowych zestawiono w tab. 2. Zebrany materiał hydrometeorologiczny dokumentuje duże zróżnicowanie zasilania i odpływu w zlewni górnej Wieprza. W wykonanym zestawieniu zwraca uwagę duża różnica wartości odpływów jednostkowych, które mieszczą się w przedziale od $11 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^2$ w zlewni Wojsławki do $100 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^2$ w zlewni Łabuńki. Zróżnicowanie przestrzenne wielkości odpływu jednostkowego wskazuje, że największe natężenie spływu wody było na międzyrzeczu Łabuńki i Wieprza. Na podstawie map rozkładu pola opadów w zlewni górnej Wieprza obliczono, za pomocą geoinforma-

cyjnych narzędzi statystyk strefowych, sumaryczną objętość opadu w dniach 7–17 maja w zlewni górnego Wieprza oraz w poszczególnych zlewniach cząstkowych (tab. 2).

Tab. 2. Powierzchnia oraz obliczone wartości charakterystyk opadu i odpływu w zlewniach cząstkowych zlewni górnego Wieprza w dniach 7–17 maja 2014 roku

Tab. 2. The area and the calculated characteristics of precipitation and runoff values in the upper Wieprz catchment subbasins on 7–17 May 2014

Rzeka	Przekrój	A [km ²]	P [mm]	V _p [tys. m ³]	Q _{max} [m ³ ·s ⁻¹]	q _{max} [dm ³ ·s ⁻¹ ·km ⁻²]	V _w [tys m ³]	α
Wieprz	Zwierzyńiec	394	110,2	43 461 729	4,55	12	1 168 992	0,03
Por	Zakłodzie	542	144,6	78 309 669	18,3	34	5 490 720	0,07
Wieprz	Nielisz	1345	140,2	131 266 546	73,2	54	16 300 656	0,12
Łabuńka	Krzak	427	154,3	65 920 466	42,9	100	11 508 912	0,17
Wieprz	Wirkowice	2001	168,2	242 018 428	138	69	31 577 472	0,13
Wolica	Orłów Drewniany	371	138,0	51 208 237	8,92	24	1 813 968	0,04
Wojśławka	Surhów	253	112,4	28 449 120	2,71	11	1 210 896	0,04
Wieprz	Krasnystaw	3010	146,4	379 291 844	109	36	29 712 960	0,08

Opracowanie własne na podstawie danych IMGW: A – powierzchnia zlewni, P – uśredniona suma opadu, V_p – objętość opadu, Q_{max} – kulminacyjna objętość przepływu, q_{max} – kulminacyjny odpływ jednostkowy, V_w – objętość fali wezbraniowej, α – współczynnik odpływu

Objętość wezbrania obliczona została na hydrogramach przepływów metodą ścięcia fali (Kiciński 1964). W profilu Nielisz objętość wezbrania osiągnęła nieco ponad 16 mln m³, w profilu Wirkowice była dwukrotnie wyższa – ponad 31,5 mln m³, a w Krasnymstawie zmniejszyła się do blisko 30 mln m³. O zmniejszeniu objętości wezbrania w profilu Krasnystaw zadecydowała retencja korytowa oraz dolinna. Łąki na terasach zalewowych, powyżej Krasnegostawu, zostały zalane przez wody wezbraniowe i zatrzymały znaczne ilości wody (ok. 2 mln m³). Dzięki temu kulminacja wezbrania w Krasnymstawie została obniżona. Udział spływu powierzchniowego w odpływie całkowitym wyniósł w profilu Nielisz 58%, w Wirkowicach – 62%, a w Krasnymstawie – 46%. Wartości odpływu jednostkowego w czasie kulminacji wezbrania wyniosły od 100 dm³·s⁻¹·km⁻² w zlewni Łabuńki i 69 dm³·s⁻¹·km⁻² w zlewni Wieprza do Wirkowic do 12 dm³·s⁻¹·km⁻² w zlewni Wieprza do Zwierzyńca oraz 11 dm³·s⁻¹·km⁻² w zlewni Wojśławki. Wartości te świadczą o dużym zróżnicowaniu wielkości zasilania atmosferycznego w poszczególnych zlewniach i ich zdolności retencyjnych. Na podstawie wykonanych analiz obliczono współczynnik odpływu ze zlewni, który wyniósł dla całej zlewni do profilu Krasnystaw 0,08, natomiast do profilu Nielisz 0,12. Najwyższa wartość wskaźnika odpływu wystąpiła w zlewni Łabuńki (0,17) (tab. 2).

WNIOSKI

W dniach 11–16 maja w zlewni górnego Wieprza wystąpiły opady o łącznej sumie od 95 do 226 mm deszczu. Strefa najwyższych opadów objęła centralną część zlewni, pomiędzy miejscowościami Wysokie – Nielisz – Krzak. Maksymalne dobowe opady w tym obszarze zarejestrowano w Nieliszu (144,8 mm), przy maksymalnych natężeniach osiągających $60 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$. Średnia wysokość opadu w zlewni górnego Wieprza wynosiła 146 mm. W północnej i południowej części zlewni maksymalne dobowe opady nie przekroczyły 25 mm. Wysokie opady wywołały wezbranie w zlewni górnego Wieprza, którego wysokość kulminacji oraz objętość zależały od wielkości zasilania atmosferycznego w poszczególnych zlewniach cząstkowych.

Czas opóźnienia w profilu Nielisz dla najintensywniejszego opadu (16 maja) wyniósł ok. 1–2 godzin, natomiast w profilu Krasnystaw stany zaczęły wzrastać po blisko 12 godzinach. Wysokość fali wezbraniowej w profilu Nielisz wyniosła 232 cm, Krasnystaw – 248 cm, a w Zakłodziu – 134 cm. W Nieliszu poziom wody przekroczył stan alarmowy o 58 cm, w Krasnymstawie o 116 cm, natomiast w Zakłodziu jedynie o 10 cm. Czas koncentracji fali wezbraniowej w profilu Krasnystaw wyniósł 105 godzin, a czas opadania – 203 godziny. Prędkość przemieszczania się kulminacji wezbrania była równa $0,8 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

Maksymalny dobowy przepływ w profilu Nielisz wyniósł $73,2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Wartość przepływu wraz z biegiem rzeki zmieniła się. W Wirkowicach wyniosła $138 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, a w profilu Krasnystaw $109 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Dość wysokie kulminacje przepływów wystąpiły również w zlewni Łabuńki (profil Krzak – $42,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) oraz Poru (profil Zakłodzie – $18,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Było to jedno z największych wezbrań opadowych w historii obserwacji hydrologicznych, które w Krasnymstawie są prowadzone od 1924 roku.

Maksymalne wartości odpływu jednostkowego wystąpiły w centralnej części obszaru badań, gdzie zaobserwowano najwyższe opady: w zlewni Łabuńki $100 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ oraz w zlewni Wieprza do Wirkowic – $70 \text{ dm}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$. Podczas wezbrania wystąpiły również stosunkowo wysokie wartości współczynników odpływu, dochodzące nawet do 12–17%. Bezpośredni wpływ na zróżnicowanie przestrzenne wskaźników charakteryzujących wezbranie miał rozkład przestrzenny opadu.

Wielkość kulminacji i skutki powodzi zostały znacznie obniżone wskutek funkcjonowania zbiornika retencyjnego w Nieliszu. Zajęta przez łąki rozległa terasa zalewowa w dolinie Wieprza powyżej Krasnegostawu pełni rolę naturalnego polderu, który obniża wysokość wezbrania i wydłuża czas spływu.

SUMMARY

Every few years torrential rains occur in Lublin Upland region, causing local floods. According to many previous researches, such downpours especially often occur in the area of Krasnystaw (Ziennicki 1956, Dębski 1958, Maruszczak, Trembaczowski 1958, Ciepiewski, Dąbkowski 1967, Ciepiewski, Dąbkowski 1968, Górniak 1982, Kaszewski, Siwek 2005, Siwek 2010). The main aim of this research is to characterize conditions of forming and course of the flood in May 2014. Study area was defined as the upper Wieprz river catchment, including its tributary rivers, closed by gauging station in Krasnystaw. It is located in Eastern Poland, in borderland zone of Lublin Upland and Rostocze. Main material of this research was data from 8 gauging and 17 meteorological stations acquired from Institute of Meteorology and Water Management.

In the middle of May 2014, a torrential rainfall occurred in a study area and caused, according to historical data, one of the biggest floods in the upper Wieprz river basin. Maximum intensity of rain during this episode reached $60 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$. Maximum flow rate reached from $73,2 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ in Nielisz to $138 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ in Wirkowice and $109 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ in Krasnystaw. It was clear evidence of transformation of flood wave between particular gauging stations located on the upper Wieprz. To estimate total volume of precipitation and calculate hydrological statistics of runoff during the flood there were prepared isohyets maps and conducted zonal statistics, using GIS tools.

LITERATURA

- Buraczyński J., Wojtanowicz J., 1974: *Rozwój wąwozów lessowych w okolicy Dzierzkowic na Wyżynie Lubelskiej pod wpływem gwałtownej ulewy w czerwcu 1969 roku*, Annales UMCS, sec. B, 26, 135–168.
- Chałubińska A., Wilgat T., 1954: *Podział fizjograficzny województwa lubelskiego*, Przewod. V Ogólnopol. Zj. PTGeogr., Lublin, 3–44.
- Ciepiewski A., 1970: *Maksymalne wielkości sływów jednostkowych z deszczów nawalnych*, Przegl. Geofiz. 15 (23), 2, 179–193.
- Ciepiewski A., Dąbkowski L., 1967: *O katastrofalnym wezbraniu cieków w rejonie Chełma Lubelskiego*, Gosp. Wodna. 27, 4, 126–127.
- Ciepiewski A., Dąbkowski L., 1968: *Wezbranie małych dopływów Wojsławki w dniu 28 V 1965 roku*, Pr. Studia. Kom. Gosp. Wodn. i Surowc., 9, 289–298.
- Dębski K., 1958: *Odpyły z deszczu nawalnego we wsi Piaski Szlacheckie pod Krasnymstawem w czerwcu 1956 roku*, Gosp. Wodna 18, 8, 339–342.
- Górniak A., 1982: *Skutki gwałtownej ulewy w okolicach Krasnego na Działach Grabowieckich (23 VII 1980)*, Prace Studenckiego Koła Naukowego Geografów, Lublin, 21–37.
- Janicki G., Kociuba W., Rodzik J., Zgłobicki W., 2010: *Ekstremalne procesy geomorfologiczne we wschodniej części Wyżyn Polskich – warunki występowania i oddziaływanie na rzeźbę*, Prace i Studia Geograficzne, 45, 11–28.
- Kaszewski B. M., Siwek K., 2005: *Dobowe sumy opadu atmosferycznego $\geq 50 \text{ mm}$ w dorzeczu Wieprza i ich uwarunkowania cyrkulacyjne (1951–2000)*, [w:] E. Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki (red.), *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, IMGW, 325–335.
- Kiciński T., 1964: *Udział wód gruntowych w odpływie całkowitym rzek*, Gospodarka Wodna, 20, 10, Warszawa, 173–175.
- Mapa podziału hydrograficznego Polski w skali 1 : 10 000.
- Maruszczak H., Trembaczowski J., 1958: *Geomorfologiczne skutki gwałtownej ulewy w Piaskach Szlacheckich koło Krasnegostawu*, Ann. UMCS, sec. B, 11, 129–168.

- Michalczyk Z., 1984: *Charakterystyka stosunków wodnych dorzecza Grodarza*, Przew. Ogólnopol. Zjazdu PTG, Lublin 13–15 IX 1984 r., cz. 2, 121–125.
- Michalczyk Z., Janicki G., Rodzik J., Siwek K., 2008: *Hydrogeomorfologiczne skutki intensywnych opadów na międzyrzeczu Bystrzycy i Gielczwi (Wyżyna Lubelska)*, Prz. Nauk. Inżynieria i Kształtowanie Środowiska XVII, 4 (42), 30–41.
- Parczewski W., 1960: *Warunki występowania nagłych wezbrań na małych ciekach*, Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej 8, 3, 83–159.
- Rodzik J., 1984: *Natężenie współczesnej denudacji w silnie urzeźbionym terenie lessowym w okolicy Kazimierza Dolnego*, Przew. Ogólnopol. Zjazdu PTG, Lublin 13–15 IX 1984 r., cz. 2, 125–130.
- Siwek K., 2006: *Zróżnicowanie opadów atmosferycznych na Lubelszczyźnie w latach 1951–2000*, Praca doktorska w Zakładzie Meteorologii i Klimatologii UMCS, Lublin.
- Siwek K., 2010: *Występowanie na Lubelszczyźnie dobowych sum opadu atmosferycznego ≥ 100 mm i ich uwarunkowania cyrkulacyjne (1951–2000)*, Ann. UMCS, sec. B, 65, 117–125.
- Suligowski R. 2004: *Struktura czasowa i przestrzenna opadów w Polsce. Próba regionalizacji*, Prace Inst. Geogr. AŚ, 12, Kielce.
- Teisseyre A. K., 1994: *Spływ stokowy i współczesne osady deluwialne w lessowym rejonie Henrykowa na Dolnym Śląsku*, Acta Universitatis Wratislaviensis, Prace Geologia–Mineralogia 43, 188 ss.
- Ziennicki S., 1956: *Skutki deszczu nawalnego we wsi Piaski Szlacheckie pod Krasnymstawem*, Gosp. Wodna 16, 11, 476–480.