

POLSKA  
AKADEMIA  
NAUK

INSTYTUT GEOGRAFII  
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

---

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

11

GEOMORFOLOGICZNY  
I SEDYMENTOLOGICZNY ZAPIS  
LOKALNYCH ULEW

POD REDAKCJĄ  
LESZKA STARKŁA



**WYKAZ ZESZYTÓW INSTYTUTU GEOGRAFII  
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA PAN**

**z ostatnich lat**

**1995**

29. P. EBERHARDT – Zagadnienia ludnościowe obszaru byłych Prus Wschodnich, 41 s., zł 4,-
30. Z. BABIŃSKI, M. GRZEŚ – Monografia hydrologiczna zbiornika stopnia wodnego Włocławek, 79 s., zł 4,-
31. J. GRZESZCZAK – Przestrzenne zróżnicowanie społeczno-gospodarcze „północ-południe” w krajach Unii Europejskiej. Wielka Brytania, Niemcy, Francja, 60 s., zł 4,-
32. A. GAWRYSZEWSKI – Rynek pracy Warszawy i województwa warszawskiego 1990–1993, 131 s., zł 4,-
33. T. KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA, B. KRAWCZYK, K. BŁAŻEJCZYK – Warunki biometeorologiczne Supraśla, 68 s., zł 4,-
34. P. KORCELLI – Regional patterns in Poland's transformation: the first five years, 62 s., zł 4,-
35. E. NOWOSIELSKA – Bezrobocie – przegląd aktualnych tendencji, problemów i wyników badań (w krajach rozwiniętych), 70 s., zł 4,-
36. R. SZCZĘSNY – Przemiany struktury przestrzennej rolnictwa Polski 1989–1992, 60 s., zł 4,-

**1996**

37. A. B. ADAMCZYK – Charakterystyka wiatrów silnych i bardzo silnych w Polsce; J. BARANOWSKI – Wielkość zachmurzenia w Warszawie w zależności od cyrkulacji atmosferycznej, 71 s., zł 4,-
38. H. POWĘSKA, T. KOMORNICKI – Przejścia graniczne: Kostrzyn, Słubice, Świecko, Gubin – podstawowe funkcje i strefa oddziaływania na terenie Polski i Niemiec; J. PAPIS, T. KOMORNICKI – Miasto Duszniki Zdrój jako gmina przygraniczna, 50 s., zł 4,-
39. L. KOLENDOWICZ – Burze na obszarze Polski północno-zachodniej w świetle częstości występowania różnych typów cyrkulacji atmosfery, 115 s., zł 4,-
40. R. SZCZĘSNY – Rolnictwo i gospodarka żywnościowa w okresie restrukturyzacji 1989–1994, 47 s., 31 il., zł 4,-
41. P. KORCELLI (red.) – Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: I, 72 s., zł 4,-
42. P. KORCELLI (red.) – Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: II, 98 s., zł 4,-

**1997**

43. P. KORCELLI (red.) – Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: III, 68 s., zł 5,-
44. P. KORCELLI (red.) – Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: IV, 127 s., zł 5,-
45. P. KORCELLI (red.) – Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: V, 44 s., zł 5,-
46. P. KORCELLI (red.) – Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: VI, 96 s., zł 5,-
47. P. EBERHARDT – Problematyka narodowościowa Estonii, 44 s., zł 5,-
48. W. ZGLIŃSKI – Przekształcenia państwowego rolnictwa w Polsce – skutki społeczne, ekonomiczne i przestrzenne, 64 s., zł 5,-
49. B. GRABIŃSKA – Geografia płazów Europy na tle świata. Regionalizacja zoogeograficzna kręgowców Europy. Powierzchnia jednostki a bogactwo taksonomiczne ssaków, 46 s., zł 5,-
50. R. SZCZĘSNY – Struktura przestrzenna rolnictwa Polski w 1995 roku, s. 115, zł 5,-

**GEOMORFOLOGICZNY  
I SEDYMENTOLOGICZNY ZAPIS  
LOKALNYCH ULEW**

**GEOMORPHIC  
AND SEDIMENTOLOGIC RECORDS  
OF LOCAL DOWNPOURS**

POLSKA  
AKADEMIA  
NAUK

INSTYTUT GEOGRAFII  
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

---

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

11

GEOMORFOLOGICZNY  
I SEDYMENTOLOGICZNY ZAPIS  
LOKALNYCH ULEW

POD REDAKCJĄ  
LESZKA STARKŁA



## KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor: Roman Szczęsny

Zastępcza Redaktora: Jerzy Grzeszczak

Członkowie: Zygmunt Babiński, Krzysztof Błazejczyk,  
Piotr Eberhardt, Marek Jerczyński, Adam Kotarba, Władysława Stola

Sekretarz: Ewa Jankowska

### Adres Komitetu:

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania  
im. Stanisława Leszczyckiego  
Polskiej Akademii Nauk  
ul. Twarda 51/55  
00-818 Warszawa

Opracowanie redakcyjne: Ewa Jankowska

Redaktor Wydawnictwa: Jan Kuźma

© Copyright by Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania  
im. Stanisława Leszczyckiego PAN, Warszawa 1998

PL ISSN 0012-5032

ISBN 83-86682-29-9

WYDAWNICTWO  
*Continuo*

ul. Czackiego 46/1

51-607 Wrocław

tel. kom. 0601/77-47-33

fax 071/34-390-18 w. 223

Łamanie wykonano w Pracowni Składu Komputerowego TYPO-GRAF  
Wydrukowano we Wrocławskiej Drukarni Naukowej Polskiej Akademii Nauk

<http://rcin.org.pl>

## SPIS TREŚCI

Leszek STARKEL – Geomorfologiczny i sedimentologiczny zapis ulew i lokalnych wezbrań (wprowadzenie) . . . . .	7
Elżbieta CEBULAK, Tadeusz NIEDŹWIEDŹ – Ekstremalne zjawiska opadowe w dorzeczu górnej Wisły w latach 1995–1996 . . . . .	11
Jerzy NIEDBAŁA, Roman SOJA – Odptyw z opadu nawalnego w dniu 18 maja 1996 roku w Sułoszowej . . . . .	31
Artur ZIELIŃSKI – Geomorfologiczne skutki zdarzeń powodziowych w okolicach Kromolowa w maju 1996 roku . . . . .	39
Jan RODZIK, Grzegorz JAŃICKI, Piotr ZAGÓRSKI, Wojciech ZGŁOBICKI – Deszcze nawalne na Wyżynie Lubelskiej i ich wpływ na rzeźbę obszarów lessowych . . . . .	45
Stefan Witold ALEXANDROWICZ – Tanatocenozy muszlowe osadów powodziowych w Imbramowicach koło Krakowa . . . . .	69
Eugeniusz GIL – Sptyw wody i procesy geomorfologiczne w zlewniach fliszowych podczas gwałtownej ulewy w Szymbarku w dniu 7 czerwca 1985 roku . . . . .	85

RESEARCH ARTICLE

THE EFFECTS OF ...

... ..

... ..

CONCLUSIONS

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

ACKNOWLEDGMENTS

... ..

... ..

... ..

REFERENCES

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..



LESZEK STARKEL

## GEOMORFOLOGICZNY I SEDYMENTOLOGICZNY ZAPIS ULEW I LOKALNYCH WEZBRAŃ (WPROWADZENIE)

Duże powodzie wywołane przez opady rozlewne i obejmujące większe dorzecza są przedmiotem zainteresowania zarówno hydrologów i hydrotechników, jak również geomorfologów i sedymentologów. Natomiast lokalne ulewy, obejmujące małe obszary, na ogół uchodzą uwagi i bywają opisywane przez rolników, gleboznawców i geomorfologów. Tymczasem odgrywają one niekiedy podstawową rolę w denudacji i przekształcaniu stoków, jak i pogłębianiu koryt i nadbudowywaniu równin zalewowych w małych zlewniach. Cechą lokalnych ulew jest koncentracja opadu w krótkim okresie czasu, a zatem jego duże natężenie i to już od samego początku ulewy (Starkel 1980; Słupik 1981). Dlatego główną składową odpływu jest spływ powierzchniowy, przyspieszony na stokach wylesionych, pociętych siecią dróg.

Impulsem do zainteresowania tą tematyką była szeroko relacjonowana w środkach masowego przekazu ulewa w dniu 15 września 1995 roku na Wyżynie Miechowskiej, której skutki zostały zarejestrowane przez różnych specjalistów z kilku placówek naukowych i ich plonem stała się monografia tej ulewy ze wskazaniem na rolę takich zdarzeń w ewolucji rzeźby (Dokumentacja Geograficzna, z. 8, 1997).

W maju 1996 roku zarówno na Wyżynie Miechowskiej, jak i w wielu innych regionach południowej Polski wystąpiły liczne katastrofalne ulewy nie spotykane od dziesięcioleci i wielu badaczy podjęło trud rejestracji tych zdarzeń.

W dniach 21–22 maja 1997 roku Komisja Paleohydrologii Komitetu Badań Czwartorzędu PAN przy współudziale Komitetu Narodowego IGBP – Global Change i Zakładu Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN zorganizowały w Krakowie seminarium pt. „Geomorfologiczny i sedymentologiczny zapis powodzi – terazniejszość, przeszłość”, na którym na tle analizy meteorologicznej i hydrologicznej zaprezentowano wyniki badań skutków lokalnych ulew, ze szczególnym uwzględnieniem zdarzeń z maja 1996 roku, jak i ulewy z 15 września 1995 roku, opisanej w poprzedniej monografii.

Tak się złożyło, że w 2,5 miesiąca po seminarium miały miejsce długotrwałe

opady w całej południowo-zachodniej Polsce, które wywołały katastrofalną powódź w dorzeczu Odry i częściowo Wisły. Na wschodnim obrzeżeniu strefy opadowej miały miejsce lokalne ulewy o intensywnościach przekraczających 3 mm/minutę. Powodzie te przyćmiły zdarzenia lokalne z 1996 roku i opóźniły opracowanie materiałów z Seminarium. Sądzę jednak, że celowe jest wydanie tych materiałów, gdyż pokazują one skalę przemian, jakie mogą być wywołane przez opady, które przeważnie nie są nawet rejestrowane przy bardzo ubogiej i stale ograniczanej sieci posterunków opadowych (Starkel 1996; Cebulak, Niedźwiedź – w tym tomie). A rola tych zdarzeń zarówno w obszarach górskich o stromych stokach, jak i w obszarach wyżyn lessowych i wysoczyzn morenowych jest olbrzymia. Tłumaczą one zarówno skalę przeobrażeń rzeźby (5–10 m miąższości pokrywy deluwii i aluwii – Śnieszko 1995), jak i lokalne różnice w głębokości rozczłonkowania wąwozami czy w stopniu zdegradowania pokrywy lessowej.

Prezentowany zbiór prac nie obejmuje wszystkich przedstawionych referatów, gdyż opracowanie ulewy z 15 września 1995 roku opublikowano osobno. Na wstępie znajduje się praca E. Cebulak i T. Niedźwiedzia, która ukazuje sytuacje synoptyczne z maja 1996 roku, które były odpowiedzialne za wystąpienie ulew i wezbrań. J. Niedbała i R. Soja zwracają uwagę na maksymalne wielkości spływów jednostkowych. Kolejno A. Zieliński opisuje również majową ulewę koło Kromołowa, a zespół lubelski: J. Rodzik, G. Janicki, P. Zagórski i W. Zgłobicki – morfologiczne skutki ulew na Wyżynie Lubelskiej i Wyżynie Wołyńskiej. Obserwacje S. W. Alexandrowicza dotyczą akumulacji muszli ślimaków w odsypach powodziowych po ulewie w dolinie Dłubni, wskazujących na źródło dostawy materiału.

Niestety ze względu na przewidziany druk w innym wydawnictwie nie dołączono dwóch interesujących referatów. Zespół poznański: A. Kostrzewski, M. Mazurek, J. Stach i Z. Zwoliński zaprezentowali morfogenetyczną rolę ulew w młodoglacjalnej zlewni Parsęty w oparciu o precyzyjne badania stacjonarne na stacji w Storkowie. W. Froehlich z kolei zademonstrował przydatność zastosowania radioizotopów  $Cs^{137}$  i  $Pb^{210}$  dla rekonstrukcji zdarzeń powodziowych w dorzeczu Dunajca.

Natomiast do zeszytu zostało dołączone opracowanie E. Gila dla ulewy z 1985 roku w otoczeniu stacji w Szymbarku, której skutki w tym przepływy oraz transport rumowiska na stokach i w korytach potoków rejestrowano w czasie ulewy lub po ulewie.

Powódź z lipca 1997 roku zwiększyła zainteresowanie zdarzeniami ekstremalnymi. Mimo krótkiego okresu czasu ukazało się już szereg opracowań zamieszczonych m.in. w dwóch zbiorach materiałów z konferencji (*Powódź 1997; Powódź w dorzeczu górnej Wisły w lipcu 1997 roku*).

## LITERATURA

- Powódź 1997*, Forum Naukowo-Techniczne, Ustroń k. Wisły, 10–12 września 1997, 3 tomy, IMGW Warszawa.
- Powódź w dorzeczu górnej Wisły w lipcu 1997 roku*, 1998, Materiały konferencji pod red. L. Starkla i J. Greli, Oddział PAN w Krakowie.
- S ł u p i k J., 1981, *Rola stoku w kształtowaniu odpływu w Karpatach fliszowych*, Prace Geogr. IGiPZ PAN, 142, s. 1–89.
- S t a r k e l L., 1980, *Erozja gleb a gospodarka wodna w Karpatach*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 235, s. 103–118.
- 1996, *Monitoring zdarzeń katastrofalnych*, [w:] *Główne problemy monitoringu w Polsce*, Zesz. Nauk. Komitetu „Człowiek i Środowisko PAN”, 16, s. 93–106.
- S t a r k e l L. (red.), 1997, *Rola gwałtownych ulew w ewolucji rzeźby Wyżyny Miechowskiej (na przykładzie ulewy w dniu 15 września 1995 roku)*. Dok. Geogr., 8, ss. 108.
- Ś n i e s z k o Z., 1995, *Ewolucja obszarów lessowych Wyżyn Polskich w czasie ostatnich 15 000 lat*, Pr. Nauk. UŚl., 1496, S. 5–122.

Adres Autora:

prof. dr. hab. Leszek Starkel  
 Zakład Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn  
 Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN  
 ul. Św. Jana 22, 31-018 Kraków

W tym celu należało przede wszystkim zrehabilitować dotychczasową opinię o polskiej literaturze, która w latach 1945-1955 była postrzegana jako nieaktualna i nieodpowiednia do czasu. W tym celu należało przede wszystkim zrehabilitować dotychczasową opinię o polskiej literaturze, która w latach 1945-1955 była postrzegana jako nieaktualna i nieodpowiednia do czasu. W tym celu należało przede wszystkim zrehabilitować dotychczasową opinię o polskiej literaturze, która w latach 1945-1955 była postrzegana jako nieaktualna i nieodpowiednia do czasu.

W tym celu należało przede wszystkim zrehabilitować dotychczasową opinię o polskiej literaturze, która w latach 1945-1955 była postrzegana jako nieaktualna i nieodpowiednia do czasu. W tym celu należało przede wszystkim zrehabilitować dotychczasową opinię o polskiej literaturze, która w latach 1945-1955 była postrzegana jako nieaktualna i nieodpowiednia do czasu.

W tym celu należało przede wszystkim zrehabilitować dotychczasową opinię o polskiej literaturze, która w latach 1945-1955 była postrzegana jako nieaktualna i nieodpowiednia do czasu. W tym celu należało przede wszystkim zrehabilitować dotychczasową opinię o polskiej literaturze, która w latach 1945-1955 była postrzegana jako nieaktualna i nieodpowiednia do czasu.

W tym celu należało przede wszystkim zrehabilitować dotychczasową opinię o polskiej literaturze, która w latach 1945-1955 była postrzegana jako nieaktualna i nieodpowiednia do czasu. W tym celu należało przede wszystkim zrehabilitować dotychczasową opinię o polskiej literaturze, która w latach 1945-1955 była postrzegana jako nieaktualna i nieodpowiednia do czasu.

W tym celu należało przede wszystkim zrehabilitować dotychczasową opinię o polskiej literaturze, która w latach 1945-1955 była postrzegana jako nieaktualna i nieodpowiednia do czasu. W tym celu należało przede wszystkim zrehabilitować dotychczasową opinię o polskiej literaturze, która w latach 1945-1955 była postrzegana jako nieaktualna i nieodpowiednia do czasu.

ELŻBIETA CEBULAK  
TADEUSZ NIEDŹWIEDŹ

## EKSTREMALNE ZJAWISKA OPADOWE W DORZECZU GÓRNEJ WISŁY W LATACH 1995–1996

Dorzecze górnej Wisły jest obszarem o największym zróżnicowaniu opadów w Polsce. W części karpackiej wartości opadów są najwyższe i one zasilają zasoby wodne Wisły. Od roku 1990 sumy roczne opadów w Karpatach kształtują się znacznie poniżej średniej wieloletniej, w roku 1995 wartości roczne opadów zbliżyły się do średniej wieloletniej, a w roku 1996 znacznie ją przekroczyły. Z tego względu lata 1995 i 1996 zasługują na szczególną uwagę, jako być może początek nowej wilgotniejszej fazy opadów na badanym obszarze.

Z analizy opadów w latach 1995–1996 wynika, że w okresie tym zdarzyły się krótkotrwałe deszcze o wyjątkowym natężeniu, które spowodowały wezbrania lokalne we wrześniu 1995 (Kalina Wielka) i maju 1996 (Sułoszowa) na Wyżynie Małopolskiej. Na uwagę zasługuje też wezbranie na karpackich dopływach Wisły (Soła, Raba, Dunajec, San) we wrześniu 1996 roku, wywołane przez długotrwałe intensywne deszcze o dużym zasięgu terytorialnym. Ostatnia powódź o tak dużym zasięgu wystąpiła w 1980 roku. Jednocześnie był to pierwszy sygnał powodziowy bezpośrednio poprzedzający katastrofalną powódź z lipca 1997 roku.

W latach 1995 i 1996 wystąpiły również inne przypadki deszczy o wyjątkowym charakterze, których skutki nie były jednak tak dotkliwe. Najciekawsze przypadki deszczów o dużej wydajności w okresie 1995–1996 w dorzeczu górnej Wisły zestawiono w tabeli 1 i 2. Dla tych przypadków opadów starano się określić ich genezę poprzez podanie sytuacji synoptycznej. Dla części opadów sporządzono mapy izohiet na podstawie danych pełnej sieci opadowej IMGW (ryc. 1–9).

Rok 1995 odznaczał się na przeważającej części dorzecza górnej Wisły nieco mniejszymi sumami rocznymi opadów niż normalnie (tab. 3). Na przykład w Krakowie opady stanowiły tylko 83% normy wieloletniej, a w Niece Nidziańskiej nawet poniżej 75%. Tylko na niektórych obszarach, między innymi na Wyżynie Krakowskiej i w Karpatach, opady były zbliżone do przeciętnych, a lokalnie nawet wyższe.

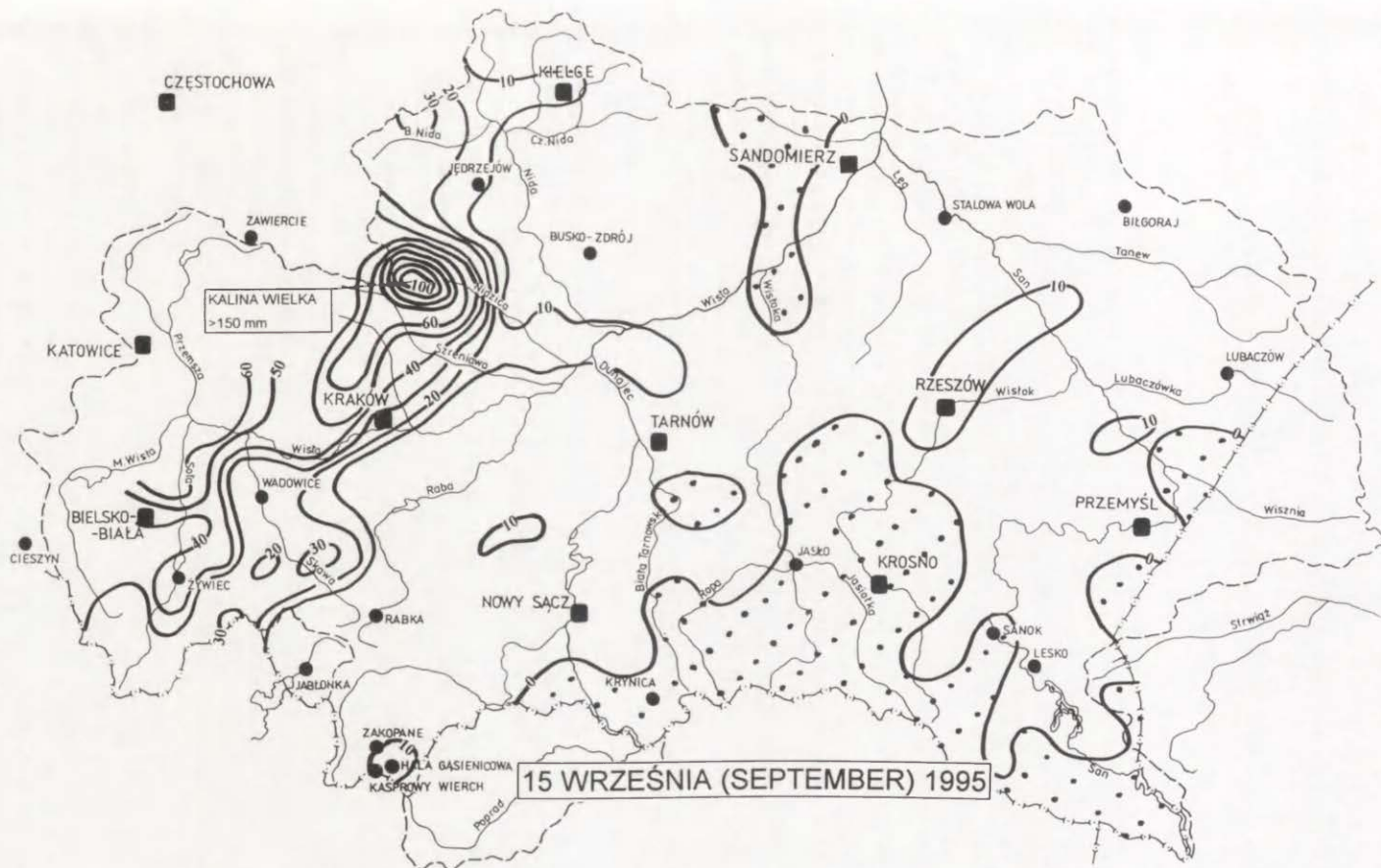
Większość zanotowanych dużych opadów dobowych pochodziła z krótkotrwałych ulew połączonych z burzami pochodzenia termicznego (tab. 1). Powsta-

Wybrane przypadki dużych opadów dobowych w dorzeczu górnej Wisły w roku 1995  
 Selected cases of heavy daily precipitation in the upper Vistula river basin during 1995

Data Date	Miejscowość, region Place, region	Opad dobowy Daily precipitation	Typ cyrkulacji Circulation type	Opis Description
3.07.1995	Kraków i Pogórze Dynowskie	>30 mm lokalnie wyższe	SWc – w wilgotnym powietrzu zwrotnikowym	burza z obfitymi opadami deszczu skoncentrowana szczególnie w południowej części Krakowa, zalane piwnice, powalone drzewa
15.07.1995	Radziszów, Stopnica, okolice: Katowic, Skroniów	69,5 mm 52,0 mm >40 mm 51,0 mm	Bc – rozmyta bruzda cyklonalna w powietrzu zwrotnikowym	liczne lokalne ulewy o dużym natężeniu, zalanie biblioteki Uniwersytetu Śląskiego
2.08.1995	Tatry Beskid Wyspowy Pogórze Wielickie	>60 mm >50 mm >40 mm	NE – powietrze polarno-kontynentalne	przelotne opady deszczu i burze pochodzenia termicznego
20.08.1995	Beskid Żywiecki Tatry Beskid Niski Doły Jasielsko-Sanockie	>50 mm >80 mm >60 mm >50 mm	Ka – powietrze polarno-kontynentalne	przelotne opady i burze pochodzenia termicznego
4.09.1995	Tatry Beskid Wyspowy Beskid Niski Bieszczady	>50 mm >50 mm >60 mm >70 mm	Bc – aktywny front chłodny (PPms/PPm)	ciągłe opady deszczu, miejscami intensywne

wały one zazwyczaj w rozmytych bruzdach niskiego ciśnienia, w jednorodnej masie powietrza. Jedynie opady w dniu 4 września 1995, przekraczające w Karpatach 50–70 mm, miały charakter opadów jednostajnych pochodzenia frontального.

W omawianym roku katastrofalne skutki miała gwałtowana ulewa w dniu 15 września nad górną częścią dorzecza Nidzicy na Wyżynie Miechowskiej (ryc. 1, tab. 1). W tym dniu na tym obszarze znajdowało się centrum niżu z frontem okluzji. Doprowadziło to do powstania wysoko rozbudowanej chmury burzowej, która w okolicy Kaliny Wielkiej spowodowała wystąpienie deszczu nawalnego



Ryc. 1. Izohiety opadów dobowych w dniu 15 września 1995 r.  
 Isohyets of daily precipitation at September 15, 1995

Tabela 2

Wybrane przypadki dużych opadów dobowych w dorzeczu górnej Wisły w roku 1996  
Selected cases of heavy daily precipitation in the upper Vistula river basin during 1996

Data Date	Miejscowość, region Place, region	Opad dobowy Daily precipita- tion	Typ cyrkulacji Circulation type	Opis Description
1	2	3	4	5
9.05.1996	Oświęcim Przemyśl	57,6 mm 42,2 mm	SEc, powietrze zwrotnikowe	opady przelotne i burze pocho- dzenia termicz- nego
10.05.1996	Sanok – Trepcza	80,0 mm 59,0 mm/godz.	Bc, pofalowany front chłodny (PZ/PPm)	liczne opady i burze, lokalnie intensywne, lo- kalne występo- wanie gradu
13.05.1996	Bieszczady: Terka Sakowczyk Leszczowate	110,4 mm 106,3 mm 99,2 mm	NEc, rozmyty front ciepły, PPms	przelotne opady i burze, w Bie- szczadach intens- ywne, w godzi- nach nocnych 22 <sup>00</sup> –24 <sup>00</sup>
15.05.1996	Wyżyna Mało- polska: Sułoszowa Radziemice Sielec	>80,0 mm 63,0 mm 60,7 mm	NEc, PPms	katastrofalne opady na Wyży- nie Małopol- skiej, zalana Su- łoszowa
18.05.1996	Sułoszowa całe Karpaty pozostała część dorzecza górnej Wisły	>120 mm bez opadów < 10 mm miejscami >10 mm	SWc, wilgotna masa powietrza zwrotnikowego	zalana po raz drugi w ciągu tygodnia Suło- szowa
20.05.1996	całe Karpaty Pogórze Ciężkowickie Pogórze Dynow- skie	>20 mm >70 mm >60 mm	Bc, strefa fron- tu chłodnego Pz/PPm	opady deszczu obejmujące całe prawostronne dorzecze górnej Wisły, miejsca- mi intensywne
10.06.1996	Tatry Pogórze Ciężko- wickie	>40 mm >50 mm	Ka, PZ	krótkie ulewy i burze pochodze- nia termicznego
12/13.06.1996	Tatry Beskid Żywiecki	70 mm 50 mm	NWa, strefa frontu chłodne- go (PZ/PPm po- chodzenia arkty- cznego)	strefa opadów w zachodniej części Karpat, po Dunajec na wschodzie



1	2	3	4	5
29.08.1996	Kraków wsch. krawędź Wyżyny Krakow- skiej Iwanowice, pozostały obszar całego dorzecza górnej Wisły	47,1 mm  69,3 mm  bez opadu lub <10 mm	Sc, strefa roz- mytego frontu chłodnego, PPms	lokalna nawałnica w godzinach wieczornych nad Krakowem, z gradem
30.08.1996	Pogórze Śląskie i Wielickie, Beskid Mały, Makowski i Wyspawy	>60 mm	Bc, strefa frontu chłodnego i ciepłego, PPms	ulewy i gwałtowne burze w godz. 16 <sup>00</sup> –18 <sup>00</sup> , powodujące lokalne wezbranie, zalana Mszana Dolna
31.08.1996	Tatry, Gorce, Beskid Sądecki	>50 mm	Bc, strefa frontu chłodnego, PPms	opady intensywne od godz. 13 <sup>00</sup>
6.09.1996	dorzecze Sanu i Wisłoka: Jaśliska Cisna	>80 mm 105,7 mm 102,0 mm	Nc, typowa sytuacja spiętrzania PA na Karpatach	intensywne opady powodujące wezbrania we wschodniej części Karpat
7.09.1996	dorzecze Soły, Skawy, Raby, Dunajca Śmietanowa Kocierz Moszcz. Łodygowice Hala Ornak	>50 mm 143,5 mm 129,2 mm 112,5 mm 101,1 mm	Nc, typowa sytuacja spiętrzania PA na Karpatach	opady intensywne w zachodniej karpackiej części dorzecza górnej Wisły, po Dunajcu na wschodzie powodujące wezbrania
18.10.1996	Beskid Niski i Bieszczady Puławy Dolne Nowotaniec	>50 mm 84,2 mm 78,5 mm	Bc, strefa pofalowanego frontu chłodnego, (PPmc/PPms)	intensywne opady deszczu od godz. 19 <sup>00</sup>

o szacunkowej wielkości przekraczającej 150 mm. Największe natężenie ulewa osiągnęła między godziną 18<sup>00</sup> a 20<sup>00</sup>. Na obrzeżach chmury burzowej w Książu Wielkim w ciągu 190 minut zmierzono 78 mm, a w Miechowie 68 mm. Natężenie opadu w centrum burzy oszacowano na 70–100 mm na godzinę (Niedźwiedz 1997). Stosunkowo wysokie opady notowano także w okolicy Ojcowa (61 mm). W tym dniu na pozostałym obszarze dorzecza górnej Wisły dobowe sumy opadów nie przekraczały 10 mm, a w części południowo-wschodniej opady nie występowały w ogóle.

Charakterystyki sum rocznych opadów dla wybranych stacji w dorzeczu górnej Wisły w roku 1995 i 1996 na tle normy wieloletniej (1961–1990)

Annual precipitation characteristics for the selected stations in the upper Vistula river basin in 1995 and 1996 in comparison with climatological normals (1961–1990)

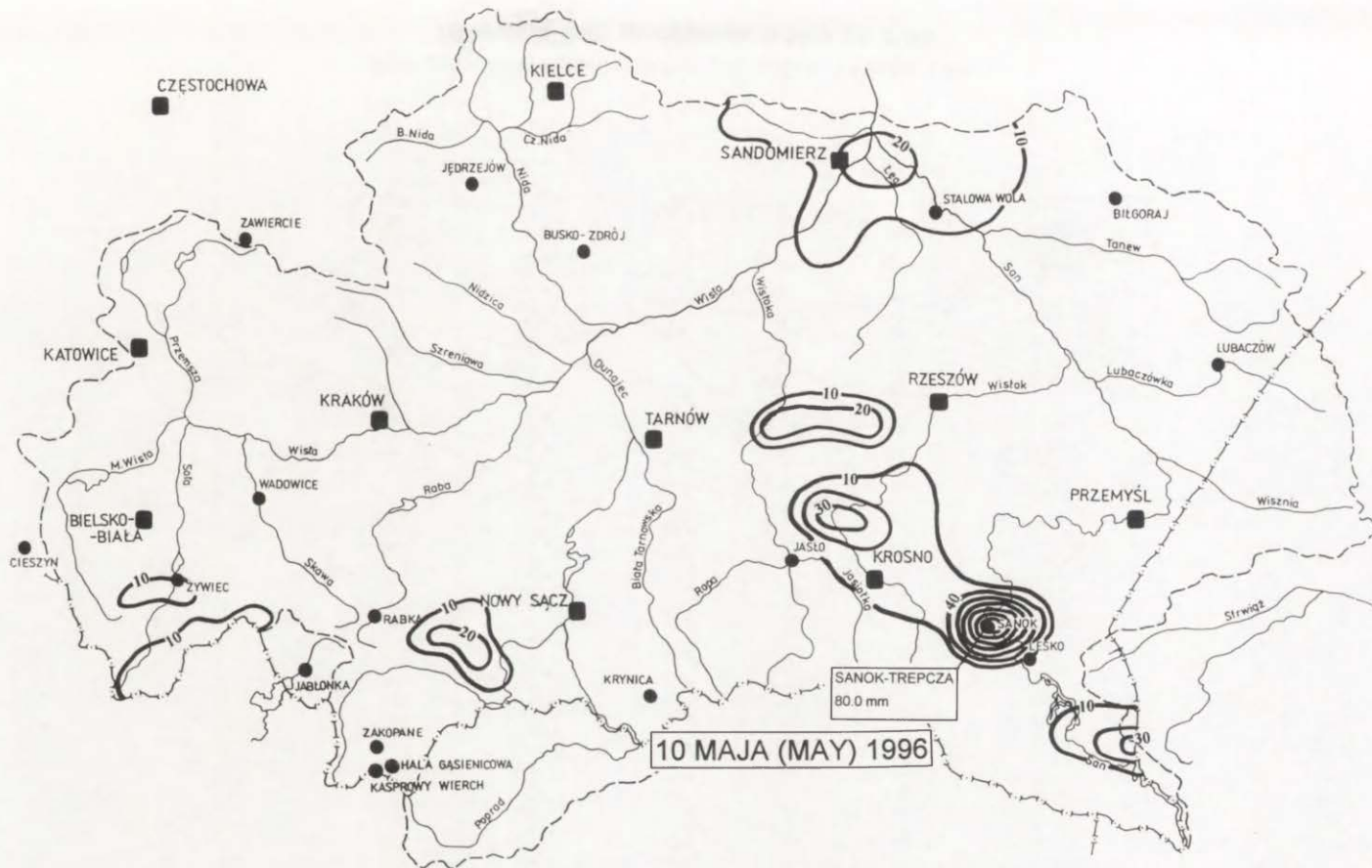
Stacja Station	Średnia suma roczna Mean annual total 1961–1990 (mm)	Suma opadu 1995 r. Annual precipitation (mm)	1995 w % normy 1961–1990 Percent of normal	Suma opadu 1996 r. Annual precipitation (mm)	1996 w % normy 1961–1990 Percent of normal
Bielsko – Aleksandrowice	991	943	95	1093	110
Kraków Obs. UJ	685	571	83	791	115
Lesko	808	702	87	899	111
Ojców	712	764	107	753	106
Hala Gąsienicowa	1700	1557	92	1842	108

Syntetyczną charakterystykę opadów ulewnych za rok 1995 zawiera mapa izohiet maksymalnych opadów dobowych (ryc. 10), na której wyróżnia się omawiana ulewa z września. Na większości terenu opady te nie przekroczyły 50 mm, a miejscami nawet były niższe od 30 mm (między Krakowem a Buskiem i w okolicach Sandomierza). Wystąpiło kilka izolowanych maksimum powyżej 60 mm, a w Tatrach i Bieszczadach zdarzały się sumy dobowe ponad 70 mm.

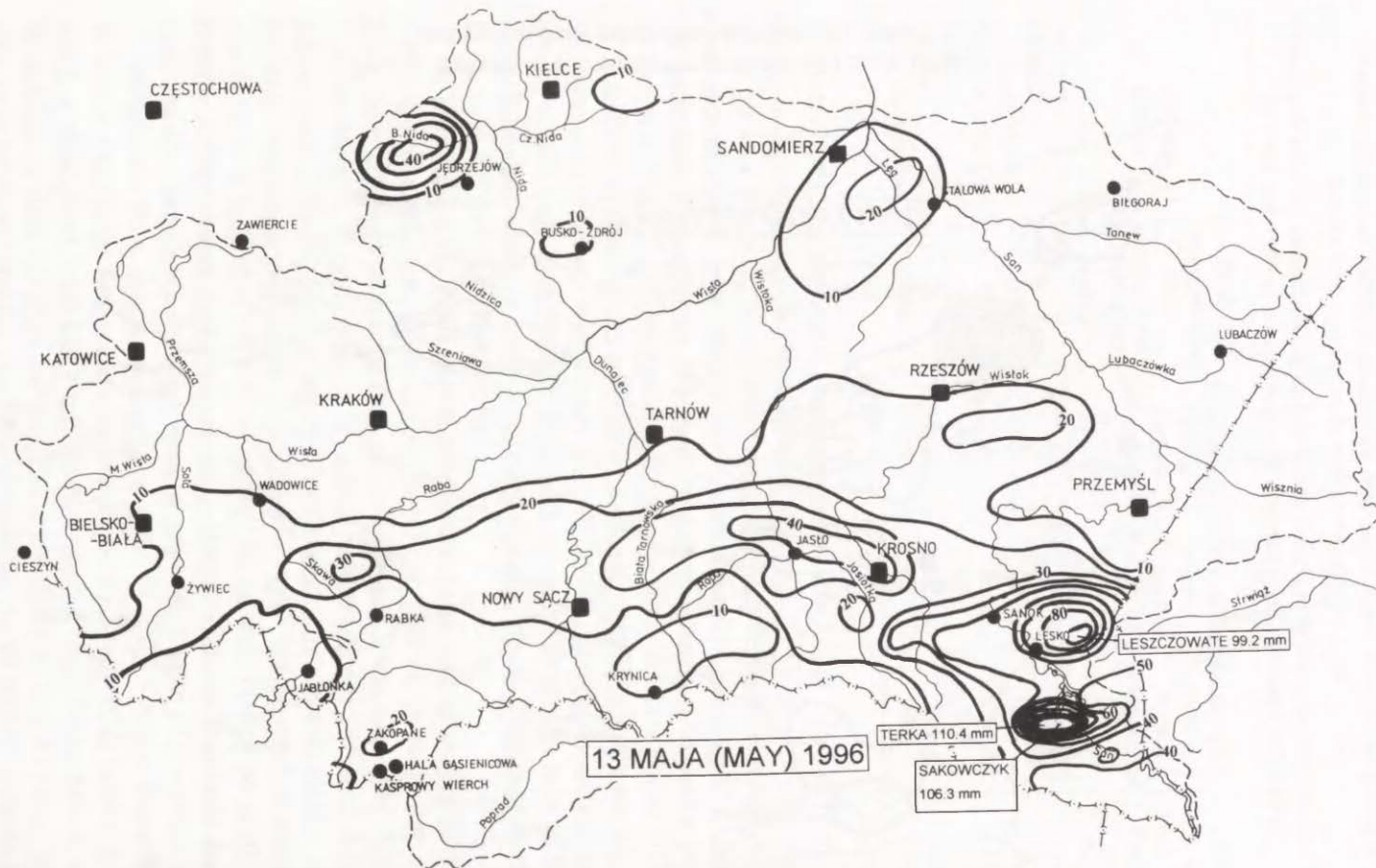
Rok 1996 był pierwszym po serii lat suchych, w którym sumy roczne opadu były wyższe od normy wieloletniej (tab. 3). W niektórych obszarach, między innymi na Wyżynie Krakowskiej, w zachodniej części Beskidów oraz na Płaskowyżu Kolbuszowskim, a także w okolicy Sanoka, opady roczne przekroczyły 125% wartości średnich wieloletnich.

W porównaniu do roku poprzedniego notowano więcej przypadków ulew o charakterze lokalnym. Skoncentrowały się one głównie w maju (tab. 2, ryc. 2–6). Duże kontrasty termiczne na kontakcie mas powietrza zwrotnikowego i polarno-morskiego, w połączeniu z wysokimi temperaturami i wysoką wilgotnością powietrza, szczególnie sprzyjały rozwojowi chmur konwekcyjnych. Na fakt istnienia majowego maksimum w pojawianiu się w Polsce opadów nawałnych o najwyższym natężeniu zwrócił uwagę W. Parczewski (1960) po analizie warunków występowania nagłych wezbrań na małych ciekach. Podobnie duża częstość opadów nawałnych była notowana w maju 1958 roku (Karwowski 1963).

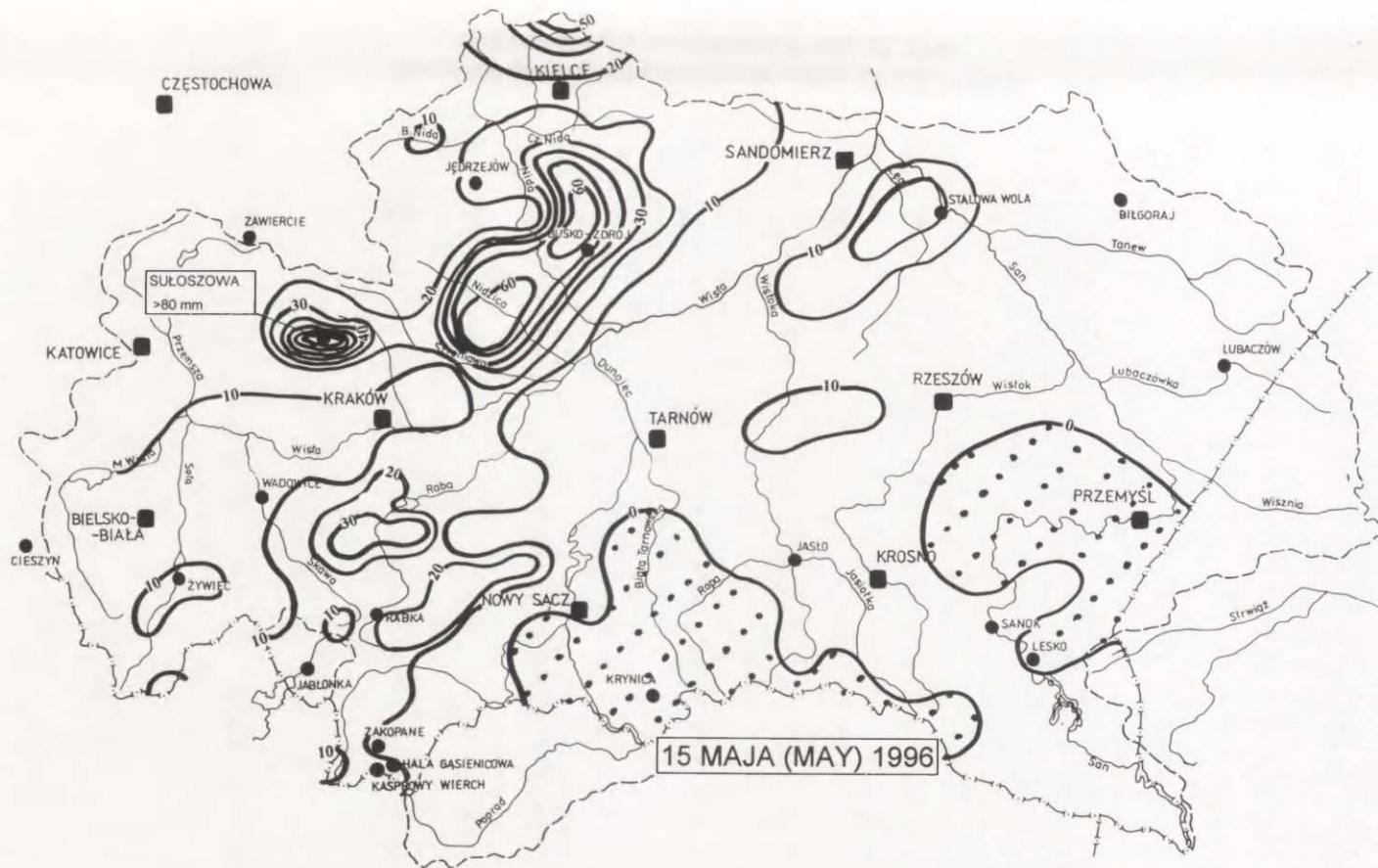
Wyjątkowo duże opady wystąpiły w dniu 13 maja 1996 w Bieszczadach. W strefie rozmytego frontu ciepłego utworzyło się wtedy kilka komórek burzowych, a największy opad 110,4 mm zanotowano na stacji Terka (tab. 2, ryc. 3). Wcześniej, w dniu 10 maja lokalna ulewa wystąpiła w Sanoku dając opad 80 mm, przy czym największe natężenie dochodziło do 59 mm na godzinę (tab. 2, ryc. 2).



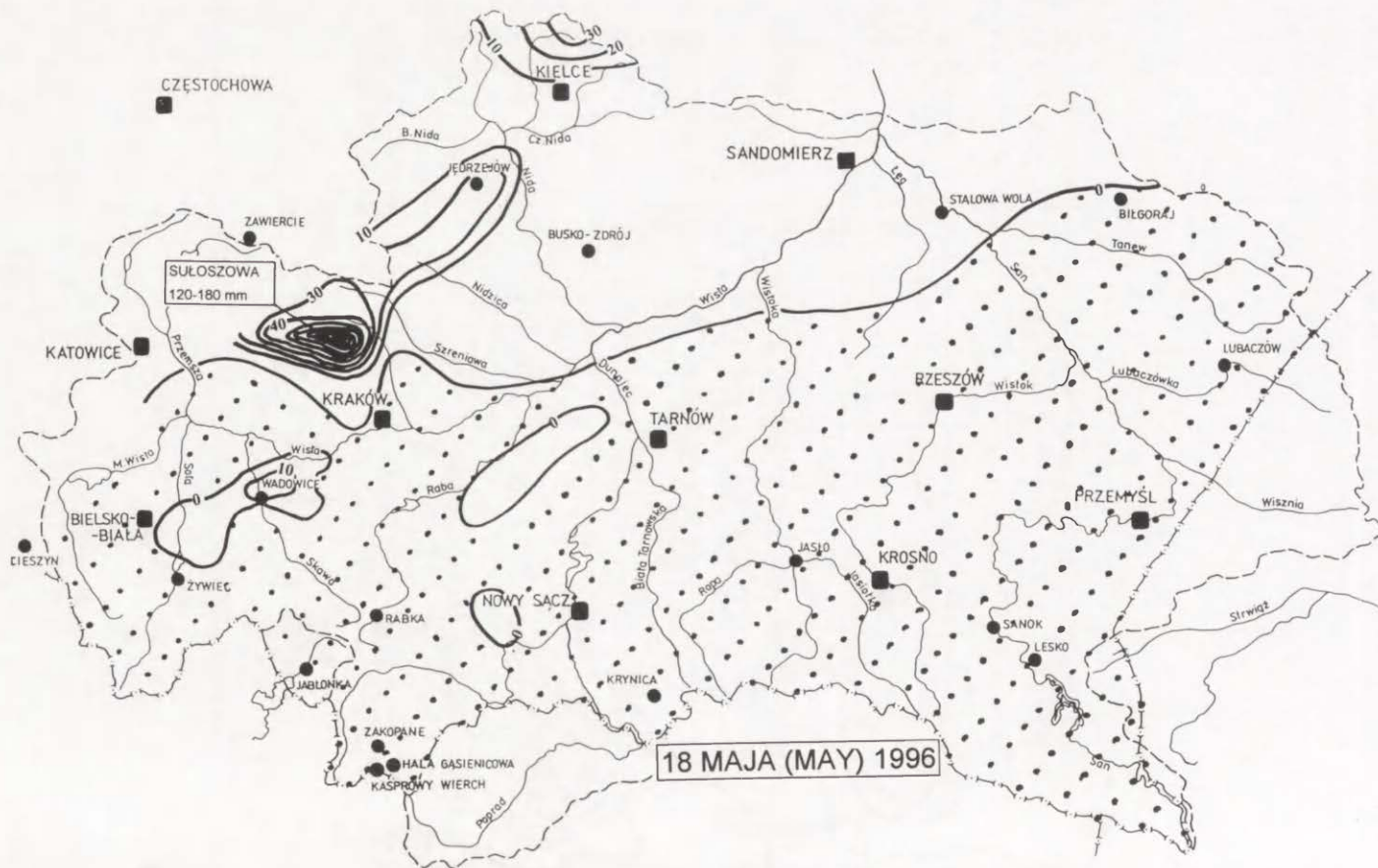
Ryc. 2. Izohiety opadów dobowych w dniu 10 maja 1996 r.  
 Isohyets of daily precipitation at May 10, 1996



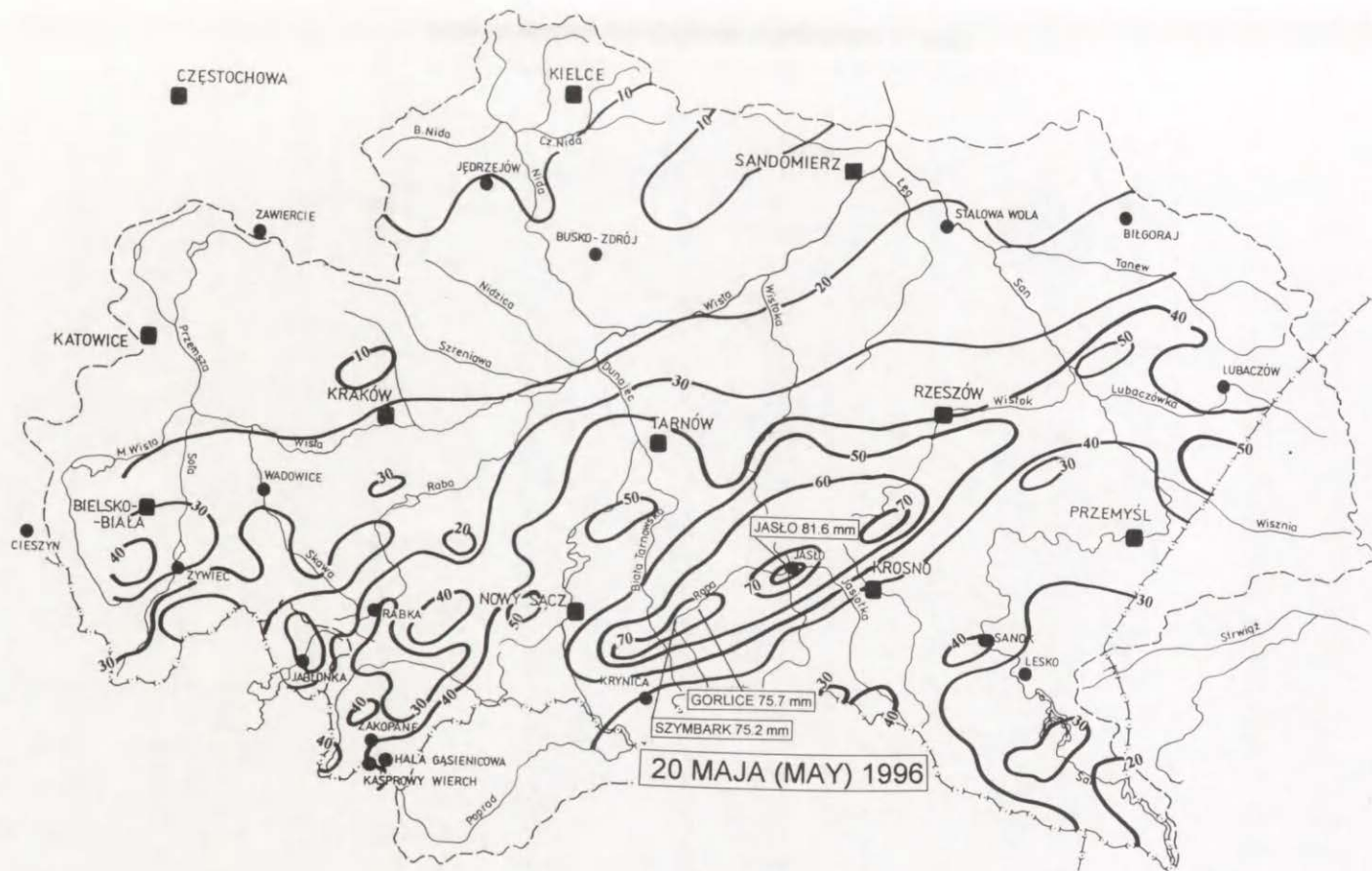
Ryc. 3. Izohiety opadów dobowych w dniu 13 maja 1996 r.  
 Isohyets of daily precipitation at May 13, 1996



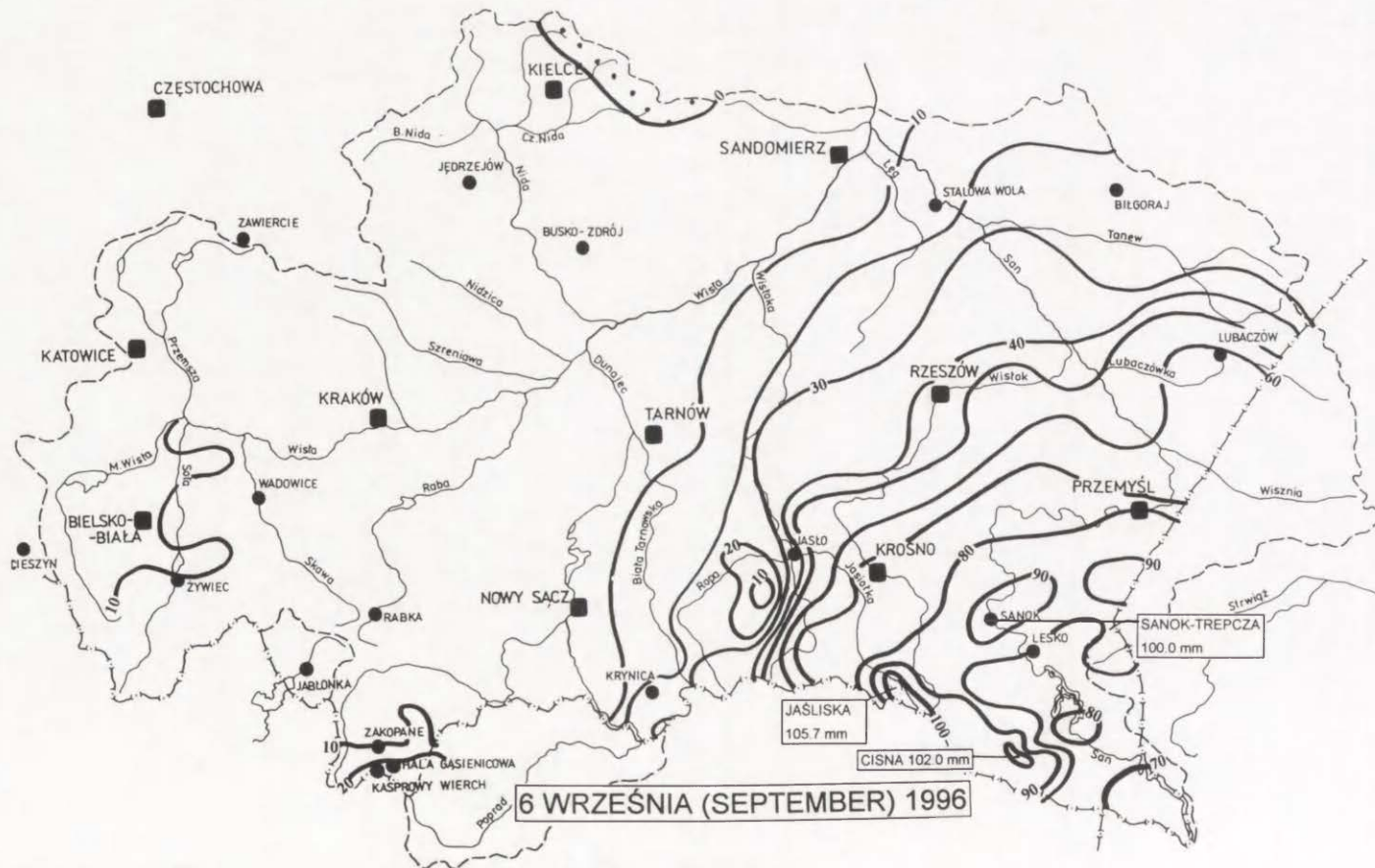
Ryc. 4. Izohiety opadów dobowych w dniu 15 maja 1996 r.  
 Isohyets of daily precipitation at May 15, 1996



Ryc. 5. Izohiety opadów dobowych w dniu 18 maja 1996 r.  
Isohyets of daily precipitation at May 18, 1996

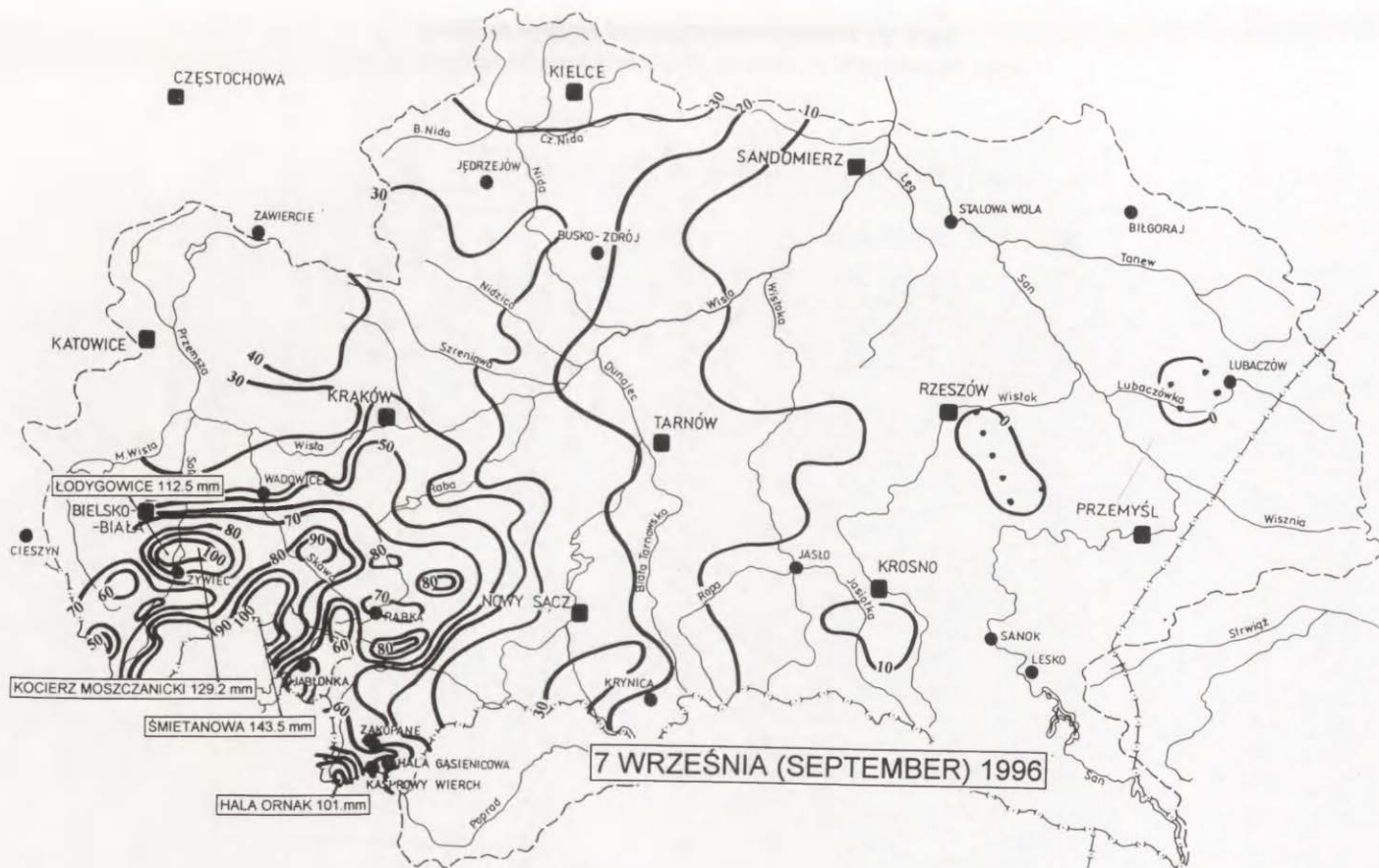


Ryc. 6. Izohiety opadów dobowych w dniu 20 maja 1996 r.  
Isohyets of daily precipitation at May 20, 1996

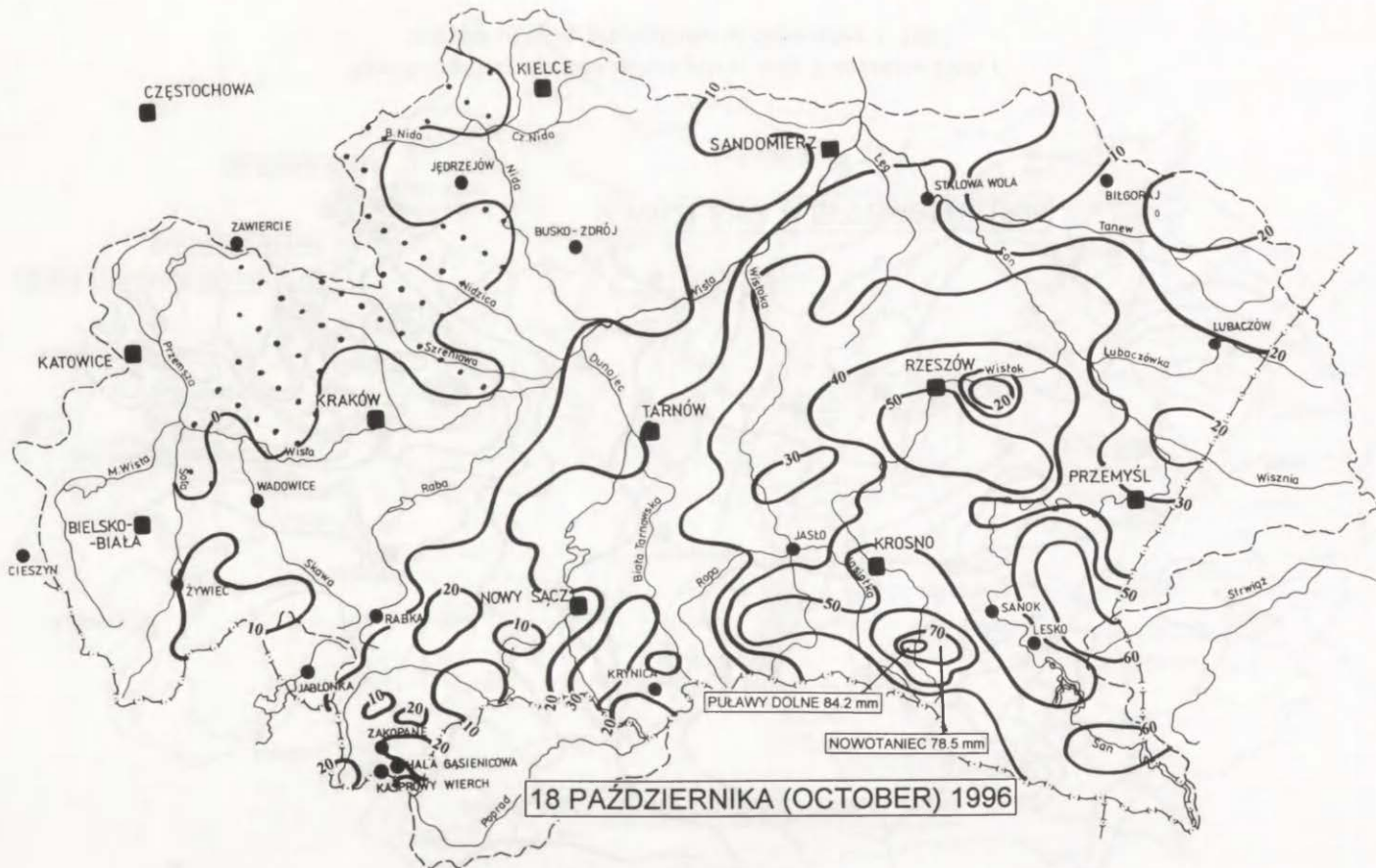


Ryc. 7. Izohiety opadów dobowych w dniu 6 września 1996 r.  
Isohyets of daily precipitation at September 6, 1996

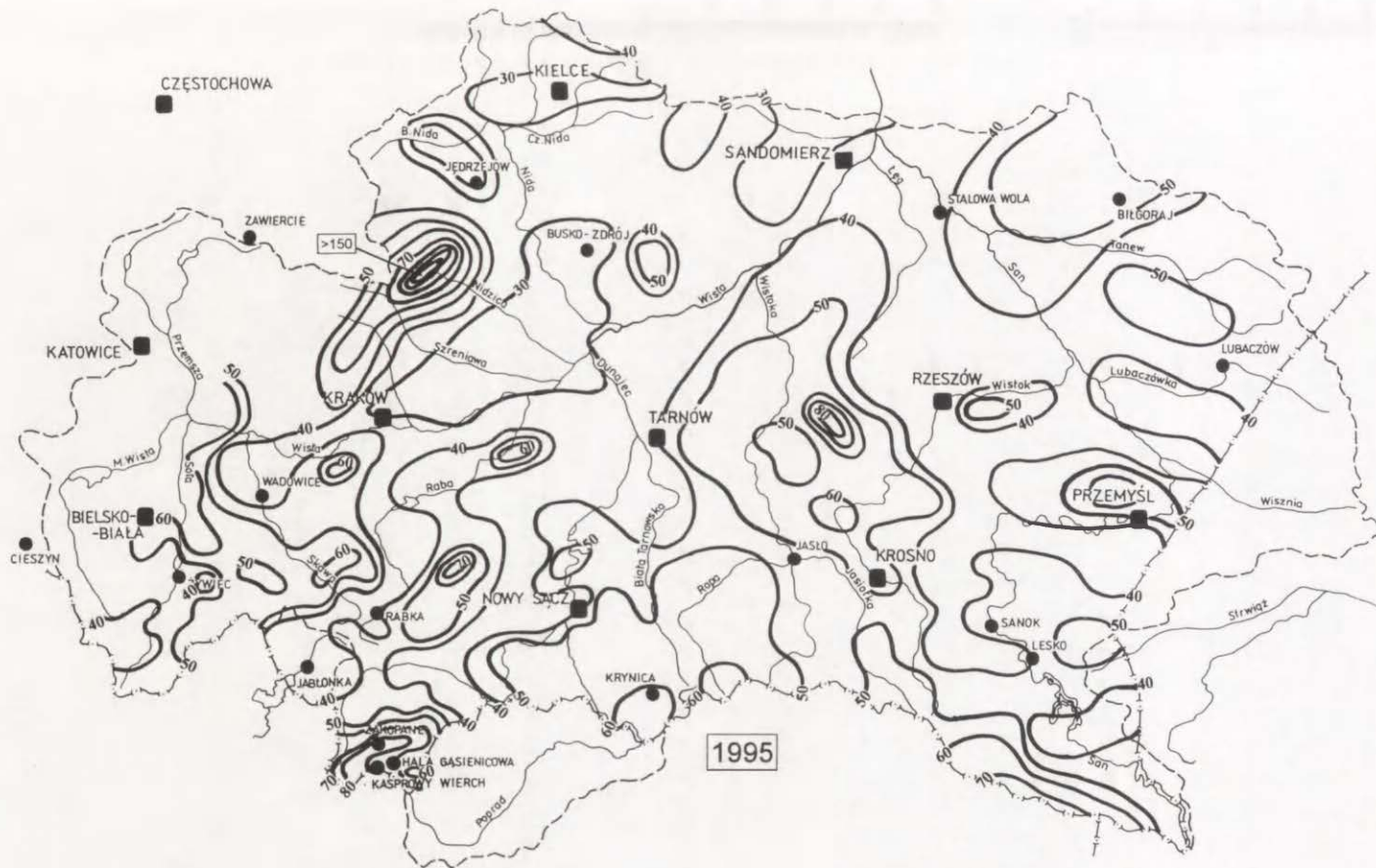




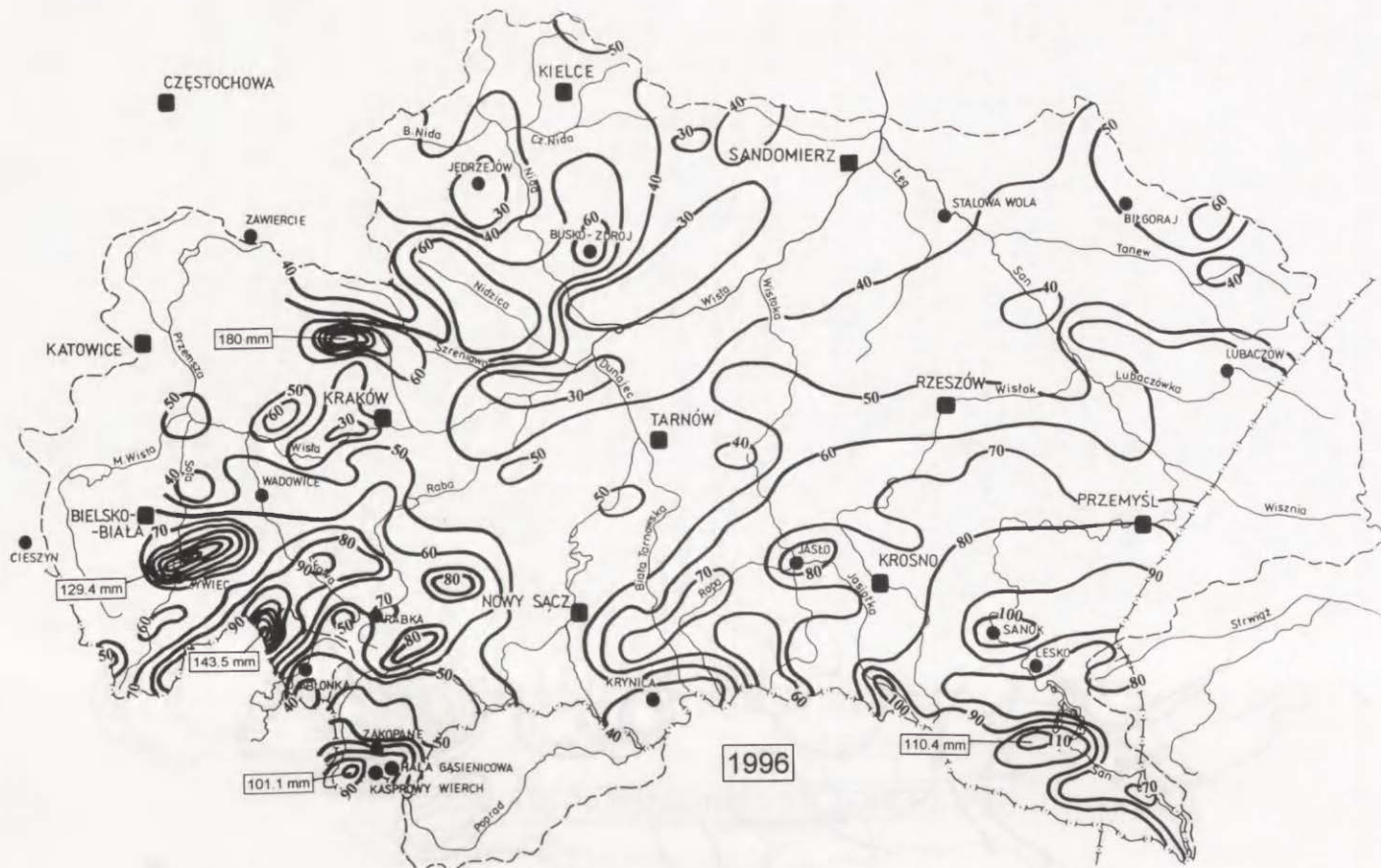
Ryc. 8. Izohiety opadów dobowych w dniu 7 września 1996 r.  
Isohyets of daily precipitation at September 7, 1996



Ryc. 9. Izohiety opadów dobowych w dniu 18 października 1996 r.  
Isohyets of daily precipitation at October 18, 1996



Ryc. 10. Izohiety maksymalnych opadów dobowych w roku 1995  
 Isohyets of maximum daily precipitation at 1995

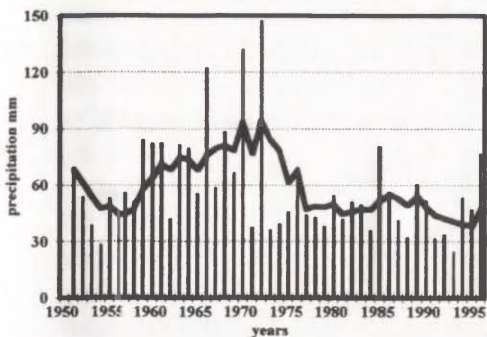


Ryc. 11. Izohiety maksymalnych opadów dobowych w roku 1996

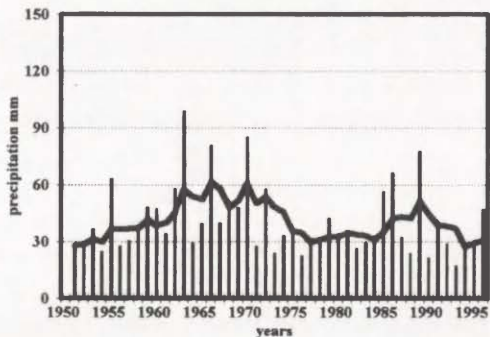
Isohyets of maximum daily precipitation at 1996

<http://rcin.org.pl>

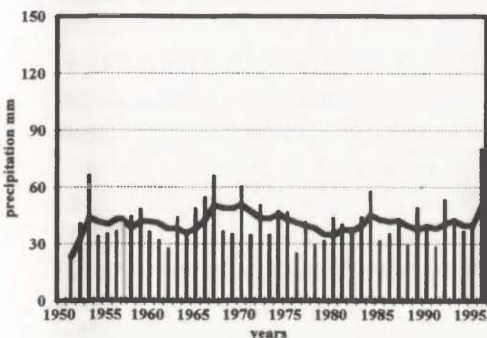
Bielsko Biala - Aleksandrowice



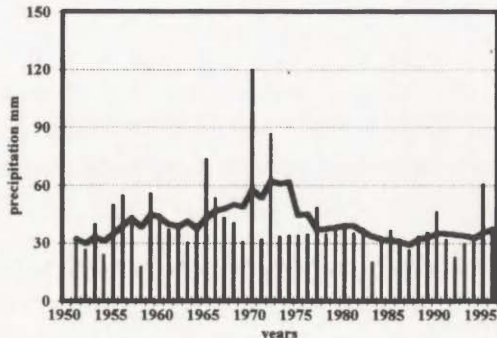
Kraków Obs.UJ



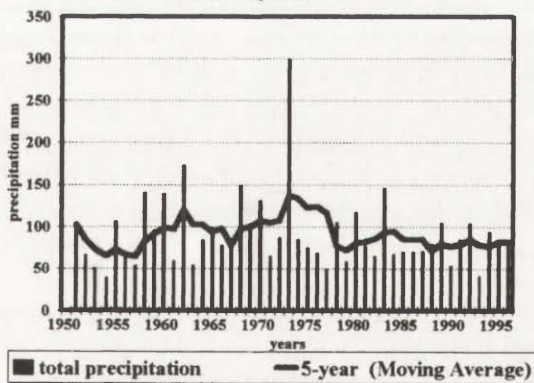
Lesko



Ojców



Hala Gąsienicowa



Ryc. 12. Zmienność maksymalnych opadów dobowych na wybranych stacjach w dorzeczu górnej Wisły w okresie 1951–1996

Variability of the maximum daily precipitation totals on the selected stations in the upper Vistula river basin during the period of 1951–1996

Jednak katastrofalne rozmiary osiągnęły opady nawalne na Wyżynie Krakowskiej. W dniach 15 i 18 maja 1996 roku nad tym terenem przeszły gwałtowne burze z intensywnymi opadami deszczu, powodując zalanie wielu miejscowości na północ od Krakowa (ryc. 4 i 5). Najbardziej ucierpiała, bo nawet dwukrotnie w ciągu tygodnia, gmina Sułoszowa położona w źródłowej części Prądnika (Cebulak i in. 1996b). W dniu 15 maja około godziny 19<sup>00</sup> rozpoczęła się w tej miejscowości burza z opadami deszczu. O godzinie 20<sup>00</sup> opad przybrał charakter deszczu nawalnego, osiągając największe natężenie rzędu 50 mm w ciągu 20 minut. Suma opadu w czasie całej ulewy została oszacowana na ponad 80 mm. Z relacji mieszkańców wynika, że w ciągu 5 minut woda płynąca dnem doliny osiągnęła wysokość 1 metra. Zostało zalanych w tym dniu ponad 100 gospodarstw nie tylko w gminie Sułoszowa, ale także w Gołczy i Zielonkach. Równie groźny przebieg miał opad w dniu 18 maja. Natężenie opadu w momencie kulminacyjnym było nawet większe niż w czasie poprzedniej ulewy. Tym razem centrum burzy znajdowało się dokładnie nad Sułoszową. Poziom wody płynącej doliną był o prawie metr wyższy niż 15 maja. W obu przypadkach o rozwoju tak potężnych chmur burzowych zdecydowały czynniki termiczne i dynamiczne o charakterze lokalnym. W drugim z omawianych dni na znacznym obszarze dorzecza górnej Wisły opadów nie notowano w ogóle.

Na uwagę zasługuje jeszcze opad z dnia 20 maja 1996, który wystąpił w strefie frontu chłodnego, dając najwyższe opady na Pogórzu Ciężkowickim i Dynowskim, na przedpolu Beskidu Niskiego, przekraczające 70 mm (ryc. 6).

Opady z okresu letniego nie zaznaczyły się niczym szczególnym. Dopiero na przełomie sierpnia i września wystąpiły intensywne opady w Karpatach (tab. 2). Następnie w dniach 6 i 7 września 1996 roku w Polsce Południowej utworzyła się klasyczna sytuacja związana z niżem nad Ukrainą i Białorusią, powodująca intensywny napływ chłodnego i wilgotnego powietrza z północy. Spowodowało to spiętrzanie się mas powietrza na północnych stokach Karpat i długotrwałe opady orograficzne. W pierwszym dniu (ryc. 7) objęły one Beskid Niski i Bieszczady, gdzie opady dobowe przekroczyły 80 mm, a lokalnie ponad 100 mm (Jaślicka 105,7 mm, Cisna 102,0 mm). W dniu następnym (ryc. 8) strefa intensywnych opadów przesunęła się nad Beskid Śląski, Żywiecki i Tatry. Najwyższe opady dobowe w wielu miejscach przekroczyły 100 mm (Śmietanowa 143,5 mm). Tym razem te długotrwałe opady spowodowały powódzie na części dopływów karpackich Wisły.

W omawianym roku nietypowymi opadami odznaczał się także październik. Na uwagę zasługują wyjątkowo wysokie opady w dniu 18 października, które wystąpiły w strefie pofalowanego frontu chłodnego w bruzdzie cyklonalnej, obejmując Beskid Niski i Bieszczady (ryc. 9).

Na mapie (ryc. 11) przedstawiono zróżnicowanie przestrzenne najwyższych sum dobowych opadu zanotowanych w roku 1996. Prawie cała Kotlina Sandomierska i dolna część dorzecza Dunajca odznaczały się maksimumami dobowymi opadów mniejszymi od 40 mm, a lokalnie nawet poniżej 30 mm. Poza wyjątko-

wym wyspowym obszarem dużych opadów nad Wyżyną Krakowską, wysokie sumy opadów w Karpatach pochodzą przeważnie z 6 i 7 września. Ten rozkład przestrzenny opadów jest najbardziej zbliżony do wieloletnich charakterystyk maksymalnych opadów dobowych (Cebulak 1991, 1992a, b).

Podsumowując charakterystykę opadów w latach 1995–1996 dla wybranych stacji z dorzecza górnej Wisły, przedstawiono wieloletnią zmienność maksymalnych opadów dobowych w okresie 1951–1996 (ryc. 12). Poszczególne regiony odznaczają się dość odmiennymi typami przebiegu. Dla większości terenu charakterystyczne jest wystąpienie kulminacji opadów wysokich w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych (Bielsko, Hala Gąsienicowa, Kraków, Ojców). Jedynie we wschodniej części Karpat przebieg jest bardziej wyrównany, z tendencją do wzrostu w ostatnich latach. Omawiane tendencje w zmienności opadów maksymalnych w dorzeczu górnej Wisły dość dobrze nawiązują do zmian opadów rocznych uśrednionych dla całego kraju (Cebulak i in. 1996a).

#### LITERATURA

- Cebulak E., 1991, *Najwyższe zanotowane opady dobowe w dorzeczu górnej Wisły i ich geneza*, Acta Univ. Wratisl., Prace Inst. Geogr., Ser. A, t. V, s. 167–171.
- 1992a, *Maksymalne opady dobowe w dorzeczu górnej Wisły*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., z. 90, s. 79–96.
- 1992b, *Wpływ sytuacji synoptycznej na maksymalne opady dobowe w dorzeczu górnej Wisły*, Folia Geogr., Ser. Geogr.-Physica, XXIII, s. 81–95.
- 1994, *Zmienność maksymalnych opadów dobowych w dorzeczu górnej Wisły*, Wiad. IMGW, XVII (XXXVIII), 1, s. 83–91.
- Cebulak E., Czekierda D., Falarz M., Limanówka D., Niedźwiedź T., Ustrnul Z., 1996a, *Climate variability in Poland during last 45-years, Proceedings of the Intern. Conference "Climate Dynamics and the Global Change Perspective", 17–20 October, Cracow*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., 102, s. 395–402.
- Cebulak E., Czekierda D., Falarz M., 1996b, *Katastrofalne opady w górnej części dorzecza Prądnika (Sułozowa) w maju 1996 roku*, IMGW, Kraków (maszynopis).
- Karwowski A., *Opady o największym stopniu wydajności występujące w Polsce w okresie 1954–1958*, Prace PIHM, z. 77, ss. 84.
- Niedźwiedź T., 1997, *Katastrofalny deszcz nawalny w górnej części dorzecza Nidzicy w dniu 15 września 1995 r.*, [w:] Starkel L. (red.), *Rola gwałtownych ulew w ewolucji rzeźby Wyżyny Miechowskiej (na przykładzie ulewy w dniu 15 września 1995 roku)*, Dok. Geogr. 8, s. 38–42.
- Parczewski W., 1960, *Warunki występowania nagłych wezbrań na małych ciekach*, Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol. PIHM, VIII, 3, s. 85–138.

## EXTREME RAIN FALLS IN THE UPPER VISTULA RIVER BASIN IN 1995–1996

### S u m m a r y

The upper Vistula basin is characterised by greatest diversity of rainfall totals in Poland. The Carpathians part has the highest rainfalls. But since 1990 the annual rainfall totals are there below the mean multiannual value. In 1995 the precipitation reached again the mean value and in 1996 exceeded it very considerably. Therefore we turn our attention, because it may indicated the beginning of new more humid phase.

In these two years 1995–1996 happened several heavy shortlasting downpours of high intensity, causing local catastrophic floods (in September 1995 in Kalinka basin, in May 1996 in Sułoszowa etc.). Later in September 1996 followed floods in several Carpathian catchments caused by continuous rains on large areas. This way first such flood after 1980.

The most characteristic rainfall of high intensity and totals in these two years are collected on table 1 and 2. For days with such extreme events the synoptic situation was presented and isohyetic maps for the upper Vistula basin were reconstructed, based on records from all meteorological stations of state survey.

*Translated by Leszek Starkel*

#### Adresy Autorów:

dr Elżbieta Cebulak  
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej  
ul. P. Borowego 14  
30-215 Kraków

prof. dr hab. Tadeusz Niedźwiedz  
Katedra Klimatologii  
Wydział Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego  
ul. Będzińska 60  
41-200 Sosnowiec  
e-mail: ziniedz@cyf-kr.edv.pl



JERZY NIEDBAŁA  
ROMAN SOJA

## ODPŁYW Z OPADU NAWALNEGO W DNIU 18 MAJA 1996 ROKU W SUŁOSZOWEJ

### WSTĘP

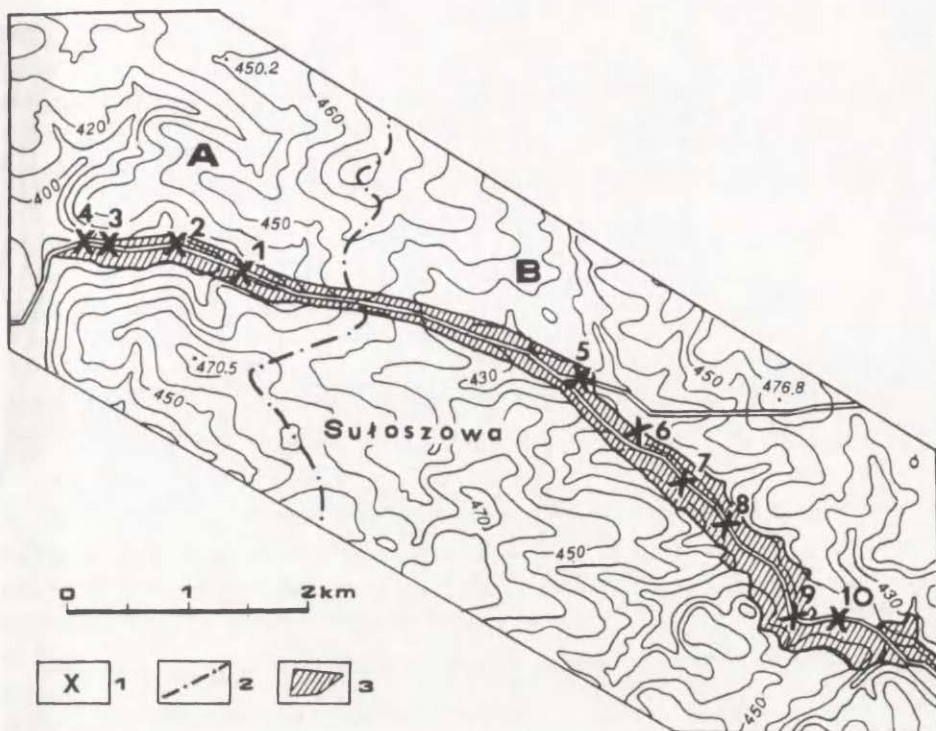
Literatura polska dotycząca maksymalnych spływów jednostkowych jest więcej niż skromna. Ogranicza się ona do kilku prac. Stan badań na rok 1970 podaje praca A. Ciepiewskiego (1970), zawierająca wszystkie wcześniej zarejestrowane przypadki gwałtownych ulew i spowodowanych nim wezbrań małych, niekontrolowanych hydrologicznie cieków. Autor uwzględnił także cieki kontrolowane o powierzchni zlewni mniejszej od 100 km<sup>2</sup>. W 1969 r. K. Dębski opublikował artykuł, w którym analizował dosyć ubogi materiał pomiarowy (omówił tylko 10 przypadków ulew), a w konkluzji artykułu określił górną granicę maksymalnych spływów jednostkowych na około 30 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>. Po roku 1970 literatura zagadnienia zwiększyła się minimalnie, opublikowano nieliczne dane (m.in. Soja 1981), chociaż corocznie zdarzały się opady nawalne. Brak danych wynika z bardzo prozaicznych powodów. Wykonanie pomiarów terenowych po opadzie wymaga dużych sił i środków finansowych. Nie można odwlekać prac terenowych, bo ślady wielkiej wody są nietrwałe. Wynikiem prac terenowych jest jedna wartość, czyli przepływ maksymalny w konkretnym przekroju pomiarowym, który trudno powiązać z niewiadomymi najczęściej parametrami opadu i przebiegiem wezbrania. W 1995 i 1996 roku wielokrotnie wystąpiły opady nawalne na północ od Krakowa, w wyżynnym, lessowym obszarze, przynosząc znaczące straty materialne. Było to impulsem do działań dokumentacyjnych i dyskusji, co znalazło wyraz w publikacjach (m.in. *Rola gwałtownych ulew...* 1997; Niedbała, Soja 1997; Cebulak, Niedźwiedź 1997). Znikomo mała liczba pomiarów nie pozwala na przybliżoną chociażby regionalizację tego niezmiernie ważnego gospodarczo zjawiska. Nie można powiedzieć, że wezbrania w obszarze wyżynnym są częstsze niż w Karpatach lub osiągają tam większe rozmiary, lub odwrotnie. Nie można również wskazać obszaru o najczęstszym występowaniu tego rodzaju wezbrań w Polsce. Z całą pewnością, występowania wysokich spływów można oczekiwać w Beskidach i w obszarach wyżynnych, pokrytych lessem i w całości użytkowanych rolniczo.

## OBSZAR BADAŃ

Na północ od Krakowa wielokrotnie rejestrowano wystąpienie gwałtownych opadów. A. Ciepiewski (1970) pisze o Prądniku w Ojcowie, Miechówce w Miechowie i ciekach z obszaru Kielecczyny. Przyrodnik A. Waga opisał wezbranie z opadu nawalnego w zlewni Prądnika w 1853 roku i jest to prawdopodobnie pierwszy dokładny, a nie literacki opis wezbrania małego cieku. Wyjątkowo wysoki opad w dolinie Prądnika i jego skutki opisał J. Kondracki (1937). Dział wodny między Białą Przemszą (cieki bez nazwy na południowy wschód od Olkusza) a Prądnikiem i wieś Sułoszowa, leżąca po obu stronach działu wodnego, były miejscem szczególnie gwałtownych opadów w maju 1996 roku (Cebulak, Niedźwiedz 1997). Wyjątkową okolicznością było wystąpienie wysokich opadów w tym samym miejscu w odstępie 3 dni. Według cytowanych wcześniej autorów, w dniu 15 maja 1996 roku w godzinach wieczornych spadło ponad 80 mm opadu, a w dniu 18 maja 1996 roku ponad 120 mm. W obu przypadkach centrum opadów znajdowało się dokładnie na działle wodnym Prądnika i Przemszy. W opisywanym miejscu dział wodny to szeroki, pofalowany grzbiet zbudowany z poziomo leżących wapieni, przykrytych rumoszem i warstwą pylastych, lessowatych pokryw o zmiennej grubości. Wapienie są silnie spękane, skrasowiałe. Liczne ponory sięgają powierzchni terenu, ale w wielu przypadkach są tylko częściowo drożne, z uwagi na ich zasypanie śmieciami i odpadami przez miejscową ludność. Z działu wodnego w obu kierunkach, południowym i północnym, prowadzą obniżenia dolinne bez śladów stałego czy okresowego koryta. Są to raczej szerokie niecki o dnach zasypanych materiałem splotkiwanym ze stoków i w większości zabudowane trwałymi budynkami. W całej zlewni nie ma powierzchni zalesionych. W uprawach przeważają zboża i ziemniaki. Załączona rycina 1 obrazuje szczególny charakter zlewni położonej po północnej stronie działu wodnego, należącej do Przemszy. Gęsta sieć dróg polnych, położonych prostopadle do osi doliny, tworzy sztuczną sieć odwadniającą, uruchamianą w wyjątkowych sytuacjach. Gęstość sieci dróg w tej części wyżyny wynosi średnio 12–15 km/km<sup>2</sup>. W rejonie działu wodnego osiąga prawie 20, a w zlewni pokazanej na rycinie 1 ponad 20 km/km<sup>2</sup>. Około 4–5% powierzchni zlewni stanowią utwardzone place przydomowe, dachy zabudowań i inne powierzchnie mające współczynnik odpływu zbliżony do jedności. Wszystkie domy i zabudowania, drogi asfaltowe i place skoncentrowane są w dnach niecki.

## MATERIAŁY HYDROLOGICZNE

Najbliższym posterunkiem hydrologicznym jest Prądnik–Ojców, zamykający zlewnię o powierzchni 67,5 km<sup>2</sup>. Krasowy charakter zlewni ze skrajnie małymi wahaniami stanów wody, rzadkimi wezbrzeniami występującymi głównie w okresie wiosennego tajania śniegów, przy przemarzniętym jeszcze gruncie powodują,



Ryc. 1. Obszar wystąpienia ulew

A – zlewnia Prądnika, B – zlewnia Białej Przemszy. 1 – numery zlewni zamkniętych pomiarami (objaśnienia w tekście), 2 – dział wodny, 3 – obszary zwartej zabudowy

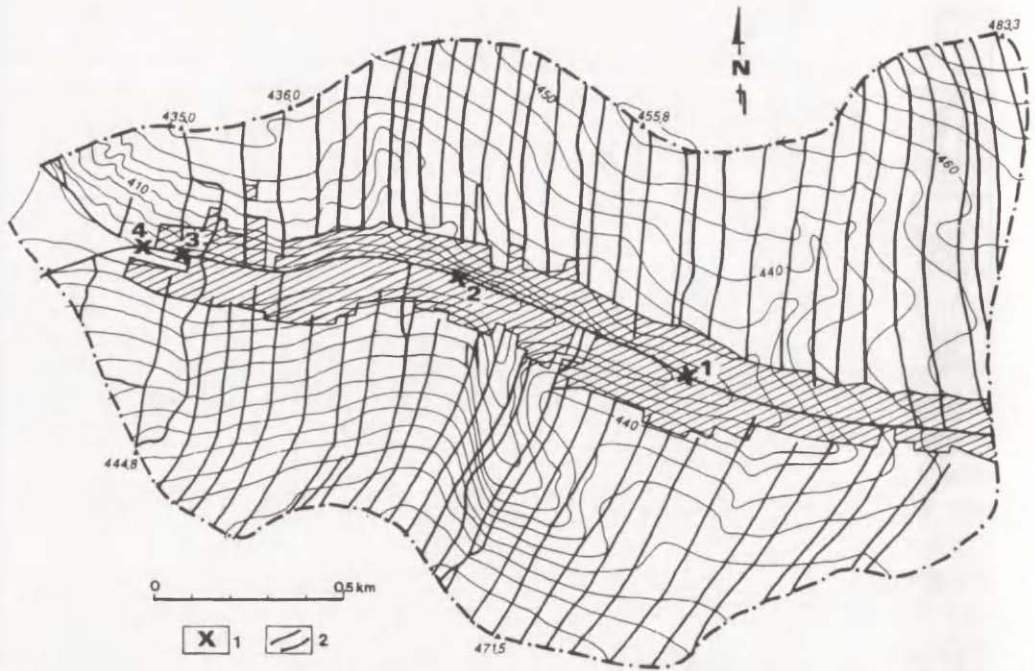
Area affected by downpour

A – Prądnik river basin, B – Biała Przemsza river basin, 1 – cross sections closing the measured catchments (explained in text), 2 – water divide, 3 – built-up areas

że charakterystyka przepływów maksymalnych wykonana nawet przy wykorzystaniu 35-letniej serii pomiarowej jest dosyć niepewna.

Przepływy maksymalne o określonym prawdopodobieństwie pojawiania się obliczono według obowiązujących wytycznych (*Zasady...* 1991). Do obliczeń użyto ciągu rozdzielczego rocznych przepływów maksymalnych z lat 1961–1995. Uwzględniono także wynik pomiarów z 1996 roku, wykonanych powyżej przekroju wodowskazowego, po wezbraniach w dniach 15 i 18 maja. W obliczeniach zastosowano wzór Chezy-Manninga, do którego parametry zebrano pomiarami bezpośrednimi. Przepływ maksymalny uzyskany w ten sposób z dnia 18 maja 1996 obliczono na  $31,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Ciąg rozdzielczy przepływów maksymalnych wykazuje pewne osobliwości. W 4 przypadkach przepływy maksymalne roczne ( $WQ$ ) są niższe od przepływów średnich rocznych ( $SSQ$ ). Średni maksymalny przepływ ( $SWQ$ ) wynosi  $2,43 \text{ m}^3/\text{s}$  i poniżej tej wartości znajduje się 29 na 36 pozycji ciągu rozdzielczego, czyli ponad 3/4 wszystkich przypadków. W tej sytuacji ciąg rozdzielczy przetworzony



Ryc. 2. Zlewnia, w której miał miejsce największy spływ jednostkowy

1 – numery zlewni zamkniętych pomiarami, 2 – drogi polne

Catchment with the highest specific runoff

1 – cross sections closing the measured catchments, 2 – cart roads

w ciąg prawdopodobieństwa empirycznego układu się na siatce prawdopodobieństwa prawie w linii prostej aż  $p_{10\%}$ .

Liczebność serii wraz z rokiem 1996 wynosi 37. Każdemu przepływowi, uszeregowanemu w ciągu malejącym, przyporządkowano wartość prawdopodobieństwa empirycznego, którą naniesiono na podziałkę prawdopodobieństwa i wygładzono odręcznie krzywą. Zgodnie z zasadami postępowania obliczono współczynnik zmienności  $c_v$  wg wzoru

$$c_v = (Q_{10\%} - Q_{90\%}) / 2Q_{50\%}$$

i współczynnik asymetrii  $s$  w funkcji wyrażenia:

$$(c_v \cdot Q_{50\%}) / (Q_{50\%} - Q_{100\%}).$$

Maksymalne roczne przepływy o prawdopodobieństwie od 1 do 50% obliczono według wzoru:

$$Q_p = Q_{50\%} (1 + c_v \Phi(s, p)).$$

Wartość funkcji  $\Phi(s, p)$  odczytano z materiałów zawartych w: *Zasady...* 1991. Bezwzględna wartość największej różnicy prawdopodobieństwem

empirycznym a teoretycznym wynosi 11%, czyli otrzymane wyniki są do przyjęcia. Przepływy o określonym prawdopodobieństwie występowania zestawiono poniżej.

Prawdopodobieństwo w procentach	Przepływ $\bar{w}$ w m <sup>3</sup> /s	Spływ jednostkowy w l/s/km <sup>2</sup>
1	77	1148
2	62	911
5	41	614
10	27	401
20	14,25	211
50	1,10	115

Wyniki obliczeń w świetle obowiązujących zasad są poprawne. Należy jednak wziąć pod uwagę wysokie wartości współczynnika zmienności i współczynnika asymetrii. Każda zmiana w górnych wartościach przepływów maksymalnych może spowodować istotne zmiany w otrzymanych wielkościach. Dla zlewni Prądnika w Ojcowie, przy powierzchni 67,5 km<sup>2</sup>, odpływ jednostkowy wody jednoprotentowej wynosi około 1150 l/s/km<sup>2</sup>, a więc znacznie mniej niż w podobnej wielkości zlewniach karpackich.

Pomiary w terenie mierzące do ustalenia wielkości przepływów wykonano w dwu etapach. Bezpośrednio po opadzie utrwalono ślady wielkiej wody. Zasadnicze pomiary geodezyjne wykonane zostały przez ekipę oddziału IMGW w Krakowie po kilku tygodniach. Przekroje poprzeczne i spadki zwierciadła wielkiej wody nawiązano do państwowej sieci niwelacyjnej. Metodyka pomiarów i obliczeń przepływów pokrywała się z istniejącymi w tej materii zaleceniami IMGW. Pomiary wykonano po obu stronach działu wodnego, a wyniki zawiera zestawienie na stronie następnej. Numeracja zlewni tak jak na rycinie 1.

W zlewni Prądnika (profile pomiarowe 5–10) eksponowanej na południowy wschód najmniejsza zlewnia, dla której obliczono natężenie przepływu maksymalnego (profil 5), ma prawie 5 km<sup>2</sup>. W pozostałych przypadkach zlewnie są 2–4-krotnie większe. W tej części zlewni warunki do wykonania pomiarów powierzchni przekrojów, określenia spadków zwierciadła wody i obliczenia przepływów były bardzo niekorzystne. Zbudowane w osi doliny domy, spiętrzenia wody na płotach przegradzających dolinę, tworzenie się rozlewisk i zbiorników wody o głębokości 3 m itp. nie pozwalały na wykonanie pomiarów w najbardziej interesujących miejscach. Lepsze warunki do wykonania pomiarów zostały znalezione po północnej stronie działu wodnego w zlewni Białej Przemszy (profile 1–4). Spadek doliny był tutaj większy niż spadek w zlewni należącej do Prądnika. Spływ wody odbywał się równomiernie wzdłuż lub po drodze biegnącej osią obniżenia. W zlewni Białej Przemszy otrzymano największe wartości spływów jednostkowych sięgające 37 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> (profil 1). W zlewni dwukrotnie

Profil	Powierzchnia zlewni w km <sup>2</sup>	Przepływ w m <sup>3</sup> /s	Spływ w l/s/km <sup>2</sup>
zlewnia Białej Przemszy			
1	1,00	37,0	37 000
2	1,98	50,8	25 600
3	2,63	66,0	25 100
4	2,86	72,2	25 200
zlewnia Prądnika			
5	4,80	38,9	8100
6	9,91	66,1	6670
7	11,24	77,7	6910
8	12,23	83,1	6790
9	17,15	69,0	4020
10	17,63	32,5	1840

większej było już tylko około 26 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>, a kolejne pomiary dawały zbliżone wielkości.

Opad z dnia 15 maja 1996 roku wywołał falę niższą o około 1 metra od fali w dniu 18 maja. Fala z dnia 15 maja pokryła i zatarła ślady wcześniejszego wezbrania. W obu przypadkach fale przemieszczały się z prędkością 4–6 m/s, powodując największe zniszczenia w środkowej części wsi Sułoszowa należącej do zlewni Prądnika. Na południowej granicy wsi fale wezbraniowe osiągały dobrze wykształconą, płaskodenną dolinę Prądnika, gdzie przepływ zachodził na całym dnie doliny w warstwie 0,5–0,8 m wody. Natomiast w Ojcowie i poniżej lokalnie burzliwy przepływ wyrządził już niewielkie szkody. Pomiary wykonane w rejonie posterunku wodowskazowego, przy zlewni 67 km<sup>2</sup> i w odległości 14 km od centrum ulewy, dały wynik 32 m<sup>3</sup>/s, czyli 414 l/s/km<sup>2</sup>. Z zestawienia wód prawdopodobnych wynika, że była to woda zbliżona do 10-letniej. Na długości kilkunastu kilometrów fala wezbraniowa uległa znacznemu spłaszczeniu.

#### PODSUMOWANIE

Największy dotychczas zarejestrowany w Polsce spływ jednostkowy wynosił 19,4 m<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> i zdarzył się w zlewni o powierzchni 0,8 km<sup>2</sup> (potok bez nazwy w rejonie Izbicy koło Krasnegostawu). Przypadek ten jest powszechnie cytowany i był pierwszą, podstawową wartością przy rozważaniach K. Dębskiego (1969) o granicznych wielkościach spływów w Polsce i w Bawarii. Kolejne dane z ciągu rozdzielczego najwyższych spływów jednostkowych (Dębski 1969; Cielieński 1970) dotyczą już zlewni o powierzchni 5–8 km<sup>2</sup>.

W obliczeniach wielkich wód w małych zlewniach korzysta się ze starego wzoru Ministerstwa Komunikacji i wzorów regionalnych Punzeta (1977). Wzory te mają ograniczenia, zwłaszcza w odniesieniu do małych zlewni. Wzory Mini-

sterstwa Komunikacji są w tym przypadku zupełnie nieskuteczne, a wyniki najbliższe do zmierzonych wielkości przepływu cieków w Sułoszowej daje „górski” wzór Punzeta, opracowany dla Karpat i opisujący reakcje zlewni znacznie większych od  $1 \text{ km}^2$ . Sygnalizowana przez Dębskiego wielkość  $30 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$  jako graniczna dla polskich warunków została w przypadku Sułoszowej przekroczona o kilka metrów sześciennych na sekundę z kilometra kwadratowego. Nie jest to zapewne wielkość najwyższa z możliwych, ale trudno oczekiwać znaczących różnic. W przypadku opadu w Sułoszowej spełnione zostały bowiem rzadko spotykane warunki. Opad w dniu 18 maja nastąpił po wysyceniu zlewni wodą w dniu 15 maja. Czas trwania opadu był dłuższy lub równy czasowi dobiegu fali w zlewni, w której osiągnięto wynik  $37 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ , co udokumentowane jest taśmami wideo z dokładną rejestracją minutową. Można przyjąć, że w czasie trwającego kilkanaście minut epizodu w zlewni współczynnik odpływu osiągnął wielkość 1,0. Takie założenie pozwala oszacować natężenie opadu. Natężenie opadu nieco powyżej  $2 \text{ mm}/\text{min}$  pozwoliło na uformowanie się tak wysokiej fali odpływu.

#### LITERATURA

- Byczkowski A., 1996, *Hydrologia*, t. I, Wyd. SGGW, Warszawa, ss. 375.
- Cebulak E., Niedźwiedź T., 1997, *Ekstremalne zjawiska opadowe w dorzeczu górnej Wisły w latach 1995–1996*, [w:] *Geomorfologiczny i sedimentologiczny zapis powodzi – teraźniejszość, przeszłość*, Streszczenia referatów, 20–21 maja 1997 (Kraków), s. 3–5.
- Ciepielowski A., 1970, *Maksymalne wielkości sptywów jednostkowych z deszczów nawalnych*, *Przegl. Geofiz.*, XV, 2, s. 179–193.
- Dębski K., 1969, *O potencjalnym największym odpływie z krótkotrwałych deszczów nawalnych*, *Rozp. Hydrotech.*, 23, s. 51–64.
- Kondracki J., 1937, *Skutki ulewy w dniu 22 maja 1937 r. w dolinie Prądnika*, *Przegl. Geogr.*, XVI, s. 161–165.
- Niedbała J., Soja R., 1997, *Graniczne wartości sptywów jednostkowych w zlewni górnej Wisły*, [w:] *Geomorfologiczny i sedimentologiczny zapis powodzi – teraźniejszość, przeszłość*, Streszczenia referatów, 20–21 maja 1997 (Kraków), s. 6–8.
- Punzet J., 1977, *Ocena przepływów wielkich wód małych zlewni górnej Wisły*, *Gosp. Wodna*, 6, s. 161–165.
- Rola gwałtownych ulew w ewolucji rzeźby Wyżyny Miechowskiej (na przykładzie ulewy w dniu 15 września 1995 roku)*, 1997, L. Starkel (red.), *Dok. Geogr.*, 8, ss. 106.
- Soja R., 1981, *Analiza odpływu z fliszowych zlewni Bystrzanki i Ropy (Beskid Niski)*, *Dok. Geogr.*, 1, ss. 91.
- Zasady obliczania maksymalnych rocznych przepływów rzek polskich o określonym prawdopodobieństwie pojawiania się*, 1991, IMGW, Warszawa, ss. 65.

RUNOFF DURING HEAVY DOWNPOUR AT 18 MAY 1996  
IN SUŁOSZOWA (CRACOW UPLAND)

S u m m a r y

At 15 May 1996 in Sułoszowa (20 km to NW of Cracow) in the watershed area took a place a heavy rainfall, exceeding 80 mm in about one hour. Three days later in the same place followed next downpour exceeding probably 120 mm. The flood waves in both cases exceeded 2–3 meters. In several cross-sections closing the catchments between 1 and 12 km<sup>2</sup> were calculated the maximum discharges the highest specific runoff from 1 km<sup>2</sup> was calculated to 37 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>km<sup>-2</sup>. This is the highest value of specific runoff ever observed in Poland. So high runoff was connected with specially favourable conditions: arable land, high slope inclination and density of cart-roads exceeding 20 km · km<sup>-2</sup>.

*Translated by Leszek Starkel*

Adresy Autorów:

mgr inż. Jerzy Niedbała  
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej  
ul. P. Borowego 14  
30-014 Kraków

dr Roman Soja  
Zakład Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn  
Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN  
ul. Św. Jana 22  
30-018 Kraków  
e-mail: soja@zg.pan.krakow.pl



ARTUR ZIELIŃSKI

## GEOMORFOLOGICZNE SKUTKI ZDARZEŃ POWODZIOWYCH W OKOLICACH KROMOŁOWA W MAJU 1996 ROKU

### WSTĘP

Problematyką gwałtownych ulew i katastrofalnych przekształceń rzeźby przez nie spowodowanych zajmowało się wielu autorów (Czyżewska 1996; Dwucet i Śnieżko 1996; Ciupa 1996; Józwiak, Skrzypczak 1996; Maruszczak 1986; Rodzik 1984; Starkel 1986, 1997).

Opady o dużym natężeniu są w stanie w bardzo krótkim czasie wywołać spływ powierzchniowy i erozję.

Kromołów (dzielnica Zawiercia) jest przykładem katastrofalnych skutków powodzi, która dotknęła miejscowość leżącą u zbiegu suchych dolinek powyżej źródła Warty. Dopiero w południowo-zachodniej części Kromołowa, pod kapliczką stojącą tuż przy drodze tranzytowej łączącej Katowice z Kielcami znajduje się źródło i zaczyna się niewielka rzeczka płynąca w uregulowanym rowie o wysokich brzegach.

### OBSZAR BADAŃ

Zawiercie leży na granicy dwóch mezoregionów: Obniżenia Górnowarciańskiego i kilkudziesięciometrowej kuesty Wyżyny Częstochowskiej (Kondracki 1994). U podnóża tej kuesty na wysokości 380–400 m npm. leży Kromołów, dziś dzielnica Zawiercia (ryc. 1).

Ze strony północnej, wschodniej i południowo-wschodniej Kromołów otoczony jest wzniesieniami dochodzącymi do 460 m npm. Średnie nachylenie stoków wynosi od 3 do 7°. Rozczłonkują je suche dolinki zbiegające się promiennie do Kromołowa.

Okolice Kromołowa zbudowane są głównie z plejstocенских piasków wodnolodowcowych zlodowacenia środkowopolskiego o dobrej przepuszczalności, lokalnie z wkładkami lub smugami okruchów skał wapiennych i miejscami wychodniami oksfordzkich wapieni marglistych i ławicowych.

Rejon Kromołowa jest obszarem wylesionym. Stoki są zajęte przez wielkie

poła uprawiane zgodnie ze spadkiem terenu. Pola te zajęte były zazwyczaj jod uprawę zbóż (obecnie własność Agencji Własności Rolnej Skarbu Państwa).

## KATASTROFALNE OPADY DESZCZU I ICH SKUTKI

Przyczyny katastrofalnych skutków ulewy w Kromołowie należy upatrywać w charakterystycznym zbiegu suchych dolin i złym użytkowaniu ziemi.

Ekstremalny opad burzowy poprzedzony był w dniu 13 maja 1996 roku 20 mm opadem, który nasycił wierzchnią warstwę gruntu zajętą jeszcze po zinie w stosunkowo niewielkim stopniu przez roślinność.

14 maja, około godz. 15<sup>15</sup> zaczął padać gwałtowny i bardzo intensywny deszcz, któremu towarzyszyły wyładowania atmosferyczne. Opad deszczu trwał do godz. 17<sup>00</sup>. Na posterunku opadowym w Zawierciu, oddalonym o kilka kilometrów od centrum Kromołowa zanotowano wtedy 71 mm deszczu. Opad miał charakter lokalny, nieciągły.

Już od około godz. 16<sup>00</sup> zaczęła błyskawicznie docierać do Kromołowa fala powodziowa. Główny jej nurt dopływał ze wschodu tworząc już na ulicy Benerów rwącą rzekę, o wielkiej energii kinetycznej, która następnie kierowała się w ul. Staromiejską, gdzie dodatkowo dopływały liczne potoki z kierunku północnego i południowego (Zieliński 1997). Powierzchnia obszaru, z którego woda napływała do Kromołowa, generalnie z kierunku wschodniego, wynosiła około 2,5 km<sup>2</sup> (ryc. 1).

Gdyby przyjąć, że 50% wody opadowej wsiąknęło do gruntu, a pozostała ilość spłynęła, to z tego kierunku do Kromołowa dotarłoby tylko około 887 500 m<sup>3</sup> wody!

Wysokość fali powodziowej osiągnęła 2 m. Woda podmywała i zalewała domy, burzyła ściany budynków gospodarczych i ogrodzenia, zrywała asfaltową nawierzchnię dróg i przenosiła płyty chodnikowe. Transportowała potężne ilości materiału zabranego z pól i gospodarstw domowych. W fali powodziowej pocięły się zwierzęta gospodarcze i domowe. Powódź trwała do około godz. 21<sup>00</sup>.

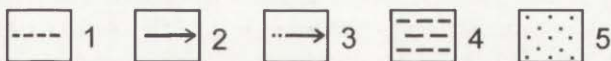
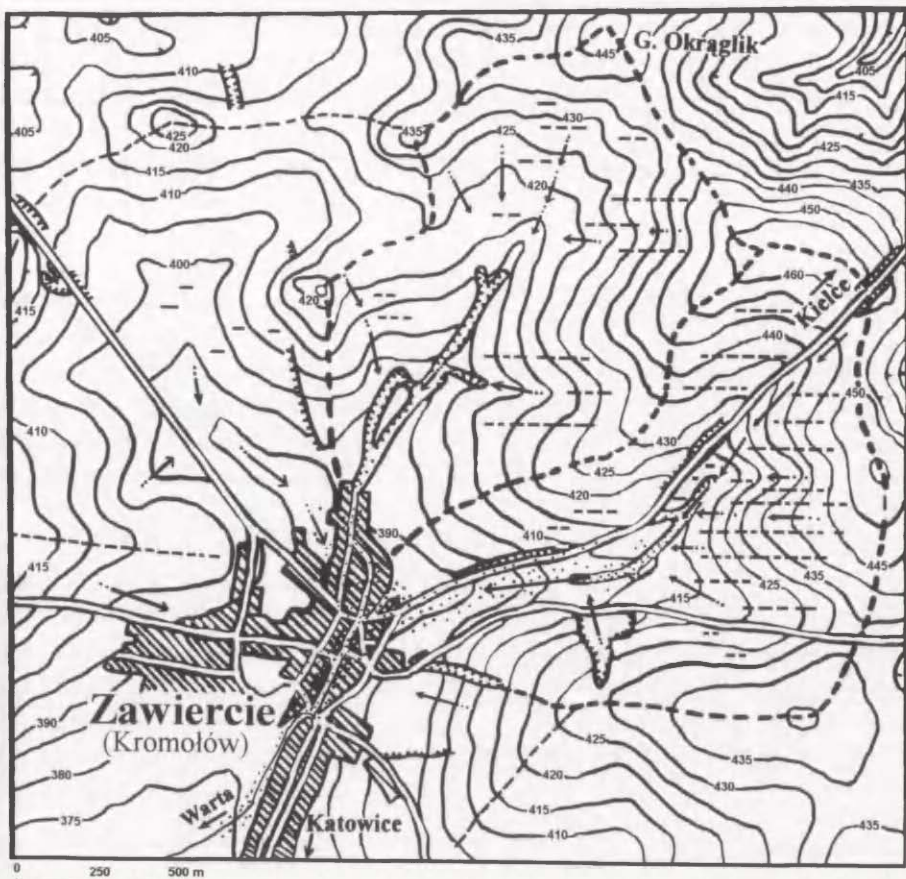
Po ulewie, na otaczających Kromołów polach uprawnych zaobserwowano ślady rozległej powierzchniowej erozji wodnej, która intensyfikowała się w miarę koncentracji wody w odległości około 100–200 m od wierzchołków.

Spływ liniowy tworzył małe, a następnie większe żłobiny. Strugi wartkich potoków łączyły się już w środkowej części stoku w rwącą rzekę.

Żywiół zniszczył kilkadziesiąt domów i zagród. Pozostawił po sobie rozległą pokrywę namulów o miąższości dochodzącej do 40 cm, zamulając przy tym miejską kanalizację. W składzie mechanicznym osadu dominowała frakcja jłtu. Osad pod względem składu mechanicznego ze względu na liczne kierunki płynu wody charakteryzował się dużym zróżnicowaniem.

Tak ekstremalnego opadu nie notowano nad Zawierciem od 100 lat, więc podobieństwo kolejnej tak ulewnej burzy, statystycznie biorąc, wydaje się bardzo małe.

Akcja pomocy powodzianom została niespodziewanie przerwana trzy dni



Ryc. 1. Erozyjne zjawiska w rejonie Kromolowa

- 1 – granice zlewni, z których napłynęły główne fale powodziowe, 2 – oś głównego, największego rozcięcia erozyjnego, 3 – oś innych większych rozcięć erozyjnych, 4 – obszary najintensywniejszej erozji powierzchniowej, 5 – powierzchnie akumulacji

#### Erosional features near Kromolów

- 1 – watersheds of catchments, in which flood waves were created, 2 – axis main erosional incision, 3 – axes of other erosional incisions, 4 – areas of intensive sheet erosion, 5 – areas of aggradation

później, tj. w piątek 17 maja, gdy nastąpił opad deszczu o cechach oberwania chmury. Towarzystwo mu równie intensywne gradobicie i wyładowania atmosferyczne. Opad rozpoczął się około godz. 17<sup>00</sup> i trwał niespełna 25–30 minut! W posterunku opadowym w Zawierciu zarejestrowano wtedy 57 mm opadu. Intensywność deszczu sięgała średnio około 2 mm/min, a maksymalnie mogła wynosić dwukrotnie więcej. Centrum ulewy znajdowało się przypuszczalnie nad

Kromołowem. Skutki ulewy były dotkliwsze niż trzy dni wcześniej. Fala powodziowa do Kromołowa dotarła znacznie szybciej i z większą energią kinetyczną. Jej wysokość tym razem przekraczała 2,5 m. Opad był mniejszy niż poprzednio, ale bardziej intensywny, mniejsza była zatem możliwość wsiąkania wody do gruntu, tym bardziej, że gleba była już bardzo dobrze nasycona wodą. Wodą zalane były również wszelkie zagłębienia. Kanały odpływu były zamulone i zatkane.

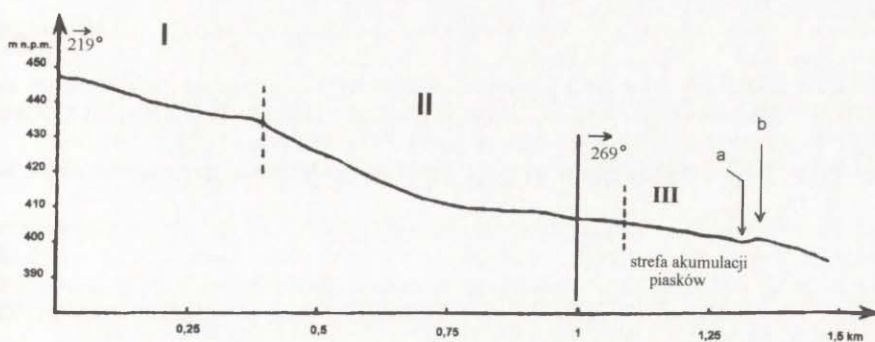
Żywiot zupełnie zaskoczył wszystkich. Wręcz niemożliwa była ewakuacja. Fala powodziowa porwała nawet ciężarowy samochód straży pożarnej, który likwidował skutki poprzedniej powodzi, a inne samochody osobowe pozabierała ze sobą wywracając je.

Podczas drugiego burzowego opadu woda wykorzystywała istniejące już rozcięcia i kanały spływu liniowego. Roślinność, która przetrwała pierwszą falę powodziową, była już częściowo zniszczona i w mniejszym stopniu chroniła podłoże przed wodną erozją.

Podobnie jak poprzednio najmniej ucierpiał obszary wierzchowinowe. Jednak obok wypłukiwania z gleby części organicznych oraz później części mineralnych doszło do jej upłynnienia i w konsekwencji do zdarcia i zmycia na znacznym obszarze warstwy ornej o miąższości przekraczającej miejscami 25 cm. Padający z deszczem grad potęgował natężenie rozbrzygu na powierzchni gruntu. Woda z większą siłą pogłębiała i poszerzała drogi spływu, które już w środkowej części stoku przybrały imponujące rozmiary, dochodzące do 7 m szerokości i do 130 cm głębokości. Długość głównego rozcięcia erozyjnego dochodziła do 1200 m (ryc. 2), a bocznych rozcięć do 400–450 m.

Z szacunku rozmiarów głównego rozcięcia erozyjnego wynika, że woda musiała wynieść około 4000 m<sup>3</sup> ziemi. Z bocznych rozcięć erozyjnych woda zabierała przeciętnie od 30 do 60 m<sup>3</sup> ziemi. W sumie z obszaru o powierzchni około 1,25 km<sup>2</sup> z systemu liniowych rozcięć erozyjnych woda zabrała około 6100 m<sup>3</sup> ziemi. W przeliczeniu na 1 km<sup>2</sup> powierzchni daje to 4880 m<sup>3</sup> usuniętego materiału. Maruszczak (1986) podaje, że po ulewie w Piaskach Szlacheckich kubatura materiału usuniętego z rozcięć erozyjnych wynosiła około 8000 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>. Na intensywniejszą erozję w Piaskach Szlacheckich z pewnością wpłynęła większa podatność lessu na erozję niż piasków gliniastych, pylastych w okolicy Kromołowa.

W niższych partiach suchej dolinki potoki wykorzystywały wąwozy (ryc. 1). W środkowej części wąwozu, gdzie szerokość rzeki przekraczała 15 m, następowała akumulacja materiału o miąższości dochodzącej do 2 m. Wylot wąwozu w końcowej fazie powodzi stanowił basen sedymentacyjny (ryc. 2), gdzie następowała częściowo dekantacja i segregacja materiału pod względem składu granulometrycznego. W większych żłobinach i kanałach spływu tworzyły się progi i kotły eworsyjne dochodzące do 1 m. Na brzegach kanałów spływu utworzyły się liczne zerwy ziemne. U wylotu dolin i kanałów spływu wody powstały stożki napływowe o miąższości dochodzącej do 40 cm, zbudowane częściowo z okruchów i odłamków skał wapiennych o średnicach od kilku do kilkunastu cm.



Ryc. 2. Profil podłużny osi głównego rozcięcia erozyjnego

I – górny odcinek rozcięcia, głębokość dochodziła do 1 m, średni spadek  $1^{\circ}48'$ , II – środkowy odcinek rozcięcia, głębokość do 1,3 m, szerokość do 7 m, średni spadek  $2^{\circ}30'$ , III – dolny odcinek wykorzystywał istniejący tam wąwóz, szczególnie w końcowej części wąwozu akumulacja (a), wylot wąwozu jest antropogenicznie zasypany (b), średni spadek najmniejszy –  $1^{\circ}26'$

#### Longitudinal profile of main erosional incision (gully)

I – upper segment incision to 1 m deep, mean gradient  $1^{\circ}48'$ , II – middle segment, incision to 1,3 m, deep and 7 m width, mean gradient  $2^{\circ}30'$ , III – lower segment, mean water course used existing gully, in its lower section followed aggradation (a), the outlet blocked by embankment (b), mean gradient  $1^{\circ}26'$

Przez drogę łączącą Katowice z Kielcami na kilkusetmetrowym odcinku długości przelewały się fale wody. Rowy przy drodze i powierzchnia asfaltu zostały pokryte znaczną ilością namułu.

Bardzo trudny do oszacowania jest rozmiar erozji powierzchniowej. Obserwacje na powierzchni  $1,25 \text{ km}^2$  o najintensywniejszej erozji wodnej wskazują, że z ponad około 10 ha powierzchni woda zmyła kilkucentymetrową warstwę gleby. Czyżowska (1996) podkreśla, że obszar stokowy w rejonie doliny Kalinki po ulewie 15 września 1995 r. został przeobrażony głównie przez procesy erozji powierzchniowej. Rodzik (1984) podaje, że w okolicy Dzierzkowic po ulewie w czerwcu 1969 r. Buraczyński i Wojtanowicz obliczyli, że kubatura materiału uruchomionego w wyniku denudacji powierzchniowej dorównywała kubaturze skartowanych rozcięć. Denudacja powierzchniowa w przypadku Kromołowa była prawdopodobnie mniejsza.

Przypadek dwóch ulew w odstępach 3 dni pokazuje, że skutki takich ulew są wyraźnie większe i utrwalają się w rzeźbie.

#### LITERATURA

- C i u p a T., 1996, *Wpływ nawałnego opadu deszczu w dniu 15 września 1995 roku na przekształcenie rzeźby lessowej w górnej części zlewni Nidzicy (Wyżyna Miechowska)*, Prace Inst. Geogr. WSP w Kielcach, 1, s. 185–195.
- C z y ż o w s k a E., 1996, *Skutki geomorfologiczne i sedymentologiczne gwałtownej ulewy w dolinie Kalinki 15 września 1995 r. (Wyżyna Miechowska)*, Przeg. Geol., 44, 8, s. 813–816.

- D w u c e t K., Ś n i e ż k o Z., 1996, *Redepozycyjna transformacja lessów i gleb po gwałtownej ulewie 15 września 1995 r. na Wyżynie Miechowskiej*, Przegł. Geol., 44, 8, s. 790–792.
- J ó ź w i a k M., S k r z y p c z a k A., 1996, *Ocena erozji wodnej gleb w zlewni rzeki Kalinki na tle warunków przyrodniczo-gospodarczych*, [w:] Józefaciuk A. (red.), *Ochrona agroekosystemów zagrożonych erozją*, Wyd. IUNG Puławy, K (11/2), s. 381–382.
- K o n d r a c k i J., 1994, *Geografia Polski. Mezoregiony fizyczno-geograficzne*, PWN, Warszawa, ss. 364.
- M a r u s z c z a k H., 1986, *Tendencje sekularne i zjawiska ekstremalne w rozwoju rzeźby małopolskich wyżyn lessowych w czasach historycznych*, Czas. Geogr., 57, 2, s. 271–282.
- R o d z i k J., 1984, *Natężenie współczesnej denudacji w silnie urzeźbionym terenie lessowym w okolicy Kazimierza Dolnego*, [w:] Przewodnik Ogólnopolskiego Zjazdu PTG, Lublin, 13–15 IX 1984, cz. 2, s. 125–130.
- S t a r k e l L., 1986, *Rola zjawisk ekstremalnych i procesów sekularnych w ewolucji rzeźby (na przykładzie fliszowych Karpat)*, Czas. Geogr., 57, 2, s. 203–213.
- S t a r k e l L. (red.), 1997, *Rola gwałtownych ulew w ewolucji rzeźby Wyżyny Miechowskiej (na przykładzie ulewy w dniu 15 września 1995 roku)*, Dok. Geogr., 8, ss. 108.
- Z i e l i Ń s k i A., 1997, *Katastrofalne skutki gwałtownych opadów deszczu w okolicach Kromołowa (dzielnica Zawiercie) w maju 1996 r.* [w:] 46 Zjazd PTG, Rynia nad Zalewem Zegrzyńskim, 18–21 września 1997 r., s. 92–95.

## GEOMORPHIC EFFECTS OF FLOOD EVENTS NEAR KROMOŁÓW IN MAY 1996

### S u m m a r y

Rainfalls of high totals and intensity create extreme overland flow and erosion. These processes are facilitated by large fields cultivated concordantly with slope inclination. On 14 and on 17 May 1996 in Kromołów near Zawiercie were observed two heavy downpours with rainfall totals of 71 and 57 mm (Fig. 1). Both of them caused flash floods which flooded several streets and houses. On the cultivated fields was observed the sheet erosion, which denuded the sandy soil layer upto 25 cm thick. Downslope were formed rills and in the axes of dry valleys – new gullies. The main incision was to 1200 m long and in their middle portion reached 7 m width and 130 cm depth. The total volume of material derived from 1 km<sup>2</sup> may be calculated to about 4880 m<sup>3</sup>. The example of two heavy rains in 3 day time interval shows that the total effects are much higher and direct a new trend in the evolution of slopes and dry valleys.

*Translated by Leszek Starkel*

Adres Autora:

mgr Artur Zieliński  
Instytut Geografii  
Wyższa Szkoła Pedagogiczna im. Jana Kochanowskiego  
ul. Konopnickiej 15  
25-406 Kielce

JAN RODZIK, GRZEGORZ JANICKI,  
PIOTR ZAGÓRSKI, WOJCIECH ZGŁOBICKI

## DESZCZE NAWALNE NA WYŻYNIIE LUBELSKIEJ I ICH WPŁYW NA RZEŻBĘ OBSZARÓW LESSOWYCH

### WSTĘP

Współcześnie obserwuje się duże zainteresowanie rolą zjawisk ekstremalnych w funkcjonowaniu systemów geomorfologicznych. Podkreślana jest ranga tych zjawisk i znaczenie w ewolucji form rzeźby powierzchni Ziemi (Starkel 1977, 1986, 1997). Procesy ekstremalne odgrywają istotną, jeśli nie pierwszoplanową, rolę w modelowaniu rzeźby terenu. Zdaniem Starkla (1996) tylko one prowadzą w warunkach naturalnych do powstawania zupełnie nowych form rzeźby. Maruszczak (1986) przypisuje im ważną rolę we współczesnej ewolucji rzeźby lessowych obszarów Wyżyny Lubelskiej. Badania paleogeograficzne potwierdzają również ważną rolę takich zjawisk w przeszłości (Buraczyński 1992; Śnieszko 1995; Starkel 1997). Obecnie skutki ich działania znacznie wzrosły w wyniku zmian środowiska spowodowanych gospodarką człowieka (Józefaciuk, Józefaciuk 1995).

Szczególną rolę rzeźbotwórczą zdają się odgrywać deszcze nawalne. Obok wyjątkowo intensywnych roztopów wiosennych jest to praktycznie jedyne zjawisko na obszarze Wyżyny Lubelskiej wywołujące w krótkim czasie znaczne skutki geomorfologiczne (Reniger 1959; Maruszczak 1986). W obszarach wyżynnych, ze względu na małą gęstość sieci wodnej, można mówić o niedostosowaniu rzeźby do spływów powierzchniowych; dlatego mogą one powodować znaczne przeobrażenia w geosystemach. Przyczyniają się do tego duże deniwelacje terenów wyżynnych i ich urzeźbienie, szczególnie intensywne na obszarach lessowych. Naturalna podatność lessów na erozję wspomagana jest jeszcze przez brak trwałego pokrycia roślinnego z powodu dużego wylesienia terenu (Maruszczak 1952). Pod uprawę zajęte tu zostały dość żyzne gleby płowe i brunatne (Turski i in. 1993).

W literaturze przedmiotu zamieszczone są liczne opisy deszczów nawalnych na Wyżynie Lubelskiej. Do najbardziej znanych należą: ulewa<sup>1</sup> w Piaskach Szla-

<sup>1</sup> Używany jest tu termin „ulewa” (za cytowanymi pracami) na określenie gwałtownego opadu deszczu lub deszczu z gradem, bez rozróżniania na deszcz ulewny oraz nawalny (Cho-

checkich koło Krasnegostawu z dnia 23 maja 1956 roku (Ziemnicki 1956; Dębski 1958; Maruszczak, Trembaczowski 1958), ulewa z 15 czerwca 1969 roku w Dzierzkowicach na zachód od Kraśnika (Buraczyński, Wojtanowicz 1971, 1974; Ziemnicki, Repelewska-Pękalowa 1975) oraz ulewa z dnia 24 czerwca 1981 roku w Kazimierzu Dolnym (Michalczyk 1984; Rodzik 1984; Maruszczak i in. 1988). Wymienione zjawiska należały do wyjątkowych i posłużyły do oceny roli zjawisk ekstremalnych w rozwoju rzeźby wyżyn lessowych (Maruszczak 1986).

Problematyka zjawisk ekstremalnych nabrała w ostatnich latach szczególnie znaczenia. Liczne ulewy o znacznych skutkach geomorfologicznych wystąpiły w całej Polsce Południowej w latach 1995–1996 (Cebulak, Niedźwiedź 1997; Starkel 1997). Zupełnie wyjątkową skalę miały rozlewne opady w lipcu 1997 r. (Lorenc 1997). W regionie lubelskim również obserwowano szereg deszczów ulewnych i nawałnych w latach 1995–1997. Trzy zjawiska (Garbów – 16.09.1995, Zubowice – 7.05.1996 oraz Kawęczyn – 4.08.1997) opisane zostały przez autorów niniejszego opracowania (Rodzik i in. 1996; Janicki i in., w druku; Janicki, Zgłobicki, w druku; Rodzik, Zgłobicki 1998).

#### CHARAKTERYSTYKA DESZCZÓW NAWALNYCH I WARUNKI ICH WYSTĘPOWANIA NA WYŻYNIIE LUBELSKIEJ

Deszcze nawałne zostały określone przez Chomicza (1951) jako intensywny opad atmosferyczny o natężeniu co najmniej 1 mm/min. Opady o nieco mniejszej intensywności określane są jako deszcze ulewne. Wydziela się różne stopnie deszczów ulewnych ( $A_1$ – $A_4$ ) i nawałnych ( $B_1$ – $B_4$ ) w zależności od ich intensywności, wysokości i czasu trwania. Z reguły są to opady przekraczające 20–30 mm, w niektórych przypadkach osiągające 100 mm i więcej; czas ich trwania jest krótki, zwykle od 10 do 120 min. Deszcz nawałny może trwać nawet bardzo krótko (2–3 min), a suma opadu może być niewielka (kilka mm); opad taki nie wywoła raczej spływu powierzchniowego. Z kolei deszcz ulewny o mniejszym natężeniu (<1 mm/min), ale długim czasie trwania może spowodować znaczny spływ powierzchniowy i silną erozję.

Całe zjawisko może składać się z różnych faz. Z początku jest to często zwykły deszcz. Potem, kiedy deszcz przeradza się w ulewę utrudniającą poruszanie się, można mówić o „ścianie deszczu”; ulewie może towarzyszyć opad gradu. Intensywność opadu gwałtownie wzrasta do 1 mm/min i więcej; taki opad potocznie określany jest jako „oberwanie chmury”. Faza ulewy o takim natężeniu może stanowić około 60% i więcej całkowitej sumy gwałtownego opadu i zostać całkowicie transformowana w opad efektywny, wywołując falowy spływ powierzchniowy (Teisseyre 1992, 1994).

micz 1951). W języku polskim brak jest innego słowa, którym można by łącznie określić te zjawiska. Najbliższy termin „nawałnica” oznacza ulewę z wichurą lub nawet uderzenie samego wiatru, a nie wszystkim „ulewom” towarzyszy silny wiatr.



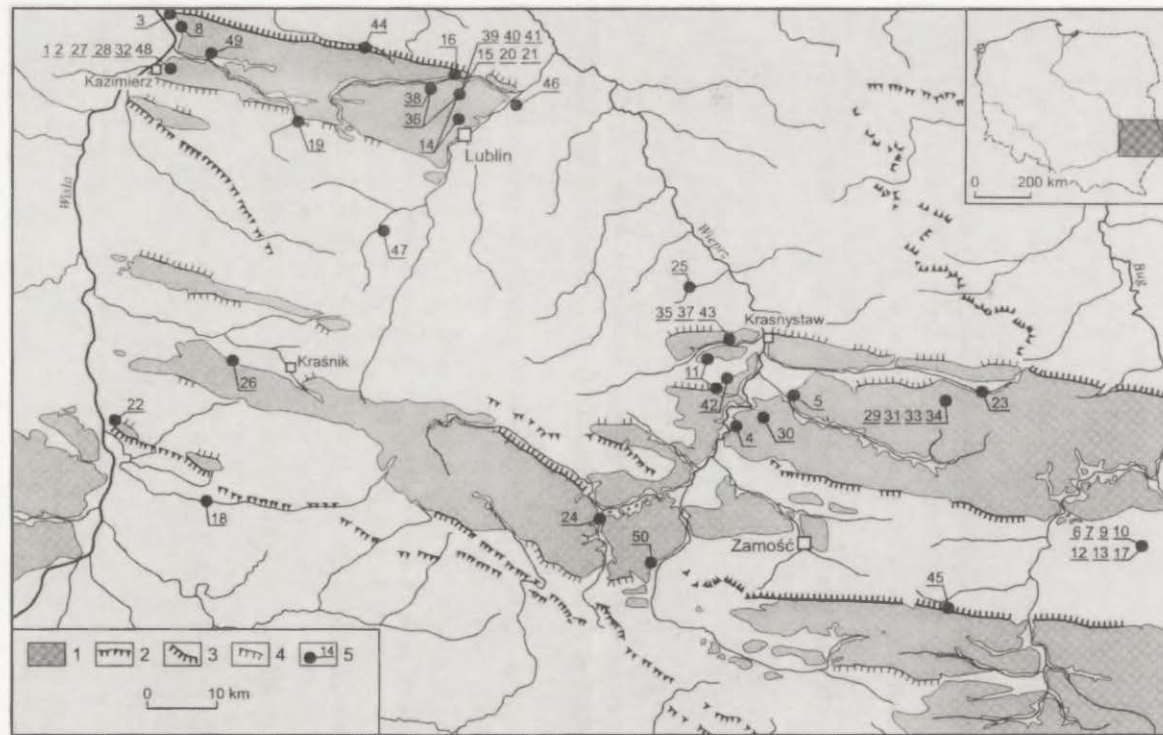
Opisywane zjawiska mają charakter lokalny i obejmują swoim zasięgiem niewielki obszar, czasem zaledwie kilkanaście km<sup>2</sup>. Zbyt rzadka sieć stacji opadowych często nie pozwala na pomiar wielkości i przebiegu opadu, który w centrum osiąga znaczne rozmiary, podczas gdy pobliska stacja rejestruje opad „normalny” lub o charakterze deszczu ulewnego (Buraczyński, Wojtanowicz 1971, 1974; Pałys 1996; Rodzik i in. 1996; Janicki i in., w druku). Teoretycznie, opady o takim zasięgu mogą powstawać w warunkach burz termicznych w jednorodnej masie powietrza (Michałowski 1962). Deszcze nawalne w Polsce występują przeważnie w godzinach popołudniowych, z maksimum częstości między godz. 14<sup>00</sup> a 15<sup>00</sup>. Są to najczęściej opady letnie; mogą występować od kwietnia do października, ale 70% notuje się w czerwcu i lipcu (Parczewski 1960).

W zdecydowanej większości przypadków deszcz nawalny powstaje w strefie frontu stacjonarnego, chłodnego lub zokludowanego, przy napływie wilgotnych mas powietrza o równowadze chwiejnej. Najsilniejsze opady ( $>B_2$ ) występują w układzie zatoki niskiego ciśnienia (Parczewski 1960); mogą im towarzyszyć deszcze ulewne o znacznym zasięgu (Ziemnicki, Naklicki 1971). Kulminacja opadów następuje w miejscach predysponowanych warunkami lokalnymi. Według Parczewskiego (1960) deszcze nawalne „występują przede wszystkim nad zboczami o południowej ekspozycji, położonymi na skrajach obszarów wyniosłości terenowych przylegających do terenów wybitnie uwilgoconych”.

Duża ilość burz i dni z burzami oraz długi okres potencjalnego występowania burz wyraźnie wyróżniają region lubelski na tle pasa wyżyn (Zinkiewicz, Michna 1956; Michałowski 1962; Stopa 1962). Według Zinkiewicza i Michny (1956), burze gradowe najczęściej występują tu nad obszarami lessowymi jako konsekwencja stosunkowo dużej promieniotwórczości lessów, powodującej ujemną jonizację powietrza. Lessy zajmują około 30% powierzchni Wyżyny Lubelskiej<sup>2</sup> (Maruszczak 1961), a charakterystycznym elementem jej krajobrazu są płaskowyzę lessowe, zwykle ograniczone prostolinijnymi krawędziami. Gdy krawędzie nadbudowują zbocza dużych dolin (ryc. 1), wysokość ich dochodzi do 100 m. Rozdzielają one obszary o dużych kontrastach termicznych i wilgotnościowych, są więc elementem sprzyjającym nie tylko wymuszonej, ale również naturalnej konwekcji mas powietrza. Przykłady deszczów nawalnych na Wyżynie Lubelskiej wskazują, że najczęściej występują one w rejonie krawędzi lessowych nadbudowujących zbocza dolin (ryc. 1).

Maruszczak (1958, 1961) wyróżnia cztery zespoły rzeźby lessowej na Wyży-

<sup>2</sup> Odcinek wału metakarpackiego między środkową Wisłą i Bugiem zajmuje Wyżyna Lubelska z Roztoczem i fragmentem Wyżyny Zachodniowołyńskiej (Maruszczak 1972; Kondracki 1988). Granica między Wyżynami Zachodniowołyńską i Lubelską nie jest wyraźna i przecina pokrywy lessowe między Wieprzem a Bugiem. Z tego powodu Chałubińska i Wilgat (1954) wyznaczali tę granicę na Bugu, mimo innego typu krajobrazu nadbużańskiego (leśno-stepowy, występowanie czarnoziemów). Ze względu na ogólny charakter niniejszego opracowania, autorzy wykraczają nieco poza granice ściśle określone przez Maruszczaka (1972) oraz Kondrackiego (1988) i używają określenia Wyżyny Lubelskiej *sensu lato*.



Ryc. 1. Rozmieszczenie gwałtownych ulew na Wyżynie Lubelskiej na tle wyróżnionych przez Maruszczaka (1961) pokryw lessowych i krawędzi wyróżnionych przez Buraczyńskiego i in. (1983)

1 – pokrywa lessowa (miąższość powyżej 3,5 m), 2 – krawędzie strukturalne na kredowych i trzeciorzędowych skałach wapiennych, 3 – akumulacyjne, wysokie krawędzie lessowe uwarunkowane rzeźbą podłoża, 4 – krawędzie lessowe niezależne od rzeźby podłoża, 5 – lokalizacja cytowanych ulew (numeracja jak w tabeli 1)

Distribution of the heavy rainfalls within Lublin Upland on the background of loess covers distinguished by Maruszczak (1961) and escarpments distinguished by Buraczyński *et al.* (1983)

1 – loess cover (thickness over 3,5 m), 2 – structural escarpments on the Cretaceous and Tertiary calcareous rocks, 3 – accumulative, high loess edges conditioned by the bedrock relief, 4 – loess edges not conditioned by the bedrock relief, 5 – location of quoted heavy rainfalls (numeration as in tab. 1)

nie Lubelskiej: 1) poziomów wierzchowinowych z przewagą niecek i zagłębień bezodpływowych, 2) stoków i zboczy o dużych nachyleniach i deniwelacjach z przewagą suchych dolin i wąwozów, 3) stoków i zboczy o mniejszych nachyleniach i deniwelacjach z przewagą niecek i suchych dolin, 4) słabo zindywidualizowany zespół teras nadzalewowych. Najbardziej sprzyjające warunki rozwoju procesów erozji występują w zespole drugim ze względu na kilkudziesięciometrowe deniwelacje i znaczne oraz zróżnicowane spadki. Zespół ten najczęściej występuje w rejonie wysokich krawędzi nadbudowujących zbocza dolin.

Warunki fizjograficzne sprzyjają więc występowaniu gwałtownych zjawisk atmosferycznych na Wyżynie Lubelskiej; wskazuje na to zestawienie Parczewskiego (1960), chociaż nie zawsze znajduje potwierdzenie we wskaźnikach. Okres powtarzalności deszczów nawalnych wynosi tu około 50–60 lat (Ziemiński 1968; Maruszczak 1986), podczas gdy na Dolnym Śląsku, jak podaje Teisseyre (1992, 1994), zaledwie 30 lat. Również wskaźnik erozyjności opadów<sup>3</sup> Fourniera, podawany za H. Lorenc przez Józefaciuków (1995), dla Wyżyny Lubelskiej nie jest zbyt wysoki i wynosi 55–60; podczas gdy dla większości obszarów wyżynnych przekracza 60. Jednakże region lubelski charakteryzuje się dużą zmiennością warunków atmosferycznych w poszczególnych latach. Można przypuszczać, że jest to wynik „wyżynności” klimatu, a także jego przejściowości, która we wschodniej części Polski silniej się zaznacza (Zinkiewicz, Zinkiewicz 1973, 1975).

Dominują w tym regionie opady letnie. Średnie wieloletnie sumy opadów w miesiącach letnich wynoszą: w czerwcu – 70–90 mm, w lipcu – 75–90 mm i w sierpniu – 65–75 mm (Kaszewski i in. 1995). Roślinność jest wówczas w pełni wegetacji i chroni glebę przed silną erozją; tylko wyjątkowo gwałtowne i wysokie opady mogą wywołać znaczne skutki (Mazur 1960; Józefaciuk, Józefaciuk 1995). Jednakże okres występowania burz i związanych z nimi wysokich opadów jest tu dłuższy niż w innych regionach kraju i wynosi około 210 dni (Stopa 1962). Według Michałowskiego (1962) w Lublinie występuje 25–30 burz w okresie od marca do października. Ulewy zdarzają się również w okresie poprzedzającym wegetację (kwiecień, maj) oraz po zbiorze plonów (sierpień, wrzesień), gdy pola uprawne pozbawione są naturalnej ochrony. Są one groźniejsze w skutkach niż letnie ulewy o podobnym natężeniu (Józefaciuk, Józefaciuk 1995).

---

<sup>3</sup> Wskaźnik erozyjności  $R = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P}$ ; gdzie:  $p^2$  – miesięczna suma opadów,  $P$  – roczna suma opadów.

## PRZEGLĄD DESZCZÓW NAWALNYCH NA WYŻYNIE LUBELSKIEJ I ICH SKUTKÓW

Wykaz deszczów nawalnych na Wyżynie Lubelskiej, udokumentowanych w literaturze przedmiotu, przedstawia tabela 1. Uwzględniono również opady o nieznannej sumie i natężeniu, ale istotnych skutkach geomorfologicznych, charakterystycznych dla deszczów nawalnych. Zjawiska, których skutki można uznać za katastrofalne, wyróżniono pogrubionym drukiem. Dane liczbowe dotyczące opadu i odpływu podano dosłownie, nie dokonując na ogół przeliczeń i interpretacji z powodu niejednorodności źródeł. Również dane dotyczące erozji nie zawsze są porównywalne z powodu różnych wielkości zlewni. Oczywiście, nie wszystkie zjawiska zostały zarejestrowane i trudno jest ocenić, jaka ich część znalazła oddźwięk w literaturze. W ostatnich latach informacje o nich częściej ukazują się w lokalnych środkach masowego przekazu. Na tej podstawie do wykazu dołączono kilka ulew określanych jako „ściana deszczu”, które wystąpiły w latach 1996–1997 i spowodowały znaczne skutki geomorfologiczne, co stwierdzono podczas wizji lokalnych.

Wyżyna Lubelska nie figuruje w zestawieniach katastrofalnych opadów odnotowanych w starych kronikach (Majer 1862; Walawender 1932). Nieprzypadkowo jednak pierwsza wzmianka z 1633 roku dotyczy Kazimierza nad Wisłą, gdyż takie zjawiska występują tam szczególnie często (ryc. 1, tab. 1). Kolejna notatka, z 1644 roku dotyczy prawdopodobnie powodzi wiślanej (Teodorowicz-Czerepińska 1981). Następna, opisana w literaturze, katastrofalna burza (z gradem) w nocy z 13 na 14 maja 1936 roku miała miejsce również w rejonie Kazimierza (Mikulski 1954; Parczewski 1960; Dębski 1970). Na przestrzeni około 50 km<sup>2</sup> zniszczeniu wskutek gradobicia uległo 50–100% zasiewów, a gradziny o średnicy do 5 cm utworzyły warstwę miąższości 30 cm, która miejscami nie stopniała po 40 godzinach. Ulewa wywołała powstanie wysokiej fali wezbraniowej na maleńkim potoku Grodarz. Poprzewracane zostały drzewa i słupy telegraficzne, niektóre budynki zostały zalane i poważnie uszkodzone. Na drogach powstały wielkie wyrwy, a jeden z kamienistych stożków proluwialnych osiągnął miąższość 1,5 m. Podobnie groźne były skutki deszczu nawalnego w Izbicy koło Krasnegostawu w nocy z 16 na 17 sierpnia 1949 roku (Parczewski 1960).

Szczególne nasilenie deszczów nawalnych miało miejsce na Lubelszczyźnie w latach 1956–1958. Zupełnie wyjątkowy był rok 1956; zanotowano bowiem kilkanaście nawalnych deszczów, z tego dziesięć w stacji Szychowice położonej w Kotlinie Hrubieszowskiej (tab. 1). Wydaje się to mało prawdopodobne wobec niewielu meldunków o szkodach erozyjnych. Jednak obserwacje nie budzą zastrzeżeń, a przyczyną wyjątkowej częstotliwości takich zjawisk są sprzyjające warunki naturalne położenia stacji (Parczewski 1960). 23 maja 1956 roku koło Krasnegostawu wystąpił na znacznym obszarze szczególnie obfity deszcz nawalny (B<sub>3</sub>), znany jako gwałtowna ulewa w Piaskach Szlacheckich. Rozwój jednego z utworzonych wówczas wąwozów był potem obserwowany przez Ziemińskiego

i Naklickiego (1971). Można sądzić, że pod względem zasięgu i skutków było to zjawisko porównywalne z ulewą w okolicach Kazimierza w maju 1937 roku. Rezygnujemy tutaj z opisu ulewy w Piaskach Szlacheckich, ponieważ jej przebieg i skutki zostały dokładnie opisane (Ziemnicki 1956; Dębski 1958; Maruszczak, Trembaczowski 1958; Parczewski 1960), są powszechnie znane i cytowane.

Zjawiskiem, które w znaczny sposób przyczyniło się do rozwoju wąwozów lessowych, była ulewa 15 czerwca 1969 roku w Dzierzkowicach na zachód od Kraśnika (Buraczyński, Wojtanowicz 1971, 1974; Ziemnicki, Repelewska-Pękalowa 1975). W strefie wierzchowin i górnych partii stoków stwierdzono przewagę zmywu powierzchniowego. Wraz ze wzrostem nachylenia stoków zaczęła dominować erozja bruzdowa i wąwozowa, której skutki były obserwowane w wąwozach na całej ich długości, a ilość usuniętego materiału z wąwozów obliczono na ponad 2,3 tys. t/km<sup>2</sup> (Buraczyński, Wojtanowicz 1974).

Badania denudacji małych zlewni prowadzono w dorzeczu Bystrej w okolicach Nałęczowa (Sadurska, Maruszczak 1982). Dwudziestoletni cykl pomiarowy (1952–1971) dał możliwość uchwycenia wszystkich zjawisk ekstremalnych. Zniszczenia erozyjne, charakterystyczne dla deszczu nawalnego, spowodowała tylko jedna ulewa z 11 maja 1958 roku, podczas której w ciągu godziny spadło w Antopolu 25 mm deszczu. Z pewnością opad w centrum ulewy był znacznie wyższy. Wskaźnik jednostkowej denudacji dobowej w zlewni górnej Bystrej wynosił 86,7 t/km<sup>2</sup>, a więc kilkakrotnie przekroczył średnią wartość roczną. W badanym okresie trzykrotnie wystąpił opad o sumie dobowej >50 mm, jednak bez większych skutków geomorfologicznych (Sadurska, Maruszczak 1982).

Badania erozyjne, prowadzone od lat pięćdziesiątych w okolicach Lublina (Stawin, Elizówka, Jastków) przez pracowników Akademii Rolniczej w Lublinie, pozwoliły na obserwację około 10 większych ulew w ciągu 40 lat (Mazur 1960; Mazur, Pałys 1991). Skutki ich nie były ekstremalnie duże, m.in. z powodu zabiegów przeciwoerozyjnych (Ziemnicki 1960, 1968). W latach osiemdziesiątych rozszerzono obszar badań na zlewnie małych dolin (Wielopole i Niemienice) w okolicach Krasnegostawu, gdzie w ciągu 10 lat 4-krotnie zaobserwowano opad o charakterze deszczu nawalnego (Mazur, Pałys 1991; Pałys 1996). Okres powtarzalności takich zjawisk w jednym miejscu wynosił kilka lat; należy jednak zwrócić uwagę, że badania prowadzone są zazwyczaj w terenie silnie erodowanym (Józefaciuk, Józefaciuk 1984b, 1988).

Szczególnie często nawiedzany jest przez deszcze nawalne rejon zachodniej krawędzi Płaskowyzu Nałęczowskiego (ryc. 1). Lessowa krawędź nadbudowuje tu zbocze podmokłej doliny Wisły, a sam Płaskowyz rozcięty jest równoleżnikowymi dolinami Bystrej i Grodarza. W świetle badań Parczewskiego (1960) są to więc wyjątkowo sprzyjające warunki dla występowania deszczów nawalnych i ulewnych. Deszcze ulewne o istotnych skutkach geomorfologicznych występują w Kazimierzu nieraz po kilka razy w roku (Ziemnicki, Naklicki 1971; Ziemnicki i in. 1975; Gardziel i in. 1996). Deszcze nawalne występują co kilkanaście, a nawet co kilka lat (tab. 1). Duża częstotliwość zjawisk ekstremalnych jest jedną

## Zestawienie deszczyw nawałnych i ulewnych o znacznych skutkach geomorfologicznych na Wyżynie Lubelskiej

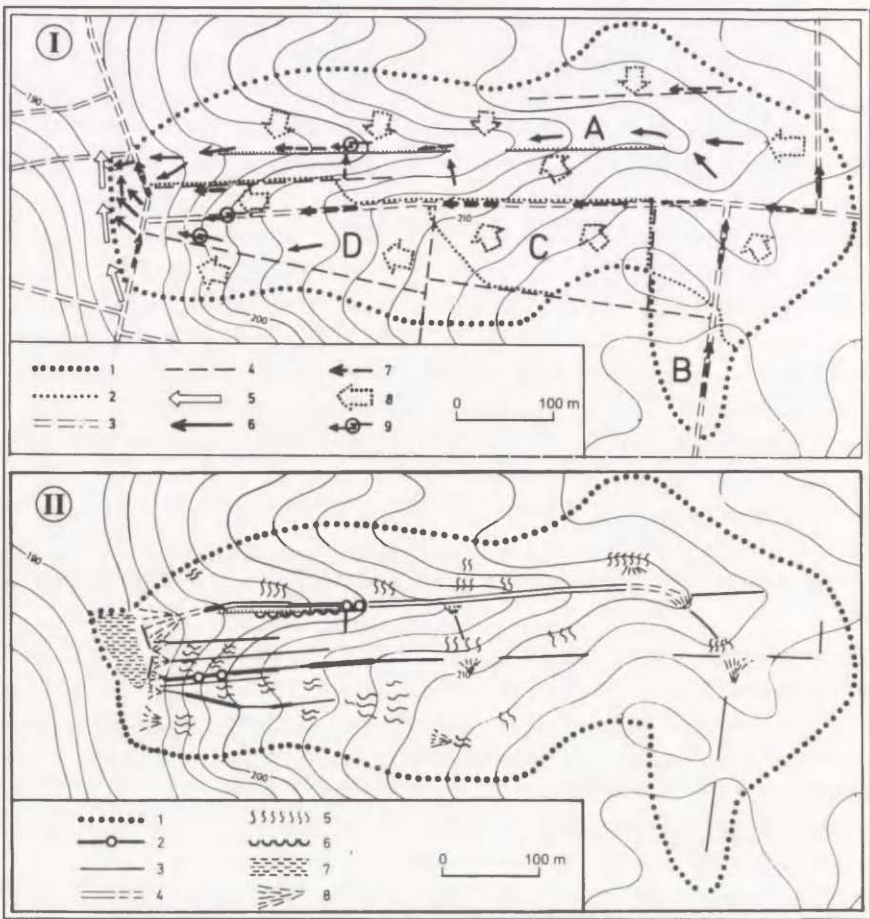
## Comparison of the heavy rainfalls with the big geomorphological effects in Lublin Upland

Lp. No.	Miejsce wystąpienia zjawiska (Place where phenomenon appears)	Data (Date)	Godzina wystąpienia zjawiska (Time when phenomenon appears)	Czas trwania zjawiska [min] (Phenomenon duration time [min.])	Suma opadu [mm] (Total precipitation [mm])	Maksymalne natężenie opadu [mm/min] (Max. intensity of precipitation [mm/min.])	Odptyw jednostkowy [m <sup>3</sup> /s · km <sup>2</sup> ] (Unit discharge [m <sup>3</sup> /s · km <sup>2</sup> ])	Wielkość erozji [t/km <sup>2</sup> ] <sup>a</sup> (Erosion magnitude [t/km <sup>2</sup> ]) <sup>a</sup>	Literatura (References)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Kazimierz Dolny	1633 <sup>b</sup>	–	–	–	–	–	–	Teodorowicz-Czerepińska 1981
2	Kazimierz Dolny	13/14.05.1936	w nocy	–	–	–	kilkanaście 3,65	–	Mikulski 1954; Dębski 1970; Parczewski 1960
3	Puławy	16.08.1937	–	11	19,5	1,77	–	–	Chomicz 1951
4	Izbica	16/17.08.1949	w nocy	–	–	–	19,4	–	Mikulski 1954
5	Topola	02.06.1954	12 <sup>50</sup> –13 <sup>00</sup>	10	37,4	3,74	–	–	Parczewski 1960
6	Szychowice	08.07.1955	14 <sup>03</sup> –14 <sup>10</sup>	7	50,4	7,2	–	–	Parczewski 1960
7	Szychowice	13.06.1956	03 <sup>20</sup> –03 <sup>22</sup>	2	35,3	17,65	–	–	Parczewski 1960 <sup>c</sup>
8	Parchatka k. Puław	14.06.1956	–	40	>30,7	–	–	–	Reniger 1959
9	Szychowice	18.06.1956	12 <sup>15</sup> –12 <sup>17</sup>	2	33,4	16,7	–	–	Parczewski 1960
			14 <sup>12</sup> –14 <sup>16</sup>	4	32	8,0	–	–	
10	Szychowice	21.06.1956	06 <sup>44</sup> –06 <sup>46</sup>	2	36,3	18,15	–	–	Parczewski 1960
11	Piaski Szlacheckie	23.06.1956	15 <sup>00</sup> –17 <sup>00</sup>	120	81,3 (100)	–	–	–	Parczewski 1960
			14 <sup>03</sup> –14 <sup>32</sup>	29	31,4	1,08	–	2435	Ziemiński 1956; Dębski 1958;
			15 <sup>08</sup> –15 <sup>26</sup>	18	49,1	2,73	16,7	–	Maruszczak, Trembacowski 1958;
12	Gorzków	04.07.1956	06 <sup>20</sup> –06 <sup>22</sup>	2	29,4	14,7	–	–	Parczewski 1960
13	Szychowice	05.07.1956	10 <sup>10</sup> –10 <sup>13</sup>	3	32,0	10,66	–	–	Parczewski 1960
14	Sławin k. Lublina	30.08.1956	–	15	32	2,1	–	–	Parczewski 1960
	Elizówka		–	ok. 60	24,7	–	–	–	Ziemiński 1960;
15	Elizówka	22.06.1957	–	ok. 60	34,9	–	–	500	Mazur 1960
16	Dys	06.1957	–	150	–	–	–	–	Mazur 1960
17	Szychowice	18.05.1957	15 <sup>28</sup> –15 <sup>38</sup>	10	57,8	5,78	–	–	Cegła 1960
			19 <sup>10</sup> –19 <sup>17</sup>	7	19,3	2,76	–	–	Parczewski 1960
			22 <sup>09</sup> –22 <sup>45</sup>	36	92	2,55	–	–	Parczewski 1960
18	Zaklików	07.08.1957	–	30	>25	–	–	86,7 <sup>d</sup>	Parczewski 1960
19	Wojciechów	11.05.1958	–	12	22,5	1,87	–	–	Sadurska, Maruszczak 1982
20	Elizówka	17.07.1958	–	15	25,3	1,68	–	–	Mazur 1960
21	Elizówka	23.07.1958	–	60	73,7	1,2	–	–	Mazur 1960
22	Opoka Duża	11.08.1964	–	20	69,6	3,17	2,44	–	Ziemiński 1966;
			12 <sup>00</sup> –12 <sup>20</sup>	25	62,5	2,5	–	–	Ziemiński, Węgorok, Kucyper 1979
23	Wojstawice	28.05.1965	–	–	86,2 <sup>e</sup>	–	–	–	Ciepielowski, Dąbkowski 1968
24	Radeczna	17.07.1965	–	–	–	–	–	–	Mazur 1971
25	Łopiennik	26.06.1966	–	–	–	–	–	–	Ziemiński, Naklicki 1971
26	Dzierzkowice	15.06.1969	14 <sup>30</sup> –15 <sup>00</sup>	30	65 (100)	ok. 3,0	2,68	2290 (3923)	Buraczyński, Wojtanowicz 1971, 1974;
			–	–	57,8	–	–	–	Ziemiński, Repelewska-Pękalowa 1975 <sup>f</sup>
27	Kazimierz Dolny	18.07.1970	–	60	48,4	–	0,43	–	Ziemiński, Mazur, Pałys 1975 <sup>g</sup>
28	Kazimierz Dolny	25.04.1976	–	–	–	–	–	–	Maruszczak, Michalczyk, Rodzik 1984;
			–	–	–	–	–	–	Józefaciuk, Józefaciuk 1984a
29	Olszanka	pocz. 09.1976	–	30	50	1,7	–	–	Józefaciuk, Józefaciuk 1984b;
			–	–	–	–	–	–	Józefaciuk i in. 1996
30	Krasne	23.08.1980	9 <sup>30</sup> –18 <sup>00</sup>	510	111,9	0,74	–	27217 (?) <sup>b</sup>	Górnica 1982
31	Olszanka	08.1980	–	–	–	–	–	–	Józefaciuk, Józefaciuk 1988 <sup>h</sup>
32	Kazimierz Dolny	24.06.1981	–	70	101,5	–	1,27 (>4,0)	5–10 tys.	Rodzik 1984
33	Olszanka	08.1981	–	–	–	–	–	–	Józefaciuk, Józefaciuk 1988 <sup>i</sup>
34	Olszanka	08.1986	–	50	76	–	–	–	Józefaciuk, Józefaciuk 1988
35	Niemienice	12.08.1986	–	–	76,2	–	–	–	Mazur, Pałys 1991
36	Jastków	08.06.1988	–	–	74	–	–	–	Mazur, Pałys 1991
	Elizówka		–	–	48,2	–	–	–	
37	Niemienice	08.06.1988	–	–	44	–	–	–	Mazur, Pałys 1991
38	Jastków	01.05.1989	–	–	29,4	–	–	–	Mazur, Pałys 1991
39	Elizówka	25.05.1989	–	–	31,6	–	–	270	Mazur, Pałys 1991
40	Elizówka	25.04.1990	–	–	29,6	–	–	240	Mazur, Pałys 1991
41	Elizówka	04.07.1990	–	–	44,5	–	–	350	Mazur, Pałys 1991
42	Wielkopole	04.05.1995	–	–	–	>2,0	–	–	Pałys 1996
43	Niemienice	26.08.1995	–	20	41,6	2,0	–	–	Pałys 1996
44	Garbów	16.09.1995	14 <sup>00</sup> –16 <sup>00</sup>	120	60–70	>1,0	–	2460	Rodzik, Janicki, Zgłobicki 1996
45	Zubowice	07.05.1996	18 <sup>40</sup> –19 <sup>20</sup>	40	ok. 60	ok. 1,5	–	215	Janicki, Zagórski 1997
46	Turka	11.05.1996	–	–	–	–	–	–	Rodzik – informacja ustna
47	Niedrzewica Duża	15.05.1996	–	–	–	–	–	–	Rodzik – informacja ustna
48	Kazimierz Dolny	13.07.1997	2 <sup>00</sup> –2 <sup>20</sup>	20	–	–	–	–	Rodzik – informacja ustna <sup>j</sup>
49	Stok	06.09.1997	17 <sup>00</sup> –17 <sup>30</sup>	30 (120)	–	–	–	–	Harasimiuk – informacja ustna
50	Kawęczyn	04.08.1997	16 <sup>00</sup> –18 <sup>00</sup>	120	45	–	–	–	Rodzik, Zgłobicki 1998

<sup>a</sup> W przypadku danych w m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> dokonano przeliczenia na t/km<sup>2</sup> uwzględniając ciężar objętościowy 1,7 g/cm<sup>3</sup> (Maruszczak, Trembacowski 1958; Buraczyński, Wojtanowicz 1971).

<sup>b</sup> „woda z dżdża, gwałtowna z gór na spichrze napadła” (Księga miasta Kazimierza, nr 7, s. 820). <sup>c</sup> W 1956 r. wystąpiło w Szychowicach 10 opadów nawałnych (w tym 8 w okresie 13.06–5.07 o łącznej sumie 241 mm), w tabeli uwzględniono opady wysokości ok. 30 mm i więcej. <sup>d</sup> Dla zlewni rzecznej 36,6 km<sup>2</sup> (autorzy wymieniają jeszcze 3 wysokie opady dobowe >50 mm: 10. VI. 1954, 9. VII. 1960, 28. V. 1963, jednak bez znaczących skutków geomorfologicznych). <sup>e</sup> Najwyższy opad dobowy z wielu (o umiarkowanych skutkach) odnotowanych przez autorów w tym dniu (jak również w całym 1966 roku), w wielu miejscach Wyżyny Lubelskiej. <sup>f</sup> Autorzy wymieniają jeszcze trzy wysokie opady dobowe (rozlewne?) w 1972 r. (26. VII – 30,7 mm; 31. VII – 40,9 mm; 1. VIII – 47,3 mm) z umiarkowaną erozją; <sup>g</sup> Autorzy wymieniają kilka wysokich opadów dobowych w 1972 r. (22. VII – 42,6 mm; 26. VII – 41,9 mm; 31. VII – 37,9 mm; 3. VIII – 47,0 mm) o umiarkowanych skutkach; <sup>h</sup> Prawdopodobnie w przeliczeniu tylko na powierzchnie wąwozów (wysoki opad rozlewny o dużych skutkach geomorfologicznych). <sup>i</sup> Autorzy podają, że czas trwania i wysokość opadu były podobne jak w sierpniu 1986 r. (tzn. 50 min. i 76 mm). <sup>j</sup> Poza tym opady ulewnie o istotnych skutkach (bruzdy na drogach i zamulenia ulic) wystąpiły w Kazimierzu 3-krotnie w 1996 r. i 4-krotnie w 1997 r.

<sup>a</sup> In case when authors gives values in m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup> erosion was recounted to t/km<sup>2</sup> (taking into account bulk density 1.7 g/cm<sup>3</sup>) (Maruszczak, Trembacowski 1958; Buraczyński, Wojtanowicz 1971). <sup>b</sup> „rainfall water, rapidly came from the hills” („City of Kazimierz book”, no 7, p. 820). <sup>c</sup> In 1956 10 heavy rainfalls appeared near Szychowice (8 in period 13.06–5.07 of total amount of 241 mm), in table only rainfalls of intensity more than 30 mm has been considered. <sup>d</sup> For rivercatchment – 36.6 km<sup>2</sup> (authors notice three more high one-day precipitation > 50 mm: 10.VI.1954, 9.VII.1960, 28.V.1963, but without significant geomorphological effects). <sup>e</sup> The highest of one-day precipitations (with moderate effects) noticed by authors in this day (as in whole 1966) in many places within Lublin Upland. <sup>f</sup> Authors noticed three more high one-day precipitations (long-lasting) in 1972 r. (26.VII – 30.7 mm; 31.VII – 40.9 mm; 1.VIII – 47.3 mm) causing moderate erosion. <sup>g</sup> Authors noticed some high one-day precipitations in 1972 (22.VII – 42.6 mm; 26.VII – 41.9 mm; 31.VII – 37.9 mm; 3.VIII – 47.0 mm) with moderate effects. <sup>h</sup> Probably calculated only for gully area (high, long-lasting precipitation with big geomorphological effects). <sup>i</sup> Authors said that duration time and total precipitation were similar to ones observed in August 1986 (50 min i 76 mm). <sup>j</sup> Heavy rainfalls causing significant effects (rills within roads and mud on the streets) appeared in Kazimierz three times in 1996 and four times in 1997.



Ryc. 2. Wpływ gospodarki rolnej na: I. kierunki sływu powierzchniowego, II. rozmieszczenie erozji i akumulacji – w modelowej zlewni po ulewii 16 września 1995 roku w okolicy Garbowa (wg Rodzika i in. 1996)

- I. 1 – dział wodny badanej zlewni, 2 – działy zlewni cząstkowych, 3 – drogi gruntowe, 4 – miedze i bruzdy ukierunkowujące sływ, 5 – sływ walny dnem doliny głównej, 6 – sływ skoncentrowany uwarunkowany rzeźbą terenu, 7 – sływ skoncentrowany uwarunkowany antropogenicznie, 8 – główne kierunki sływu rozproszonego, 9 – sprzężenia czynników erodogennych (całkowita erozja gleby, duży sływ liniyjny, wzrost spadku); A – zlewnia doliny nieckowatej, B – obszar „przyłączony” przez sływ drogowy, C – zlewnia wąwozu drogowego, D – zlewnia niecki zboczowej
- II. 1 – granice zlewni, 2 – rozcięcia i kotły erozyjno-eworsyjne, 3 – bruzdy erozyjne, 4 – epizodyczne koryta erozyjne i transportowe, 5 – pola żłobin erozyjnych, 6 – odkucia i obrywy na skarpach, 7 – pokrywy proluwialne, 8 – stożki deluwialne

Influence of the agriculture on: I. direction of the overland flow, II. distribution of the erosion and accumulation – within the model catchment after heavy rain on 16 September 1995 near Garbów (Rodzik *et al.* 1996)

- I. 1 – watershed of the examined catchment, 2 – watersheds of partial catchments, 3 – ground roads, 4 – balks and rills directing overland flow, 5 – major flow along the main valley floor, 6 – concentrated flow conditioned by the relief, 7 – concentrated flow conditioned by the anthropogenic factors, 8 – main directions of the sheet flow, 9 – coupling of the erosion factors (complete soil erosion, big linear flow, increase of the channel slope); A – catchment of the trough-like denudation valley, B – area „added” by the road flow, C – catchment of the road ravine, D – catchment of the slope trough
- II. 1 – borders of the catchment, 2 – ravines and erosion-eworsion potholes, 3 – erosion rills, 4 – erosion and transport episodic channels, 5 – fields of erosion rills, 6 – detachments and rockfalls on the escarpments, 7 – proluvial covers, 8 – deluvial fans

Tabela 2

Parametry przepływów w wybranych korytach epizodycznych, powstałych podczas ulewy w Garbowie 16.09.1995 r. (wg Janickiego i Zgłobickiego – w druku)

Parameters of flow in selected channels generated during heavy rainfall near Garbów (after Janicki, Zgłobicki – in print)

Powierzchnia zlewni [ha] Catchment area [ha]	Średnia prędkość [m/s] Mean velocity [m/s]	Maks. przepływ [m <sup>3</sup> /s] Max. discharge [m <sup>3</sup> /s]	Maksymalny odpływ jednostkowy [m <sup>3</sup> /s · km <sup>2</sup> ] Max. unit discharge [m <sup>3</sup> /s · km <sup>2</sup> ]	Liczba Frouda Frouds number*
5,2	2,06	0,82	15,5	1,62
5,8	1,97	0,65	11,2	1,47

\* Liczba Froude'a wyraża stosunek prędkości przepływu do szybkości ruchu fal stojących ( $F > 1$  oznacza przepływ turbulentny).

\* Frouds number is a proportion of flow velocity and standing waves movement velocity ( $F > 1$  indicate turbulent flow).

opadzie o wysokości około 50 mm i natężeniu 0,4–1,0 mm/min, taka ilość wody spływała z powierzchni 1,5 ha (Janicki, Zgłobicki, w druku). Przeciętnie, wielkość zlewni koryt epizodycznych wynosiła około 5 ha. Podane wielkości są porównywalne z danymi uzyskanymi przez Teisseyre'a (1992) dla koryt powstałych w wyniku gwałtownych ulew w okolicach Henrykowa na Przedgórzu Sudeckim.

Człowiek w dużym stopniu wpływa nie tylko na wielkość spływu, ale również na jego kierunek. Drogi gruntowe na zboczach i skłonach wierzchowin spełniają funkcję linii spływu powierzchniowego, zmieniając naturalny jego układ (Froehlich 1982; Froehlich, Słupik 1986). W dnach niecek i suchych dolin poprzecznie usytuowane drogowe wały deluwialne (Rodzik 1998) i nasypy wstrzymują odpływ tworząc epizodyczne jeziora o powierzchni do 1 ha. Również miedze mogą powodować zatrzymanie lub zmianę kierunku spływu powierzchniowego (Rodzik i in. 1996). Przy dużym rozdrobnieniu gospodarstw na Wyżynie Lubelskiej kierunki i możliwości spływu są w znacznym stopniu, najczęściej przypadkowo, kształtowane antropogenicznie (ryc. 2).

## SKUTKI GEOMORFOLOGICZNE

Charakter i natężenie procesów geomorfologicznych podczas deszczów nawalnych, a co za tym idzie skala przeobrażeń rzeźby, w istotny sposób uzależnione są od morfologii oraz pokrycia terenu (tab. 3). Do czynników sprzyjających należą: koncentracja spływu w dnach form wklęsłych (do kilku m<sup>3</sup>/s) oraz osiągnięcie przez płynącą wodę znacznych prędkości (max. 1,5–2 m/s) na terenach o dużych spadkach i pozbawionych pokrywy roślinnej. Najsilniejsze przekształ-



Tabela 3

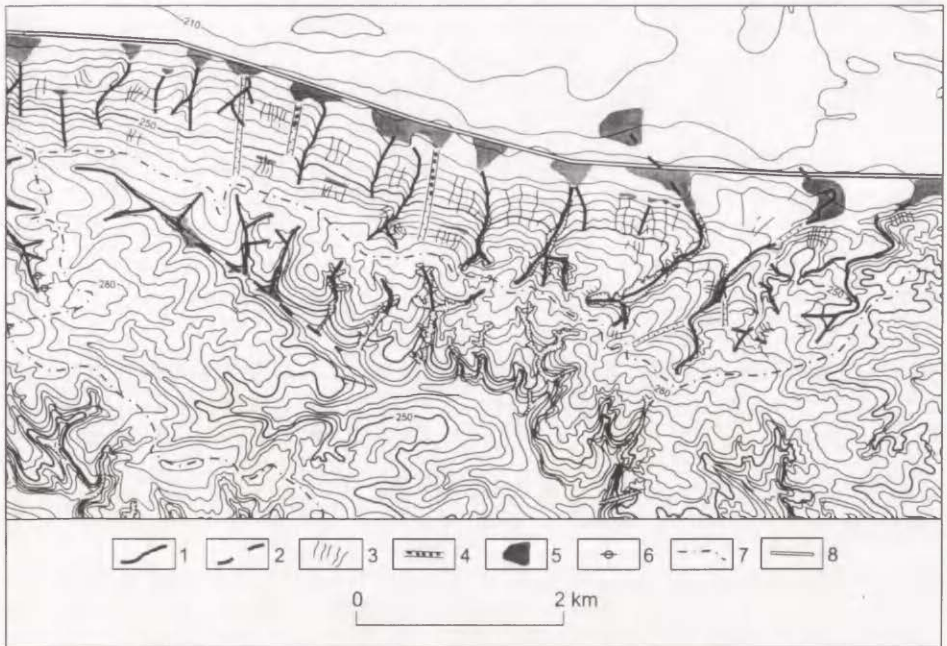
Wpływ rzeźby i użytkowania terenu na procesy geomorfologiczne w modelowej zlewni w okolicy Garbowa podczas ulewy 16.09.1995 r.  
(wg Rodzika i in. 1996)

Influence of relief and plant cover on the geomorphological processes within the model catchment during heavy rainfall near Garbów  
(16.09.1995) (after Rodzik *et al.* 1996)

Użytkowanie terenu (Plant cover)	Użytki zielone (Grassland)	Ścierniska (Stubble field)		Rośliny przemysłowe (Industrial crops)	Ziemniaki (Potatoes)	Gleba spulchniona (Scarified soil)	Drogi gruntowe (Ground roads)
		„ozime” „winter crop”	„jare” „spring crop”				
Formy rzeźby (Relief forms)							
Wierzchowina (interflue)	–	–	Rb	–	Rb	<b>Rb</b>	<b>Rb</b>
Skłon wierzchowiny (slope of the interflue)	–	–	Rb, Sz	Sz	Rb, Sz	<b>Rb, Sz</b>	<b>Rb, Sz, SI</b>
Zbocza dolin (sides of the valleys)	<b>T, O*</b>	T, Sz	x	<b>Sz, SI, S*</b>	Rb, SI	<b>Rb, Sz, SI</b>	<b>Sz, SI, Ew</b>
Dno doliny głównej (floor of the main valley)	<b>T, A</b>	x	x	A	x	x	SI, T, A
Dno doliny nieckowatej (floor of the trough-like valley)	<b>T</b>	<b>T</b>	x	<b>T, Sz</b>	x	<b>T, Ek, Ew*</b>	x
Niecki denudacyjne (Denudative troughs)	T	Sz	x	Sz	x	<b>Rb, Sz, SI</b>	Sz, A

A – akumulacja, Ek – erozja korytowa, Ew – eworsja, O – odkłuwanie, Rb – rozbrzyg, SI – spłukiwanie linijne, Sz – spłukiwanie rozproszone i zmyw, S – sufuzja, T – transport; (x) – nie zarejestrowano w omawianej zlewni; (–) brak lub słabe natężenie procesów; \* – proces uwarunkowany istnieniem skarp; grubością druku zaznaczono (umiarkowane i duże) natężenie procesów.

A – accumulation, Ek – channel erosion, Ew – evorsion, O – detaching, Rb – rainsplash, SI – rill erosion, Sz – sheet flow and washing, S – suffosion, T – transport; (x) – not registered within the described catchment; (–) lack or low intensity of processes; \* process conditioned by the existence of the scarps intensity of the process (moderate and big) is marked by print.



Ryc. 3. Formy powstałe po ulewie 7.05.1996 r. na krawędzi Grzędy Sokalskiej  
(wg Janickiego i in., w druku)

- 1 – epizodyczne koryta erozyjne, 2 – epizodyczne koryta transportowo-depozycyjne, 3 – bruzdy erozyjne,  
4 – wąwozy drogowe z kotłami eworsyjnymi, 5 – stożki i pokrywy proluwialno-deluwialne, 6 – kotły  
sufozcyjne, 7 – granice zlewni, 8 – drogi główne

Forms rised after heavy rainfall (7.05.1996) in the escarpment zone of the Grzęda Sokalska  
(after Janicki *et al.*, in print)

- 1 – episodic erosion channels, 2 – episodic erosion-transport channels, 3 – erosion rills, 4 – road ravines  
with eversion potholes, 5 – proluvial-deluvial fans and covers, 6 – suffusion potholes, 7 – borders of the  
catchment, 8 – main roads

czenia rzeźby zachodzą zatem w miejscach, gdzie skoncentrowany spływ ma największą energię; są nimi: dna wąwozów, rozcięcia drogowe (głębocznice), dna suchych dolin i dolinek nieckowatych oraz długie stoki i strome zbocza dolin (ryc. 3).

Zmiany w morfologii oraz pokryciu terenu związane z rolniczą działalnością człowieka mogą powodować rozwój procesów rzeźbotwórczych o wyjątkowo silnym natężeniu (Rodzik i in. 1996). Procesem przygotowawczym jest rozbryzg, którego rola jest ostatnio mocno podkreślana (Czyżowska 1996; Dwucet, Śnieszko 1996). Działalność kropel deszczu ma miejsce przede wszystkim na zaoranych polach oraz drogach gruntowych. Następstwem braku zwartej szaty roślinnej oraz spulchnienia gleby jest również przyspieszony spływ (Słupik 1973) i zwielokrotnione dzięki temu tempo spłukiwania (Gerlach 1976). Długotrwała uprawa nalessowych gleb płowych odśłania mniej odporne na spłukiwanie dolne poziomy genetyczne, a w przypadku erozji całkowitej wyjątkowo podatny less węglanowy (Turski i in. 1987).

Szczególnie dobitnie ujawnia się rola antropogenicznych form rzeźby, zmieniających warunki spływu powierzchniowego. Często jest on kierowany w miejsca o dużym spadku i małej odporności podłoża. Do najważniejszych antropogenicznych elementów rzeźby (współkształtowanych przez procesy naturalne) na obszarach lessowych należą rozcięcia drogowe, skarpy rolne (uprawowe), a także drogowe wały deluwialne, utworzone wskutek podwyższania powierzchni dróg w dnach dolin przez deluwia spłukiwane z dróg na zboczach podczas „normalnych” spływów (Rodzik 1988). Ich rolę w ukierunkowaniu spływu skoncentrowanego, rozwoju procesów erozji i akumulacji dobrze ilustrują skutki ulewy z 16 września 1995 roku w okolicach Garbowa (ryc. 2).

Do najszybciej przekształcanych form należą wcięcia drogowe, czyli głębocznicze. Ze względu na bardzo szybkie formowanie się spływu w ich dnie, duży spadek oraz niewielką odporność samego dna na działalność płynącej wody, ulegają one ciągłemu pogłębianiu w tempie kilku cm/rok (Miszczak 1960; Nowociń 1996). Podczas wspomnianej wyżej ulewy objętość niewielkiego wąwozu drogowego powiększyła się o 8%, a dno obniżyło średnio o 15 cm. Jest to rezultat odpowiadający średniej wielkości erozji w tym wąwozie z kilku lat. W dnie wąwozu – w miejscach zwiększenia spadku – powstały kotły eworsyjne o głębokości do 3 m (Rodzik i in. 1996).

Skarpy uprawowe, przecinające ukośnie dna niecek i suchych dolin, powodują zwykle powstawanie progów i przesunięcia osi dolin oraz kierują spływ w miejsca o zredukowanym profilu glebowym, czyli o małej odporności podłoża. Następuje tam swoiste sprzężenie czynników erodogennych, objawiające się rozwojem silnej erozji i eworsji. Rola czynnika antropogenicznego w ukierunkowaniu skoncentrowanego spływu podczas deszczów nawalnych, a więc i w rozwoju procesów erozyjnych, jest więc niezwykle istotna. Największe skutki geomorfologiczne mogą bowiem pojawić się nie tam, gdzie natężenie opadu było największe, ale tam, gdzie człowiek stworzył odpowiednie warunki (Rodzik i in. 1996).

Najbardziej widocznym skutkiem geomorfologicznym nawalnych deszczów są nowe formy rzeźby. W zależności od procesów, które prowadzą do ich powstania, można je podzielić tak jak pokazano to na s. 61.

Na zboczach suchych dolin o mało zwartej roślinności zbożowej tworzą się bruzdy erozyjne skierowane ku osi doliny. W obrębie niecek zboczowych dochodzi do koncentracji odpływu i powstania bruzd głównych. Takie formy obserwowane są głównie na polach o słabym pokryciu roślinnością (na wiosnę – uprawy buraków i zbóż jarych). Charakteryzują się one szerokością od 0,4 do 1,2 m i stosunkowo niewielką głębokością (0,25–0,35 m). Do największych form erozyjnych należą epizodyczne koryta, stanowiące łożyska cieków proluwialnych. Powstają one w wyniku koncentracji spływającej po stoku wody opadowej w osi suchej doliny lub niecki denudacyjnej. Długość tych koryt dochodzi do kilkuset metrów, szerokość waha się od 0,7 m w górnych odcinkach suchych dolin do 3,6–5,0 m w dolnych, natomiast głębokość wynosi 0,1–0,3 m.

1. Formy erozyjne	Proces kształtujący	Występowanie
rozmycia i żłobiny	zmyw powierzchniowy, splukiwanie rozproszone i linijne	wierzchowiny i stoki o słabym pokryciu roślinnością
bruzdy erozyjne	splukiwanie linijne, erozja bruzdowa	stoki o słabym pokryciu roślinnością
bruzdy główne	erozja bruzdowa	stoki o słabym pokryciu roślinnością
koryta epizodyczne:		dna suchych dolin,
– erozyjne	– erozja korytowa,	niecek denudacyjnych
– transportowo-depozycyjne	– transport, depozycja	– o słabym pokryciu roślinnością
wyrwy erozyjno-eworsyjne	erozja, eworsja	– o zwartym pokryciu roślinnością
kotły eworsyjne	eworsja	dna bruzd erozyjnych i głównych,
kotły sufozyczne, studnie, tunele	sufozja	koryt epizodycznych, głębocznich i wąwozów
podcięcia erozyjne	erozja boczna	zbcza i dna wąwozów
		wąwozy, głębocznic
<b>2. Formy akumulacyjne</b>		
stożki deluwalne	depozycja	spłaszczenia stokowe i podstokowe u wylotu bruzd erozyjnych
stożki i pokrywy proluwalne oraz proluwalno-deluwalne	depozycja	wyloty suchych dolin, niecek denudacyjnych, wąwozów i głębocznich

Miejscami w obrębie bruzd, koryt epizodycznych i głębocznich rozwijają się wyrwy erozyjno-eworsyjne o wymiarach kilku decymetrów. Ich powstanie związane jest z wirowym (turbulentnym) ruchem wody. W miejscach zmiany litologii podłoża lub też załamania spadku, np. poniżej dróg polnych oraz między przecinających skośnie szlaki skoncentrowanego spływu, mogą tworzyć się kotły eworsyjne. Głębokość oraz szerokość największych form tego typu dochodzi do 2–3 metrów. Przy znacznych spadkach, w dnach głębocznich i dolinek nieckowatych, kotły i wyrwy erozyjno-eworsyjne mogą tworzyć ciągi o długości do kilkadziesiąt metrów.

Przeważająca część materiału wynoszonego ze stoków oraz den suchych dolin akumulowana jest w miejscach zmniejszenia spadku przez lokalne bazy erozyjne. Stanowią je terasy rolne, podnóża stoków i dna dolin. Wielkość form akumulacyjnych jest bardzo zróżnicowana. Stożki deluwalne mają promień 3–5 m i miąższość zwykle kilku centymetrów, stożki proluwalne mają powierzchnię kilkaset i więcej m<sup>2</sup> oraz miąższości do kilkunastu centymetrów. Do najwię-

kszych form akumulacyjnych należą pokrywy proluwialne o powierzchni dochodzącej do 1 ha i miąższości 10–20 cm. Pokrywy powstają wskutek przegrodzenia dna doliny drogowym wałem deluwialnym lub nasypem. Maksymalna miąższość jednorazowej akumulacji proluwialnej może osiągać w sprzyjających warunkach 0,5 m (Janicki i in. w druku).

Na oddzielne omówienie zasługują formy powstające w wąwozach. Z powodu koncentracji spływu, znacznych, zróżnicowanych spadków oraz urozmaiconej litologii podłoża, występuje tam duża różnorodność form o znacznych rozmiarach. Do największych można zaliczyć: rozcięcia erozyjne dna, kotły eworsyjne, odmładzane kotły sufozyjne, podcięcia oraz obrywy zboczy. Poza tym powszechnie występują zmywy na zboczach i bruzdy w bocznych odnogach. W dolnych odcinkach dna wąwozów (parowów), o stosunkowo małych spadkach, formują się epizodyczne koryta erozyjno-depozycyjne. U wylotu wąwozów rozcinających skały podłoża deponowane są odsypy kamienisto-żwirowe (Buraczyński, Wojtanowicz 1974; Rodzik 1984).

#### ROLA DESZCZÓW NAWALNYCH W ROZWOJU RZEŻBY WYŻYNY LUBELSKIEJ

Na podkreślenie zasługuje jednak fakt, że nowo powstałe formy nie są trwałe; niszczą je zabiegi agrotechniczne – przede wszystkim orka. Jedynie największe formy typu głębokich kotłów eworsyjnych mogą przetrwać dłużej i odnawiać się podczas wystąpienia kolejnych deszczów nawalnych lub innych zjawisk o charakterze ekstremalnym – takich, jak intensywne roztopy. Może wtedy dojść do przekroczenia wartości progowych, zmiany geosystemu i rozwoju wąwozów (Starkel 1986, 1996). W sprzyjających warunkach geologiczno-morfologicznych, przy znacznym wylesieniu, wartości progowe są często przekraczane. Duża częstotliwość deszczów nawalnych w niektórych rejonach Wyżyny Lubelskiej mogła więc spowodować rozwój gęstej sieci wąwozów. Na przykład podczas ulewy w Piaskach Szlacheckich powstały nowe wąwozy, rozwijające się później bardzo intensywnie (Ziemnicki, Naklicki 1971). W przypadku zespołu rzeźby lessowej o dużych nachyleniach i deniwelacjach, charakteryzującego się występowaniem wąwozów, deszcze nawalne mają decydujące znaczenie dla rozwoju form wąwozowych, zarówno naturalnych, jak również głębocznic.

Znaczenie geomorfologiczne deszczów nawalnych polega także na przemieszczaniu w krótkim czasie (1–3 godz.) bardzo dużej ilości materiału (tab. 4), odpowiadającej wieloletniej denudacji. Natężenie procesów rzeźbotwórczych podczas zjawisk ekstremalnych jest o kilka rzędów wielkości większe niż procesów sekularnych. Maksymalna ilość materiału uruchamianego podczas katastrofalnych deszczów nawalnych na Wyżynie Lubelskiej szacowana jest od kilku (Buraczyński, Wojtanowicz 1974) do kilkunastu tys. t/km<sup>2</sup> (Maruszczak 1986). Na ogromne natężenie procesów podczas deszczów nawalnych wskazuje także

T a b e l a 4

Bilans denudacyjny modelowej zlewni (ryc. 2) w okolicy Garbowa po ulewie  
16 września 1995 r. (wg Rodzika i in. 1996)

Denudative balance of the model catchment (Fig. 2) near Garbów after heavy rainfall  
on 16 September 1995 (after Rodzik et al. 1996)

Zlewnie cząstkowe (Partial Catchments)	A + B (14,5 ha)	C (1,9 ha)	D (3,3 ha)	Dno doliny główniej (Floor of the valley) (0,6 ha)	Razem (Total) (20,3 ha)
Formy (forms)					
Koryta erozyjne [m <sup>3</sup> ] (erosion channels)	60	–	–	–	60
Rozcięcia i kotły [m <sup>3</sup> ] (dissections and otholes)	32	84	10	–	126
Bruzdy i żłobiny [m <sup>3</sup> ] (rills)	28	8	22	1	59
<b>Erozja razem [m<sup>3</sup>] (total erosion)</b>	<b>120</b>	<b>92</b>	<b>32</b>	<b>1</b>	<b>245</b>
Zmyw powierzchniowy* [m <sup>3</sup> ] (surface wash)	55*	2*	29*	1*	87*
<b>Denudacja razem [m<sup>3</sup>] (total denudation)</b>	<b>175</b>	<b>94</b>	<b>61</b>	<b>2</b>	<b>332</b>
Pokrywy proluwialne [m <sup>3</sup> ] (proluvial covers)	–	–	–	300	300
Stožki deluwialne [m <sup>3</sup> ] (deluvial fans)	5	1	1	25	32
Akumulacja razem [m <sup>3</sup> ] (total accumulation)	5	1	1	325	332
Bilans [m <sup>3</sup> ] (balance)	–170	–93	–60	+323	0
Denudacja [mm] (denudation)	–1,2	–4,8	–1,8	+54,0	–1,7**
Denudacja rzeczywista*** [mm] (real denudation)	–3,0	–152,0	–2,0	+108,0 a	

\* – obliczony z bilansu erozji i akumulacji dla całej zlewni 20,3 ha (nie uwzględniono odpływu poza zlewnię), przeliczony dla zlewni cząstkowych: A, B, C, D, proporcjonalnie do powierzchni faktycznie denudowanych,

\*\* – w przeliczeniu na powierzchnię A + B + C + D (19,7 ha),

\*\*\* – w przeliczeniu na powierzchnie (umiarkownie i silnie) denudowane.

\* – calculated from the balance of erosion and accumulation for whole catchment (20.3 ha) [runoff behind the catchment is not taken into account], counted for partial catchments: A, B, C, D, in proportion to the areas denudated in fact,

\*\* – in relation to surface A + B + C + D (19.7 ha),

\*\*\* – in relation to areas denudated (moderate and strong).

porównanie do wskaźnika rzeczno-transportu zawieszin. Dla silnie urzeźbionych terenów lessowych wskaźnik ten wynosi około 40–50 t/km<sup>2</sup>/r (Maruszczak i in. 1992). Natomiast w przypadku omawianych zjawisk ekstremalnych może być on blisko 300 razy większy (Maruszczak 1986). Należy jednak podkreślić,

Natężenie erozji w zależności od form rzeźby podczas ulewy w Piaskach Szlacheckich  
(wg Maruszczaka i Trembaczowskiego 1958)

Dependance of denudation upon relief forms during heavy rainfall in Piaski Szlacheckie  
(after Maruszczak and Trembaczowski 1958)

	Powierzchnie wierzchowinowe (Surfaces of the interfluves)	Górna część stoków (Upper parts of the slopes)	Dolna część stoków i dna dolin bocznych (Lower parts of the slopes and floor of the side valleys)	Dno doliny głównej (Floor of the main valley)
Ilość materiału usuniętego ze żłobin [t/km <sup>2</sup> ] (Quantity of the material removed from the rills [t/km <sup>2</sup> ])	185	1290	5381	3976

że procesy o takim natężeniu nie występują często. Tylko w najbardziej predysponowanych miejscach mogą one występować częściej niż raz na kilkadziesiąt lat.

Poszczególne elementy rzeźby modelowane są w różnym stopniu (tab. 5). Wierzchowiny należą do form rzeźby najślabej przekształcanych przez deszcze nawalne. Materiał przemieszczany jest na niewielkie odległości, przede wszystkim na skutek rozbryzgu. Znacznie silniej przeobrażane są stoki i zbocza dolin, zwłaszcza te pozbawione okrywy roślinnej. W wyniku rozwoju procesów spłukiwania – rozproszonego i liniowego – wielkość denudacji takich zboczy może być szacowana na 3–6 mm (Maruszczak, Trembaczowski 1958; Janicki, Zgłobicki w druku), a więc zaledwie tyle, ile wynosi średnia roczna denudacja uprawnych stoków lessowych (Mazur 1972). Dna suchych dolin oraz dolinek nieckowatych modelowane są zarówno przez erozję korytową i eworsję, jak również przez akumulację.

Deszcze nawalne są głównymi epizodami (obok gwałtownych roztopów), podczas których dochodzi do wynoszenia materiału poza zlewnie suchych dolin. Wydaje się jednak, że we współczesnej ewolucji omawianych form ważniejszą rolę odgrywają procesy sekularne. Mniej istotne są procesy naturalne, jak spłukiwanie czy erozja eoliczna; decydującą rolę odgrywa erozja uprawowa (agrotechniczna). Mechaniczne przemieszczanie gleby na skutek orki oraz innych narzędzi, od dawna zaliczane było do głównych procesów degradujących gleby na uprawianych stokach (Bac 1950; Pałys 1985). Zwracał na to uwagę Jahn (1968), ale dopiero w ostatnich latach erozja uprawowa doceniona została również jako samoistny znaczący proces geomorfologiczny. Coroczna orka, szczególnie ta prowadzona zgodnie ze spadkiem, powoduje przemieszczanie materiału

glebowego w dół stoku w ilości większej o rząd wielkości od procesów naturalnych (Twardy 1995; Poesen i in. 1997). W obszarach uprawianych rolniczo, występuje więc zdecydowana przewaga transportu poprzecznego materiału (zbocze → dno doliny) nad transportem podłużnym.

Na większości obszarów lessowych Wyżyny Lubelskiej (zespoły 1, 3 i 4) dochodzi zatem współcześnie do nadbudowywania den niecek i suchych dolin, a nie do ich pogłębiania, jak podaje Teisseyre (1992) dla Przedgórza Sudeckiego. Świadczą o tym profile glebowe nadbudowane deluwiami w dnach dolin (Maćik, Wojtanowicz 1977; Turski i in. 1987; Klimowicz 1993). Łagodzenie rzeźby obszarów lessowych Wyżyny Lubelskiej zostało dobrze udokumentowane wynikami wieloletnich badań (Mazur 1972; Mazur, Pałys 1985; Pałys 1985).

Maruszczak (1986) stwierdził, że człowiek swoją ingerencją spowodował uruchomienie w obszarach lessowych procesów właściwych dla klimatu półsuchego (erozja spowodowana występowaniem letnich ulew) oraz zimnego, peryglacjalnego (spłukiwanie i soliflukcja podczas roztopów – „tundrowienie” krajobrazu). Na obszarach lessowych Wyżyny Lubelskiej – poza wąwozami i obszarami leśnymi – procesy naturalne nie odgrywają jednak dominującej roli. O kierunku przekształcania rzeźby decyduje erozja agrotechniczna, przypominająca w skutkach działanie soliflukcji w klimacie zimnym.

#### LITERATURA

- B a c S., 1950, *Wpływ pracy pługa na przemieszczanie gleb*, Roczn. Nauk Roln., 54, PWRiL, s. 61–80.
- B u r a c z y ń s k i J., 1992, *Rozwój wąwozów na Roztoczu Gorajskim w ostatnim tysiącleciu*, Annales UMCS, sec. B, 44/45, s. 95–104.
- B u r a c z y ń s k i J., D o l e c k i L., H a r a s i m i u k M., H e n k i e l A., M a r u s z c z a k H., W o j t a n o w i c z J., 1983, *Geomorphological development of loess scarps in the Lublin Upland, south-eastern Poland*, Studies in Quaternary Geomorphology, Internat. Symp., Senes Geo Books, Norwich, s. 125–133.
- B u r a c z y ń s k i J., W o j t a n o w i c z J., 1971, *Przebieg i skutki gwałtownej ulewy w Dzierzkowicach na Wyżynie Lubelskiej*, Biul. Lub. Tow. Nauk., sec. D, 12, s. 61–68.
- 1974, *Rozwój wąwozów lessowych w okolicy Dzierzkowic na Wyżynie Lubelskiej pod wpływem gwałtownej ulewy w czerwcu 1969 roku*, Annales UMCS, sec. B, 26, s. 135–168.
- C e b u l a k E., N i e d ź w i e d ź T., 1997, *Ekstremalne zjawiska opadowe w dorzeczu górnej Wisły w latach 1995–1996*, [w:] *Materiały Seminarium Geomorfologiczny i sedimentologiczny zapis powodzi – teraźniejszość, przeszłość*, Kraków, 21–22 maja 1997, s. 3–5.
- C e g ł a J., 1960, *Obserwacje nad rozwojem form erozyjnych w obrębie lessowej krawędzi Wyżyny Lubelskiej*, Annales UMCS, sec. B, 13, s. 63–85.
- C h a ł u b i ń s k a A., W i l g a t T., 1954, *Podział fizjograficzny województwa lubelskiego*, [w:] *Przewodnik V. Ogólnopolskiego Zjazdu PTG*, Lublin, s. 3–44.
- C h o m i c z K., 1951, *Ulewy i deszcze nawalne w Polsce*, Wiad. Służby Hydrolog. i Meteorol., 2, 3, s. 5–88.
- C i e p i e l o w s k i A., D ą b k o w s k i L., 1968, *Wezbranie małych dopływów Wojstawki w dniu 28. V. 1965 roku*, Pr. i Studia. Kom. Gosp. Wodn. i Surowc., 9, s. 289–298.



- Czyżowska E., 1996, *Skutki geomorfologiczne i sedimentologiczne gwałtownej ulewy w dolinie Kalinki 15 września 1995 r. (Wyżyna Miechowska)*, Przegł. Geol., 44, 8, s. 813–816.
- Dębski K., 1958, *Odptyw z deszczu nawalnego we wsi Piaski Szlacheckie pod Krasnym-stawem w czerwcu 1956 roku*, Gosp. Wodna, 18, 8, s. 339–342.
- 1970, *Hydrologia*, Wyd. Arkady, Warszawa.
- Dwucet K., Śnieszko Z., 1996, *Redepozycyjna transformacja lessów i gleb nalessowych po gwałtownej ulewie w dniu 15 września 1995 r. na Wyżynie Miechowskiej*, Przegł. Geol., 44, 8, s. 790–792.
- Froehlich W., 1982, *Mechanizm transportu fluwialnego i dostawy zwierzelin do koryta w górskiej zlewni fliszowej*, Prace Geogr. IGiPZ PAN, 143.
- Froehlich W., Słupik J., 1986, *Rola dróg w kształtowaniu spływu i erozji w karpackich zlewniach fliszowych*, Przegł. Geogr., 58, 1–2, s. 67–87.
- Gardziel Z., Harasimiuk M., Rodzik J., 1996, *Dynamika procesów geomorfologicznych w zlewni Grodarza i związane z nimi zagrożenia dla Kazimierza Dolnego*, [w:] *Materiały konferencji Małopolski Przełom Wisły – walory, zagrożenia, ochrona*, Kazimierz Dolny, 18–20 września 1996 r., s. 21–31.
- Gerlach T., 1976, *Współczesny rozwój stoków w polskich Karpatach fliszowych*, Prace Geogr. IGiPZ PAN, 122.
- Gil E., 1986, *Rola użytkowania ziemi w przebiegu spływu powierzchniowego i splukiwania na stoku fliszowym*, Przegł. Geogr., 58, 1/2, s. 51–65.
- Górnjak A., 1982, *Skutki gwałtownej ulewy w okolicach Krasnego na Działach Grabowieckich (23. VIII. 1980)*, Prace Stud. Koła Nauk. Geogr., Lublin, s. 21–37.
- Jahn A., 1968, *Selektywna erozja gleb i jej znaczenie w badaniach geomorfologicznych*, Przegł. Geogr., 40, 2, s. 419–424.
- Janicki G., Gawrysiak L., Zagórski P. (w druku), *Warunki rozwoju form rzeźby terenu w wyniku gwałtownego opadu*, Czas. Geogr.
- Janicki G., Zagórski P., 1997, *Klasyfikacja i warunki rozwoju form rzeźby terenu w wyniku gwałtownego opadu*, [w:] *Materiały seminarium Geomorfologiczny i sedimentologiczny zapis powodzi – teraźniejszość, przeszłość*, Kraków 21–22 maja 1997, s. 12–14.
- Janicki G., Zglobicki W. (w druku), *Geomorfologiczne skutki ulewy w dniu 16.09.1995 r. w okolicy Garbowa na Wyżynie Lubelskiej*, Annales UMCS, sec. B, Lublin.
- Józefaciuk A., Józefaciuk Cz., 1995, *Erozja agroekosystemów*, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- Józefaciuk Cz., Józefaciuk A., 1984a, *Program zagospodarowania zlewni potoku Grodarza pod kątem ochrony miasta Kazimierza przez skutkami erozji*, [w:] *Ogólnopolskie sympozjum naukowe Melioracje przeciwerozyjne podstawą racjonalnego użytkowania terenów wyżynnych*, Puławy, 12–14.09.1984 r., s. 5–15.
- 1984b, *Sadownicze zagospodarowanie erodowanych terenów lessowych na przykładzie PGR Olszanka*, [w:] *Ogólnopolskie sympozjum naukowe Melioracje przeciwerozyjne podstawą racjonalnego użytkowania terenów wyżynnych*, Puławy, 12–14.09.1984 r., s. 45–73.
- 1988, *Ocena różnych metod zabudowy wąwozów lessowych. II. Zabudowa zbiornikami kolmatacyjnymi*, Prace IUNG, Pam. Puł., 91, s. 171–184.
- Józefaciuk Cz., Józefaciuk A., Nowocień E., Rubaj J., 1996, *Ocena sadowniczego zagospodarowania silnie urzeźbionych gruntów lessowych na przykładzie obiektu Olszanka*, [w:] *Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe Ochrona agroekosystemów zagrożonych erozją*, Puławy, 11–13 września 1996, cz. 1, s. 229–243.
- Kaszewski B. M., Mrugała S., Warakowski W., 1995, *Klimat. T. 1: Temperatura powietrza i opady atmosferyczne na obszarze Lubelszczyzny (1951–1990)*, [w:] *Środowisko przyrodnicze Lubelszczyzny*, Lub. Tow. Nauk., Lublin.
- Klimowicz Z., 1993, *Zmiany pokrywy glebowej w obszarze utworów lessowych i lessowatych w zależności od okresu użytkowania i rzeźby terenu*, Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin.

- Kondracki J., 1988, *Geografia fizyczna Polski*, Wyd. VI, PWN, Warszawa.
- Lorenc H., 1997, *Bezpośrednie przyczyny, wielkości i skutki katastrofalnych opadów w lipcu 1997 w Polsce*, [w:] Materiały sympozjum jubileuszowego *Ekstremalne zjawiska meteorologiczne, hydrologiczne i oceanograficzne*, Warszawa, 12–14 listopada 1997, s. 71–78.
- Majer J., 1862, *Literatura fizyografii ziemi polskiej*, Roczn. Tow. Nauk. Krak., 30, Kraków.
- Maruszczak H., 1952, *Stan i zmiany lesistości województwa lubelskiego w latach 1830–1930*, Annales UMCS, sec. B, 5, s. 109–179.
- 1958, *Charakterystyczne formy rzeźby obszarów lessowych Wyżyny Lubelskiej*, Czas. Geogr., 29, s. 335–354.
- 1961, *Le relief des terrains de loess sur le Plateau de Lublin*, Annales UMCS, sec. B, 15, s. 93–122.
- 1972, *Wyżyny Lubelsko-Wołyńskie*, [w:] *Geomorfologia Polski*, t. 1, Warszawa, s. 340–384.
- 1973, *Erozja wąwozowa we wschodniej części pasa wyżyn południowopolskich*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., z. 151, s. 15–30.
- 1986, *Tendencje sekularne i zjawiska ekstremalne w rozwoju rzeźby małopolskich wyżyn lessowych w czasach historycznych*, Czas. Geogr., 57, 2, s. 271–282.
- Maruszczak H., Michalczyk Z., Rodzik J., 1988, *Warunki geomorfologiczne i hydrogeologiczne rozwoju denudacji w dorzeczu Grodarza na Wyżynie Lubelskiej*, Annales UMCS, sec. B, 39 (1984), s. 117–145.
- Maruszczak H., Rodzik J., Świeca A., 1992, *Denudacja mechaniczna i chemiczna we wschodniej części pasa wyżyn południowopolskich*, [w:] *System denudacyjny Polski*, Prace Geogr. IGiPZ PAN, 155, s. 105–133.
- Maruszczak H., Trembaczowski J., 1958, *Geomorfologiczne skutki gwałtownej ulewy w Piaskach Szlacheckich koło Krasnegostawu*, Annales UMCS, sec. B, 11, s. 129–168.
- Mazur Z., 1960, *Określenie natężenia erozji wodnej na terenie lessowym Zakładu Rolno-Doświadczalnego Elizówka*, Annales UMCS, sec. E, 13, s. 145–193.
- 1971, *Erozja wodna gleb w zlewni Gorajca*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 119, s. 47–65.
- 1972, *Zmiany rzeźby uprawnych zboczy lessowych w Elizówce*, Annales UMCS, sec. E, 27, s. 169–180.
- Mazur Z., Pałys S., 1985, *Wpływ erozji wodnej na morfologię i zmienność pokrywy glebowej terenów lessowych*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 292, s. 21–37.
- 1991, *Natężenie erozji wodnej w małych zlewniach terenów lessowych Wyżyny Lubelskiej w latach 1986–1990*, [w:] *Erozja gleb i jej zapobieganie*, Wyd. AR, Lublin, s. 63–78.
- Mąciak M., Wojtanowicz J., 1977, *Z badań nad denudacją w dorzeczu Górnej Czechówki (Wyżyna Lubelska)*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 193, s. 101–121.
- Michalczyk Z., 1984, *Charakterystyka stosunków wodnych dorzecza Grodarza*, [w:] *Przewodnik Ogólnopolskiego Zjazdu PTG*, Lublin, 13–15 IX 1984, cz. 2, s. 125–130.
- 1986, *Warunki występowania i krążenia wód na obszarze Wyżyny Lubelskiej i Rostocza*, Rozprawa habilitacyjna, UMCS, Lublin.
- Michałowski M., 1962, *Burze atmosferyczne w Lublinie*, Annales UMCS, sec. B, 17, s. 307–324.
- Mikulski Z., 1954, *Katastrofalne powódzie w Polsce*, Czas. Geogr., 25, 4, s. 380–396.
- Miszczak A., 1960, *Komasacja gruntów jako czynnik potęgujący erozję gleb*, Czas. Geogr., 31.
- Nowocien E., 1996, *Dynamika rozwoju wąwozów drogowych na obszarach lessowych*, Prace IUNG, Pam. Puł., 107, s. 101–111.
- Pałys S., 1985, *Zmiany w rzeźbie i pokrywie glebowej w terenie lessowym objętym zabiegami przeciwerozijnymi*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 292, s. 38–63.
- 1996, *Wpływ użytkowania na natężenie erozji wodnej gleb w małych zlewniach lessowych na Wyżynie Lubelskiej*, [w:] *Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe Ochrona agroekosystemów zagrożonych erozją*, Puławy, 11–13 września 1996, cz. 1, s. 75–84.
- Parczewski W., 1960, *Warunki występowania nagłych wezbrań na małych ciekach*, Wiac. Służby Hydrolog. i Meteorol., 8, 3.

- Poesen J., W., van Wesemael B., Martinez-Fernandez J., Govers G., 1997, *The plough as a geomorphic agent: intensities and consequences of tillage erosion in Mediterranean environments*. Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria. Supplemento III – 1997, t. 1, s. 313–314.
- Reniger A., 1959, *Erozja gleb w okresie ulew i spływów wód wiosennych w zależności od przebiegu pogody*, Roczn. Nauk Roln., 73, F-4, s. 599–641.
- Rodzick J., 1984, *Natężenie współczesnej denudacji w silnie urzeźbionym terenie lessowym w okolicy Kazimierza Dolnego*, [w:] Przewodnik Ogólnopolskiego Zjazdu PTG, Lublin, 13–15 IX 1984, cz. 2, s. 125–130.
- 1998, *Drogowe wały deluwialne i ich rola w rzeźbie obszarów lessowych*, [w:] IV Zjazd Geomorfologów Polskich, 3–6 czerwca 1998 r., I, Referaty i komunikaty, s. 429–431.
- Rodzick J., Janicki G., Zgłobicki W., 1996, *Reakcja agroekosystemu zlewni lessowej na epizodyczny spływ podczas gwałtownej ulewy*, [w:] Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe Ochrona agroekosystemów zagrożonych erozją, Puławy, 11–13 września 1996, cz. 1, s. 201–213.
- Rodzick J., Zgłobicki W., 1998, *Współczesne procesy rzeźbotwórcze w północno-wschodniej części Roztocza Szczebrzeszyńskiego*, [w:] IV Zjazd Geomorfologów Polskich, 3–6 czerwca 1998 r., III, Przewodnik wycieczkowy, s. 105–112.
- Sadurska E., Maruszcak H., 1982, *Zmiany natężenia denudacji mechanicznej w górnej części dorzecza Bystrej na Wyżynie Lubelskiej w dwudziestolecie 1952–1971*, Prace IUNG, Pam. Puł., 78, s. 27–47.
- Slupik J., 1973, *Zróżnicowanie spływu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich*, Dok. Geogr. IG PAN, 2.
- Starkel L., 1977, *Paleogeografia holocenu*, PWN, Warszawa.
- 1986, *Rola zjawisk ekstremalnych i procesów sekularnych w ewolucji rzeźby (na przykładzie fliszowych Karpat)*, Czas. Geogr., 57, 2, s. 203–213.
- 1996, *Geomorphic role of extreme rainfalls in the Polish Carpathians*, Studia Geomorph. Carpato-Balcan., 30, s. 18–34.
- Starkel L. (red), 1997, *Rola gwałtownych ulew w ewolucji rzeźby Wyżyny Miechowskiej (na przykładzie ulewy w dniu 15 września 1995 roku)*, Dok. Geogr., 8.
- Stopa M., 1962, *Burze w Polsce*, Prace Geogr. IG PAN, 34.
- Śnieszko Z., 1995, *Ewolucja obszarów lessowych Wyżyn Polskich w czasie ostatnich 15 000 lat*, Wyd. Uniw. Śl., Sosnowiec.
- Teisseyre A. K., 1992, *Epizodyczne koryta a rozwój suchych dolin w krajobrazie rolniczym*, Acta Univ. Vratisl., Prace Geol.-Mineral., 31.
- 1994, *Spływ stokowy i współczesne osady deluwialne w lessowym rejonie Henrykowa na Dolnym Śląsku*, Acta Univ. Vratisl., Prace Geol.-Mineral., 43.
- Teodorowicz-Czerepińska J., 1981, *Kazimierz Dolny (Monografia historyczno-urbanistyczna)*, Towarzystwo Przyjaciół Kazimierza, Kazimierz.
- Turski R., Paluszek J., Słowińska-Jurkiewicz A., 1987, *Wpływ erozji na fizyczne właściwości gleb wytworzonych z lessu*, Roczn. Gleb., 38, 1, s. 37–49.
- Turski R., Uziak S., Zawadzki S., 1993, *Gleby. Środowisko przyrodnicze Lubelszczyzny*, Lub. Tow. Nauk., Lublin.
- Twardy J., 1995, *Dynamika denudacji holocenińskiej w strefie krawędziowej Wyżyny Łódzkiej*, Acta Geogr. Lodz., 69.
- Walawender A., 1932, *Kronika klęsk elementarnych w Polsce i krajach sąsiednich w latach 1450–1586*, [w:] *Badania z dziejów społecznych i gospodarczych*, (red. F. Bujak), I, Lwów.
- Ziemnicki S., 1956, *Skutki deszczu nawalnego we wsi Piaski Szlacheckie pod Krasnymstawem*, Gosp. Wodna, 16, 11, s. 476–480.
- 1960, *Zmiany urzeźbienia terenu w Stawinie pod wpływem zabiegów przeciwoerozyjnych w latach 1948–1958*, Roczn. Nauk Roln., 74, F-2, s. 375–396.

- 1966, *Zastosowanie stopnia skrzynkowego do umacniania dna wąwozów na przykładzie wąwozu w Opoce Dużej*, Wiad. IMUZ, 5, 4.
- 1968, *Melioracje przeciwerozojne*, PWRiL, Warszawa.
- Z i e m n i c k i S., M a z u r Z., P a ł y s S., 1975, *Rozwój wąwozu lessowego na Kwaskowej Górze*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 170, s. 7–24.
- Z i e m n i c k i S., N a k l i c k i J., 1971, *Stan i rozwój trzech wąwozów na Wyżynie Lubelskiej*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 119, s. 23–45.
- Z i e m n i c k i S., O r l i k T., 1971, *Charakterystyka okresowych spływów z falistej zlewni lessowej*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 119, s. 7–22.
- Z i e m n i c k i S., R e p e l e w s k a - P ę k a ł o w a J., 1975, *Studium geomorfologiczne wąwozu lessowego (Dzierzkowice-Góry, Wyżyna Lubelska)*, Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 170, s. 25–50.
- Z i e m n i c k i S., W ę g o r e k T., K u c y p e r J., 1979, *Zabudowa techniczna i roślinna wąwozu (Opoka Duża)*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 222, s. 169–187.
- Z i n k i e w i c z W., M i c h n a E., 1956, *Częstotliwość występowania gradów w województwie lubelskim w zależności od warunków fizjograficznych*, Annales UMCS, sec. B, 10, (1955), s. 223–295.
- Z i n k i e w i c z W., Z i n k i e w i c z A., 1973, *Stosunki klimatyczne województwa lubelskiego*, Annales UMCS, sec. B, 28, 139–202.
- 1975, *Atlas klimatyczny województwa lubelskiego 1951–1960*, Lub. Tow. Nauk., Lublin.

## HEAVY RAINFALLS IN THE LUBLIN UPLAND AND THEIR EFFECT ON RELIEF OF LOESS AREAS

### S u m m a r y

Heavy rainfalls are one of most important factors affecting relief transformations. Great intensity (>1 mm/min) and amount (several dozen mm) of precipitation cause impetuous flow and strong erosion. Loessy areas of the Lublin Upland belong to those favouring occurrence of heavy rainfalls (Tab. 1), which usually occur in zone of loess scarps building up sides of valleys (Fig. 1). Scarps dividing areas with different thermic and moisture conditions create and force vertical air currents, and thus help atmospheric circulation factors.

Heavy rainfalls cause hydrological and geomorphological results comparable with effects of floods in river valleys. It is conditioned by the fact that the denudation system of the Lublin Upland is not suitable for great surface runoff (Tab. 2). Man's activities cause flow concentration where bedrock has small resistance (road ravines, foots of cultivation scarps). It could generate development of gullies (Fig. 2).

Rain splash, sheet and linear washing are dominant surface processes (Tab. 3). Intensity of these processes is strongly dependent on ground resistance, that is on character of vegetation (kind of crops) and its growth stage. Flow concentration results in rill, channel and gully erosion. Development of these processes leads to rise of typical sets of erosion forms: rills, main rills, episodic channels, dissections and potholes (Fig. 3). The largest erosion forms can be several meters deep and wide.

Water erosion causes the greatest effects in a complex of loess relief with steep slopes and sides with high relative relief (Tab. 5), where erosion-denudation dry valleys and gullies occur (Fig. 3), and development of new gullies can be initiated. In such instance denudation index can reach a dozen thousands of t/km<sup>2</sup>, i. e. can exceed mean annual value many times.

Eroded material is accumulated as deluvial fans at pediments and as proluvial fans at floors of main valleys (Tab. 4). Deposition of material in form of accumulation covers is forced by obstacles impeding flow (for example embankments and deluvial road ramparts) (Fig. 3). The greatest accumulation covers occupy areas over 1 ha and reach thickness of

10–20 cm. Both intensive accumulation and in places strong erosion can occur in floors of valleys. It is highly dependent on conditions created by man's activity (Fig. 2)

Nowadays, in most of loess areas in the Lublin Upland bottoms of trough-like denudation valleys and of erosion-denudation dry valleys are rather built up, and not deepened. New, erosion forms of relief are short-lived, while fans and accumulation covers are stable. In denudation systems of dry valleys (except gullies) transverse transport is more important than longitudinal one.

*Translated by Maria Wilgat*

Adresy Autorów:

dr Jan Rodzik  
Roztoczańska Stacja Naukowa

mgr Grzegorz Janicki  
Zakład Geografii Fizycznej i Paleogeografii

mgr Piotr Zagórski  
Zakład Geomorfologii

mgr Wojciech Zgłobicki  
Zakład Geologii

Instytut Nauk o Ziemi  
Uniwersytet im. Marii Curie-Skłodowskiej  
ul. Akademicka 19  
20-033 Lublin

STEFAN WITOLD ALEXANDROWICZ

## TANATOCENOZY MUSZLOWE OSADÓW POWODZIOWYCH W IMBRAMOWICACH KOŁO KRAKOWA

### WSTĘP

W maju 1996 roku na Wyżynie Krakowskiej miała miejsce nawalna ulewa, która spowodowała powodziowe wezbranie w dolinach Prądnika, Dłubni i kilku innych rzek drenujących Płaskowyż Ojcowski. Fala powodziowa pokryła terasy zalewowe, powodując miejscami znaczne zniszczenia. Nastąpiła również akumulacja żwirów, piasków i utworów pylastych oraz materiału organicznego, złożonego głównie z fragmentów drewna, gałęzi i detrytusu roślinnego z domieszką skorupek mięczaków. Stosunkowo obfite nagromadzenia szczątków fauny zostały znalezione w Imbramowicach (około 25 km na N od Krakowa), zarówno w dolinie Dłubni, jak też na dnie suchej, okresowo odwadnianej dolinki, obramowanej skałkami wapiennymi, a określanej jako Dolinka Imbramowicka lub Wąwóz pod Ostryszem. Odsypy obfitujące w skorupki ślimaków i małżów utworzyły się głównie na zakolach rzeki, po zewnętrznych stronach ich dystalnych części, a także w miejscach nierównomiernie porośniętych krzewami i kępami drzew. Opisywane zespoły mięczaków reprezentują tanatocenozy parautochtoniczne, złożone niemal wyłącznie ze skorupek deponowanych po stosunkowo krótkim transporcie. Element autochtoniczny w ogóle w nich nie występuje bądź stanowi jedynie bardzo nieznaczną domieszkę, toteż asocjacje te mogą być określone jako allocenozy lub wyjątkowo – jako miksocenozy (Alexandrowicz 1987a).

Badania nad malakofauną współcześnie tworzących się odsypów rzecznych są słabo zaawansowane, aczkolwiek z wielu stanowisk cytowane były asocjacje bardzo bogate, tak pod względem ilości gatunków jak i osobników (Kotula 1882; Geyer 1908; Clessin 1908a, b, 1911; Czogler, Rotarides 1938; Klemm 1973; Körnig 1987). Skorupki mięczaków były zazwyczaj kolekcjonowane i oznaczane w ramach regionalnych studiów malakologicznych, a wnioski wynikające z tych badań ograniczały się na ogół do stwierdzania obecności poszczególnych gatunków na obszarze dorzecza, powyżej miejsca występowania nagromadzeń materiału muszlowego. Dane takie były użyteczne głównie dla opracowywania map zasięgu gatunków. Interpretacje zmierzające do określenia relacji pomiędzy ska-

dem i strukturą tanatocenozy a warunkami jej akumulacji i charakterem środowiska na obszarze alimentacyjnym były podejmowane jedynie sporadycznie (Wasmund 1926; Zeissler 1963; Puissegur 1976; Alexandrowicz 1991, 1997). Metody opracowywania takich materiałów nie są jeszcze należycie określone, ale niektóre z nich były już parokrotnie prezentowane przez autora (Alexandrowicz 1987a, 1995). Wyniki omawianych badań mogą być bardzo użyteczne i pomocne przy interpretowaniu subfosalnych zespołów mięczaków, występujących w czwartorzędowych osadach fluwialnych. Podobne studia, dotyczące współcześnie tworzących się tanatocenz i tafocenz karpologicznych, są prowadzone od około 15 lat, a ich rezultaty były publikowane przez Pelca (1983), Cabaja, Pelca (1986, 1991) i Cabaja (1993).

Opracowanie malakofauny osadów powodziowych, które w wyniku krótkotrwałej ulewy utworzyły się w okolicach Imbramowic, zostało podjęte w ramach tematu badań własnych AGH (10.140.551), realizowanego w Katedrze Stratygrafii i Geologii Regionalnej tej uczelni. Stanowi ono część składową programu badawczego obejmującego studia tafonomiczne, zmierzające do wyjaśnienia mechanizmów i warunków depozycji materiału muszlowego i formowania się zespołów mięczaków o określonym składzie i swoistej strukturze, odzwierciedlających charakter i zróżnicowanie środowiska na dnie doliny i obrzeżających ją stokach.

## MATERIAŁ I METODY

Próbki do badań malakologicznych były kolekcjonowane w okresie 2–9 tygodni po przejściu fali powodziowej. Są to trzy próby zbiorcze (po 10 próbek jednostkowych każda) i pięć próbek pojedynczych (ryc. 1). Dwie próby zbiorcze pochodzą z dna suchej doliny. Jedna z nich reprezentuje duży odsyp utworzony pomiędzy dwoma zakrętami osi doliny, w miejscu zatamowania odpływu wody przez kępy krzewów i drzew oraz zatrzymane na nich gałęzie i bloki skalne (A-I). Druga próba zbiorcza była kolekcjonowana z odsypu liniowego, ciągnącego się na odcinku około 500 m (A-1–10). W dolinie Dłubni między Iwanowicami a Imbramowicami zostały pobrane próby pojedyncze (B-1–5) oraz jedna próba zbiorcza, charakteryzująca największy odsyp materiału organogenicznego, niepotkany na lewym brzegu rzeki około 1,5 km na zachód od centrum Imbramowic (B-I).

Pobrane w terenie próbki po wysuszeniu były rozsiewane na kilka frakcji, co znacznie ułatwiło dokładne przebranie materiału muszlowego. Analiza malakologiczna została przeprowadzona z zastosowaniem podstawowych metod opisanych przez Łózka (1964) i przez autora (Alexandrowicz 1987a, 1995). Ilość okazów każdego taksonu była określana na podstawie schematu uwzględniającego zarówno całe skorupki, jak też ich ułamki. Gatunkowe i osobnicze spektra malakologiczne MSS i MSI zostały zestawione zarówno dla próbek zbiorczych, jak też jednostkowych z uwzględnieniem 5 grup ekologicznych według schenatu

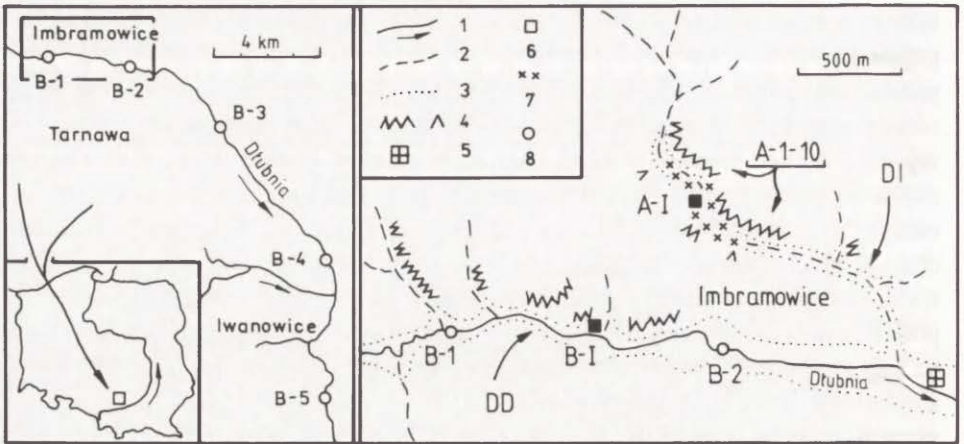
uproszczonego, zastosowanego przez autora (Alexandrowicz 1992). Są to następujące grupy: F – ślimaki cieniolutne, O – ślimaki środowisk otwartych, M – gatunki mezofilne, H – gatunki wilgociolubne, W – mięczaki wodne. Obliczone zostały również trzy wskaźniki różnorodności zespołów mięczaków: podstawowy – TDA, uproszczony – STL i index Shannona – SHI. W próbkach zbiorczych wyznaczono stałość i dominację (C i D) każdego taksonu w zespołach, określające strukturę asocjacji, a zarazem pozwalające na wskazanie gatunków dominujących, towarzyszących i akcesorycznych. Obliczone zostały ponadto wskaźniki zróżnicowania fauny w zespołach zbiorczych, umożliwiające ocenę podobieństwa składu poszczególnych zespołów jednostkowych, składających się na całą asocjację. Odpowiedni index, zdefiniowany przez autora jako ADI (Alexandrowicz 1987a), jest przekształconą formą wskaźnika zaproponowanego przez Kocha (Reyment 1971). Tanatocenozy z osadów powodziowych były także porównywane z malakofauną żyjącą na zboczach doliny i z tanatocenozy znajdującymi w osadach stokowych, występujących w bezpośrednim sąsiedztwie badanych stanowisk.

#### TANATOCENOZY W DOLINCE IMBRAMOWICKIEJ

Sucha dolina uchodząca w Imbramowicach do doliny Dłubni ma około 2 km długości. Od strony południowej jej nieckowate dno przechodzi stopniowo w łagodnie nachylone zbocze, natomiast lewy brzeg jest ograniczony stromym, częściowo skalistym stokiem wznoszącym się na wysokość około 30 m. W górnym odcinku dno dolinki jest porośnięte kępami krzewów i młodych drzew, natomiast w odcinku dolnym jest ono na całej szerokości zajęte przez łąki i pola uprawne. Tylko w najniższej części zaznacza się płytki, niemal prostolinijnie przebiegający wciós, ukształtowany jako koryto okresowo, ale okresowo funkcjonujący potoku.

W wyniku krótkotrwałej, bardzo obfitej ulewy przepływ pojawił się na całej długości suchej doliny, a pozostały po nim zarówno formy erozyjne jak też osady mineralne i organogeniczne. W górnym, skalistym odcinku doliny utworzyły się płytkie koryta erozyjne o przebiegu prostolinijnym oraz zakola o wyraźnie podciętych zewnętrznych brzegach. Formy te mają nierówne dno i są wycięte w pylastych i piaszczystych madach, zawierających domieszkę żwirów wapiennych. Występują tu także odsypy materiału organicznego, złożone z fragmentów gałęzi, drewna i listowia, z nieznaczną domieszką okruchów skalnych i drobnego materiału mineralnego. Odsypy te formowały się wśród kęp krzewów i drzew oraz na zakrętach koryt erozyjnych, zwłaszcza za lokalnymi przegrodami, takimi jak leżące pnie drzew lub duże bloki skalne. Mają one zwykle kształt wydłużonych soczewek, wykazujących nieciągłe, linijne ułożenie (ryc. 1, A-1-10). Między dwoma zakrętami doliny za kępą krzewów utworzył się duży odsyp punktowy w kształcie stogu o owalnym zarysie, wysokości dochodzącej do jednego metra i kilkumetrowej średnicy. W części spagowej był on złożony z gałęzi





Ryc. 1. Położenie terenu badań, lokalizacja stanowisk opisanych w tekście

DI – Dolinka Imbramowicka, DD – dolina Dłubni, 1 – koryto rzeki (Dłubnia), 2 – oś suchej doliny (Dolinka Imbramowicka), 3 – dno doliny, 4 – skałki wapienne, 5 – klasztor w Imbramowicach, 6 – odsypy punktowe (A-I, A-II), 7 – próbki z odsypu liniowego (A-1-10), 8 – próbki z odsypów punktowych w dolinie Dłubni (B-1, B-5), A-B – symbole próbek opisanych w tekście

Situation of the area investigated, distribution of sites described in the text

DI – Imbramowice Dry Valley, DD – Dłubnia River Valley, 1 – channel of the Dłubnia River, 2 – dry valley line Imbramowice, 3 – bottom of the valley, 4 – limestone tors, 5 – monastery in Imbramowice, 6 – point accumulations (A-I, A-II), 7 – samples row accumulation (A-1-10), 8 – samples from accumulations in the Dłubnia Valley (B-1, B-5), A-B – samples described in the text

i fragmentów o znacznych rozmiarach, a w części stropowej – z średnio- i drobnoziarnistego detrytusu organicznego z nieznaną domieszką materiału mineralnego (ryc. 1, A-I).

W dolnym odcinku Dolinki Imbramowickiej, poniżej pasa skałek wapiennych, na nieckowatym dnie doliny, formy erozyjne nie wykształciły się, natomiast łąki i pola uprawne zostały miejscami pokryte płatami pylasto-piaszczystych osadów. Podobne osady pojawiły się u wylotu krótkiego, lewobrzeźnego odgałęzienia. Nie utworzyły się tu natomiast odsypy materiału organicznego.

Zespół mięczaków znaleziony w odsypie liniowym obejmuje 29 taksonów reprezentowanych przez 2365 osobników (ryc. 1, A-1-10, tab. 1). Elementem dominującym jest tu *Vallonia pulchella*. Gatunek ten osiąga maksymalne wartości wskaźników stałości i dominacji (C-D = 5-5), a udział jego skorupki w zespole przekracza 55%. Trzy gatunki ślimaków wykazują wysokie wartości tych wskaźników (C-D = 5-3), a są to: *Cochlicopa lubrica*, *Carychium minimum*

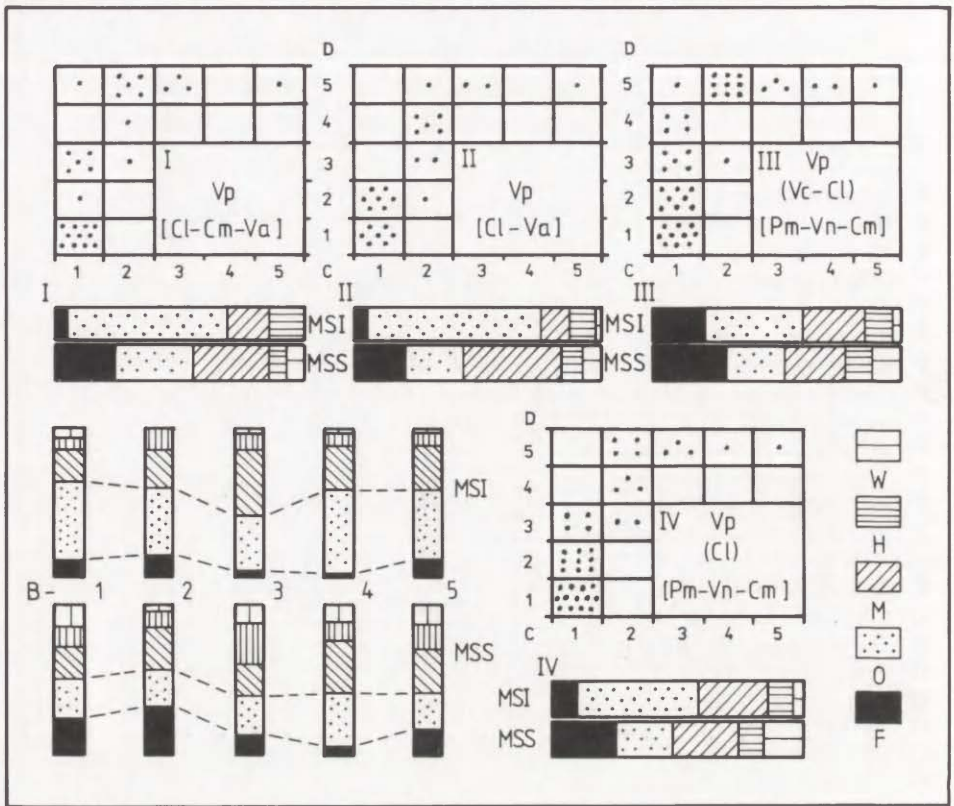
E – grupy ekologiczne mięczaków (symbole objaśnione na ryc. 2), L – stanowiska (symbole objaśnione na ryc. 1); liczebność okazów: I – 1-3, II – 4-9, III – 10-31, IV – 32-99, V – 100-316, VI – 317-999

E – ecological groups of molluscs (explanations as in fig. 2), L – localities (explanation as in fig. 1); number of specimens: I – 1-3, II – 4-9, III – 10-31, IV – 32-99, V – 100-316, VI – 317-999

## Zespoły mięczaków tworzące tanatocoenozy w Dolinie Imbramowickiej i w dolinie Dłubni

Assemblages of molluscs forming thanatocoenoses in the Imbramowice Valley  
and in the Dłubnia River Valley

E	Taxon	L		A - I			A - II			B - I			D B N				
		C	D	N	C	D	N	C	D	N	II	I2	I3	I4	I5		
F	<i>Orcula doliolum</i> (Brug.)							4	1	III	I	I					
F	<i>Discus rotundatus</i> (Fer.)							2	1	II							
F	<i>Vitrea diaphana</i> (Stud.)	1	1	I	2	1	II	5	2	IV	I	II					
F	<i>Vitrea crystallina</i> (Müll.)							5	4	VI	III	III	I		II		
F	<i>Aegopinella pura</i> (Alder)	3	2	III	3	2	III	3	2	IV	II						
F	<i>Aegopinella minor</i> (Stab.)	5	2	IV	4	2	IV	5	2	IV		II	I				
F	<i>Aegopinella nitidula</i> (Drap.)							1	1	I							
F	<i>Oxychilus depressus</i> (Sterki)	1	1	I				2	1	II							
F	<i>Alinda biplicata</i> (Mont.)	3	1	II	2	1	I	5	2	IV	II	II			III		
F	<i>Bradybaena fruticunda</i> (Müll.)											I					
F	<i>Perforatella incarnata</i> (Müll.)	3	1	II	2	1	I	5	2	IV	I	II		II	I		
F	<i>Perforatella vicina</i> (Rossm.)							2	1	II							
F	<i>Isognomostoma isognomostoma</i> (Schr.)							1	1	II	I	I					
F	<i>Helix pomatia</i> (L.)	1	1	I				1	1	I	I						
O	<i>Cochlicopa lubricella</i> (Porro)	1	1	I	1	1	I	2	1	III	II						
O	<i>Truncatellina cylindrica</i> (Fer.)	1	1	I				1	1	II					I		
O	<i>Vertigo pygmaea</i> (Drap.)	4	2	IV	3	2	III	5	2	IV	I	I		I	I		
O	<i>Pupilla muscorum</i> (L.)	5	2	V	4	2	III	5	3	V	III	III	I	III	III		
O	<i>Vallonia pulchella</i> (Müll.)	5	5	VI	5	5	VI	5	5	VI	V	IV	III	IV	IV		
O	<i>Vallonia costata</i> (Müll.)	1	1	II	2	2	III	5	2	IV	II	I	II	II	I		
O	<i>Chondrula tridens</i> (Müll.)							1	1	I	I						
O	<i>Oxychilus inopinatus</i> (Ul.)	1	1	I				1	1	I							
O	<i>Cecilioides acicula</i> (Müll.)	3	1	III	2	1	II	5	2	V	II	II	I	II	I		
O	<i>Helicella obvia</i> (Menke)	2	1	II	2	1	I	2	1	II	I	I					
M	<i>Carychium tridentatum</i> (Risso)	4	1	III	1	1	I	3	1	III	II	II					
M	<i>Succinea oblonga</i> Drap.							1	1	I							
M	<i>Cochlicopa lubrica</i> (Müll.)	5	3	V	5	3	IV	5	4	VI	IV	III	III	IV	III		
M	<i>Columella edentula</i> (Drap.)	1	1	II	2	1	II	2	1	II	I						
M	<i>Vertigo alpestris</i> Alder				1	1	I										
M	<i>Vertigo angustior</i> Jeffr.	5	4	II	4	2	III										
M	<i>Punctum pygmaeum</i> (Drap.)	3	1	III	1	1	I	2	1	III				I			
M	<i>Vitrea pellucida</i> (Müll.)	3	1	II	1	1	II	3	1	III	I	I					
M	<i>Vitrea contracta</i> (West.)	5	2	IV	4	2	III	5	3	V	III	III	II	III	I		
M	<i>Nesovitrea hammonis</i> (Ström)	5	2	IV	4	2	III	5	2	V	I	I	I	I	I		
M	<i>Limacidae</i>							1	1	I		I					
M	<i>Euconulus fulvus</i> (Müll.)	1	1	II	2	1	I	4	1	III	I			I			
M	<i>Laciniaria plicata</i> (Drap.)							2	1	III		II		II	II		
M	<i>Trichia villosula</i> (Rossm.)														II		
H	<i>Carychium minimum</i> Müll.	5	3	V	5	3	IV	5	3	VI	III	III	II	III	II		
H	<i>Succinea putris</i> (L.)							3	1	III	I	I					
H	<i>Vertigo antivertigo</i> (Drap.)	5	3	V	5	2	IV	3	1	III	I	I					
H	<i>Zonitoides nitidus</i> (Müll.)							5	2	V	I	II	I	II	II		
H	<i>Perforatella rubiginosa</i> (Schmidt)							1	1	II	I		I		I		
W	<i>Valvata cristata</i> Müll.														I		
W	<i>Bythinella austriaca</i> (Frauenf.)							4	3	I	I						
W	<i>Lymnaea truncatula</i> (Müll.)	1	1	I	1	1	I	3	1	III	II						
W	<i>Anisus leucostomus</i> (Millet)	1	1	I	1	1	I	1	1	I	I		I				
W	<i>Pisidium subtruncatum</i> Malm							4	1	III	I		I		I		
W	<i>Pisidium personatum</i> Malm							5	1	IV	I	I		II	I		



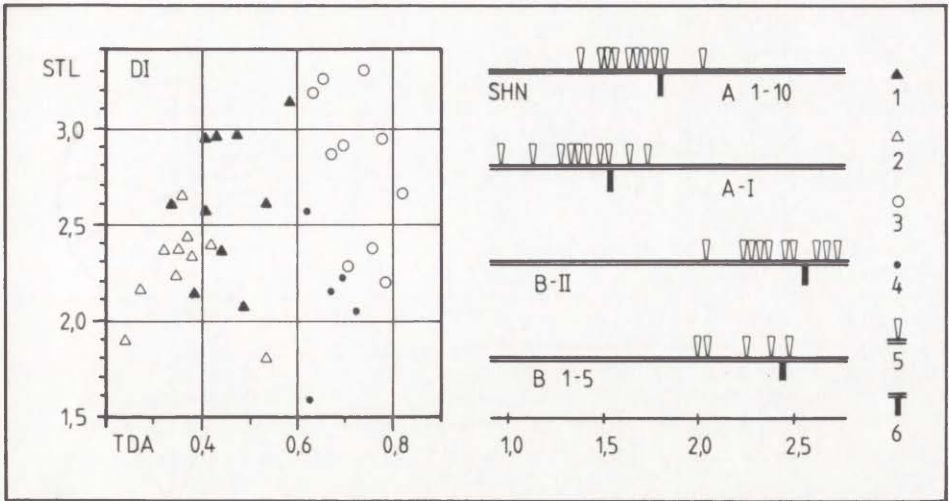
Ryc. 2. Cechy zespołów mięczaków (tanatocenoz muszlowych)

I-IV – struktury tanatocenoz, C – wskaźnik stałości, D – wskaźnik dominacji, I – Dolinka Imbramowicka, odsypy linijne, II – Dolinka Imbramowicka, odsyp punktowy, III – dolina Dłubni, odsyp punktowy, IV – dolina Dłubni, odsypy linijne, Vp – *Vallonia pulchella*, Cl – *Cochlicopa lubrica*, Vc – *Vitrea crystallina*, Va – *Vertigo antivertigo*, Cm – *Carychium minimum*, Pm – *Pupilla muscorum*, Vn – *Vitrea contracta*, MSI – spektrum malakologiczne osobnicze, MSS – spektrum malakologiczne gatunkowe F – gatunki cieniolubne, O – ślimaki preferujące środowiska otwarte, M – gatunki mezofilne, H – ślimki wilgociolubne, W – mięczaki wodne

#### Features of mollusc assemblages

I-IV – structures of thanatocenoses: C – index of constancy, D – index of dominance, I – Imbramowice Dry Valley, row accumulations, II – Imbramowice Dry Valley, point accumulation, III – Dłubnia River Valley, point accumulation, IV – Dłubnia River Valley, row accumulations, Vp – *Vallonia pulchella*, Cl – *Cochlicopa lubrica*, Vc – *Vitrea crystallina*, Va – *Vertigo antivertigo*, Cm – *Carychium minimum*, Pm – *Pupilla muscorum*, Vn – *Vitrea contracta*, MSI – malacospectrum of specimens, MSS – malacospectrum of species, F – shadow-loving snails, O – open-country species, M – mesophilous snails, H – hygrophilous snails, W – water molluscs

i *Vertigo antivertigo*. Charakterystyczną cechą struktury omawianej asocjacji jest obecność tylko jednego gatunku mieszczącego się w najwyższym przedziale dominacji (D-5) przy 10 gatunkach zaliczonych do najwyższego przedziału stałości (C-5). Do składników akcesorycznych (C-1–2/D-1) należy 12 gatunków, to jest ponad 40% całego składu fauny. Spektrum gatunkowe MSS wykazuje względnie wyrównany udział taksonów zaliczonych do grup ekologicznych F, O i M,



Ryc. 3. Wskaźniki różnorodności zespołów mięczaków tworzących tanatocoenozy w rejonie Imbramowic

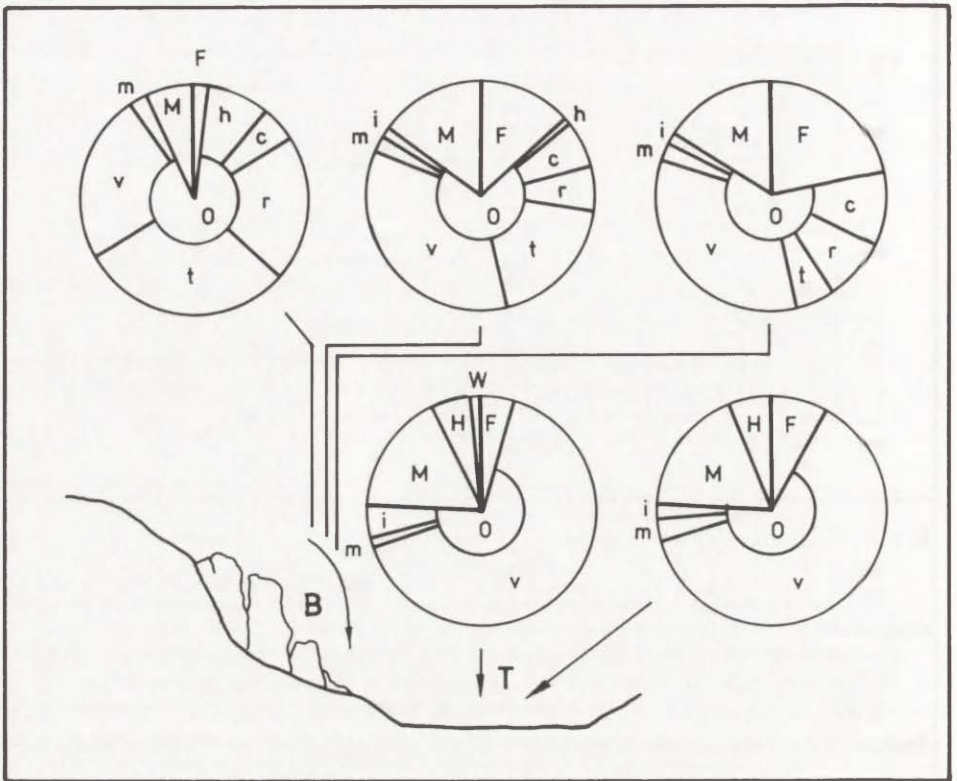
DI – diagram ilustrujący relację między wskaźnikami TDA i STL, TDA – podstawowy wskaźnik różnorodności asocjacji, STL – uproszczony wskaźnik różnorodności asocjacji, SHN – wskaźnik Shannon'a, 1 – Dolinka Imbramowicka, odsypy linijne, 2 – Dolinka Imbramowicka, odsyp punktowy, 3 – dolina Dłubni, odsyp punktowy, 4 – dolina Dłubni, odsypy linijne, 5 – tanatocoenozy, poszczególne próbki, 6 – tanatocoenozy, próbki zbiorcze

#### Indices of diversity of mollusc assemblages forming thanatocoenoses in the Imbramowice area

DI – relation between indices TDA versus STL, TDA – the main index of diversity, STL – simplified index of diversity, SHN – Shannon index of diversity, 1 – Imbramowice Dry Valley, row accumulations, 2 – Imbramowice Dry Valley, point accumulation, 3 – Dłubnia River Valley, point accumulation, 4 – Dłubnia River Valley, row accumulations, 5 – thanatocoenoses, particular samples, 6 – thanatocoenoses, composite samples

z podrzędną domieszką taksonów reprezentujących dwie pozostałe grupy, natomiast na spektrum osobniczym MSI zaznacza się zdecydowana przewaga ilościowa ślimaków typowych dla środowisk otwartych (64%) przy udziałach 14–17% ślimaków mezofilnych i wilgociolubnych (ryc. 2-I).

Stopień zróżnicowania malakofauny jest wyrażony wartościami trzech indeksów, wyznaczonych zarówno dla próbek jednostkowych, jak i dla całego zbioru. Są one zawarte w stosunkowo wąskich granicach – wskaźnik podstawowy TDA: 0,34–0,58 (0,46), wskaźnik uproszczony STL: 2,06–3,13 (4,04), wskaźnik Shannona SHN: 1,37–2,02 (1,78). Wielkości te mieszczą się w przedziale wartości niskich i średnich, co oznacza relatywnie małą różnorodność asocjacji przy obecności jednego gatunku dominującego ilościowo (ryc. 3). Zróżnicowanie fauny w całym zbiorze 10 próbek, określone przez porównanie fauny z próbek jednostkowych, zostało wyrażone przez wyznaczenie odpowiedniego wskaźnika, który przyjmuje wartość ADI = 0,50. Oznacza on stosunkowo znaczną stabilność składu całej analizowanej asocjacji zbiorczej (Reyment 1971; Alexandrowicz 1987a).



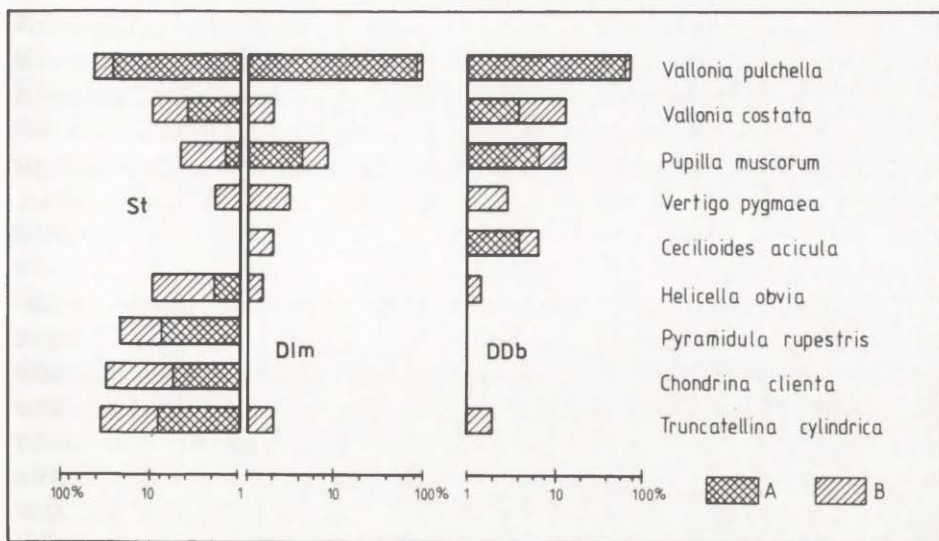
Ryc. 4. Spektre malakologiczne zespołów mięczaków (tanatocenozy) z osadów powodziowych i stokowych w Dolinie Imbramowickiej

T – stanowiska na dnie suchej doliny, B – stanowiska na stoku, F – gatunki cieniulubne, O – ślimaki środowisk otwartych, M – gatunki mezofilne, H – ślimaki wilgociolubne, W – mięczaki wodne, h – *Helicella obvia*, c – *Chondrina clienta*, r – *Pyramidula rupestris*, t – *Truncatellina cylindrica*, v – *Vallonia pulchella*, m – *Pupilla muscorum*, i – inne

Malacological spectra of mollusc assemblages (thanatocoenoses) from flood and slope sediments of the Imbramowice Dry Valley

T – localities on the valley bottom, B – localities on slopes, F – shadow-loving snails, O – open-country species, M – catholic species, H – higrophile snails, W – water molluscs, h – *Helicella obvia*, c – *Chondrina clienta*, r – *Pyramidula rupestris*, t – *Truncatellina cylindrica*, v – *Vallonia pulchella*, m – *Pupilla muscorum*, i – others

W skład malakofauny z odsypu punktowego wchodzi 1252 okazy należące do 26 taksonów, a więc przy tej samej ilości i wielkości próbek tanatocenoza ta jest dwukrotnie mniej liczna od poprzednio opisanej (ryc. 1, tab. 1, A–I). Struktura jej jest natomiast taka sama, bowiem najwyższe wartości indeksów C i D (5-5) osiąga jedynie *Vallonia pulchella*, a udział skorupki tego gatunku przekracza 65% ogólnej liczby okazów w całej zbiorczej asocjacji. Wysokie wskaźniki C–D (5-3) osiągają dwa taksony: *Cochlicopa lubrica* i *Carychium minimum*, natomiast 14 gatunków czyli aż 56% składu fauny, to elementy akcesoryczne



Ryc. 5. Spektra malakologiczne ślimaków typowych dla środowisk otwartych (grupa ekologiczna O)

A – procentowy udział skorupki poszczególnych gatunków, B – zakres zmienności, St – tanatocenoza ze stoku (lewe zbocze Dolinki Imbramowickiej), DIm – tanatocenoza z dna Dolinki Imbramowickiej, DDb – tanatocenoza z dna doliny Dłubnia

#### Malacological spectra of open-country snails (ecological group O)

A – content of specimens, B – interval of variation, St – thanatocoenose from the slope (left bank of dry valley), DIm – thanatocoenose from the bottom of dry valley, DDb – thanatocoenose from the bottom of Dłubnia River Valley

o wskaźnikach C-1–2/D-1. Spektra malakologiczne MSS i MSI są niemal identyczne jak w tanatocenozie z odsypu liniowego (ryc. 2–II). Niskie wartości wszystkich trzech wskaźników różnorodności (TDA, STL, SHN) świadczą o małym zróżnicowaniu asocjacji, a zarazem o wyraźnej dominacji jednego jej składnika (ryc. 3). Poszczególne zespoły jednostkowe nieznacznie różnią się od siebie, co jest wyrażone przez stosunkowo niską wartość odpowiedniego indeksu (ADI = 0,56).

Bogata malakofauna i tanatocenozy muszlowe występują na stoku wzdłuż lewego brzegu Dolinki Imbramowickiej. Stok ten jest stromy i częściowo skalisty, pokryty rumoszem wapiennym i glebą rędzinną. Jest on porośnięty roślinnością trawiastą z rozległymi płatami lasu mieszanego i krzewów. Zespoły mięczaków są tu silnie zróżnicowane, a w ich skład wchodzi gatunki z trzech grup ekologicznych (F, O i M). Udział ślimaków ceniolubnych osiąga 3–24%, a do najczęściej spotykanych gatunków należą: *Discus rotundatus*, *Alinda biplicata*, *Cochlodina orthostoma*, *Oxychilus depressus*, *Perforatella incarnata*, *Chilostoma faustina*, *Aegopinella minor*, *Vertigo pusilla* i *Acicula polita*. Dominującym składnikiem zespołów są gatunki typowe dla środowisk otwartych, w tym także

kserotermicznych i naskalnych, takie jak: *Vallonia pulchella*, *Truncatellina cylindrica*, *Pyramidula rupestris*, *Chondrina clienta*, *Pupilla muscorum* i *Helicella obvia*. Łączny ich udział wynosi 60–90%, z czego na pierwszy z wymienionych taksonów przypada mniej niż połowa, zwraca natomiast uwagę duża ilość skorupki trzech kolejnych gatunków. Ślimaki o szerokim zakresie tolerancji ekologicznej (gatunki mezofilne) są reprezentowane głównie przez: *Euconulus fulvus*, *Vitrina pellucida*, *Vitrea contracta*, *Punctum pygmaeum* i *Helicigona lapicida*, a w sumie stanowią one 7–15% fauny (ryc. 4, B).

Wyróżniającą cechą tanatocenozy gromadzących się na stoku i u podnóży skałek jest skład fauny związanej ze środowiskami otwartymi (ryc. 5, St). Zbiorcze spektrum malakologiczne, obrazujące udział skorupki poszczególnych gatunków reprezentujących grupę ekologiczną O, wykazuje, że rolę głównych składników pełnią cztery taksony: *Vallonia pulchella*, *Pyramidula rupestris*, *Chondrina clienta* i *Truncatellina cylindrica*. W niektórych próbkach największą liczebność osiągają okazy *Vallonia pulchella*, a w innych – *Truncatellina cylindrica*. Znaczącym składnikiem asocjacji jest także *Helicella obvia*, a skorupki tego gatunku tworzą lokalnie obfite nagromadzenia. Okazy *Pupilla muscorum* są znajdowane niemal we wszystkich próbkach, są one jednak nieliczne, a ich udział nie przekracza 5% wszystkich ślimaków typowych dla siedlisk niezacienionych.

#### TANATOCENOZY W DOLINIE DŁUBNI

Duży odsyp materiału organogenicznego utworzył się na lewym brzegu Dłubni w odległości 1500 m powyżej centrum Imbramowic. Gałęzie, fragmenty drewna i drobny detryt zostały nagromadzone po zewnętrznej stronie zakrętu rzeki w miejscu, gdzie podmywa ona wąską listwę terasy o wysokości 2–2,5 m. Depozycji materiału sprzyjało zapewne lokalne zawirowanie prądu oraz jego zatamowanie przez rosnące tu drzewa, a grubość osadzonej warstwy osiągnęła 2 metry. Detrytus drobno- i średnioziarnisty wzbogacony w skorupki mięczaków został zebrany w górnej części tego odsypu, a tanatocenoza okazała się szczególnie bogata, bowiem z 10 próbek jednostkowych pochodzi ponad 4600 skorupki reprezentujących 44 taksony (tab. 1, BI).

Charakterystyczną cechą struktury omawianej tanatocenozy jest występowanie aż 6 gatunków, osiągających wysokie wartości wskaźnika dominacji (D3–D5), przy najwyższym wskaźniku stałości (C5). Elementem dominującym jest *Vallonia pulchella* (5-5), a jako składniki charakterystyczne można wskazać: *Vitrea crystallina* i *Cochlicopa lubrica* (5-4) oraz *Pupilla muscorum*, *Vitrea contracta* i *Carychium minimum* (5-3). Do grupy składników akcesorycznych należy 18 gatunków. Malakologiczne spektrum gatunkowe (MSS) wykazuje względnie wyrównany udział taksonów reprezentujących poszczególne grupy ekologiczne, natomiast na spektrum osobniczym zaznacza się ilościowa przewaga ślimaków związanych ze środowiskami otwartymi przy znacznej domieszce ślimaków cieniolubnych i mezofilnych, a także wilgociolubnych (ryc. 2–III). Tanatocenozy

z próbek jednostkowych odznaczają się stosunkowo wysokimi wartościami wskaźników różnorodności, które są zawarte w następujących przedziałach – TDA: 0,63–0,82 (0,74), STL: 2,19–3,33 (4,66), SHN: 2,04–2,72 (2,54), natomiast cała tanatocenoza zbiorcza wykazuje skład względnie ustabilizowany, na co wskazuje niska wartość indeksu ADI = 0,45 (ryc. 3).

Analiza składu i zmienności zespołów mięczaków w tanatocenozach utworzonych przez wezbranie powodziowe w dolinie Dłubni na jej 25-kilometrowym odcinku między Imbramowicami a Zerwaną koło Iwanowic została przeprowadzona na podstawie składu fauny w pięciu stanowiskach. Jednostkowe próbki zostały pobrane w następujących miejscach: B-1 – prawy brzeg rzeki przy drodze prowadzącej do Imbramowic Dolnych, 2,2 km powyżej centrum wsi; B-2 – rozległy odsyp na lewym brzegu rzeki, 1,3 km powyżej klasztoru w Imbramowicach; B-3 – mały podłużny odsyp na prawym brzegu rzeki przy mostku w Wysocicach; B-4 – odsyp na lewym brzegu rzeki, po zewnętrznej stronie jej zakola w Biskupicach; B-5 – mały odsyp na prawym brzegu rzeki w Zerwanej (ryc. 1, B-1–B-5).

W poszczególnych stanowiskach tanatocenozy zawierają 15–32 taksony i 72–272 okazy (tab. 1). Najbogatsza fauna została znaleziona w górnym odcinku doliny, powyżej Imbramowic (B-1, B-2). Spektra malakologiczne wykazują tu znaczny udział ślimaków cieniolutnych (25–33% na spektrach MSS i 13–15% na spektrach MSI). Na szczególną uwagę zasługuje obecność licznych skorupek *Vitrea crystallina* oraz występowanie takich gatunków jak: *Isognomostoma isognomostoma*, *Orcula doliolum*, *Vitrea diaphana* i *Bythinella austriaca*. Wszystkie te gatunki cechowały także tanatocenozę ze stanowiska BI w dolinie Dłubni. Ubogi zespół fauny charakteryzuje tanatocenozę w Wysocicach (B-3), w której głównymi składnikami są ślimaki mezofilne, a zwłaszcza *Cochlicopa lubrica*. Podobny skład wykazuje asocjacja z Biskupic (B-4), przy czym ilościowo przeważają tu ślimaki preferujące siedliska niezacienione. Fauna z odsypu w Zerwanej (B-5) wykazuje ponowny wzrost udziału gatunków cieniolutnych; tylko w tym stanowisku występują nieliczne okazy *Tricha villosula* (ryc. 2, B-1–B-5).

W strukturze tanatocenozy zbiorczej, obejmującej 5 wymienionych stanowisk, rozmieszczonych wzdłuż doliny Dłubni, *Vallonia pulchella* jest gatunkiem dominującym, osiągającym wskaźniki C5–D5, natomiast jako gatunki charakterystyczne można wskazać: *Cochlicopa lubrica* (C5–D4) oraz *Pupilla muscorum*, *Vitrea contracta* i *Carychium minimum* (C5–D3). Zbiorcze spektrum malakologiczne MSS wykazuje wyrównany udział gatunków z grup ekologicznych F, O i M (23–27%), natomiast na spektrum MSI zaznacza się wyraźna przewaga przedstawicieli z grup ekologicznych O i M (ryc. 2–IV). Wskaźniki zróżnicowania zespołów przyjmują podobne wartości jak w tanatocenozie BI (ryc. 3).



## INTERPRETACJA

Opisane tanatocenozy muszlowe z Imbramowic, utworzone w wyniku jedynego, krótkotrwałego wezbrania powodziowego, spowodowanego przez nawalną ulewę wiosenną, są bardzo charakterystyczne ze względu na skład, strukturę i zróżnicowanie poszczególnych asocjacji. W małej suchej dolinie (Dolinka Imbramowicka) nagromadziły się allocenozy skorupek mięczaków, odznaczające się ilościową przewagą ślimaków związanych ze środowiskami otwartymi, a w szczególności – dominacją okazów z gatunku *Vallonia pulchella*. Spektrum malakologiczne tych tanatocenz w przybliżeniu odpowiada rozkładowi poszczególnych typów siedlisk roślinnych i nieznacznemu zalesieniu najbliższego otoczenia doliny, jak też występowaniu na jej dnie siedlisk wilgotnych i częściowo zacienionych. Odmienny jest natomiast skład asocjacji występujących na lewym zboczu doliny, na stromych i częściowo skalistych stokach, o nierównomiernym zalesieniu. Różnice między zespołami mięczaków występującymi w tych dwóch, bezpośrednio ze sobą sąsiadujących środowiskach depozycyjnych, można scharakteryzować w następujących punktach:

1. Tanatocenozy stokowe odznaczają się zmiennym udziałem ślimaków typowych dla siedlisk zacienionych, ale w większości próbek składnik ten jest znacznie liczniej reprezentowany niż w nagromadzeniach malakofauny akumulowanych na dnie doliny (ryc. 4, B–T).

2. Skorupki ślimaków wilgociolubnych oraz mięczaków wodnych są znajdowane wyłącznie w tanatocenzach dolinnych, ale udział ich jest nieznacznym (ryc. 4 T).

3. W tanatocenzach utworzonych na dnie Dolinki Imbramowickiej ślimaki z grupy ekologicznej O są reprezentowane niemal wyłącznie przez *Vallonia pulchella* (86–91%), natomiast w tanatocenzach stokowych obok licznych skorupek tego gatunku występuje znaczna ilość okazów *Truncatellina cylindrica* (9–35%), *Chondrina clienta* (6–31%) i *Pyramidula rupestris* (8–24%), a lokalnie także *Helicella obvia* (ryc. 5, St, DIm).

Przedstawione cechy omawianych zespołów mięczaków wskazują, że w czasie trwania nawalnej ulewy splukiwanie materiału nagromadzonego uprzednio na stokach było bardzo mało efektywne, a skorupki ślimaków licznie występujących w tanatocenzach stokowych nie uległy przemieszczeniu do dna doliny i nie były inkorporowane w odsypy, odkładane przez falę powodziową. Zdecydowana większość materiału przemieszczanego przez wezbraną wodę pochodziła z dna suchej doliny, które było lokalnie erodowane i wymiatane. Droga transportu była bardzo krótka, a materiał mineralny i organiczny był akumulowany w miejscach spowolnienia prądu przez lokalne przeszkody, na zakrętach i przy brzegach nieckowatej dolinki.

Nasuwa się wniosek, że tanatocenozy muszlowe powstające w wyniku nawalnych opadów wiosennych i letnich oraz związanych z nimi krótkotrwałych wezbrań w dominującym stopniu odzwierciedlają charakter środowisk rozprzerstrzenionych na dnie doliny, a nie na otaczających ją stokach. Podobne sug-

wynikają z wyników analizy malakologicznej osadów holocenu na wyżynach lessowych, gdzie zespoły subfossylnych mięczaków odpowiadające wiekowo fazom atlantyckiej i subborealnej nie zawierają skorupki ślimaków leśnych, mimo że otoczenie dolin było w tym czasie w znacznym stopniu zalesione (Alexandrowicz i in. 1984; Alexandrowicz 1987b; Kruk i in. 1996).

Tanatocenozy utworzone w dolinie Dłubni wykazują kilka cech, odróżniających je od asocjacji z Dolinki Imbramowickiej. Są one bardziej bogate zarówno pod względem ilości taksonów, jak też ilości okazów, odznaczają się przy tym wyższym stopniem różnorodności, wyrażonym przez odpowiednie wskaźniki (ryc. 3). W dużym odsypie materiału organicznego w Imbramowicach stosunkowo wysoki jest udział ślimaków preferujących środowiska zacienione (ponad 20%, ryc. 2-III). Nie występują tu wprawdzie gatunki związane z wychodniami skalnymi i siedliskami kserotermicznymi, ale na uwagę zasługuje obecność dość licznych okazów *Cecilioides acicula*, gatunku związanego z pastwiskami i polami uprawnymi. Allocenozy pochodzące z pięciu stanowisk rozmieszczonych wzdłuż doliny Dłubni na odcinku 25 kilometrów są wyraźnie zróżnicowane, a zmienny udział ślimaków leśnych odzwierciedla lokalne zróżnicowanie siedlisk. Można wnioskować, że mechanizm powstawania odsypów muszlowych był tu podobny jak w suchej dolince, ale wezbranie powodziowe było bardziej intensywne. Droga transportu mogła być bardziej wydłużona, aczkolwiek zdecydowana większość materiału muszlowego była zapewne akumulowana po przebyciu odległości wyrażonej w setkach metrów.

## LITERATURA

- Alexandrowicz S. W., 1987a, *Analiza malakologiczna w badaniach osadów czwartorzędowych*, Kwart. AGH, Geologia, 12, 1-2, s. 3-240.
- 1987b, *Malakofauna późnego wistulianu i holocenu środkowej części Wyżyny Małopolskiej*, Prace Nauk. Uniw. Śl., 712, s. 25-58.
- 1991, *Malacofauna of the sediments of a dam lake in the Wetlina River Valley*, Ochrona Przyrody, 49, 1, s. 53-64.
- 1992, *Malakofauna i zmiany środowiska południowej Polski w holocenie*, Kwart. AGH, Geologia, 18, 3, s. 5-35.
- 1995, *Malakologiczna analiza osadów czwartorzędowych*, [w:] *Badania osadów czwartorzędowych*, Red. Mycielska-Dowgiałło E., Rutkowski J., Wyd. Uniw. Warsz., s. 294-317, Warszawa.
- 1997, *Death assemblages of Molluscs in flood deposits of the Muszynka River (Polish Carpathians)*, Studia Geomorph. Carpatho-Balkan., 331, s. 111-127.
- Alexandrowicz S. W., Śnieżko Z., Zajączkowska E. 1984, *Stratigraphy and malacofauna of Holocene deposits in the Sancygniówka Valley near Działoszyce*, Quatern. Studies in Poland, 5, s. 5-25.
- Cabaj W., 1993, *Wpływ sedymentacji na formowanie i strukturę tafocenozy karpologicznej w środowisku rzeczonym*, Prace Monograf. WSP w Krakowie, 158, s. 5-139.
- Cabaj W., Pelc, S. 1986, *Odzwierciedlenie współczesnej roślinności w diasporach z osadów sztucznego zbiornika w Olsztynie koło Częstochowy*, Fol. Geogr., Ser. Geogr.-Phys., 43, s. 121-136.

- 1991, *Seeds and fruits from sediments of a recent landslide lake in the Wetlinka River Valley*, *Ochrona Przyrody*, 49, 1, s. 31–52.
- C l e s s i n S., 1908a, *Die Molluskenfauna des Auswurfes der Donau bei Regensburg*, *Nachrichtbl. Deutsch. Malak. Ges.*, 40, 1, s. 1–13.
- 1908b, *Die Molluskenfauna des Rheinauswurfes bei Speyer*, *Nachrichtbl. Deutsch. Malak. Ges.*, 40, 3, s. 120–127.
- 1911, *Konchylien aus dem Auswurf südbayerischer Flüsse*, *Berichte Naturwiss. Verein Schwabens u. Neuburg*, 39/49, s. 57–64.
- C z o g l e r K., R o t a r i d e s M., 1938, *Analyse einer vom Wasser angeschwemten Molluskenfauna*, *Arbeiten Ungar. Biol. Forschungsinst.*, 10, s. 8–44.
- G e y e r D., 1908, *Ueber Flussausspüllungen*, *Nachrichtbl. Deutsch. Malak. Ges.*, 40, 2, s. 82–90.
- K l e m m W., 1973, *Die Verbreitung der rezenten Land-Gehäuse-Schnecken in Österreich*, *Denkschr. Öster. Akad. Wiss.*, 117, s. 5–503.
- K o t u l a B., 1882, *Wykaz mięczaków zebranych w okolicach Przemysła, tudzież w dorzeczu górnego Strwiąża i Sanu*, *Spraw. Kom. Fizjograf. PAU, A-16*, s. 100–129.
- K ö r n i g G., 1987, *Mollusken aus einem Bachgenist am Fusse des Tienschan-Gebirges (UdSSR)*, *Malakol. Abhandl.*, 12, 3, s. 21–24.
- K r u k J., A l e x a n d r o w i c z S. W., M i l i s a u s k a s S., Ś n i e s z k o Z., 1966, *Osadnictwo i zmiany środowiska naturalnego wyżyn lessowych*, *Wyd. Inst. Archeol. Etnol. PAN*, s. 5–139, *Kraków*.
- L o Ź e k V., 1964, *Quartärmollusken der Tschechoslowakei*, *Rozpr. Ustr. Ust. Geol.*, 31, s. 5–374.
- P e l c S., 1983, *Owoce i nasiona we współczesnych osadach Dunajca w rejonie Pienin i przetomu beskidzkiego*, *Prace Monogr. WSP w Krakowie*, 59, s. 5–110.
- P u i s s e g u r J. J., 1976, *Mollusques continentaux quaternaires de Bourgogne*, *Mém. Géol. Univ. de Dijon*, 3, s. 5–241.
- R e y m e n t s R. A., 1971, *Introduction to quantitative palaeoecology*, *Elsev. Publ. Comp.*, s. 226, *London*.
- W a s m u n d E., 1926, *Biocoenose und Thanatocoenose*, *Archiv Hydrobiol.*, 17, s. 1–116.
- Z e i s s l e r H., 1963, *Ein Hochwasser-Spülsaum eines kleines Baches und die Bedeutung solcher Funde für die Beurteilung fossiler Mollusken-Thanatozöosen*, *Archiv. Mollusk.*, 92, 3–4, s. 145–186.

## THANATOCOENOSSES OF MOLLUSCS FROM FLOOD DEPOSITS IN IMBRAMOWICE NEAR CRACOW

### S u m m a r y

During the flood following heavy rainfall in the Cracow Upland (may 1996) a rich organic material abounding in shells of molluscs were accumulated in some valleys. Death assemblages of molluscs from these deposits have been studied using standard methods of malacological analysis (Alexandrowicz 1987a, 1997). Numerous thanatocoenoses were sampled in the vicinity of Imbramowice (about 25 km northward of Cracow) at the bottom of both the dry valley (Imbramowice Gorge) and the Dhubnia River Valley (Fig. 1). The fauna dominated by *Vallonia pulchella*, composed mainly of open-country snails and characterised by low values of differentiation indices occurs in flood sediments of the dry valley. Assemblages from the Dhubnia River Valley are more differentiated. Shadow-loving snails and catholic species reach up to 25% and are represented by numerous species (Tab. 1). Clanges of thanatocoenoses deposited along this valley between Imbramowice and Iwanowice have been noted (Fig. 2, 3). Thanatocoenoses from slope and flood deposits situated close to one

another in the Imbramowice Gorge are quite different. Numerous shells of xerophilous and petrophilous species, such as: *Chondrina clienta*, *Pyramidula rupestris*, *Truncatellina cylindrica* and *Helicella obvia* occur on the slope but they are nearly completely absent in sediments accumulated by the flood on the valley bottom (Fig. 4, 5). On the other hand shells of hygrophilous snails and water molluscs have been found only on the bottom of the dry valley and the Dłubnia River Valley. It indicates, that shells washed during heavy summer rainfalls are transported over the short distant. Assemblages forming flood thanatocoenoses are composed nearly exclusively of shells of species living in habitats spread on the valley bottom and not on surrounding slopes. Material coming from the hillwash is only a subordinate component of the described organic deposits.

*Translated by Author*

Adres Autora:

prof. dr hab. Stefan Witold Alexandrowicz  
Katedra Stratygrafii i Geologii Regionalnej  
Akademia Górniczo-Hutnicza  
al. Adama Mickiewicza 30  
30-059 Kraków



EUGENIUSZ GIL

SPŁYW WODY I PROCESY GEOMORFOLOGICZNE  
W ZLEWNIACH FLISZOWYCH  
PODCZAS GWAŁTOWNEJ ULEWY W SZYMBARKU  
W DNIU 7 CZERWCA 1985. ROKU

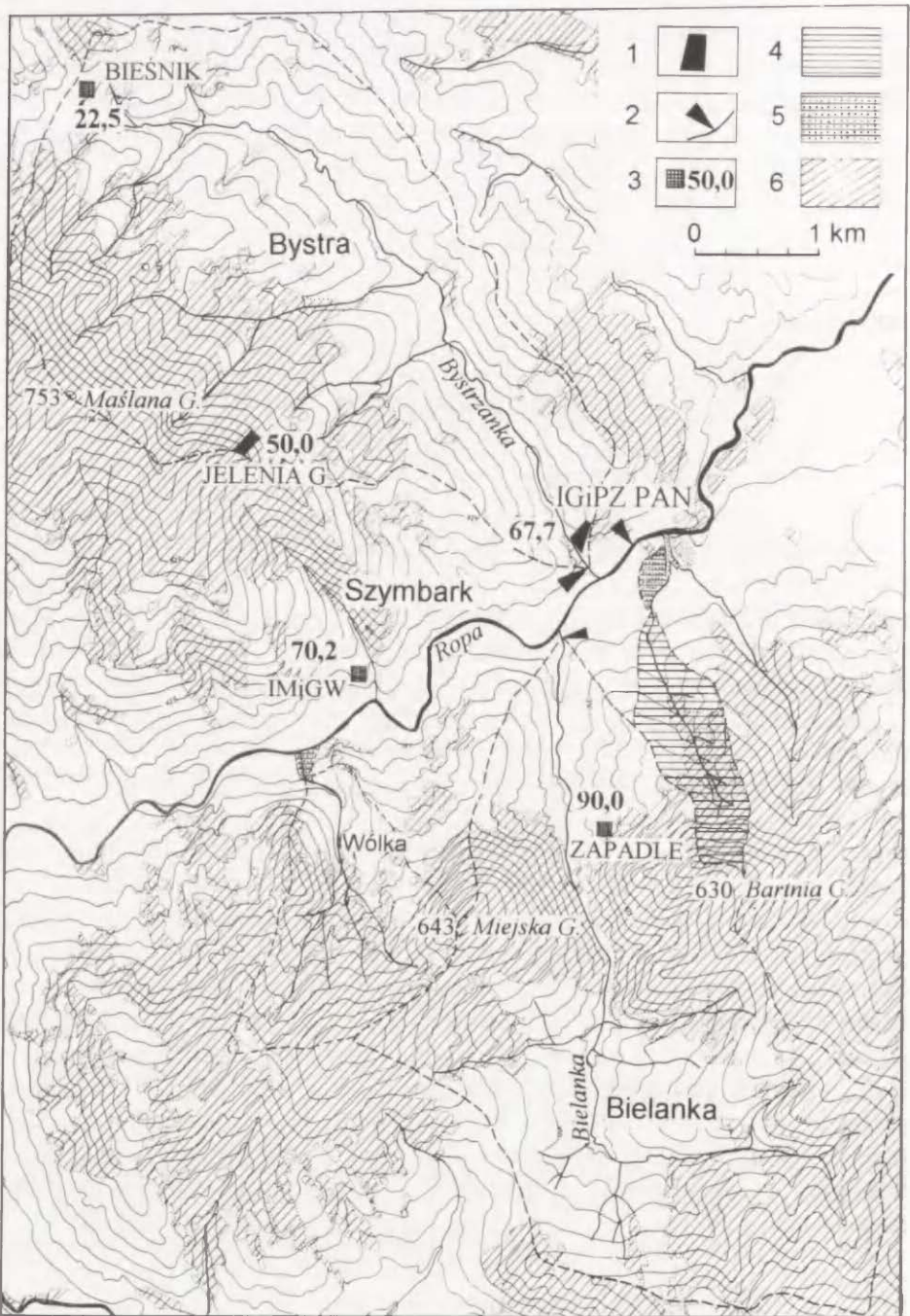
Artykuł przedstawia obieg wody i procesy geomorfologiczne na stokach i w dnach dolin w zlewniach fliszowych na podstawie danych zarejestrowanych na poletkach doświadczalnych na stokach, stacjach hydrometrycznych, w korytach rzecznych i terenowych pomiarach skutków ulewy 7 czerwca 1985 roku na terenie Szymbarku.

Teren badań szczegółowych położony jest w północno-zachodniej części Beskidu Niskiego, obejmując fragment doliny Ropy (ryc. 1) z uchodzącymi do niej dopływami: Bystrzanką, Bielanką, Wólką i potokiem spod Bartniej Góry.

Dolina rzeki Ropy, której dno na tym odcinku leży na wysokości 300–320 m npm., otoczona jest od północy grzbietem Maślanej Góry – 753 m npm., a od południa pasmem: Łysa Góra – Szeroki Wierch – Miejska Góra – Bartnia Góra, o wysokości 632–645 m npm., rozciętym głęboką doliną Bielanki. Główne grzbiety górskie, w całości zalesione, zbudowane są z piaskowców magurskich, pokrytych gliniasto-gruzowymi pokrywami zwietrzelinowymi o dużej przepuszczalności. Otaczające je garby pogórskie, wznoszące się do wysokości 450–500 m npm., zbudowane z łupkowo-piaskowcowych warstw inoceramowych, pokrytych gliniasto-kamienistymi pokrywami glebowymi o średniej i małej przepuszczalności (Słupik 1973), niemal w całości zajęte są pod uprawy rolne. W kompleksie warstw inoceramowych oraz na ich granicy z warstwami magurskimi występują pasma łupków pstrych, będące na tym obszarze generatorem procesów osuwiskowych (Kotarba 1970), obejmujących duże powierzchnie stoków.

PRZEBIEG ULEWY W DNIU 7 CZERWCA 1985 ROKU

W dniu 7 czerwca 1985 roku w Beskidzie Niskim, Sądeckim i na Pogórzu wystąpiły opady burzowe, które w dorzeczu górnej Ropy i Białej miały charakter ulewy (ryc. 2). Najwyższe opady, objęte izolacją 50 mm, wystąpiły w stosunkowo wąskim pasie od Gorlic do Krynicy, a w środkowej części tego obszaru – od Szymbarku do Berestu – przekroczyły 90 mm. Usytuowanie centrum opadowego

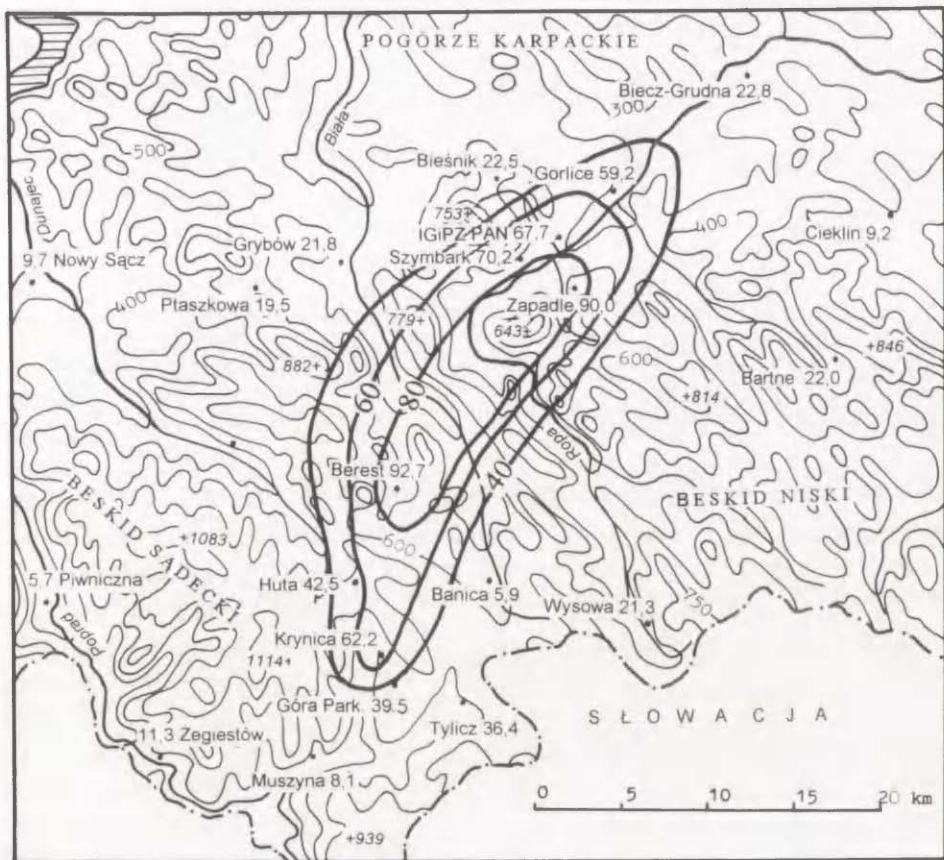


Ryc. 1. Teren badań objęty ulewą w dniu 7.06.1985 r. w Szymbarku

1 – stok doświadczalny, 2 – wodowskaz z limnigrafem, 3 – deszczomierz, wysokość opadu w mm,  
4 – zlewnia potoku spod Bartniej Góry, 5 – stożki nasypowe, 6 – las

Investigated area covered by a rainstorm on 7.06.1985, at Szymbark

1 – experimental slope, 2 – rain gauge, rainfall totals in mm, 4 – catchment basin  
of stream from Bartnia Góra, 5 – torrential cones, 6 – forest



Ryc. 2. Sumy dobowe ulewy w dniu 7.06.1985 r.

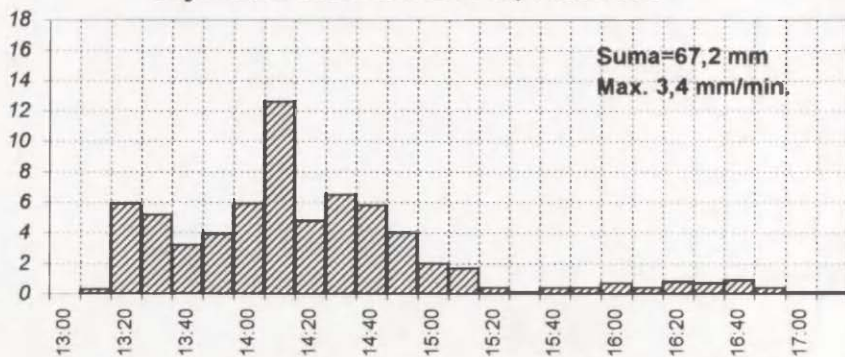
Daily rainfall totals of downpour on 7.06.1985

wzdłuż północnych skłónów brzeżnego pasma Beskidu Niskiego wskazywałyby na wpływ ekspozycji wysokich grzbietów górskich na przestrzenne zróżnicowanie opadów.

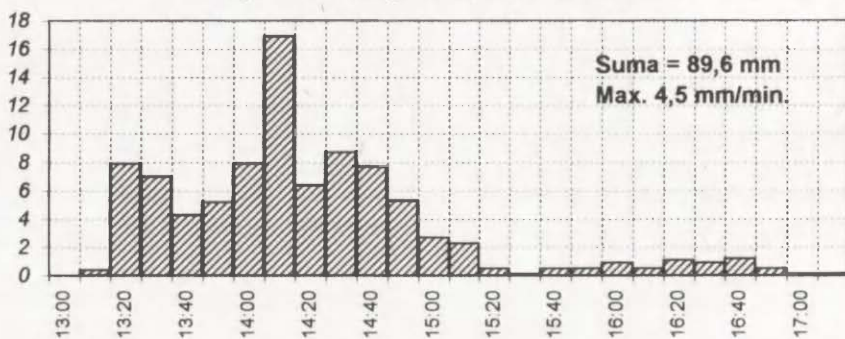
Zasadnicza część ulewy trwała 125 minut, w godzinach: 13<sup>05</sup>–15<sup>10</sup>, kiedy wysokość opadu w centrum opadowym wyniosła od 61,8 mm na stoku stacynym, do 82,7 mm w przysiółku Zapadłe w dolinie Bielanki, przy średniej intensywności 0,5–0,65 mm/min (ryc. 3). W następnych 120 minutach spadło odpowiednio 5,4 i 6,9 mm deszczu, o natężeniu 0,1–1,2 mm w 10-minutowych odcinkach czasu. W sumie, na stoku IGiPZ PAN zanotowano opad w wysokości 67,2 mm, na Zapadlu 89,6 mm, na stacji IMGW w centrum Szymbarku 70,2 mm, a na stoku Jeleniej Góry 50 mm, przy odległości pomiędzy skrajnymi punktami wynoszącej od 2 do 3 km, przy czym różnica wysokości poszczególnych punktów pomiarowych jest znaczna – od 325 m npm. (IGiPZ PAN) do 620 m npm. (Jelenia G.). Przeprowadzone, według zapisu pluwiograficznego na stoku doświad-



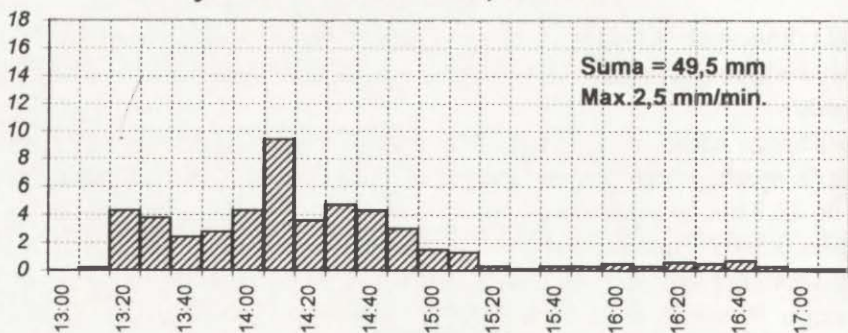
### Szymbark-stok IGiPZ PAN; 7.06.1985



### Szymbark-Zapadle; 7.06.1985



### Szymbark-Jelenia Góra; 7.06.1985



**Czas trwania**

Ryc. 3. Przebieg natężenia opadu ulewnego w dniu 7.06.1985 r. Dla punktów Zapadle i Jelenia Góra symulacja na podstawie pluwiogramu ze Stacji Naukowej

Course of rain intensity on 7.06.1985. For sites Zapadle and Jelenia Góra the intensity simulation based on pluviograph at Research Station

czalnym Stacji Naukowej IGiPZ PAN, obliczenia 1 i 10 minutowych natężeń opadu i symulacja dla innych posterunków wskazują (ryc. 3), że maksymalne natężenie opadu wynosiło: na stoku IGiPZ PAN –  $3,4 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$  i  $12,6 \text{ mm}\cdot 10 \text{ min}^{-1}$ , w dolinie Bielanki u podnóża Bartniej G. – Szymbark-Zapadle –  $4,5 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ , i  $16,9 \text{ mm}\cdot 10 \text{ min}^{-1}$  oraz na stoku Jeleniej Góry –  $2,5 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$  i  $9,4 \text{ mm}\cdot 10 \text{ min}^{-1}$ .

Opad na obszarze największego natężenia, ograniczony izolacją 60 mm (ryc. 2), miał charakter deszczu ulewnego, o prawdopodobieństwie 3–10% (Niedźwiedz 1990) w klasie U5–U6 według klasyfikacji Chomicza. Poza tym obszarem (ryc. 2) opady były znacznie niższe: Grybów – 21 mm, Bieśnik, Biecz, Bartne – 22 mm, Wysowa – 21 mm, Banica – 5,9 mm, Muszyna – 8,1 mm.

W obszarze o najwyższej intensywności opadu obserwowane były gwałtowne wezbrania na rzekach i potokach, uwarunkowane spływem powierzchniowym na stokach, przybierającym lokalnie katastrofalne rozmiary. Towarzystwo temu intensywne przeobrażanie stoków, koryt rzecznych i den dolin, przez procesy erozji, transportu i sedymentacji.

## DYNAMIKA OBIEGU WODY NA STOKACH

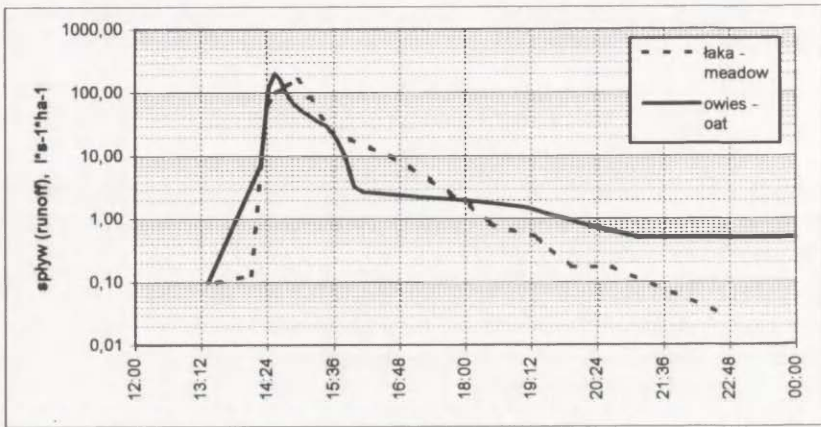
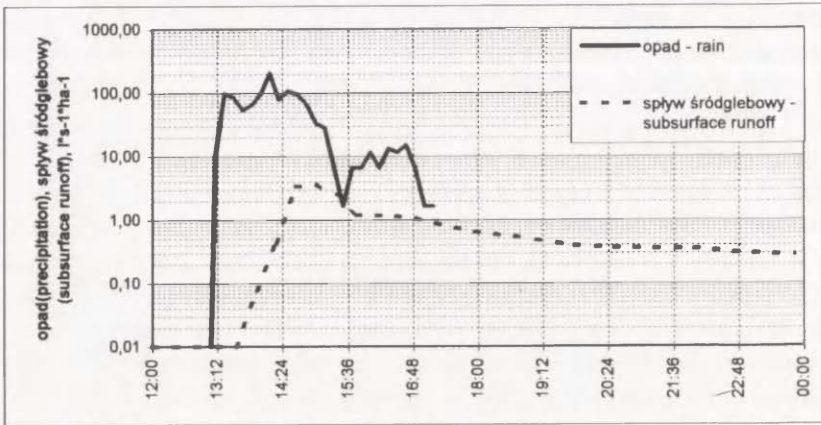
Gwałtowność i wysokość opadu oraz stan podłoża stymulowały wystąpienie dużego spływu powierzchniowego. Gleba, po opadach pod koniec II dekady maja (96 mm) oraz w dniach poprzedzających ulewę (37 mm), miała podwyższoną wilgotność. Poziom wód gruntowych w godzinach poprzedzających ulewę, w górnej części stoku utrzymywał się na głębokości 68 cm, a w dolnej na 108 cm. Spływ śródglebowy, mierzony na głębokości 100 cm w dolnej części stoku, miał natężenie  $0,01\text{--}0,02 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

Wielkość spływu powierzchniowego i czas jego wystąpienia w stosunku do początku opadu nawiązywała wyraźnie do użytkowania ziemi (tab. 1).

Najwcześniej zanotowano wystąpienie spływu powierzchniowego na poletku z owsem – 10 minut od rozpoczęcia opadu, następnie na łące – 15 minut, a nieco później, po 25 minutach, na pszenicy ozimej i na koniczynie (w 1985 r. nie było poletka z uprawą ziemniaków, stąd też brak danych z tego typu uprawy).

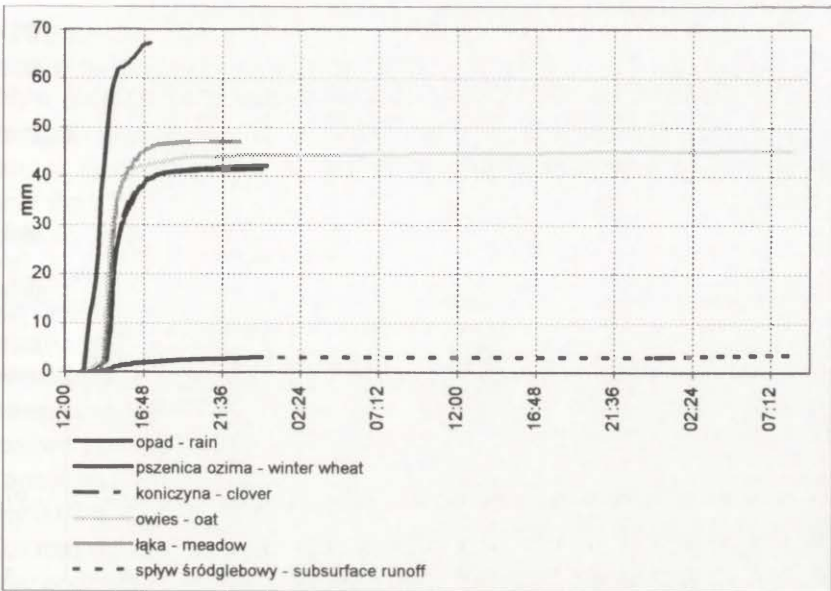
Dynamika spływu powierzchniowego na poletkach doświadczalnych nawiązywała do natężenia opadu, które w pierwszych 45 minutach oscyloowało od 3 do  $6 \text{ mm}\cdot 10 \text{ min}^{-1}$ , by w 50 minucie wzrosnąć do  $12,6 \text{ mm}\cdot 10 \text{ min}^{-1}$  (ryc. 4, 5).

Maksymalne natężenie spływu powierzchniowego, o wysokości  $228,65 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ , wystąpiło najwcześniej na poletku z owsem, o godzinie 14<sup>26</sup>, czyli 26 minut po maksymalnym natężeniu opadu oraz 80 minut po rozpoczęciu deszczu. Na pozostałych uprawach opóźnienie w stosunku do maksimum opadowego wynosiło 45 minut, czyli miało miejsce dopiero przy końcu okresu opadowego i wynosiło  $183 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$  na poletku z pszenicą,  $167,8 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$  z owsem oraz  $120 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$  na koniczynie. Średnie natężenie spływu powierzchniowego na stoku doświadczalnym wynosiło  $175 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Przy podobnej wysokości i intensywności opadu, np. 30.06.1973 i 19.06.1983 natężenie spływu powierzchniowego na uprawie



Ryc. 4. Związek między sphywem powierzchniowym, śródglebowym i przepływem w korytach rzecznych a dostawą wody opadowej podczas ulewy w dniu 7.06.1985 r.

Relation between overland flow, subsurface runoff and water discharge in rivers channel and input of rain-water, during rainstorm on 7.06.1985



Ryc. 5. Krzywe kumulatywne opadu, spływu powierzchniowego i śródglebowego na stoku doświadczalnym użytkowanym rolniczo podczas ulewy w dniu 7.06.1985 r.

Cumulative curves of rain, overland flow and subsurface runoff on the experimental arable slope, during rainstorm on 7.06.1985

wach ziemniaczanych przekroczyło  $300 \text{ l}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Mając na uwadze tę ostatnią wartość i przyjmując, że uprawy te występują w podobnych proporcjach, otrzymujemy średnie natężenie spływu powierzchniowego na stokach rzędu  $20 \text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{km}^{-2}$ .

Zarówno opóźnienie początku spływu powierzchniowego, w stosunku do początku opadu, jak i maksimum jego natężenia jest wyraźnie zależne od rodzaju uprawy (ryc. 4, 5). Najwcześniej zanotowany został spływ na poletku z owsem, który w tym czasie był jeszcze słabo rozkrzewiony i niezbyt wyrosnięty. Interesujący jest fakt szybkiego wystąpienia spływu powierzchniowego na łące, mimo zwartej i gęstej roślinności trawiastej, co uwarunkowane było dość znaczną wilgotnością gleby, ponieważ na tej części stoku, po ostatnich opadach, zwierciadło wód gruntowych utrzymywało się na wysokim poziomie (na głębokości 68 cm). O kolejności i intensywności wystąpienia spływu powierzchniowego decydowała głównie struktura powierzchniowej warstwy gleby, która w pierwszej fazie opadu, na polach ornym, w tym przypadku na pszenicy i koniczynie, była w stanie zatrzymać znacznie więcej wody, aniżeli na łące, której powierzchnia była udeptana podczas jesiennego wypasu (Słupik 1973).

Spływ powierzchniowy w zasadniczej swej objętości zachodził więc na stoku w drugiej fazie opadów, a ogólny czas jego trwania był znacznie dłuższy aniżeli opad (tab. 1, ryc. 5). Zasadnicza część opadu na stoku doświadczalnym – 58 mm – skończyła się o 15<sup>10</sup>, a przez następne 120 minut, czyli do końca opadu o 17<sup>00</sup>, 10-minutowe natężenia opadu nie przekraczały w zasadzie 1 mm. Natomiast

Elementy obiegu wody na stokach użytkowanych rolniczo podczas ulewy w dniu 7.06.1985 r. w Szymbarku – stok doświadczalny IGiPZ PAN  
 Elements of water circulation on the slopes, arable use, during rainstorm, 7.06.1985, Szymbark – experimental slope IGiPZ PAN

Proces	Spływ powierzchniowy Overland flow				Spływ śród- glebowy Sub- surface runoff
	pszenica ozima winter wheat	owies oat	koniczyna clover	łąka meadow	
Opad Rain					
mm	67,2	67,2	67,2	67,2	67,2
Maksymalne natężenie opadu Max. intensity of rain					
mm min <sup>-1</sup>	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
Opóźnienie spływu Delay of flow					
min.	25	15	25	25	28
Wielkość spływu Value of flow					
mm	41,4	45,25	41,99	46,99	4,49
%	61,2	66,8	62,0	69,4	6,6
Maksymalne natężenie spływu Max. intensity of flow					
l·s <sup>-1</sup> ·ha <sup>-1</sup>	183,0	228,6	120,0	167,8	4,17
Czas trwania spływu Duration of flow					
min.	630	1154	648	570	2760

spływ powierzchniowy wody zretencjonowanej na powierzchni i wypływającej z powrotem z gleby na powierzchnię trwał (tab. 1, ryc. 5) na łące do 22<sup>40</sup> (570 minut), na koniczynie do 0<sup>18</sup> (648 minut), na pszenicy do 24<sup>00</sup> (630 minut), a na owsie do 8<sup>29</sup> dnia następnego (1154 minuty).

Spływ śródglebowy na stoku doświadczalnym, użytkowanym rolniczo (ryc. 4, 5), rozpoczął się o godzinie 13<sup>33</sup>, czyli 28 minut po rozpoczęciu opadu, a maksimum jego natężenia, podobnie jak w przypadku spływu powierzchniowego, wystąpiło w godzinach 14<sup>39</sup>–15<sup>01</sup> i osiągnęło 3,72 l·s<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup>. Tak szybka reakcja spływu śródglebowego świadczy o wysokiej początkowej wilgotności gleby oraz o silnym drenażu zachodzącym w pokrywach zwierzelinowych, a jednocześnie informuje o szybkim nasyceniu gleby przez wody opadowe. Z tego faktu wynika wniosek, że spływ powierzchniowy wystąpił przy całkowitym nasyceniu podłoża przez wody opadowe. O tym świadczy również fakt, że poziom wód gruntowych w dniu następnym, 14 godzin po opadzie, był wyższy od poziomu sprzed opadu

o 42 cm w górnej i 60 cm w dolnej części stoku i kształtował się na głębokości, odpowiednio, 26 i 60 cm.

Spływ śródglebowy zmniejszał się powoli i po 46 godzinach 9 czerwca, kiedy wystąpił kolejny opad, zaznaczający się wzrostem spływu, jego natężenie wynoszące  $0,85 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  jeszcze 10 razy przewyższało natężenie spływu sprzed opadu w dniu 7 czerwca. Za cały ten okres czasu spływem śródglebowym odprowadzone zostało 44 900 l wody z ha (4,49 mm), tj. 6,6% opadu (ryc. 5, tab. 1).

Transformacja opadu w odpływ na stoku użytkowanym rolniczo w dniu 7 czerwca następowała stosunkowo szybko. Duża początkowa wilgotność podłoża, wzrastające powoli natężenie opadu, które w pierwszej fazie pozwoliło na nasycenie podłoża, wywołało prawie jednoczesne wystąpienie spływu powierzchniowego i śródglebowego oraz jednoczesne maksymalne ich natężenia. Różnice czasowe początków i maksimów spływu związane są z różną przepuszczalnością powierzchniowej warstwy gleby, związaną z aktualnym użytkowaniem, między  $0,07$  a  $11,4 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  (Słupik 1973), co przy intensywności opadu rzędu  $0,3\text{--}0,6 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ , w czasie początkowych 45 minut opadu, sprzyjało wsiąkaniu wody w podłoże na bardziej przepuszczalnych polach ornych. Stąd, na poletkach z gęstą roślinnością (pszenica, koniczyna) spływ rozpoczął się z kilkunastominutowym opóźnieniem w stosunku do poletka ze słabo rozkrzewionym owsem. Z kolei na spływ na łące znaczący wpływ miała wysoka wilgotność podłoża (Słupik 1973).

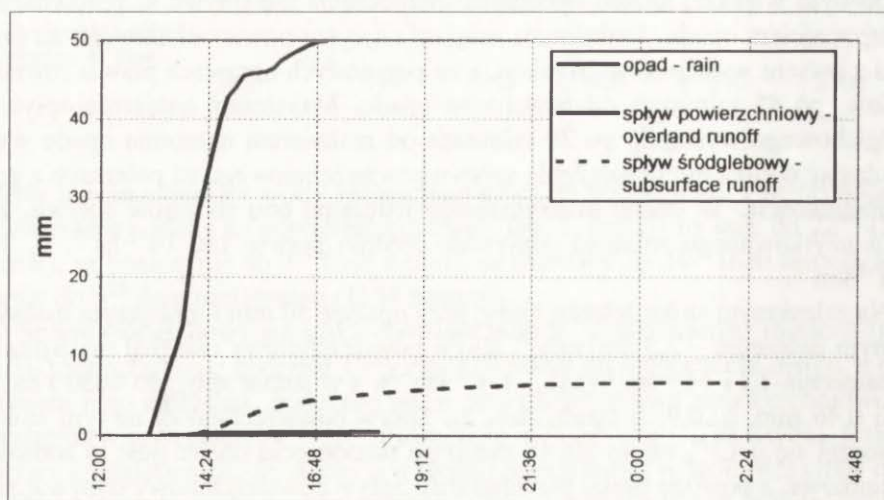
Wzrost natężenia opadu w 45 minucie do wartości maksymalnej  $3,4 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  wywołał gwałtowny wzrost natężenia spływu powierzchniowego i śródglebowego. Opóźnienie maksimów spływu wody w stosunku do maksimum natężenia opadu było większe, aniżeli opóźnienie rozpoczęcia się spływu w porównaniu z rozpoczęciem opadu. Maksimum natężenia spływu powierzchniowego na poletku z owsem wystąpiło w 26 minut, a na pozostałych uprawach prawie równocześnie, po 45 minutach od maksimum opadu. Maksimum natężenia spływu śródglebowego wystąpiło po 39 minutach od maksimum natężenia opadu wyprzedzając o kilka minut natężenie spływu powierzchniowego na poletkach z gęstą roślinnością. W czasie maksymalnego natężenia obu rodzajów spływu, ze stoku użytkowanego rolniczo odpływało średnio prawie  $180 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$ , tj.  $18 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ .

Na zalesionym stoku Jeleniej Góry, przy opadzie 50 mm i mniejszym maksymalnym natężeniu –  $2,5 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ , spływ powierzchniowy osiągnął maksymalne natężenie  $1,11 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$  ( $111,1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ ), a w sumie spłynęło  $4630 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ , czyli 0,46 mm, tj. 0,9 % opadu (tab. 2). Spływ powierzchniowy na tym stoku rozpoczął się o 13<sup>29</sup>, około 30–40 minut po rozpoczęciu opadu (jest to wartość szacunkowa, z powodu braku pluwiografu). Spływ powierzchniowy odbywał się po powierzchni ściółki oraz pod ściółką. Spływ wody z małym natężeniem trwał do godziny 18<sup>12</sup> – czyli 288 minut, a więc tylko około 40 minut dłużej od opadu, ale ponad dwukrotnie krócej aniżeli na użytkach rolnych. O małym spływie powierzchniowym na stoku Jeleniej Góry decydowała przepuszczalność podłoża,

Elementy obiegu wody na stoku zalesionym podczas opadu 7.06.1985 r.,  
Szymbark–Jelenia Góra

Elements of water circulation on forested slope during rainstorm 7.06.1985,  
Szymbark–Jelenia Góra

Proces	Spływ powierzchniowy Overland flow	Spływ śródglebowy Subsurface runoff
Opad Rain		
mm	50,0	50,0
Maksymalne natężenie opadu Max. intensity of rain		
mm·min. <sup>-1</sup>	2,5	2,5
Opóźnienie spływu (szacunkowo) Delay of flow		
min.	35–40	45–50
Wielkość spływu Value of flow		
mm	0,46	6,7
%	0,9	13,4
Maksymalne natężenie spływu Max. intensity of flow		
l·s <sup>-1</sup> ·ha <sup>-1</sup>	1,11	6,21
Czas trwania spływu Duration of flow		
min.	303	1944



Ryc. 6. Krzywe kumulatorywne opadu, spływu powierzchniowego i śródglebowego na stoku zalesionym podczas ulewy w dniu 7.06.1985 r., Szymbark–Jelenia Góra

Cumulative curves of rain, overland flow and subsurface runoff on the forested slope, during rainstorm 7.06.1985, Szymbark–Jelenia Góra

która wynosi 0,8–42,9 mm · min<sup>-1</sup> (Słupik 1973), a nawet dochodzi do 200 mm · min<sup>-1</sup>. W związku z tym woda odpływała głównie spływem powierzchniowym (ryc. 6).

Spływ śródglebowy rozpoczął się 15 minut później w stosunku do powierzchniowego. Maksymalne jego natężenie wynosiło 6,21 l·s<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup> (621,2 l·s<sup>-1</sup>·km<sup>-2</sup>), czyli prawie 6 razy więcej od spływu powierzchniowego i 1,5 razy więcej, aniżeli, przy znacznie większym opadzie na stoku użytkowanym rolniczo. Przesunięcie maksimum natężenia spływu śródglebowego w stosunku do powierzchniowego na stoku zalesionym wyniosło 15 minut, w przeciwieństwie do stoku użytkowanego rolniczo, gdzie notowano jednoczesne maksima. W sumie spływem śródglebowym ze stoku zalesionego spłynęło 67 136 l wody z hektara (6,7 mm), co stanowi 13,4% opadu, czyli 14 razy więcej aniżeli spływem powierzchniowym, a nawet 1,5 razy więcej aniżeli na stoku użytkowanym rolniczo, mimo że na tym ostatnim stoku opad był wyższy o ponad 30%. Spływ śródglebowy na stoku zalesionym trwał 1944 minuty, czyli 6,7 raza dłużej aniżeli spływ powierzchniowy, ale jednocześnie znacznie krócej aniżeli na użytkach rolnych. Na stoku zalesionym znaczna część wody odpływała poniżej głębokości 1 m, na kontakcie pokrywy zwietrzelinowej ze skalnym podłożem, co obserwowano podczas różnych ulew w skarpach przydrożnych podcinających stoki. Sprzyja temu dochodzący do 100% udział części szkieletowych w pokrywach zwietrzelinowych na piaszczystych magurskich. Sumaryczne natężenie spływu powierzchniowego i śródglebowego na stoku Jeleniej Góry wynosiło maksymalnie 7,3 l·s<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup>.

### SPŁUKIWANIE GLEBY

Wysoki opad i spływ powierzchniowy oraz duże natężenie tych procesów było przyczyną intensywnego spłukiwania gleby (tab. 3).

Największe rozmiary spłukiwania na użytkach rolnych zanotowano na poletku z uprawą owsa, najmniejsze na łące i niewiele od niego odbiegające – na koniczynie. Użytki zielone, trwałe i nietrwałe, a także zboża w okresie pełnej wegetacji charakteryzują się bardzo dobrymi właściwościami przeciwerozyjnymi. W tym przypadku gęstość roślin i bardziej zwarty system korzeniowy na łące zaznaczył się mniejszymi rozmiarami spłukiwania, mimo że zarówno ilość wody jak i natężenie spływu znacznie przewyższały te parametry na koniczynie (tab. 1, ryc. 4, 5). Ta ostatnia charakteryzuje się z reguły lepszą przepuszczalnością powierzchniowej warstwy gleby, podlegającej zabiegom agrotechnicznym w cyklu zmianowania upraw. Zanotowane duże rozmiary spłukiwania na poletku z owsem były wynikiem słabego rozkrzewienia się roślin, a zatem małej ich gęstości oraz opóźnionego wzrostu z uwagi na niekorzystne wiosenne warunki termiczno-wilgotnościowe. W rezultacie, intensywny opad docierał tu bezpośrednio do powierzchni gleby, wywołując rozbryzg, co w połączeniu z intensywnym spływem powierzchniowym było przyczyną bardzo dużego spłukiwania.

Rozmiary spłukiwania na poletku z pszenicą są charakterystyczne dla zbóż w tym okresie rozwoju i podczas tego typu opadów (Gil, Słupik 1972; Gil 1976),



kiedy mimo intensywnego deszczu i dużego natężenia spływu powierzchniowego nie notuje się dużego spłukiwania gleby.

W 1985 roku nie było poletka z uprawą ziemniaków, co wynikało z reguł zmianowania, stąd o rozmiarach zarówno spływu powierzchniowego jak i spłukiwania na tych uprawach można sądzić z analogii do zarejestrowanych podobnych sytuacji opadowych. Sądzić należy, że rozmiary spłukiwania na uprawach ziemniaczanych były rzędu  $30\text{--}60 \text{ ton}\cdot\text{ha}^{-1}$  (Gil, Słupik 1972; Gerlach 1976; Gil 1985), w zależności od kierunku rzędów ziemniaczanych w stosunku do nachylenia stoku.

Na zalesionym stoku Jeleniej Góry, reprezentującym typowy beskidzki stok z lasem dolnoregłowym (*Fagetum carpaticum*), o średnio zwartym drzewostanie, spłukiwanie wyniosło tylko  $0,92 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , nawiązując do opadu o znacznie niższej wysokości i intensywności oraz bardzo małego natężenia spływu powierzchniowego, w porównaniu ze stokiem doświadczalnym IGiPZ PAN. Gęste poszycie, w postaci miesięcznicy trwałej, uniemożliwiało docieranie kropeł deszczu bezpośrednio do powierzchni gleby, a zatem ograniczało możliwość rozbryzgu. Na stokach zalesionych intensywny spływ i silne procesy erozyjne obserwowano w rozcięciach naturalnych i drogowych, drenujących pokrywę zwierzelinowe.

## PROCESY W DNACH DOLIN

Przebieg spływu i spłukiwania zarejestrowany na poletkach doświadczalnych przedstawiają natężenie tych zjawisk, jakie wystąpiły na obrzeżu terenu z największym opadem, którego centrum objęło w Szymbarku dolinę Ropy i północne stoki pasma Bartnia–Łysa Góra, (ryc. 1, 2). Zanotowany na osuwisku Zapadłe, w dolinie Bielanki u podnóża Bartniej Góry, opad o wysokości 90 mm i przeprowadzona symulacja wskazuje (ryc. 3), że 10-minutowe natężenia w okresie 120 minut wynosiły od 4,5 do 17 mm, z maksymalnym, chwilowym natężeniem  $4,5 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ , przy średnim natężeniu  $0,65 \text{ mm}\cdot\text{min}^{-1}$ .

Z przebiegu spływu na stoku doświadczalnym należy sądzić, że ta część opadu, która przewyższała o 30% opad zarejestrowany na stoku doświadczalnym, została zamieniona na spływ powierzchniowy, a następnie na odpływ, skoncentrowany w naturalnych rozcięciach i wcięciach dróg.

Początek wezbrania na potoku Bystrzanka zanotowano o 13<sup>27</sup>, a na Ropie około 13<sup>30</sup>, a więc tylko kilkanaście minut później w stosunku do początku spływu na poletkach. Tak szybka reakcja na potoku Bystrzanka uwarunkowana jest przebiegiem szosy dnem doliny, obok koryta potoku, do której dochodzą liczne drogi gospodarcze. Cała sieć drogowa natychmiast po rozpoczęciu opadu odprowadza wodę bezpośrednio do koryta potoku. Reakcja w korycie Ropy jest nieco późniejsza, z uwagi na długość dróg dopływu i szerokość koryta rzeki. Podniesienie się stanu wody widoczne jest dopiero przy większym wzroście przepływu (ryc. 4).

Stany maksymalne na Bystrzance wystąpiły tylko z nieznacznym opóźnieniem w stosunku do notowanego spływu na łące, a wyprzedziły kulminację na pszenicy i koniczynie. Kulminacja spływu powierzchniowego na uprawach ziemniaczanych wystąpiła, jak wynika z innych obserwacji, najwcześniej i spływ z tych fragmentów stoku oraz z sieci dróg był przyczyną kulminacji na mniejszych potokach. Maksymalny przepływ na Bystrzance, o objętości  $16\text{--}17 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , miał miejsce o 14<sup>48</sup>. Kulminacja na Bystrzance nie była wysoka (poziom wody podniósł się o 90 cm), z uwagi na to, że wysokim opadem objęta została tylko dolna część zlewni (ryc. 2).

Na rzece Ropie maksimum notowano 80 minut później, o 16<sup>15</sup>, przy przepływie o objętości  $290 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , jednym z wyższych zarejestrowanych na wodowskazie w Szymbarku. Stan wody pomiędzy początkiem wezbrania o godzinie 13<sup>45</sup>, a kulminacją o 16<sup>15</sup>, podniósł się o 260 cm, by w ciągu 2 godzin, do 18<sup>00</sup>, obniżyć się o około 160 cm (ryc. 4). Przyczyną tak gwałtownego przebiegu wezbrania było objęcie wysokim opadem strefy doliny powyżej wodowskazu Szymbark I GiPZ PAN, do wodowskazu w Ropie, w kilometrażu 39,0–48,7, o powierzchni około  $70 \text{ km}^2$ . Odległość działów wodnych od koryta rzeki wynosi tam jedynie około 2 km, przy wysokościach względnych przekraczających 300 m. W górnej części dorzecza opady były znacznie niższe, co zaznaczyło się przepływem rzędu  $50\text{--}70 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  o godzinie 19<sup>00</sup> na wodowskazie we wsi Ropa. Z tego małego fragmentu zlewni Ropy (około  $70 \text{ km}^2$ ) objętego ulewą spływ jednostkowy, przy maksymalnym przepływie, wynosił ponad  $4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ .

Kulminacja w potoku Bielanka wystąpiła w podobnym czasie jak na Bystrzance, osiągając przy ujściu do Ropy przepływ o objętości  $75 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , zalewając niżej położone fragmenty dna doliny w przełomie pomiędzy Bartnią i Miejską Górą powyżej zwężenia koryta przez osuwiska Zapadłe i Huciska oraz powyżej mostu drogowego w ujściowym odcinku doliny. W zlewni Bielanki ekstremalne opady objęły tylko część zlewni, o powierzchni około  $6,5 \text{ km}^2$ , położoną na północ od wsi Bielanka; w południowej części zlewni opady nie przekraczały 40 mm i ta część zlewni nie wpływała na maksimum przepływów. Cały maksymalny przepływ kształtowany był przez wody spływające ze stoków garbów pogórskich użytkowanych rolniczo – 37% powierzchni – oraz z zalesionych stoków beskidzkich, obejmujących 63% terenu objętego ekstremalnymi opadami. Biorąc pod uwagę fakt, że opóźnienie spływu wody ze stoków zalesionych w stosunku do użytkowanych rolniczo wynosi kilkanaście minut, podany przepływ maksymalny w przeważającej mierze odnosi się do spływu z użytków rolnych, wynosząc  $31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$ , a średnio dla tej części zlewni  $11,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$  (por. Ciepeliowski 1970; Soja 1981).

Bardzo duża energia wody spływającej potokiem Bielanka uwarunkowana była dużym spadkiem doliny, wynoszącym 30‰ na 1,5 km odcinku. Wezbrane wody Bielanki, w przełomie przez osuwiska Zapadłe i Huciska, odrywały całe pakiety łupków pstrych. Rozmiary największych, przemieszczonych około 150 m, zakumulowanych na zakolu koryta poniżej mostu na drodze do Bielanki,

sięgały 200 x 130 x 80 cm. Począwszy od przełomu pomiędzy Miejską a Bartnią Górą, koryto potoku zostało w całym przekroju silnie przemodelowane. Erozja wgłębna i boczna objęła, na całym prawie odcinku, podłoże skalne w dnie koryta i cokół skalny w brzegach, pogłębiając i poszerzając koryto potoku, w którym sporadycznie pozostały pojedyncze głazy o średnicy do 50 cm. W dolnym biegu, na odcinku położonym 150–350 m od ujścia do Ropy, gdzie występuje szerokie na kilkadziesiąt metrów łóżysko potoku, w materiale żwirowo-głazowym, oprócz głównego koryta, pomiędzy zadrzewieniami wierzbowo-olchowymi, zostały wycięte 2–3 kręte koryta i zakumulowana została duża ilość materiału organicznego (pni drzew, gałęzi itp). Główne koryto potoku na odcinku kilkadziesiątu metrów zostało przesunięte o kilka metrów w kierunku lewego brzegu. Uszkodzona też została szosa do Bielanki, położona na wysokim cokole gruboławicowych piaskowców.

Z koryta Bielanki została wyniesiona olbrzymia ilość materiału żwirowo-głazowego i złożona w korycie rzeki Ropy, mającym tu 35 m szerokości. Odsyp ten, o cechach spływu gruzowego, zajmował 3/4 jego szerokości i ciągnął się wzdłuż jej prawego brzegu, od ujścia Bielanki na odległość 150 m, osiągając maksymalną miąższość do 1,5 m. Szacunkowo, objętość zakumulowanego w korycie Ropy materiału wynosiła około 1500 m<sup>3</sup>. Na powierzchni łachy naliczono prawie 100 głazów, o osi dłuższej powyżej 50 cm. Cała ta masa materiału pozostała w korycie, mimo gwałtownego wezbrania na Ropie. Trudno oszacować, jaka część materiału została odtransportowana przez Ropę. Prawdopodobnie spływ gruzowy w korycie Bielanki nastąpił w pierwszej fazie wezbrania, o czym może świadczyć bruk erozyjny na powierzchni odsypu, złożony wyłącznie z materiału głazowo-żwirowego. Objętość przepływu w korycie Bielanki stanowiła 1/4 maksymalnego przepływu w korycie Ropy.

Skala przekształcenia koryta Bielanki podczas tego wezbrania jest trudna do oszacowania, gdyż nie były znane jego wcześniejsze parametry. Całe koryto potoku, na odcinku od przełomu przez osuwiska do ujścia, zostało poszerzone i pogłębione oraz „wyczyszczone” z luźnego materiału. Nawet w ujściowym, akumulacyjnym odcinku koryta, o długości około 300 m (powyżej mostu drogowego na szosie Gorlice–Nowy Sącz), mającym charakter łóżyska o szerokości do 80 m, nie było większych form akumulacyjnych, tylko wyłącznie świeżo wycięte w pokrywie żwirowej koryta, z pojedynczymi głazami i masą pni oraz gałęzi, spiętrzonych miejscami do wysokości 2,5 m. Świadczy to o gwałtowności przemieszczania spływu gruzowego, wyspanego do koryta Ropy.

Gwałtowności transportu w potoku Bielanka sprzyjał duży spadek aż po ujście dopływu do rzeki głównej, który nie mógł być blokowany przez wysoki stan wody na Ropie. Dlatego cały transportowany materiał dostarczany był do koryta głównej rzeki i akumulowany w jego obrębie, lub przez nią odprowadzany. Ważny jest w takich sytuacjach stopień „synchronizacji” procesów w dopływach i na rzece głównej. W przypadku podparcia odpływu przez wysoki stan na rzece głównej duża część materiału zostaje zakumulowana w odcinku ujściowym ko-

ryta dopływu. Przykładem tego było wezbranie z 30 czerwca 1973 roku, kiedy ujściowy odcinek koryta Bystrzanki został wypełniony materiałem akumulacyjnym, a materiał dostarczony przez ten potok do koryta Ropy został w całości przez nią odtransportowany podczas długotrwałego i wysokiego wezbrania

W zlewniach mniejszych potoki wychodzą na równinę terasową w dolinie Ropy. Następuje wówczas zasypanie koryta dopływu i akumulację niesionego materiału na dnie ujściowego odcinka. Jeśli odległość do koryta Ropy od zbocza jest duża, następuje zalanie dna doliny głównej i usypanie wyniesionego z dopływu materiału w postaci stożka. Taki przebieg miała akumulacja podczas ulewy 7 czerwca w przypadku potoku z Wólki oraz potoku odwadniającego północne stoki Bartniej Góry (ryc. 1).

Potok z Wólki, o powierzchni zlewni  $2,6 \text{ km}^2$  i deniwelacjach przekraczających 300 m, odwadnia północne stoki Szerokiego Wierchu i zachodni stok Miejskiej Góry. Górną, zalesioną i środkową część zlewni stanowią rozległe powierzchnie osuwiskowe, o słabo zaznaczonej, ale dość gęstej sieci odwadniającej. Las zajmuje 76% powierzchni zlewni, w części środkowej i dolnej przeważają użytki zielone z zagajnikami. Głęboki wciós zaczyna się dopiero u podnóża Szerokiego Wierchu, oddzielając od niego krótki, stromy grzbiet Palenicy. Zlewnia potoku była w strefie najwyższych opadów (rzędu 90 mm). Skumulowanie się spływu powierzchniowego z rozległej górnej i środkowej części zlewni w wąskim korycie potoku, w jego środkowym i dolnym biegu, wywołało w efekcie całkowite przeobrażenie wciosu i jego poszerzenie, pogłębienie miejscami o ponad 1 m oraz zalanie płaskiego dna doliny w jej dolnym odcinku. Zasypaniu koryta potoku w dolnym biegu sprzyjało załamanie spadku. Pokrywa akumulacyjna na dnie dolnego odcinka doliny i na dnie doliny Ropy, złożona z glin, gładów, żwirów, pni drzew i gałęzi, miała powierzchnię około  $1,5 \text{ ha}$  i miąższość do około 60 cm. W drugiej fazie wezbrania pokrywa ta, zdeponowana zwłaszcza na dnie doliny Ropy, została bardzo silnie przemyta, a materiał częściowo zniesiony do koryta rzeki. W związku z tym trudno oszacować objętość wyniesionego ze zlewni materiału. Takiemu przebiegowi procesów sprzyjało wąskie i płytke koryto potoku w jego odcinku ujściowym, dodatkowo w dolinie Ropy zarosnięte przez zarośla wiklinowe.

Podobny przebieg miała erozja i akumulacja w zlewni potoku odwadniającego północne stoki Bartniej Góry (ryc. 1). Zlewnia tego potoku jest symetryczna, wydłużona w kierunku północ-południe ( $2,2 \times 0,3\text{--}0,7 \text{ km}$ ) i do wylotu w dolinie Ropy ma powierzchnię  $1 \text{ km}^2$ . Deniwelacje przekraczają 300 m. Zlewnię w górnej części budują piaskowce magurskie, w środkowej i dolnej piaskowcowo-łupkowe warstwy inoceramowe poprzecinane wąskimi pakietami łupków pstrych. Górna część zlewni ma strome stoki do  $35^\circ$ , środkowa o nachyleniu do  $20^\circ$ , modelowane osuwiskami i porozcinane krótkimi wciösami. Dolną część zajmują użytki rolne z nielicznymi zabudowaniami. Główny ciek w górnym i środkowym biegu płynie w ostrym wciösie, który w dolnym biegu przechodzi w skrzynekowy, o płaskim dnie, rozciętym krętym korytem. Potok uchodzi do

doliny Ropy rozcinając do 5 m wyższy stożek–terasę. W dnie doliny (ryc. 1, 7), koryto potoku nie ma prostego odprowadzenia do koryta rzeki głównej, ale skręcając gwałtownie w prawo, prowadzone jest sztucznie na niewysokim nasypie pod krawędzią wyższej terasy, a następnie płytkim obwałowanym korytem, łącząc się w dnie doliny Ropy z potokiem odwadniającym sąsiednią zlewnię. Od miejsca połączenia, do koryta rzeki Ropy, koryto jest obwałowane. Szczegółowo opisany powyżej przebieg koryta potoku ma istotne znaczenie dla przebiegu procesów podczas ulewy.

Zlewnia potoku w dniu 7 czerwca 1985 roku została w całości objęta strefą opadów o wysokości rzędu 90 mm. Woda spływająca ze stoków skoncentrowała się w wąskim wciosowym odcinku ujściowym, przelewając się i częściowo rozrywając obwałowanie koryta położonego na nasypie, kilkanaście metrów poniżej jej wylotu do doliny Ropy (ryc. 7), zatapiając kilkuhektarową powierzchnię, miejscami do 60 cm, o czym świadczyły ślady materiału organicznego na ogrodzeniach i ścianach domów. Zatopieniu dużej części doliny Ropy sprzyjał fakt, że koryto potoku przez większą część swego biegu leży nieco wyżej dna doliny, albo jest obwałowane. Stąd też odpływ wody do Ropy, z wyjątkiem pierwszej fazy wezbrania, był praktycznie uniemożliwiony, a cały materiał transportowany przez potok został zakumulowany w dnie doliny, co umożliwiło oszacowanie wielkości erozji w zlewni.

Przyjmując dane z poletek doświadczalnych, gdzie przy pełnym nasyceniu podłoża spływ powierzchniowy na użytkach rolnych wynosił średnio 44 mm, w zlewni potoku spod Bartniej Góry, cały opad powyżej opadu notowanego na stoku IG PAN – 23,3 mm (90–67,7) został zamieniony na spływ powierzchniowy. Wynika z tego że z użytków rolnych (45 ha) spłynęło ogółem 67 mm, czyli 30 000 m<sup>3</sup> wody. Odnosząc podobne przeliczenie do stoków zalesionych, z pomiarów na poltku Jeleniej Góry (biorąc pod uwagę, że tylko górna część zlewni ma identyczne warunki), określono, że spływem powierzchniowym odpłynęło z nich minimum 40 mm opadu, co dla 55 ha zalesionej części daje 22 000 m<sup>3</sup>. W sumie, spływem powierzchniowym ze zlewni o powierzchni 1 km<sup>2</sup> spłynęło minimum 52 000 m<sup>3</sup> wody. Uwzględniając spływ śródglebowy, można oszacować, że maksymalny odpływ z tej zlewni wynosił 25–30 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup> (por. Soja 1981). Ponieważ istniejące koryto potoku mogło pomieścić 2–3 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>, woda przelewała się przez wał ochronny i częściowo rozrywając go zatopiła część dna doliny Ropy.

Cały wyerodowany materiał został zakumulowany w dnie doliny Ropy, tworząc pokrywę akumulacyjną na powierzchni 3,5 ha (ryc. 7). Poniżej wylotu dolinki i miejsca rozerwania wału ochronnego złożony został gruby materiał w postaci ułożonych beładnie głazów i rumoszu skalnego z gliną oraz materiałem organicznym, co było uwarunkowane gwałtownym załamaniem się spadku oraz rozproszaniem się strumienia wody, wypływającej z wąskiego wciosu, na szerokie i płaskie dno doliny. Istniejące tu zabudowania stanowiły dodatkową przeszkodę dla niesionego materiału, stąd miąższość pokrywy akumulacyjnej na

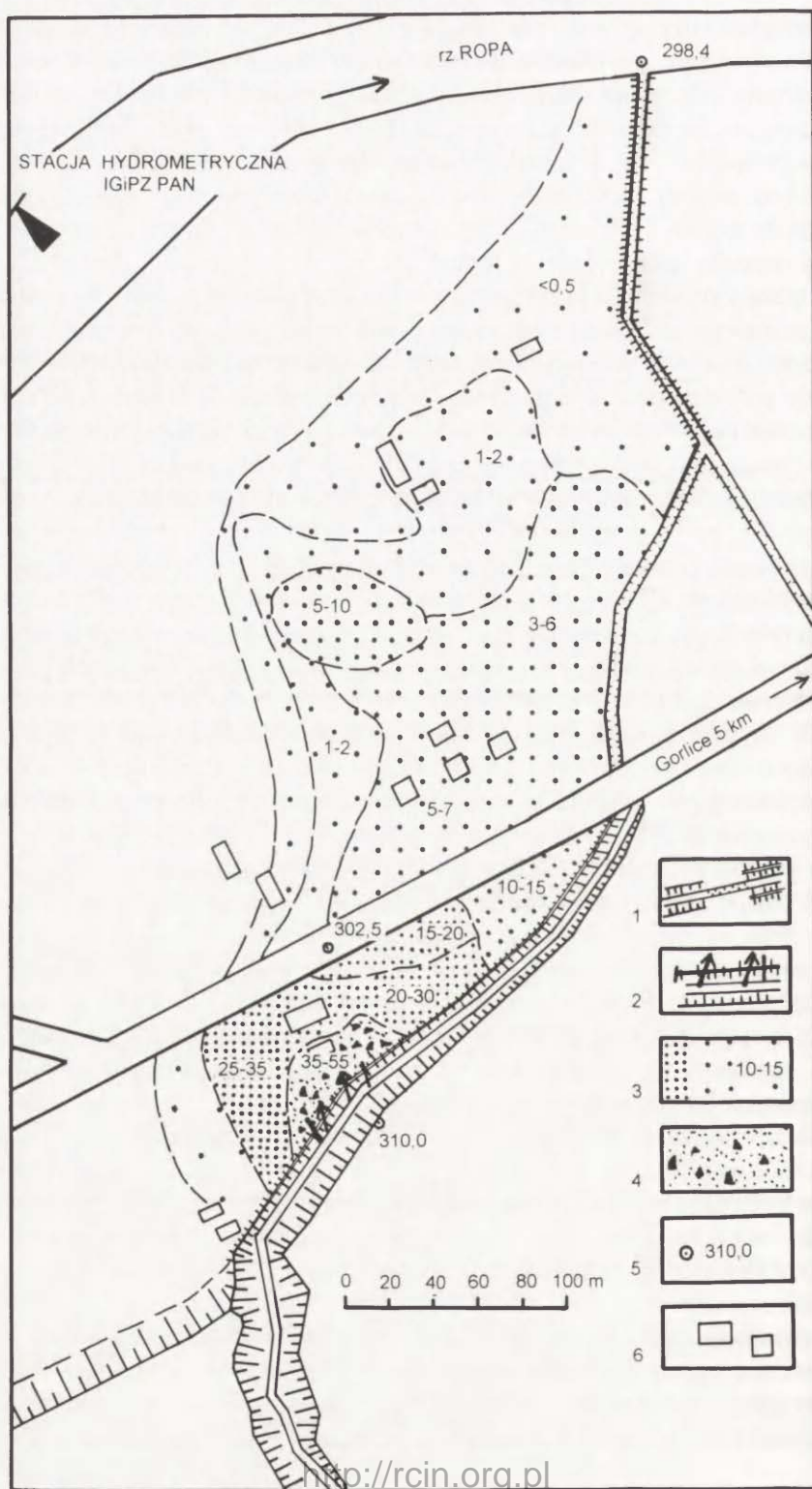
powierzchni kilku arów dochodziła do 80 cm. Dalej, w trójkącie pomiędzy potokiem a szosą (ryc. 7) pokrywa akumulacyjna o miąższości do 35 cm, składała się z materiału gliniastego z domieszką drobnego rumoszu i piasku. Po drugiej stronie szosy, w kierunku koryta Ropy, miąższość pokrywy akumulacyjnej zmniejszała się stopniowo i w zależności od konfiguracji powierzchni terenu wynosiła od 10 do poniżej 1 cm, drobnego, pylasto-ilastego materiału. Ogólna objętość materiału sięgała  $2700 \text{ m}^3$ , tj. 3780 ton suchej masy (ciężar objętościowy suchej masy namulów przyjęto jako  $1,4 \text{ t}\cdot\text{m}^{-3}$ ).

Opisany proces jest przykładem tworzenia stożków napływowych przez potoki uchodzące na równinę terasową, z dala od koryta rzeki. Sprzyjał temu wymuszony kierunek odpływu wody, rozmiar sztucznego koryta i jego poprowadzenie powyżej otaczającego terenu. Istniejąca zabudowa w dużej mierze ogranicza możliwości przeciwdziałania skutkom ewentualnych przyszłych zdarzeń tego typu, mimo że w przeszłości u wylotu tego potoku podobne przypadki, ale na mniejszą skalę, notowano w 1973 roku (Soja 1981) i dwukrotnie w 1983 r. Wprawdzie po ulewach w 1983 roku pogłębiono nieco koryto i podwyższono obwałowanie potoku u jego wylotu do doliny Ropy, ale jednocześnie podwyższono obwałowanie tego potoku i sąsiedniego, na odcinku przebiegu przez dolinę do koryta Ropy, co uniemożliwiło szybki powrót wody z powrotem do koryt. W konsekwencji, podczas gwałtownych ulew tereny te są stale narażone na zalanie, a sztuczne koryta na zasypywanie.

W związku z wyżej opisaną sytuacją można z dużą dokładnością określić wielkość denudacji w obrębie zlewni. Przyjmując, że w stanie naturalnym ciężar objętościowy glin wynosi  $2,0 \text{ ton}\cdot\text{m}^{-3}$ , a masa materiału złożonego w dnie doliny Ropy wynosiła 3780 ton, otrzymamy, że ze zlewni mającej  $1 \text{ km}^2$  wyniesione zostało  $1890 \text{ m}^3$  materiału. Zatem wskaźnik denudacji wyniósł 1,89 mm.

Z przeprowadzonych w terenie pomiarów i obserwacji wynika, że około 45% tego materiału pochodziło z koryta potoku głównego i jego dopływów – zarówno z erozji wgłębnej, jak i bocznej, około 40% z dróg polnych, rowów przydrożnych i bruzd śródpolnych, około 10% z upraw ziemniaczanych, a około 5% ze splukiwania na innych użytkach rolnych. Splukiwanie na stokach zalesionych było minimalne.

Charakterystyczną była duża, bardzo „równomierna” erozja we wszystkich naturalnych formach erozyjnych, zwłaszcza na terenach zalesionych. Ich pogłębienie i poszerzenie miejscami przekroczyło 1 m. Typowe były liczne zerwy na zboczach wciósów, wywołane przez podmycie przez erozję wgłębna, duże nasycenie podłoża wodą i ciśnienie wody spływającej spływem śródglebowym. Natomiast w części dolnej zlewni, gdzie płaskie, zadarnione dno wciosu o szerokości do kilku metrów było rozcięte korytem o szerokości i głębokości do 1 m, nie obserwowano dużego jego przemodelowania. Największą erozję obserwowano na nowo budowanej drodze, poprowadzonej prawym zboczem zlewni, w terenie zalesionym, gdzie podcięcie stoków przez skarpy przydrożne uwolniło wodę spływającą w pokrywach zwietrzelinowych spływem śródglebowym. Na odcinku około 1 km powstało wiele zerw na skarpach przydrożnych, miejscami roz-



T a b e l a 3

Rozmiary spłukiwania gleby na stokach doświadczalnych o różnym użytkowaniu podczas ulewy w dniu 7.06.1985 r. w Szymbarku

Size of wash-down on experimental slopes of difference use during rainstorm, 7.06.1985 at Szymbark

Użytkowanie Land use	Opad w mm Rain in mm	Spływ powierzchniowy Overland flow $l \cdot ha^{-1}$	Spłukiwanie Wash-down $kg \cdot ha^{-1}$
Pszenica ozima Winter wheat	67,2	414 066	310,0
Owies Oat	67,2	452 550	5 276,6
Koniczyna Clover	67,2	419 933	20,66
Łąka Meadow	67,2	469 966	6,83
Las Forest	50,0	4 630	0,92

myty został korpus nasypu drogowego, a rowy przydrożne wcięte w skalne podłoże. Bardzo duża ilość wody spływająca po całej powierzchni stoków dawała efekt spłukiwania pokrywowego i tylko gęsta szata roślinna na powierzchniach trawiastych, a w mniejszym stopniu pól uprawnych, chroniła stoki przed intensywnym spłukiwaniem. W obrębie stoków użytkowanych rolniczo największą erozję obserwowano w obrębie bruzd na granicy działek uprawowych i w rowach przydrożnych, chociaż układ działek i dróg polnych nie sprzyjał rozwojowi intensywnej erozji, gdyż duża część tych ostatnich była zadarniona i miała kierunek zbliżony do równoległego do poziomicy. Największe rozmiary spłukiwania obserwowano na polach z ziemniakami. Na powierzchni stoków nie obserwowano więc głębokich żłobin, czy spłukiwania całej warstwy ornej (Figuła 1960; Gerlach 1976). Większość materiału wyniesionego ze zlewni pochodziła z obszaru zalesionego – z erozji liniowej w naturalnych formach erozyjnych typu wciósów, rowów przydrożnych, nowo budowanej drogi oraz bruzd śródpolnych. Wyjątkowa skala spływu i erozji wskazywałaby, że tak suma jak i natężenie opadu mogły tu być wyższe niż w sąsiednich punktach pomiarowych.

Ryc. 7. Stożek napływowo na dnie doliny Ropy utworzony przez potok spod Bartniej Góry w dniu 7.06.1985 r.

1 – koryto potoku, skarpy, obwałowania, 2 – miejsce rozerwania obwałowania, 3 – pokrywa pylasto-piaszczysta w cm, 4 – pokrywa głazowo-rumoszowa, 5 – wysokość n.p.m., 6 – zabudowania

Alluvial cone on the bottom of Ropa valley, deposited by stream from Bartnia Góra, 7.06.1985

1 – channel of stream, scarps, embankments, 2 – place of burst of embankment, 3 – cover of fine material in cm, 4 – deposition of boulders, 5 – altitude a. s. l., 6 – buildings



## PODSUMOWANIE

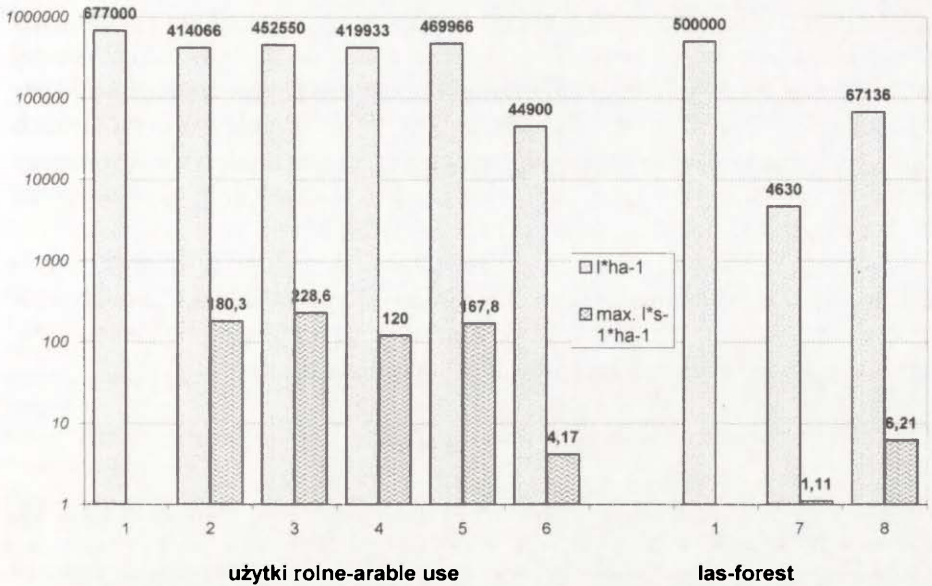
Procesy hydrologiczne i geomorfologiczne wywołane ulewą w dniu 7 czerwca 1985 roku w Szymbarku stanowią dobry przykład przebiegu procesów zachodzących w Karpatach fliszowych podczas gwałtownych ulew, na co zwracają uwagę liczne opracowania (m. in. Starkel 1960, 1976, 1996; Figuła 1960; Gil, Słupik 1972; Słupik 1973; Froehlich 1975; Gerlach 1976; Gil 1976; Soja 1981). Opady objęły szeroki region pogranicza Beskidu i Pogórza, a w jego centrum, rozciągającym się stosunkowo wąskim pasem pomiędzy Gorlicami a Krynicą, o powierzchni około 150 km<sup>2</sup>, miały charakter zjawiska ekstremalnego (ryc. 1–3). Opad o wysokości 60–90 mm w ciągu 2 godzin, o charakterze opadu ulewnego, o powtarzalności 3–10% (Cebulak 1992) i maksymalnej chwilowej intensywności 3,4–4,5 mm·min<sup>-1</sup> objął część zlewni Ropy, położoną na progu Beskidu Niskiego. Na natężenie przebiegu procesów duży wpływ miał rozkład czasowy opadów, o kulminacji natężenia w jego środkowej fazie, co sprzyjało nasyceniu wodą podłoża, a w czasie największego natężenia cały opad przechodził w spływ powierzchniowy.

Wystąpieniu ekstremalnych wartości spływu powierzchniowego sprzyjała również duża wilgotność podłoża i wysoki stan wód gruntowych przed opadem, czego rezultatem była niemal równoczesność wystąpienia spływu powierzchniowego i śródglebowego na stokach, a w rezultacie szybkie podniesienie się stanów wód w rzekach (ryc. 4, 5).

Maksymalne natężenia spływu powierzchniowego notowane na stoku doświadczalnym IGiPZ PAN, przy opadzie 67 mm, wynosiły od 120 l·s<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup> na poletku z koniczyną, do 228 l·s<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup> na poletku z owsem, a spływu śródglebowego 3,7 l·s<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup>. Na uprawach ziemniaczanych, w takich warunkach opadowych, maksymalne natężenie spływu, sądząc z innych zanotowanych przypadków, przekraczać musiało 300 l·s<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup>. Małe zróżnicowanie rozmiarów spływu powierzchniowego na różnych użytkach rolnych dowodzi (ryc. 8), że przy wysokich opadach o wielkości spływu bardziej decyduje rodzaj podłoża i aktualna pojemność wodna gleby, aniżeli rodzaj użytkowania (Słupik 1973). Rodzaj użytkowania natomiast wpływa w sposób znaczący na czas rozpoczęcia spływu powierzchniowego i jego natężenie

Na stoku Jeleniej Góry, z bardzo przepuszczalnymi pokrywami zwietrzelinowymi, przy opadach o 30% niższych, spływ powierzchniowy wynosił maksymalnie 1,1 l·s<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup>, a spływ śródglebowy 6,2 l·s<sup>-1</sup>·ha<sup>-1</sup>. W centrum ulewy, przy opadzie 90 mm, spływ powierzchniowy na stokach był znacznie większy. Maksymalny przepływ na potoku Bielanka, wynoszący 75 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>, z części zlewni o powierzchni 6,5 km<sup>2</sup>, w 63% zalesionej, daje przepływ jednostkowy o wysokości 11,5 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>·km<sup>2</sup>, podobny do zanotowanego przez Soję (1981) w 1973 r. w potoku spod Bartniej Góry.

Podczas ulewy zachodziła bardzo silna erozja zarówno na stokach, jak i w korytach rzecznych. Silnie przeobrażone były stoki użytkowane rolniczo,



Ryc. 8. Rozmiary i natężenie spływu powierzchniowego i śródglebowego na stokach o różnym użytkowaniu podczas ulewy w dniu 7.06.1985 r.

1 – opad, 2 – pszenica ozima, 3 – owies, 4 – koniczyna, 5 – łąka, 7 – las, 6, 8 – spływ śródglebowy

Amount and intensity of overland flow and subsurface runoff on the slopes of various land use, during rainstorm on 7.06.1985

1 – rain, 2 – winter wheat, 3 – oat, 4 – clover, 5 – meadow, 7 – forest, 6, 8 – subsurface runoff

zwłaszcza o mało zwartej szacie roślinnej, czego przykładem jest spłukiwanie gleby na poletku z słabo rozkrzewionym owsem, przekraczające  $5,2 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$  (tab. 3). Spłukiwanie na uprawach ziemniaczanych w czasie takich opadów oszacowano na  $60 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  (por. Gerlach 1976; Gil 1985). Natomiast na użytkach zielonych, trwałych i nietrwałych spłukiwanie wynosiło  $6\text{--}20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ , a na terenie zalesionym do  $1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Bardzo silną erozję liniową notowano w brzdach odgraniczających poszczególne uprawy, w rowach przydrożnych oraz w niezaopieczonych drogach polnych. Największą erozję zaobserwowano jednak w naturalnych rozcięciach typu wciósów w obszarach leśnych, które uległy bardzo dużemu przekształceniu, przez pogłębienie i poszerzenie, w czym duży udział miały zerwy powstające na ich zboczach pod wpływem zarówno podcinania, jak i ciśnienia spływowego wód odprowadzanych spływem śródglebowym.

Koryta potoków w małych zlewniach, podczas tego typu ulew, są dostosowywane do przepływów maksymalnych. Zachodzi w nich olbrzymi transport materiału dostarczanego nie tyle ze stoków, co pochodzących z erozji w samych korytach, przyjmując charakter spływu gruzowego. Pogłębienie i poszerzenie koryt w potoku z Wólki i spod Bartniej Góry przekraczały na długich odcinkach ponad 1 m.

Gwałtowne ulewy mają decydujące znaczenie we współczesnym modelowa-

niu obszarów o powierzchni do 100 km<sup>2</sup>. Procesy erozji, transportu i akumulacji na stokach odbywają się etapowo – fragmenty stoków pozbawionych zwartej szaty roślinnej, z silnym rozwojem procesów erozyjnych, przedzielone są odcinkami stoków, gdzie zachodzi akumulacja (Gil 1976). Splukiwaniu na stołach i silnej erozji liniowej w naturalnych i sztucznych drogach odpływu towarzyszy odprowadzanie materiału, który akumulowany jest w dnach dolin dopływów na dnie doliny głównej lub w jej korycie (Starkel 1979, 1996).

Zagospodarowanie den dolin przez lokalizację w nich budownictwa wszelkiego typu i ciągów komunikacyjnych wymaga utrzymywania koryt dopływów w stałym miejscu, a zatem wywołuje konieczność okresowego pogłębiania i zabezpieczania koryt coraz wyższymi wałami ochronnymi.

### SPIS LITERATURY

- C e b u l a k E., 1992, *Maksymalne opady dobowe w dorzeczu górnej Wisły*, Zesz. Nauk UJ, Prace Geogr., 90, s. 79–96.
- C i e p i e l o w s k i A., 1970, *Maksymalne wielkości spływów jednostkowych z deszczów nawalnych*, Przegl. Geof., XV(XXIII), 2, s. 179–193.
- F i g u ł a K., 1960, *Erozja w terenach górskich*, Wiad. IMUZ, 1, 4, s. 109–147.
- G e r l a c h T., 1976, *Współczesny rozwój stoków w Polskich Karpatach Fliszowych*, Prace Geogr., 122, ss. 65.
- G i l E., 1976, *Splukiwanie gleby na stokach fliszowych w rejonie Szymbarku*, Dok. Geogr., 2, ss. 65.
- 1985, *Ruissellement et erosion sur les versants du flysch d'après les résultats de parcelles experimentales*, Bull. Assoc. Geogr. Franc., Paris, 5, s. 351–356.
- G i l E., S ł u p i k J., 1972, *The influence of the plant cover and land use on the surface run-off and wash-down during heavy rain*, Studia Geomorph. Carpatho-Balcan., 6, s. 81–190.
- F r o e h l i c h W., 1975, *Dynamika transportu fluwialnego Kamienicy Nawojowskiej*, Prace Geogr., 114, ss. 122.
- K o t a r b a A., 1970, *Charakterystyka rzeźby okolic Szymbarku*, Dok. Geogr., 3, s. 7–14.
- N i e d ź w i e d ź T., 1990, *Rozkład prawdopodobieństwa opadów dobowych w reple Glinika Mariampolskiego k/Gorlic*, Maszynopis w archiwum Stacji Naukowej IGiPZ PAN w Szymbarku.
- S ł u p i k J., 1973, *Zróznicowanie spływu powierzchniowego na fliszowych stokach żórskich*, Dok. Geogr., 2, ss. 118.
- S o j a R., 1981, *Analiza odpływu z fliszowych zlewni Bystrzanki i Ropy (Beskid Niski)*, Dok. Geogr., 1, ss. 91.
- S t a r k e l L., 1960, *Rozwój rzeźby Polskich Karpat fliszowych w holocenie*, Prace Geogr. IG PAN, 22, ss. 239.
- 1979, *On some questions of the contemporary modelling of slopes and valley bottoms in the flysch Carpathians*, Studia Geomorph. Carpatho-Balcan., 13, s. 191–207.
- 1996, *Geomorphic role of extreme rainfalls in the Polish Carpathians*, Studia Geomorph. Carpatho-Balcan., 30, s. 21–38.

RUNOFF AND GEOMORPHIC PROCESSES  
IN THE FLYSCH CATCHMENTS DURING HEAVY DOWNPOURS  
IN SZYMBARK ON 7 JUNE 1985

S u m m a r y

On 7 June 1985 a heavy downpours in the Ropa river basin covered an area of about 70 km<sup>2</sup>. The rainfall totals reached at least 60–90 mm, highest intensity about 4.5 mm · min<sup>-1</sup> and its recurrence interval was of the order of 3–10% (Fig. 3). The highest overland flow on the experimental slopes (where 67 mm of rain was recorded) fluctuated between 120 l·s<sup>-1</sup>ha<sup>-1</sup> over clover plot and 228 l·s<sup>-1</sup>ha<sup>-1</sup> on the oat field (Tab. 2, Fig. 4 and 5) and on the forested slope only 1.1 l·s<sup>-1</sup>ha<sup>-1</sup> (where 50 mm of rain was measured). The highest intensity of surface runoff, slightly delayed in relation to the overland flow reached 3.7 l·s<sup>-1</sup>ha<sup>-1</sup> on the cultivated slopes and 6.7 l·s<sup>-1</sup>ha<sup>-1</sup> in the forest, where subsurface drainage is the main components of runoff (Tab. 2, Fig. 6). In the eye of downpour the overland flow on the arable land probably reached 300 l·s<sup>-1</sup>ha<sup>-1</sup>. During this event the land use controlled only the time and intensity of overland flow, but their total depended on the physical parameters of substratum (Tab. 1, Fig. 8). The specific runoff in the partly affected Ropa valley was of the order of 4 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup> · km<sup>-2</sup>, but in the small Bielanka tributary passed 11 m<sup>3</sup> · s<sup>-1</sup> · km<sup>-2</sup>.

The rapid runoff was accompanied by intensive slope wash which reached 5.2 t · si<sup>-1</sup> over oat field, 6–20 kg ha<sup>-1</sup> over grassland and only 1 kg ha<sup>-1</sup> in the forest. On the potatoe fields probable slope wash was of the order of 60 t · ha<sup>-1</sup>. Very intensive linear erosion to 1 m depth was observed in natural V-shaped valleys under forests, over cart-roads, at the margins of cultivated fields as well as in the channels of 1-st and 2-nd order creeks.

The materials derived from smaller catchments was deposited either as the proluvial fans over the floor of main Ropa valley or reached the channel of the Ropa river.

The local heavy downpours are the most pronounced factors of present-day transformation of slopes and channels of small creeks and are characterised by short-distance transfer of high amounts of soil material and debris.

*Translated by Leszek Starkel*

Adres Autora:

dr Eugeniusz Gil

Stacja Naukowa Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN

38-311 Szymbark 430

WYDAWNICTWA IGI<sup>2</sup>PZ PAN  
VARIA

- Bibliografia Geografii Polskiej 1991, 1997, 290 s.  
Centralny katalog zbiorów kartograficznych w Polsce, Zeszyt 5. Wieloarkuszowe mapy topograficzne Polski 1576–1870, 1984, cz. 1, 109 s., cz. 2 tab. 220, zł 12, –  
Katalog dawnych map Rzeczypospolitej w kolekcji Emeryka Hutten-Czapskiego i w innych zbiorach. Oprac. W. Kret, 1978, 164 s., 37 map; T. 2. Mapy XVIII wieku. Oprac. T. Paćko, D. Stachnal-Talanda, E. Gołąb-Jankowska, 1992, 250 s., 56 map, zł 25, –

WYKAZ ZESZYTÓW CONFERENCE PAPERS

1. Restructuring of economies and regional development, 1988, 156 s.
2. Natural environment of suburban areas as development factor of big cities, 1988, 184 s.
3. The state, modes of production and world political map, 1989, 186 s.
4. Problemy współczesnej topoklimatologii / Problems of contemporary topoclimatology, 1990, 226 s.
5. Agricultural classifications. A review of methodology, 1990, 69 s.
6. Global change regional research centres, 1990, 181 s.
7. The impact of urbanization upon rural areas, 1990, 272 s.
8. The processes of depopulation of rural areas in Central and Eastern Europe, 1990, 322 s.
9. Przestrzenne problemy zdrowotności / Spatial problems of health, 1990, 322 s.
10. Evolution of population and economic activities in urban regions, 1990, 168 s.
11. Geograficzne badania nad płodnością / Geographical research on fertility, 1991, 123 s.
12. Restructuring and spatial strategy, 1991, 203 s.
13. Impact des mutations structurelles sur le développement territorial en Europe, 1991, 215 s., zł 2, –
14. Sesja naukowa IGI<sup>2</sup>PZ PAN 1991 / Annual Conference 1991, 1991, 156 s., zł 2, –
15. Housing and urban policy in transition, 1992, 112 s., zł 2, –
16. Geographical issues of social and economic transformation of contemporary Japan and Poland, 1992, 158 s., zł 2, –
17. Współczesna geografia polityczna / Contemporary political geography, 1993, 128 s., zł 2, –
18. Geography of organic matter production and decay, SCOPE Seminar, Szymbark, September 11–18. 1991, 1993, 188 s., zł 3, –
19. Climate and atmospheric deposition studies in forests. International Conference, Nieborów, October 6–9. 1992, 1994, 276 s., zł 15,–
20. Przemiany środowiska przyrodniczego Karpat i Kotlin Podkarpackich / Environmental changes of the Carpathian and Subcarpathian Basins, 1995, 124 s., zł 9,–
21. EURO-MAB IV. Mountain zonality facing global change, 1995, 176 s., zł 10,–/18,–
22. Polish eastern border. Past and present problems, 1995, 96 s., zł 8,–/14,–
23. Współczesne badania klimatologów polskich w kraju i za granicą / Recent Polish climatological investigations in Poland and abroad, 1995, 236 s., zł 16,–/24,–
24. Urban and regional issues in geographical research in Poland and Italy, 1995, 168 s., zł 10,–/18,–
25. Przemiany struktury przestrzennej obszarów wiejskich w strefach podmiejskich Polski i Rumunii. Materiały seminarium polsko-rumuńskiego, Warszawa 12–16 VI 1995, 1996, 116 s., zł 8,–/14,–

WYKAZ ZESZYTÓW DOKUMENTACJI GEOGRAFICZNEJ  
z ostatnich lat

1993

1. T. LIJEWSKI, E. S. SUJKO – Koncentracja aktywności gospodarczej i społecznej w 150 większych miastach Polski, 94 s., zł 3,-
2. A. MISZCZUK – Wyludnianie się wsi a rolnictwo wschodniej Lubelszczyzny, 86 s., zł 3,-
3. W. STOLA – Struktura przestrzenna i klasyfikacja funkcjonalna obszarów wiejskich Polski, 66 s., zł 3,-
- 4-5. A. KOTARBA (red.) – Z badań fizycznogeograficznych w Tatrach, 81 s., zł 4,-
6. B. WYŻGA – Funkcjonowanie systemu rzecznej środkowej i dolnej Raby w ostatnich 200 latach, 93 s., zł 4,-

1994

- 1-2. A. S. KOSTROWICKI, J. SOLON (red.) – Studium geobotaniczno-krajobrazowe okolic Pińczowa, 197 s., zł 10,-
  - 3-4. A. DZIEWULSKA – Przemiany struktury przestrzennej chowu zwierząt gospodarskich w Polsce w latach 1970-1988, 77 s., zł 10,-
  - 5-6. T. KOZŁOWSKA-SZCZĘSNA – Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk. Czterdzieści lat działalności 1953-1993, 138 s., 8 zał.
- SUPLEMENT (5-6) – D. GAZICKA – Wybrane publikacje pracowników Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania Polskiej Akademii Nauk wydane w latach 1953-1993, 69 s., zł 10,-

1995

1. S. KOZARSKI – Deglacjacja północno-zachodniej Polski: warunki środowiska i transformacja geosystemu (~20 ka → 10 ka BP), 84 s., zł 5.20,-
2. P. GĘBICA – Ewolucja doliny Wisły pomiędzy Nowym Brzeskiem a Opatowcem w wistulianie i holocenie, 92 s., zł 5.20,-
3. A. GAWRYSZEWSKI – Mapy narodowościowe, wyznaniowe i językowe Polski wykonane przez autorów obcych. Bibliografia (lata 1846-1967), s. 102, zł 6,-

1996

4. A. KOTARBA (red.) – Z badań fizycznogeograficznych w Tatrach – II, s. 70, zł 6,-

1997

5. E. CZYŻOWSKA – Zapis zdarzeń powodziowych na pograniczu boreału i atlantyku w osadach stożka napływowego w Podgrodziu, s. 74, zł 7,-
6. T. KALICKI (red.) – Badania ewolucji dolin rzecznych na Białorusi – I, s. 111, zł 10,-
7. A. GAWRYSZEWSKI – Przestrzenna ruchliwość ludności Polski. Bibliografia (lata 1896-1990), s. 160, zł 12,-
8. L. STARKEL (red.) – Rola gwałtownych ulew w ewolucji rzeźby Wyżyny Miechowskiej (na przykładzie ulewy w dniu 15 września 1995 roku), s. 108, zł 15,-

1998

9. M. BANACH – Dynamika brzegów dolnej Wisły, s. 76, zł 15,-
10. M. BŁASZKIEWICZ – Dolina Wierzycy, jej geneza oraz rozwój w późnym plejstocenie i wczesnym holocenie, s. 116, zł 18,-