

**Tomasz Kalicki, Artur Zieliński, Paweł Przepióra, Sławomir Chwałek,  
Marcin Frączek, Edyta Klusakiewicz, Ireneusz Olszak, Łukasz Podrzycki**

Zakład Geomorfologii, Geoarcheologii i Kształtowania Środowiska,

Instytut Geografii Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach,

e-mail: tomaszkalicki@ymail.com; artur.zielinski@ujk.edu.pl;

pawelprzepiora1988@gmail.com; slawomirchwalek@gmail.com;

marcinfraczek1987@gmail.com; edytakapusta@interia.eu;

i.olszak@poczta.fm; harcerzpodrzyk@op.pl

**MORFOLOGIA I OSADY POWODZI BŁYSKAWICZNEJ  
W OKOLICACH KROMOŁOWA (POLSKA POŁUDNIOWA)  
PO 20 LATACH**

**Morphology and sediments of flash flood near Kromolów  
(southern Poland) after 20 years**

**Słowa kluczowe:** Wyżyna Śląska, powódź błyskawiczna, zagrożenie powodziowe, redukcja ryzyka

**Key words:** Silesian Upland, flash flood, flood hazards, risk reduction

**WSTĘP**

Problematyką geomorfologicznych skutków katastrofalnych opadów na różnych obszarach Polski zajmowało się wielu autorów (Rodzik 1984, Maruszczak 1986, Starkel 1986, Ciupa 1996a, b, Czyżowska 1996, Dwucet, Śniezko 1996, Józwiak, Skrzypczak 1996, Zieliński 1998, Gliński, Przesmycki 2011). Bezpośrednim impulsem do zajęcia się tą tematyką było wystąpienie zjawiska ekstremalnego, a badania realizowane bezpośrednio po takim zdarzeniu opisują genezę zjawiska oraz powstałe w jego wyniku formy erozyjne i akumulacyjne.

Niemal brak jest prac, które inwentaryzowałyby zestaw i stan zachowania tych form erozyjno-akumulacyjnych po kilku czy kilkunastu latach od katastrofalnego zdarzenia. Takie studia pozwoliłyby poznać rolę zdarzeń ekstremalnych w modelowaniu rzeźby w warunkach silnej antropopresji. Procesy naturalne, a jednocześnie bezpośrednia działalność człowieka, zaciera geomorfologiczny zapis skutków katastrofalnych opadów, które wywołują powodzie błyskawiczne (Pociask-Karteczka, Żychowski 2014, Kalicki i in. 2016).

## CEL I METODY BADAŃ

W związku z przedstawioną powyżej luką zagadnienia dotyczące zachowania form i osadów powodzi błyskawicznych z maja 1996 roku w Kromoławie po 20 latach od katastrofalnych zdarzeń stały się przedmiotem studiów (Kalicki i in. 2014, 2015b) i zostaną przedstawione w tej pracy (ryc. 1, 2). Wyniki badań zostały przedstawione na szerszym tle paleogeograficznym pozwalającym uchwycić holocenijskie tendencje rozwoju plejstoceńskich niecek fluwialno-denudacyjnych i roli zjawisk ekstremalnych w ich transformacji (Kalicki i in. 2015a, c, 2016).

W latach 2014-2015 przeprowadzono badania i inwentaryzację form i pokryw powstałych w czasie błyskawicznych powodzi z 1996 r. Opisano ich stan zachowania, przekształcenia lub zniwelowania przez człowieka w dwóch dolinach fluwialno-denudacyjnych. Podstawą do porównań była dokumentacja wykonana bezpośrednio po katastrofalnym zdarzeniu (Zieliński 1997, 1998a,b). Zostały zgromadzone również zarejestrowane przez mieszkańców materiały archiwalne (zdjęcia, nagrania wideo – ponad 2 godz.) oraz przeprowadzono szereg wywiadów środowiskowych dotyczących skali i przebiegu zdarzeń.

W 2014 r. wykonano serię odkrywek i wierceń we wschodniej dolinie (Doły Żerkowskie) przekształconej w czasie powodzi. Z profilów zostały pobrane próby osadów do analiz granulometrycznych, geochemicznych i datowań. Analizy uziarnienia zostały wykonane metodą sitową, a dla poszczególnych prób obliczono wskaźniki Folka-Warda (program GRANULOM). Pomiar pH wykonano przy użyciu 1 N KCl pH-metrem Elmetron CX-551, natomiast oznaczenie pierwiastków (np. glin, wapń, potas, żelazo, fosfor oraz tytan) metodą fluorescencyjnej spektrometrii rentgenowskiej (XRF) mobilnym spektrometrem BAS Delta. Datowanie TL zostało wykonane w Zespole Laboratoriów Naukowo-Dydaktycznym Instytutu Geografii UJK w Kielcach, a radiowęglowe w Laboratorium Datowań Bezwzględnych M. Krapca (kalibracja OxCal v.4.2.3).

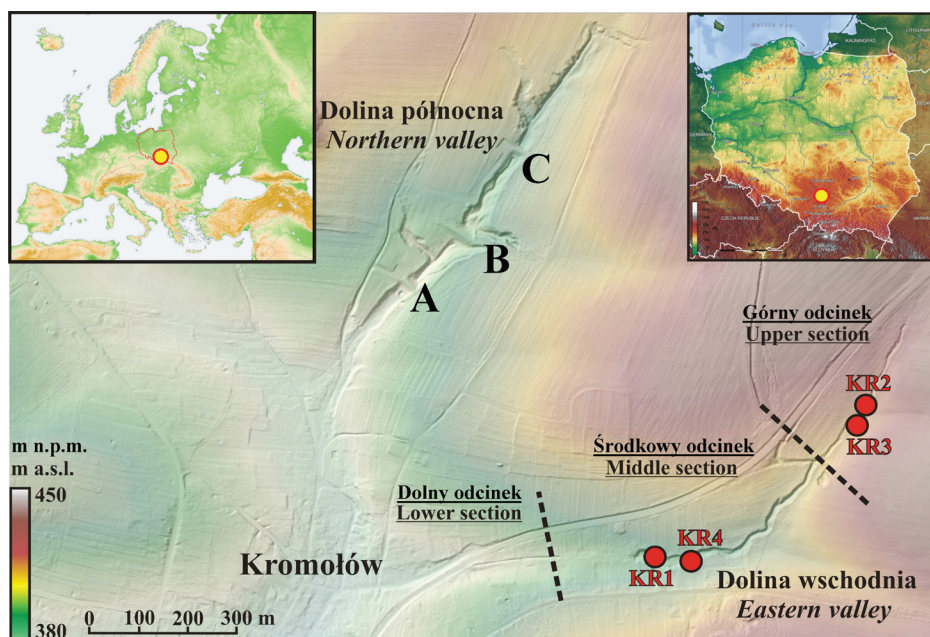
W ramach prac kameralnych pozyskano z serwisu [geoportal.gov.pl](http://geoportal.gov.pl) szczegółowe mapy hipsometryczne z cieniowaniem. W programie Quantum GIS 2.8.2-Wien za pomocą wbudowanego modułu SAGA 2.1.2 (zakładka *Terrain Analysis-Morphometry*) i z użyciem algorytmu *Convergence index* wykonano model koncentracji spływu powierzchniowego (ryc. 2). Wskaźnik konwergencji jest miarą opisu ukształtowania terenu pod kątem koncentracji spływu powierzchniowego. Obliczany jest na podstawie ekspozycji sąsiednich komórek rastra i może osiągać wartości od -100 do 100. Wartość 100 ma wierzchołek, z którego spływ powierzchniowy odbywa się na wszystkie strony (ryc. 3a), wartość -100 to najgłębszy punkt zagłębienia bezodpływowego, czyli miejsce do którego z każdej strony spływa woda (ryc. 3c), natomiast wartość 0 oznacza stok o równomiernej ekspozycji (ryc. 3b). W oparciu o Archeologiczne Zdjęcie Polski (AZP 93-52) zebrano informacje o lokalizacji i wieku stanowisk archeologicznych na badanym obszarze.

W 2015 r. przeprowadzono prospekcję terenową w sąsiedniej, północnej dolinie, w której po 1996 roku zbudowano szereg inwestycji (tamy i zbiorniki retencyj-



**Ryc. 1.** Powódź w Kromolowie po wystąpieniu obfitych opadów w maju 1996 roku (wysokość głównej fali powodziowej widoczna jest w formie śladu na budynku) oraz w lipcu 2014 roku (Źródło: [www.dziennikzachodni.pl](http://www.dziennikzachodni.pl))

**Fig. 1.** Flood in Kromolów after a heavy rainfall in May 1996 (level of the main flood wave is visible in the trace on the building) and July 2014 (Source: [www.dziennikzachodni.pl](http://www.dziennikzachodni.pl))



**Ryc. 2.** Położenie obszaru badań i analizowanych profili: A = pierwszy zbiornik, B = drugi zbiornik, C = trzeci zbiornik

**Fig. 2.** Location of study area and profiles: A = 1st reservoir, B = 2nd reservoir, C = 3th reservoir

ne etc.) mających przechwytywać falę powodziową i zapobiegać katastrofalnym skutkom powodzi błyskawicznych w przyszłości.

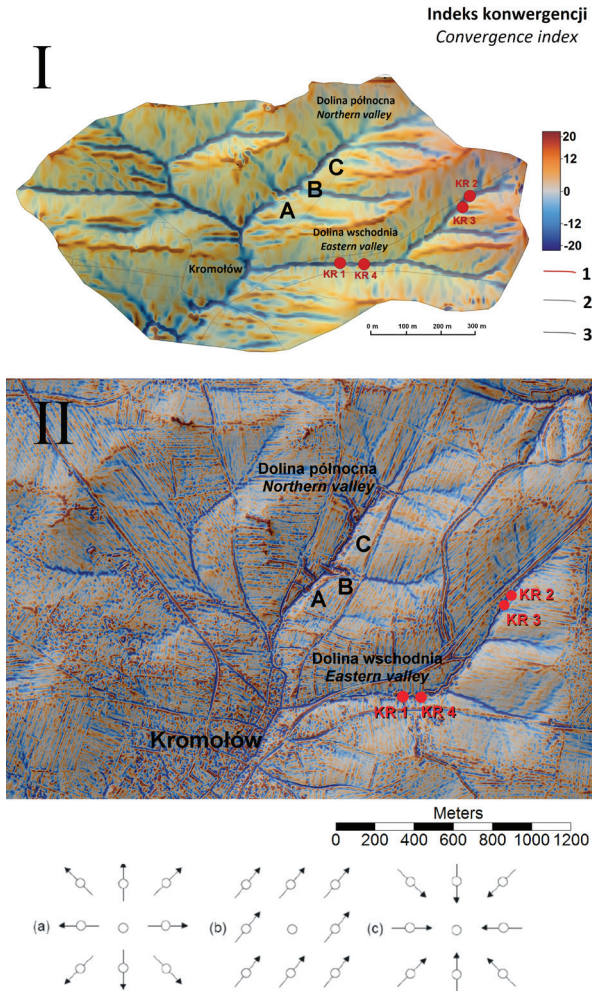
## POŁOŻENIE OBSZARU BADAŃ

Badany obszar położony jest u źródeł Warty w południowej Polsce na Wyżynie Śląskiej na pograniczu dwóch jednostek geomorfologicznych: obniżenia Doliny Górnej Warty i Proсны i górujących nad nim kilkudziesięciometrową kuestą górnójurajską Wyżyny Krakowskiej (Płaskowzgórze Częstochowskie) na wschodzie i kuestą górnotriasową na zachodzie (Gilewska 1972). W podziale fizycznogeograficznym Kondrackiego (1994) są to mezoregiony Obniżenia Górnowarciańskiego i Wyżyny Częstochowskiej. Suche, fluwialno-denudacyjne doliny (*dellen*) tworzą system drenażu obszaru. Są to plejstocenijskie formy, typowe dla polskich wyżyn, powstałe w peryglacialnych warunkach i przekształcane w holocenie.

Kromolów (obecnie dzielnica Zawiercia) jest niewielką miejscowością o zwartej zabudowie położoną na wysokości ok. 380-400 m n.p.m. w obniżeniu erozyjno-denudacyjnym z koncentrycznym układem drenażu okresowego i epizodycznego, który tworzą suche doliny i niecki rozcinające otaczające wzniesienia progów strukturalnych o wysokości do 460 m n.p.m. (ryc. 2). Średnie nachylenie otaczających Kromolów stoków wynosi od 3° do 7°. Na oksfordzkich wapieniach marglistych i ławicowych zalegają piaski fluwioglacjalne ze zlodowacenia odry o dobrej przepuszczalności, lokalnie z wkładkami okruchów skał wapiennych. Na tym podłożu wykształciły się rędziny brunatne z niską zawartością węglanów (0,3-0,5%) i niewielką ilością szkieletu (0-5%). W częściach ziemistych dominują piaski (maksymalnie do 54%), głównie średnioziarniste (do 27% w poziomie C na głębokości 75-85 cm i do 21% w poziomie Ap na głębokości od 0 do 20 cm). Zawartość frakcji pyłowej dochodzi do 36%, a części spławialnych do 28%. Odczyn pH gleb (w KCl) waha się od 6,02 do 7,3. Obszar jest wylesiony i wykorzystywany rolniczo, a kierunek orki na wielohektarowych polach zgodny ze spadkiem terenu (ryc. 2, 3).

## RYS PALEOGEOGRAFICZNY

Na badanym obszarze system drenażu tworzą suche, fluwialno-denudacyjne doliny (*dellen*). Są to plejstocenijskie formy, typowe dla polskich wyżyn, powstałe w peryglacialnych warunkach i przekształcane w holocenie. Dobrym przykładem tego typu przekształcania jest mała i sucha dolina położona na wschód od centrum Kromolowa (Kalicki i in. 2016). Transformacja górnej części tej doliny rozpoczęła się na początku subatlantyku, początkowo akumulacją osadów w dnie (data TL  $2,3 \pm 0,3$  ka), a następnie jego rozcięciem w wyniku erozji wstecznej, co udokumentowane jest przez datę radiowęglową gleby kopalnej (profil Kromolów KR 3:  $2570 \pm 80$  BP, cal. 847-428 BC; MKL-2252). Dane uzyskane z AZP nie potwierdzają pradziejowego osadnictwa zlokalizowanego na badanym obszarze. Zarejestrowano jedynie kilka stanowisk nowożytnych. Dlatego rozcięcie dna doliny nie może być przypisane antropogenicznemu wylesieniu, a raczej powinno być wią-



**Ryc. 3.** Modele indeksu konwergencji działu wodnego wokół Kromolowa przed (I) i po (II) zbudowaniu zbiorników retencyjnych.

1 – drogi główne, 2 – drogi inne, 3 – ulice; A = pierwszy zbiornik, B = drugi zbiornik, C = trzeci zbiornik

Dolna część ryciny przedstawia zależność pomiędzy wartością indeksu konwergencji a ekspozycją komórek rastra. Strzałki oznaczają kierunek spływu powierzchniowego. a – wierzchołek (wartość indeksu konwergencji = 100), b – stok o równomiernej ekspozycji (wartość indeksu konwergencji = 0), c – najgłębszy punkt zagłębienia bezodpływowego (wartość indeksu konwergencji = -100)

**Fig. 3.** Convergence index models of watershed near Kromolów before (I) and after (II) construction of reservoirs.

1 – main roads, 2 – other roads, 3 – streets; A = 1st reservoir, B = 2nd reservoir, C = 3th reservoir

The lower part of the figure shows the relationship between the convergence index value and the exposure of grid cells. The arrows indicate the direction of surface runoff.

a – peak (convergence index value = 100) b – slope of uniform exposure (convergence index value = 0) c – the deepest point of the depression outflow (convergence index value = -100)

zane z czynnikami naturalnymi – powodziami błyskawicznymi. Jednak brak starszych stanowisk archeologicznych może być też spowodowany intensywną erozją gleb, która mogła doprowadzić do ich zniszczenia (Kalicki i in. 2015c). Duża skala erozji gleb jest potwierdzona przez miąższą (około 3 m) serię osadów z fragmentami XVII i XVIII wiecznej ceramiki, którą stwierdzono w środkowym odcinku tej doliny (profil Kromołów KR 1). Struktura i tekstura tych osadów wskazuje na to, że były one akumulowane w kilku fazach w czasie powodzi błyskawicznych, które są głównym czynnikiem morfogenetycznym w holocenie. Potwierdzają to obserwacje i wyniki badań erozyjno-akumulacyjnych skutków takiego zdarzenia w 1996 roku.

### POWODZIE BŁYSKAWICZNE Z 1996 ROKU

Powodzie te wystąpiły 14 i 17 maja 1996 roku i były związane z nawałnymi opadami, których wielkość, w oparciu o dane opadowe z posterunku w Zawierciu oddalonym o kilka km od Kromołowa, mogą być szacowane na odpowiednio 71 mm (opad 2-godzinny) i 57 mm (opad 30 min.). Katastrofalne opady burzowe poprzedzone były 9 maja intensywnym opadem deszczu połączonym z silnym gradobiciem, którego centrum znajdowało się 5 km na południe od Kromołowa w rejonie Ogrodzieńca (poważne uszkodzenia m.in. 200 ha lasów) oraz deszczowym dniem 13 maja (suma dobową 20 mm), który nasycił wodą powierzchniowe warstwy gleby (Zieliński 1997, 1998a,b).

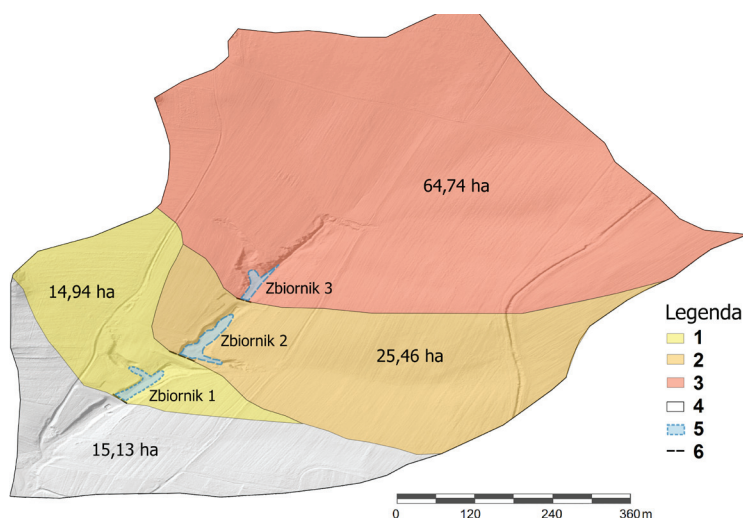
Skutki ulewy z 1996 roku były obserwowane na obszarze o promieniu 12-15 km. Na polach były to ślady, rozległej powierzchniowej erozji wodnej, która w miarę koncentracji wody zmieniała się w linię tworząc sieć żłobin, koryt cieków epizodycznych łączących się w środkowej części stoku w jedno koryto mające do 7 m szerokości i do 1,30 m głębokości i długości całkowitej dochodzącej do 1,2 km. Zlewnia tego cieku epizodycznego, który doprowadzał wodę do Kromołowa miała powierzchnię około 2,5 km<sup>2</sup>. Upłynnienie górnych poziomów gleby spowodowało wypłukiwanie z niej części organicznych (spadek Corg w poziomie Ap z 1,9% do 1,2%) i mineralnych szczególnie o najdrobniejszej frakcji (ubytek frakcji spławialnych do 5%), a także węglanów (wzrost zawartości węglanów w akumulowanych osadach powodziowych i ich wyższe pH 7,53 (Kcl). W konsekwencji doprowadziło to do zmycia warstwy ornej o miąższości przekraczającej miejscami 25 cm. Obliczenia wskazują, że tworząc jedynie główne rozcięcie erozyjne woda musiała wynieść ok. 4 tys. m<sup>3</sup> ziemi, a z obszaru o powierzchni ok. 1,25 km<sup>2</sup> woda zmyła ok. 6,1 tys. m<sup>3</sup> materiału. W dolnym biegu suchej dolinki fluwialno-denudacyjnej, którą odbywał się spływ wód w czasie powodzi błyskawicznej, ciek epizodyczny miał szerokość ponad 17 m i głębokość 2-3 m, a akumulacja materiału dochodziła do 2 m. Natomiast u podnóża stoku woda pozostawiła rozległą pokrywę deluwialną, której miąższość sięgała do 40 cm (Zieliński 1997, 1998a,b).

## WYNIKI BADAŃ

Badania skupiały się na dwóch suchych dolinach, wschodniej i północnej, których ujścia zbiegają się w centrum Kromolowa. W obu zlewniach wystąpiły najintensywniejsze procesy erozji i akumulacji w czasie powodzi błyskawicznych 1996 roku. W obu dolinach występują bardzo wyraźne wcięcia erozyjne, w środkowym odcinku o głębokości dochodzącej nawet do 5 m i szerokości do 10 m, świadczące o holocenicznym odmładzaniu tych plejstocenicznkich niecek fluwialno-denudacyjnych.

Dolinka północna została po 1996 roku mocno zmieniona przez człowieka. Niemal wszystkie ślady ostatniej powodzi zostały zniwelowane. Cała forma została podzielona na 4 mniejsze zlewnie poprzez wybudowanie zapór ziemnych i 3 zbiorników retencyjnych o konstrukcji żelbetowej wraz z odstojnikami (ryc. 4). W zbiornikach wykonano upusty denne oraz stworzono przelewy boczne i komory do rozpraszania energii na tzw. zlewni nr 2 przy ul. Żelaznej. Zbiorniki cechują się następującą pojemnością użytkową:

- zbiornik nr 1 - 4 950 m<sup>3</sup>,
- zbiornik nr 2 - 10 200 m<sup>3</sup>
- zbiornik nr 3 - 1 800 m<sup>3</sup>.



**Ryc. 4.** Zbiorniki retencyjne wybudowane w północnej dolinie po powodziach z 1996 roku

1 – zlewnia zbiornika nr 1; 2 – zlewnia zbiornika nr 2; 3 – zlewnia zbiornika nr 3;  
4 – zlewnia północnej doliny; 5 – zbiorniki retencyjne; 6 – zapory

**Fig. 4.** Reservoirs built in the north valley after the floods in 1996

1 – 1st reservoir catchment; 2 – 2nd reservoir catchment; 3 – 3th reservoir catchment;  
4 – northern valley catchment; 5 – reservoirs; 6 – dams

Wody opadowe, po przelaniu się przez te zbiorniki są przechwytywane przez wykonaną kanalizację deszczową, która łączy się bezpośrednio z korytem Warty poniżej kapliczki (ryc. 5).



**Ryc. 5.** Zapora ziemna wybudowana po powodziach w 1996 roku w dolinie na północ od Kromolowa (stan w 2014 roku), oraz odstojnik zbiornika retencyjnego podczas obfitych opadów w lipcu 2014 roku (Źródło: [www.dziennikzachodni.pl](http://www.dziennikzachodni.pl))

**Fig. 5.** Ground dam built after the floods in 1996 in the valley north of Kromolów (condition in 2014) and reservoir discharger during heavy rainfall in July 2014 (Source: [www.dziennikzachodni.pl](http://www.dziennikzachodni.pl))

### Odcinek górny

W okresie formowania powodzi błyskawicznych w 1996 r. dominowały tutaj procesy erozyjne. Na polach uprawnych zajmujących zbocza niecki fluwialno-denudacyjnej powstały rozległe ślady erozji powierzchniowej (zmyw ok. 7 cm warstwy gruntu na powierzchni ok. 10 ha) i żłobinowej, która koncentrując się wzdłuż głównego nurtu spływu wody przeobraziła się w jej dnie w erozję wąwozową (rozcięcie o dł. 1,2 km, szer. 7 m i głęb. do 1,3 m). Po katastrofalnych zdarzeniach podjęto rekultywację pól uprawnych. W pobliżu rozcięć erozyjnych zwałowano warstwę orną gleby, a następnie zniwelowano teren, a potem równomiernie rozprowadzono zwałowaną wcześniej warstwę Ap (Zieliński 1997, 1998a,b).

Współcześnie na polach uprawnych brak jest jakichkolwiek śladów zarówno procesów erozyjnych (bruzd, żłobin, etc.) jak i rekultywacyjnych. Jedynie dno niecki zostało porośnięte przez prawie 20 lat przez zwarte zarośla drzew i krzewów. Dno jest rozcięte przez zadarnione, V-kształtne koryto epizodyczne o głębokości około 1,0-1,5 m, którego brzegi są modelowane przez ruchy masowe (wygięte pnie drzew). Erozja wsteczna powoduje dalsze odmładzanie formy, co dokumentuje profil KR 2 na końcowym progu erozyjnym o wysokości około 40 cm. Pogłębiane koryto wycinane jest w pokrywie zwietrzelinowej (gliny z okruchami wapieni do 3 cm) (ryc. 2, 6). Zakrzaczenie dna niecki sprzyja występowaniu lisów, których liczna populacja w istotny sposób wpływa na przekształcanie wciętego, suchego koryta rozcinającego dno niecki. Lisy tworzą liczne i sporych rozmiarów formy zoogeniczne. Nory lisie wykopywane w krawędzi koryta ułatwiają erozję bocz-



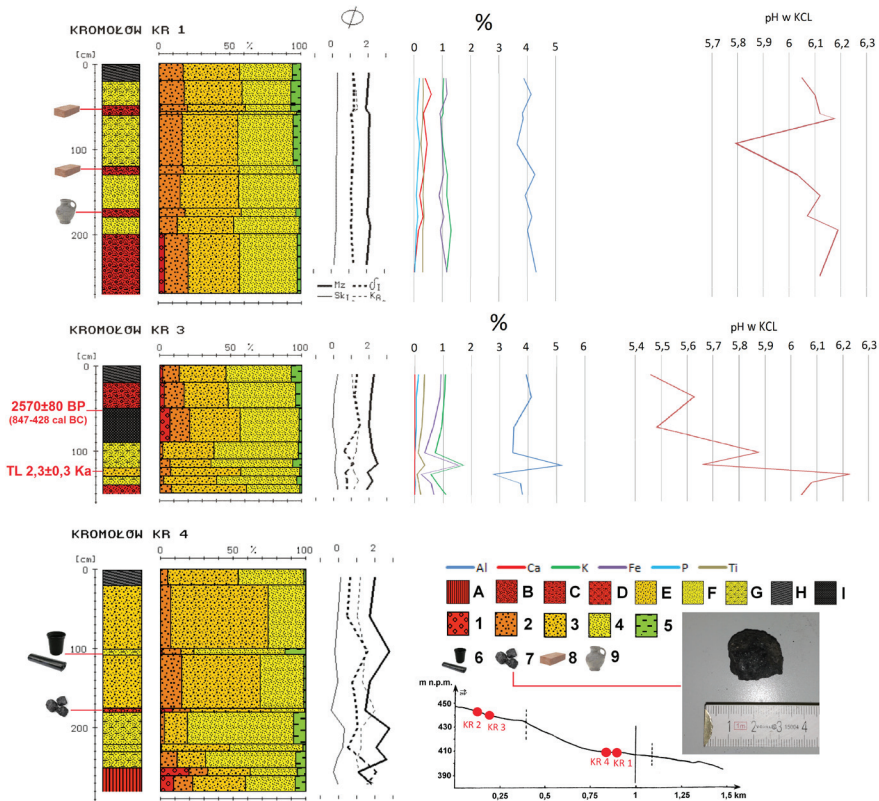


**Ryc. 6.** Profil KR 2 na progu erozyjnym w dnie koryta epizodycznego w górnym odcinku. Z lewej wygięte pnie drzew wskazujące na ruchy masowe (stan w 2014 roku)

**Fig. 6.** KR 2 profile on erosional scarp in the ephemeral stream bed in the upper section. On the left site visual evidence of soil creep shown by bending of tree trunks (condition in 2014)

ną i sprzyjają poszerzaniu koryta, natomiast hałdy ziemi usypane przed norami tamują i ukierunkowują nurt. Równocześnie jest to źródło bardzo dużej i łatwej alimentacji ciek w materiał, który może być transportowany do niżej położonych odcinków.

Osady dna niecki charakteryzuje odkrywka KR 3, wykonana obok profilu KR2 w 1,5 metrowej krawędzi koryta epizodycznego (ryc. 2, 7). W dolnej części, na gliniastej zwietrzelinie wapiennej z okruchami o rozmiarach 20-30 cm, zalega seria piaszczysta (piaski drobnoziarniste i średnioziarniste, dobrze i umiarkowanie wysortowane) datowana TL na  $2,3 \pm 0,3$  ka (KIE-845). Powyżej zalega dość miękki (ok. 40 cm), kopalny poziom próchniczny, którego strop był datowany radiowęglowo na  $2570 \pm 80$  BP (847-428 cal BC) (MKL-2252). Charakteryzuje się on niską koncentracją zarówno pierwiastków śladowych, jak i wanadu, cyrkonu oraz fosforu, co potwierdza, że kształtowanie się chemizmu tej warstwy związane jest z czynnikami naturalnymi (ryc. 7). Gleba kopalna została przykryta wyraźnie grubszy osadami (piaski gruboziarniste 15-20%, żwiry kilka procent) umiarkowanie wysortowanymi z sekwencją normalną (drobnieniem ku górze). Osady te wykazują śladowe ilości cynku (0,02%) i ołowiu (0,01%), co można wiązać z zanieczyszczeniami komunikacyjnymi (przecinająca zlewnię droga Kielce-Zawiercie). Może to wskazywać z jednej strony na wzrost dynamiki przepływów (grubsze osady), a równocześnie na jednofazowość fasyfikacji gleby (sekwencja normalna). Wartość pH w tym profilu wynosi około  $6,2_{(Kcl)}$  (ryc. 7).



**Ryc. 7.** Profil podłużny dolinki wschodniej z lokalizacją badanych profili. Wykresy zawartości wybranych pierwiastków oraz pH. Skład granulometryczny osadów oraz statystyczne wskaźniki uziarnienia Folka-Warda

A – zwierzelina, B – piasek ze żwirem, C – piasek ze żwirem zagliniony, D – piasek z pojedynczymi żwirami, E – piasek średnioziarnisty, F – piasek drobnoziarnisty, G – piasek zagliniony, H – gleba (poziom próchniczny), I – gleba kopalna; Frakcje: 1 – żwiry i okruchy (poniżej  $-1\phi$ ), 2 – piasek gruboziarnisty ( $-1-1\phi$ ), 3 – piasek średnioziarnisty ( $1-2\phi$ ),

4 – piasek drobnoziarnisty ( $2-4\phi$ ), 5 – pył i il (powyżej  $4\phi$ ), 6 – plastikowe odpady (doniczki, worki foliowe), 7 – fragmenty węgla kamiennego, 8 – fragmenty cegły, 9 – fragmenty ceramiki; Parametry Folka-Warda: Mz – średnia średnica,  $\delta I$  – odchylenie standardowe, SkI – skośność, KG – kurtoza

**Fig. 7.** Longitudinal profile of eastern valley with location of study outcrops. Charts content of selected elements and pH. Grain size composition and Folk-Ward's distribution parameters of deposits

A – weathering cover, B – sands with gravels, C – silty sands with gravels, D – sands with single gravels, E – medium coarse sands, F – fine coarse sands, G – silty sands, H – soils (organic horizon), I – buried soils; Fractions: 1 – gravel and rock fragment (below  $-1\phi$ ), 2 – coarse sand ( $-1$  to  $1\phi$ ), 3 – medium sand ( $1-2\phi$ ), 4 – fine sand ( $2-4\phi$ ), 5 – silt and clay (above  $4\phi$ ), 6 – plastic garbage (pots, bags), 7 – coal fragments, 8 – brick fragments, 9 – pottery fragments; Folk-Ward's parameters: Mz – mean size;  $\delta I$  – standard deviation; SkI – skewness; KG – kurtosis

### Odcinek środkowy

Odcinek ten o największym średnim spadku ( $2^{\circ}30'$ ) charakteryzował się w czasie powodzi błyskawicznych najgłębszym rozcięciem i erozją boczną, a w wyciętym, lekko krętym korycie składane były piaszczyste łachy akumulacyjne o wysokości do 2 m (Zieliński 1997, 1998a,b) (ryc. 8).

Współcześnie w tym odcinku dno niecki peryglacialnej jest rozcięte głębokim (do 3 m), lekko krętym, płaskodennym korytem epizodycznym, zadarnionym i fragmentarycznie zadrzewionym (ryc. 9). Rozcięcie to zostało odmłodzone i pogłębione podczas powodzi błyskawicznej z 1996 r. W jego obrębie dobrze czytelne są łachy akumulacyjne powstałe podczas tego zdarzenia. W obrębie takiej formy zlokalizowano profil KR 4 (ryc. 2, 7). Na zwietrzelinie wapiennej spoczywają osady piaszczyste o miąższości około 2,5 m. W ich obrębie można wydzielić trzy ogniwa. Dolne ogniwo, prawdopodobnie starsze, tworzą piaski drobne i średnie z udziałem drobniejszych frakcji do 10%. Naprzemienne występowanie warstw grubszych i drobniejszych, dobrze i umiarkowanie wysortowanych wskazuje na to, że były one deponowane w kilku (dwóch do głębokości 100 i 175 cm) fazach (ryc. 7). Oba wyższe ogniwa zbudowane są z osadów grubszych (wyrażna dominacja piasków średnioziarnistych) i mają sekwencję normalną. Ich akumulację należy odnieść do dwóch powodzi błyskawicznych z 1996 roku. W żwirowo-piaszczystym bruku korytowym środkowego ogniwa (głęb. 1,8 m) zostały znalezione fragmenty węgla kamiennego, natomiast w jego stropie (głęb. 1,0 m) fragmenty plastikowych odpadków (torby po nawozie, doniczki), co potwierdza bardzo młody wiek osadów.



**Ryc. 8.** Piaszczysta łacha akumulacyjna w odcinku środkowym wschodniej dolinki złożona w czasie powodzi błyskawicznych. Fotografia wykonana tuż po powodzi z 1996 r.

**Fig. 8.** Sandy bar in middle section of the eastern valley accumulated during flash flood. The photo after the flood from 1996.



**Ryc. 9.** Zadarnione i fragmentarycznie zadrzewione i zakrzewione koryto epizodyczne w odcinku środkowym wschodniej dolinki (stan w 2014 roku)

**Fig. 9.** Bed of ephemeral stream with vegetation cover in middle section of eastern valley (condition in 2014)

Profil KR 1 wykonany został na prawie 3-metrowej krawędzi koryta epizodycznego rozcinającego dno niecki fluwialno-denudacyjnej i charakteryzuje osady wyścielające tą formę peryglacialną (ryc. 2, 7). Na gliniastej zwietrzelinie z okruciami wapienia spoczywa seria piaszczysta (piaski różnoziarniste umiarkowanie wysortowane). W jej obrębie zaznacza się kilka wkładek piasków (3-10 cm miąższości) z okruciami wapiennymi o wielkości 2-30 cm. Tworzą one poziomy bruku erozyjnego na głębokościach 1,8, 1,3 i 0,6 m. Dodatkowo w najniższym poziomie znaleziono fragmenty ceramiki nowożytnej (XVII-XVIII w.), a w dwóch wyższych - fragmenty cegieł. Dane uzyskane z AZP potwierdzają występowanie na badanym obszarze jedynie kilku stanowisk nowożytnych. Wszystko to wskazuje na to, że dno niecki w jej środkowym odcinku było w ostatnich stuleciach początkowo nadbudowywane aluwiami torrencjalnymi, deluwiami i proluwiami w co najmniej 4 fazach, a dopiero potem rozcięte. W tym profilu także wykazano śladowe ilości cynku (0,03%) i ołowiu (0,01%). Pozostałe pierwiastki wykryte przez spektrometr nie przekraczają ustalonych norm a pH nie przekracza 6,2 (Kcl) (ryc. 7).

#### **Odcinek dolny**

W odcinku dolnym obejmującym obszar Kromolowa dominowała akumulacja osiadająca do 0,5 m miąższości (Zieliński 1997, 1998a,b). Osady te były usuwane bezpośrednio po każdej fali powodziowej, w związku z czym współcześnie brak

tutaj form i osadów związanych z analizowanymi zjawiskami katastrofalnymi. Jedynie na fasadach domów wzdłuż ulicy Staromiejskiej widoczne są do dziś ślady do jakiej wysokości (ok. 2 m) sięgała fala wezbraniowa.

W przeciwieństwie do dolinki wschodniej, w której jedynie w ujściowym odcinku wykonano koryto betonowe, dolinka północna została całkowicie przekształcona antropogenicznie w ciągu ostatnich 20 lat. W jej środkowym odcinku zostały zbudowane trzy, duże tamy wraz ze zbiornikami retencyjnymi, co powinno skutecznie zapobiec występowaniu w tej formie kolejnych powodzi błyskawicznych.

## DYSKUSJA I WNIOSKI

Plejstocieńskie formy niecek fluwialno-denudacyjnych, typowe dla polskich wyżyn, powstałe w peryglacialnych warunkach są przekształcane w holocenie. Transformacja ta zachodzi w czasie powodzi błyskawicznych, które są głównym czynnikiem morfogenetycznym. Potwierdzają to obserwacje i wyniki badań erozyjno-akumulacyjnych skutków takich zdarzeń z 1996 roku. Powtarzalność tych zjawisk potwierdzają zarówno dane geologiczne obejmujące okres subatlantycki, jak i dane historyczne. Poprzednia powódź błyskawiczna wystąpiła tu w 1912 r., a kolejna w dniu 9 lipca 2014 r. między godziną 13 a 15, czyli w ostatnim stuleciu wystąpiły tu 4 zdarzenia katastrofalne.

Po niemal dwudziestu latach formy i osady błyskawicznych powodzi z 1996 r. zachowały się jedynie w środkowym odcinku doliny, natomiast w górnym i dolnym zostały antropogenicznie usunięte. Dokumentują one jednak bardzo dobrze skalę zjawisk katastrofalnych. W czasie trwania powodzi błyskawicznej (kilka godzin) mogą zostać osadzone pokrywy o miąższości do 2 m, które nie są redeponowane przez kolejne dziesięciolecia, a jedynie utrwalane przez roślinność.

Inwestycje hydrotechniczne (zapory, zbiorniki retencyjne) zbudowane w północnej dolinie zabezpieczają jedynie częściowo Kromolów przed kolejnymi powodziami błyskawicznymi. By zagwarantować bezpieczeństwo lokalne władze powinny przeprowadzić podobne inwestycje we wschodniej dolinie. Dowodem na to jest wystąpienie w lipcu 2014 roku kolejnej powodzi (ryc. 1). Porównanie materiałów archiwalnych pozyskanych od mieszkańców Kromolowa z powodzi z 14 i 17 maja 1996 roku oraz w lipcu 2014 pozwoliło na wysnucie dodatkowych wniosków. Odpowiednie zabezpieczenie północnej doliny doprowadziło do zmniejszenia negatywnych skutków dużych opadów (ryc. 4, 5). Natomiast brak większych inwestycji we wschodniej dolinie powoduje, że nadal formują się w niej powodzie błyskawiczne, np. w 2014 roku. Stanowi to realne i, jak pokazują ostatnie dziesięciolecia, stosunkowo częste zagrożenie i źródło zniszczeń dla mieszkańców Kromolowa.

## Literatura

- Ciupa T., 1996, Geomorfologiczne skutki katastrofalnego opadu deszczu na Wyżynie Miechowskiej w dniu 15 września 1995 r. *Mat. Symp. Nauk. Budowa Geologiczna Niecki Nidziańskiej, Bocheniec 24-25 października 1996 roku*. WSP Kielce.
- Ciupa T., 1996, Wpływ nawalnego opadu deszczu w dniu 15 września 1995 roku na przekształcenie rzeźby lessowej w górnej części zlewni Nidzicy (Wyżyna Miechowska), *Prace Instytutu Geografii WSP w Kielcach*, 1, 185-195.
- Czyżowska E., 1996, Skutki geomorfologiczne i sedimentologiczne gwałtownej ulewy w dolinie Kalinki 15 września 1995 r. (Wyżyna Miechowska), *Przeg. Geol.* 44, 8, 813-816.
- Dwucet K., Śnieżko Z., 1996, Redepozycyjna transformacja lessów i gleb po gwałtownej ulewie 15 września 1995 r. na Wyżynie Miechowskiej, *Przeg. Geol.* 44, 8, 790-792.
- Gilewska S., 1972, Wyżyny Śląsko-Małopolskie [w:] *Geomorfologia Polski t. 2* (red. M. Klimaszewski), PWN, Warszawa.
- Jóźwiak M., Skrzypczak A., 1996, Ocena erozji wodnej gleb w zlewni rzeki Kalinki na tle warunków przyrodniczo-gospodarczych, [w:] A. Józefaciuk (red.), *Ochrona agroekosystemów zagrożonych erozją*, Wyd. IUNG Puławy K (11/2).
- Kalicki T., Zieliński A., Przepióra P., Podrzycki Ł., Chwałek S., 2014, Morphology and sediments of flash flood near Kromolów (southern Poland) after 18 years, [w:] H. Uhlířová, J. Březina, V. Káňa (eds.), *Sbornik abstrakt 20, Kvarter*, 28.11.2014, Brno, s. 29.
- Kalicki T., Zieliński A., Przepióra P., Podrzycki Ł., Chwałek S., Frączek M., 2015a, Holocene Transformation Of Periglacial Valleys Of Polish Uplands: Case Study From Silesian Upland (S-Poland), *Gradualism vs Catastrophism in Landscape Evolution*, Extended Abstracts of Regional Conference IAG, 2-4 July 2015, Barnaul, s. 162.
- Kalicki T., Zieliński A., Przepióra P., Podrzycki Ł., Chwałek S., Frączek M., 2015b, Sediments and morphology of flash flood near Kromolów (southern Poland) after 18 years, *Abstract and Programme Book of 2nd Disaster Risk Reduction Conference*, 15-16.10.2015 Warszawa, s. 33.
- Kalicki T., Zieliński A., Przepióra P., Podrzycki Ł., Chwałek S., Frączek M., Olszak I., 2015c, Holocénские zmiany cyklu erozyjno-akumulacyjnego koło Kromolowa (woj. śląskie) i ich wpływ na stopień zachowania stanowisk archeologicznych, *Abstrakty XIX Śląskie Sympozjum Archeologiczne/International Conference*, 27-29.05.2015 Wrocław, s. 12.
- Kondracki, J., 1994, *Geografia Polski, Mezoregiony fizyczno-geograficzne*. PWN, Warszawa, 364 s.
- Maruszczak H., 1986, Tendencje sekularne i zjawiska ekstremalne w rozwoju rzeźby małopolskich wyżyn lessowych w czasach historycznych, *Czas. Geogr.* 57, 2, 271-282
- Rodzik 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, 125-130.
- Starkel L., 1986, Rola zjawisk ekstremalnych i procesów sekularnych w ewolucji rzeźby (na przykładzie fliszowych Karpat), *Czas. Geogr.* 57, 2, 203-213.
- Zieliński A., 1997, Katastrofalne skutki gwałtownych opadów deszczu w okolicach Kromolowa (dzielnica Zawiercia) w maju 1996 r. [w:] *46 Zjazd PTG*, Rynia nad Zalewem Zegrzyńskim, 18-21 września 1997 r., 92-95.

- Zieliński A., 1998a, Erozja gleb w rejonie Zawiercia spowodowana nawałnymi opadami burzowymi w maju 1996 roku, IV Zjazd Geomorfologów Polskich, UMCS, Lublin 3-6 czerwca 1998, 203-210.
- Zieliński A., 1998b, Geomorfologiczne skutki zdarzeń powodziowych w okolicach Kromolowa w maju 1996 roku, [w:] L. Starkel (red.), Geomorfologiczny i sedymentologiczny zapis lokalnych ulew, *Dok. Geogr. IGiPZ PAN*, 11, 39-44.

### Summary

The examined area is located in southern Poland on Silesian Upland. According to geomorphologic regionalization, it is southernmost part of Valley of Upper Warta and Proсна Rivers between two cuestas – Upper Jurassic in the east and Upper Triassic in the west. There is northern Upper Silesia Region near spring of Warta River, tributary of Oder River. Some dry, fluvio-denudational valley (trough, dellen) form drainage pattern around Kromolów, which is a district of Zawiercie city. These dellen, which have been formed in periglacial conditions of the Pleistocene, are relict forms very typical for Polish Uplands (Fig. 1, 2). These Pleistocene valleys were rejuvenated during the Holocene. Good example of this type of relief transformation is a small dry valley located near center of the Kromolów.

The first-phase of headward erosion reached upper section of the valley in the Subatlantic Large scale of soil erosion is confirmed by thick (about 3 m) series of deposits with fragments of 17-18 c. pottery accumulated in the middle section of the valley. The erosion cut in middle section has a depth of 3-4 meters and a length of almost 800 meters. This accumulation and incision was associated with flash floods which were main morphogenetic factor of transformation of this valley type during the Holocene.

A scale of erosion-accumulation processes during catastrophic event was showed by last flash flood in 1996. Few profiles located in this valley, give us information about accumulation during one event. Alluvia (thickness 2.5 m) were deposited in two phases in middle section of the valley (Kromolów KR 4 profile) (Fig. 4, 5, 6). Two sediment members are separated by thin layer with plastic garbage. Lower member consists of sand mixed with detritus and coal.

After almost twenty years forms and sediments of these floods are preserved only in the middle section of the eastern valley. Hydro-technical constructions (dam, reservoirs) built in the northern valley only partially protect Kromolów against further flash flood events.