

147563

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
im. Stanisława Leszczyckiego

Rafał Krocza

**GEOMORFOLOGICZNE I HYDROLOGICZNE
SKUTKI FUNKCJONOWANIA DRÓG POLNYCH
NA POGÓRZU CIĘŻKOWICKIM**



Warszawa 2010

PRACE GEOGRAFICZNE

207. Węclawowicz G., Degórski M., Komornicki T., Korzeń J., Bański J., Korzeń J., Soja R., Śleszyński P., Więckowski M., 2006, *Studia nad przestrzennym zagospodarowaniem obszaru wzdłuż granicy polsko-niemieckiej*, 224 s., 40 ryc., 20 tab.
208. Wendt J., 2007, *Wymiar przestrzenny struktur i aktywności społeczeństwa obywatelskiego w Polsce*, 236 s., 54 ryc., 58 tab.
209. Bartzak A., 2007, *Wieloletnia zmienność odpływu rzecznoego z dorzecza Zgłowiączki*, 164 s., 36 ryc., 41 tab.
210. Prokop P., 2007, *Degradacja środowiska przyrodniczego południowego skłonu Wyżyny Meghalaya, Indie*, 166 s., 41 ryc., 13 tab.
211. Śleszyński P., Bański J., Degórski M., Komornicki T., Więckowski M., 2007, *Stan zaawansowania planowania przestrzennego w gminach*, 284 s., 107 ryc., 61 tab.
212. Rączkowska Z., 2007, *Współczesna rzeźba peryglacialna wysokich gór Europy*, 252 s. + 7, 35 ryc., 35 tab.
213. Śleszyński P., 2007, *Gospodarcze funkcje kontrolne w przestrzeni Polski*, 320 s., 58 ryc., 50 tab.
214. Wolski J., 2007, *Przekształcenia krajobrazu wiejskiego Bieszczadów Wysokich w ciągu ostatnich 150 lat*, 268 s., 34 ryc., 21 tab., 36 fot.
215. Kozłowska A., 2008, *Strefy przejścia między układami roślinnymi – analiza wieloskalowa (na przykładzie roślinności górskiej)*, 152 s., 53 ryc., 3 tab., 6 zał.
216. Żarnowiecki G., 2008, *Związek pomiędzy pokrywą śnieżną a roślinnością na przykładzie grądów Białowieskiego Parku Narodowego*, 216 s., 51 ryc., 13 tab., 3 fot., 11 zał.
217. Śleszyński P., 2008, *Duże przedsiębiorstwa w strukturze przestrzennej największych polskich miast*, 104 s., 19 ryc., 7 tab., 3 zał.
218. Eberhardt P. (red.), 2008, *Problematyka geopolityczna ziem polskich*, 338 s., 42 ryc.
219. Starkel L., Sarkar S., Soja R., Prokop P., 2008, *Present-day evolution of the Sikkimese-Bhutanese Himalayan piedmont*, 142 s., 63 ryc., 5 tab., 42 fot.
220. Komornicki T., Śleszyński P., 2009, *Studia nad lokalizacją regionalnych portów lotniczych na Mazowszu*, 244 s., 73 ryc., 32 tab.
221. Brykała D., 2009, *Przestrzenne i czasowe zróżnicowanie odpływu rzecznoego w dorzeczu Skrzy Lewej*, 148 s., 65 ryc., 18 tab., 10 fot.
222. Budek A., 2010, *Geneza i wiek poziomów próchnicznych w osadach równin zalewowych dolin przedpola Karpat*, 126 s., 29 ryc., 24 tab., 12 fot.
223. Kordowski J., Brykała D., Bartzak A., Kaczmarek H., Słowiński M., 2010, *Antropogeniczne i naturalne przemiany środowiska geograficznego województwa kujawsko-pomorskiego – wybrane przykłady*, 108 s., 31 ryc., 8 tab., 8 fot., 9 zał.
224. Marek Więckowski, 2010, *Turystyka na obszarach przygranicznych Polski*, 256 s., 83 il., 18 tab.

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

PRACE GEOGRAFICZNE NR 225

GEOGRAPHICAL STUDIES

No. 225

GEOMORPHOLOGICAL AND HYDROLOGICAL EFFECTS
OF UNMETALLED ROAD NETWORK FUNCTIONING
ON THE EXAMPLE OF CIĘŻKOWICKIE FOOTHILLS

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

PRACE GEOGRAFICZNE NR 225

RAFAŁ KROCZAK

GEOMORFOLOGICZNE I HYDROLOGICZNE
SKUTKI FUNKCJONOWANIA DRÓG POLNYCH
NA POGÓRZU CIĘŻKOWICKIM

CBGiOŚ, ul. Twarda 51/55
tel.0 22 69-78-773



Wa5147491



WARSZAWA 2010

<http://rcin.org.pl>

KOMITET REDAKCYJNY

REDAKTOR: Grzegorz Węclawowicz
CZŁONKOWIE: Jerzy Grzeszczak, Barbara Krawczyk,
Jan Matuszkiewicz, Jerzy J. Parysek

RADA REDAKCYJNA

Bolesław Domański, Adam Kotarba, Jan Łoboda,
Andrzej Richling, Jan S. Kowalski, Andrzej Lisowski,
Eamonn Judge, Lydia Coudroy

RECENZENCI TOMU

Józef Kukulak, Adam Łajczak



1417.563

ADRES REDAKCJI

Dział Wydawnictw IGiPZ PAN
ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa

Opracowanie techniczne: Ewa Jankowska
Zdjęcie na okładce: Rafał Krocza

© Copyright by Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN
im. Stanisława Leszczyckiego, Warszawa 2010

PL ISSN 0373-6547
ISBN 978-83-61590-15-6

Łamanie wykonano w Zespole Wydawnictw IGiPZ PAN,
ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa

Druk i oprawa: Drukarnia Klimiuk
ul. Zwierzyniecka 8A, 00-719 Warszawa

1417-384/11
<http://rcin.org.pl>
PAN dar wydawcy 2011/17

SPIS TREŚCI

1. Wstęp	9
1.1. Zarys treści pracy	9
1.2. Cel badań	10
1.3. Przegląd literatury	10
2. Charakterystyka obszaru badań	19
2.1. Charakterystyka warunków fizycznogeograficznych obszaru badań	19
2.1.1. Położenie	19
2.1.2. Geologia	23
2.1.3. Rzeźba terenu	24
2.1.4. Gleby	25
2.1.5. Pokrycie terenu	26
2.1.6. Stosunki wodne	29
2.1.7. Klimat	29
2.2. Rozwój demograficzny i jego wpływ na zagospodarowanie terenu ze szczególnym uwzględnieniem ostatnich 200 lat	30
3. Materiały i metody	35
3.1. Materiały archiwalne i współczesne	35
opracowania kartograficzne	35
3.2. Cyfrowy model wysokościowy	36
3.3. Dane terenowe i analizy laboratoryjne	37
3.4. GIS jako narzędzie służące zbieraniu i opracowywaniu wyników	37
3.5. Wybór zlewni testowych	41
4. Analiza zmian gęstości sieci dróg polnych	43
4.1. Stan i rozwój sieci drogowej na Pogórzu Ciężkowickim i w zlewniach testowych do połowy XIX wieku	43
4.2. Zmiany układu sieci drogowej w ciągu ostatnich 200 lat oraz stan zachowania opuszczonych dróg	48
4.2.1. Inwentaryzacja wcięć drogowych	48
4.2.2. Funkcje współcześnie występujących wcięć drogowych w ciągu ostatnich 200 lat	51
4.3. Wpływ parcelacji na zmianę sieci dróg polnych	53
4.3.1. Historyczne tło parcelacji ziemi w Polsce	53
4.3.2. Wpływ parcelacji na przebudowę struktury działek rolnych i sieci dróg polnych na przykładzie majątku Bistuszowa	55
4.4. Gęstość sieci dróg na Pogórzu Ciężkowickim na tle innych regionów	57
5. Wpływ czynników naturalnych i działalności człowieka na przekształcenia dróg polnych	65
5.1. Sieć dróg a rzeźba terenu	65
5.1.1. Drogi a główne formy geomorfologiczne w zlewni	68
5.1.2. Drogi a ekspozycja	68
5.1.3. Drogi a nachylenie	68
5.2. Zmiany gęstości dróg a użytkowanie terenu	72

6. Geomorfologiczne skutki funkcjonowania układu dróg na stoku	77
6.1. Zmiany zachodzące na stoku pod wpływem	78
rozwoju sieci drogowej.....	78
6.2. Udział wcięć drogowych w przejmowaniu spływu powierzchniowego ...	89
6.3. Osady opuszczonych wcięć drogowych.....	95
7. Rola dróg w transferze i odprowadzaniu wody i materiału ze stoku.....	99
7.1. Drogi polne jako źródło i trasa transportu zwietrzliny	99
7.2. Drogi polne jako uzupełnienie naturalnej sieci drenażu.....	100
7.2.1. Wpływ dróg polnych na zmianę linii spływu i hydrologiczną fragmen-	
tację zlewni.....	102
Wzory SCS	107
7.2.2. Modyfikacja wskaźników praw Hortona jako odzwierciedlenie zmian	
w naturalnej sieci drenażu	109
8. Rola dróg w kształtowaniu odpływu i fali wezbraniowej w zlewni.....	115
8.1. Geomorfologiczny model transformacji opadu w odpływ	115
Wzory GIUH	117
9. Podsumowanie i wnioski	123
Informacje ustne:	135
Geomorphological and hydrological effects of unmetalled road network	
functioning on the example of Ciężkowice Foothills – Summary.....	136

Niniejsza publikacja została wykonana w Zakładzie Geomorfologii i Hydrologii Gór i Wyżyn Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN. Opracowanie stanowi skrót rozprawy doktorskiej obronionej w kwietniu 2010 roku. Pracę nad realizacją tematu rozpoczęto w 2007 roku, a zasadniczą część badań wykonano w latach 2009–2010 w ramach projektu badawczego Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego o numerze N N306 039436.

W tym miejscu pragnę podziękować wszystkim, którzy swoją przychylnością przyczynili się do doprowadzenia badań do obecnego etapu i publikacji niniejszej książki. Szczególnie chcę podziękować promotorowi doc. dr hab. R. Soji za cierpliwość, zaufanie i konstruktywną krytykę. Dziękuję Koleżankom i Kolegom z Zakładu za cenne uwagi i pomoc w badaniach terenowych. Dziękuję także Kierownictwu Zakładu i Dyrekcji Instytutu za szeroko pojęte wsparcie i poparcie w trakcie pracy nad rozprawą.

W sposób szczególny chciałbym wyrazić wdzięczność osobom najbliższym, którym tę książkę dedykuję.

1. WSTĘP

1.1. ZARYS TREŚCI PRACY

Aktywność czynników historycznych, społecznych i gospodarczych w minionych wiekach doprowadziła w Karpatach do rozdrobnienia arealu gruntów rolnych i leśnych. Proces ten rozpoczął się w XV wieku wraz z pierwszymi zasiedleniami. Osadnik otrzymywał fragment roli, który przez kolejne wieki był dzielony, głównie pomiędzy potomków. Większość nowo wytyczanych działek wymagała dojazdu co skutkowało rozrastaniem się sieci dróg. W mniejszym nasileniu proces ten występował na terenach leśnych. Tendencje te uległy zahamowaniu dopiero w ostatnich latach.

Gęstość dróg polnych w Karpatach sięga 9 km/km^2 , na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej $12\text{--}15 \text{ km/km}^2$ (Niedbała, Soja 1998), a w skrajnych przypadkach jak we wsi Sułoszowa koło Krakowa nawet 40 km/km^2 (Grabczuk 1967). Wielokrotnie przewyższa ona gęstość naturalnych rozcięć, którą w Karpatach szacuje się na około $3,5 \text{ km/km}^2$ (Soja 2002).

Dotychczasowe opracowania dotyczące karpaccich dróg polnych skupiały się na wybranych zagadnieniach pomijając często kluczowe, historyczne uwarunkowania. Prace dotyczyły najczęściej małych obszarów, a uzyskane wyniki nie były odnoszone do większych jednostek, np. regionów. Szerokie badania w zlewni Homerki, w Beskidzie Sądeckim (Froehlich 1982, 1991; Froehlich, Słupik 1980, 1986) wykazały, że drogi pełnią wielorakie funkcje w środowisku przyrodniczym, m.in. drenują pokrywy zwietrzelinowe, mogą pełnić rolę cieków, istotnie wpływają na kulminację i częstotliwości wezbrań w zlewni.

Na potrzebę uwzględnienia sieci drogowej w hydrologicznym modelu odpływu, szczególnie w małych zlewniach, zwrócił uwagę m.in. R. Soja (2002). Szereg modeli odpływu wymaga dużej ilości danych wejściowych, co w praktyce eliminuje je z zastosowań w zlewniach niekontrolowanych. Proste modele stosowane z zadowalającymi wynikami w zlewniach niekontrolowanych nie uwzględniają sieci dróg (Soczyńska 1987; Więzik 1987).

W literaturze zagranicznej nieutwardzone drogi (szczególnie leśne) są już przedmiotem badań aplikacyjnych i modelowych (Loague i in. 2005; Mirus i in. 2007). Testowane są rozwiązania metodyczne dostosowane do miejscowych warunków, ale w niczym nie przypominających Karpat. Istnieje zatem konieczność wypracowania własnych ujęć, co jest jednym z celów niniejszej pracy.

1.2. CEL BADAŃ

Głównym celem opracowania jest poznanie wpływu dróg, szczególnie polnych na funkcjonowanie środowiska przyrodniczego w obszarze użytkowanym rolniczo. Na obszar badań wybrano Pogórze Ciężkowickie, na terenie którego do badań szczegółowych wytypowano dwie reprezentatywne jednostki naturalne – zlewnie.

Testowana będzie hipoteza robocza, zakładająca, że sieć dróg jest częścią sieci odwadniającej i ma znaczący wpływ na procesy geomorfologiczne i hydrologiczne zachodzące w zlewni. Pozytywny wynik hipotezy pozwoli na włączenie sieci drogowej do modeli opisujących spływ powierzchniowy.

Twórcy modeli odpływu nie łączą sieci dróg i naturalnej sieci odwadniającej w jeden parametr. Jest to zrozumiałe w obszarach o małej gęstości dróg. W Polsce jest to podejście błędne, lecz brak jest podstaw do przyjęcia innych rozwiązań. Praca ma dostarczyć podstawowego materiału dokumentacyjnego.

Cele nadrzędne i charakterystyka oczekiwanego efektu końcowego to:

1. Kompleksowe studium skutków funkcjonowania dróg polnych w krajobrazie Pogórza Ciężkowickiego od połowy XIX wieku.
2. Opracowanie metodyki pozwalającej na uwzględnienie dróg w naturalnym systemie drenażu zlewni oraz wprowadzenie dróg do modelu opisującego odpływ ze zlewni pogórskiej.

Cele główne realizowane będą poprzez cele cząstkowe:

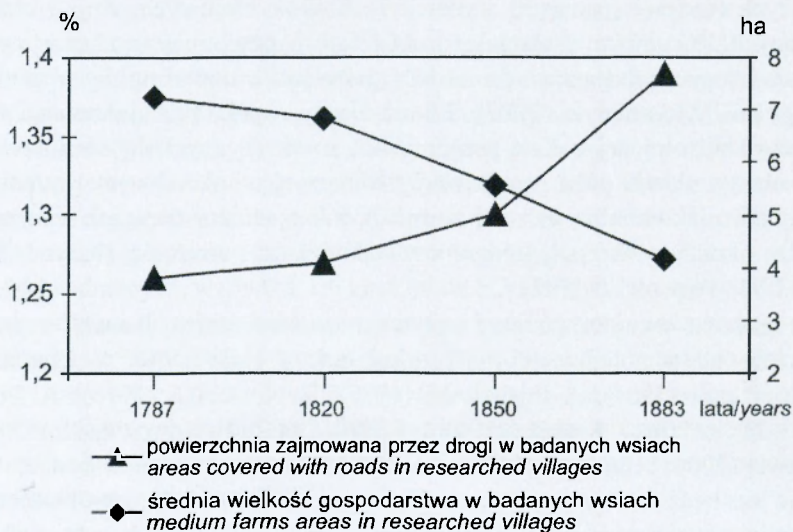
1. Opracowanie mapy dokumentującej gęstość dróg na Pogórzu Ciężkowickim (na podstawie mapy topograficznej w skali 1:10 000) oraz określenie przestrzennego zróżnicowania gęstości dróg.
2. Znalezienie współczynników weryfikujących rzeczywistą gęstość dróg na Pogórzu Ciężkowickim względem danych uzyskanych z map.
3. Opracowanie map zmian sieci dróg w wybranych zlewniach testowych na przestrzeni 150 lat. Określenie kierunków i przyczyn zmian sieci drogowej w powiązaniu ze zmiennym w czasie użytkowaniem terenu i warunkami naturalnymi.
4. Znalezienie związku pomiędzy rozwojem sieci drogowej a nachyleniem i ukształtowaniem terenu oraz ekspozycją. Obserwacja kierunków rozwoju i tempa zmian na użytkowanych i nieużytkowanych wcięciach drogowych. Określenie kierunków rozwoju wciósów drogowych po zaprzestaniu ich użytkowania.
5. Określenie roli dróg w transferze wody i modyfikacji naturalnych linii odpływu ze stoku.

1.3. PRZEGLĄD LITERATURY

Drogi są jednym z pierwszych elementów antropogenicznych, który pojawia się w krajobrazie w wyniku działalności człowieka. Ich sieć rozwija się wraz z nasileniem akcji osadniczej. W pogórskiej części Karpat proces ten rozpoczął się w XV wieku. Szczególnie intensywny rozwój sieci drogowej nastąpił w XIX wiek,

w tzw. czasie „głodu ziemi”. Tendencje zapoczątkowane na początku XIX wieku, polegające na systematycznym podziale arealu rolnego, trwały praktycznie do końca wieku XX. Podobnie sytuacja wyglądała w innych regionach Polski i Europy, ale tylko w historycznym regionie Galicja trwała tak długo.

W literaturze problem dróg polnych w Karpatach, pojawił się stosunkowo późno. Z lustracji królewskich pochodzących z XVI wieku można jedynie dowiedzieć się o przebiegu i stanie głównych szlaków komunikacyjnych (Wyrozumska 1971). Szczegółowe badania zaczęto prowadzić w okresie dwudziestolecia międzywojennego. Analizując rozdrobnienie gruntów chłopskich w Galicji, w latach 1787–1931, W. Styś (1934) zwrócił uwagę na dużą gęstość dróg polnych. W pracy zawarł istotne informacje na temat funkcjonowania sieci drogowej. Szczególną wartość tej pracy stanowi kompleksowe studium rozdrobnienia gruntów (na próbie 20 wsi) w zaborze austriackim, a w konsekwencji zmiany sieci dróg polnych (ryc. 1). Głównym obszarem zainteresowań tego autora było województwo lwowskie, ale kontekst społeczny, gospodarczy i historyczny pozwala na przeniesienie spostrzeżeń na teren Pogórza Ciężkowickiego. Autor czerpał dane z austriackich operatów katastralnych oraz statystyk rolnych z okresu II Rzeczypospolitej. Źródła te do dziś są najbogatszym zbiorem informacji o strukturze rolnej i użytkowaniu ziemi do czasów II wojny światowej. W okresie międzywojennym pojawiły się prace o tematyce geomorfologicznej, w których zauważony został problem dróg polnych. Na ich rolę w odprowadzaniu wód i transporcie cząstek gleby do koryta cieków w czasie powodzi zwrócił uwagę M. Klimaszewski (1935).



Ryc. 1. Rozdrobnienie gospodarstw rolnych i przyrost powierzchni terenów zajętych przez drogi w Galicji w czasie zaboru austriackiego (Styś 1934)
Agricultural farms fragmentation and increase of road areas in historical region Galicja (Styś 1934)

W literaturze powojennej drogi polne były często przedmiotem badań geografii ekonomicznej. Analizowano gospodarcze aspekty ich funkcjonowania w przestrzeni wiejskiej. Badania te dostarczyły również informacji dla geomorfologii czy hydrologii, takich jak: gęstość, wykorzystanie, spadki terenu po jakich były poprowadzone, powierzchnie jaką zajmowały, formy w których prowadziły itd. Prowadzący badania we wsi Sułoszowa I i Sułoszowa II na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej I. Grabczuk (1967) stwierdził, że aż 8,3% gruntów rolnych było zajętych przez drogi polne. Spowodowane jest to występującymi tam długimi i wąskimi działkami (o stosunku szerokości do długości 1:200) ciągnącymi się od dna doliny po wierzchowiny. Jako główną przyczynę rozdrobnienia areалу w tym rejonie wskazał trójpołówkę stosowaną od XV do XIX wieku. Zauważył także, że sieć dróg stanowi uzupełnienie sieci hydrograficznej podczas roztopów i większych opadów. Podobne obserwacje poczynił Z. Górka (1986) badając szczegółowo układ sieci drogowej we wsiach Czarna Góra na Spiszu i Sól w Beskidzie Żywieckim. Powierzchnie zajęte przez drogi wynosiły odpowiednio 3,8% i 1,5% gruntów rolnych przy czym, w drugim przypadku, było blisko o połowę mniej gruntów ornych. Stan dróg określony został jako bardzo zły. Większość dróg wcinała się w podłoże przekształcając się w wąwozy o głębokości do 3 m i szerokości 1,5 m, co mogło być barierą dla rozwoju rolnictwa. Porównywalnie sytuację ocenił J. Lach (1984) w zlewni Mleczki, w której drogi zajmowały 1,3% gruntów rolnych.

Drogi polne mają kluczowe znaczenie dla rolnictwa w terenach górskich, co znalazło wyraz w pracach z zakresu nauk rolniczych. Wprowadzono pojęcie dróg rolniczych (technologicznych) wydzielonych obok krajowych, wojewódzkich i gminnych. Rozumiane są one jako drogi zbiorcze, przejmujące transport z dróg polnych i doprowadzające go do siedzib gospodarstw oraz drogi bezpośredniej obsługi pól (Misztal i in. 2003). Ekonomiczny aspekt funkcjonowania dróg w przestrzeni rolniczej stał się przedmiotem analiz dążących do zdefiniowania optymalnego układu pól i gęstości dróg rolniczych w określonych warunkach przyrodniczo-ekonomicznych. W warunkach karpaccich zwracano uwagę na uciążliwą szachownicę pól, średnią wielkość działki i morfologię terenu (Stelmach 1989; Pijanowski 1992).

Drogi polne wywierają istotny wpływ na natężenie erozji. O erozji wąwozowej na drogach w południowej Polsce pisali m.in. J. Lach (1984); A. Józefaciuk, Cz. Józefaciuk (1987); Z. Pijanowski (1987); E. Nowocień (1996); R. Dulias (1998); Z. Gardziel, J. Rodzik (2001); J. Rodzik (2002); E. Nowocień i in. (2002); R. Wawer (2004) i inni. Jednak badane są głównie obszary, gdzie w podłożu występuje less bądź inne utwory pylaste. W Karpatach fliszowych rozwój sieci dróg przebiega w sposób odmienny. W zależności od materiału, w którym drogi są wycięte mogą przekształcać się w debrze, wciosy lub wąwozy (Starkel 1960; Lach 1984). Jeżeli ich rozwój postępuje, przekształcają się w wądoły, parowy, a w końcowej fazie w niecki. Skutkuje to drenażem poziomów wód gruntowych (Lach

1985) i pogłębia hydrologiczną fragmentację stoku (Gerlach 1976). Badania prowadzone w Szymbarku nad obiegiem wody na stoku potwierdziły, że drogi obok bruzd przyczyniają się do szybszego odprowadzania opadu (Słupik 1973, 1981). Niejednorodna gęstość dróg powoduje, że na różnych obszarach jest zróżnicowane tempo procesów hydrologicznych i morfologicznych, które drogi warunkują lub w których odgrywają istotną rolę (Soja 2002). Analizując przyczyny różnej transformacji opadów w stosunkowo słabo zaludnionych zlewniach Beskidu Niższego J. Żychowski (2000), wykazał że sieć dróg przyspiesza falę kulminacyjną. W zlewni Białej Dunajcowej sieć dróg w części pogórskiej ma 2,5 razy większą gęstość niż w części beskidzkiej (Czepe 1976). Według tego autora duża ilość wsi i przysiółków z gęstą siecią dróg i ścieżek doprowadza do intensyfikacji liniowych procesów erozyjnych. Do podobnych wniosków doszedł P. Prochal (1968) badając natężenie erozji na Pogórzu Karpackim. Charakteryzując formy erozyjne zauważył, że zaczynają się one w koleinach na drogach gruntowych, w obrębie użytków rolnych oraz na trasach zrywkowych. Drogi polne i leśne wcinając się stają się nieprzejezdne. Wymusza to wytyczanie nowych odcinków. Nowy odcinek wytyczony wzdłuż opuszczonego również ulega pogłębieniu. Skutkuje to rozszerzaniem się strefy intensywnego wymywania zwietrzliny, aż do litej skały. P. Prochal podaje przykład szerokiego kamieńca (kamieniec rozumiany jako strefa, z której została usunięta drobna frakcja) powstałego na wododziale Czarnej i Białej Wody. Analogiczne kamieńce nazywane wypłuczyskami opisał T. Gerlach (1966).

Jako pierwsi, regionalne zróżnicowanie gęstości dróg polnych w Karpatach wykazali R. Soja i P. Prokop (1995). Stwierdzili, że drogi są elementem środowiska warunkującym początek i kierunek przekształceń, a ich gęstość związana jest w największym stopniu z gęstością zaludnienia i sposobem gospodarowania. Badania w położonej na granicy Beskidów i Pogórzy zlewni rzeki Mleczki (Lach 1984) wykazały ogromny wpływ reformy rolnej, realizowanej po 1944 roku, na kierunek i tempo procesów geomorfologicznych na stoku. Wraz z powstaniem nowej sieci dróg polnych ukształtował się nowy system odwodnienia. W wyniku podziału wielkoobszarowych gospodarstw rolnych gęstość dróg, jako form okresowo odwadnianych, wzrosła z 1,6 km/km² do 5,3 km/km². Nie spowodowało to jednak radykalnej zmiany bilansu aluwii w korycie rzeki, gdyż badane drogi nie łączyły się bezpośrednio z dnem doliny. Ponadto nowy element na stoku, jakim są terasy rolne, stał się lokalną bazą denudacyjną. Na podstawie głębokości wciósów drogowych dla zlewni Mleczki wykonano mapę przestrzennego zróżnicowania wskaźnika degradacji drogowej. Określono również kierunki rozwoju wciósów drogowych (Lach 1984).

Materiał pochodzący z degradacji dróg akumulowany jest w dnie doliny lub dostarczany do koryta. Badania współczesnej dynamiki modelowania koryta skalnego w Gorcach wykazały, że w początkowej fazie wezbrania transportowana zawiesina pochodzi głównie z systemu bruzd i dróg polnych (Krzemień 1976). Materiał ten jest jednak wynoszony poza zlewnię, ponieważ w korycie nie

ma warunków do depozycji drobnoziarnistych cząstek. W zlewni Homerki w Beskidzie Sądeckim stwierdzono, że 80% materiału transportowanego w zawieszynie dostarczają drogi polne (Froehlich 1982). Właśnie tam zapoczątkowano znaczące, wielowątkowe badania nad rolą dróg polnych w Karpatach fliszowych (Froehlich, Słupik 1980, 1986; Froehlich, Walling 1997). W swoich badaniach autorzy wskazali na rolę dróg polnych, jako główne źródło dostawy wody i zwierzeliny do koryta cieków oraz ich duże znaczenie w kształtowaniu spływu i erozji, podając wielkość spływu drogami podczas pojedynczych epizodów opadowych. Zweryfikowali gęstość dróg (obliczoną z mapy) z gęstością rzeczywistą oraz zwrócili uwagę na rolę wciętych dróg polnych jako cieków epizodycznych. Te same, głęboko wcięte drogi drenują pokrywy zwierzelinowe, a nawet podłoże skalne. Badając rozwój wcięć stwierdzili, że ich rozwój następuje w sposób skokowy, a powodem tego jest: prowadzenie ich wzdłuż stoku, zróżnicowane użytkowanie w ciągu roku, zróżnicowane podłoże, procesy mrozowe i eoliczne. We wnioskach postulują zmniejszenie gęstości dróg co doprowadzi do zmniejszenia kulminacji i częstotliwości wezbrań w potoku Homerka. Procesem takim może być komasacja polegająca na scalaniu gruntów rolnych co zmniejsza w konsekwencji gęstość dróg do nich prowadzących. Jednak jak pokazują badania, rozwiązanie to nie zawsze przynosi oczekiwany efekt (Górz 1985).

W ostatnich latach poligonem badawczym stały się tereny objęte regresem osadniczym, czy też całkowicie w przeszłości wyludnione. P. Wałykowski (2006) zwrócił uwagę na rolę sieci drogowej w przekształcaniu stoków i den dolin w Gorczańskim Parku Narodowym i jego otulinie przed i po utworzeniu parku. Podobne badania przeprowadziła w tym terenie A. Bucała (2009a) po wezbraniu z lipca 2008 roku, stwierdzając sypanie niewielkich, lecz powszechnych, stożków napływowych u wylotu dróg polnych. Na terenie Bieszczad, gdzie tuż po II wojnie światowej doszło do masowych wysiedleń J. Wolski (2007), określił m.in. zmiany sieci drogowej na przestrzeni 150 lat. Opisał współczesny rozwój nieużytkowanych wcięć drogowych oraz podjął próbę typologicznego ujęcia ich ewolucji. Podobnie R. Soja (2002) określił kierunki i charakter zmian w środowisku naturalnym wyludnionych terenów Beskidu Niskiego. W Sudetach prowadzone były badania przemian środowiska w warunkach słabnącej antropopresji. Wcięcia dróg w pokrywy stokowe znane są także w tym regionie, choć są mniejsze niż w Karpatach (Latocha 2007). Ich głębokość warunkowana jest głównie nachyleniem terenu i mniej mięszymi pokrywami zwierzelinowymi. Podobnie jak w Karpatach w miejscach występowania już pogłębionych i nieprzejezdnych wąwozów wytyczane są objazdowe fragmenty wzdłuż opuszczonego wcięcia. Różnica w składzie mechanicznym osadów budujących stożki napływowe wg autorki dowodzi, iż pogłębianie dróg jest mniej intensywne w Sudetach.

Analiza literatury anglojęzycznej wymaga doprecyzowania pojęć. Na wstępie należy zaznaczyć, że to co w Polsce jest powszechnie znane i rozumiane jako droga polna, poza Polską praktycznie nie występuje. Problemem jest znalezienie angielskiego odpowiednika słowa „droga polna”, który by precyzyjnie określał

charakter, genezę, a przede wszystkim skalę problemu. Polski termin „drogi polne” odnoszony jest często do angielskiego *forest roads* [drogi leśne], jednak droga leśna w rozumieniu terminologii anglosaskiej to szlak udostępniający dzikie tereny, służący do transportu drewna, surowców mineralnych, zarządzania terytorium itp. (Luce, Wemple 2001). Dysproporcje dotyczą nie tylko rozmiaru form, ale również ich gęstości. W odniesieniu do dróg pojawiają się też terminy: *unpaved* [niewybrukowane] (Arnaez i in. 2004), *unsealed* [o rozszczelnionej powierzchni] (Motha i in. 2004), *road-cut* [wcięcia drogowe] (Arnaez, Larrea 1994). Jednak wydaje się, że najlepiej problem oddaje słowo *unmetalled* [nieutwardzone] (Froehlich, Walling 1997; Misoi i in 1989). Te same drogi w literaturze polskiej tłumaczone są na angielski jako: *rural roads* [wiejskie] (Wawer 2004), *cart roads* [dla wozów] (Froehlich, Słupik 1986; Święchowicz 2002a), *ground roads* [gruntowe] (Gardziel, Rodzik 2001) czy *cobbled roads* [wybrukowane] (Kowalczyk 2007).

Postępujące od XV wieku rozdrabnianie areалу rolnego, którego genezą była głównie bieda i nieracjonalny system dziedziczenia, doprowadziło do powstania gęstej sieci dróg dojazdowych do pól. W Europie zachodniej z rozdrobnieniem pól i powiązaną z tym gęstością dróg uporano się już w XIX wieku. Podobna sytuacja miała miejsce w górskich i pogórskich terenach Słowacji, gdzie najpóźniej po II wojnie światowej przeprowadzono nacjonalizację i komasację majątków chłopskich (Krocak, Soja 2009). W USA, skąd pochodzi bogata literatura problemu, system dróg dojazdowych do pól miał zupełnie inny charakter niż w Polsce.

Badania dotyczące problemu dróg polnych w literaturze anglojęzycznej, podobnie jak w Polsce, prowadzone były w wielu aspektach. Ekonomiczno-inżynierskie analizy przeprowadzili m.in. G.K. Misoi i in. (1989) badając proces tworzenia się zniekształceń na powierzchni dróg nieutwardzonych. L.M. Reid i T. Dunne (1984) badali produkcję i transport drobnoziarnistego materiału, produkowanego pod wpływem ruchu ciężkich pojazdów na drogach leśnych, który z dróg dostarczany był do cieków. J.G. King i L.C. Tennyson (1984) dowiedli, że przy kształtowaniu parametrów fali powodziowej drogi mogą mieć istotne znaczenie. M. Stankoviansky (2003) wykazał, że gęsta sieć współcześnie występujących wąwozów może być, przy udziale zmian klimatycznych, efektem zmiennego w czasie użytkowania terenu. Podejmowane w ostatnich latach badania rozpatrują problem nieutwardzonych dróg, szczególnie leśnych, w sposób kompleksowy. J. Arnaez i V. Larrea (1994) podjęli próbę powiązania hydrogeomorfologicznego funkcjonowania dróg w systemie stokowym Gór Iberyjskich z modelami erozji. Bazując na charakterystyce dróg i terenu, w którym je poprowadzono, wydzielili trzy modele opisujące rozwój form drogowych. Szczególną uwagę zwrócono na zmyw powierzchniowy i tarcie o podłoże drogi (np. kół). J.A. Jones i in. (2000) stworzyli model pojęciowy powiązań między siecią dróg a siecią rzek. Zarysowali oni system wzajemnych interakcji oraz oddziaływanie na systemy sąsiadujące. Autorzy wykazali, że powódzie i spływy rumoszu są zależne od układu dróg i cieków. Zmiany sieci dróg mogą wpływać na zmianę

równowagi i dynamiki pomiędzy intensywnością pojawiania się przepływów powodziowych a możliwościami transportowymi koryta rzeki. Jako istotny element równowagi wskazują liczbę przecięć rzek z drogami. Do podobnych wniosków dochodzą B.C. Wemple i in. (2001). W trakcie gwałtownych opadów materiał dostarczany z dróg jest transportowany rzekami na znaczne odległości. Procesy geomorfologiczne w czasie takich zdarzeń mają silny wpływ na drogi, warunkowany ich lokalną względem form powierzchni, konstrukcją, podłożem geologicznym i charakterem ekstremalnych opadów.

Zainteresowanie badaczy drogami leśnymi (*forests roads*) poskutkowało wydaniem w 2001 roku specjalnych numerów *Earth Surface Processes and Landforms* poświęconych temu tematowi. Zwrócono w nich uwagę na zagadnienia sedymentacyjne. Drogi są kanałem transportu i źródłem materiału przemieszczanego w dół zlewni. Przemieszczenia zwietrzliny drogami nie jest spowodowane tylko ich funkcjonowaniem w krajobrazie, ale również wylesianiem. Ma to swoje bezpośrednie skutki w częstotliwościach występowania powodzi, ponieważ sieć dróg uzupełnia sieć hydrograficzną. Jak pokazują badania w Oregonie, drogi sprzyjają też tworzeniu się wąwozów, szczególnie poniżej części środkowej stoku, gdyż w górnej części energia wody jest zbyt mała (Luce, Wemple 2001 oraz prace tam cytowane). Materiał pochodzący z dróg został również uwzględniony w bilansie sedymentacyjnym zlewni. W Pirenejach, w zlewni zmodyfikowanej siecią dróg, ładunek denny z nich pochodzący stanowi około 10% (Batalia i in. 1995).

Inny charakter mają badania prowadzone w ostatnich latach w południowo-wschodniej Australii. Badacze (Croke i in. 2005; Takken i in. 2008) traktują drogi jako uzupełnienie sieci drenażu na stoku, które w znacznym stopniu modyfikuje pierwotne linie i charakter odpływu. Autorzy kładą silny akcent na praktyczny aspekt ich funkcjonowania.

Prace amerykańskie w dużej mierze skupiają się na włączeniu sieci dróg do modeli odpływu opisujących krążenie wody i zwietrzliny w zlewni. Po raz pierwszy wcięcia drogowe uwzględnili K. Loague i J.E. VanderKwaak (2002) potwierdzając ich istotną rolę w kształtowaniu spływu podczas gwałtownych opadów burzowych. Korzystając z tych doświadczeń K. Loague i in. (2005), B.B. Mirus i in. (2007), z wykorzystaniem modeli terenu (3D i 2D), zaproponowali InHM (*Integrated Hydrology Model*) jako model odpływu z małej zlewni. Kluczowe znaczenie mają tu nieutwardzone drogi leśne i kompaktacja cząstek gleby w ich profilu pionowym. Różny stopień saturacji warunkuje dwa rodzaje odpływu – powierzchniowy i podpowierzchniowy. Podobne postulaty stworzenia modelu odpływu z małej zlewni przy uwzględnieniu sieci dróg można odnaleźć w literaturze polskiej (Soja 2002).

Różnice w ujęciu problemu funkcjonowania dróg w literaturze polskiej i zagranicznej są większe niż tylko ich geneza i stopień modyfikacji. W pracach zagranicznych drogi rozumiane są jako uzupełnienie naturalnej sieci drenażu. W warunkach polskich gęstość dróg najczęściej wielokrotnie przewyższa gęstość

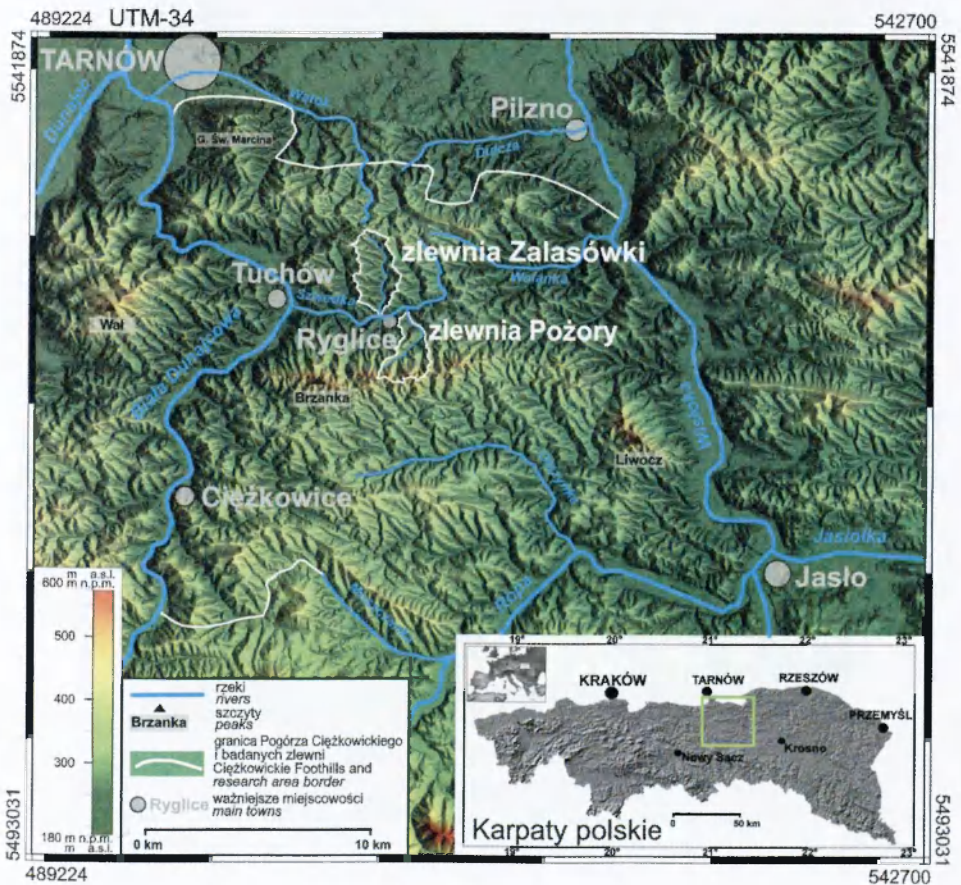
sieci rzecznej. Dysproporcje nie są tylko ilościowe ale i jakościowe. Prace zagraniczne włączają drogi do rozbudowanych modeli symulujących obieg materii i uwzględniają je jako główne źródło zwietrzliny. W warunkach polskich prace skupiają się najczęściej na wybranym aspekcie, najważniejszym z punkty widzenia badacza.

2. CHARAKTERYSTYKA OBSZARU BADAŃ

2.1. CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW FIZYCZNOGEOGRAFICZNYCH OBSZARU BADAŃ

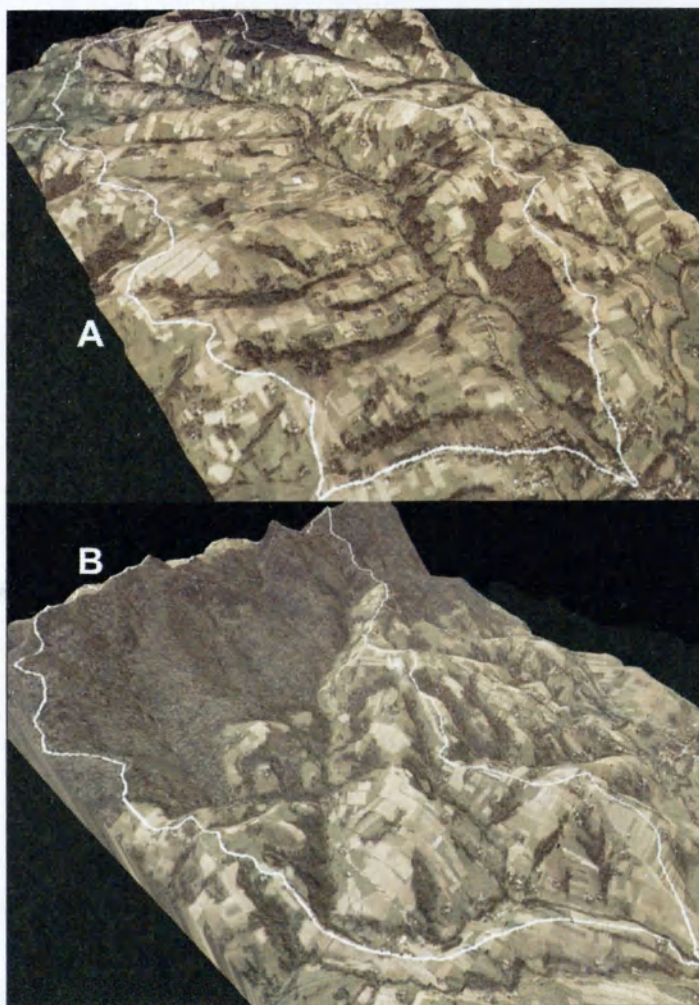
2.1.1. POŁOŻENIE

Badania prowadzono w obrębie Pogórza Ciężkowickiego, opierając się na podziale fizycznogeograficznym Polski J. Kondrackiego (1994) (ryc. 2).



Ryc. 2. Położenie terenu badań na tle Karpat polskich (na podstawie modelu SRTM)

Research areas in the Polish Carpathian Mountains (based on SRTM model)



Ryc. 3. Cyfrowy model wysokościowy zlewni Zalasówki (A) i Pożory (B) z nałożoną ortofotomapą (przewyższenie 4x)
Digital elevation model of Zalasówka (A) and Pożory catchment (B) covered with airphotos (exaggeration 4x)

Pogórze Ciężkowickie (ryc. 2) od zachodu ogranicza rzeka Biała Dunajcowa, a od wschodu Wisłoka. Granicę północną stanowi próg pogórza, który w okolicy Tarnowa (Góra Św. Marcina) osiąga 150 metrów wysokości względnej. Południowa granica Pogórza Ciężkowickiego biegnie od Jasła doliną Ropy. W okolicach Klęczan skręca na północny-zachód w dolinę potoku Moszczanka, następnie omijając górę Pustki (449 m n.p.m.) biegnie równoleżnikowo (linia Łuzna-Siedliska) aż do doliny Białej. W tak ustalonych granicach Pogórze Ciężkowickie ma powierzchnię około 800 km².

Na tym obszarze wytypowano dwie reprezentatywne zlewnie, należące do systemu drenażu Białej Dunajcowej (zlewnia Zalasówki i Pożory), w których prowadzono szczegółowe badania (ryc. 3). Obydwie zlewnie mają przebieg południkowy, a ich główne cieki uchodzą do rzeki Szwedka. Zlewnia Zalasówki o powierzchni 9,2 km² odwadnia teren położony na południe od progu pogórza. Zlewnia Pożory drenuje północne stoki Pasma Brzanka-Liwocz. Jej powierzchnia wynosi 7,1 km².

Krystyna German (1992) na obszarze Mezuregionu Pogórze Ciężkowickie, którego granice pokrywają się w większości z granicami w podziale Kondrackiego, wyróżniła 8 mikroregionów. Badane zlewnie położone są w mikroregionie Pogórze Ryglickie (Zalasówka) i Grzbiet Brzanka-Liwocz (Pożory).

W zależności od kryteriów regionalizacji Pogórze Ciężkowickie jest przydzielane do różnych jednostek fizycznogeograficznych. Również sama nazwa mezoregionu Pogórze Ciężkowickie w zależności od kryteriów podziału obejmuje zupełnie różne tereny (ryc. 4). W podziale J. Balona (Balon i in. 1995) obszar badań leży w granicach Pogórza Ciężkowickiego, lecz jego zachodnia granica przesunięta jest po dolinę Dunajca. Natomiast L. Starkel (1972) zakwalifikował ten obszar do Pogórza Strzyżowskiego, którego wschodnia granica sięga po Krosno. Wyjaśnieniem tych rozbieżności mogą być poglądy prezentowane przez K. German (1992). Według jej badań obszar ten jest pasem przejściowym pomiędzy typem środowiska zachodniej i wschodniej części Pogórza Zachodniokarpackiego. Środowisko przyrodnicze różni się od sąsiadujących z nim regionów, a to znajduje wyraz w odmiennych jego typach.

Autor	Rodzaj podziału	Olza	Wiała	Biała	Soła	Skawa	Skawinka	Raba	Dunajec	Biała	Wiśloka	
M. Książkiewicz, 1953, Unrug 1979	geologiczny	Karpaty Fliszowe Zachodnie						↓ teren badań ↓				
M. Klimaszewski, 1972	geomorfologiczny	Pogórze Śląskie			Wadowickie	Lanckorońskie	Wielickie	Wiśniczkie	Doły Jasielsko-Sannockie, Pogórze Strzyzowskie			
L. Starkel 1972	geomorfologiczny	Pogórze Śląskie			Pogórze Wielickie, Wiśniczkie, Ciężkowickie			Strzyzowski		Dynowski		
B. Obrębska-Starkłowa, 1977	dziedziny fenologiczno - klimatyczne	Dziedzina zachodnia						Dziedzina wachodnia				
Z. Ziemońska 1973	hydrograficzny	Karpaty Fliszowe Zachodnie						Obszar Przejściowy	Karpaty Fliszowe Wschodnie			
B. Leśniak 1980	podział wg pokrywy śnieżnej	Region zachodni Karpat Zachodnich								Region wachodni		
B. Pawłowski 1988, S. Pelc 1969	podokręgi botaniczne	Pogórze lessowe										
		wapienne			fliszowe							
K. Towpasz 1990	podokręgi botaniczne	Cieszyński	Wielicki					Cięzkowicki Przejściowy	Strzyzowski, Dynowski			
M. Orłowicz 1938	podział na grupy górsk	Pogórze Zachodnie						Pogórze Środkowe				
J. Kondracki, 1977	fizycznogeograficzny	Makroregion Pogórza Zachodniobeskidzkiego						Makroregion Pogórza Środkowobeskidzkiego				
		Mezoregiony: Pogórze Śląskie			Wielickie		Wiśniczkie	Roznowskie	Cięzkowickie			
Z. Czeppe, K. German 1979, 1981	fizycznogeograficzny - mezoregiony	Pogórze Śląskie			Wielickie		Cięzkowickie	Dynowskie				

Ryc. 4. Pogórze Ciężkowickie na tle wybranych podziałów regionalnych zachodniej części Pogórza Karpackiego (German 1992)

Cięzkowickie Foothills in regional classifications of west part of Carpathians Foothills (German 1992)

2.1.2. GEOLOGIA

Pogórze Ciężkowickie położone jest w obrębie Karpat Zewnętrznych stanowiących fragment strefy orogenicznej alpidów europejskich, w obrębie której osadowe wypełnienie mezozoicznych i trzeciorzędowych basenów sedymentacyjnych zostało w późnym eocenie, wczesnym i środkowym miocenie tektonicznie zdeformowane oraz odkute od podłoża i nasunięte w postaci płaszczowin na płytę europejską (Książkiewicz 1960, 1972). Płaszczowiny te zbudowane są w przewadze z silikoklastycznych głębokomorskich utworów osadowych, przede wszystkim fliszowych, obejmujących interwał stratygraficzny od tytonu do dolnego miocenu (Książkiewicz 1960).

Badany obszar niemal w całości zbudowany jest z utworów jednostki śląskiej. Tylko brzeg nasunięcia karpackiego budują utwory dolnej kredy serii śląskiej, które są silnie sfałdowane wraz utworami tego samego wieku należącymi do płaszczowiny podśląskiej. Leżące na granicy terenu badań spiętrzenie Pleśnej zbudowane jest z utworów jednostki skolskiej.

Rzeźba terenu wykazuje ścisły związek z geologią. Wyróżniają się wyraźnie w rzeźbie grzbiety (np. pasmo Brzanka-Liwocz), które zbudowane są głównie z odpornych piaskowców warstw godulskich z poziomami łupków pstrych, piaskowców i łupków warstw istebniańskich górnych i dolnych oraz warstw menilitowych reprezentujących górnokredowe i paleoceńskie utwory płaszczowiny śląskiej. Natomiast warstwy grodziskie, górne łupki cieszyńskie i warstwy Igockie są najstarszymi utworami serii śląskiej na tym obszarze i jednocześnie jedyne reprezentującymi wiekowo dolną kredę. Utwory dolnej kredy odsłaniają się we wschodniej części terenu badań w rejonie Liwocza. W kierunku zachodnim wychodnie warstw grodziskich i cieszyńskich znikają z powierzchni. U podnóża Brzanki warstwy Igockie giną zupełnie.

Bezpośrednio od północy do fałdu Brzanka-Liwocz przylega synklina Tuchowa-Jodłowej zbudowana głównie z warstw krośnieńskich (oligocen), reprezentowanych przez małodoporne utwory łupkowo-piaskowcowe. Dalej ku północy w tej części płaszczowiny śląskiej zaznacza się strefa Kokocz-Chełm z utworami m.in. dolnej kredy tworzącymi brzeg nasunięcia karpackiego na odcinku między Tarnowem a Pilznem. Utwory te nasunięte są na utwory miocenu morskiego wypełniające zapadlisko przedkarpackie. W rejonie Pilzna erozyjny brzeg nasunięcia karpackiego jest cofnięty ku południowi tworząc tzw. zatokę pilzneńską. Na północny-zachód od fałdu Brzanka-Liwocz płaszczowina śląska jest nasunięta na utwory płaszczowiny skolskiej tworzące tzw. spiętrzenie Pleśnej.

Od południowego-zachodu antyklinę Brzanka-Liwocza ograniczają: Fałd Rzepienników i dalej ku południowi antyklina Ciężkowic z utworami górnej kredy reprezentowanymi przez warstwy godulskie i istebniańskie oraz utwory paleogenu reprezentowanego przez piaskowce ciężkowickie oraz warstwy menilitowe serii śląskiej w strefach osiowych. Ku wschodowi antykliny te wyklinowują się i kontaktują z warstwami krośnieńskimi (oligocen) występującymi w obrębie

zachodniego przedłużenia synklinorium jasielskiego (geomorfologicznie znanymi jako Doły Jasielsko-Sanockie – Starkel 1972) wchodzącego w skład tzw. Centralnej Depresji Karpackiej.

Zlewnia Zalasówki wycięta jest w słabo odpornych warstwach krośnieńskich wykształconych w litofacji łupkowopiaskowcowej. Zlewnia Pożory tylko w dolnym odcinku założona jest w obrębie warstw krośnieńskich. W części górnej wypreparowana jest w obrębie warstw godulskich z poziomami łupków pstrych, natomiast w kierunku północnym pojawiają się w profilu coraz młodsze ogniwa serii śląskiej reprezentowane przez warstwy istebniańskie dolne, częściowo zredukowane tektonicznie warstwy istebniańskie górne oraz tworzące cienki pas wychodni utwory paleogenu czyli piaskowce ciężkowickie, warstwy hieroglifowe i menilitowe (Neścieruk i in. 1995).



Ryc. 5. Główne jednostki strukturalne polskich Karpat (Żyto i in., 1989)
The main structural units of the Polish Carpathians (Żyto et al., 1989)

2.1.3. RZEŻBA TERENU

Rzeźba tej części pogórza karpackiego jest konsekwencją głębokiego rozcięcia falistej powierzchni zrównania. Rozwój geomorfologiczny odbywał się w kilku etapach i zaznaczył schodowym układem dużych form (Czeppe 1976). Wyróżnione są tu trzy poziomy zrównań, ścinające skały o różnej odporności i z zachowanymi lokalnie żwirami na poziomie najniższym. Najwyższy poziom śródgórski leży na wysokości 230–250 m nad dnami dolin, kolejny zwany pogórskim 120–150 m a najniższy tzw. przydolinny 60–80 m. Obniżenia wiążą się z mało odpornymi warstwami krośnieńskimi, które warunkują lokalizację kotlin Tuchowa, Jodłowej, Olszynki (Starkel 1988a). Ładolód skandynawski oparł się o próg pogórza i wkroczył w największe doliny (Biała, Wisłoka). Dna tych dolin pierwotnie znajdowały się 30 m niżej. Zasięg ładolodu wyznaczają głązy eracyjne na wysokości 350–420 m n.p.m. (Starkel 1988a za Klimaszewski 1948).

Odptyw wód fluwioglacjalnych odbywał się u podnóża pasma Brzanka-Liwocz, na wschód, doliną Szwedki (Pulit 1975).

Wierzchowiny pogórza tworzą płaskie garby osiągające 320–440 m n.p.m. Nad tą zrównaną powierzchnią góruje resekwentny grzbiet twarzielcowy Brzanka-Liwocz, równoleżnikowy i skręcający na południowy wschód, którego kulminacją w części wschodniej jest Liwocz (561 m n.p.m.) a w części zachodniej Brzanka (538 m n.p.m.). Ze względu na charakter grzbiet można zaliczyć do krajobrazu gór niskich (Kondracki 1994).

Na obszarze Pogórza Ciężkowickiego dominują tereny o nachyleniu do 10° (78%), w których do 5° stanowią 34% (według SRTM – *Shuttle Radar Topography Mission*). Współcześnie ważną rolę w modelowaniu rzeźby odgrywają ruchy masowe. Szczególnie podatne na powstawanie osuwisk jest Pasma Brzanka-Liwocz (Długosz 2009).

Zlewnia Zalasówki, odwadniająca Pogórze Ryglickie, posiada cechy typowe dla zlewni pogórskiej, czyli płaskie garby i płaskodenne doliny. Wycięta jest w słabo odpornych warstwach krośnieńskich wykształconych w litofacji łupkowo-piaskowcowej. Fakt ten zdeterminował niewielką asymetrię doliny. Deniwelacje osiągają tu 130 m (min. 240 m n.p.m., maks. 368 m n.p.m.). Druga z badanych zlewni – Pożory – odwadnia stoki pasma Brzanka-Liwocz. Zlewnię tą cechują większe deniwelacje terenu (min. 247 m n.p.m., maks. wysokość 513 m n.p.m.) i duża energia rzeźby. Budowa geologiczna silnie odzwierciedla się w asymetrii doliny i rzeźbie zlewni. Płaskie wierzchowiny i szerokie akumulacyjne doliny występują tylko w obrębie warstw krośnieńskich. Cześć zlewni, która założona jest na starszych ogniwach serii śląskiej wykazuje cechy „beskidzkie”. Dominują tu strome stoki o nachyleniu ponad 10° oraz głębokie, wciosowe doliny boczne.

2.1.4. GLEBY

Gleba jest elementem środowiska geograficznego, w którym przenikają się wzajemnie wpływy litosfery, atmosfery, hydrosfery i biosfery. Zróżnicowanie pokrywy wiąże się z budową podłoża, rzeźbą terenu, określonymi warunkami wodnymi, mikroklimatycznymi oraz odmiennym użytkowaniem ziemi (Guzik 1988). Ze względu na stopień ingerencji człowieka w rozwój profilu glebowego najogólniej możemy gleby podzielić na naturalne i uprawne (Tokaj, Gondek 1976). Zmiany zachodzące w całym systemie przyrodniczym m.in. pod wpływem działalności człowieka, zapisują się w profilu glebowym, który z uwagi na swe interakcyjne powiązania z innymi komponentami środowiska ma dużą wartość indykacyjną (Degórski 2005).

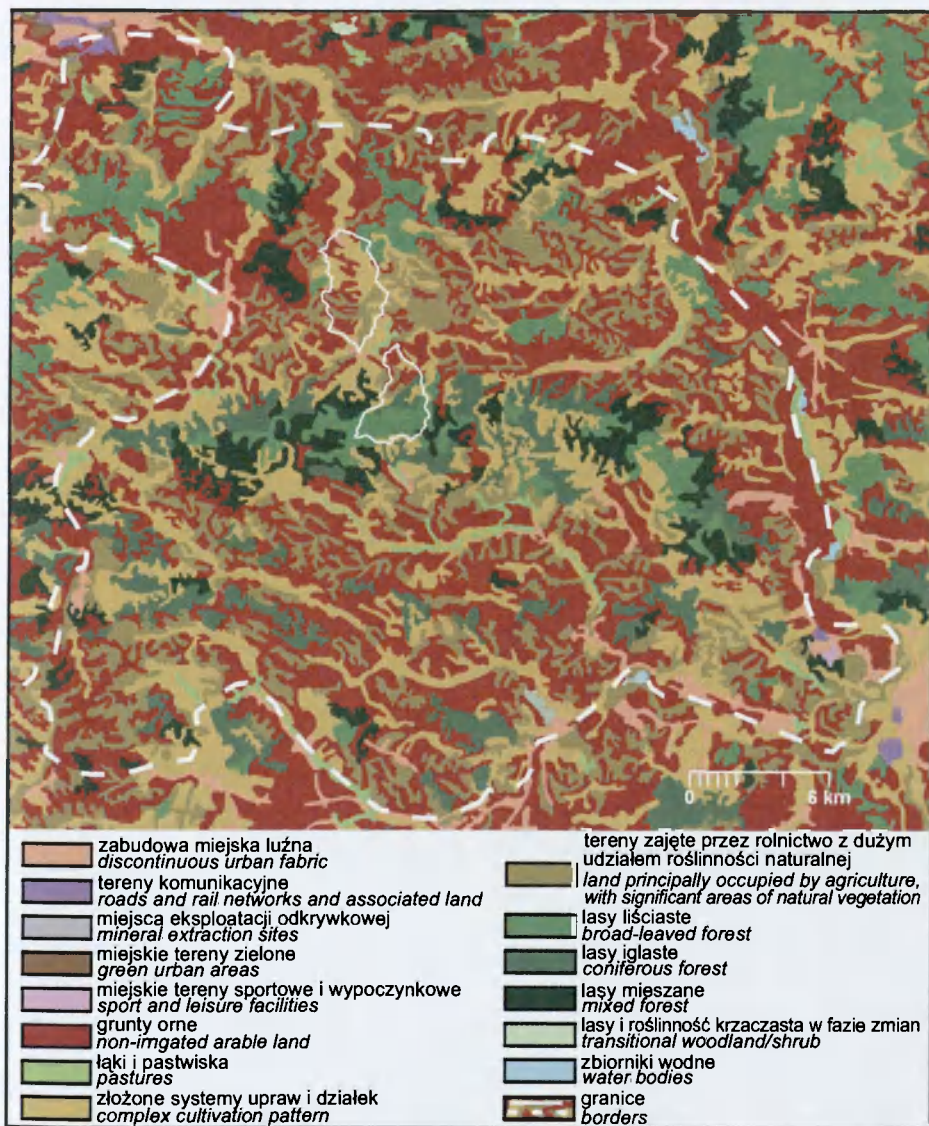
W badanym terenie stosunkowo żyzne gleby wykształciły się na występujących na progu pogórza utworach pylastych. Dlatego obszar ten został najwcześniej zajęty przez rolnictwo. W miejscach, gdzie występuje pokrywa utworów pylastych wytworzyły się gleby płowe. Na terenach bardziej nachylonych, tam gdzie powierzchnia sięga flisz, w większości powstały gleby brunatne kwaśne. Gleby płowe

charakteryzują się poziomem grawitacyjnego przemycia frakcji ilastej. Występują na terenach płaskich na przemian z glebami płowymi zerodowanymi. Degradacja górnego poziomu gleb płowych przez erozję pozbawia je poziomu przemycia, a profil obniża się do rdzawo-brunatnego poziomu wmycia. Dlatego gleby płowe zerodowane na mapach glebowo-rolniczych oznaczone są jako brunatne (stara klasyfikacja). Cechą charakterystyczną gleb w tym rejonie jest występowanie w dolnych partiach profilu zbitych i trudno przepuszczalnych poziomów. Powoduje to „zawieszenie” wody pod powierzchnią, co ma istotny wpływ na stosunki powietrzno-wodne i przydatność rolniczą. W Wiśnicko-Ryglickim rejonie glebo-rolniczym około 40% gruntów ornych jest nadmiernie uwilgocone (Sumara 1986).

Gleby Pogórza Ciężkowickiego zaliczane są do średnio urodzajnych. Przeważa klasa III i IV, sporadycznie występuje klasa II. W gminie Ryglice, na terenie której leżą badane zlewnie, średnia klasa gleb mieści się w przedziale III–IV (Guzik 1988). Według J. Tokaja i W. Gondka (1976) zlewnia Zalasówki pokryta jest glebami IIIa–IVb (gleby wytworzone z utworów pylastych), a zlewnia Pożory V i VI (gleby wietrzeniowe gliniaste płytkie).

2.1.5. POKRYCIE TERENU

Pogórze Ciężkowickie leży w karpackim okręgu geobotanicznym, który dzieli się na dwa podokręgi. Zlewnia Zalasówki znajduje się w Podokręgu Pogórza Lessowego, natomiast Pożory w Podokręgu Pogórza Fliszowego (Towpasz 1988). Granica między nimi przebiega równoleżnikowo, m.in. doliną Szwedki, do której uchodzą główne ciekły badanych zlewni. Konsekwencją deniwelacji (190 m n.p.m. w dolinie Wiślaki i 561 m n.p.m. Liwocz) są trzy zasadnicze piętra roślinności: roślinność niżowa sięgająca do 300 m n.p.m., piętro pogórza – do 450, względnie 500 m n.p.m., a nad nimi regiel dolny (Medwecka-Kornaś 1976). Pierwotną szatę roślinną tworzyły zróżnicowane gatunkowo lasy. Wraz z przybyciem człowieka i rozwojem osadnictwa zaczęły się przemiany krajobrazu i szaty roślinnej. Zanikowi jednych gatunków towarzyszyło pojawienie się i rozprzestrzenianie innych, co w efekcie doprowadziło do powstania nowych zbiorowisk roślinnych. Należą do nich antropogeniczne zespoły pól, łąk, pastwisk, miedz, nieużytków, obrzeży dróg itp. Obszary leśne uległy ograniczeniu głównie do siedlisk nienadających się do innego użytkowania, a zalesienia przez nasadzania monokultur spowodowały znaczne przekształcenia drzewostanu (Medwecka-Kornaś 1976). Współcześnie zwarte kompleksy leśne porastają tylko pasmo Brzanka-Liwocz oraz pojedyncze, mniejsze wyniesienia (np. Słona Góra, Kokocz-Świniogóra). Na Pogórze Ciężkowickim lasy zajmują łącznie obszar 170 km, co daje pokrycie 21% powierzchni (ryc. 6). Grunty orne zajmują 35%, a zabudowa wiejska wraz z przydomowymi poletkami (złożone systemy upraw i działek) aż 22% powierzchni. Tereny zajęte przez rolnictwo z dużym udziałem roślinności naturalnej, czyli porzucone i odłogowane grunty rolne stanowią 18%. Po 2% powierzchni zajmują tereny objęte zwartą zabudową oraz łąki i pastwiska.

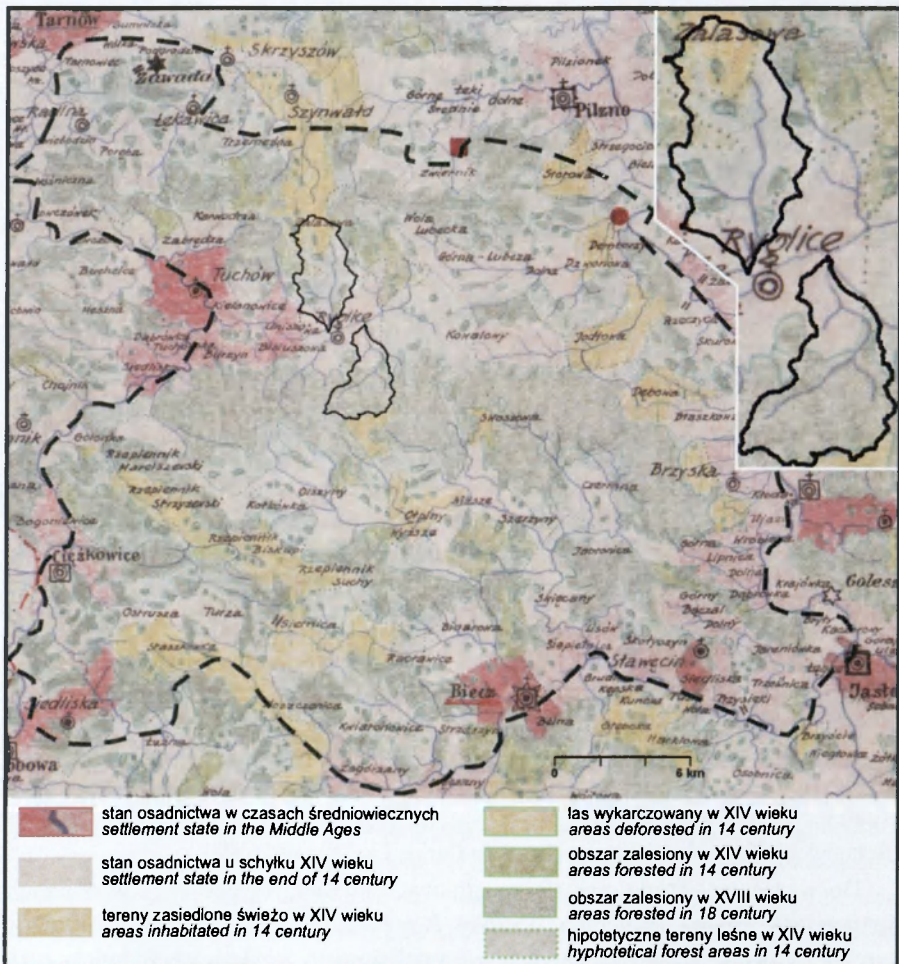


Ryc. 6. Pokrycie terenu Pogórze Ciężkowickiego (na podstawie Corine Land Cover 2000)

Ciężkowickie Foothills land cover (based on Corine Land Cover 2000)

Do wczesnego średniowiecza osadnictwo skoncentrowane było w dolinach dużych rzek: Biała Dunajcowa, Wiśłoka, Ropa (ryc. 7). Od XIV wieku zaczęły się karczunki lasów i zasiedlanie obszarów położonych wzdłuż ich największych dopływów. W tym czasie zlewnia Zalasówki była zalesiona w całości a zlewnia Pożory odlesiona w dolnej części. W XVIII wieku w Zalasówce występowały już tylko pojedyncze płyty lasu a bez zmian pozostała sytuacja w zlewni Pożory (Dobrowolska 1985). Niestety, dla tego okresu można ocenić tylko proporcje pomiędzy terenami leśnymi i nieleśnymi. Szczegółową analizę zmian użytkowa-

nia na obszarze badanych zlewni przeprowadzono od połowy XIX wieku. Choć okres ten stanowi zaledwie 1/4 przedziału czasu intensywnej penetracji pogórza, zaszły w nim bardzo wyraźne zmiany. W zlewni Zalasówki o ponad połowę zmalała powierzchnia gruntów ornych (dziś 35%), dwukrotnie wzrosła powierzchnia zajęta przez roślinność trawiastą (dziś 38%) i czterokrotnie przez lasy (dziś 16%) w porównaniu z połową XIX wieku (Krocak 2007). Ten sam trend i podobne proporcje zanotowano w zlewni Pozory, przy czym tendencja dotyczy tylko odlesionych terenów położonych w jej północnej części (południowa część jest nieprzerwanie porośnięta lasem).



Ryc. 7. Mapa etapów karczowania lasów i zasiedlania Pogórza Ciężkowickiego (Dobrowolska 1985)

Map of deforestation and inhabitation Ciężkowickie Foothills (Dobrowolska 1985)

2.1.6. STOSUNKI WODNE

Pogórze Ciężkowickie z trzech stron (zachód, południe, wschód) ograniczone jest dużymi rzekami: Białą Dunajcową, dolną Ropą z Moszczanką i Wiśłoką. Granicę północną stanowi próg pogórza, z którego większość cieków odpływa po jego czole w kierunku północnym. Rozczłonkowanie pogórza sprzyja szybkiemu odprowadzaniu wód opadowych i wpływa na wielkość i szybkość spływu (Lach i in. 1981). Gęstość sieci rzecznej w pogórskiej części zlewni Białej Dunajcowej wynosi $1,5 \text{ km/km}^2$ i jest około 1 km/km^2 mniejsza niż w sąsiednim Beskidzie Niskim (Ziemońska 1973). Korzystając z niepublikowanych materiałów Z. Czepęgo, L. Kaszowski (1976) podaje, że rozdolnienie całego Pogórza Ciężkowickiego mieści się w granicach $0,5\text{--}2 \text{ km/km}^2$. W badanych zlewniach wynosi ono $1,6 \text{ km/km}^2$. Uzupełnieniem naturalnej sieci drenażu są drogi, a w szczególności drogi polne o gęstości – $8,8 \text{ km/km}^2$. Współczynnik odpływu dla rzek Pogórza Ciężkowickiego jest w granicach $0,35\text{--}0,4$ (Lach i in. 1981). Według A. Tłałki (1976) w dorzeczu Białej Dunajcowej w ciągu roku 38% opadu odpływa, a 62% paruje. Z pełnego odpływu rzecznej Białej Dunajcowej, 58% przypada na spływ powierzchniowy łącznie ze spływem śródpokrywowym, a 42% stanowi zasilanie wodami podziemnymi. Biała Dunajcowa posiada mały przepływ, ale duże są jego wahania. Średni niski przepływ w Ciężkowicach wynosi $0,61 \text{ m}^3/\text{s}$, zaś przepływ minimalny jest o połowę mniejszy ($0,3 \text{ m}^3/\text{s}$). Największy przepływ zanotowano w 1934 roku – $900 \text{ m}^3/\text{s}$. W czasie tego samego wezbrania przepływ w Wiśloce na profilu wodowskazowym Łabuzie wyniósł $1830 \text{ m}^3/\text{s}$, podczas gdy średni niski przepływ to $3,23 \text{ m}^3/\text{s}$ (Lach i in. 1981). Największe wezbrania w XX w. występowały między majem a sierpniem (Białe, Lach 2010). Występowanie wód podziemnych związane jest głównie z trzeciorzędowymi utworami fliszowymi oraz zwirowo-piaszczystymi utworami aluwialnymi i pokrywami stokowymi. Zwierciadło wody w dolinach większych rzek wykazuje związek hydrauliczny ze zwierciadłem wody w rzece. Na stokach okrytych płytkimi pokrywami zwietrzelinowymi, zwierciadło wody zalega zazwyczaj na głębokości 2 metrów. Rozcięcie płytkich poziomów wodonośnych spowodowało wystąpienie licznych źródeł ($3 \text{ na } 1 \text{ km}^2$) o wydajności do $0,3 \text{ l/s}$ (Ziemońska 1988). Rzeka Szwedka, która jest prawobrzeżnym dopływem Białej Dunajcowej i do której uchodzą ciek badanych zlewni, pod względem zawartości metali ciężkich mieści się w klasie czystości A1. Zanieczyszczenie wzrasta z biegiem rzeki. W odcinku ujściowym jakość wody spada do klasy A2, a czynnikiem degradującym jest zawartość żelaza i manganu. Zawartość metali ciężkich w osadach jest w stężeniach tła. Poważnym problemem dla tego cieką są substancje biogenne i wskaźniki mikrobiologiczne (Niziołek 2007).

2.1.7. KLIMAT

Według M. Hessa (1965) klimat obszaru badań należy zaliczyć do piętra klimatycznego umiarkowanie ciepłego, ze średnią roczną temperaturą powietrza $6\text{--}8^\circ\text{C}$ i roczną sumą opadów atmosferycznych od 800 do 1000 mm. Na stosunki makro i mezoklimatyczne zasadniczy wpływ wywiera rzeźba terenu (Obrebska-Starkłowa, Leśniak 1988).

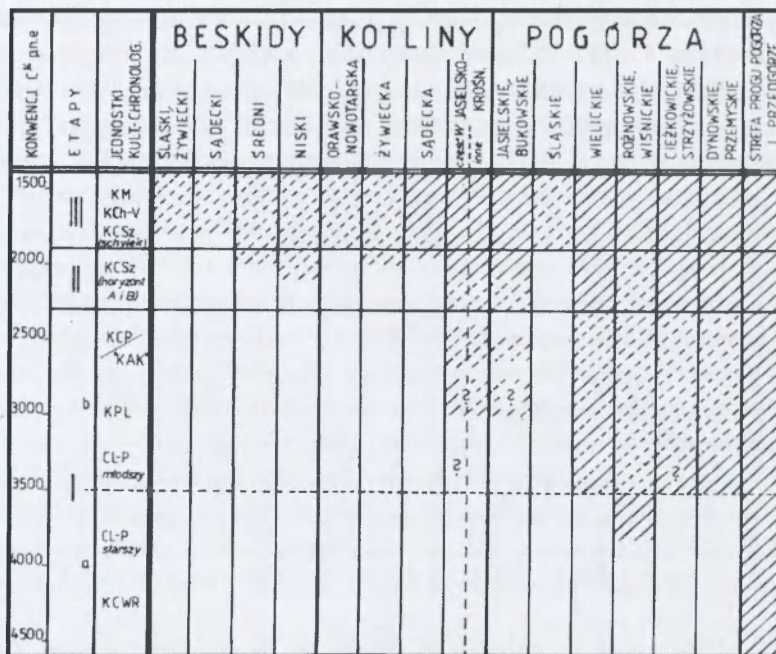
Badania J. Lewińskiej (1976) na Pogórzu Ciężkowickim wykazują pasowe zróżnicowanie średnich temperatur powietrza. Pomiędzy północną a południową granicą różnica średniej temperatury rocznej wynosi $0,5^{\circ}\text{C}$ (7° na południu, $7,5^{\circ}\text{C}$ na progu pogórza). Badane zlewnie są bliżej izotermy $7,5^{\circ}\text{C}$. Średnia temperatura lipca wynosi $17,5^{\circ}\text{C}$ przy średniej temperaturze stycznia $-4,0^{\circ}\text{C}$. Opady wykazują rozkład południkowy. Sumy miesięczne najwyższe wartości osiągają w czerwcu i lipcu a najniższe w styczniu i grudniu. Maksymalne opady dobowe przypadają na czerwiec i lipiec. W zlewni Białej Dunajcowej opady ≥ 10 mm trwają od 15 dni w części północno-wschodniej do 25 dni rocznie w części południowo-zachodniej. Występują najczęściej dzień po dniu, z czego trwające dwa dni stanowią 45% i zdarzają się od czerwca do sierpnia, a trwające trzy kolejne dni tylko w czerwcu i lipcu. Ponadto, w miarę wzrostu wysokości nad poziom morza, widoczny jest wzrost opadów trwających dwa i trzy dni pod rząd. Najpogodniejsze miesiące to wrzesień i październik. W całej dolinie Białej Dunajcowej pokrywa śnieżna ustala się średnio w drugiej połowie listopada i zanika w drugiej połowie marca, sporadycznie w kwietniu.

2.2. ROZWÓJ DEMOGRAFICZNY I JEGO WPLYW NA ZAGOSPODAROWANIE TERENU ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM OSTATNICH 200 LAT

Zasiedlenie Pogórza Ciężkowickiego przypada na przełom wczesnego i środkowego neolitu, czyli 3500 lat p.n.e. (ryc. 8). Wejście osadnictwa na teren Karpat możliwe było dzięki pojawieniu się odpowiednich narzędzi rolniczych i technik agrarnych, w tym płodozmianu (Machnik 1994). W dolinie Białej i Dunajca odnaleziono nieliczne osady kultury łużyckiej z epoki brązu i okresu halsztackiego oraz z całego okresu rzymskiego (Przyboś 1988). W tych samych lokalizacjach liczne są ślady osadnictwa z okresu wczesnośredniowiecznego. Najnowsze badania wskazują na to, że teren w dolinie Białej oraz w jej dopływach jest bogatszy w stanowiska archeologiczne niż sądzono do tej pory. Prace ziemne związane z rozwojem budownictwa jednorodzinnego i innymi inwestycjami ujawniły nowe liczne stanowiska archeologiczne – najstarsze pochodzą z mezolitu (Okoński i in. 2006).

Rozwój demograficzny ma zasadnicze znaczenie w zagospodarowaniu i użytkowaniu ziemi. Dla lepszego zrozumienia tła przemian środowiska naturalnego przeanalizowano zmiany gęstości zaludnienia miejscowości Ryglice, położonej nad rzeką Szwedką. Ryglice są przykładem typowego pogórzańskiego miasteczka, gdzie rolnictwo zawsze było dominującym sektorem zatrudniającym mieszkańców. Na ich terenie zlokalizowane jest 75% powierzchni badanych zlewni.

Według ogólnego wskaźnika rolniczej przestrzeni produkcyjnej, biorącego pod uwagę jakość i przydatność rolniczą, agroklimat, rzeźbę terenu i warunki wodne (w skali od 0 do 100 punktów) gmina Ryglice ma 73 punkty (Sumara 1986). Wziąwszy pod uwagę wszystkie gminy Pogórza Ciężkowickiego jest to wartość średnia.



Ryc. 8. Etapy zasiedlania regionów fizycznogeograficznych polskich Karpat w neolicie i na początku epoki brązu (linie ciągłe – zasiedlenie ciągłe, linie przerywane – o różnym nasileniu) (Valde-Nowak 1988)

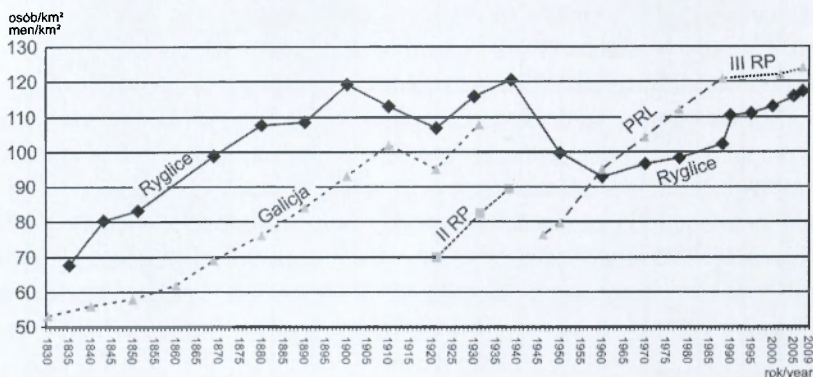
Stages of inhabitation geographical regions in Polish Carpathian Mountains in Neolithic and Bronze Age (full line – continually inhabitancy, dot line – episodial inhabitancy)

Powierzchnia miejscowości Ryglice wynosi 25 km² a liczba mieszkańców maksymalnie osiągnęła 3 tys. Pierwsza pisana wzmianka o tej miejscowości pochodzi z 1301 roku. Jej układ osadniczy nie zmieniał się od czasów lokacji wsi, kiedy to zabudowania gospodarcze skupiały się wzdłuż głównych rzek, a pola uprawne łąkami ciągnęły się od dna doliny po wierzchołki. Centralny punkt miejscowości stanowił plac zwany rynkiem. Wokół rynku zamieszkiwały osoby niezwiązane z uprawą roli, ale pracujące na rzecz mieszkańców (rzemieślnicy, handlarze, kler). W jego okolicy mieściły się również główne obiekty publiczne, administracyjne i sakralne. Jedynie ten fragment miejscowości posiadał miejski charakter. Taki układ urbanistyczny spotykany jest do dziś w wielu miejscowościach regionu.

Ludność zamieszkująca Ryglice od zawsze związana była z rolnictwem. Dopiero ostatnie 10–20 lat jest okresem, w którym uprawa ziemi definitywnie przestaje być źródłem utrzymania. Teren ten przez wieki nie był miejscem gwałtownych zmian liczby ludności (brak masowych wysiedleń, zasiedleń), struktury społecznej, zmian cywilizacyjnych (brak uprzemysłowienia) i kulturowych, dlatego jego stan obecny jest konsekwencją i odzwierciedleniem przemian politycznych i ustrojowych kraju. Zmiany gęstości zaludnienia Ryglic na tle ustrojów

politycznych, w których funkcjonowały, pokazują podążanie miejscowości droga rozwoju państwa oraz tego konsekwencje dla wsi pogórskiej.

Na podstawie literatury i innych dostępnych danych skonstruowano wykres obrazujący zmiany gęstości zaludnienia w Ryglicach, w czasie ostatnich blisko 200 lat, na tle historycznego regionu Galicja (do roku 1930) i Polski (od 1920 roku) (ryc. 9).



Ryc. 9. Zmiany gęstości zaludnienia Ryglic na tle gęstości ludności w Galicji i Polsce

Population density change in Ryglice at the background of historical region Galicia and Poland

Najstarsze, wiarygodne dane o liczbie ludności dla miejscowości Ryglice pochodzą z roku 1835. Miejscowość posiadała prawa miejskie od 1824 roku i leżała w obrębie Galicji (wchodzącej w skład cesarstwa austriackiego), w której w tym czasie przypadało 55 osób na 1 km². W Ryglicach było wówczas 68 osób/km². Po 1835 roku zanotowano dynamiczny wzrost liczby ludności, którego przyczyną mógł być szybki rozwój związany z otrzymaniem praw miejskich. Sprawująca władzę nad tymi terenami monarchia Habsburgów nie była zainteresowana rozwojem regionu (szczególnie Karpat, których udział w powierzchni Galicji stanowił blisko połowę), ponieważ byłby buforem w razie inwazji Rosji (Soja 2008). Paradoksalnie ten sam fakt stał się przyczyną budowy dwóch linii kolejowych przez polskie Karpaty w ostatnim ćwierćwieczu XIX wieku. Kolej warunkowała rozwój gospodarczy, jednak zapóźnienia w rozwoju karpackiej części Galicji oraz brak złóż surowców mineralnych nie dawały szans na szybką industrializację i zmianę struktury zatrudnienia. Przeludnienie, rozdrobnienie gospodarstw i zacofanie agrarne sprawiło, że Ryglice, podobnie jak Pogórze Ciężkowickie, miały większą gęstość zaludnienia niż Galicja. Niewielkie ożywienie (zob. ryc. 9) przyniósł rok 1867 (uzyskanie autonomii przez Galicję) i uprzemysłowienie wschodniej części Karpat (związane z wydobywaniem ropy naftowej) oraz zachodniej (związane z rozwojem przemysłu). Bezpośrednio przed 1867 Ryglice odnotowały spadek przyrostu rzeczywistego. Powodem tego była rabacja, która w roku 1846 objęła tą część Karpat. Po mordach na właścicie-

lach i zarządcach majątków ziemskich część pól nie została w roku 1846 i 1847 obsiana, a kryzys pogłębiła aura niekorzystna dla zbiorów. Z powodu głodu w całych Karpatach pojawiły się epidemie tyfusu i cholery (Soja 2008). W parafii Ryglice, w lutym 1846 roku, chłopci zamordowali 14 osób w tym 4 w Ryglicach. Głód był tak wielki, że zanotowano nawet przypadki kanibalizmu (Korona 1995). Wydarzenia te nie zaburzyły znacząco wzrostu liczby ludności Galicji i do wybuchu I wojny światowej region miał stały przyrost liczby mieszkańców na jednostkę powierzchni. Procesy niezauważalne w skali tak dużego regionu jak Galicja uwypuklają się punktowo m.in. w Ryglicach. Po znacznym spowolnieniu wzrostu liczby ludności w latach 80. XIX wieku, od roku 1900, kiedy to przypadało niespełna 120 osób/km², nastąpił pierwszy bardzo wyraźny spadek liczby mieszkańców miejscowości. Kluczowe znaczenie miała emigracja zarobkowa. Do końca XIX w. wyjazdy były rekompensowane wysokim przyrostem naturalnym. W Ryglicach, w 1890 roku, na jeden dom przypadało średnio 9,5 osoby (*Słownik Geograficzny...* 1889). Jak podaje M. Soja (Soja 2008 za Pilch 1984) między rokiem 1890 a 1910 liczba zatrudnionych w przemyśle wzrosła w Galicji o 0,2% a ludności ogółem o 20%. W Ryglicach w roku 1890 na 1 km² przypadało o ponad 20% więcej ludności niż w całej Galicji. Czynnikiem zachęcającym do wyjazdów była m.in. obietnica otrzymania własnej ziemi, np. w Ameryce Południowej (Soja 2008). Gospodarstwa dzielone po równo między kolejnych spadkobierców nie byłyby w stanie ich wyżywić. Na taką sytuację demograficzną nałożyła się I wojna światowa dodatkowo pogłębiając straty ludzkie. Po 1921 roku, w II RP, w Galicji oraz samych Ryglicach następował wzrost liczby ludności. W nowych granicach Polski duży wpływ na przyrost rzeczywisty miały ruchy migracyjne. W latach 30. mieszkańcy zaczęli wyjeżdżać do pracy w przemyśle. Pomimo tego przyrost liczby ludności był równomierny, podobnie jak w całej II RP. W końcu lat 30. XX wieku Ryglice, osiągnęły maksimum zaludnienia przekraczając 120 osób/km². W latach 30. wciąż głównym źródłem utrzymania było rolnictwo, ale rozwijał się także handel (głównie przy udziale Żydów) oraz sfera usług (rzemiosło), która obsługiwała południową część powiatu tarnowskiego (Korona 1995). Dramatyczne ubytki ludności przyniosła II wojna światowa. Zmiany granic, straty wojenne i emigracja poskutkowały zmianą struktury społeczeństwa. Tuż przed wybuchem wojny Żydzi stanowili 14% mieszkańców Ryglic (Dubiel 1997). Na skutek działań wojennych w większości zostali wymordowani, a nieliczni którzy przeżyli wyjechali. Wraz z zamordowanymi Polakami ubyło ok. 500 mieszkańców. Miejscowość osiągnęła poziom zaludnienia porównywalny z połową XIX wieku. Powojenny okres PRL to odbudowa gospodarki państwa nastawionej głównie na rozwój przemysłu. W kraju po stratach wojennych szybko wzrosła liczba ludności, ale i w podobnym tempie ubywało mieszkańców na wsi. W dziesięcioleciu powojennym skala wyjazdów z Ryglic była tak wielka, że nawet bardzo wysoki przyrost naturalny nie był w stanie jej zrekomensować. Rolnicy, którzy nie wyjechali na stałe do pracy, przekształcili się w chłoporobotników. Jako główne swoje źródło utrzymania wybierali jeden

z zakładów produkcyjnych w okolicy, jednocześnie utrzymując gospodarstwo. W końcu lat 80. XX wieku, kiedy to w związku z przemianami gospodarczymi (zwolnienia z przemysłu) oraz z przechodzeniem na emeryturę pokolenia, które wyjechało tuż po wojnie, w Ryglicach szybko zaczęła rosnać liczba mieszkańców, warunkowana głównie powrotami w rodzinne strony. Od początku lat 90. tendencje uległy odwróceniu. Szybciej wzrastała gęstość zaludnienia w Ryglicach niż w całym kraju. Zmieniła się struktura zatrudnienia mieszkańców. Coraz większy odsetek społeczeństwa zatrudniony jest w sektorze usług a Ryglice są miejscem zamieszkania dla pracujących w dużych, okolicznych miastach.

Przeludnienie agrarne występowało na Pogórzu Ciężkowickim do końca II wojny światowej, natomiast wieki uzależnienia od roli, jako jedyne źródła utrzymania, spowodowały, że przez kolejne pół wieku łączono pracę zawodową z uprawą ziemi. Po odejściu pokolenia pamiętającego „głód ziemi”, wspólnie pojawiły się w krajobrazie odłogi, których powierzchnia systematycznie wzrasta.

Zmiany liczby ludności warunkowały funkcjonowanie i przemiany środowiska, a to znalazło odbicie w natężeniu antropopresji, szczególnie w rolniczym wykorzystaniu obszaru obydwu zlewni.

3. MATERIAŁY I METODY

Materiały jakie zgromadzono na potrzeby pracy można podzielić na trzy główne grupy: współczesne i historyczne opracowania o charakterze kartograficznym, dane zebrane na drodze kartowania oraz inne informacje uzyskane w trakcie badań terenowych, głównie na podstawie rozmów z mieszkańcami (wywiady, fotografie).

3.1. MATERIAŁY ARCHIWALNE I WSPÓŁCZESNE OPRACOWANIA KARTOGRAFICZNE

Zarówno współczesne jak i historyczne mapy, podzielono na dwie grupy pod względem stopnia szczegółowości. W pierwszej grupie znajdują się opracowania wielkoskalowe, które po sprowadzeniu do jednolitego odwzorowania i układu współrzędnych, posłużyły do szczegółowych badań porównawczych i budowy map tematycznych. Zaliczyć do nich można (od najstarszych):

- zdjęcie józefińskie Galicji, tzw. mapa Miega, wykonana w latach 1775–1783, skala 1:28 800,
- austriacki kataster gruntowy (miejscowości: Bistusowa, Joniny, Ryglice, Zalasowa, Żurowa) w skali 1:2880, wykonany w latach 1847–1850,
- mapy ewidencji gruntów miejscowości Ryglice (aktualizowane), skala 1:2000, wykonane w roku 1976,
- kolorowe zdjęcia lotnicze, wykonane w latach 1997–1998 w ramach programu PHARE, rozdzielczość 0,75 m,
- mapy topograficzne w skali 1:10 000, stan na lata 2001–2003,
- leśne mapy gospodarcze w skali 1:10 000, stan na rok 2003,
- zdjęcia lotnicze wykonywane (w odcieniach szarości) na potrzeby Systemu Ewidencji Działek Rolnych w latach 2002–2003, rozdzielczość 0,25 m.

W drugiej grupie znalazły się opracowania w mniejszych skalach, niemniej jednak wykorzystane adekwatnie do stopnia szczegółowości.

- *Spezialkarte der österreichisch-ungarischen Monarchie*, w skali 1:75 000, stan na rok 1901,
- mapa topograficzna (wyd. WIG), w skali 1:100 000 z roku 1937,
- topograficzna mapa sztabowa (WZKart 1959) w skali 1:25 000, stan na rok 1957,
- mapa topograficzna (GUGiK) w skali 1:25 000, stan na rok 1977.

Posiłkowano się również mapami tematycznymi, wydanymi jako samodzielne arkusze (np. mapa sozologiczna i hydrograficzna w skali 1:50 000, mapy geologiczne w skali 1:200 000 i w wydaniu tymczasowym w skali 1:50 000) bądź

umieszczonymi w cytowanych publikacjach. Korzystano także z rękopisu mapy „procesów osadniczych w dorzeczu Białej Dunajcowej i Wisłoki w ostatnim tysiącleciu” autorstwa M. Dobrowolskiej (1985). Mapa ta (nigdy nie wydana) znajduje się w zbiorach kartograficznych Uniwersytetu Pedagogicznego w Krakowie.

Jeżeli wykorzystywana mapa nie posiadała legendy, identyfikację symboli przeprowadzano na podstawie skorowidzów i wytycznych. Sytuacja taka dotyczyła m.in. *Spezialkarte der öosterreichisch-ungarischen Monarchie*, gdzie legendę przyjęto na podstawie opracowania St. Gąsiewicza (1930).

3.2. CYFROWY MODEL WYSOKOŚCIOWY

Na podstawie map topograficznych w skali 1:10 000 zbudowano cyfrowy model wysokościowy DEM (*Digital Elevation Model*). DEM rozumiany jest jako matematyczna reprezentacja powierzchni ziemi przedstawiona za pomocą zestawu danych o określonych współrzędnych, który pozwala na uzyskanie informacji o wysokości dla dowolnego punktu (Tomczyk, Ewertowski 2009 za Hengl, Evans 2009). W literaturze trwa proces unifikacji terminologii, dlatego mówiąc o takich samych danych przestrzennych, w zależności od dziedziny nauki, obok nazwy DEM używane są inne terminy: NMT (*Numeryczny Model Terenu*) (Burdziej, Kunz 2006; Wolski 2007), DTM (*Digital Terrain Model*) (Mania 2007), DSM (*Digital Surface Model*) (Dudzińska-Nowak 2007). Proces budowy DEM-u polegał na rekalkulacji map topograficznych (zakupionych w formacie geotif) do układu UTM (*Universal Transverse Mercator*), a następnie na ręcznej wektoryzacji warstw (digitalizacja). Całość dopełniono opisanymi na mapie punktami wysokościowymi (szczyty, ujścia rzek, punkty reperowe i triangulacyjne), a następnie hybrydowe połączenie warstw i punktów wysokościowych przetransformowano do wersji rastrowej. Obszary pomiędzy poziomiami „wypełniono” wartościami pośrednimi zgodnie z algorytmem opracowanym na potrzeby programu ILWIS (*Integrated Land and Water Information System*) (Hengl i in. 2003). Rozdzielczość pionową i poziomą (obie zmiennoprzecinkowe) dobrano na podstawie licznych analiz problemu zawartych w literaturze (Burdziej, Kunz 2006; Tomczyk, Ewertowski 2009), skonfrontowanych ze specyfiką obszaru badań. Przy doborze wielkości komórki rastra, za kluczowe uznano poglądy J. Urbańskiego (2008). Według niego rozdzielczość (wymiary siatki grid) powinna być połową dokładności mapy źródłowej, na podstawie której tworzony jest DEM. W tym przypadku wartość ta wynosi 5 m. „Surowy” model został poddany procesom weryfikacji i optymalizacji, które polegały głównie na wygładzeniu (*smoothing*), czyli eliminacji rastrów o przypadkowych – odstających wartościach oraz zagłębień bezodpływowych. Zmieniono także wartości rastrów, po których bieżą elementy liniowe (rzeki, wały, nasypy) o wartość składowej pionowej każdego z nich (*burning*). Ze względu na przyjętą wielkość rastra najmniejsza szerokość elementu liniowego wynosiła 5 m. Próby uwzględnienia teras rolnych nie przyniosły zadowalających efektów i ostatecznie zaniechano optymalizacji o ten element rzeźby. Tak skonstruowany cyfrowy model wysokościowy stał się punktem wyjścia do dalszych analiz.

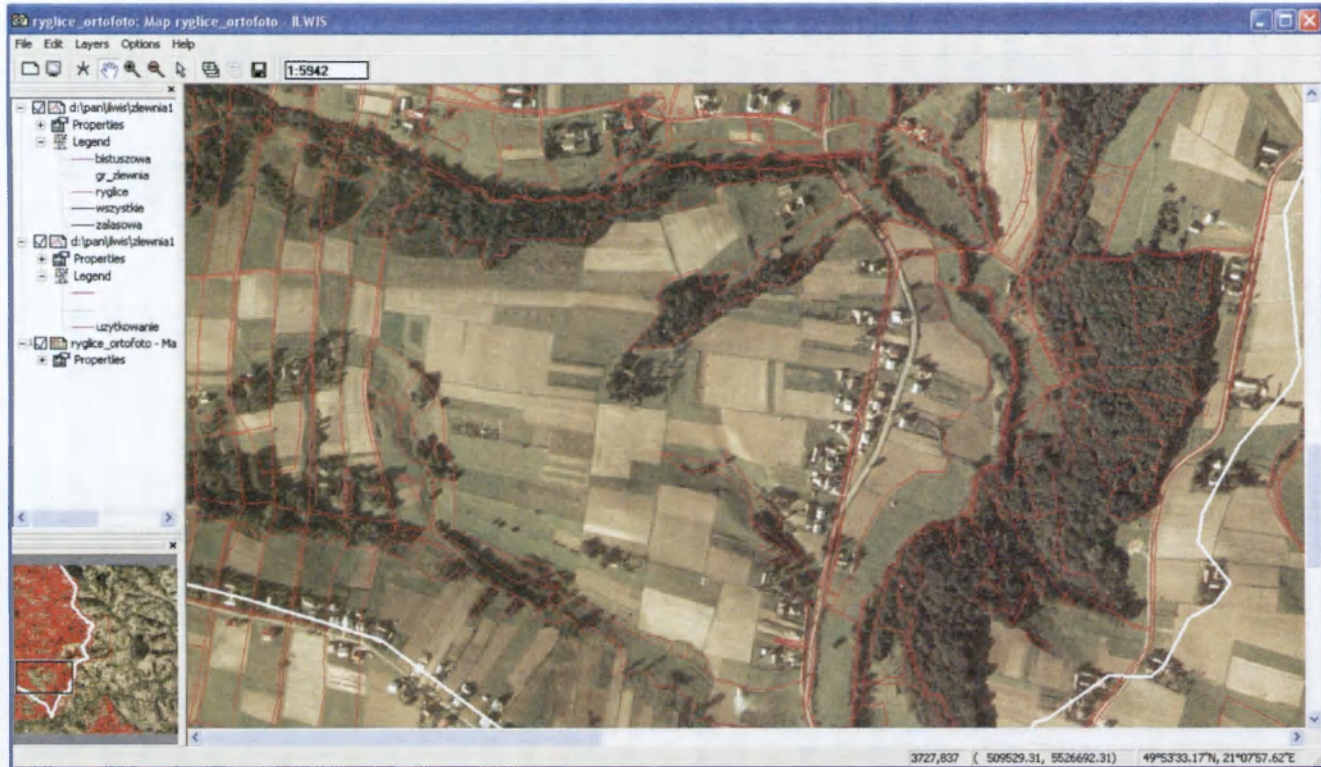
3.3. DANE TERENOWE I ANALIZY LABORATORYJNE

Badania terenowe uzupełniane były informacjami z literatury. W pierwszej kolejności przeprowadzono kartowanie w zlewniach testowych. Weryfikowano sieć drogową pod kątem zgodności z obrazem uzyskanym z map oraz stanem zachowania i kierunkiem przekształceń w obrębie samych form drogowych. Po uzyskaniu obrazu sieci drogowej w zlewniach testowych prowadzono obserwacje mające na celu poznanie kierunków zmian. Sporządzono kilkanaście szczegółowych planów fragmentów sieci drogowej oraz przekrojów poprzecznych celem rekonstrukcji rozwoju użytkowanych i nieużytkowanych wcięć drogowych – najciekawsze umieszczono w pracy. Wykonano kilkadziesiąt różnego rodzaju wkopów i odśnieżeń. Dane uzupełniono wierceniami wykonanymi wiertnią GEOMERES, będącą własnością IGiPZ PAN. W terenie posługiwano się GPsem zaznaczając elementy liniowe i poligony jako *track* i punktowe jako *waypoint*. Zgromadzone w ten sposób dane okazały się bardziej precyzyjne aniżeli zbierane tradycyjnymi metodami. Celem powiązania poziomów genetycznych (np. po dwóch stronach wciosu), składu i genezy pokryw stokowych (less, zwietrzelina) czy określenia frakcji transportowanego materiału, pobrano próbki do badań granulometrycznych oraz na zawartość materii organicznej. Wszystkie pobrane materiały zostały poddane analizie granulometrycznej metodą areometryczną i laserową w Zakładzie Geomorfologii i Hydrologii IGiPZ PAN. Ilość materii organicznej wyznaczono metodą Tiurina w modyfikacji Oleksynowej (Oleksynowa i in. 1976). Wiek drzew, który pomocny był w wyznaczaniu wieku form, określano przy pomocy świdra Presslera.

W trakcie badań terenowych przeprowadzono rozmowy i wywiady z mieszkańcami badanych zlewni. Zdobyte tą drogą informacje dotyczyły głównie okresu eksploatacji dróg na obszarze badań oraz powodów zaprzestania ich użytkowania.

3.4. GIS JAKO NARZĘDZIE SŁUŻĄCE ZBIERANIU I OPRACOWYWANIU WYNIKÓW

W niniejszym opracowaniu wykorzystywano oprogramowanie GIS na wszystkich etapach pracy. Korzystano z programu ILWIS (*Integrated Land and Water Information System*) (ryc. 10). Możliwości tego typu oprogramowania zostały wykorzystane już na etapie doboru terenu badań. Posługując się ogólnodostępnymi cyfrowymi danymi wysokościowymi (SRTM) dla Pogórza Ciężkowickiego, przeprowadzono analizę rzeźby (nachylenia, ekspozycje, piętra klimatyczne), celem doboru zlewni testowych. Zastosowanie programów GIS wymusiło, ale i jednocześnie pozwoliło, na ujednoczenie układów współrzędnych. Przyjęto układ UTM jako podstawowy układ w badaniach naukowych (Urbański 2008). Operacja rekalkulacji była stosunkowo prosta, gdy dotyczyła najnowszych map topograficznych (skala 1:10 000 w układzie 1992) sprzedawanych w cyfrowym formacie geotif. Sytuacja była bardziej skomplikowana, gdy odnosiła się do starszych map papierowych (mapy udostępnione



Ryc. 10. Okno programu ILWIS z granicami katastralnymi z 1850 roku na tle ortofotomapy (arkusz Ryglice)

Window screen of ILWIS program with cadastral borders (1850 year) and the present airphoto maps (Ryglice sheet)

w tej formie stanowiły większość). Mapy takie skanowano i „nadawano współrzędne” – georeferencje (*georeference*) na podstawie przecięć linii siatki topograficznej. Następnie mapę „przeliczano” (bądź „przepróbkowywano”) (*resample*) w celu ustalenia współrzędnych dla każdego oczka siatki grid (rastra). Najwięcej wysiłku wymagały XIX-wieczne mapy, szczególnie kataster. Kataster założony był w znanym układzie współrzędnych (którego linie siatki znaczone były na ramce każdego z arkuszy), lecz wiek papieru (kurczenie się), złe przechowywanie (dziury wygryzione przez gryzonie) i zabiegi pseudokonserwatorskie (naklejenie na kartonie i obklejenie dookoła kolorową taśmą) sprawiły, że znaczenia linii siatki na ramce nie nadawały się do ustalenia na ich podstawie georeferencji. W poszukiwaniach innych wspólnych punktów, tj. takich które istnieją co najmniej od połowy XIX wieku do dziś i na podstawie ich znanych współrzędnych można nadać współrzędne mapie katastralnej, sprawdzono: budynki, kapliczki, kształty granic miejscowości i triangulanty. Znalaziono jedynie 16 wspólnych punktów. Weryfikacja wykazała, że liczba znalezionych obiektów jest zbyt mała, aby mogła posłużyć za źródło danych do nadania georeferencji dla 23 arkuszy¹ obejmujących teren badań w 5 miejscowościach². Dlatego do zbioru obiektów o znanych współrzędnych zaliczono skrzyżowania dróg oraz charakterystyczne połączenia co najmniej trzech granic pól. W efekcie dla każdego z arkuszy odnaleziono od 5 do 15 wspólnych punktów. W kolejnym kroku, mając mapę katastralną z wstępnie nadanymi georeferencjami, nałożono współczesny układ sieci drogowej eliminując punkty, które generowały błędy zmniejszające stopień dopasowania. Po uzyskaniu optymalnego dopasowania arkusz „przeliczano” stosując operację *resample* celem określenia „poprawionych” współrzędnych dla każdego rastra. Stosowano w każdym przypadku transformację afiniczną³ jako dającą najlepszy efekt. Zabieg ten pozwolił uzyskać średnią dokładność dla poszczególnych arkuszy od 2 do 8 m, przy czym w 80% przypadków (18 arkuszy) dokładność była poniżej 4 m.

¹ Skalę map katastralnych ustalono tak, aby 40 sążniom na gruncie odpowiadał 1 cal na mapie, tj. (40x6x12) cali na gruncie (czyli 2880) odpowiadało na mapie 1 calowi – skala 1: 2880. W ten sposób 1 cal kwadratowy na mapie odpowiadał $40^{\circ} \times 40^{\circ} = 1600$ sążniom kwadratowym, czyli 1 morgowi austriackiemu na gruncie (Fedorowski 1974). Przeliczając na współczesne jednostki powierzchni jeden arkusz obejmował 287,7 ha.

² Mapy katastralne z roku 1848 sporządzone były dla miejscowości Rygllice i obejmowały swoim zasięgiem 83% zlewni potoku Pożory i 42% zlewni Zalasówki (mapy unaczęsniono w roku 1898). 11% zlewni potoku Pożory leży w granicach miejscowości Joniny, dla której mapy katastralne wykonano w roku 1849 a 6% powierzchni zlewni znajduje się w granicach miejscowości Żurowa, dla której nie udało się odnaleźć zachowanych, oryginalnych map katastralnych. W związku z tym wykorzystano mapę klasyfikacyjną sporządzoną na podkładzie mapy katastralnej, a więc z zachowaną skalą i układem działek. Lata wykonania oryginalnej mapy to połowa XIX wieku. 56% zlewni Zalasówki leży w miejscowości Zalasowa (mapa katastralna z roku 1847) a 2% w miejscowości Bistuszowa, w której mapa katastralna została sporządzona w roku 1848. Dla ułatwienia, przy odwoływaniu się do którejkolwiek z wymienionych map bądź map wykonanych na ich podstawie, będzie się używać daty rok 1850 lub połowa XIX wieku.

³ Przekształcenie afiniczne, czyli przekształcenie jednego zbioru punktów na drugi, przy którym proste przechodzą w proste, proste równoległe w proste równoległe, ale długości odcinków i kąty mogą się zmieniać, np. przesunięcie, obrót.

Na potrzeby modelowych badań funkcjonowania dróg na stoku, zmodyfikowano cyfrowy model wysokościowy. Algorytm tego procesu polegał na znalezieniu linii odpływu potencjalnego opadu z każdego rastra. Każdy raster odpowiadał określonej powierzchni zlewni (25 m²). W pierwszym kroku, na cyfrowy model wysokościowy nałożono mapę sieci drogowej. Założono, że każda linia odpowiadająca drodze (wzięto pod uwagę wszystkie drogi) jest wcięta o 1 m poniżej powierzchni terenu i o tę wartość „wcięto” miejsca na modelu, po których będą drogi (ryc. 11). Takie rozwiązanie podyktowane było stanem dróg rozpoznanych podczas kartowania. Jak wynika z obserwacji terenowych nawet do 90% dróg w zlewni może uczestniczyć w odprowadzaniu wody ze stoku. Jest to możliwe ponieważ drogi, które nie są wcięte posiadają wyraźne koleiny, rowy ułatwiające odpływ (szczególnie utwardzone), czy też bruzdy wzdłuż pola graniczącego z drogą. Sytuację normalizują przepusty pod drogami, które na drogach polnych występują sporadycznie. W rzeczywistości funkcjonują tylko w obrębie doliny, tam gdzie drogi łączą się z drogą główną bądź z ciekami.



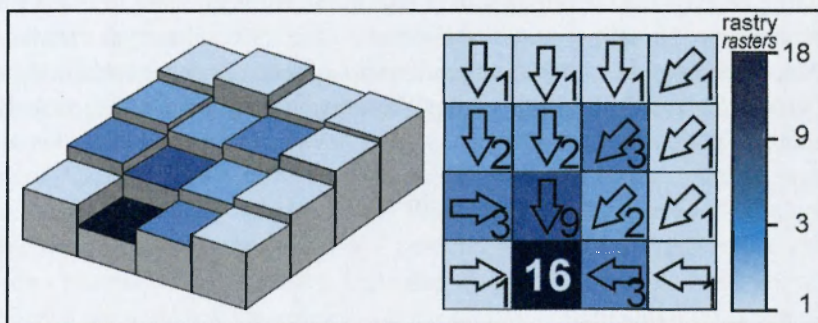
Ryc. 11. Fragment cyfrowego modelu terenu uwzględniającego sieć dróg polnych (przewyższenie 2x)

Fragment of digital elevation model including road network (exaggeration 2x)

Opad transformowany jest w odpływ i odprowadzany po liniach zawsze prowadzących z punktu położonego wyżej do punktu położonego niżej. Na cyfrowym modelu wysokościowym terenu sytuację analogiczną osiągnięto szukając dla każdego rastra (o określonej wartości w metrach nad poziomem morza), rastra sąsiedniego położonego najniżej spośród wszystkich otaczających. Zastosowano tu algorytm opracowany na potrzeby programu ILWIS (Hengl i in. 2003)

(ryc. 12). W etapie końcowym każdemu rastrowi przypisano wartość, którą była suma rastrow położonych wyżej względem danego i połączonych zgodnie z zależnością określoną jako układ zbiorników liniowych. W praktyce oznaczało to określenie liczby rastrow, z których odpływ był przejmowany i odprowadzany przez dany raster.

Tak przygotowane materiały stały się źródłem map tematycznych, które będą sukcesywnie przywoływane w opracowaniu. Operacje, jakie wykonywano w programach GIS na zgromadzonym materiale dokumentacyjnym, będą przybliżane zbieżnie z przedstawianiem wyników owych analiz.



Ryc. 12. Schemat budowy modelu terenu z liniami odpływu
Flow line map construction based on the digital elevation model

3.5. WYBÓR ZLEWNI TESTOWYCH

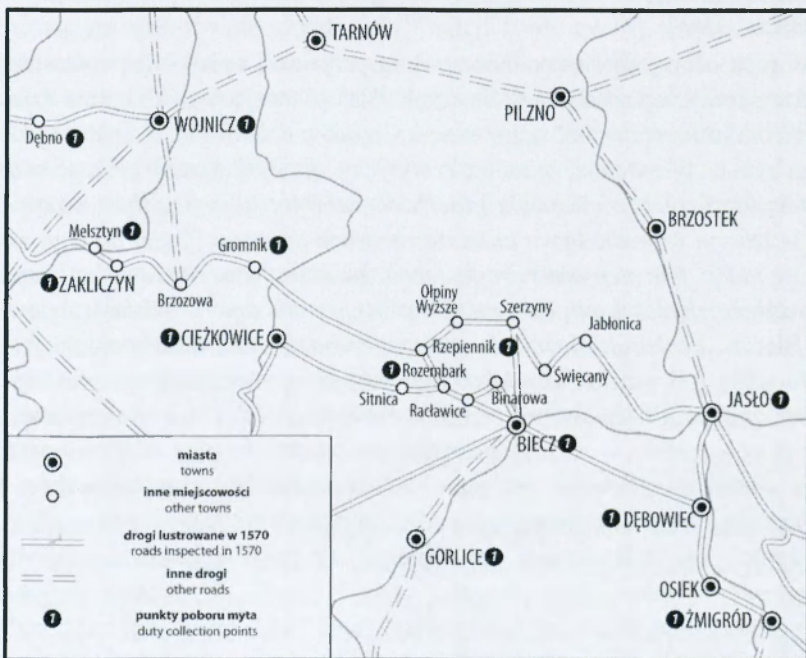
Aby wybrać zlewnie testowe poddano analizie dostępne źródła, tj.: mapy geologiczne, geomorfologiczne, mapy pokrycia terenu, topograficzne, hydrologiczne. Przeprowadzono kwerendę w poszukiwaniu źródeł historycznych, w szczególności map katastralnych z XIX wieku. Na podstawie ogólnodostępnego modelu terenu SRTM dla Pogórza Ciężkowickiego wygenerowano mapę nachyleń stoków, ekspozycji, odległości od cieków i wybrano regiony, w których proporcje są zbliżone do średniej dla całego obszaru. Gruntowna analiza, wzbogacona literaturą wykazała, że na terenie badań występuje jednostka silnie kontrastująca z otoczeniem – Pasma Brzanki. Fakt ten, wsparty wiedzą przytoczoną poniżej, zdeterminował wybór dwóch zlewni: jednej reprezentatywnej dla Pasma Brzanki (zlewnia Pożory) i drugiej dla reszty tej części pogórza (zlewnia Zalasówki). Analiza map geologicznych wykazała, że w zlewni Zalasówki występują obydwa typy pogórskich pokryw stokowych – lessowe i zwietrzelinowe, natomiast w zlewni Pożory rozcinana jest większość poziomów budujących Pasma Brzanki. Pokrycie terenu zostało określone dla obszaru Pogórza Ciężkowickiego z map *Corine Land Cover* (baza CLC2000), z analizy których wiadomo, że udział lasów w otoczonym obszarach rolniczymi Paśmie Brzanki wynosi 50%. Przystudowano mapę procesów osadniczych w zlewni Białej Dunajcowej i Wisłoki M. Dobrowolskiej (1985) (zob. ryc. 7). Na tej podstawie stwierdzono, że 6 z 7

wydzielonych przez autorkę faz zasiedlenia miało miejsce w wytypowanych zlewniach. Bogatą wiedzę na temat składowych klimatu przyniosły opracowania J. Lewińskiej (1976) oraz B. Obrębskiej-Starkłowej i B. Leśniak (1988). Wynika z nich, że wskazany teren posiada klimatyczne cechy przejściowe w kierunkach E-W i N-S. Jednocześnie potwierdził się odmienny charakter Pasma Brzanki, które jest w tej części pogórza znaczącą naturalną barierą. Zapoznano się z opracowaniami historycznymi i monograficznymi dotyczącymi badanego obszaru, przestudiowano stosunki społeczne oraz rozwój gospodarczy. W początkowej fazie, aby uzyskać przestrzenne zróżnicowanie gęstości dróg, sporządzono mapę sieci dróg na Pogórzu Ciężkowickim (Kroczak 2006). Wykonano również analizy statystyczne. Na tej podstawie wyróżniono obszary o zbliżonych rozkładach gęstości sieci drogowej. Ta wielokierunkowa waloryzacja doprowadziła do wyboru zlewni Zalasówki i Pożory jako pól testowych, w których skoncentrowano badania terenowe.

4. ANALIZA ZMIAN GĘSTOŚCI SIECI DRÓG POLNYCH

4.1. STAN I ROZWÓJ SIECI DROGOWEJ NA POGÓRZU CIĘŻKOWICKIM I W ZLEWNIACH TESTOWYCH DO POŁOWY XIX WIEKU

Pierwsze wzmianki dotyczące stanu sieci drogowej oraz form geomorfologicznych im towarzyszących na terenie Pogórza Ciężkowickiego, pojawiają się w lustracji dróg województwa krakowskiego z roku 1570 (Wyrozumska 1971). W imieniu króla przeprowadzono lustrację głównych traktów kupieckich. Na Pogórzu Ciężkowickim były to dwa szlaki. Najważniejszy trakt prowadził z Węgier. Biegł on w tej okolicy doliną Wisłoki z Jasła do Pilzna i dalej u progu Karpat do Tarnowa. Drugi szlak był bardziej związany z Pogorzem Ciężkowickim i prowadził z Jasła przez Jabłonicę, doliną Olszynki do Szerzyna, gdzie rozgałęział się w dwóch kierunkach – przez Ołpiny, Rzepienniki, do Gromnika i dalej w kierunku doliny Dunajca oraz do Biecza. W Rzepienniku szlak łączył się z traktem w kierunku Ciężkowic. Wspomniane jest też kilka krótkich, łącznikowych fragmentów (ryc. 13).



Ryc. 13. Przebieg głównych szlaków na Pogórzu Ciężkowickim w XVI wieku (Wyrozumska 1971)

Main routes at the Ciężkowickie Foothills in 16 century (Wyrozumska 1971)

Z tego źródła wynika (wszystkie cytaty kursywą są za Wyrozumską 1971), że drogi po których biegły szlaki były w złym stanie technicznym. Lustrator w ten sposób opisał fragment traktu: *„Przyjechawszy Szirziny, drogę wymierzycieśmy kazali, a iż była bardzo zła, upominaliśmy, aby naprawić kazali. Przyjechaliśmy potem do wsi, którą zową Dolne Olpiny (...). Tam droga bardzo zła i wąska. Przyjechaliśmy zasię na grunt wsi, którą zową Olszyny (...) tam droga niedobra i wąska”*. Takie opisy stanu nawierzchni drogi charakteryzują trasę aż do Ciężkowic. W samych Ciężkowicach urzędnik lustrujący drogę opisał most *„wielki przez rzekę, którą zową Białą, która rzeka ten most często psuje, bo jest bardzo bystra i często wzbiera”*. Sposób prowadzenia kontroli i opis stanu dróg nie daje możliwości odtworzenia dokładnego ich przebiegu. Istotne jest rozstrzygnięcie czy drogi biegły wierzchowinami czy prowadziły głównymi dolinami nawiązując do przebiegu współczesnych najważniejszych tras. Płaskie pogórskie wierzchowiny mogły być dogodniejsze komunikacyjnie niż błotniste dna dolin zalewane podczas powodzi. Potwierdzeniem tego mogą być dane z Rzepiennika Biskupiego, wspomnianego w lustracji jako miejsce łączenia się dwóch szlaków. W miejscowości tej na wierzchowinie stoi XVI-wieczny kościół p.w. Św. Jana Chrzciciela, podczas gdy centrum osadnicze współcześnie znajduje się kilka kilometrów dalej w dnie doliny Rzepianki. Przy kościele krzyżują się drogi, których znaczenie komunikacyjne do dziś wykracza poza granice miejscowości i gminy. Do wieku XIII prawdopodobnie w tym miejscu istniała osada o nazwie Nemsyno. Osada ta znana była z tego, że *„odbywały się tam wielkie targi, na które jężdżali kupcy z odległych stron”* (Analiza... 2004).

Więcej informacji na temat stanu dróg przynoszą opisy fragmentów szlaków poprowadzonych poza dnem doliny rzeki Białej Dunajcowej. Urzędnik działający w imieniu króla sprawdził m.in. trasę z Ciężkowic do Turzy. Z opisu wynika, że droga była na tyle wcięta, że należało wytyczyć nowy fragment: *„Z tego miasteczka [Ciężkowice] obróciłem się gościńcem ku Byeczcu, tam jechać wąwozem na dół, w którym wąwozie bywa potrosze chrostem poprawa. Dalej od tego wąwozu wzgórze jadąc, tam nieprawie droga dobra, gdzie też bywa naprawy po trosze. Tam rozkazałem, aby też drugą drogę nad wąwozem puszczono”*. Podobnie było w okolicy Biecza *„Rozkazaliśmy im też, gdzie potrzeba, rozszerzyć, aby poszerzyli drogę i tam, gdzie jest wąwóz do miasta dosyć długi, aby drugą drogę nad wąwozem puścili i żeby się ludzie w tym wąwozie nie zajeżdżali”*. Silnie wcięte drogi zdają się być powszechne w tym rejonie, ponieważ podobne opisy szlaków towarzyszą wielu odcinkom. Niewiele jest informacji o naprawie i utrzymaniu dróg. Obok wytyczania nowych fragmentów wzdłuż wciętych odcinków powszechne było „oboranie” np. w Binarowej czy Golance, co może sugerować odwodnienie: *„z gromadą wymierzyliliśmy [drogę] i oborać kazali”*. W okolicy ważniejszych miast regionu, jak Biecz czy Ciężkowice, drogi były „dylowane” czyli wyłożone kłodami. Nawierzchnia układana była też z kamieni, o czym traktuje fragment: *”Od tego mostku kamieniem [most na Białej w Ciężkowicach] napracują ku miastu. Tam w górę idąc do tego miasteczka, bywa naprawa chrostem i na niektórych*

miejscach dyłowanie, której naprawy jest na czworo stajanie aż do Rynku z niemałym kosztem.” Dokument ten daje tylko ogólny pogląd na stan głównych traktów. Trudniej jest odnaleźć w literaturze tego okresu opis stanu sieci dróg polnych. Drogi te zapewne ograniczały wielką własność ziemską służąc jednocześnie jako pastwiska.

Do 5 kwietnia 1782 roku, czyli ukazania się patentu cesarza Józefa II znoszącego „*osobiste niewolnicze poddaństwo*”, właścicielem ziemi był „pan”. Chłopi jedynie gospodarowali na wydzielonej im części areалу nie mając żadnych praw do ziemi. Właściciel mógł chłopa ziemi pozbawić – „*wygnąć z dnia na dzień*”, nadać ziemi komuś innemu, włączyć do gruntów dworskich, dowolnie dzielić areał i łączyć gospodarstwa lub pozbawiać prawa dziedziczenia itd. (Styś 1934). Dopiero dekret z 1786 roku ustanowił grunty chłopskie (rustykalne). Grunty te były niepodzielne i pozostawały w rękach chłopskich. Chłopa nie można było usunąć. Grunty nie mogły być włączone do obszaru dworskiego, a wymieniane z dworem mogły być tylko w szczególnych okolicznościach. Wówczas chłopi nabyli też prawo dziedziczenia (wcześniej prawo dziedziczenia posiadali tylko chłopi na gruntach „wykupnych”, które stanowiły w Galicji znikomy udział). Od roku 1848, czyli od uwłaszczenia, chłop stał się właścicielem ziemi i jak podaje W. Styś (1934) rozpoczyna się parcelacja gospodarstw. Od 1 listopada 1868 roku była już powszechna i masowa. Wraz z uchynieniem dotychczasowych przepisów, przenoszenie własności gruntów wcześniejszymi aktami (*inter vivos, mortis causa*) zostało uchylone i odbywało się zgodnie z austriackim kodeksem cywilnym. Przy rosnącym gwałtownie zaludnieniu Galicji (zob. ryc. 9) spowodowało to nieograniczone i lawinowe dzielenie gruntów między potomków. Do tego czasu większość areálu rolnego zgrupowana była jeszcze w łanach⁴, choć stan ten zależał od wielu czynników warunkujących rozwój wsi w przeszłości. Według W. Stysia (1934) zalicza się do nich głównie:

- prawa na jakich wieś została założona (niemieckie, polskie, ruskie, wołoskie),
- pochodzenie etniczne mieszkańców i ich wyznanie,
- właściciela wsi (wyróżniano wsie: królewskie, magnackie, szlacheckie, klasztorne lub erekcyjne czyli uposażenia probostwa),
- rozwój przemysłu i rzemiosła oraz stopień autonomii,
- położenie geograficzne, kształt wsi, gleby oraz częstość występowania klęsk (głód, epidemie, klęski naturalne, najazdy),
- przyrost rzeczywisty ludności wsi.

Wszystkie te czynniki wpłynęły na strukturę społeczno-własnościową w ostatnim ćwierćwieczu XIX wieku. Po roku 1868 głównym czynnikiem determinującym podział areálu był status pola ze względu na jego właściciela (pola: kmiece, dworskie zwane „pańskimi”, plebańskie, folwarczne, chłopskie,

⁴ Łan był obszarem nadanym osadnikowi. Tworzył zazwyczaj prostokąt o szerokości 0,4 km i długości około 2 km. Obramowany był drogami będącymi jednocześnie granicami łanu. Ośią prostokąta było dno doliny, skąd drogi wychodziły na stoki (Górz 1985; Soja 2002).

gminne itp.). Podziałowi podlegały głównie grunty chłopskie. Łan zazwyczaj dzielony był na pół po dłuższej osi. Powstałe w ten sposób dwie nowe niwy rozdzielał pas, który stawał się drogą dojazdową do obydwu pól. Droga taka należała w połowie do obydwu gospodarzy (Styś 1934). Dalsza fragmentacja była zróżnicowana w zależności od regionu. W okolicy Krakowa we wsi Sułoszowa podział przebiegał nadal wzdłuż dłuższej osi łąnu, gdyż uprawa prowadzona była w systemie trójpolowym. Nowy właściciel niwy musiał dostać po części każdego z trzech użytków, aby nie wypaść z systemu i jednocześnie od nowego sezonu móc gospodarować. Spowodowało to, że gęstość dróg dochodziła do 40 km/km² (Grabczuk 1967). Z analizy map katastralnych z połowy XIX wieku wynika, że na Pogórzu Ciężkowickim proces ten przebiegał odmiennie. Niewielka różnica pomiędzy końcami łąnu (najczęściej pomiędzy dnem doliny i wierzchowiną) w żyzności gleb, nachyleniach terenu i dostępie komunikacyjnym sprzyjała dzieleniu powstałych nowych niw prostopadle do dłuższej osi łąnu. Od tego momentu, na stoku pojawiły się na dużą skalę nowe formy terenu – terasy rolne. Dna dolin użytkowane były jako łąki, większość gospodarstw miała tam swoją działkę. Każde gospodarstwo mogło też korzystać z gruntów wspólnych.

Mapy katastralne dla byłego województwa tarnowskiego zostały wykonane w latach 1847–1850 (Sobol 1981). Sporządzono je zgodnie z dekretem cesarza Franciszka Józefa. Pomiarami geodezyjnymi objęto areał rolny, który był pod wpływem gospodarki człowieka od kilkuset lat. Znane są starsze mapy badanego terenu ale treść, precyzja wykonania i skala (1:2880) map katastralnych sprawia, że są one najstarszymi opracowaniami kartograficznymi pozwalającymi na stwierdzanie procesów geomorfologicznych zachodzących w obrębie dróg. Ważne jest również, że uchwycony został moment tuż przed masową parcelacją i z widocznymi trwale ustalonymi łąnami. Stanowią one pierwszy poważny punkt odniesienia także dla innych badań.

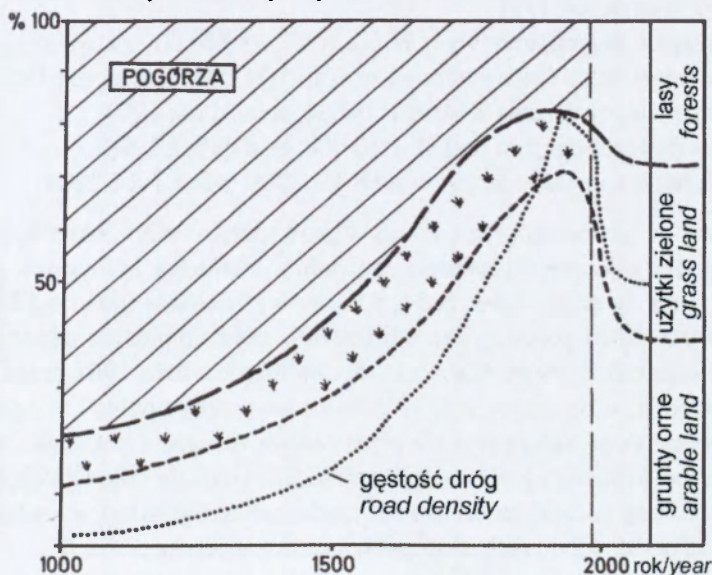
Sposób przedstawienia otoczenia dróg w katastrze sugeruje, że w czasie jego zakładania część z nich była już wcięta. Mapa, jako rzut płaski na powierzchnię terenu odzwierciedlała nie tylko drogę, ale również i jej sąsiedztwo. Mapy katastralne służyć miały celom fiskalnym, stąd ważne było aby jak najdokładniej wymierzyć parcele i ustalić wielkość obciążenia podatkowego właściciela – zwłaszcza, że pomiary odbywały się zazwyczaj w jego obecności (Styś 1934). Jeżeli droga była wcięta, to na mapie widoczne są wzdłuż niej po obu stronach dwa pasy, które są rzutem ścian formy (ryc. 14).

Pojęcie drogi odbiega dziś od tego, czym była ona w połowie XIX wieku. Drogi polne (dojazdowe do pól) wyglądały podobnie do dzisiejszych, natomiast główne trakty komunikacyjne były ciągami, na których często z trudem mogły się minąć dwa zaprzęgi. Drogą był wydzielony i sporadycznie utwardzony obszar, w obrębie którego poruszał się zaprzęg, starając się ominąć większe niedogodności, tak aby nie uszkodzić wozu i nie utknąć w koleinie, błocie czy wyrwie. Droge ograniczały skarpy, miedze, rzadko rowy.



Ryc. 14. Mapa katastralna (1850 r.) zlewni Zalasówki z fragmentami wciętych dróg
Cadastral map (1850 year) with cuts roads

Prognozy zakładały, że na początku XXI wieku (Starkel 1988b) miał nastąpić gwałtowny spadek gęstości sieci drogowej przy równoczesnych zmianach zagospodarowania terenu. Wzrost gęstości dróg na pogórzach w ostatnim tysiącleciu miał być ściśle powiązany ze zwiększaniem powierzchni zajmowanej przez grunty orne kosztem lasów (ryc. 15). Niestety bezwymiarowy charakter krzywej przedstawiającej zmiany gęstości dróg nie pozwala na konfrontację z wynikami z terenu Pogórza Ciężkowickiego. W niniejszej pracy analizę zmian gęstości sieci dróg oraz zmian użytkowania przeprowadzono w rozdz. 5.2.



Ryc. 15. Zmiany gęstości dróg a zmiany użytkowania terenu Pogórza od 1000 roku (Starkel 1988b)

Road density and land use changes at the Carpathian Foothills in the last 1000 years (Starkel 1988b)

4.2. ZMIANY UKŁADU SIECI DROGOWEJ W CIĄGU OSTATNICH 200 LAT ORAZ STAN ZACHOWANIA OPUSZCZONYCH DRÓG

W oparciu o zmiany form rzeźby terenu, warstwy akumulacyjne, dokumenty historyczne i materiały kartograficzne, można dokonać długookresowych rekonstrukcji przemian środowiska przyrodniczego (Latocha 2007). Zapisem ewolucji środowiska przyrodniczego regionu są m.in. przemiany sieci drogowej. Bazując na wymienionych źródłach i badaniach terenowych odtworzono zmiany sieci drogowej w okresie ostatnich 200 lat i powiązano je z występującymi w terenie formami wklęsłymi.

4.2.1. INWENTARYZACJA WCIĘĆ DROGOWYCH

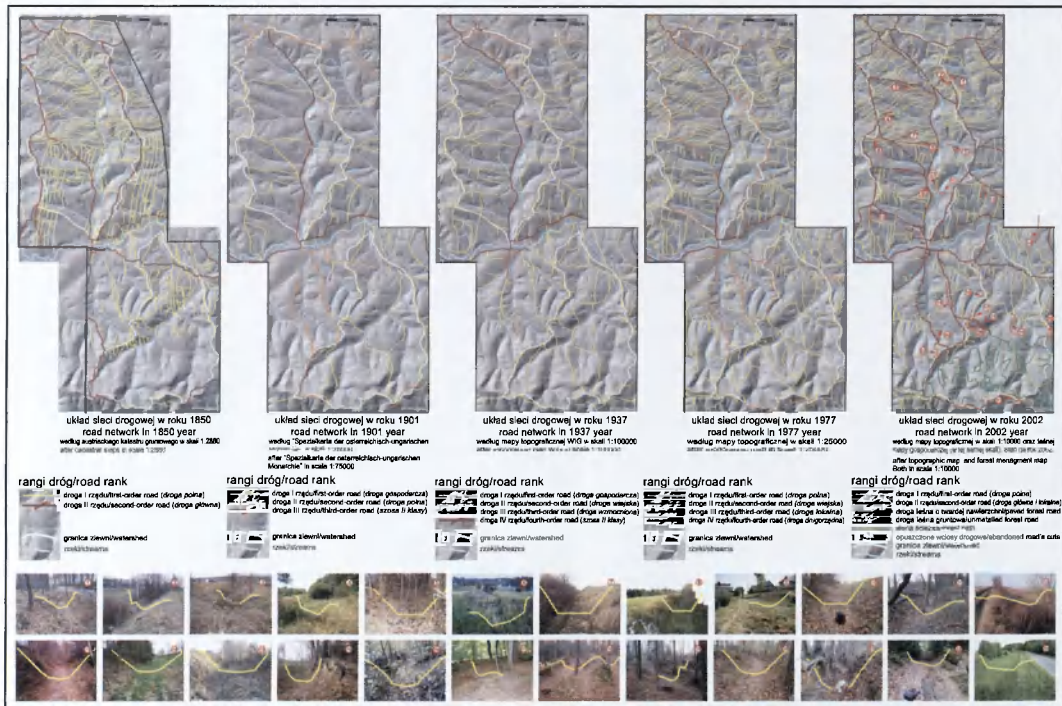
W czasie badań terenowych inwentaryzowano współczesną sieć drogową, zwracając szczególną uwagę na nieużytkowane formy, o domniemanej genezie podrogowej. Zidentyfikowano łącznie 7,3 km opuszczonych, bądź epizodycznie użytkowanych wciosów drogowych, które skonfrontowano z historycznymi i współczesnymi mapami przedstawiającymi sieć dróg.

Historia użytkowania i komunikacyjna hierarchia badanych form została odtworzona dla ostatnich 200 lat na podstawie następujących map (tab. 1):

- (1) zdjęcie józefińskie Galicji, tzw. mapa Miega w skali 1:28 800, wykonana w latach 1775–1783,
- (2) austriacki kataster gruntowy (miejscowości: Bistuszcza, Joniny, Ryglice, Zalasowa, Żurowa) w skali 1:2880, wykonany w latach 1847–1850,
- (3) Spezialkarte der österreichisch-ungarischen Monarchie, w skali 1 75 000, stan na rok 1901,
- (4) mapa topograficzna (wyd. WIG), w skali 1 100 000 z roku 1937,
- (5) topograficzna mapa sztabowa w skali 1:25 000, stan na rok 1957,
- (6) mapa topograficzna w skali 1:25 000, stan na rok 1977,
- (7) mapa topograficzna w skali 1:10 000, stan na rok 2002,
- (8) leśna mapa gospodarcza w skali 1:10 000, stan na rok 2003.

Dla dróg w poszczególnych latach wprowadzono rangi, określając tym samym ich rzędy. Rzędy wyznaczono zgodnie z hierarchią na mapach. Droge najniższej rangi określono jako rząd I, a każda wyższa otrzymała rząd kolejny. Zabieg ten umożliwił porównywanie hierarchii, gdyż oryginalne nazewnictwo nie oddaje komunikacyjnego znaczenia (np. na mapie z roku 1901 droga polna posiadała rząd II, a na mapie z 1937 roku nazwy „droga polna” w ogóle nie użyto). Jedynie mapa katastralna nie precyzowała znaczenia komunikacyjnego dróg, ponieważ kryterium podziału była własność i użytkowanie. Dlatego wprowadzono sztuczny podział na drogi I i II rzędu (polne i główne), a wydzielenia dokonano na podstawie innych elementów zaznaczonych na mapach:

- na mapach (wykonywanych w granicach miejscowości) podpisano dokąd prowadzi droga. Oznaczenia dokonywano tylko, jeśli była to droga główna.



Ryc. 16. Rozmieszczenie badanych form i zmiany sieci drogowej od roku 1850
Location of researched forms and road network evolution since 1850

– szerokość oraz struktura. Drogi główne były szersze. Drogi polne często zaznaczano jako dwa równoległe pasy, ponieważ leżąc pomiędzy dwoma polami należały w połowie do każdego z właścicieli (Styś 1934). W takim przypadku na mapie zaznaczone były jako pastwiska.

Mapy, z których korzystano, były częściowo sporządzone w małych skalach. Jedyne zagadnienie szczegółowych przemian całej sieci drogowej wymaga opracowań wielkoskalowych, dlatego też analiza taka będzie przeprowadzona na podstawie mapy katastralnej (1:2800) i współczesnej (1:10 000) w rozdziale 5. Szczegółowe studia każdego odcinka polegały na odtworzeniu historii użytkowania oraz określeniu jego rangi w układzie komunikacyjnym. Najstarsza mapa z jakiej korzystano (mapa Miega) określała stan wyjściowy, przy czym był on efektem wcześniejszych, kilkunastuletnich przemian. Starsze źródła, takie jak XVI-wieczne lustracje dróg, mówią o przebiegu głównych traktów posługując się jedynie nazwami miejscowości. Takie ujęcie nie pozwala na odtworzenie trasy i skonfrontowanie z dokładniejszymi danymi. Z mapy Miega wynika, że w drugiej połowie XVIII wieku drogi główne biegnęły wierzchowinami. Jeśli było to możliwe, określano moment wytyczenia, bądź stan przekształcenia drogi w chwili pojawienia się na mapie po raz pierwszy. W oparciu o analizę historycznych i współczesnych map topograficznych zestawiono skróconą historię użytkowania zidentyfikowanych form wklęsłych (tab. 1; ryc. 16). Najwięcej wcięć zaznaczono na mapie z roku 1957, co należy wiązać z jej dużą dokładnością. W wyniku badań ustalono, że choć na mapie z roku 2002 we wciosach zaznaczono drogi to w rzeczywistości biegnęły one równoległe względem formy. Studiując pozostałe materiały (archiwalne zdjęcia, literaturę) ustalono m.in., że część dróg polnych, łączących doliny z wierzchowinami, pełniła rolę ważnych lokalnych szlaków (często nie wynikało to z treści materiałów kartograficznych).

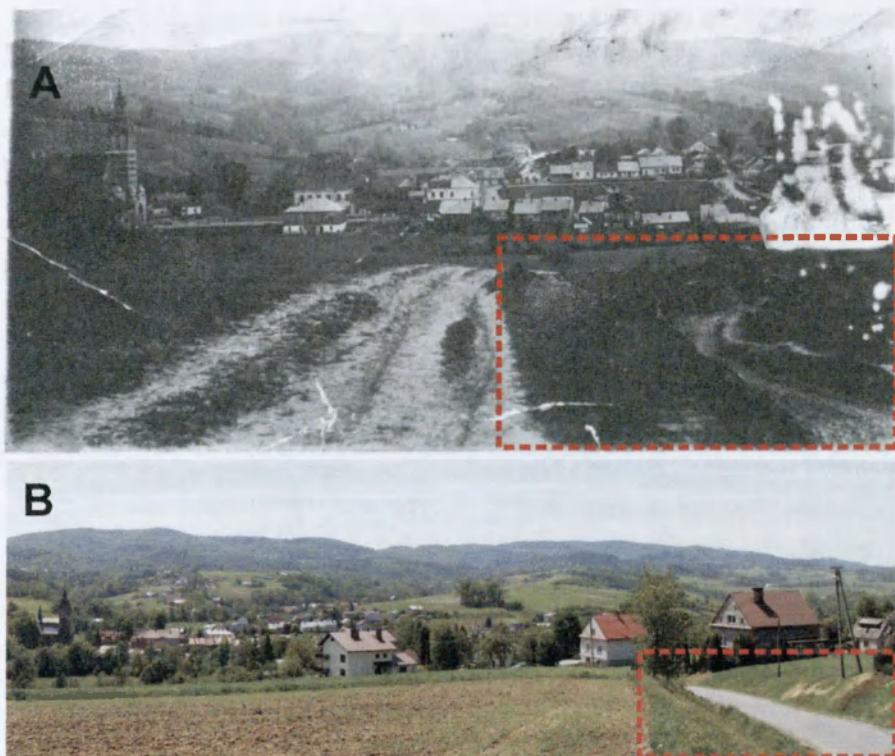
Opuszczone wciosy drogowe mają głębokość dochodzącą do 5 metrów. Użytkowane drogi o nieutwardzonym podłożu wcięte są maksymalnie do 2 metrów, przy czym w 90% przypadków wcięcie nie osiąga 1 metra. Są to głównie drogi dojazdowe do działek, użytkowane w okresie prac polowych. Drogi poprowadzone we wcięciach zidentyfikowano również na działkach wodnych obydwu zlewni. Są to stare trakty, zaznaczone na XVIII-wiecznych mapach, obecnie przebudowane, utwardzone i ograniczone rowami (fot. 1). Nie ujęto ich w zestawieniu (tab. 1), ponieważ w większości przypadków nie można jednoznacznie stwierdzić czy wcięcie jest efektem komunikacyjnej eksploatacji w przeszłości czy współczesnych zabiegów inżynierskich mających na celu zmniejszenie nachylenia i ułatwienie ruchu.



Tabela 1. Charakterystyka wcięć drogowych przedstawionych na mapie (ryc. 16)

nr	długość [m]	maks. głębokość [m]	Występowanie form i rangi dróg na mapach z roku								Stwierdzono w terenie	Uwagi
			1783 (1)	1850 (2)	1901 (3)	1937 (4)	1957 (5)	1977 (6)	2002 (7) i (8)			
1	200	2,5	2/2	[2/2]	[1/3]	1/4	[1/3]	1/4 []	1/2 []	1/2 []	Forma na dziale wodnym w obrębie płaskiej wierzchołki.	
2	220	5	-	[1/2]	-	-	[2/3]	[1/4]	[1/2]	[]	Forma złożona z dwóch równoległych wcięć rozdzielonych charakterystyczną grzędą pośrodku.	
3	220	2	1/2	1/2	1/3	1/4	[2/3]	[1/4]	[1/2] []	1/2 []	Według relacji mieszkańców forma tuż przed zarzuceniem użytkowania wcięta była na blisko 4 m (w części zachodniej). Od momentu, kiedy nie jest użytkowana (lata 70.) służy jako dzikie wysypisko śmieci. Współcześnie wysokość ścian dochodzi do 2 metrów. W części wschodniej użytkowana. wcięta do 1,5 m.	
4	170	1,5	-	1/2	-	1/4	1/4	2/4	1/2 []	1/2 []	Forma ma przedłużenie na wschód i zachód jak wcięta na 1 metr.	
5	250	1,5	-	1/2	1/3	-	[1/3]	[1/4]	[1/2]	1/2 []	Większą akumulację na dnie formy stwierdzono na terenach leśnych.	
6	400	1,5	-	1/2	-	1,4	[2/3]	1/4	1/2	[]	W formie składowana jest słoma i chwasty usunięte z otaczających pól.	
7	220	2	-	1/2	1/3	-	[1/3]	[1/4]	[1/2]	[]	Dno wciosu jest podmokłe przez większą część roku. Praktycznie nieprzejezdna	
8	340	1	-	1/2	1/3	1/4	[1/3]	1/4	1/2	1/2 []	W części zachodniej użytkowana, w wschodniej równolegle prowadzi współczesna droga polna a opuszczony wciós służy za miejsce gromadzenia roślinności (chwasty, słoma) usuwanej z pól.	
9	40	1	-	2/2	3/3	-	-	-	-	[]	Forma służąca za rów odwadniająca.	
10	240	1,5	-	1/2	-	1/4	1/3	1/4	1/2	1/2 []	Forma zadamiona i utrwalona.	
11	170	2	-	1/2	-	-	-	1/4	-	[]	Wraz z wzrostem nachylenia stoku rośnie głębokość wcięcia.	
12	400	1,5	2/2	2/2	1/3	1/4	1/3	1/4	1/2	[1/2] []	W formie składowana jest słoma i chwasty usunięte z otaczających pól.	
13	260	5	-	[1/2]	-	-	[1/3]	[1/4]	[1/2]	[1/2]	Forma przejezdna w okresie letnim, użytkowana sezonowo przez kilka gospodarstw. Na ścianach formy widoczne spłaszczenia, po których w przeszłości biegła droga.	
14	650	4	1/2	2/2	[1/3]	1/4	[1/3]	[1/4]	[1/2] []	[1/2] []	Wciós można podzielić na 3 odmienne, ale równe odcinki. Od północy głębokie, podmokłe, nieużytkowane wcięcie. Odcinek środkowy to utwardzon, prowadząca do gospodarstwa droga we wciósie. Odcinek południowy stanowi wąska i wcięta droga prowadząca do pól.	
15	750	4	1/2	[2/2]	[2/3]	-	[1/3]	[1/4]	[]	[]	W dolnej (północnej) części szerokie dno (4 m) i wyraźne ślady pełznięcia na ścianach formy. W odcinku środkowym forma wypłyca się do 1 metra, by w górnej części znów wcinąć się do 2 metrów.	
16	80 +140	2	-	1/2	1/3	1/4	[2/3]	2/4	2/2	2/2 []	Dwa równoległe wcięcia o łącznej długości 170 m. Przenoszenie drogi prawdopodobnie spowodowane było cofaniem się leja źródłowego (czyt. rozdz. 6.1).	
17	200	1	-	2/2	1/3	-	-	[2/4]	-	[]	Dwa krótkie i wąskie fragmenty, które zostały odłączone w wyniku przebudowy drogi.	
18	400	3	-	2/2	1/3	1/4	[1/3]	[1/4]	[2/2]	[1/2] []	Układ niefunkcjonujących wcięć drogowych, faktyczna długość wszystkich form wklęsłych wynosi 900 metrów (czyt. rozdz. 6.1)	
19	650	4	1/2	1/2	1/3	1/4	[1/3]	[1/4]	[1/2] []	[]	Układ niefunkcjonujących wcięć drogowych. Długość wszystkich form wklęsłych przekracza 1 km (czyt. rozdz. 6.1)	
20	350	1,5	1/2	1/2	1/3	1/4	[1/3]	[1/4]	[1/2]	[1/2] []	Północnym i południowym przedłużeniem formy jest użytkowana droga dojazdowa do pól.	
21	300	2	1/2	bd	1/3	1/4	1/3	1/4	1/2	[]	W miejscach, gdzie ściany formy nie są chronione przez korzenie drzew powszechnie występują osunięcia, w których widoczne są ślady do 0,5 m. Współcześnie forma służy jako dzikie wysypisko śmieci.	
22	400 +170	2	1/2	2/2	2/3	1/4	[1/3]	[3/4]	[1/2]	[1/2] []	Układ częściowo niefunkcjonujących wcięć drogowych z dobrze widoczną erozją wglębłą. Użytkowane są te fragmenty, które współcześnie prowadzą do pól.	

2/2 – ranga drogi, [3/4] – droga w wcięciu, [] – opuszczone wcięcie, bd – brak danych



Fot. 1. Stan starej drogi w Zalasówce w 1942 (A) i współcześnie (B), w tle Ryglice (źródło: UG Ryglice)

Photo 1. Old road in Zalasówka in 1942 (A) and at present (B), in the background Ryglice village (source: UG Ryglice)

4.2.2. FUNKCJE WSPÓŁCZEŚNIE WYSTĘPUJĄCYCH WCIEĆ DROGOWYCH W CIĄGU OSTATNICH 200 LAT

Ponad 95% zidentyfikowanych, opuszczonych wciosów drogowych stanowiło w przeszłości fragmenty najważniejszych szlaków komunikacyjnych terenu badań. Można je podzielić na 3 główne grupy:

- stare, główne szlaki o znaczeniu ponadregionalnym, często znaczone już na XVIII-wiecznej mapie, których zasięg oddziaływania sięgał daleko poza teren badań (formy: 1, 12, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22).
- lokalne łączniki doliny z wierzchowiną (formy: 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 13), które rozprowadzały ruch z głównych traktów (wierzchowin) do dolin, gdzie koncentrowało się osadnictwo.
- fragmenty dróg odcięte z różnych powodów (formy: 9, 16, 17), łączniki (forma 8) i formy o niezidentyfikowanej genezie (forma 2).

Wszystkie drogi prowadziły do pól lub intensywnie eksploatowanych lasów w zlewni Pożory. Część wciosów, szczególnie w zlewni Pożory, była zarówno szlakami o znaczeniu ponadregionalnym jak i łączyła doliny z grzbietem (np.

formy: 19, 20, 22). Analiza mapy katastralnej pokazała również, że już w połowie XIX wieku fragmenty dróg były głęboko wcięte (np. formy: 12, 13, 14, 15). W trakcie badań terenowych zinventaryzowano wcięte, ale wciąż użytkowane drogi, które wytyczono w czasie nadawania łańców (fot. 2), czyli około 200 lat temu. Te, które w czasie dwóch wieków istnienia prowadziły jedynie do pól, wcięte są maksymalnie na 1 metr. Nie zlokalizowano żadnego opuszczonego wciosu, który byłby użytkowany tylko i wyłącznie jako dojazd do pola. Stan taki świadczyć może o małej roli w degradowaniu podłoża ruchu związanego tylko z komunikacją gospodarczą. Opuszczonych wcięć nie odnaleziono również wzdłuż części historycznych głównych dróg. Nie oznacza to, że drogi te nie „przemieszczały się”. Po zaprzestaniu użytkowania drogi wciosi wykorzystywane były do składowania odpadów z pól i innych śmieci. Sytuację taką obserwowano wielokrotnie w czasie badań terenowych. W efekcie wcięcie jest coraz płytsze i zostaje wypełnione aż do zaniku. Z czasem wypełniona forma może być ponownie włączona w obszar uprawy (Czyżowska 1997b).



Fot. 2. Droga polna rozdzielająca dwa łąny, wytyczona co najmniej 150 lat temu
Photo 2. Unmetalled road between two fields marked 150 years ago

W zlewni Zalasówki zachowane wciosi łączące niegdyś dna dolin z wierzchołkami są znacznie płytsze (oprócz przypadków: 2 i 11) i posiadają płaskie dno o charakterze akumulacyjnym. W zlewni Pożory, gdzie zidentyfikowano m.in. sieć nieczynnych wcięć drogowych, dno ma częściej charakter erozyjny o profilu V-kształtnym, a ściany modelowane są przez odpadanie, obrywanie i osuwanie. Głębokości wcięć w zlewni Pożory są również większe. Jest to związane z budową geologiczną, pokrywami stokowymi oraz większą energią rzeźby.

Sieć dróg prowadzących z wierzchowin do dolin nie ciążyła do Ryglie tak jak główne trakty, ale rozprawdzała ruch do skupisk domów w dolinach. Ważne znaczenie komunikacyjne dolina Zalasówki nabrała dopiero na początku XX w. Podobne, transregionalne wykorzystywanie wierzchowin i grzbietów obserwowali T. Gerlach (1966) w Jaworkach (Pieniny) i P. Wałydowski (2007) w Gorcach.

Występujące w krajobrazie Karpat polskich porzucone wcięcia drogowe są dowodem ewolucji sieci komunikacyjnej, zarówno w ujęciu przestrzennym i czasowym. W ostatnich latach tym zagadnieniem zajmowało się wielu badaczy. Prace na temat funkcjonowania i przemian w obrębie nieużytkowanych wciósów drogowych prowadzili m.in.: A. Łajczak (1996), J. Wolski (2007, 2009), P. Wałydowski (2007), A. Bucafa (2009) w Karpatach; M. Kasprzak (2005) i A. Latocha (2007) w Sudetach; J. Arnaez i in. (2004) w Pirenejach. Większość prac realizowana była w obszarach gdzie ewolucyjny charakter przemian został w sposób gwałtowny przerwany przez zmianę granic, wysiedlenia, utworzenie stref ściślejszej ochrony przyrody. Głównym przedmiotem badań był stan ich zachowania po zaprzestaniu antropopresji bądź jej minimalizacji. Na Pogórze Karpackim, a zwłaszcza na Pogórze Ciężkowickim, rolnictwo jest od średniowiecza głównym czynnikiem sprawczym przemian środowiska przyrodniczego. Rozwój rolnictwa jest pochodną przekształceń społecznych i ekonomicznych. Nie notowano tu zmian o charakterze gwałtownym, rewolucyjnym i długotrwałym. Epidemie, głód i wojny wywoływały duże straty, ale na krótko. Po takich klęskach następował szybki powrót do stanu wcześniejszego. Modyfikacje sieci dróg, o których świadczą zachowane do dziś wciósy, nie były też powodowane tylko ich złym stanem technicznym lub głębokim wcięciem. Najważniejszym powodem była gruntowna przebudowa układu komunikacyjnego. Wraz z budową nowych, głównych szlaków w dolinach, gdzie koncentrowało się osadnictwo, zmalało znaczenie traktów biegnących po wierzchowinach. W badanych zlewniach, w blisko połowie przypadków, wzdłuż opuszczonych wciósów nie jest poprowadzona droga alternatywna. Świadczy to o całkowitej utracie znaczenia komunikacyjnego danego fragmentu szlaku. Zbyt mała próba nie pozwala jednoznacznie powiązać głębokości wcięcia z rangą i czasem użytkowania drogi (tylko w dwóch przypadkach znany jest okres użytkowania drogi i jej rangi w tym okresie). Zauważalna jest jednak wyraźna tendencja pokazująca, że im wyższa ranga i czas użytkowania drogi tym głębsze i szersze jest rozcięcie erozyjne.

4.3. WPŁYW PARCELACJI NA ZMIANĘ SIECI DRÓG POLNYCH

4.3.1. HISTORYCZNE TŁO PARCELACJI ZIEMI W POLSCE

Zmiany ustrojowe po II wojnie światowej doprowadziły do parcelacji wielkoobszarowych gospodarstw rolnych, których właścicielami byli głównie potomkowie „obszarników”, skupiający dobra ziemskie od czasów feudalnych. Duże zasoby ziemi były także w posiadaniu Kościoła. Od czasów rewolucji przemysłowej w ziemię inwestowali również finansjści i przemysłowcy. W rzeczywistości

parcelacja wielkiej własności rozpoczęła się dużo wcześniej. Według W. Roszkowskiego (2006) w czasie zaborów (pomiędzy rokiem 1772 a 1918) stan posiadania ziemiaństwa zmniejszył się o 80%. Przyczyny takich zmian należy upatrywać w podziałach, upadkach i zmianach właścicieli, a w konsekwencji sprzedaży majątków. W II RP parcelacja trwała nadal. Majątek w Ryglicach rozparcelowała w roku 1921 sama dziedziczka, zastrzegając sobie jedynie prawo do zamieszkania we dworze do końca życia (Dubiel 1997). W sumie, w latach międzywojennych rozparcelowano w Polsce 2656 tys. ha ziemi pomiędzy 600 tys. nabywców. W roku 1931 średnie gospodarstwo ziemiańskie posiadało powierzchnię zaledwie 314 ha, przy czym gospodarstwa takie (powyżej 50 ha) stanowiły 0,5% ogółu użytków rolnych. W strukturze dominowały małe, nierentowne gospodarstwa do 5 ha (64,2%) (Łoś 2006). Reformy rolne prowadzone do roku 1939 miały charakter ewolucyjny, a ich konsekwencją miało być stworzenie ekonomicznych podstaw do dalszego rozwoju, zbliżonego do modelu państw zachodnioeuropejskich. Stan taki zakładał współistnienie specjalistycznych gospodarstw chłopskich oraz majątków ziemskich i uprzemysłowionych, przy jednoczesnym odplywie nadmiaru siły roboczej z rolnictwa do przemysłu. Wybuch II wojny światowej przerwał dotychczasowy kierunek przemian na polskiej wsi.

Po zakończeniu działań wojennych, jedną z pierwszych decyzji władz PRL (wtedy jeszcze PKWN) była reforma rolna. Z założenia miała ona charakter rewolucyjny. Priorytetowe były względy propagandowe, czyli walka z systemem feudalnym (w rzeczywistości polityczne – likwidacja ówczesnej klasy średniej, tj. ziemiaństwa), a to miało nikłe przełożenie na względy ekonomiczne. Ostatecznym celem, oficjalnie ukrywanym i publicznie negowanym, miała być kolektywizacja wsi na wzór radziecki. Reformą PKWN z 6 XI 1944 roku objęto w Polsce 9707 majątków o łącznej powierzchni 3486 tys. ha (Łoś 2006). Parcelacji podlegały majątki „*stanowiące własność lub współwłasność osób fizycznych lub prawnych, jeżeli ich rozmiar łączny przekraczał 100 ha powierzchni ogólnej, bądź 50 ha użytków rolnych, a na terenie województw poznańskiego, pomorskiego i śląskiego 100 ha powierzchni ogólnej, niezależnie od wielkości użytków rolnych.*” (Dz.U. z 1944 r., nr 4, poz. 17). Dotychczasowi właściciele mogli pozostawić dla siebie jedynie 5 ha ziemi, bądź otrzymać średnią pensję urzędnika państwowego. Jedynie 1/3 przejętych gruntów została rozparcelowana i trafiła do chłopów, resztę przejął skarb państwa m.in. na potrzeby powstających Państwowych Gospodarstw Rolnych oraz Rolniczych Spółdzielni Produkcyjnych. Parcelacji nie podlegały drogi, wody i lasy. Na południu kraju, gdzie panował największy „głód ziemi”, nadania rozparcelowanych gruntów w żaden sposób nie zniwelowały problemu przeludnienia agrarnego. W ówczesnym województwie krakowskim, na terenie którego leży teren badań, fornale czyli dotychczasowi pracownicy majątków dostali średnio po 2,6 ha ziemi, a bezrolni po 1,6 ha (Łoś 2006).

Zmiany struktury własnościowej, powodowane zanikiem wielkiej własności ziemskiej, spowodowały lokalne zmiany kierunku i tempa procesów zachodzących na stokach. Formy gospodarowania człowiekiem stały się bezpośrednią przyczyną zmniejszenia intensywności jednych, a wzrostu natężenia innych procesów morfodynamicznych. Skutkiem rozdrobnienia arealu powstał system teras rolnych oraz nastąpiło zagęszczenie sieci dróg dojazdowych. Przekształcona została również struktura upraw przy utrzymanej strukturze użytkowania (Lach 1984).

Badania przeprowadzone w pogórskiej zlewni Mlecзки wykazały, że do czasu parcelacji, w dolinie występowała intensywna akumulacja będąca następstwem zmian dokonujących się w rolnictwie od początku XIX wieku (Lach 1984). Do najważniejszych z nich należy zaliczyć: zmianę systemu uprawy (przejście z trójpolówki na płodozmian), upowszechnienie się upraw okopowych (ziemniaki, buraki) oraz łanowy układ pól. W wyniku parcelacji ostatni czynnik został silnie zmodyfikowany. Dotychczasowe splukiwanie ze stoku uwarunkowane było głównie użytkowaniem, ponieważ łan uprawiany był monokulturowo. Wprowadzenie na stoku nowych granic własności przyniosło za sobą nie tylko zmianę gęstości miedz i teras, ale również zmianę dojazdowych dróg polnych, które wraz z bruzdami uzupełniły sieć drenażu i ułatwiały odpływ ze stoku. Po roku 1944 rozparcelowaniu uległo około 35% gruntów rolnych zlewni Mlecзки. Po 35 latach od parcelacji potok główny pogłębił się o 1–1,5 m. Proces pogłębiania spowodował wyprzątnięcie aluwii, rozcięcie dolin nieckowatych i zawieszanie dopływów bocznych.

W Beskidzie Niskim, gdzie gęstość dróg polnych i bruzd osiąga 35 km/km², spływ powierzchniowy z pól z bruzdami jest dwa razy większy niż z pól bez bruzd (Słupik 1976). Zatem konfiguracja form zmniejszających i zwiększających intensywność procesów geomorfologicznych na stoku jest wypadkową warunków przyrodniczych i procesów antropogenicznych. Obydwa te czynniki ściśle na siebie oddziałują, potęgując się bądź niwelując.

4.3.2. WPŁYW PARCELACJI NA PRZEBUDOWĘ STRUKTURY DZIAŁEK ROLNYCH I SIECI DRÓG POLNYCH NA PRZYKŁADZIE MAJĄTKU BISTUSZOWA

Celem poznania wpływu parcelacji na zmianę struktury działek rolnych i sieci dróg polnych na Pogórzu Ciężkowickim przeprowadzono analizę zmian powstałych na gruntach majątku Bistuszowa (ryc. 17). Majątek znajdował się w zachodniej części gminy Ryglice. Położony był w dolinie rzeki Szwedka, na dogodnych rolniczo stokach. Wschodnia i zachodnia granica majątku stanowiła jednocześnie granicę miejscowości. Sporządzono mapy pokazujące strukturę użytkowania w 3 przekrojach czasowych. Za wyjściowy przyjęto obszar majątku Bistuszowa w granicach „*Planu sytuacyjnego rozparcelowanego majątku Bistuszowa*” z roku 1945 lub 1946 (data na mapie jest nieczytelna).

Pierwsza z opracowanych map przedstawia stan z chwili założenia katastru w roku 1849 (zob. ryc. 17). Wszystkie późniejsze zmiany granic działek nanoszono na mapy katastralne używając czerwonego koloru. Taki system oznaczania

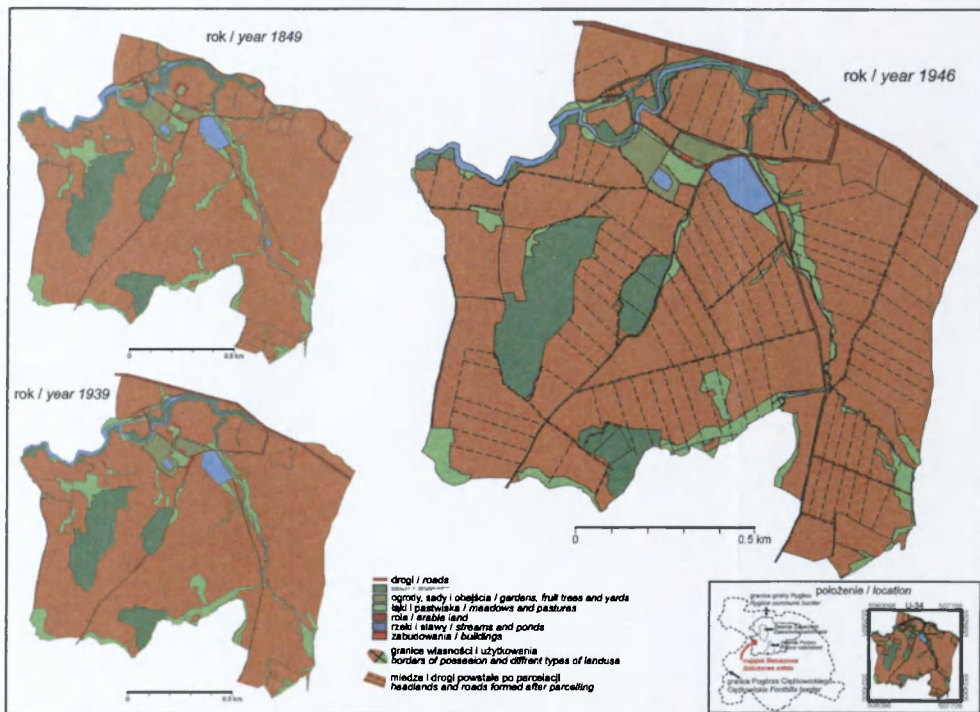
zmian trwał do końca funkcjonowania katastru. Dzięki temu możliwe było wykonanie map przebiegu granic własności i użytkowania w roku 1939. Powojenna parcelacja została sporządzona na podkładzie jedynej dostępnych map, czyli tych samych map katastralnych.

Pomiędzy 1849 a 1939 rokiem zaszły niewielkie zmiany w strukturze majątku. Największą ingerencją w jego układ była budowa drogi Tuchów-Ryglice w północnej, granicznej części. Niewielkie połacie łąk w obniżeniach terenu przekształcono w grunty orne lub odwrotnie. Do roku 1939 z mapy wykreślono również 2 z 4 niewielkich stawów. W chwili parcelacji w skład majątku wchodziło 140 ha ziemi, z czego 75% zajmowały grunty orne, 10% las a 15% pozostałe użytki. Rozparcelowano 104 ha, na których wytyczono 102 nowe działki o średniej powierzchni około 1 ha. Większość pól miała 40–50 m szerokości i 150–250 m długości. Wprowadzenie takiego podziału poskutkowało pojawieniem się w systemie nowych elementów, czyli miedz. Łączna ich długość wyniosła 25 km, a gęstość 24 km/km².

Długość dróg na terenie majątku, bądź biegnących po jego granicy, wynosiła 5,5 km. Były to drogi o znaczeniu lokalnym, zapewne tylko z powodów historycznych przebiegające przez ten teren. Po parcelacji długość dróg wzrosła blisko dwukrotnie (10,8 km). Nie oznacza to, że wcześniej transport w obrębie majątku odbywał się tylko po drogach zaznaczonych na mapie. Gdyby tak było dojazd do poszczególnych pól byłby okrężny lub wręcz niemożliwy. Sieć dróg istniejących w obrębie tak dużego gospodarstwa była znacznie gęstsza. Układ ciągów komunikacyjnych zmieniał się co roku w zależności od rodzaju i rozplanowania upraw, a to nie pozwalało na ich utrwalenie w terenie. Zwożenie ziemniaków z pól odbywało się po ściernisku, ponieważ w tym czasie było już po zbiorze zbóż, natomiast wiosną do pól dojeżdżano po łąkach lub pastwiskach nie niszcząc jeszcze trawy. W okresie wegetacyjnym większość zabiegów pielęgnacyjnych wykonywano ręcznie, użycie np. wozów konieczne było tylko na początku i końcu sezonu. Gęstsza sieć dróg była zbędna. Stosowany ówczesnie płodozmian zmuszał do skupiania poszczególnych upraw na jednym polu. Corocznie wytyczane ciągi komunikacyjne były nietrwałe i nie wkomponowywały się w strukturę majątku. Wydzielenie dróg w obrębie dużej połaci pola byłoby marnotrawstwem ziemi.

Czynnikiem sprzyjającym i determinującym wytyczanie nowych dróg polnych była granica własności. Parcelacja sprawiła, że każda z nowopowstałych działek musiała posiadać dojazd. Drogi doprowadzające do poletek nie mogły być modyfikowane, ponieważ ich przebieg ściśle określała granica dóbr poszczególnych właścicieli. Presja na podłoże związana z komunikacją ograniczona została do wąskiego (do 3 m) fragmentu dawnego pola i zwielokrotniona ilością korzystających z niego gospodarstw. Proces ten sprzyjał szybkiemu utrwaleniu dróg w krajobrazie.

Każdy zabieg agrotechniczny na polu prowadzi do powstania większych bądź mniejszych struktur liniowych ułatwiających odprowadzanie wód opadowych. Zastąpienie jednego dużego pola systemem mniejszych działek powoduje zna-



Ryc. 17. Wpływ parcelacji na strukturę majątku Bistuszowa
 Influence of breaking up Bistuszowa estate at fields structure

czące zwiększenie gęstości bruzd, czyli form związanych z orką. W zależności od systemu orki liczba bruzd waha się od 1 do 3 na polu. Takie linijne obniżenie na powierzchni zaoranego pola, do niespulchnionego poziomu, ułatwia odprowadzenie wody. Rola bruzd jest dużo większa, jeżeli pole zostało rozparcelowane, a nowopowstałe działki ułożone zostały prostopadłe do osi niecki czy małej doliny. W takim przypadku osią obniżenia prowadzono drogę polną. Istotne jest, że bruzdy funkcjonują z największym nasileniem od jesieni do wiosny, czyli odgrywają istotną rolę w okresie roztopów. W tym kontekście droga stanowi pośrednie ogniwo w hierarchii linii odprowadzających wodę ze stoku.

4.4. GĘSTOŚĆ SIECI DRÓG NA POGÓRZU CIĘŻKOWICKIM NA TLE INNYCH REGIONÓW

W celu określenia przestrzennego zróżnicowania gęstości sieci dróg na Pogórzu Ciężkowickim przeprowadzono pomiary kartometryczne na mapach w skali 1:10 000. Wykorzystano mapy topograficzne w układzie 1992 (stan na lata 1998–2003) – 48 arkuszy. Dla obszarów, które nie miały pokrycia w układzie 1992 użyto map w układzie 1965 (stan na lata 70.) – 6 arkuszy. Łącznie pomiarami objęto 840 km² obszaru Pogorza Ciężkowickiego. Całość podzielono na regularną siatkę kwadratów o polu 1 km². Dla każdego pola siatki policzono gęstość sieci dróg (ryc. 18A), średnie nachylenie terenu (ryc. 18C) oraz wysokość nad poziomem morza (ryc. 18B). Dla gęstości dróg i nachylenia oraz wysokości nad poziom morza obliczono wskaźnik korelacji. W żadnym z analizowanych przypadków, w tej skali, nie uzyskano istotnych statystycznie wyników.

Drogi polne stanowią 80% wszystkich dróg, pozostałe 20% przypada na drogi utwardzone. Za drogi utwardzone uznano wszystkie typy dróg zaznaczone na mapie topograficznej, które nie były oznaczone jako drogi gruntowe polne lub leśne. W grupie dróg utwardzonych znalazły się również drogi wzmocnione warstwą żwirów, kamieni lub gruzu. Taki sposób stabilizacji nawierzchni jest bardzo popularny na terenie pogorza i dotyczy głównie drugorzędnych dróg dojazdowych. Obserwacje skutków wezbrania w zlewni Zalasówki, z 27 czerwca 2009 wykazały, że największe zniszczenia wystąpiły na drogach utwardzonych właśnie w ten sposób (fot. 3). Drogi utwardzone koncentrują się w okolicach największych miast regionu i w ich strefie podmiejskiej, szczególnie w okolicy Tarnowa. Na terenach wiejskich, położonych dalej od miast, udział dróg utwardzonych (wylączając drogi utwardzone żwirem itp.) wynosi do 5%.



Ryc. 18. Gęstość dróg na Pogórze Ciężkowickim (Krocak 2006 zmodyfikowana)
Road density in Ciężkowickie Foothills (Krocak 2006 – modified)



Fot. 3. Zniszczone drogi w zlewni Zalasówki po opadzie w dniu 27.06.2009 (kolor czerwony – erozja, niebieski – akumulacja)

Photo 3. Destroyed unmetalled roads after a storm on 27 June 2009 (red line – erosion, blue line – accumulation)

Maksymalne wartości gęstości dróg, jakie odnotowano to 16 km/km^2 (Słotowa w okolicach Pilzna). Na 106 km^2 (12,6% powierzchni terenu) zagęszczenie dróg przekroczyło 10 km/km^2 , a na 108 km^2 (12,8%) nie osiągnęło 6 km/km^2 . Średnie wartości gęstości dróg i wyższe występują głównie w południowej części nazwanej Pogórzem Rzepiennickim oraz na progu pogórza (ryc. 18D). Wartości poniżej średniej notowane są przede wszystkim w Paśmie Brzanki. Na lessowym progu, skąd zaczęła się ekspansja osadnicza, średnia gęstość dróg jest wyższa od średniej dla całego badanego obszaru o $0,5 \text{ km/km}^2$. Tutaj też odnotowano najwyższe wartości. Podobna sytuacja występuje na progu Pogórza Wiśnickiego (Pietrzak 2002). Wysoką gęstość dróg zanotowano w dolinach największych dopływów głównych rzek. Górna i środkowa część zlewni Olszynki i Sitniczanki, należących do Pogórza Rzepiennickiego, to obszary o gęstości dróg przekraczającej 10 km/km^2 . Gminy, na terenie których leżą te zlewnie posiadają najwyższy na Pogórzu Ciężkowskim ogólny wskaźnik rolniczej przestrzeni produkcyjnej (Sumara 1986). W dolinie płynącego po progu pogórza Wątołu, gęstość dróg osiąga wartości rekordowe i przekracza 12 km/km^2 . Najniższą wartość pomierzono w Paśmie Brzanka-Liwocz ($2,5 \text{ km/km}^2$). Obszary o gęstości dróg poniżej 4 km/km^2 zajmują zaledwie 4 km^2 (0,5%), a taką gęstość posiadają w polskich Karpatach całe regiony: Beskid Niski – $3,9 \text{ km/km}^2$ (Soja 2002), Gorce – $3,5 \text{ km/km}^2$ (Wałydowski 2006), Bieszczady – 2 km/km^2 (Wolski 2007). Dużą gęstość dróg stwierdzono na terenach leśnych. Lasy występujące wyspowo, są łatwo

Tabela 2. Gęstość dróg w wybranych jednostkach fizycznogeograficznych i administracyjnych w Polsce

Region	Gęstość dróg w km/km ²	Powierzchnia terenu badań w km ²	Źródło danych	Autor	Uwagi
Bieszczady Wysokie	2	61,7	mapy topograficzne, zdjęcia lotnicze, badania terenowe	J. Wolski (2007)	na podstawie 3 wsi: Nasiczne, Caryńskie, Berehy
Gorce, teren GPN i otulina	3,5	110,1	mapy topograficzne 1:10 000, weryfikacja terenowa	P. Waldykowski (2007)	wraz ze szlakami turystycznymi – teren GPN. W okolicy Turbacza (5 km ²) gęstość wynosi 7,5 km/km ²
Beskid Niski (w zlewni Wisłoki)	3,9	1238	mapy topograficzne 1:10 000, dane zweryfikowane	R. Soja, P. Prokop (1995)	pomiarami objęto reprezentatywne 15% powierzchni zlewni
Gorce, zlewnie potoków: Jaszczce, Jamne	4,3	20,3	kartowanie terenowe na podkładzie mapy topograficznej 1:10 000	A. Bucala (2009), informacja ustna	według mapy topograficznej w skali 1:0000 z 1980 r. gęstość dróg wynosi 6,8 km/km ² w Jaszczce i 7,2 km/km ² w Jamne
Beskid Żywiecki, gmina Rajcza	4,9	131	mapy topograficzne 1:25 000	Z. Górka (1986)	-
Pogórze Dynowskie, dorzecze Młeczki	5,3	524	-	J. Lach (1984)	maksymalnie 12 km/km ²
Beskid Sądecki, zlewnia Homerki	5,4	19,6	mapy topograficzne 1:25 000	W. Froehlich, J. Ślupik (1986)	rzeczywista gęstość dróg na stoku doświadczalnym wynosiła 11,87 km/km ²
Pogórze Gubałowskie	5,6	258	mapy topograficzne 1:25 000 i 1:50 000. mapa turystyczna 1:50 000	A. Misztal i in, (2003)	gminy: Łapsze Niżne i Bukowina Tatrzańska. Pomiarami objęto drogi rolnicze
Podhale, gmina Bukowina Tatrzańska	6,1	90	mapy topograficzne 1:25 000	Z. Górka (1986)	-
Pogórze Wiśnickie, zlewnia Starej Rzeki	6,3	22,4	kartowanie terenowe	J. Święchowicz (2002a)	rozdołnienie wynosi 7,1 km/km ²
Kotlina Sandomierska (w zlewni Wisłoki)	6,4	1168	mapy topograficzne 1:10 000, dane zweryfikowane	Soja R., Prokop P. (1995)	pomiarami objęto reprezentatywne 15% powierzchni zlewni
Pogórze (w zlewni Wisłoki)	6,8	136	mapy topograficzne 1:10 000, dane zweryfikowane	R. Soja, P. Prokop (1995)	pomiarami objęto reprezentatywne 15% powierzchni zlewni
Pogórze Wiśnickie	7	82,2	kartowanie terenowe	M. Pietrzak (2002)	na obszarze proggu pogórz 7,4 km/km ²
Doly Jasielsko-Sanockie (w zlewni Wisłoki)	7,1	843	mapy topograficzne 1:10 000, dane zweryfikowane	R. Soja, P. Prokop (1995)	pomiarami objęto reprezentatywne 15% powierzchni zlewni
Plaskowyż Ojcowski (zlewnia Prądnika)	7,3	77,2	mapy topograficzne 1:10 000	K. Fira (2008)	pomiarami objęto zlewnię i jej najbliższą okolicę. Zróżnicowanie w siatce kilometrowej wynosi od 1,5 do 14 km/km ²
Pogórze Ciężkowickie	8	840	mapy topograficzne 1:10 000	R. Kroczyk	na proggu pogórz gęstość wzrasta śr. do 8,5 km/km ² , lokalnie do 16 km/km ²
Plaskowyż Kolbuszowski (zlewnia Żyłki)	8,4	43	mapy topograficzne 1:10 000	S. Misiak (2008)	pomiarami objęto zlewnię i jej najbliższą okolicę. Zróżnicowanie w siatce kilometrowej wynosi od 4,9 do 12,9 km/km ²
Pasma Smoleńsko-Niegowonickie (poł. część Wyżyny Czeszochowskiej)	10,9	4	mapy topograficzne 1:10 000	R. Dulias (1998)	less w podłożu
otulina Świętokrzyskiego PN (rejon Bielin)	16,6	22	ortofotomapy 1:6000	M. Puzon (2009)	maksymalne wartości to 24 km/km ²
dział wodny Prądnika i Przemszy	20	22,5	mapy topograficzne	J. Niedbala, R. Soja (1998)	w obszarze tym zanotowano największy wpływ jednostkowy – 37m ² /km ²
Wyżyna Krakowsko-Częstochowska	39,8	19,6	ewidencja gruntów	I. Grabczuk (1967)	Sułozowa (I i II), less w podłożu, długość przeliczona z powierzchni zajętych przez drogi (z założeniem że droga ma 2 m szerokości – za autorem

Źródło: opracowanie własne na podstawie literatury

dostępne i silnie penetrowane, dlatego gęstość dróg zbliżona jest tam do średniej gęstości wyliczonej dla całego Pogórza Ciężkowieckiego. W zwartych płatach lasu pokrywających m.in. Pasma Brzanki, według wykorzystanych map, gęstość dróg na 80% obszaru nie osiąga wartości średniej obliczonej dla całego terenu badań.

Po obliczeniu średniej arytmetycznej z wszystkich pomierzonych długości dróg (6711 km) w wyznaczonych kwadratach i podzieleniu jej przez powierzchnie badanego obszaru (840 km²), uzyskano wynik 8 km/km² (odchylenie standardowe 1,8 km/km²). Wynik ten zaprezentowano w tabeli na tle danych z innych obszarów Polski (tab. 2) i świata (tab. 3).

Tabela 3. Gęstość dróg w wybranych regionach świata

Region	Gęstość dróg w km/km ²	Powierzchnia terenu badań w km ²	Źródło danych	Autor	Uwagi
Tyers River Catchment, Victoria, south-eastern Australia	1,8	274	mapy, kartowanic	I. Takken i in. (2008)	gęstość naturalnej sieci drenującej 2,2 km/km ²
Bluc River Basin, Western Oregon Cascade, USA	1,9	119	mapy topograficzne (7,5')	B.C Wemple i in. (2001)	gęstość naturalnej sieci drenującej 2,9 km/km ²
Lookout Creek basin Western Oregon Cascade, USA	1,9	62	mapy topograficzne (7,5')	B.C Wemple i in. (2001)	gęstość naturalnej sieci drenującej 3 km/km ²
East Tarago Catchment, south-eastern Australia	2	11,1	kartowanic terenowe	J.A. Motha (2004)	drogi „hrabskie” [Sire roads] mają gęstość 0,7 km/km ² natomiast „farmerskie” [fam roads] 1,7 km/km ²
The Cuttagee Creek Catchment, south-eastern Australia	2	57	zdjęcie stereoskopowe, kartowanic	J. Croke i in. (2005)	zlewnia w całości porośnięta lasem. Gęstość naturalnej sieci drenującej ~4,4 km/km ²
Beskid Niski, północna Słowacja	4	255	mapy topograficzne 1:10 000	R. Krocak, R. Soja (2009)	gęstość dróg nieutwardzonych na terenach leśnych wynosi 5 km/km ² a bezleśnych (rolniczych) 3,2 km/km ²
Albert River Catchment, Victoria, south-eastern Australia	4,2	82	mapy, kartowanic	I. Takken i in. (2008)	gęstość naturalnej sieci drenującej to 4,5 km/km ²
Sand Creek Catchment, New South Wales	5,9	48	mapy, kartowanic	I. Takken i in. (2008)	gęstość naturalnej sieci drenującej to 1,8 km/km ²
Masyw les Monts Dorc (Francja)	-	25	mapy topograficzne 1:10 000, zdjęcia lotnicze 1:25 000	K. Krzemień (1997)	w zależności od obszaru (jednego z 5) gdzie prowadzono pomiary długość dróg (z asfaltowymi) wyniosła od 0 do 29 km, ścieżek od 8,6 do 15,7 km natomiast nartostrad od 5,3 do 12,1 km

Źródło: opracowanie własne na podstawie literatury

Uzyskane wyniki poddano weryfikacji. W pierwszej kolejności sprawdzono różnice pomiędzy stanem sieci drogowej na mapach w układzie 1992 i 1965 (na trzech arkuszach). Różnice okazały się znikome. Drogi, które zanikły zostały uzupełnione nowymi. Proces ten objął poniżej 1% ogółu dróg zaznaczonych. Następnie, na obszarze zlewni testowych, skonfrontowano sieć dróg przedstawioną

na mapach w układzie 1992 ze stanem rzeczywistym. Na terenach rolniczych stwierdzono 1,7 km nowych fragmentów dróg, nie zaznaczonych na mapie w skali 1:10 000. Są to przeważnie krótkie odcinki prowadzące do nowobudowanych domów. Fragmenty, które zaznaczono na mapie, a w terenie ich występowania nie potwierdzono, wyniosły łącznie 3,9 km. Do tej grupy należą głównie drogi wytyczone pomiędzy dwoma współcześnie opuszczonymi działkami. Różnice te nie wpływają istotnie na wartość gęstości dróg dla terenów rolniczych obliczoną z map topograficznych. Podobne obserwacje poczyniono w zlewni Bystrzanki (Soja 2002). Największe różnice występują na terenach leśnych. O ile przebieg dróg w małych płatach lasu jest akceptowalny, to w dużych kompleksach jest zupełnie zafałszowany. Na terenie Pogórza Ciężkowickiego sytuacja taka dotyczy m.in. Pasma Brzanki. Szczegółowej analizie poddano fragment zlewni Pożory, której południowa część leży na terenie zwartej kompleksu leśnego. Według mapy w skali 1:10 000 gęstość sieci drogowej wynosi tu 3,3 km/km², a w rzeczywistości 11,5 km/km².

Przy ekstrapolacji wszystkich poprawek na obszar całego Pogórza Ciężkowickiego gęstość dróg obliczona z map topograficznych w skali 1:10 000 zwiększa się o 0,8 km/km². Wartość 8,8 km/km² można traktować jako średnie zagęszczenie dróg na Pogórzu Ciężkowickim.

Współcześnie gęstość dróg polnych w Karpatach, w zależności od regionu, osiąga wartości dochodzące do 9 km/km², a na Wyżynach 12–15 km/km² (Niedbała, Soja 1998). W skrajnych przypadkach może dochodzić do 40 km/km² (Grabczuk 1967). Antropogeniczna sieć rozcięć na stoku wielokrotnie przewyższa gęstość naturalnych linii drenażu, którą w Karpatach szacuje się na około 3,5 km/km² (Soja 2002).

Gęstość dróg, jaką obliczono dla Pogórza Ciężkowickiego, jest wyższa od gęstości notowanych w regionach sąsiednich (tab. 2): Pogórze Wiśnickie (7 km/km²), Doły Jasielsko-Sanockie (7,1 km/km²) czy Kotlina Sandomierska (6,4 km/km²). Na badanym obszarze gęstość sieci drogowej bardziej koresponduje z wartościami obliczonymi dla płaskowyży, np. Kolbuszowskiego (8,4 km/km²) czy Ojcowskiego (7,3 km/km²). Znacznie mniejsza jest gęstość dróg w Beskidach czy na Podhalu i mieści się w najniższym przedziale przyjętym dla Pogórza Ciężkowickiego (Beskid Żywiecki – 4,9 km/km², Beskid Sądecki – 5,4 km/km², Pogórze Gubałowskie – 5,6 km/km²). Najniższe wartości gęstości dróg, które znamy z Karpat polskich, w innych regionach świata są górną granicą. W zlewniach południowej Australii czy USA średnia gęstość dróg to 2 km/km² (tab. 3). Wyższe wartości osiągane są w wyjątkowych okolicznościach. Czynnikiem decydującym jest sposób gospodarowania. W słowackiej części Karpat, gdzie przed drugą wojną światową sytuacja zbliżona była do polskiej, obecnie gęstość dróg osiąga 4 km/km², przy czym w terenie rolniczym 3,2 km/km², a na terenach leśnych 5 km/km² (Kroczak, Soja 2009). W krajach Europy Zachodniej, Australii, USA, a od końca drugiej wojny światowej na Słowacji, dominują wielkoobszarowe gospodarstwa rolne.

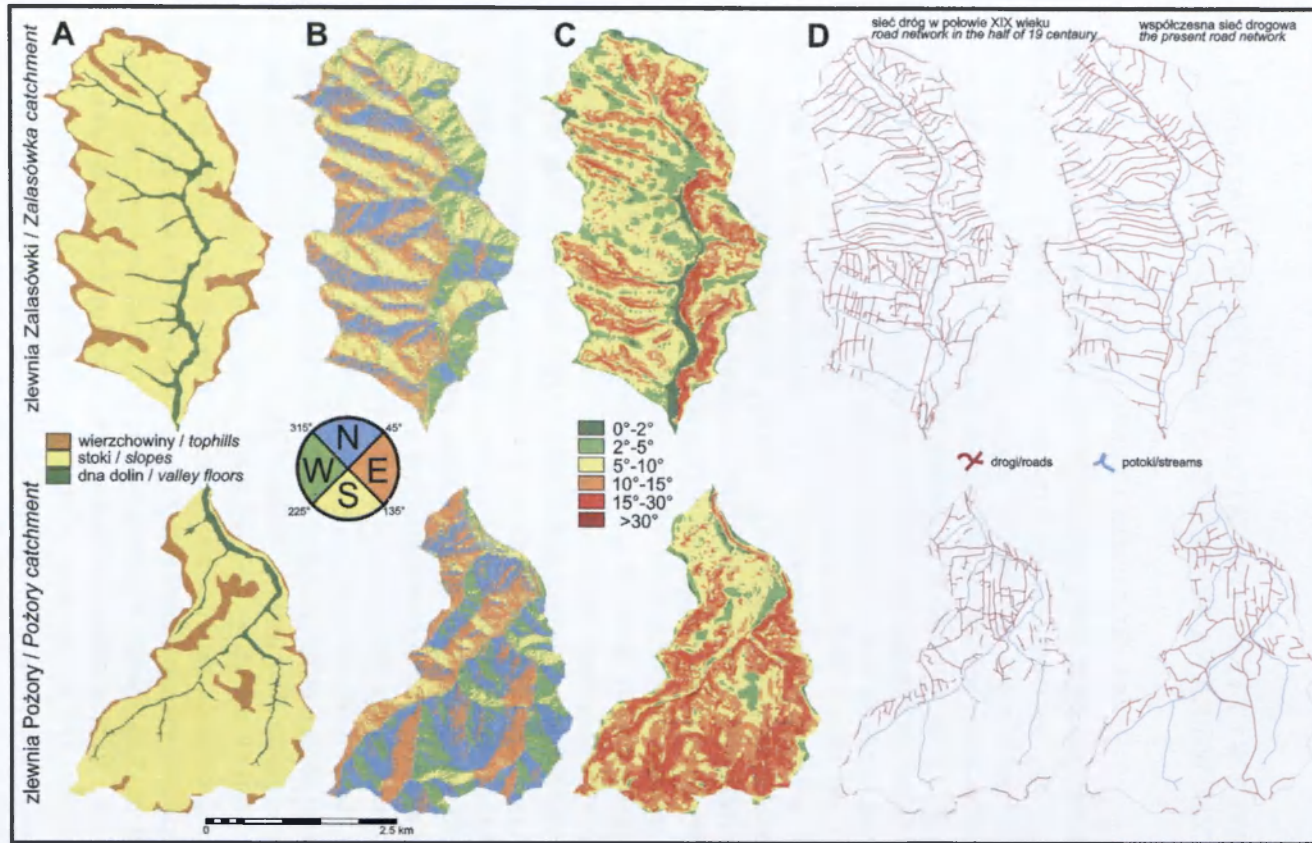
W polskich Karpatach i na Wyżynach wciąż przeważają gospodarstwa rodzinne o niewielkiej powierzchni.

5. WPŁYW CZYNNIKÓW NATURALNYCH I DZIAŁALNOŚCI CZŁOWIEKA NA PRZEKSZTAŁCENIA DRÓG POLNYCH

5.1. SIEĆ DRÓG A RZEŻBA TERENU

Drogi są elementem antropogenicznym (nie licząc ścieżek wydeptywanych przez zwierzęta) pojawiającym się w przestrzeni geograficznej z chwilą pierwszych akcji osadniczych. Im intensywniejsze osadnictwo tym szybszy rozwój sieci szlaków, dróg i ścieżek. Osadnictwo na terenie badań sięga początku III tysiąclecia BC. Związane było z trzebieniem puszczy karpackiej. Umożliwiał to wypaleniskowy system agrarny, prowadzony przez ludność kultury pucharów lejkowatych. Ludność ta opanowała wierzchowiny płaskich garbów pogórskich. Według J. Machnika (1994) na wierzchowinach panowały dogodne warunki: klimatyczne (powyżej poziomu inwersji temperatury), stosunki wodne (dość płytki poziom wód gruntowych) oraz zasoby leśne (lasy grądowe) sprzyjające gospodarce wypaleniskowej. Wprowadzenie nowych upraw i doskonalszych narzędzi pozwoliło rolnikom, około drugiej połowy II tysiąclecia BC, sprowadzić działalność rolniczą na sterasowane dna dolin. Naturalna sukcesja roślin sprawiła, że wierzchowiny znów porosły lasem. W kolejnej fazie penetracji zasiedlane były doliny rzek, w których wytyczano szlaki komunikacyjne. W dolinach rzek koncentrowało się jeszcze osadnictwo wczesnośredniowieczne (Przyboś 1988). Gdy stopniowo kurczyła się przestrzeń rolna związana z przyrostem liczby ludności, osadnictwo na powrót rozprzestrzeniało się dalej od den dolin i obejmowało wierzchowiny. Stan ten wymuszał wytyczanie nowych szlaków komunikacyjnych, a ich przebieg nie mógł być bez związku z ukształtowaniem terenu. Możemy przyjąć, że od tego momentu funkcjonuje już sieć dróg, rozwijając się z różnym natężeniem regionalnie i czasowo. Wytworzona przez wieki sieć komunikacyjna została zatarta, gdy zaczęto porządkować i reorganizować wieś poprzez wytyczanie i nadawanie niw. Proces ten trwał od późnego średniowiecza. Powstała po wytyczeniu łańców sieć dróg dojazdowych była inna niż układ wcześniejszy, który kształtował się samoistnie. Zapewne wcześniejsza konfiguracja była kompromisem pomiędzy odległością a wysiłkiem potrzebnym do jej pokonania. W układzie łańcowym wsi główną doliną biegła droga, z którą łączyły się drogi prostopadłe rozprowadzające ruch na stoki. Silne przeludnienie Galicji, w tym badanych zlewni powodowało, że od początku XIX wieku następowała wyraźna tendencja do rozdrabniania arealu rolnego.

Wykorzystując dostępne źródła kartograficzne, w tym kataster austriacki oraz cyfrowy model wysokościowy, sprawdzono czy układ sieci drogowej w połowie XIX wieku i współcześnie jest powiązany z wybranymi elementami rzeźby ba-

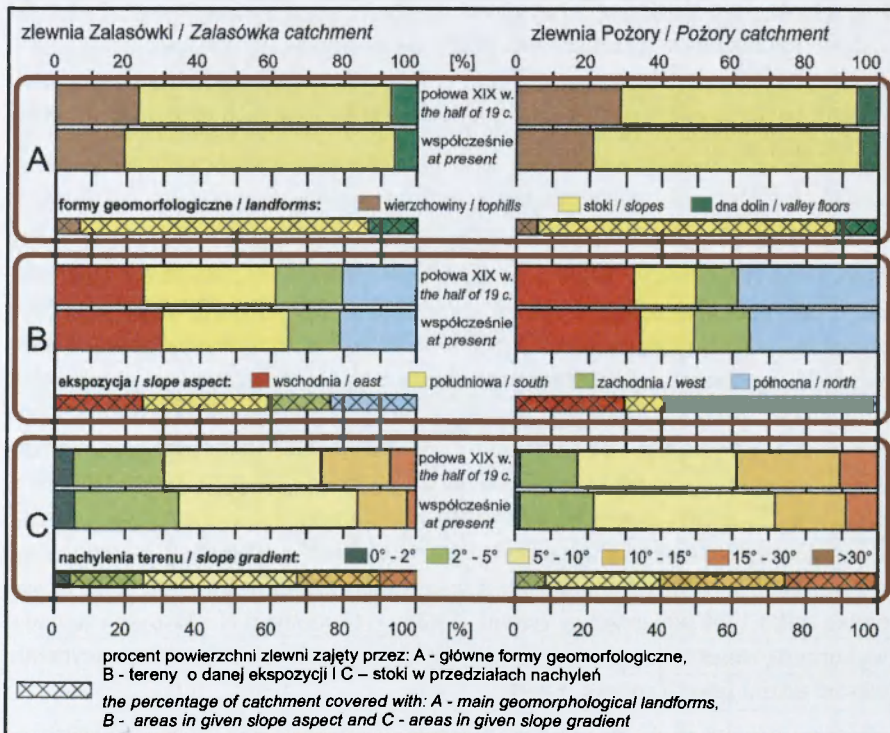


Ryc. 19. Mapy zlewni Zalasówki i Pożory: A – mapa podstawowych form geomorfologicznych, B – mapa ekspozycji terenu, C – mapa nachyleń, D – mapa układów sieci drogowej

Zalasówka and Pożory catchments: A – main geomorphology landform maps, B – slope aspect maps, C – slope gradient maps, D – road network maps

danych zlewni. Kataster uchwycił moment, w którym rozpoczynała się masowa parcelacja, natomiast stan współczesny jest pokłosiem tych zmian. Rozwój cywilizacyjny i przemiany ustrojowe na wsi, dopiero pod koniec XX wieku zaowocowały stopniowym wycofywaniem się rolnictwa z terenu badanych zlewni.

Przeanalizowano mapy trzech komponentów środowiska: uproszczoną mapę geomorfologiczną, ekspozycję oraz nachylenia terenu (ryc. 19). Sieć drogową zarejestrowaną w katastrze nałożono na mapy tematyczne. Analogicznie postąpiono z mapą współczesnej sieci drogowej (mapy wektorowe zamieniono na rastrowe zakładając dla wszystkich przypadków szerokość drogi 5 m). W ten sposób określono procentowy udział powierzchni zajętych przez drogi, w przedziałach poszczególnych map tematycznych, w przyjętych przekrojach czasowych (ryc. 20). Nie badano związku pomiędzy układem sieci drogowej a wysokością nad poziom morza, ponieważ ekspansję rolnictwa w Karpatach polskich (poza Tatrami i najwyższymi partiami Beskidów), szczególnie w okresie głodu ziemi, ograniczały nachylenia a nie wysokość bezwzględna. W Gorcach do dziś na wysokości 1100 m n.p.m. zlokalizowane są grunty orne (Bucała 2009b).



Ryc. 20. Zmiany sieci drogowej a wybrane cechy rzeźby terenu

Road network changes in relation to relief

5.1.1. DROGI A GŁÓWNE FORMY GEOMORFOLOGICZNE W ZLEWNI

Na podstawie analizy map topograficznych, mapy nachyleń oraz kartowania terenowego, wyznaczono zasięg trzech podstawowych form geomorfologicznych: den dolin, stoków i wierzchowin (ryc. 19A). Następnie na tak powstałą mapę nałożono sieć dróg z połowy XIX wieku oraz mapę współczesnego układu drogowego (ryc. 19D). Obie zlewnie pod względem procentowej powierzchni zajętej przez wydzielone formy są bardzo podobne (ryc. 20A). Wierzchowiny zajmują średnio 6%, dna dolin 14%, a stoki 80% powierzchni zlewni. Największy udział powierzchni zajętych przez drogi stwierdzono na stokach. Jest to oczywista konsekwencja ich udziału w powierzchni zlewni. Średnio 25% obszaru pod drogami, w obu zlewniach, znajduje się na wierzchowinach. Udział dróg w obrębie tej formy zmniejszył się, przez budowę głównych ciągów komunikacyjnych w dnach dolin. Na granicach zlewni (szczególnie Pożory) rozpoznawalne są do dziś reliktowe wciosisy, które jeszcze w XIX wieku były ważnymi traktami komunikacyjnymi. Budowa głównych dróg w dolinach nie spowodowała gwałtownego przyrostu ich udziału w obrębie tej formy, ponieważ prowadzono je najczęściej po ciągach już istniejących. Były to drogi biegnące osią doliny od czasów zasiedlania wsi i nadawania łańców. O komunikacyjnym znaczeniu wierzchowin świadczy to, że w zlewni Pożory stanowią one zaledwie 6% powierzchni zlewni, podczas gdy w roku 1850 zlokalizowana była na nich blisko 1/3 długości wszystkich dróg.

5.1.2. DROGI A EKSPOZYCJA

Na bazie cyfrowego modelu wysokościowego terenu wygenerowano mapę ekspozycji (ryc. 19B). Przyjęto podział na 4 podstawowe kierunki. Podobnie jak w przypadku wcześniejszym, na mapę ekspozycji nałożono mapy sieci dróg (ryc. 19D). Obszary zajęte przez drogi, w obu zlewniach, w poszczególnych przedziałach, są zbieżne z procentowym udziałem danej ekspozycji w powierzchni zlewni (ryc. 20B). Niewielkie przesunięcia w przyjętych przekrojach czasowych świadczą o przypadkowości rozkładu i braku związku. Na tej podstawie można wnosić, iż ekspozycja nie była istotna przy wytyczaniu nowych fragmentów sieci drogowej. Ekspozycja terenu może mieć znaczenie jedynie w przypadku analizy zmian użytkowania. W zlewni Pożory na stokach o ekspozycji południowej, w roku 1850 zlokalizowane było 3/4 wszystkich zabudowań, choć stoki te stanowią tylko 11% powierzchni zlewni. Tereny o ekspozycji N i W były i są nadal wykorzystywane rolniczo w stopniu najmniejszym. W obu zlewniach wyraźnie wzrósł udział lasu (Krocak 2007).

5.1.3. DROGI A NACHYLENIE

Stosując powyższą metodykę sprawdzono powiązania pomiędzy nachyleniami terenu a siecią dróg (ryc. 19C i 19D). Przedziały nachyleń zostały przyjęte za T. Gerlachem i M. Niemirowskim (1968) i zmodyfikowane celem przystosowania do warunków lokalnych. Wydzielono przedział 0–2°, który pozwolił na wyod-

rębnienie płaskich den dolin i pogórskich wierzchołków (głównie w zlewni Zalasówki). Odmienna rzeźba badanych zlewni skłoniła do wydzielenia kolejnych, górnych przedziałów. Według E. Gila (1976), w obszarach granicznych pogórzy i Beskidów, średnie nachylenie stoków pogórskich wynosi do 10°, a beskidzkich osiąga wartość 15°. Nachylenia maksymalne przekraczają 30°. Stąd wprowadzono przedziały 10–15°, 15–30° i ponad 30°. Tak ustalone przedziały korelują z wydzieleniami w innych regionach Karpat, gdzie analizowano zależności pomiędzy siecią dróg a nachyleniami terenu (Wolski 2007).

W Zalasówce tereny o nachyleniu do 10° stanowią 78% powierzchni zlewni, w zlewni Pożory ich udział jest blisko o połowę mniejszy (40%). Tereny z przedziału 0–2° w Zalasówce stanowią 5%, a w zlewni Pożory poniżej 1%. Tereny o nachyleniach powyżej 15° w pierwszym przypadku zajmują 10%, a w drugim 25%. Nachylenia powyżej 30° stanowią odpowiednio 0,1 i 0,2%. Tak więc zastosowanie przedziałów nachyleń, z granicami ustalonymi przez E. Gila (1976), pozwoliło na określenie charakteru rzeźby. Zlewnia Zalasówki jest typowo pogórska (deniwelacje 128 m, maks. długość 5,3 km), co znalazło potwierdzenie na mapie nachyleń, natomiast zlewnia Pożory posiada „charakter beskidzki” (deniwelacje 266 m, maks. długość 4,3 km).

W obydwu zlewniach występują podobne trendy. Rysuje się tendencja do przenoszenia dróg z terenów o większym nachyleniu na te o mniejszym. Takie proste nałożenie dwóch map nie wyjaśnia przyczyn rządzących przebudową. Dlatego też przeprowadzono szczegółową analizę zmian, jakie zaszły w okresie ostatnich 150 lat, sprawdzając czy nachylenia terenu w jakikolwiek sposób determinowały zmianę sieci drogowej. W tym celu określono procent długości dróg (współcześnie i w przeszłości) poprowadzonych na obszarach o nachyleniach terenu we wcześniej ustalonych przedziałach (tab. 4A i 4B).

Tabela 4A. Długość dróg współcześnie i w połowie wieku XIX w zlewni potoku Pożory w przedziałach nachyleń terenu

Przedziały nachyleń w stopniach	Długość dróg w połowie XIX wick						Długość dróg współcześnie		
	Suma w m	Udział w całości w %	Gęstość km/km ²	Pozostało w m	Redukcja w m	Redukcja w %	Suma w m	Udział w całości w %	Gęstość km/km ²
0 do 2	1345	5	34,2	767	578	43	1409	5	35,8
2 do 5	7224	25	15,1	4293	2931	41	7273	25	15,2
5 do 10	12008	43	8,3	7210	4798	40	12746	42	8,8
10 do 15	4810	16	5	2290	2520	52	4590	17	4,8
15 do 30	3083	11	5,5	1550	1533	50	3126	11	5,6
>30	44	0	27,5	24	20	46	24	0	15
suma/średnia	28514	100	8,2	16134	12380	45	29168	100	8,4

Źródło: opracowanie własne

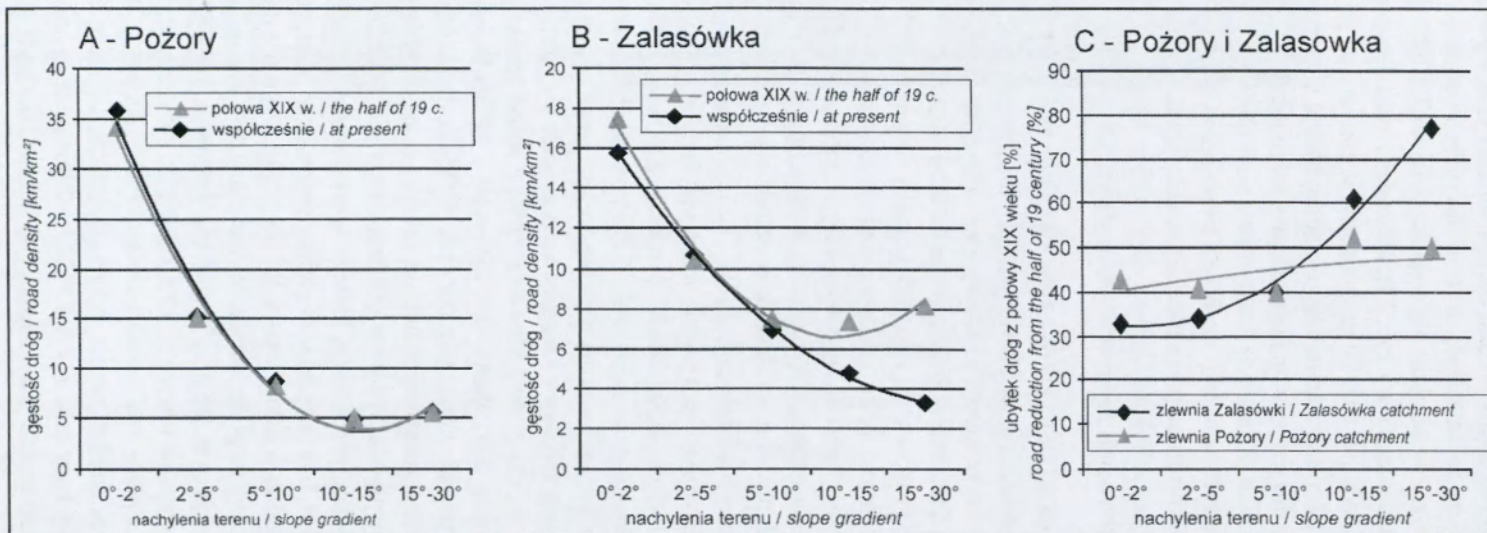
Tabela 4B. Długość dróg współcześnie i w połowie wieku XIX w zlewni Zalasówki w przedziałach nachyleń terenu

Przedziały nachyleń w stopniach	Długość dróg w połowie XIX wiek						Długość dróg współcześnie		
	Suma w m	Udział w całości w %	Gęstość km/km ²	Pozostało w m	Redukcja w m	Redukcja w %	Suma w m	Udział w całości w %	Gęstość km/km ²
0 do 2	6815	9	17,4	4580	2235	33	6187	9	15,8
2 do 5	19526	25	10,3	12887	6639	34	20157	30	10,7
5 do 10	29229	37	7,5	17515	11714	40	27106	41	6,9
10 do 15	15231	20	7,3	5892	9339	61	9905	15	4,8
15 do 30	7405	9	8,1	1718	5687	77	2985	5	3,3
>30	160	0	14,3	0	160	100	0	0	0
suma/średnia	78366	100	8,5	42592	35774	57,5	66340	100	7,2

Źródło: opracowanie własne

Wyniki analizy wykazały, że zaledwie połowa występujących obecnie dróg jest tymi z 1850 roku, podczas gdy zmiany gęstości są stosunkowo niewielkie. Gęstość dróg w przedziałach nachyleń terenu, w chwili sporządzania katastru, była w obydwu zlewniach różna. Jednak w obydwu przypadkach notowano ten sam trend (ryc. 21A i B⁵) polegający na stałym spadku gęstości dróg na terenach w przedziałach nachyleń do 10° i stabilizacji wartości gęstości dróg w przedziałach pozostałych. Zmiany jakie zaszły w późniejszym okresie były zdeterminowane tym rozkładem. W zlewni potoku Pożory gęstość dróg wzrosła nieznacznie (z 8,2 na 8,4 km/km²), podczas gdy ubyło 45% dróg z roku 1850. Drogi, które zanikły zostały zastąpione nowymi, poprowadzonymi po terenach o podobnych nachyleniach jak te, z których je usunięto. Najwięcej dróg zanikło z przedziałów o nachyleniach powyżej 10°, lecz zanotowane przesunięcia pomiędzy przedziałami są śladowe. W efekcie gęstość dróg również się nie zmieniła (ryc. 21A). Wyraźniejsze zamiany zaszły w Zalasówce. Zwiększył się udział dróg na terenach o nachyleniu do 10 stopni z 71% do 80%, kosztem terenów o większym nachyleniu. Z wszystkich przedziałów ubyło 35,8 km (57%) dróg, które zostały uzupełnione o 23,7 km nowych. W tym przypadku istnieje wyraźna zależność pomiędzy przedziałem nachyleń terenu a ubytkiem długości dróg w jego granicach – im większe nachylenie tym większe ubytki (ryc. 21C). Zależność ta ściśle koresponduje z gęstością dróg współcześnie w przedziałach nachyleń terenu, potwierdzając wcześniejszy związek (ryc. 21B). Przemiany sieci drogowej spowodowane rozwojem osadnictwa zoptymalizowały jej układ względem potrzeb mieszkańców. Zlewnia Zalasówki jest obecnie gęsto zamieszkała (ok. 360 gospodarstw w zlewni i na jej granicach, względem ok. 150 w 1850 roku). Powstałe nowe fragmenty dróg wytyczone zostały do domów, które budowane są na terenach o najmniejszym nachyleniu – dogodnych komunikacyjnie (dolina i wierzchowi-

⁵ Na rycinie 21 nie uwzględniono przedziału >30° ze względu na jego znikomy udział w powierzchni zlewni.



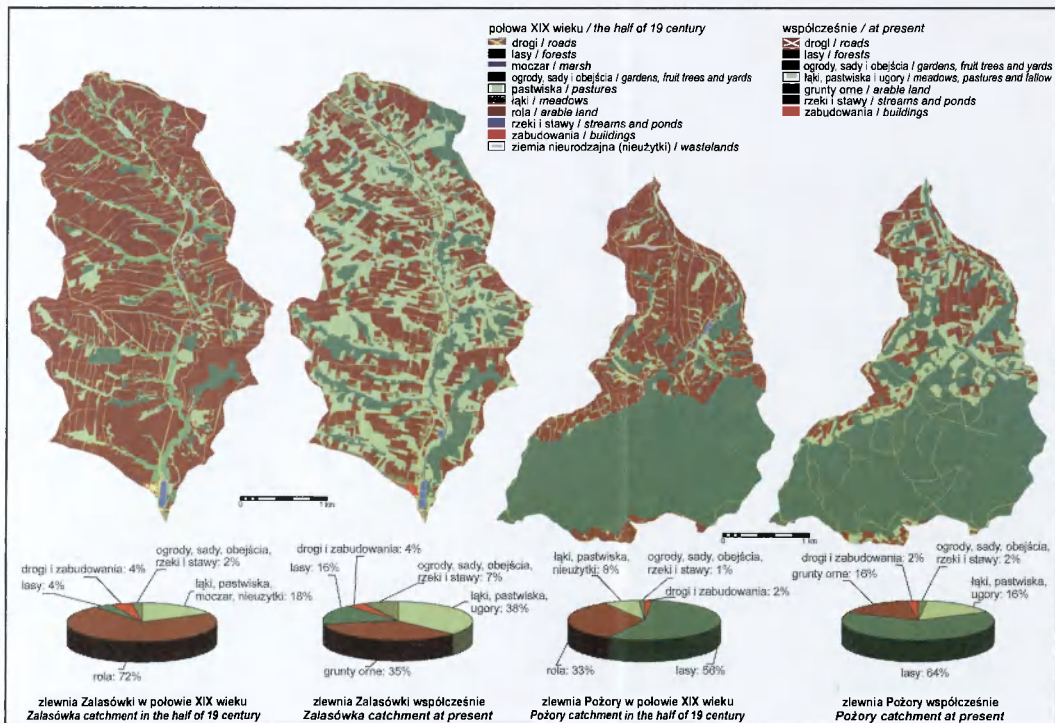
Ryc. 21. Zmiany gęstości dróg w przedziałach nachyleń terenu
Road network density change in slope gradient interval

ny). Tereny o największych nachyleniach, zostają sukcesywnie wyłączane z rolniczego użytkowania (często zalesiane), a drogi do nich prowadzące zanikają. W zlewni Pożory również nie użytkuje się współcześnie większości gruntów na terenach o dużych nachyleniach (zob. ryc. 23), ale zmiany sieci drogowej wymusiły głównie zmiany układu pól (ok. 90 gospodarstw w zlewni i na jej granicach względem ok. 80 w 1850 roku), stąd na rozwój i modyfikację współczesnej sieci drogowej w Zalasówce duży wpływ ma osadnictwo, które lokuje się na terenach o niewielkich nachyleniach. Zmiany w konfiguracji sieci drogowej, zachodzące na obszarach użytkowanych rolniczo, czyli bez silnej presji osadniczej, w niewielkim stopniu warunkowane są przez ukształtowanie terenu – w tym przypadku reprezentowane przez nachylenia. Jednak zależność ta wymaga uzupełnienia o analizę zmian w użytkowaniu ziemi w obydwu zlewniach.

5.2. ZMIANY GĘSTOŚCI DRÓG A UŻYTKOWANIE TERENU

Na podstawie tych samych źródeł historycznych oraz współczesnych ortofotomap wykonano mapy użytkowania badanych zlewni (ryc. 22). Mapę użytkowania zintegrowano z mapą nachyleń. Zabieg ten umożliwił sprawdzenie zależności pomiędzy nachyleniem stoków a zagospodarowaniem zlewni (ryc. 23). Według E. Gila (1976) z nachyleniem stoku, obok sposobu użytkowania i agrotechniki, związana jest intensywność splukiwania i wynoszenia materiału ze zlewni. Drogi w tym procesie ogrywiają istotną rolę, gdyż są liniami odpływu (na rycinie 23 zaznaczono również ich procentową długość w przedziałach nachyleń terenu).

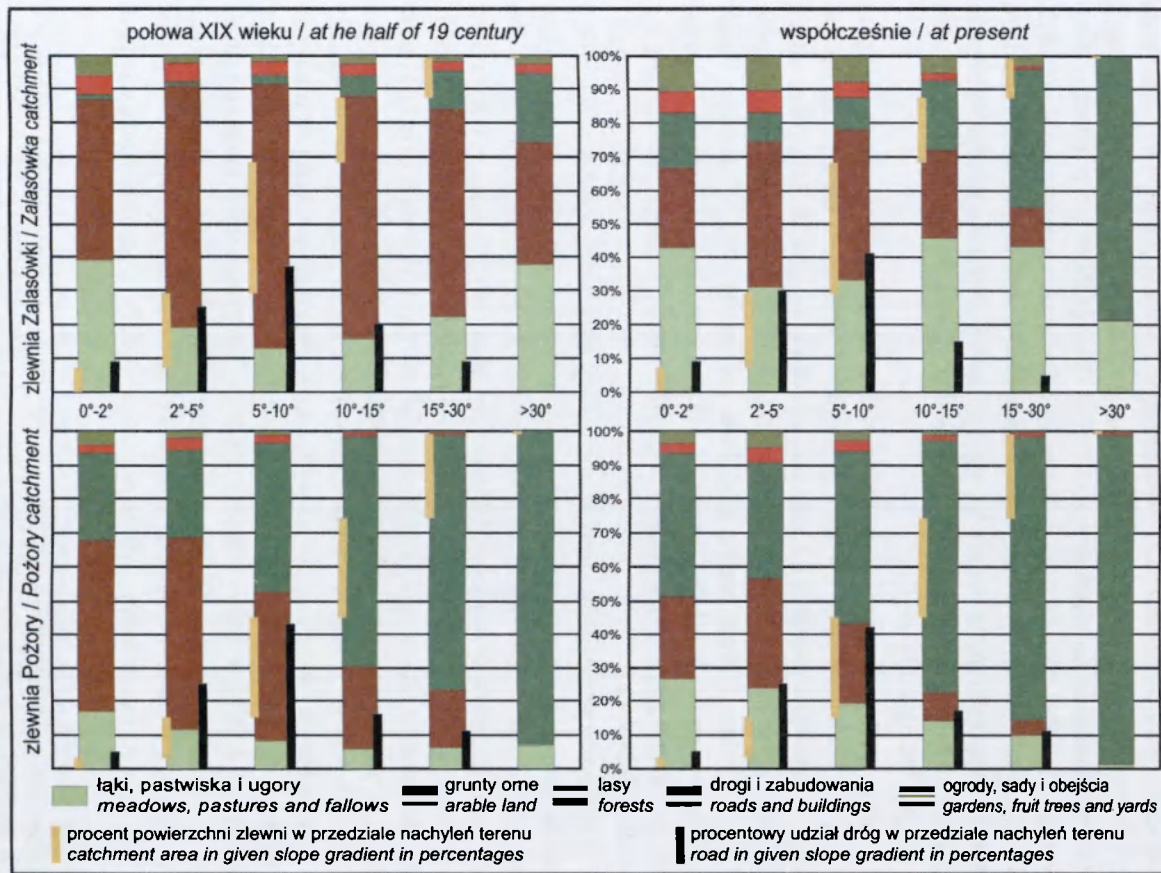
W analizowanym interwale czasowym (ok. 150 lat) badane zlewnie cechują podobne kierunki zmian użytkowania, choć stan wyjściowy w obydwu przypadkach znacznie się różnił. Zlewnia Zalasówki w połowie XIX wieku była obszarem wybitnie rolniczym. Grunty orne zajmowały 72% powierzchni, natomiast lasy jedynie 4%. Porośnięte były nimi tylko głęboko wcięte górne części dopływów głównego potoku oraz leje źródłowe. Obszary bezpośrednio związane z osadnictwem (domy, sady, stawy, drogi itp.) zajmowały 6%, a reszta terenu porośnięta była roślinnością trawiastą (łąki, pastwiska, nieużytki – 18%). Współcześnie o ponad połowę zmalała powierzchnia gruntów ornych (35%), dwukrotnie wzrosła powierzchnia zajęta przez roślinność trawiastą (38%) i czterokrotnie przez lasy (16%). W zlewni Pożory ponad połowa obszaru zajęta jest (i była w połowie XIX wieku) przez duży kompleks leśny, którego występowanie zdeterminowały duże nachylenia (ryc. 19C), niskiej jakości gleby i ekspozycja północna. Obszar ten należał w większości do wielkiej własności ziemskiej, która nie dopuszczała do jego fragmentacji i wyeksploatowania. W ostatnich 150 latach powierzchnia lasów w zlewni zwiększyła się z 56% do 64%. Podobnie jak w Zalasówce, o połowę spadł udział gruntów ornych (z 33% do 16%) i dwukrotnie zwiększyła się powierzchnia zajęta przez roślinność trawiastą (z 8% do 16%). Analizując dotychczasowy kierunek zmian można przypuszczać, że lesistość będzie się zwiększać. Grunty, które były orne w roku 1850, w Zalasówce są obecnie użytkowane w 45% w ten sam sposób, 35% zajmują łąki, pastwiska bądź ugory, a 9%



Legenda dla roku 1850 została sporządzona zgodnie z terminologią występującą na mapie satelitarnej. Wykazanie dla mapy użytkownika współczesnego dobrano tak aby zapewnić najlepszą porównywalność.
 The legend for the 1850 year was made according to the terminology that existed on the satellite map. For the present landscape map different colors were used in order to provide maximum comparability.

Ryc. 22 Użytkowanie ziemi w zlewni Zalasówki i Pożory
 Land use in Zalasówka and Pożory catchment





Ryc. 23. Mapy użytkowania badanych zlewni w przedziałach nachyleń terenu
Land use researches catchments in slope gradient interval

las. Tereny zaznaczone jako łąki i pastwiska w 49% obecnie użytkowane są tak jak w roku 1850 (współcześnie w tej grupie są jeszcze ugory), a w 33% porośnięte lasem. Podobnie jest w zlewni Pożory. Grunty orne przetrwały w 42%, 37% z nich to łąki, pastwiska bądź ugory, a 13% to las. Łąki i pastwiska zaznaczone w katastrze w 1850 roku są dziś w 31% użytkowane w ten sam sposób, a 49% z nich jest zalesione. Jak wskazują obserwacje, zbiorowiska trawiaste (których udział współcześnie zwiększył się we wszystkich przedziałach) stanowią w dużej mierze odłogi i ugory, a więc potencjalne siedlisko dla lasu. Dotychczas zaobserwowano sekwencję następstw: grunt orny, łąka/pastwisko, ugór, las. Tendencje takie w Karpatach polskich są powszechne. W zlewni Czarnej Wody (zachodnie Karpaty) lesistość wzrosła o 14%⁶ (Kozak 2003). W Gorcach, w zlewniach Jaszczce i Jamne zanotowano wzrost o 15%⁷ (Bucala 2008), a w Bieszczadach Wysokich o 22%⁸ (Wolski 2007). Wzrost liczby gospodarstw, od połowy XIX wieku, nie jest widoczny po zmianie powierzchni terenów pod zabudowaniami (w skali mapy minimalne zmiany), lecz wyraźnie objawia się wzrostem udziału powierzchni zajętej przez sady i obejścia. W Zalasówce odnotowano wzrost z 2% do 7%, w Pożory z 1% do 2%.

Analiza pokrycia terenu w połowie XIX wieku, w przedziałach nachyleń terenu, czytelniej pokazuje związek pomiędzy przebiegiem dróg a zagospodarowaniem zlewni – szczególnie gruntami ornymi (ryc. 23). W Zalasówce udział gruntów orných rośnie w trzech pierwszych przedziałach nachyleń, aby w trzech ostatnich systematycznie maleć, podobnie jak udział dróg. Natomiast udział gruntów orných w zlewni Pożory spada wraz ze wzrostem nachylenia (z wyjątkiem przedziału pierwszego). Udział dróg rozkłada się w sposób analogiczny jak w zlewni Zalasówki.

W każdym z przedziałów nachyleń notowany jest obecnie spadek powierzchni gruntów orných kosztem pozostałych użytków (średnio o 50 %). Wraz ze wzrostem nachylenia stoków wyraźnie rośnie powierzchnia zajęta przez las. W obu zlewniach na terenach o najmniejszym nachyleniu (0°–2°) znaczący jest udział łąk i pastwisk. Są to głównie tereny zalewowe położone przy głównych ciekach, natomiast grunty orne w tym przedziale położone są zwykle na wierzchowinach. Istotne przy omawianiu związku użytkowania ziemi z siecią dróg jest rozpoznanie struktury poszczególnych gospodarstw. Dwa wieki parcelacji doprowadziły do rozdrobnienia i rozproszenia areału rolnego. Stan tego procesu jest trudny do oszacowania i wymagałby analizy struktury każdego z gospodarstw posiadających swoje działki w badanych zlewniach (w Karpatach takie badanie prowadził m.in. Górka – 1986). W czasie tworzenia katastru, na mapach zaznaczono w Zalasówce (i na jej granicach) 900 pól orných o łącznej powierzchni 830 ha i 450 o łącznej powierzchni 290 ha w zlewni Pożory. Daje to średnią wielkość

⁶ Pomiędzy rokiem 1823 a 2003, powierzchnia zlewni 186 km²

⁷ Pomiędzy rokiem 1954 a 2004, powierzchnia zlewni 20,3 km²

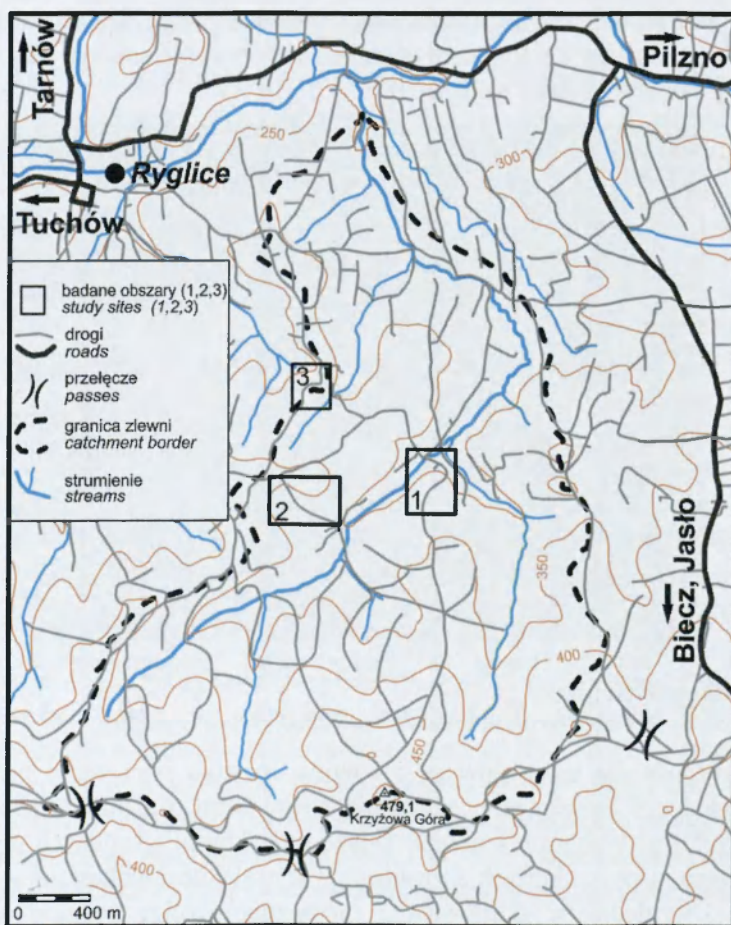
⁸ Pomiędzy rokiem 1959 a 2004, powierzchnia terenu badań 61,7 km²

poła ornego 0,92 ha w pierwszym przypadku i 0,64 ha w drugim. Trudno ocenić, jaka jest dziś średnia wielkość działki. W gminie Ryglice, 88% wszystkich gospodarstw stanowią te o powierzchni do 5 ha. Średnia wielkość gospodarstwa indywidualnego wynosi 3,8 ha, z czego średnio na każde przypada 1,8 ha użytków rolnych⁹ (UG Ryglice). Z wywiadów terenowych wynika, że gospodarstwa składają się najczęściej z 4–8 działek. Ponieważ w badanych zlewniach ilość gruntów orných spadła o połowę, ilość gospodarstw znacznie wzrosła, a rolnictwo nie jest już podstawowym źródłem utrzymania, można szacować, że średnia wielkość pola ornego wynosi 0,2–0,5 ha w zależności od ukształtowania terenu. Duże rozdrobnienie i rozproszenie gospodarstw oraz ich niewielka powierzchnia powodują, że rolnictwo wycofuje się z terenów agrotechnicznie trudniejszych i łatwiejszych w podobnym tempie. Tereny o mniejszym nachyleniu zagospodarowywane są pod osadnictwo, a o większym zalesiane bądź odłogowane (ryc. 23). Drogi dojazdowe funkcjonują dopóki uprawiane jest ostatnie pole, do którego prowadzą. Dlatego też zmniejszenia areálu pól orných nie spowodowało, współcześnie, proporcjonalnego zaniku sieci dróg polnych.

⁹ Do gruntów rolných zalicza się: grunty orne, trwałe użytki zielone (pastwiska, łąki), ogródki przydomowe, sady i szkółki drzew owocowych, trwałe plantacje.

6. GEOMORFOLOGICZNE SKUTKI FUNKCJONOWANIA UKŁADU DRÓG NA STOKU

Szczegółową analizę geomorfologicznych skutków funkcjonowania układu dróg na stoku przeprowadzono w zlewni Pozory (ryc. 24). Trzy obszary (tab. 1 – formy 16, 18 i 19), na których dokonano analizy, zostały wytypowane po przeglądzie wszystkich podrogowych form wklęsłych, zidentyfikowanych w czasie kartowania (rozd. 4.2).



Ryc. 24. Zlewnia Pozory oraz obszary (1, 2, 3) szczegółowych badań
Pozory catchment and study sites (1, 2, 3)

6.1. ZMIANY ZACHODZĄCE NA STOKU POD WPLYWEM ROZWOJU SIECI DROGOWEJ

W poniższej części pracy skupiono się na odtworzeniu etapów rozwoju sieci drogowej w obrębie stoku, wykorzystując do tego celu, oprócz źródeł kartograficznych, wzajemne relacje pomiędzy poszczególnymi fragmentami opuszczonych wciosów i innymi formami będącymi skutkiem komunikacyjnego użytkowania. Analiza ta miała na celu powiązanie tempa erozji na drogach, w czasie użytkowania i po ich opuszczeniu, z rozwojem form geomorfologicznych jej towarzyszących.

Pierwszy wytypowany obszar to stok schodzący do głównej doliny, z dwóch stron podcinany przez potoki, z wyraźną terasą rzeczną o wysokości od 4 do 7 m. Drugi teren to stok rozcięty bocznym dopływem głównego potoku, wzdłuż którego biegnie droga łącząca dno doliny z wierzchowiną. Trzecim obszarem szczegółowej analizy jest fragment drogi na wierzchowinie omijający lej źródłowy, który modyfikuje dział wodny.



Fot. 4. Przykład progów na granicy dwóch opuszczonych wcięć podrogowych (obszar 2)

Photo 4. Threshold on the old roads' cuts connection (study site 2)

Do rozpoznania czasu powstania i tempa rozwoju sieci wcięć niezbędne jest względne i bezwzględne określenie wieku form. Celem poznania form powstałych pod wpływem komunikacyjnego użytkowania badanych obszarów opracowano mapy, na których zaznaczono wszystkie zidentyfikowane w terenie obiekty. Uwzględniając skartowane i zaznaczone obiekty geomorfologiczne podjęto próbę odtworzenia chronologii eksploatacji sieci dróg. Wiek względny i hierarchia możliwa była do odtworzenia m.in. dzięki progom zachowanym na łączeniu dwóch wcięć (fot. 4). Jeżeli dwa współmiernie użytkowane fragmenty drogi łączą się w jeden, to w miejscu styku nie występują żadne znaczące for-

my. Natomiast jeśli jedna z dróg zostanie wyłączona z eksploatacji, proces jej pogłębiania zostanie spowolniony bądź zahamowany. Wykorzystywane wcięcie drogowe będzie się nadal rozwijać. Podobny układ może powstać na wcięciach nieużytkowanych, ale o różnym potencjale erozyjnym spowodowanym np. różnym spadkiem. W efekcie w miejscu połączenia powstaje próg jak w przypadku dolin zawieszonych.

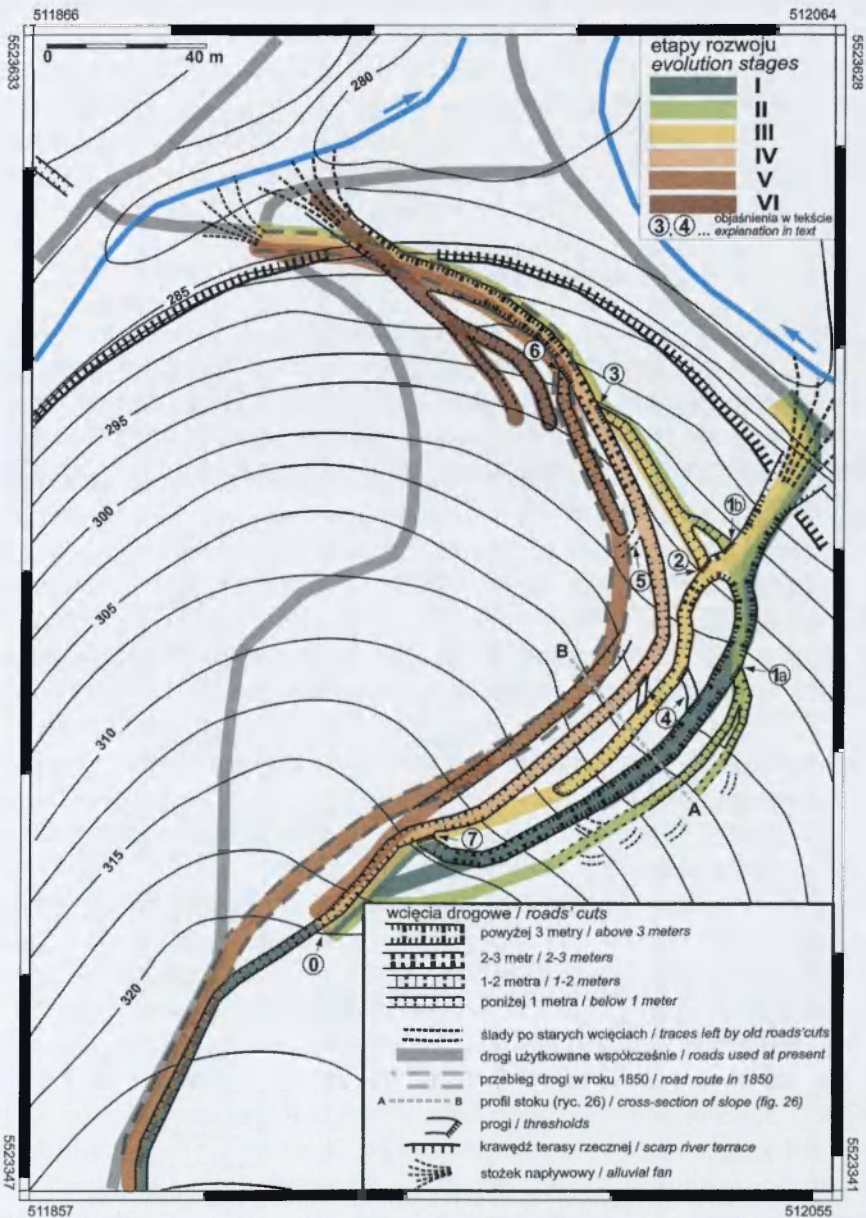
W badanych obszarach poszczególne wcięcia drogowe znacząco różni długość każdego z ciągów. Owocuje to różną powierzchnią stoku, z jakiej droga przejmuje i odprowadza wodę opadową. Dlatego oprócz progów, poszczególne odcinki systemu odróżniają się profilami poprzecznymi (np: wcięcie skrzynkowe, V-kształtne) oraz głębokościami wcięcia (znaczono w granicach od ok. 0,3 do ok. 4 m). Nałożenie przebiegu drogi z połowy XIX wieku na mapę sieci wcięć wskazało, które fragmenty były użytkowane 150 lat temu.

ETAPY ROZWOJU UKŁADU SIECI DROGOWEJ NA STOKU – OBSZAR I

Na rycinie 25 zaznaczono etapy rozwoju sieci wcięć na obszarze 1. Obszar ten położony jest w widłach głównego potoku oraz jego bezimiennego dopływu. Podcinany przez strumienie, kończy się wyraźną terasą, której krawędź ma wysokość od 4 m w części środkowej do 7 m w bezpośrednim sąsiedztwie głównego potoku. Do tego miejsca w czasach historycznych docierał lokalny trakt, który pokonawszy terasę i strumień biegł dalej doliną w kierunku głównej miejscowości. Współcześnie ta część zlewni jest praktycznie niezamieszkała a areal rolny eksploatowany w niewielkim stopniu. Sporadyczny transport odbywa się chaotycznie, po dawnych użytkach rolnych, a o jego przebiegu świadczą jedynie ślady kół. Łączna długość zachowanych historycznych wcięć na tym obszarze wynosi 1 km i osiągają one maksymalnie 4 m głębokości. Terasa jest głęboko rozcięta, a u wylotu wciósów zidentyfikowano w dwóch miejscach stożki napływowe, które są skutkiem akumulacji materiału wyniesionego z dróg biegnących tu w przeszłości. System dróg rozumianych jako szlaki transportu nie funkcjonuje.

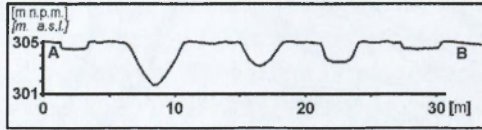
Na obszarze 1 pierwotnie droga zapewne miała przebieg WS-NE, prowadząc od punktu (0) do wschodniego rozcięcia terasy (etap I). Jej usytuowanie prostopadle do poziomic skutkowało dużym spadkiem. Używane w przeszłości wozy z kołami o żelaznych obręczach (szerokość 5–6 cm) oraz kopyta zwierząt pociągowych powodowały intensywne niszczenie dna drogi (głównie przez hamowanie, które w tego typu wozach polegało na całkowitej blokadzie koła) (Ołdak 1965). W związku z tym nachylenie wspomagało erozję wgłębną w dwójaki sposób przez rozdrabnianie podłoża i szybkie odprowadzanie materiału. Szczególnie szybkie rozcinanie musiało następować w pobliżu czoła terasy. Takie warunki mogły doprowadzić do opuszczenia dotychczasowej drogi i omijania jej z SE strony (etap II). Następnie w pobliżu krawędzi terasy droga wracała na stary szlak. Gdy cofające się, od krawędzi terasy, wcięcie uniemożliwiało zjazd, droga skręcała w kierunku NW kierując się do drugiego – zachodniego rozcięcia. Przesłanką przemawiająca za takim scenariuszem jest współczesna głębokość

(1,5–4 m) oraz profil poprzeczny wcięcia (V-kształtny) nazwanego etapem I. Jest to najstarszy fragment po opuszczeniu rozcinany przez procesy erozyjne. Natomiast drogi oznaczone jako etap II wcięte są zaledwie na 0,5 m (aż do punktu (3), przy czym pierwszy próg (1a) zawieszony jest ok. 2 m, a próg drugi (1b) ok. 2,5 m nad dnem formy z etapu I. Odcinek od punktów (1a) i (2), do punktu (3) jest wcięciem skrzynekowym. Niewielkie przekształcenie dna wskazuje na krótki okres eksploatacji, który mógł zostać przerwany przez silne rozcięcie czoła terasy. W etapie III korzystano jeszcze z wylotu wschodniego, ale zasadniczego znaczenia nabrał wylot zachodni. W punkcie (2) droga została poprowadzona na NW, przez punkt (3) łagodnym łukiem schodząc do doliny. Erozja wsteczna wylotu wschodniego, z czasem, głęboko rozcięła opuszczony fragment. W efekcie próg (2) zawieszony jest 2 metry ponad dnem wcięcia, które na całej długości ma profil V-kształtny, a jego głębokość waha się od 1 do 4 m. Potwierdzeniem etapów użytkowania dróg w przeszłości są rozpoznawalne w rzeźbie krótkie fragmenty łącznikowe (4). Ich głębokość osiąga 0,5 m, posiadają płaskie dna, kończą (i zaczynają) się również progami, a ich kierunek (kąt pod jakim się łączą) potwierdza jednoznacznie przebieg zmian. Na podstawie systemu progów trudno wnosić o głębokości drogi w czasie, gdy zaprzestawano z niej korzystania, jednak niewielkie rozmiary łączników oraz brak połączenia z całym systemem sprawia, że nie były narażone na dużą denudację. Obydwa łączniki (4) zawieszono są średnio 1–2 m nad dnami wcięć, przy czym wysokość zawieszenia wzrasta wraz ze starszym, wyznaczonym etapem rozwoju. Druga wyraźna zależność to zmniejszanie się wysokości zawieszenia progów wraz z oddalaniem się od wschodniej krawędzi terasy (etap I, II, III). Etap IV to kolejne przesunięcie drogi na NW. Od tego momentu trakt ewidentnie ciążył tylko do zachodniego wylotu. Od punktu (5) forma jest V-kształtnie rozcięta (od 1,5 do ponad 3 metrów głębokości przy terasie). Jedynym dającym się umiejscowić w czasie stadium rozwoju sieci starych dróg jest etap V. Określony na podstawie map katastralnych przebieg drogi w roku 1850 ustalił wcięcia używane w tym czasie. Zachowane ślady form tego etapu dzielą się na dwie części. W górnej, aż do punktu (5) występują mało wyraźne ślady wciosu, o głębokości do 0,6 metra, miejscami nierozpoznawalne w terenie. Od punktu (5) rozpoczyna się wcios (głębokości do 1 m), który ma kontynuację aż do „główniej” drogi. W miejscu, gdzie łączy się on z głównym ciągiem, również występuje próg (6) zawieszony na wysokości 1 m. Droga przed połączeniem jest wcięta ok. 0,5 m i posiada wyraźne płaskie dno, natomiast główna forma przekształcona jest w wcios V-kształtny o głębokości ponad 2–3 metry. Zatem, po zarzuceniu użytkowania etapu V, czyli co najwyżej 150 lat wstecz, musiało powstać metrowe rozcięcie. Ostatni etap (VI) przypada na XX wiek, składa się z dwóch zachowanych krótkich odcinków, wciętych do 0,4 m. Z tym etapem związana jest modyfikacja krawędzi terasy i częściowa zmiana wylotu drogi. Zabieg ten wymusiła przypuszczalnie mechanizacja rolnictwa i transportu. Używane wcześniej drogi, choć zmieniające swój przebieg, poprowadzone były w wąskich formach wkłęsłych – wciosach. Większe maszyny rolnicze nie zmieściłyby się na drogach



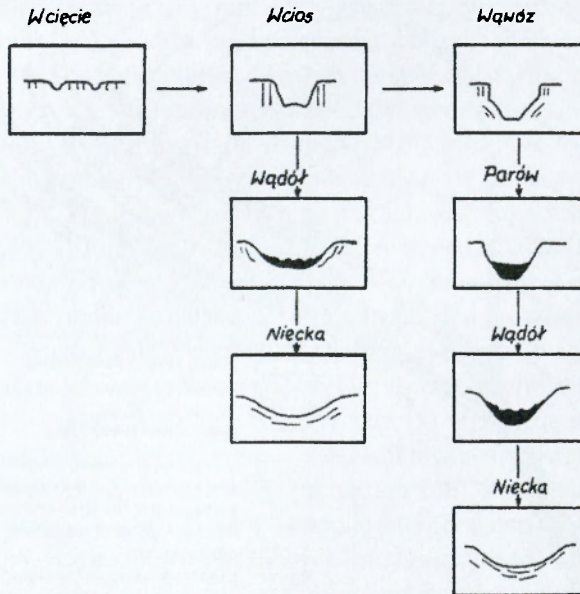
Ryc. 25. Obszar 1 – schemat oraz etapy rozwoju układu dróg
Study site 1 – the scheme of old road cuts evolution stages

o takich parametrach. Po II wojnie światowej znacjonalizowano lasy znajdujące się w zlewni i ten odcinek drogi (choć o znaczeniu trzeciorzędnym) był wykorzystywany do wywozu drewna.



Ryc. 26. Profil terenu przez obszar I
Cross-section of old roads' cuts (study site I)

Profil A-B na rycinie 26 przedstawia przekrój przez 5 z 6 wytypowanych etapów rozwoju tego fragmentu zlewni. Zaproponowana hierarchia zdarzeń znajduje odbicie w formach do jakich drogi wyewoluowały. Poczynając od V etapu wstecz, mamy do czynienia z wcięciami i wciosami (etap V), następnie wąwóz (etap IV) oraz rozcięciami typu parów (etap III i I), lecz bez wyraźnej akumulacji na dnie formy (ryc. 27).



Ryc. 27. Rozwój wcięcia drogowego według J. Lacha (1984)
Cut road evolution after J. Lach (1984)

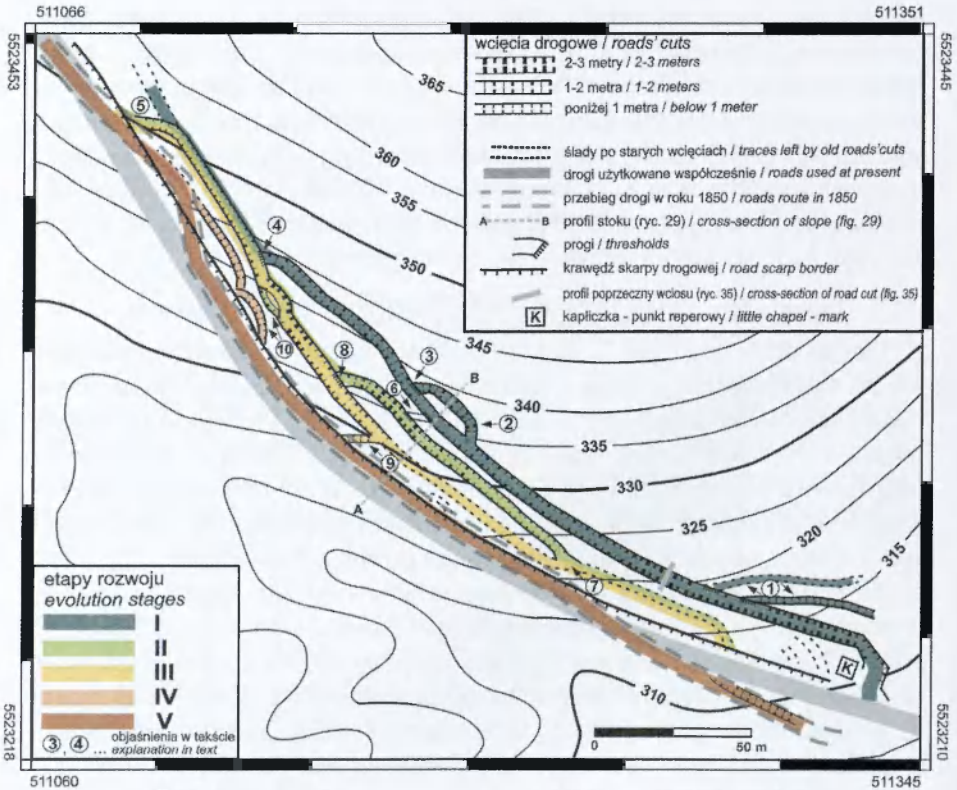
Według M. Klimaszewskiego (Klimaszewski 1978 za Sobolew 1948) scharakteryzowane formy są wąwozami w drugim stadium rozwoju. Według tego autora powstawanie wąwozu rozpoczyna rozcięcie stoku w dość dużej odległości od działu wodnego (masa wody rośnie z długością stoku) w miejscu predysponowanym np. przebiegiem drogi kołowej biegnącej zgodnie z nachyleniem stoku.

Wąwóz rozwija się dzięki erozji wstecznej, rozcięcie pogłębia się głównie podczas okresowych dużych opadów, jednocześnie rozcięcia boczne mające uboższe źródło zasilania są zawieszane. W trzecim stadium ustaje erozja wgłębna, odbywa się poszerzanie dna rozcięcia oraz obrywanie i osuwanie zboczy. W czwartym stadium wąwóz przechodzi w parów. Do trzeciego stadium (a nawet do granicy trzeciego i czwartego) można zaliczyć końcowy odcinek etapów I, II i III poniżej punktu (1b). Terasa jest rozcięta tak głęboko, że na mapie topograficznej w skali 1:10 000 fragment ten zaznaczono jako dolinę boczną.

ETAPY ROZWOJU UKŁADU SIECI DROGOWEJ NA STOKU – OBSZAR 2

Obszar oznaczony jako 2, na którym funkcjonował w przeszłości podobny system wąwozów, łączy dolinę z wierzchowiną. Sumaryczna długość zachowanych do dziś wcięć drogowych wynosi 650 metrów. Przez badany obszar biegnie lokalna utwardzona droga o długości 400 metrów (ryc. 28). Wśród wcięć dominują formy zbliżone przekrojem do V-kształtnych. W ich dnie stwierdzano powszechnie akumulację. Na łączeniu starych ciągów komunikacyjnych występują również progi i liczne inne ślady wskazujące przebieg dawnych dróg. Są to nieciągłe wcięcia o głębokości do 0,4 m oraz sterasowane fragmenty stoku, głównie o genezie erozyjnej, fragmentarycznie o erozyjno-akumulacyjnej. W latach 70. XX wieku przekształcono teren, w efekcie czego na miejscu części starych wcięć zlokalizowana została nowa, odwodniona i utwardzona droga służąca do wywozu drewna. Po analizie konfiguracji zachowanych wcięć, progów oraz kształtu i wielkości form odtworzono prawdopodobny porządek rozwoju.

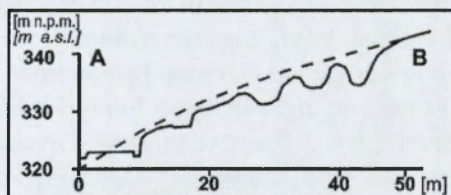
Droga pierwszego etapu miała bieg NW–SE i do tego kierunku nawiązują późniejsze stadia. Jest to optymalny kąt pod jakim droga pokonywała odcinek z wierzchowiny do dna doliny (deniwelacja 50 m, odległość 470 m). Cały ten fragment jest obecnie wcięty do 3 m. Głębokość wcięcia jest najmniejsza w górnych częściach stoku i zwiększa się w kierunku głównej doliny. Najniżej położony – 100-metrowy fragment, wcięty jest na 2–3 metry i posiada V-kształtny profil. W tej części występują progi zlokalizowane najwyżej nad dnem wcięć – 2 metry (punkt (1)). Interpretacja układu sieci dróg i form im towarzyszących wskazała, że progi reprezentują najstarsze odcinki. Jeden z nich wcięty jest na ok. 0,5 m i posiada płaskie dno. Natomiast drugi jest rozpoznawalny w terenie tylko po sterasowaniu stoku. Przesuwając się w górę wcięcia etapu I, w jego środkowej części (na profilu A–B), znajduje się niewielka odnoga, gdzie droga rozdzielała się na dwa fragmenty – „mijanka”, by po kilkudziesięciu metrach znów się połączyć (2). Na połączeniu występuje próg (3) o wysokości 1 metra. W profilu podłużnym wcięcie etapu I ma jednostajny spadek. W punkcie oznaczonym jako (4), droga metrowym progiem łączy się z kolejnym wcięciem, które przyporządkowano etapowi II. Rozpoznawalne w terenie wcięcia, bądź inne ślady dróg, kończą się w punkcie (5). Etap II ma przebieg równoległy do pierwszego, od progu w którym łączył się z drogą etapu I (punkt (4)), do punktu (8) głębokość wcięcia przekracza 2 m. Od punktu (6), gdzie znajduje się lokalny



Ryc. 28. Obszar 2 – schemat oraz etapy rozwoju układu dróg
Study area 2 – the scheme of old road cuts evolution stages

łącznik (zawieszony ok. 1 m), zaczyna się wypłycać. W punkcie (7) prowadzi już tylko po sterasowanym stoku. Występująca tu tendencja jest przeciwna tej z etapu I, gdyż w dół stoku głębokość wcięcia zmniejsza się, do całkowitego wypłyca. Profil podłużny dróg obydwu etapów jest taki sam, zatem stan ten jest wypadkową użytkowania i możliwości odprowadzania wody ze stoku. Pomiędzy punktem (7) a (8) zidentyfikowano ślady przemawiające za tym, że funkcjonował tu fragment drogi niezależny od etapu II, poniżej punktu (8) wcięty blisko 2 metry, na długości kilkudziesięciu metrów. Od niego odchodził łącznik (9), którego kontynuacja jest nie do odtworzenia. Odcinek ten zakwalifikowano do etapu III zakładając, że jego początek i koniec są zbieżne z etapem II. Łączniki (9) i (6) są potwierdzeniem kierunków zmian użytkowania dróg i poprawności wydzielonych etapów. Kolejne rozpoznane formy nie tworzą ciągów spójnych, ani dających się połączyć w jeden system. Powodem jest wspomniana przebudowa drogi, w trakcie której sterasowano stok tworząc półkę o szerokości ok. 10 m. Zrekonstruowany przebieg drogi z połowy XIX wieku pokrywa się ze współczesną drogą oraz terenem do niej bezpośrednio przylegającym. Jedyne dwa krótkie odcinki odpowiadające drodze z XIX wieku występują w górnej i dolnej części układu dróg, przy czym w górnej jest to spłaszczenie, a w dolnej wcięcie skrzyn-

kowe o głębokości 1 m i długości 20 m. Pomimo braku ciągłości, oznaczono na podstawie wspomnianej mapy ten przebieg jako etap V, natomiast występujące w górnej części niezależne fragmenty, które nie są połączone z etapami wcześniejszymi – jako IV. Warto tu zwrócić uwagę na charakterystyczne „mijanki” lub „odnogi” (10), (2). Ich zasadniczą rolą było stworzenie możliwości ominięcia trudnego fragmentu drogi lub minięcie się dwóch zaprzęgów.



Ryc. 29. Profil terenu przez obszar 2
Cross-section of old roads' cuts (study site 2)

Profil (A–B) (ryc. 29) przecinający sieć wcięć pokazuje stopień modyfikacji stoku. Linia przerywaną zaznaczono prawdopodobny kształt stoku sprzed komunikacyjnej adaptacji terenu. Poszczególne ciągi wciósów rozdzielały grzędy, których nachylenie rosło wraz ze zmniejszaniem się odległości pomiędzy sąsiednimi drogami oraz ich wcinaniem się. W rezultacie ulegały szybszej denudacji niż stok niemodyfikowany. Pierwotna wysokość grzęd o tej genezie nie jest znana. Można próbować odtworzyć kształt stoku eliminując modyfikacje poziomic na terenie przekształconym lub ekstrapolować profil stoku z obszarów niemodyfikowanych. Skala zmian może być tak duża, że zmieni się profil stoku z wypukłego na wklęsły. Intensywne obniżanie grzęd widocznie jest współcześnie (fot. 5). Ich budowa nie sprzyja akumulacji, ale intensywnie działają wszystkie procesy niszczące, wspomagane rozdeptywaniem przez ludzi i zwierzęta. W związku z tym ustalona na ich podstawie głębokość wcięć jest przybliżona.



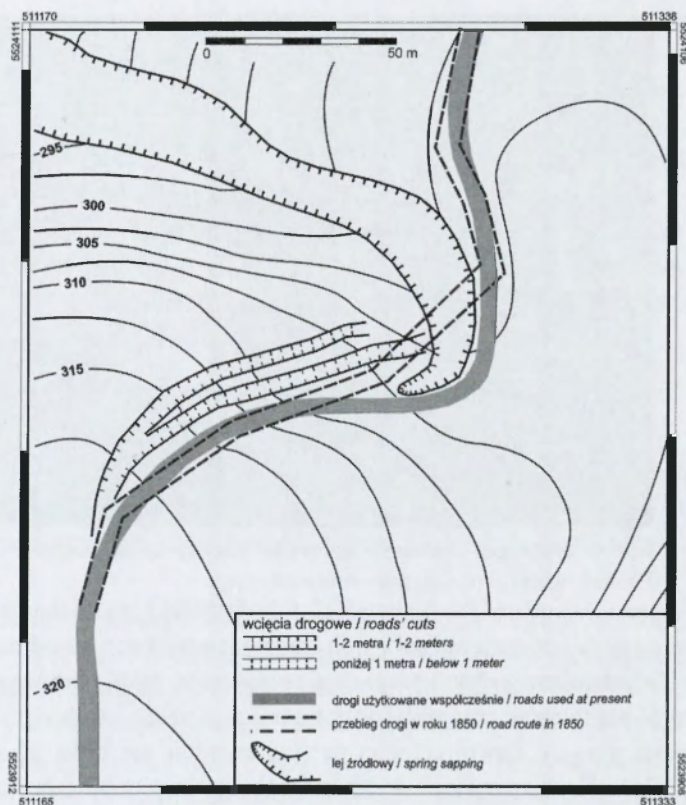
Fot. 5. Obniżanie grzęd pomiędzy wciósami
Photo 5. Reduced border between two cuts' roads

ETAPY ROZWOJU UKŁADU SIECI DROGOWEJ NA STOKU – OBSZAR 3

Odmienny od wcześniejszych charakter zmian zaobserwowano na obszarze 3. O ile w dwóch wcześniejszych przypadkach zmiany w konfiguracji sieci drogowej były konsekwencją erozji zainicjowanej i spotęgowanej ich użytkowaniem, to w tym przypadku zmianę sieci drogowej wymusiło naturalne tempo erozji. Obszar 3 leży na wierzchołku, przy granicy zlewni Pożory, po której prowadzi lokalna droga. Zidentyfikowano tu dwa opuszczone wcięcia drogowe, odgałęziające się od obecnej drogi, biegnące równolegle w kierunku leja źródłowego omijanego przez drogę współczesną. Sporządzono mapę tego miejsca (ryc. 30), na którą naniesiono zlokalizowane formy i następnie ich przebieg skonfrontowano z przebiegiem drogi w roku 1850. Operacja ta wykazała, że zidentyfikowane wcięcia nie pokrywają się z drogą z tego okresu i prawdopodobnie są starsze. W tym przypadku droga przesuwiała się z NW na SE w tempie dyktowanym przez cofający się lej. Od połowy XIX wieku modyfikacja jej przebiegu polegała głównie na omijaniu łukiem samego leja. Zatem zachowane dwa równoległe wcięcia mogą osiągać wiek porównywalny z wcięciami na obszarach 1 i 2, a z racji położenia na wierzchołku były i są w mniejszym stopniu przemodelowane. Łączna długość form to 170 m, a ich głębokość współcześnie osiąga 2 m we fragmencie początkowym (wspólnym) i do 1 m we fragmentach dochodzących do leja. Formy są w znacznym stopniu zredukowane przez zasypywanie materiałem pochodzącym ze ścian. Taka sytuacja jest wyraźnie widoczna na początkowym fragmencie opuszczonego wcięcia. Dwumetrowa ściana cofa się poprzez odpadanie i osypywanie powodowane głównie działalnością mrozu¹⁰ (fot. 6). W efekcie korzenie drzew rosnących nad wcięciem, przy krawędzi są wypreparowywane, a przemieszczony w ten sposób materiał zasypuje dno formy. We wskazanym miejscu cofnięcie ściany oceniono na 0,5 m, a wiek drzew, których korzenie zostały odsłonięte, na 30 lat. Miejsce, w którym droga omijała lej w roku 1850, leży 4 m niżej względem współczesnej drogi i oddalone jest od jej osi o 20 metrów. Erozja wsteczna leja posuwa się obecnie wzdłuż drogi, prawdopodobnie zmianę kierunku wymusił rów odwadniający bądź stara forma drogowa.

Wiek form można ocenić m.in. porównując kubaturę wcięć powstałych przed i po 1850 roku. Zmienna w czasie intensywność eksploatacji, wytyczenie względem nachylenia stoku, rozwój komunikacji i mechanizacja rolnictwa, zdarzenia ekstremalne oraz przede wszystkim współuczestnictwo procesów naturalnych i antropogenicznych nie pozwalają na precyzyjne określenie czasu użytkowania, a jedynie na szacunki. Przyjmując za wartość 1 kubaturę wcięć pod koniec XX wieku, połowa XIX to 3/4, czyli ekstrapolując wstecz, zero przypada na XV wiek. Według badań w zlewni Homerki, w wieloletnim 1978–1990, średnie tempo pogłębiania dróg wyniosło 6,6 mm/rok przy czym proces ten na drogach

¹⁰ Proces odpadania i osypywanie ścian wąwozów drogowych odbywa się pod wpływem wysychania, działania zamarzniętej wody i lodu włóknistego oraz rozluźniania pod wpływem mrozowych ruchów gruntu (Froehlich, Słupik 1986).



Ryc. 30. Obszar 3 – schemat oraz etapy rozwoju układu dróg
Study area 3 – the scheme of old road cuts evolution stages

nowych przebiegał 3 razy szybciej (Froehlich 1991). Jeśli w ciągu 150 lat droga pogłębia się średnio o 1 m, to ekstrapolowanie tych danych na teren badań (szczególnie obszar 1) w znacznym stopniu potwierdza szacunki. Najstarsze źródła pozwalające określić stopień rolniczego zagospodarowania zlewni Pożory pochodzą z XVI wieku. W tym czasie w miejscowości Ryglice zanotowano łąnow kmiecych 12,5 (Pawiński 1886), co w porównaniu z wsiami okolicznymi stawiało miejscowość wśród większych. Jednak badane obszary położone są w zlewni potoku Pożory, u podnóża stromych, nieprzerwanie w przeszłości zalesionych stoków (Dobrowolska 1985). W świetle wszystkich przeanalizowanych źródeł drogi nie prowadziły tu nigdy do więcej jak kilku, wyjątkowo kilkunastu (obszar 3) gospodarstw. Gdyby takie przekształcenie rzeźby towarzyszyło tak niewielkiej komunikacji, to cały teren badań byłby pokryty wciostami. Pokrywy zwietrzelinowe zlewni Pożory również nie predysponują do tak dużej modyfikacji terenu (w zlewni Zalasówki zidentyfikowano utwory lessopodobne o miąższości 5 m w dużo większym stopniu podatne na erozję). Kluczową jest tu analiza układu komunikacyjnego okolicy. Głównym grzbietem Pasma Brzanki biegła droga, która rozprowadzała ruch do wsi położonych w dolinach. O jej



Fot. 6. Wypreparowywanie korzeni drzew ze ściany wciosu

Photo 6. Roots exposure from cuts road wings

intensywnym użytkowaniu w przeszłości, świadczy fakt, że do dziś widoczne są na opuszczonych – nieprzebudowanych fragmentach nawet ponad dwumetrowe wcięcia. Twardzielcowy charakter pasma, wyrównany profil podłużny wierzchowiny i brak przełomów zmuszały do komunikacji przez lokalne przełęcze. Na południowej granicy zlewni (grzbiet pasma) znajduje się kilka takich obniżeń (zob. ryc. 24). W tych punktach droga biegnąca grzbietem łączyła się ze szlakami rozprowadzającymi ruch do dolin. Znaczenie tych miejsc w przeszłości było większe niż obecnie. Zbiegały się tu drogi prowadzące do co najmniej pięciu ważnych ośrodków miejskich, położonych po przeciwnych stronach Pasma Brzanki (Jasło, Biecz, Pilzno, Tarnów, Ciężkowice). Głęboka modyfikacja rzeźby terenu na obszarach 1 i 2 może wynikać zatem z tego, że właśnie w tym miejscu, może już od czasów średniowiecza, biegły trakty łączące kluczowe miejscowości regionu. Potwierdzeniem tego mogą być informacje odnalezione w Metrykach Józefińskich (1785–1788). Według tam zawartego spisu gruntów rolnych, pola leżące w pobliżu obszarów 1 i 2 nazwane zostały „za starą drogą”. Ruch na obydwu obszarach odbywał się niezależnie (nie ma logicznego wytłumaczenia takiego przebiegu szlaku, który prowadziłby jednocześnie przez obszar 1 i 2). Drogi łączyły się dopiero na lokalnym wypłaszczeniu (w jego okolicy również zidentyfikowano podobne formy) i stamtąd biegły na jedną z przełęczy. Podobny układ zaznaczono na mapie z 1904 roku.

Nazwa szczytu pomiędzy dwiema przełęczami to Krzyżowa Góra. Etymologii należy się w tym przypadku doszukiwać w słowie skrzyżowanie. W drugiej połowie XIX wieku wybudowano tam nową drogę łączącą wsie po obu stronach pasma – Joniny-Szerzyny (Korona 1995). Jeśli przez badane obszary przebiegał ważny lokalny szlak, to od początku funkcjonowania nowej drogi zapewne stracił radykalnie na znaczeniu.

Możliwe jest również, że do takich przekształceń doprowadziła gospodarka leśna. Sieć wcięć może być skutkiem „ściągnięcia” drewna z kompleksu leśnego pokrywającego całą górną część zlewni. O ile sytuacja taka jest prawdopodobna w przypadku obszaru pierwszego, to w przypadku drugiego znacznie mniej. Pnie drzew ściągnano w dół terenu, czyli na dno doliny, a w tym miejscu musiano by je ciągnąć z doliny na wierzchowinę.

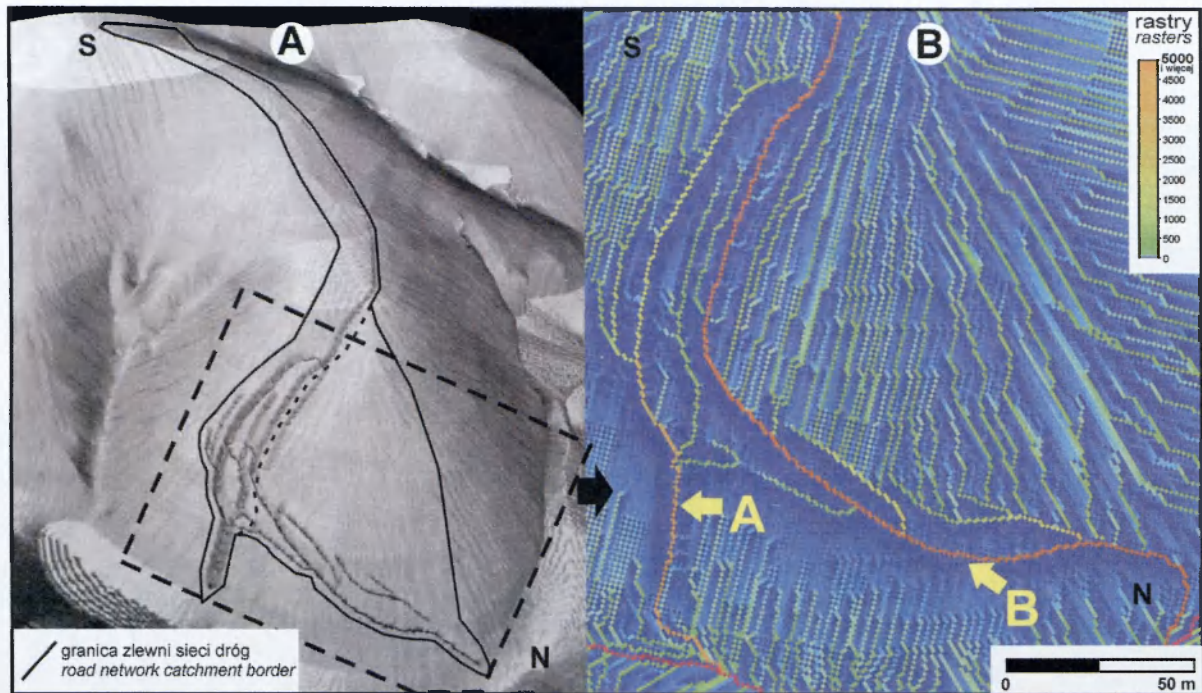
Powyższa szczegółowa analiza kierunków rozwoju i tempa zmian na nieużytkowanych wcięciach drogowych pokazuje dominującą rolę komunikacji w przekształcaniu i inicjowaniu form, ale przede wszystkim wiąże intensywność użytkowania z tempem przemian.

6.2. UDZIAŁ WCIEĆ DROGOWYCH W PRZEJMOWANIU SPŁYWU POWIERZCHNIOWEGO

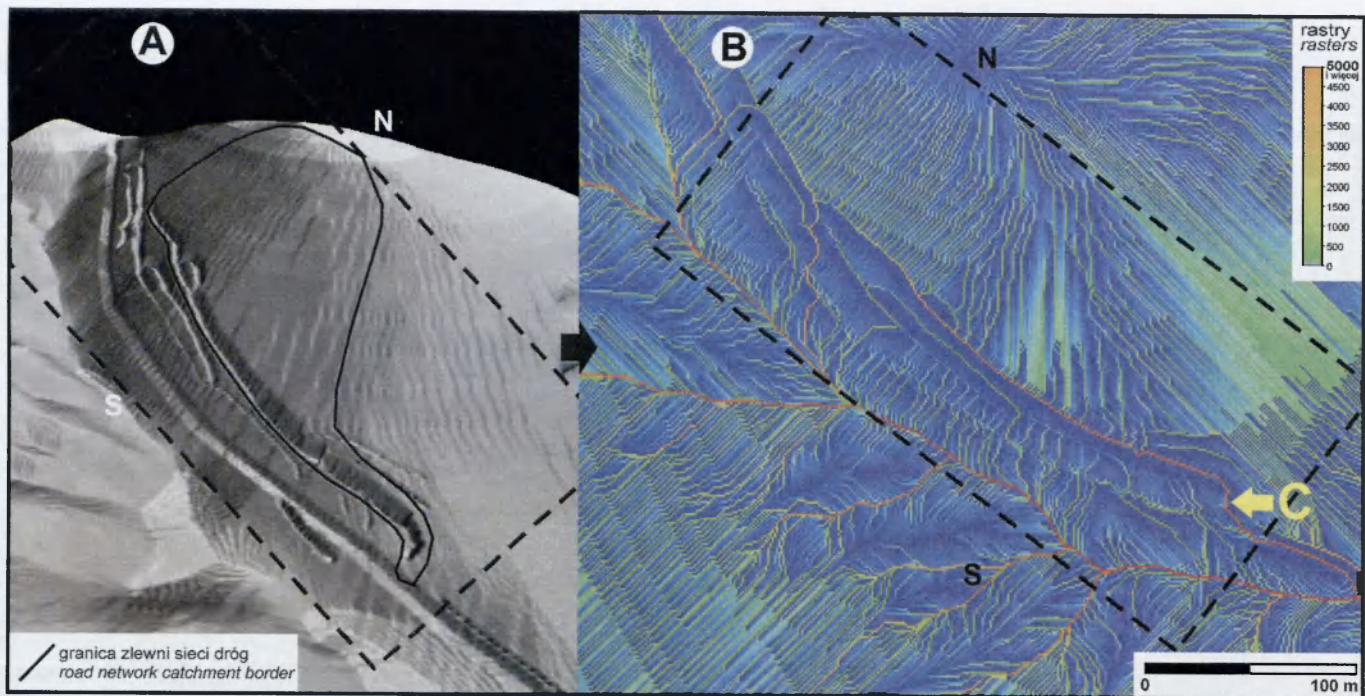
Posługując się metodą bazującą na rastrowym opisie zlewni (rozdz. 3.4) wyznaczono linie odpływu ze stoku dla obszaru 1 (ryc. 31) i 2 (ryc. 32), oraz określono powierzchnię, z jakiej układ dróg współcześnie odprowadza wodę opadową.

Przekształcony profil V-kształtny mają tylko długie ciągi wąwozów przejmujące sukcesywnie opad ze stoku. Działając jak rynna, odprowadzają odpływ, jednocześnie przekształcając profil poprzeczny formy. Krótkie fragmenty dróg, odcięte od spływu powierzchniowego, zachowały przekrój wciosu skrzynkowego.

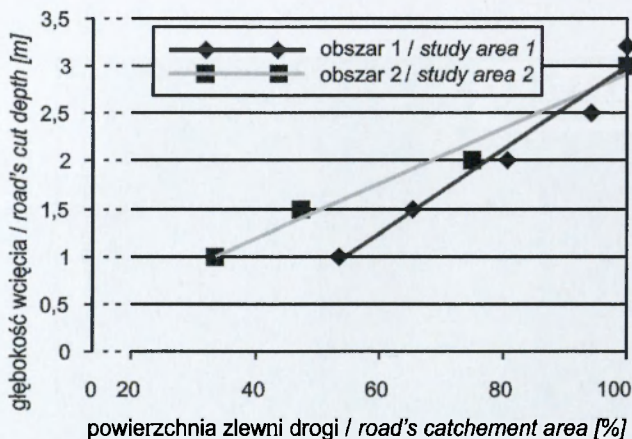
Powierzchnia, z jakiej układ dróg na obszarze 1 przejmuje opad, wynosi 2,5 ha, a głównym ciekim jest wciós IV etapu (640 metrów długości) (ryc. 31). W przeszłości, gdy nie funkcjonowały etapy IV, V, VI powierzchnia tej mikro-zlewni była jeszcze mniejsza. W drugim przypadku, czyli na obszarze 2, powierzchnia zlewni wynosi zaledwie 1,3 ha. Mały rozmiar rekompensują duże nachylenia terenu (15–30 stopni) (ryc. 32). Praktycznie cały spływ przejmuje wciós I etapu. Wciós pogłębia się wraz z przejmowaniem coraz to większej ilości linii odpływu. W dolnym odcinku jest to klasyczne V-kształtne trzymetrowe wcięcie. W części górnej i środkowej przypomina parów z intensywną akumulacją. Gromadzi się tam duża ilość materiału organicznego, która dostarczana jest ze stoku oraz ścian wcięcia. Konfrontując obserwacje terenowe z wyznaczonymi liniami odpływu (ryc. 31 i 32), zaobserwowano następującą korelację: im więcej linii odpływu przejmuje ze swoim biegiem ciek główny (droga), tym głębsze jest jego wcięcie, choć spadek w dół stoku istotnie nie rośnie. Na wykresie (ryc. 33) zestawiono głębokość wcięcia drogowego z powierzchnią zlewni, z jakiej forma odprowadza odpływ. Pomiarów dokonano dla cieków głównych obszarów 1 i 2. Z pomiarów wyłączono górne fragmenty, których profil poprzeczny nie został do dziś przeobrażony w V-kształtny. Obserwacje potwierdzają, że decydujące o tempie pogłębiania formy są 4 czynniki: odporność podłoża, spadek drogi, długość drogi spływu i natężenie użytkowania (Froehlich 1991). W tym przypadku podłoże na obydwu obszarach jest porównywalne, podobnie profil podłużny,



Ryc. 31. Obszar 1. A – zlewnia sieci dróg (przewyższenie 2x), B – linie odpływu z dolnej części zlewni drogi
 Study site 1. A – road network catchment border (exaggeration 2x), B – flow lines from lower part of road network catchment



Ryc. 32. Obszar 2. A – zlewnia sieci dróg (przewyższenie 2x), B – linie odpływu w zlewni drogi
 Study site 2. A – road network catchment border (exaggeration 2x), B – flow lines from road network catchment



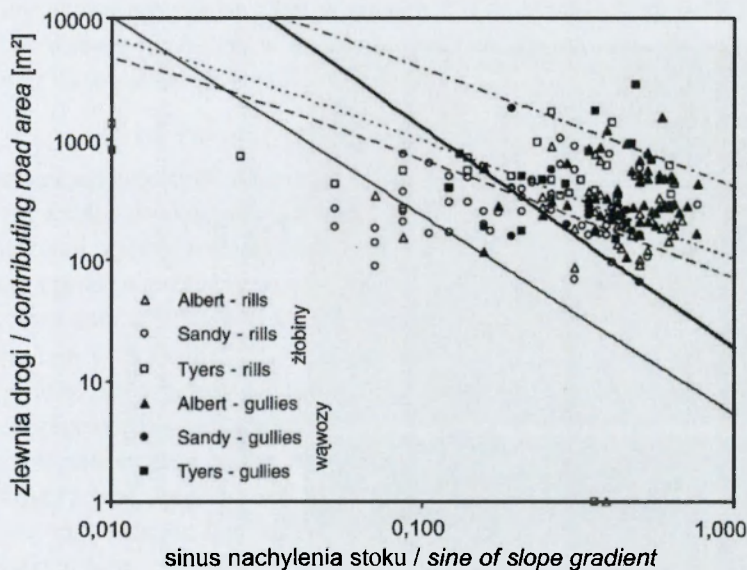
Ryc. 33. Głębokość wcięcia a procent odwadnianej powierzchni stoku

Depth road cuts in relation to percentage of drained slope area

brak też jest ruchu kołowego. Kluczowym dla głębokości form jest więc procent odwadnianej powierzchni stoku. Wraz z odprowadzaniem coraz większej ilości wody rośnie głębokość wcięcia. Podobne zależności badane są na drogach Australii i USA (ryc. 34). Możliwe, że ta relacja warunkowała zmiany sieci drogowej. W przeszłości opuszczenie jednej drogi determinowało wytyczenie kolejnej. Jednak zaniechanie użytkowania wcale nie oznaczało stagnacji formy. Jeśli tylko uczestniczyła ona w obiegu wody na stoku, wcięcia rozwijały się nadal. W efekcie, współcześnie obserwujemy zainicjowane przez drogi V-kształtne wciosis rozcinające pokrywy aż do podłoża skalnego.

Badania wciętych dróg przeprowadzonych przez J. Arnaez i V. Larre'a (1994) w Górach Iberyjskich wykazały pozytywną korelację pomiędzy nachyleniem stoku i spadkiem wcięcia drogowego oraz nachyleniem stoku i długością wcięcia drogowego. Korelację negatywną stwierdzono pomiędzy nachyleniem stoku a szerokością dna wcięcia. Podobne zależności wykazał W. Froehlich (1991) w zlewni Homerki (Beskid Sądecki). Według badań tego autora występuje liniowa zależność pomiędzy długością drogi i tempem pogłębiania, analogicznie pomiędzy tempem pogłębiania i spadkiem, przy czym zależności te dotyczą dróg poprowadzonych prostopadłe do nachylenia stoku.

Wiosną 2007 roku na obszarze 1 i 2 założono repery (rury ze skalą, umieszczone w dnie wciosis), celem monitoringu zmian. Do czerwca 2009 roku nie zanotowano pogłębiania wciosis na żadnym z odcinków, wręcz przeciwnie – obserwowano tylko akumulację, głównie materiału organicznego. Przekroje podłużne wskazywały jednak na fluwialny charakter procesów modelujących badane, opuszczone drogi. W związku z powyższym wysunięto hipotezę roboczą, że pogłębianie i wyprzątanie materiału odbywa się w czasie epizodycznych opadów nawalnych, podczas których występuje spływ powierzchniowy. W dniu



Ryc. 34. Wartości progowe dla powstawania wciosu na drodze nieutwardzonej (Takken i in. 2008)

Threshold to rills and gullies initiation at the roads (Takken i in. 2008)

27 czerwca 2009 roku zanotowano opad, który spowodował wezbranie w zlewni Pożory i zlewniach sąsiednich. Suma dobowego opadu, zanotowana w stacji meteorologicznej Tarnów (stacja oddalona 20 km na północ od badanych obszarów), tego dnia wyniosła 69 mm, a w tygodniu poprzedzającym 51 mm. Cały opad w dniu 27 czerwca trwał 2–3 godziny. Badając jego skutki geomorfologiczne zaobserwowano największe szkody w zlewniach potoków spływających z progu Pogórza (np. Wątok). W zlewniach położonych na południe od progu szkody były mniejsze (Gębica, Krocak 2009). Na tej podstawie można przyjąć, że opad w zlewni Pożory był mniejszy niż 69 mm. Niemniej jednak spowodował on pierwsze w badanym okresie uaktywnienie głównych form podrogowych na obszarach 1 i 2. W dolnych odcinkach obszaru 1, gdzie drogi rozcinają czoło terasy, zaobserwowano erozję i wyprzątnięcie części zakumulowanego materiału, miejscami do 0,3 m (wylot zachodni na obszarze 1). W obszarze 2 (wylot głównej formy etapu I), nie nastąpiło rozcięcie, ale widoczne były ślady przemieszczania zakumulowanego wcześniej materiału. We wszystkich trzech przypadkach (fot. 7 – A, B i C), miejsca pojawienia się erozji i odpływu w drodze były zgodne z symulacją przeprowadzoną powyżej (ryc. 31 i 32 – litery A, B i C). Również skala procesu jest zbieżna z otrzymanymi wynikami teoretycznymi. Według symulacji,



Fot. 7. Miejsca pojawienia się spływu powierzchniowego po opadzie z 27 czerwca 2009.

A – fragment obszaru 1. Wschodnie rozcięcie terasy (poniżej punktu 1b na ryc. 25). B – fragment obszaru 1. Zachodnie rozcięcie terasy. W tle widoczny próg etapu V (punkt (6) na ryc. 25). C – fragment obszaru 2. Wylot głównej formy etapu I.

Photo 7. Places where run-off surface were noted after storm 27 June 2009.

A – fragment of study site 1. East part of scarp river terrace (below 1b point at the fig. 25). B – fragment of study site 1. West part of scarp river terrace. Threshold in the background (point 6 at the fig. 25). C – fragment of study site 2. The end of main form.

najmniejszy obszar odwadniany jest w punkcie C i A, a największy w B. Identyczne obserwacje poczyniono w terenie po opadzie. Największa siła erozyjna wody wystąpiła w punkcie B (fot. 7 – litera B).

6.3. OSADY OPUSZCZONYCH WCIĘĆ DROGOWYCH

Na wszystkich zidentyfikowanych w terenie badań, opuszczonych wcięciach drogowych, występuje akumulacja o różnym natężeniu. W zależności od jej tempa i powierzchni, z jakiej wcięcie odprowadza odpływ, gromadzony materiał jest wyprzątnany i profil poprzeczny wciosu jest przekształcany (rozd. 6.2). W części form po zarzuceniu użytkowania taki proces jeszcze nie nastąpił.

Na obszarze 1 i 2 (rozd. 6.1.) współdziałanie procesów naturalnych i człowieka doprowadziło do odprowadzenia z wcięć drogowych co najmniej 3 tys. m³ materiału w pierwszym przypadku (fot. 8) i 2,5 tys. m³ w drugim (fot. 9). Nierozstrzygnięte zostaje pytanie o czas, w którym ten proces nastąpił. Jedyne reperowy punkt to przebieg drogi w roku 1850. Materiał, który został usunięty z drogi pochodzącej z tego okresu i późniejszych fragmentów stanowi około 25% kubatury wszystkich form.



Fot. 8. Opuszczone wcięcie drogowe na obszarze 1
Photo 8. Abandoned road's cuts in study site 1

W celu poznania budowy wciosu drogowego oraz osadów wypełniających, wykonano wkop na jednym z fragmentów opuszczonej drogi w obszarze 2 (fot. 10). Profil wykonano ok. 80 metrów od końca wcięcia etapu I (zob. ryc. 25), w miejscu gdzie wciós traci charakter parowu i przekształca profil w V-kształtny. Oprócz struktury i składu osadów zbadano utwory, w jakich forma została wycięta.

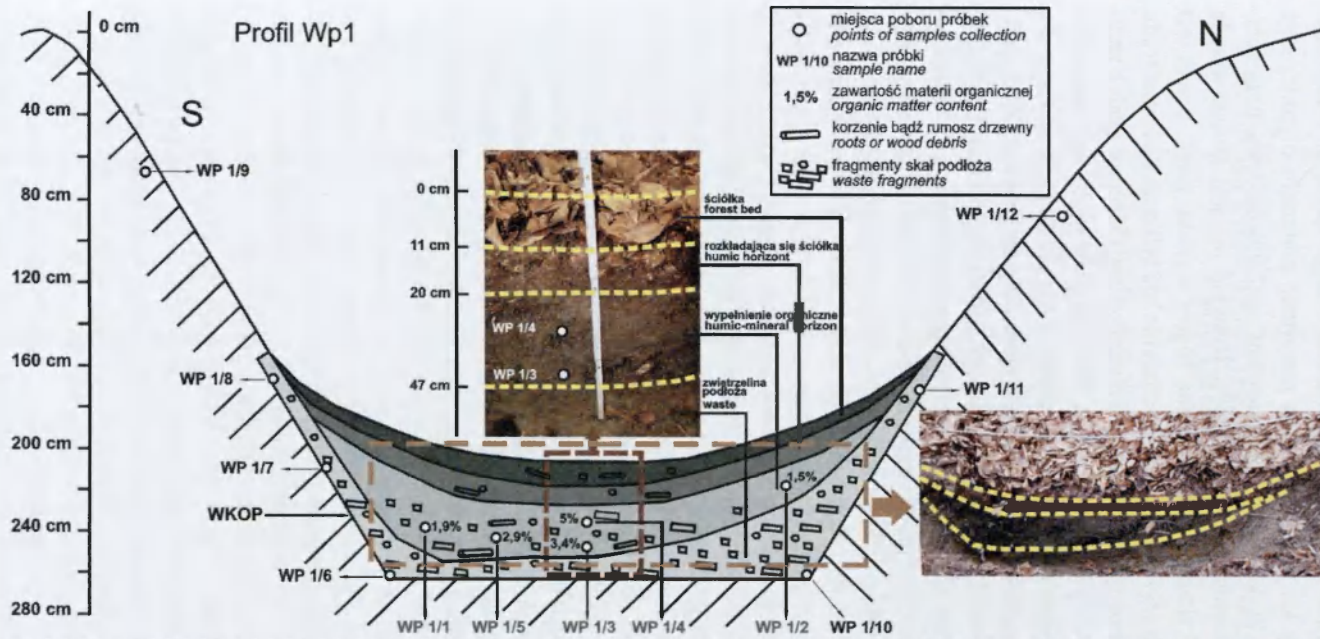


Fot. 9. Opuszczone wcięcie drogowe na obszarze 2
Photo 9. Abandoned road's cuts in study site 2

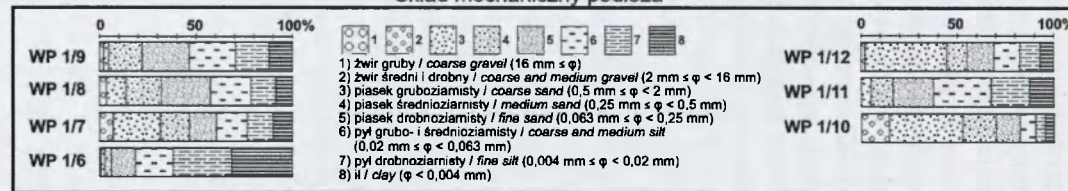


Fot. 10. Miejsce wykonania wkopu (obszar 2)
Photo 10. Place where outcrop were made (study site 2)

Na rycinie 35 przedstawiono przekrój poprzeczny wkopu. Osady można uznać za dwudzielne. Ich miąższość, w wyniku przemieszczania grawitacyjnego, jest największa w osi formy (47 cm) i maleje ku krawędziom. Na podłożu zwietrzelinowym zalegają rozłożone osady organiczne wymieszane z materiałem dostarczonym ze skarp, a nad nimi nierozłożone liście, gałęzie itp. Granica nie jest wyraźna, dlatego wydzielono strefę przejściową o miąższości 9 cm w osi formy. We wszystkich warstwach znajduje się gruba zwietrzelina i rumosz skalny



Skład mechaniczny podłoża



Ryc. 35. Przekrój poprzeczny wciosu
Cross-section of cut road

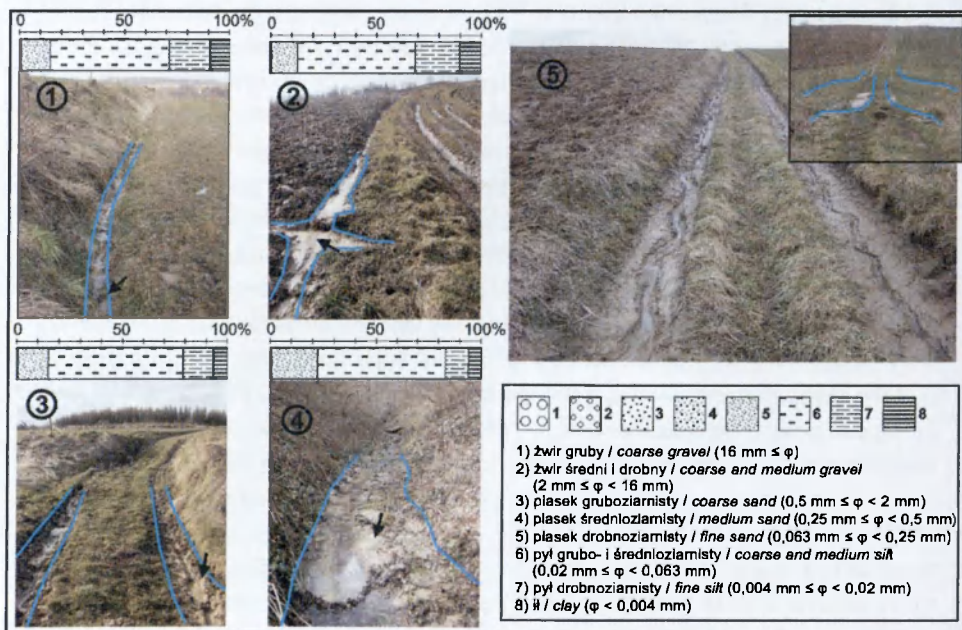
(największy okruch jaki znaleziono był wielkości cegły). Z najniższej warstwy pobrano w rozkładzie poziomym i pionowym próbki materiału wypełniającego i określono w nich zawartość procentową materiału organicznego. Przemieszczając się od osi formy ku jej krawędziom zawartość materiału organicznego wyraźnie zmniejsza się: w kierunku południowym od 2,9% do 1,9% przy ścianie, a w kierunku północnym spada do 1,5%. Rozkład ten jest konsekwencją rzeczywistej wysokości skarp wcięcia. Ściana N jest wyższa, gdyż wcięta jest w stok od strony grzbietu. Sytuacja ta ma przełożenie nie tylko na ilość materiału organicznego dostarczanego do wciosu, ale i zwietrzeliny. Okruchy skalne znajdujące się w całym profilu wykazują tendencję do segregacji grubszego materiału w osi. Warstwa ściółki, która składa się głównie z liści i drobnych patyków ma miąższość ponad 10 cm. W profilu pionowym widoczna jest wyraźna kompaktacja ściółki oraz jej rozkład. W podłożu, w którym forma została wycięta, nie stwierdzono kolein ani innych śladów przemawiających za tym, że akumulacja zaczęła następować bezpośrednio po zaprzestaniu użytkowania drogi. Dno jest wyrównane z ostrą granicą, nachylone w przekroju poprzecznym na S pod kątem 5–10° i łagodnym przejściem między ścianami. Badany obszar położony jest w obrębie pokryw zwietrzelinowych górnokredowych warstw godulskich, wykształconych w litofacji piaskowo-łupkowo-zlepieńcowatej (Neścieruk i in. 1995). Celem określenia składu granulometrycznego pokryw, na których rozwinęła się sieć wcięć, z miejsc zaznaczonych na rycinie 35, pobrano próbki utworów podłoża. Widoczne jest zwiększanie się ilości materiału o grubszej frakcji, wraz z przemieszczaniem się z dolnej do górnej części formy. Świadczyć to może o wymywaniu z grzędy drobnych utworów i deponowaniu ich w dnie. Możliwe jest również, że takie zróżnicowanie w profilu (szczególnie S) jest skutkiem wietrzenia cienkich ławic skał wychodzących w tym miejscu na powierzchnię. Według informacji uzyskanych od gleboznawcy nie jest możliwe wmycie tak dużej ilości drobnego materiału z górnych warstw profilu do dolnych (Płoskonka D. – informacja ustna).

7. ROLA DRÓG W TRANSFERZE I ODPROWADZANIU WODY I MATERIAŁU ZE STOKU

7.1. DROGI POLNE JAKO ŹRÓDŁO I TRASA TRANSPORTU ZWIETRZELINY

Na rolę dróg polnych, jako źródeł zwietrzeliny i uzupełnienie sieci hydrograficznej w Karpatach fliszowych, zwracało uwagę wielu badaczy (Klimaszewski 1935; Froehlich, Słupik 1980, 1986; Froehlich 1991; Lach 1984; Soja 2002 i in.). Kierując się wnioskami wyżej wymienionych autorów sprawdzono, czy w badanych zlewniach drogi uczestniczą w obiegu wody i transporcie materiału (zwietrzeliny). W tym celu w czasie wiosennych roztopów kartowano miejsca erozji i akumulacji, w których stwierdzano ślady działalności wód roztopowych. Były to głównie bruzdy, drogi, stożki napływowe i koryta potoków. Badanie przeprowadzono w zlewni Zalasówki, po roztopach typu solarne, około tydzień po zaniku pokrywy śnieżnej. W dniu kartowania (16 marca 2009) zostały jedynie pojedyncze płyty śniegu w zagłębieniach. W korytach dopływów głównego cieku oraz w jego górnym odcinku stwierdzono maksymalnie dwudziestocentymetrowy ślad wzrostu poziomu wody. Ślady działalności wód roztopowych na drogach polnych i stokach zachowały się stosunkowo dobrze, gdyż w okresie badań nie były jeszcze użytkowane. Z powodu bardzo spokojnego przebiegu roztopów materiał uruchomiony został tylko na terenach pozbawionych pokrywy roślinnej (pola orne) i drogach polnych. Materiał został zakumulowany, tam gdzie były ku temu dogodne warunki terenowe. Zidentyfikowano kilkadziesiąt takich miejsc. Idąc od wierzchowiny w kierunku den dolin lokalizowano w pierwszej kolejności strefy akumulacji na polach i w bruzdach. Następnie na podstawie form prześledzono trasę grawitacyjnego odpływu. W większości przypadków (3/5) odpływ z pola odbywał się za pośrednictwem drogi. W trzech profilach pobrano próbki materiału, który był akumulowany w miejscach transportu (rzędy, bruzdy, koleiny i inne zagłębienia) i określono skład mechaniczny. Jeden z profili przedstawiono na rycinie 46 (1–4). Profile dobrano tak, aby możliwie jak najdokładniej odtworzyć drogę transportu materiału, co do którego znane było źródło pochodzenia (pole). Wyniki analizy granulometrycznej wykazały, że materiał pobrany w poszczególnych profilach jest bardzo jednorodny. Do 90% składu stanowią pyły. Reszta osadu to piasek drobnoziarnisty, przy czym jego udział minimalnie rośnie w korycie potoku. Należy to wiązać z dostawą materiału z podcięć. Skład mechaniczny osadów z próbek świadczy o tym, że materiał zdeponowany na różnych etapach transportu jest tym samym, który za pośrednictwem bruzd i dróg odprowadzany jest z pól do potoku lub akumulowany w dnie

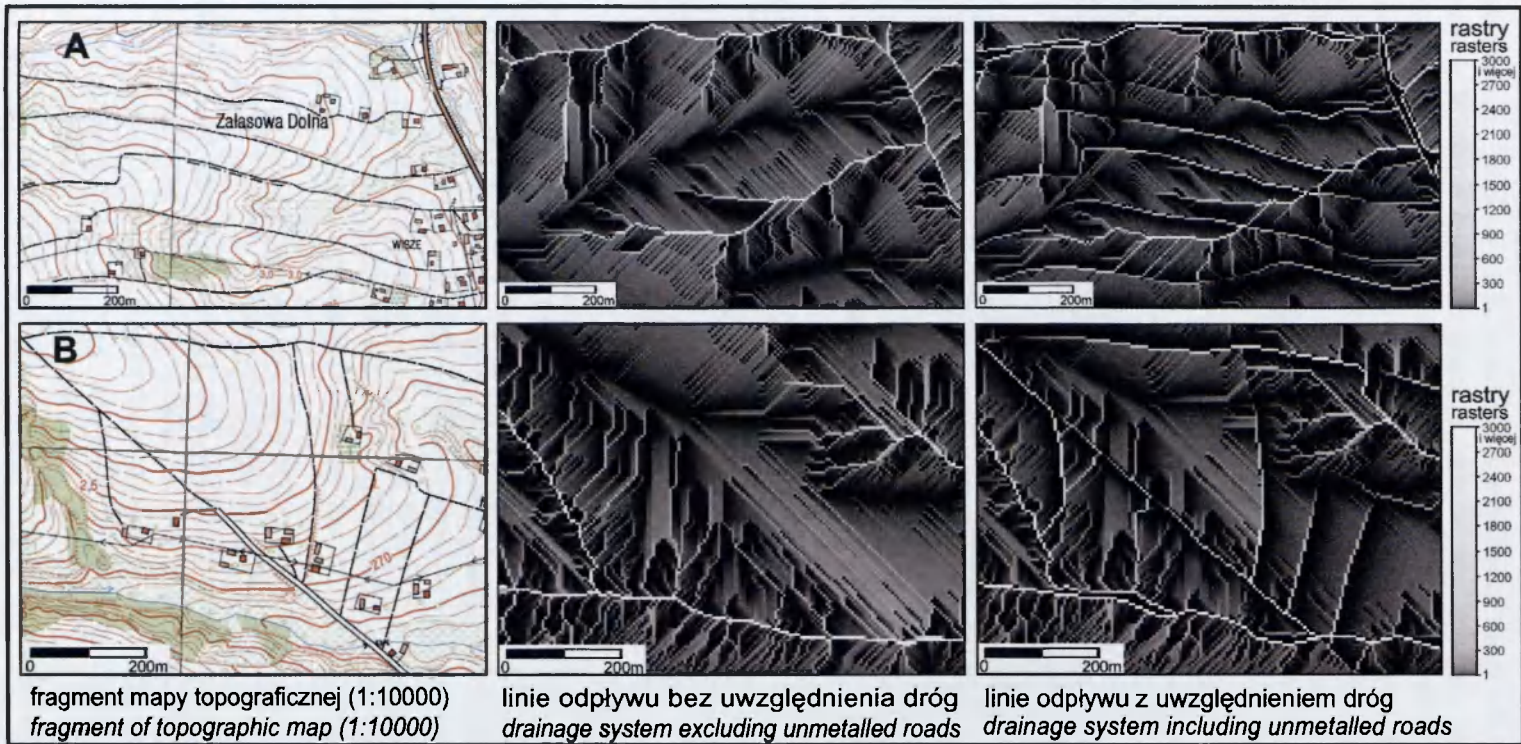
doliny. Spostrzeżenia te potwierdzają badania stacjonarne prowadzone nad spletkiwaniem i spływem powierzchniowym (m.in. Gil 1976, 1986, 1999; Froehlich, Słupik 1980; Bochenek 2002). Według J. Świąchowicz (2002b) w warunkach pogórskich materiał odprowadzany z pól ornych w większości jest akumulowany u podnóża stoku. Tylko w czasie największych opadów może być dostarczony do koryta ciek. W badanym terenie większość dróg łączy się z ciekami, jeśli nie bezpośrednio to za pośrednictwem rowów. W czasie kartowania rozpoznano drogi prostopadłe do nachylenia stoku łączące się z korytem, które transportowały materiał pochodzący jedynie z nich samych (ryc. 36.5)). Potwierdzają to badania prowadzone przez W. Froehlicha (1982) mówiące, że drogi polne w Karpatach są znaczącym źródłem sedymentu. Materiał na nich uruchamiany jest pierwszym, który dociera do koryta w czasie wezbrania (Krzemień 1976; Wemple i in. 2001). Odrębnych badań wymaga sprawdzenie jaki udział w bilansie sedymentacyjnym zlewni pogórskiej ma materiał wynoszony jedynie z dróg polnych.



Ryc. 36. Bruzdy i drogi polne jako źródło i trasa transportu zwietrzliny
Rills and unmetalled roads as source and waste transport lines

7.2. DROGI POLNE JAKO UZUPEŁNIENIE NATURALNEJ SIECI DRENAŻU

Źródłem danych dotyczących parametrów zlewni są najczęściej wielkoskalowe mapy topograficzne bądź zdjęcia lotnicze. Parametry wyliczane na ich podstawie stanowią ważną składową modeli odpływu, takich jak GIUH (*Geomorphological Instantaneous Unit Hydrograph*). Danymi wejściowymi są m.in. geomorfologiczne wskaźniki praw Hortona (bifurkacji, długości cieków i powierzchni zlewni cieków), które określają hierarchię cieków i ich obszarów zlewiskowych. Punktem wyjścia do określenia wskaźników jest nadanie



Ryc. 37. Mapy linii odpływu w dwóch badanych przypadkach
Flow lines from slope, which are constructed for two representative examples

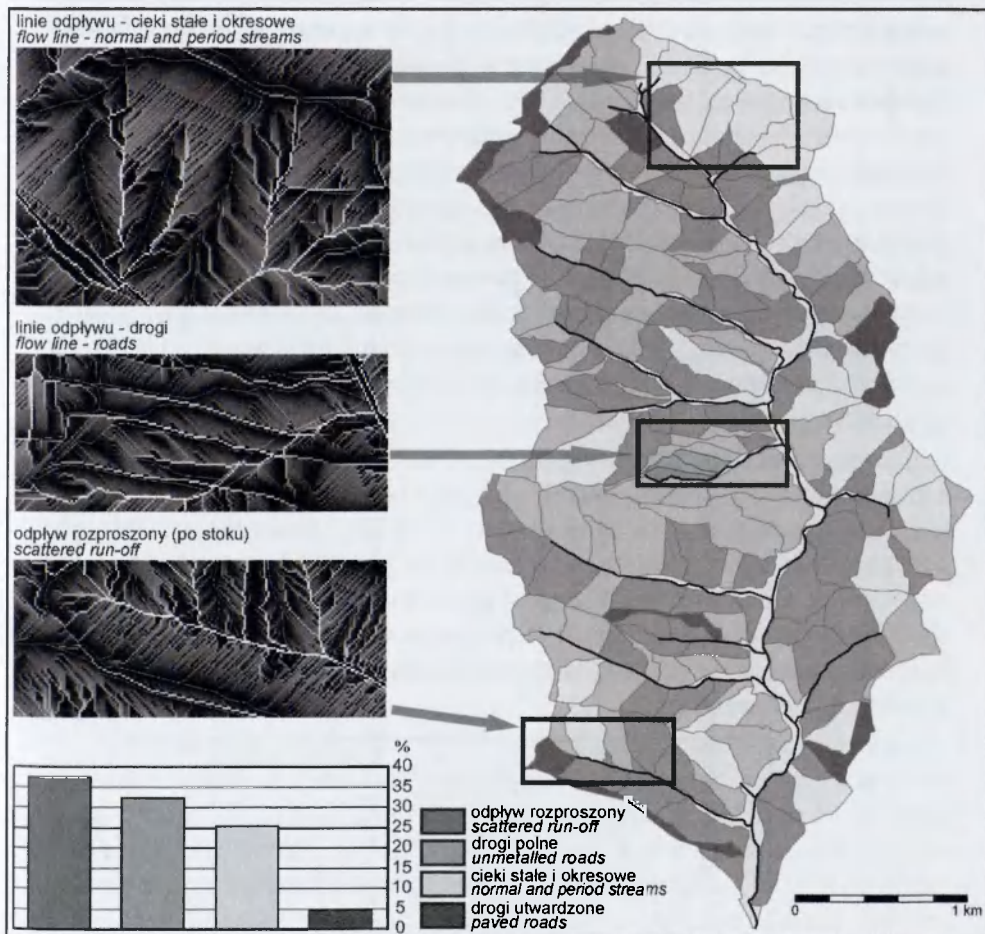
każdemu ciekowi rzędu (rząd pierwszy posiadają cieki inicjalne), a następnie określenie jego długości i powierzchni obszaru, z którego odprowadza opad (zlewnia elementarna). Bazując w tym przypadku na informacjach odczytanych z mapy, można policzyć poszczególne wskaźniki tylko na podstawie sieci rzecznej. Nie ma możliwości włączenia do obliczeń sieci dróg jako systemu drenażu. Uwzględnienie sieci dróg przy sporządzaniu map sieci drenażu umożliwia natomiast zastosowanie cyfrowego modelu wysokościowego.

Wykorzystując metodę bazującą na rastrach (rozd. 3.4) podjęto próbę włączenia sieci dróg do systemu odprowadzania opadu ze zlewni. Następnie porównano układ drenażu na mapie topograficznej z układem wygenerowanym z cyfrowego modelu wysokościowego, w dwóch wariantach: z lub bez udziału dróg. W ten sposób powstała mapa linii odpływu ze stoku, rozpatrzona dla przypadku z drogami oraz bez dróg. Wygenerowane mapy znacząco różnią się od siebie (ryc. 37).

Powyższy wynik pokazuje potrzebę posiadania dokładnej bazy opartej na DEM-ie i charakteryzującej wszystkie małe zlewnie w regionach. Podkreślić należy, że istnieją już zagraniczne bazy danych obejmujące swoim zasięgiem całe kraje, np. Słowacja (Solin i in. 2000). W warunkach polskich „odręczne” określanie kierunków odpływu ze stoku, z udziałem dróg i teras rolnych, zastosowała E. Czyżowska (1997a). Kierunki odpływu znaczone były strzałkami na podstawie interpretacji zdjęcia lotniczego. Wykorzystanie DEM-u do określenia parametrów zlewni, w celu budowy modelu odpływu, znane jest w literaturze angielskiej od kilkunastu lat (np. Snell, Sivapalan 1994). Algorytm tu użyty nie był jednak wykorzystany do badania skali modyfikacji naturalnej sieci drenażu przez sieć dróg. Jako główną przyczynę należy upatrywać nieuwzględnianie sieci dróg przy budowie hydrogramu odpływu. Zbliżone wykorzystanie DEM-u do prezentowanego w niniejszej pracy odnaleźć można w badaniach australijskich (Takken i in. 2008). Badane są obszary zlewiskowe dróg, które określa się na podstawie cyfrowego modelu wysokościowego. Służą one zdefiniowaniu m.in. progów (zależność nachylenie drogi i powierzchni zlewiska drogi), po przekroczeniu których opad może wywołać zmiany geomorfologiczne (wcięcia) na drodze nieutwardzonej. Tak samo, poprzez określenie kierunku odpływu i dopływu do dróg z poszczególnych fragmentów zlewni, ustalany jest charakter linii drenażu oraz modyfikacje kierunków spływu powierzchniowego (Croke i in. 2005).

7.2.1. WPŁYW DRÓG POLNYCH NA ZMIANĘ LINII SPŁYWU I HYDROLOGICZNĄ FRAGMENTACJĘ ZLEWNI

W dalszym etapie pracy, stosując metodę jak powyżej (rozd. 3.4), ustalono linie spływu z udziałem sieci dróg, dla całej zlewni Zalasówki. O słuszności doboru metody świadczy fakt, że została skonfrontowana z rzeczywistością, a wynik symulacji jest bliski stanowi faktycznemu (rozd. 6.2). W tak zdefiniowanej zlewni wydzielono 186 elementarnych obszarów zlewiskowych w ten sposób, że każdy z nich łączył się z główną doliną bądź jej dopływem i funkcjonował nie-

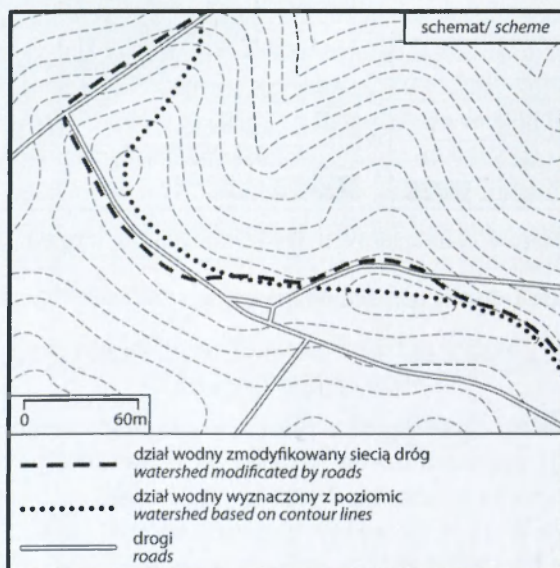


Ryc. 38. Mapa obszarów elementarnych wydzielonych ze względu na charakter ciekіu głównego

Initial catchments distinguished by the main flow line type

zależnie od obszaru sąsiedniego. W każdym obszarze elementarnym zaznaczono ciek główny. Jako ciek główny (linię odpływu) potraktowano ciąg kolejnych rastrów o najwyższych, rosnących w dół stoku wartościach. Wszystkie elementarne obszary zlewiskowe zostały podzielone na 4 grupy ze względu na charakter cieku głównego (ryc. 38). Ze względu na szorstkość podłoża cieku głównego wyodrębniono 4 typy: ciek stały bądź okresowy, droga nieutwardzona, droga asfaltowa, odpływ rozproszony (brak skoncentrowanego odpływu). Dla całej wyznaczonej linii odpływu przyjęto taki typ podłoża, jaki stanowił największy udział. Podczas gwałtownego opadu niska szorstkość podłoża przyczynia się do przyspieszenia odpływu i szybszej kulminacji fali wezbraniowej. Szorstkość podłoża cieku jest również składową modeli odpływu. W zlewni Zalasówki z 37% powierzchni zlewni opad jest odprowadzany do doliny za pośrednictwem sieci dróg (zarówno asfaltowych jak i nieutwardzonych). Podobny procent powierzchni zlewni (38%) to obszary, gdzie nie ma skoncentrowanego odpływu, czyli opad spływa po stoku bezpośrednio do doliny, a 25% obszaru odwadnianie jest przez sieć cieków naturalnych. Stan taki jest konsekwencją antropopresji, która ingeruje w naturalny mechanizm obiegu wody w zlewni.

Lewobrzeżna część zlewni to obszar o nachyleniach większych względem części prawobrzeżnej (zob. ryc. 19). Znajduje to odzwierciedlenie w pokryciu terenu i sieci dróg, a w konsekwencji w charakterze linii odpływu. W części prawobrzeżnej przeważają obszary odwadniane przez cieki naturalne i odpływ rozproszony. Odmienna sytuacja po obydwu stronach zlewni może determinować różne czasy reakcji na odpływ. Zaproponowany i skonstruowany za pomocą cyfrowego modelu wysokościowego podział zlewni i sieci drenażu jest zbieżny z obserwacjami terenowymi.



Ryc. 39. Modyfikacja działu wodnego przez sieć dróg
Catchment border modified by road network

Sprawdzono również wpływ dróg na modyfikację działu wodnego. Zagadnienie to jest szczególnie istotne w obszarze badań. Każde spłaszczenie wierzchołkowe jest miejscem, po którym wytyczone były (bądź są) lokalne szlaki komunikacyjne. Dział wodny poprowadzono po zewnętrznych graniach wyznaczonych elementarnych obszarów zlewiskowych zgodnie ze schematem (ryc. 39). W całej zlewni odnotowano zmianę powierzchni o 0,25 km² na plus i 0,04 km² na minus. Uzyskany wynik pokazał, że w skali zlewni zmiany są śladowe, ale jest istotna modyfikacja obszarów elementarnych. Lokalne przesunięcia działu wodnego osiągnęły maksymalnie 100 metrów.

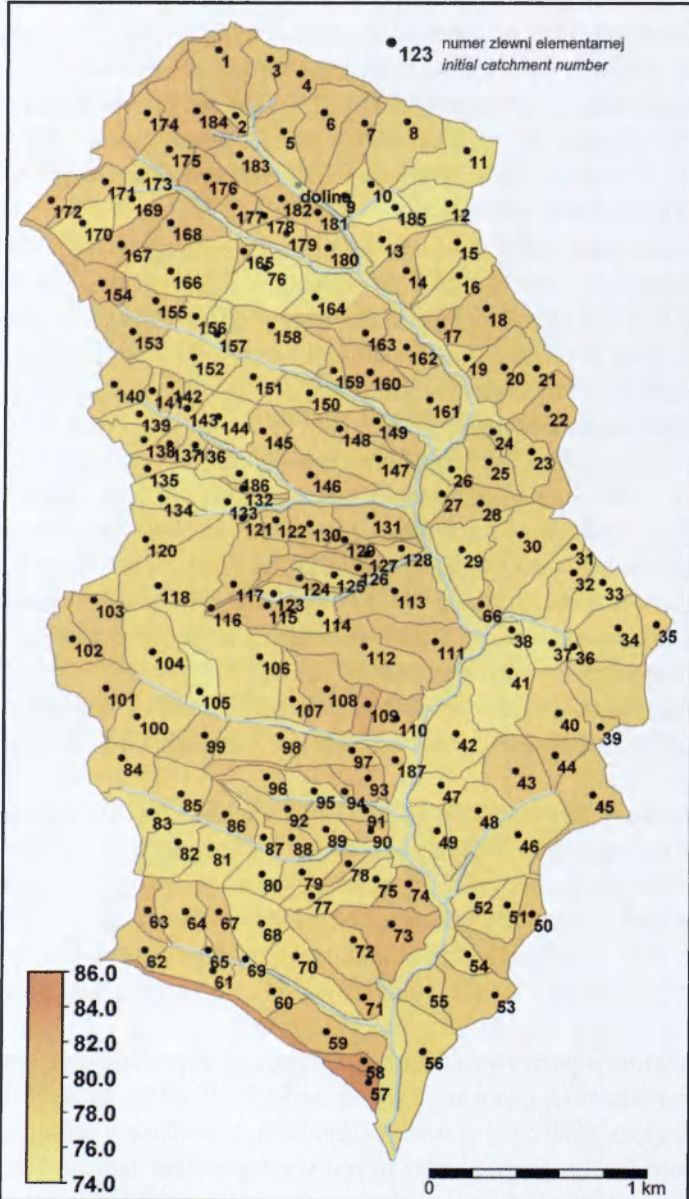
Wydzielenie funkcjonujących niezależnie elementarnych obszarów zlewiskowych wykorzystano również do sprawdzenia reakcji na opad poszczególnych fragmentów zlewni Zalasówki. Opad może się gromadzić na powierzchni terenu, spływać zgodnie z nachyleniem stoku, bądź wsiąkać i krążyć śródpokrywowo. Kierunek jego transformacji uzależniony jest w dużym stopniu od użytkowania terenu. Część opadu, która dostaje się do koryta nazywa się opadem efektywnym bądź skutecznym. Do wyznaczenia wielkości opadu efektywnego, w każdym elementarnym obszarze zlewni Zalasówki użyto metody opracowanej w USA i znanej pod nazwą SCS (*Soil Conservation Service*). Również w polskich warunkach metoda ta jest stosowana i opisana w literaturze (Jankowski 1995; Byczkowski 1996; Pociask-Karteczka 2003). Wymiernym tego efektem jest zaadaptowanie i dostosowanie wartości parametrów składowych do polskich warunków. W metodzie SCS opad efektywny uzależniony jest od:

- **rodzaju gleby**. Gleby w modelu SCS podzielone są na 4 grupy (A, B, C, D) w zależności od podatności na retencję. Zlewnia Zalasówki została zaliczona do grupy C.

- **struktury użytkowania ziemi**. Struktura użytkowania decyduje o parametrze CN (relacja opad-odpływ), przyjmuje on wartość od 0 do 100. 0 oznacza nieograniczoną chłonność, 100 – brak chłonności, wtedy opad efektywny równa się opadowi całkowitemu. Dla każdego sposobu użytkowania, warunków hydrologicznych oraz roślinności ujęto w tablice wartości parametru CN (Byczkowski 1996; Więzik, Banach 1996). Obliczono średnią ważoną dla wszystkich 186 obszarów elementarnych oraz całej zlewni (ryc. 40).

- **charakteru pokrywy roślinnej**. Określa on zależność pomiędzy stadium wegetacji a podatnością zlewni na wystąpienie opadu efektywnego i fali wezbrańowej. Przyjęto, że w całej zlewni roślinność była w okresie pełnej wegetacji.

- **stanu uwilgocenia zlewni przed wystąpieniem opadu**. Jest wyrażany przez sumę opadów z 5 dni poprzedzających opad wywołujący wezbranie (przyjęto poziom II, opad w przedziale <35mm–53mm> dla całego obszaru).



Ryc. 40. Rozkład parametru CN oraz numery zlewni elementarnych
CN parameter distribution and initial catchment number

Zależności matematyczne opisujące opad efektywny przedstawiono poniżej (za Jankowski 1995).

WZORY SCS

Wzory SCS

$$R = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

$$P_e(t) = \frac{(P(t) - S_p)^2}{P(t) - S_p + R}$$

$$S_p = uR$$

R – potencjalna retencja zlewni [mm]

CN – parametr określony dla sposobu użytkowania

S_p – straty początkowe

u – współczynnik empiryczny (0,2)

$P_e(t)$ – skumulowany opad efektywny [mm]

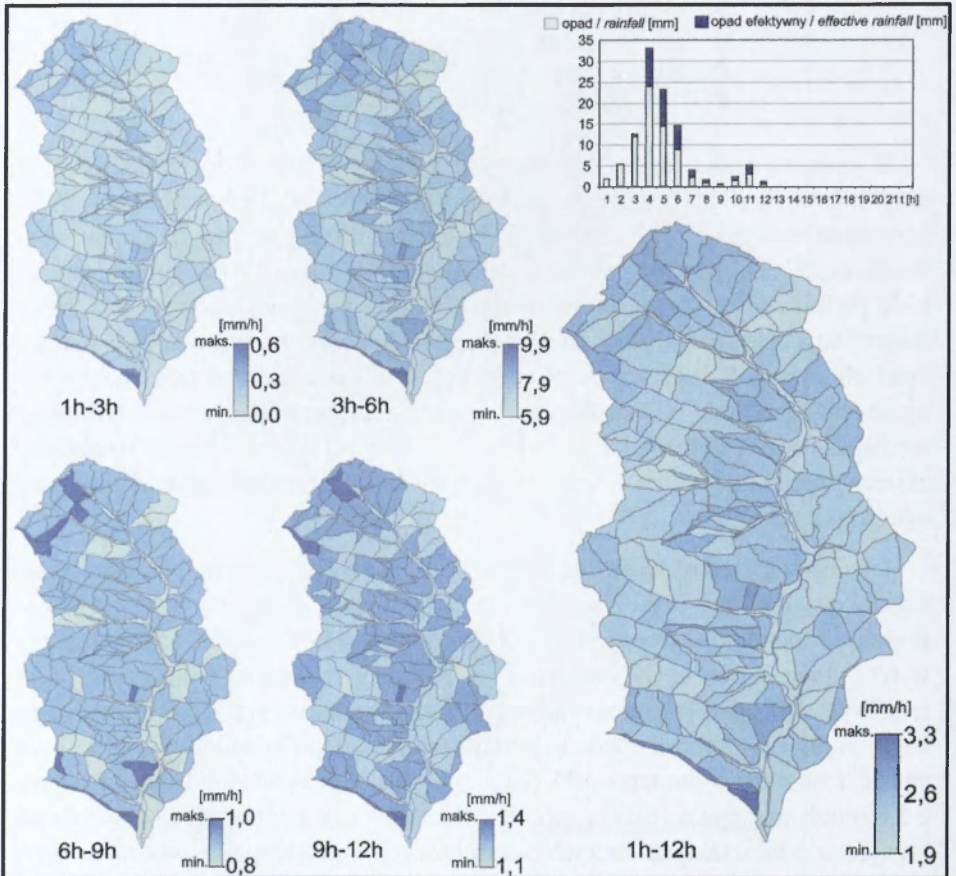
$P(t)$ – skumulowany opad całkowity [mm]

Z powodu braku danych opadowych z obszaru badań do obliczeń użyto przykładowych danych zasięgniętych z podręcznika A. Jankowskiego (1995). Sam opad efektywny nie przekłada się bezpośrednio na czas powstania fali wezbraniowej. Czas ten zależy też od innych parametrów (nachylenie terenu, szorstkość podłoża itp.), ale informuje o możliwościach retencyjnych zlewni, które determinują czas reakcji. Zastosowana w sposób tradycyjny metoda SCS określa opad efektywny nie różnicując go przestrzennie, zakładając że cała zlewnia reaguje jednocześnie. Poszczególne części zlewni reagując w różnym czasie mogą wzmacniać bądź osłabiać kulminację fali wezbraniowej. Podział zlewni na obszary elementarne, funkcjonujące niezależnie, pozwolił na przestrzenne zróżnicowanie opadu (ryc. 41).

Dwunastogodzinny opad podzielono na 4 interwały czasowe. Najistotniejsze różnice wystąpiły w przedziale 3–6 h, kiedy to opad całkowity był najwyższy. Różnice w opadzie efektywnym pomiędzy wyodrębnionymi obszarami sięgnęły w tym czasie 4 mm/h. Oznacza to, że w obszarze elementarnym o numerze 58 (zob. ryc. 40) opad przekroczył granicę strat początkowych i transformowany był w odpływ (9,9 mm/h opadu było odprowadzane), podczas gdy w tym samym czasie z obszaru o numerze 185 (zob. ryc. 40) odprowadzane było 6,1 mm/h, a 3,8 mm/h podlegało jeszcze retencji. Zastosowany podział zlewni uwydatnił różnice w potencjalnych stratach początkowych wywołanych przez różne typy zagospodarowania terenu. Wyróżniają się zlewnie elementarne poprowadzone lokalnymi grzbietami, których główną linię odpływu stanowi droga. Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na zlewnię elementarną nr 58 położoną przy południowo-zachodniej granicy Zalasówki (zob. ryc. 40). Zlewnię stanowi w 1/5 utwardzona droga lokalna łącząca dolinę z wierzchowiną. W odległości 400

m od dna doliny i 900 od działu wodnego znajduje się stacja paliw. Co kilka lat w czasie większych opadów, stacja jest zalewana przez wodę płynącą drogą. Notorycznie powtarzający się taki stan był powodem zabiegów inżynierskich chroniących obiekt przed kolejnymi zalaniem (Sikorska D., właściciel stacji – informacja ustna). Podobną sytuację zanotowano w innych obszarach o podobnych parametrach kształtu, gdzie główną linią odpływu jest droga (np. 127, 129). Wiadomości te potwierdzają wnioski wynikające z innych części pracy, mówiące o tym, że drogi przyspieszają dopływ wody ze stoków do doliny.

W pozostałych przedziałach czasowych opad efektywny zróżnicowany był w mniejszym stopniu (od 0,2 mm/h w przedziale 6–9 h do 0,6 mm/h w przedziale 1–3 h). Średni opad efektywny w czasie całego zdarzenia opadowego (12 h) był w granicach 1,9–3,3 mm/h.



Ryc. 41. Rozkład opadu efektywnego w przedziałach czasowych
Effective rainfall distribution in time intervals

7.2.2. MODYFIKACJA WSKAŹNIKÓW PRAW HORTONA JAKO ODZWIERCIEDLENIE ZMIAN W NATURALNEJ SIECI DRENAŻU

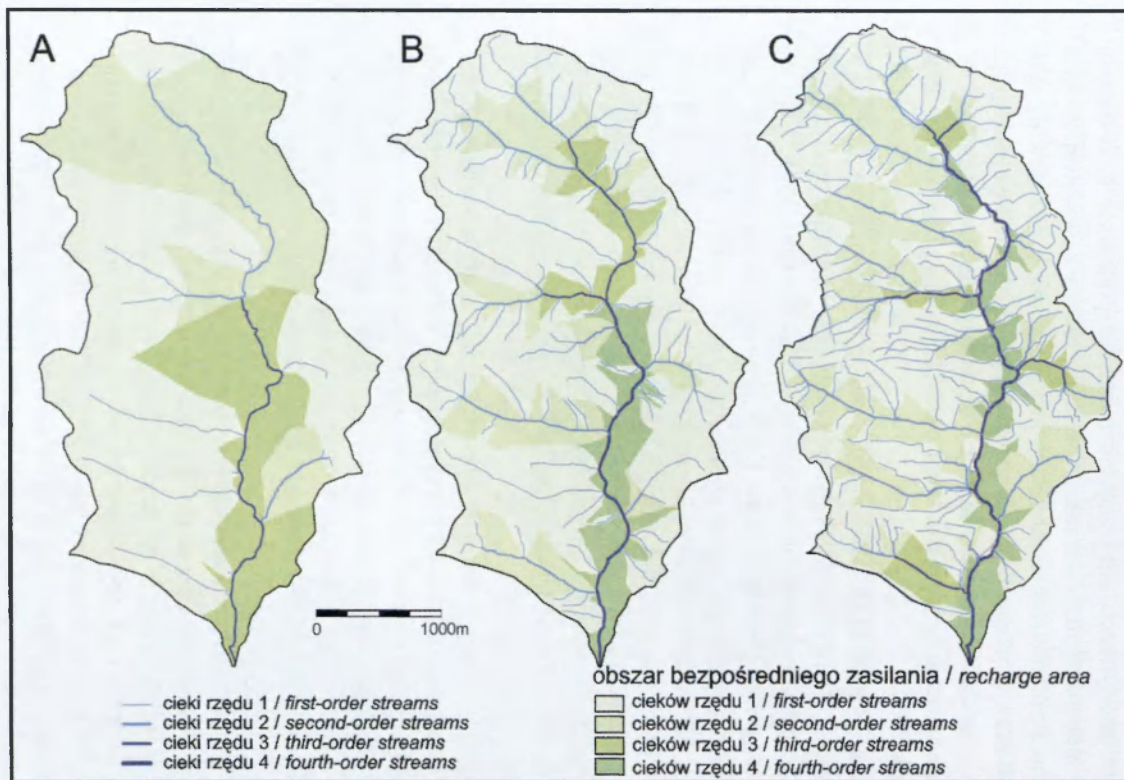
Przy konstruowaniu modelu odpływu, szczególnie ze zlewni niekontrolowanej, istotna jest dokładność danych wejściowych. Mają one często charakter empiryczny, są efektem rozważań teoretycznych bądź też wynikiem analiz nie uwzględniających modyfikacji antropogenicznych. Na podstawie tych danych określa się, czy zlewnia spełnia warunki, w których można zastosować modele odpływu. Jednym z parametrów w modelach jest spełnianie przez zlewnię geomorfologicznych praw Hortona. Prawa Hortona określają hierarchię cieków i ich zlewni – są wielkościami bezwymiarowymi. Podstawowym elementem typologicznym jest rząd cieków, przy czym rzędem 1 określa się ciek, które mają punkty źródłowe (Więzik 1987).

Na przykładzie Zalasówki sprawdzono, czy pogórska zlewnia zmodyfikowana siecią dróg spełnia te prawa i w jaką stronę podąża ewentualna modyfikacja. W toku analizy porównano sieć drenażu w zlewni w trzech przypadkach (ryc. 42). W pierwszym przypadku wskaźniki praw Hortona obliczono na podstawie sieci rzecznej zaznaczonej na mapie topograficznej w skali 1:10 000. Na bazie cyfrowego modelu wysokościowego wykonano dwie kolejne mapy: z oraz bez dróg. W tych przypadkach jako ciek inicjalny (pierwszego rzędu) potraktowano ciąg kolejnych rastrów o rosnących wartościach. Żeby ciąg rastrów mógł być potraktowany jako ciek, musiał odprowadzać odpływ z co najmniej 80 rastrów (2000 m²). Minimalną długość ustalono na 200 m. Warunki progowe uznano za najbliższe stanowi faktycznemu.

Sieć drenująca zlewnię ma charakter hortonowskiej, kiedy wartość wskaźników zmienia się w postępie geometrycznym o stały iloraz przy zmianie rzędu cieków. Związek ten można określić metodą najmniejszych kwadratów odległości (Jankowski 1995). Jeżeli punkty leżą na jednej prostej bądź w jej najbliższym sąsiedztwie, związek można uznać za wyraźny a zlewnię za hortonowską. Na rycinie 43 przedstawiono wykresy obrazujące takie zależności w badanych przypadkach.

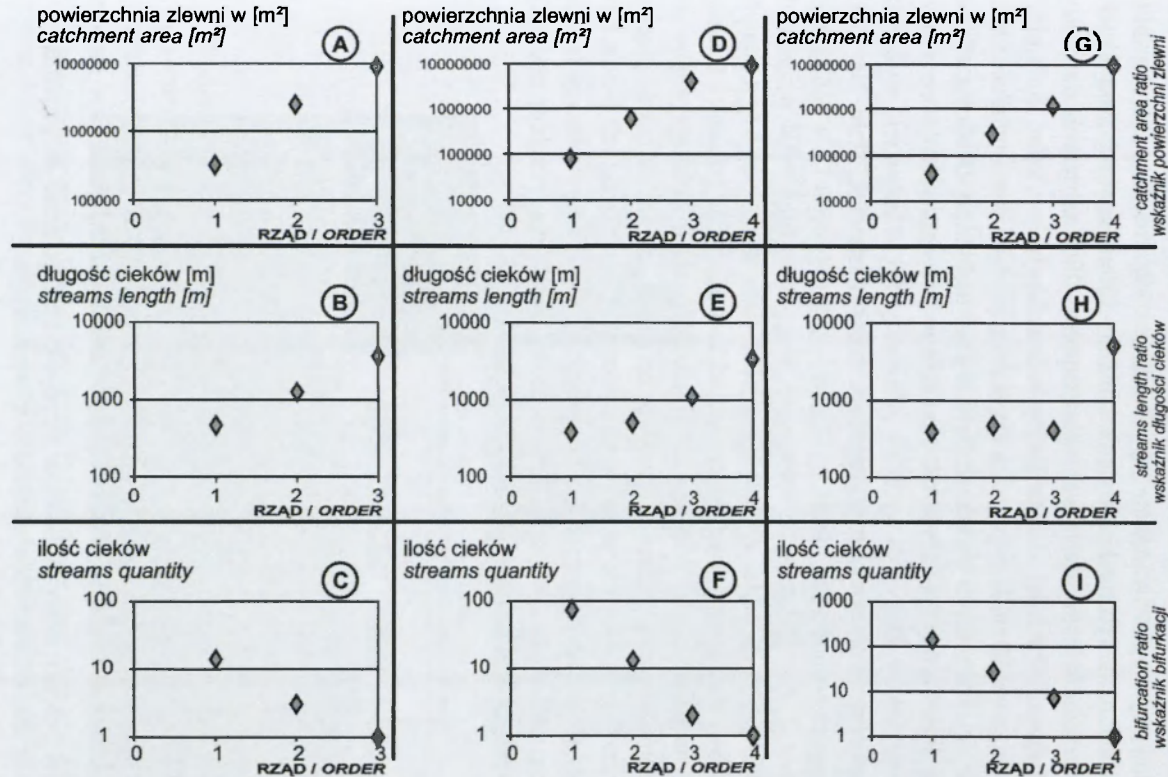
Sieć rzeczna wygenerowana z modelu terenu nie uwzględniającego sieć dróg pokrywa się w głównym zarysie z siecią drenażu zaznaczoną na mapie topograficznej. Wartości progowe jedynie zdeterminowały większą ilość dopływów niższych rzędów (ryc. 42 A i B). Spowodowało to pojawienie się różnice na etapie wydzielenia rzędów cieków. Na mapie topograficznej ciek główny posiada rząd 3, a na mapie drenażu wygenerowanej z modelu terenu 4. Pomimo tego wartości poszczególnych wskaźników w obydwu przypadkach są bardzo podobne i opisują zlewnię jako hortonowską (ryc. 43 ABC i DEF).

Na mapie sieci drenażu uwzględniającej drogi pojawiły się radykalne różnice (ryc. 42 C). Ilość cieków pierwszego i drugiego rzędu wzrosła dwukrotnie (z 74 do 141 i z 13 do 28) oraz ponad trzykrotnie 3 rzędu (z 2 do 7). Rozdrobnienie sieci odpływu spowodowane jest przejmowaniem części opadu przez drogi (zob.



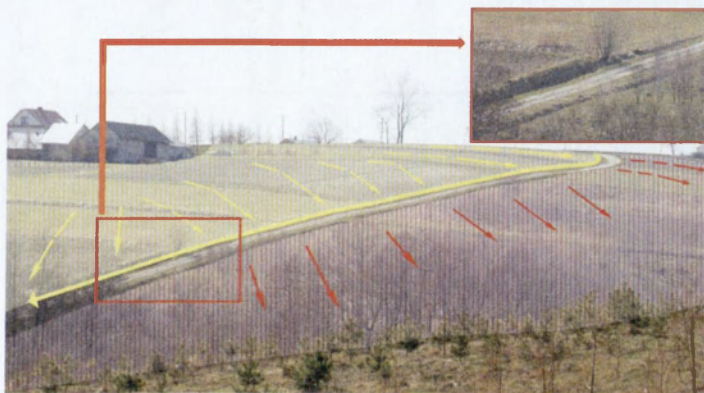
Ryc. 42. Sieć drenażu w trzech rozpatrywanych przypadkach: A – z mapy topograficznej (1:10 000), B – wygenerowana z DEMu bez uwzględnienia dróg, C – wygenerowana z DEMu uwzględniającego drogi (rzeczywista)

Drainage system defined on the basis of topographic map (1:10 000) – A. Drainage system defined on the basis of DEM (excluding road network) – B. Drainage system defined on the basis of DEM (including network) – C (true)



Ryc. 43. Wskaźniki praw Horton dla rozpatrywanych przypadków
Graph Horton order ratio in researches case

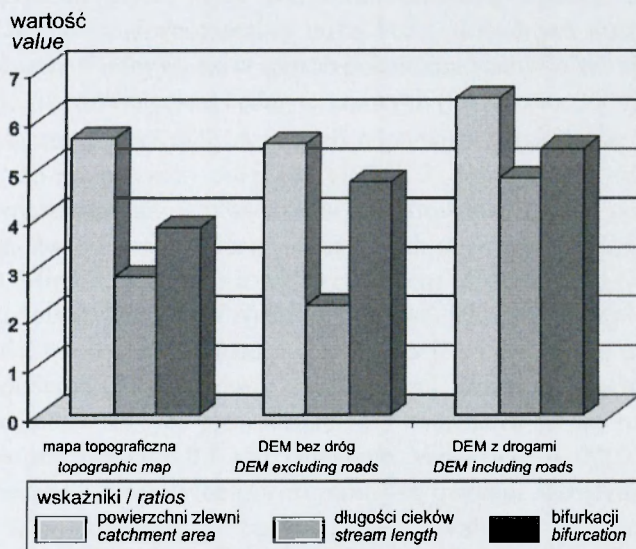
ryc. 37). W największym stopniu modyfikują sieć drenażu drogi łączące dolinę z wierzchowiną. Jeśli ich bieg jest prostopadły do poziomic rzadko stają się uzupełnieniem sieci hydrograficznej ponieważ oba warunki progowe nie są spełnione. Najczęściej jednak biegną pod pewnym kątem względem nachylenia terenu (fot. 11). Sprzyja to przejmowaniu opadu spływającego po stoku, który następnie drogą jest odprowadzany bezpośrednio do doliny. Stok położony poniżej w ten sposób biegnącej drogi odwadniany jest niezależnie. W efekcie pierwotne linie odpływu, uzależnione tylko od nachylenia terenu, poddane są silnej modyfikacji. Około 1/3 cieków odprowadzających opad z ponad 2000 m² terenu do doliny stanowią drogi (zob. ryc. 38). Również drogi wierzchowinowe, które są długimi, głównymi ciągami komunikacyjnymi, mają znaczący udział w uzupełnieniu sieci hydrograficznej. Biegną one grzbietem bądź w jego najbliższej okolicy i istotnie modyfikują dział wodny (zob. ryc. 39). Znalazło to odzwierciedlenie we wskaźniku długości cieków, który jest wyraźnie zaburzony (ryc. 43H). Cieki wyższych rzędów stanowią we wszystkich przypadkach rzeczywiste cieki stałe. Największe modyfikacje zachodzą na etapie wydzielenia cieków rzędu 1 i w mniejszym stopniu rzędu 2. Przy założonych warunkach progowych blisko 3/4 wszystkich cieków stanowią te inicjalne. Zwiększa się ilość cieków 1 rzędu a tym samym zmniejsza obszar, z którego pojedynczy ciek odprowadza opad (spadek z 0,8 km² do 0,4 km² na jeden ciek). Większa ilość cieków rzędu 1 skutkuje większym prawdopodobieństwem połączenia z ciekami kolejnymi. W efekcie rośnie procent cieków wyższych rzędów, ale w niewielkim stopniu zwiększa się ich łączna długość. Powoduje to lepszy drenaż zlewni, a opad szybciej odprowadzany jest do doliny. Drogi posiadając niską szorstkość podłoża i mało kręty przebieg dodatkowo przyspieszają odprowadzanie opadu ze stoku.



Fot. 11. Schemat odpływu ze stoku zmodyfikowanego przez drogę polną
Photo 11. Run-off from slope modified by unmetalled road

W miarę nanoszenia na mapę dróg rośnie wskaźnik bifurkacji (ryc. 43 F, I). Wielkość ta informuje o ilości cieków rzędu niższego łączących się z ciekami rzędu wyższego. W analizowanym przypadku każdy ciek zaznaczony na mapie topograficznej łączy się z około 4 (3,8) ciekami rzędu niższego. Wziąwszy pod

uwagę drogi, ich ilość wzrasta o 30% (do 5,4). Najbardziej stabilny jest wskaźnik powierzchni zlewni. Głównie dlatego, że silnie stabilizuje się wraz ze wzrostem rzędu (rzęd najwyższy to zawsze cała zlewnia) niwelując skutki dużych zmian przy wydzieleniu rzędu 1 (ryc. 43G). Znacząco zmienia się wspomniany już wskaźnik długości cieków, co widoczne jest na wykresie (ryc. 43H). Oddaje to stan rzeczywisty. Następnym dużego rozczłonkowania stoków w obszarze źródłowym jest szybki wzrost rzędu cieków głównego. Rzeka główna, już w górnym biegu, posiada wysoki rząd, co oznacza, że przejmuje opad z rozbudowanej sieci odpływu. Z biegiem rzeki systematycznie dołączają inne ciek. Dopływ jest przyspieszony, gdyż cieków 2, a szczególnie 3, względem rzędu 1, stanowią krótkie łącznikowe odcinki z ciekami głównymi. Wszystkie czynniki skutkują szybszym doprowadzeniem opadu ze stoku do głównego cieków, a to może mieć praktyczne przełożenie na powstanie i przebieg fali wezbraniowej.



Ryc. 44. Średnie wartości wskaźników praw Hortona dla rozpatrywanych przypadków
Horton order ratio in researches case

Średnie wartości bezwzględne poszczególnych wskaźników w trzech rozpatrywanych przypadkach wyrażają stopień ingerencji dróg w naturalny system drenażu (ryc. 44). Stosunkowo niewielkie różnice występują pomiędzy wskaźnikami wyliczonymi na podstawie danych odczytanych z mapy topograficznej i wygenerowanymi z DEM-u bez dróg. Przebudowę sieci drenażu przynosi włączenie do niej sieci drogowej. Wskaźniki w warunkach naturalnych powinny wynosić: bifurkacji 3–5, długości cieków 1,5–3, powierzchni zlewni 3–6 (Rodríguez-Iturbe, Valdez 1979). Modyfikacje tych przedziałów są miarą antropopresji.

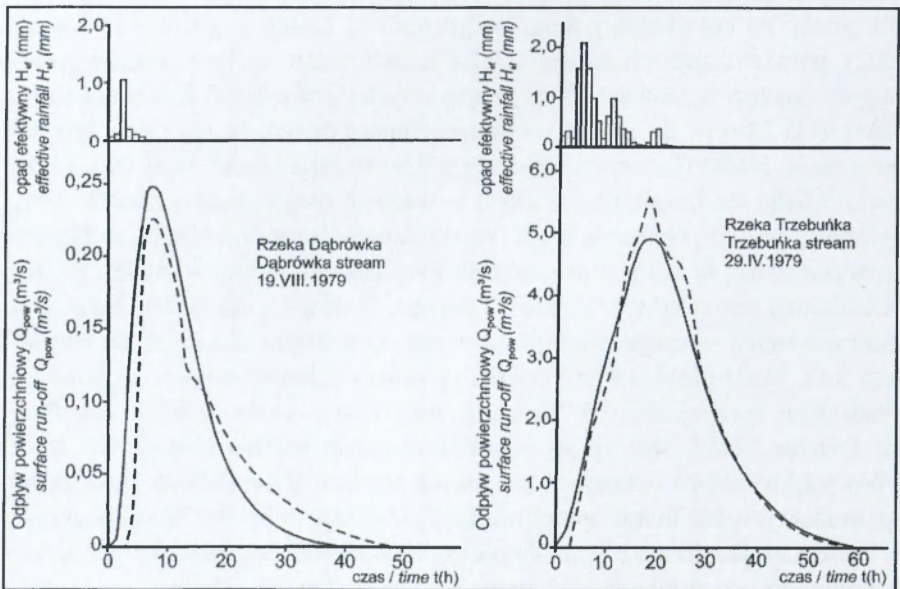
8. ROLA DRÓG W KSZTAŁTOWANIU ODPLYWU I FALI WEZBRANIOWEJ W ZLEWNI

8.1. GEOMORFOLOGICZNY MODEL TRANSFORMACJI OPADU W ODPLYW

Badania nad modelami deterministycznymi stały się możliwe dzięki zastosowaniu technik komputerowych, a w szczególności programów z grupy GIS (*Geographical Information Systems*). Modele deterministyczne mają charakter systemów symulacyjnych, gdzie wszystkie obliczenia wykonywane są przez komputer. Daje to możliwość analizy dużej liczby dowolnych wariantów, a wizualizacja wyników odbywa się w sposób półautomatyczny. W ten sposób modelowanie staje się rozwinięciem badań terenowych (Gawrysiak 2004).

Próby włączenia sieci dróg do modeli odpływu rozpoczęły się na początku XXI wieku. Po raz pierwszy drogi uwzględnili K. Loague, J.E. VanderKwaak (2002), potwierdzając ich istotną rolę w kształtowaniu spływu podczas gwałtownych opadów burzowych. Korzystając z tych doświadczeń K. Loague i in. (2005), B.B. Mirus i in. (2007) z wykorzystaniem modeli terenu (3D i 2D) zaproponowali InHM (*Integrated Hydrology Model*) jako model odpływu z małej zlewni. Model ten bazuje na różnicach w saturacji (zagęszczeniu cząstek gleby w profilu) pomiędzy obszarem drogi i resztą zlewni. Zaznaczyć trzeba, że zlewnie eksperymentalne, w których prowadzone były badania są bardzo małe, (np. R5 w Oklahomie ma zaledwie 0,1 km² (Loague, VanderKwaak 2002)). Natomiast przedmiot badań – drogi leśne (*forest roads*) są traktami służącymi do eksploatacji lasu. Skala problemu jest bardziej porównywalna do warunków polskich w badaniach europejskich. W Holandii opracowano model LISEM (*Limburg Soil Erosion Model*) służący prognozowaniu zmian geomorfologicznych (strat glebowych) na polach uprawnych po dużych opadach (Jetten 2002). Dużą zaletą tego modelu jest możliwość symulowania hydrogramu odpływu. Wadą, podobnie jak wcześniej, jest zastosowanie do niewielkich zlewni (kilkadziesiąt hektarów) równomiernie zmodyfikowanych przez rolnictwo (bez uwzględnienia np. teras rolnych). Model bazuje na cyfrowym modelu terenu, a ujęcie w nim dróg jest zbliżone do rozwiązań zastosowanych w niniejszej pracy. Model ten w Polsce mógłby mieć szerokie zastosowanie na terenach, gdzie występują gospodarstwa wielkoobszarowe, jednak do tej pory był narzędziem analizy tylko w niewielu przypadkach (Gawrysiak 2004). Duża ilość modeli nie pozwala na ich szczegółową charakterystykę, wspomniano te które stosują rozwiązania najbliższe celowi pracy. Wspólnym mianownikiem wymienionych modeli jest to, że uwzględniają drogi, ale trudne byłoby uwzględnienie w nich modyfikacji linii odpływu występujących w zlewniach karpackich.

Złożoność czynników wpływających na formowanie się odpływu w zlewni karpackiej wymaga szerokiego spojrzenia na mechanizm obiegu wody. Mechanizm ten jest uzależniony zarówno od opadów, jak i wielu czynników środowiska geograficznego zlewni (Pociask-Karteczka 2003) i przeobrażony przez sieć dróg – szczególnie polnych. Związek pomiędzy parametrami hydrogramu odpływu a ilościowymi charakterystykami geomorfologicznymi zlewni określa geomorfologiczny model transformacji opadu w odpływ GIUH opracowany w 1979 roku przez Rodrigueza-Iturbe i Valdesa (Więzik 1987). Model bazuje na probabilistycznej teorii dobiegania kropli deszczu z różnych miejsc w obszarze zlewni do profilu zamykającego. Hydrogram konstruowany z zastosowaniem modelu GIUH został zweryfikowany w zlewniach kontrolowanych dając dużą zbieżność z hydrogramem odpływu rzeczywistego (ryc. 45) (Więzik 1987). Ze względu na swoją uniwersalność model w Polsce stosowany jest od lat 80. (Soczyńska 1987), a jego opis można spotkać w wielu podręcznikach (Jankowski 1995; Byczkowski 1996; Pociask-Karteczka 2003) i pracach badawczych (Więzik 1987; Bryndal 2006). Model został również zaimplementowany do programu komputerowego GEOM (Więzik, Banach 1996).



Ryc. 45. Weryfikacja modelu GIUH (linia ciągła) z danymi rzeczywistymi (linia przerywana) (Więzik 1987)

GIUH model verified (full line) with really case (dot line) (Więzik 1987)

Nie jest jasne, czy cechy zlewni określane przez wskaźniki praw Hortona uwzględniające sieć dróg polnych, mogą modyfikować hydrogram odpływu oraz jaki jest ewentualny kierunek zmian. Sprawdzenie takiego powiązania zdeterminowało zastosowanie tego modelu do symulacji. Z najnowszych prac, opartych na analizie statystycznej wezbrań wynika, że prawdopodobieństwo wystąpienia powodzi jest większe w zlewniach z gęstszą siecią dróg (Bryndal 2009a, b).

Model GIUH posiada następujące założenia:

- zlewnia spełnia geomorfologiczne prawa hortonowskiej sieci rzecznej,
- znane są funkcje prawdopodobieństwa czasu dobiegu w ciekach różnego rzędu,
- znany jest opad efektywny.

Zależności matematyczne opisujące model GIUH przedstawiono poniżej (Jankowski 1995).

WZORY GIUH

Wzory GIUH

$$t_p = 0,471 \left(\frac{R_b}{R_a} \right)^{0,55} R_i^{-0,38} \frac{L_o}{v}$$

$$v = 0,665 a_n^{0,6} (0,1 I_e A_n)^{0,4}$$

$$q_p = 1,017 R_i^{0,43} \frac{v}{L_o}$$

$$a_n = \frac{S^{\frac{1}{2}}}{n b^3}$$

$$t_b = \frac{2}{q_p}$$

A_n – powierzchnia zlewni najwyższego rzędu [km²]

a_n – współczynnik fali kinematycznej

b – szerokość koryta cieku [m]

I_e – średnie natężenie opadu efektywnego [mm/h]

L_o – długość cieku głównego [km]

n – współczynnik szorstkości Manninga dla koryta cieku

q_p – wysokość kulminacji [l/h]

R_a – wskaźnik powierzchni cieków

R_b – wskaźnik bifurkacji

R_i – wskaźnik długości cieków

S – średni spadek podłużny koryta [m/m]

t_p – czas wystąpienia kulminacji [h]

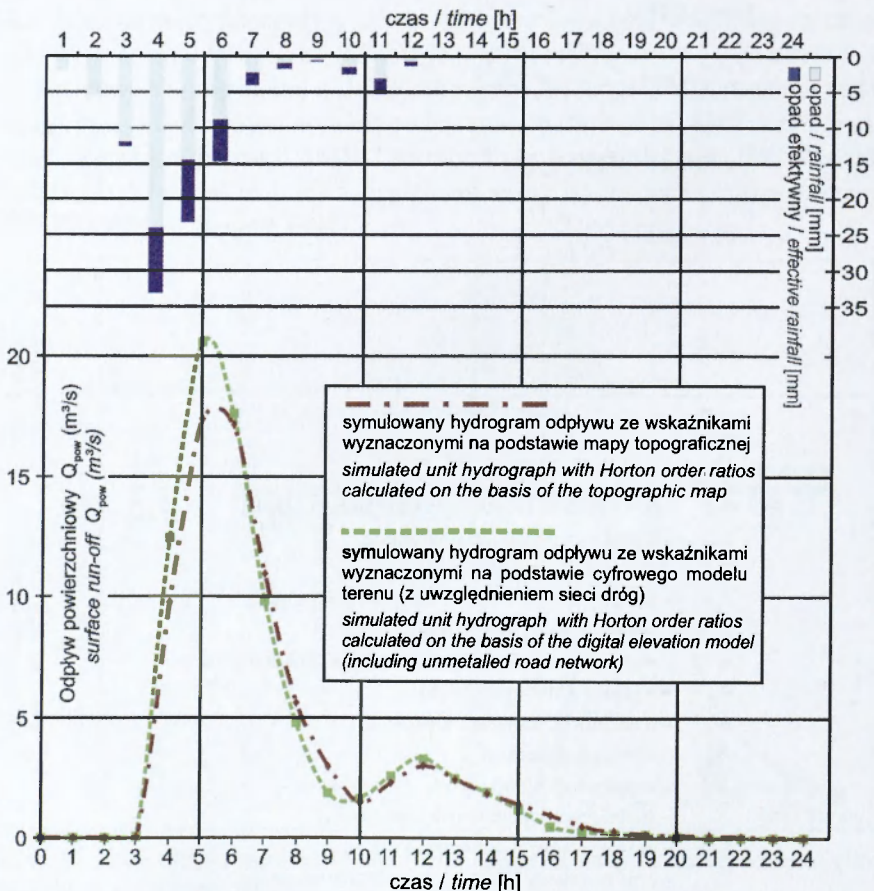
t_b – czas podstawy hydrogramu jednostkowego [h]

v – prędkość płynięcia wody [m/s]

W toku symulacji otrzymuje się hydrogramy jednostkowe w określonej jednostce czasu, które po przeliczeniu na odpływ wyrażony w m³/s i z zastosowaniem zasady superpozycji, służą do budowy hydrogramu całkowitego. W tym przypadku sprawdzana była metoda włączenia dróg do modelu a nie sam model. W związku z tym użyto tych samych przykładowych danych, które wykorzystano

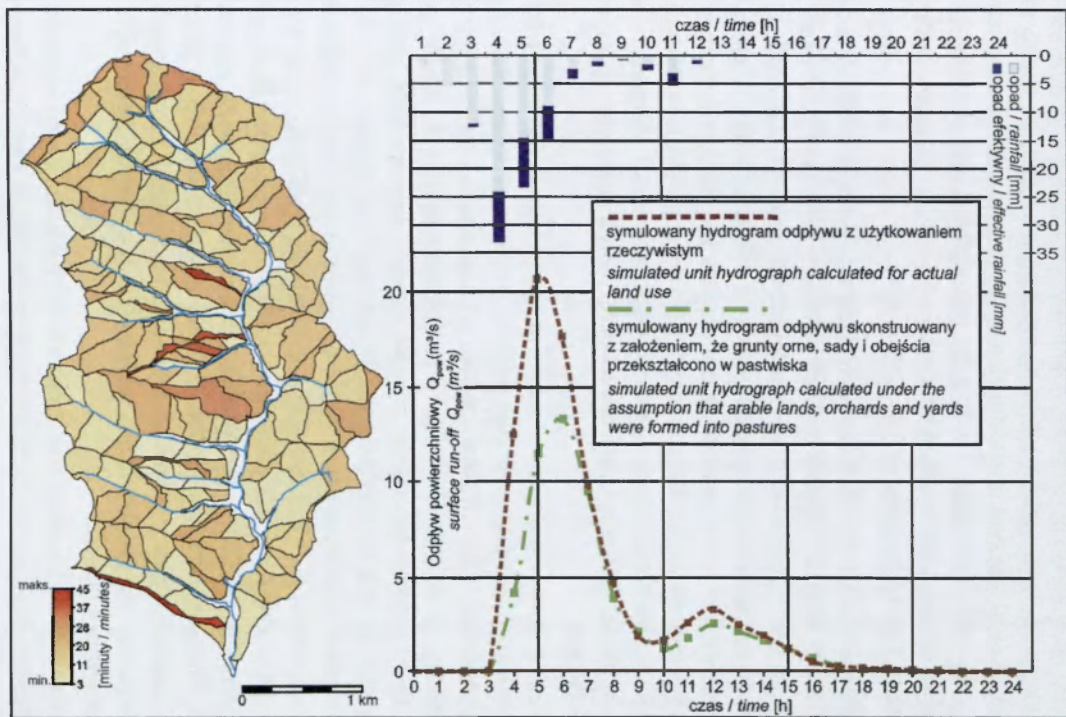
do obliczenia opadu efektywnego (Jankowski 1995). Uszczegółowienie metody oraz weryfikacja przy różnych danych opadowych i na większym zbiorze zlewni jest tematem na odrębną pracę.

Danymi wejściowymi w modelu GIUH, oprócz wyżej wymienionych, są: geomorfologiczne wskaźniki praw Hortona, długość cieków głównego, przeciętny współczynnik szorstkości Manninga dla koryta cieków, powierzchnia zlewni najwyższego rzędu, średni spadek podłużny koryta, szerokość koryta, użytkowanie zlewni i kilku innych będących zależnościami określonymi w dużej mierze na podstawie wymienionych danych. Pierwsze dwie są bezpośrednio zależne od sieci drenażu zlewni, w mniejszym stopniu dwie kolejne.



Ryc. 46. Symulowany hydrogram odpływu z zlewni Zalasówki
Simulated unit hydrograph for Zalasówka catchment

Na rycinie 46 przedstawiono krzywe symulujące wezbranie w dwóch rozpatrywanych przypadkach, czyli z i bez udziału dróg. Krzywa, do budowy której użyto danych uwzględniających drogi, w swojej kulminacji ma wyraźnie większe



Ryc. 47. Czas wystąpienia fali wezbraniowej w obszarach elementarnych zlewni Zalasówki oraz hydrogram odpływu dla całej zlewni
 Time to maximum flood wave in initial catchments of Zalasówka and a hydrograph for whole Zalasówka catchment area

wartości. W tym przypadku kulminacja fali wezbraniowej jest wyższa o $3 \text{ m}^3/\text{s}$ (wzrost z $17,5 \text{ m}^3/\text{s}$ do $20,5 \text{ m}^3/\text{s}$). Fala wezbraniowa szybciej się podnosi i szybciej opada. Analogicznie sytuacja wygląda przy drugim maksimum opadowym. Krzywa uwzględniająca drogi ponownie osiąga większe wartości przepływu niż krzywa, do budowy której użyto danych nie uwzględniających dróg. Wydaje się to pozostawać w logicznym związku z zaobserwowanymi zmianami sieci odpływu. Zwiększenie ilości cieków rzędu pierwszego oraz fakt, że często są nimi drogi, poskutkowało lepszym drenażem zlewni i szybszym odprowadzeniem opadu ze stoku do cieków głównych. Krótsza droga i szybszy czas dostania się „kropli” do doliny poskutkowało większą kulminacją. Wynik ten sugeruje, że sieć dróg może istotnie wpływać na zagrożenie powodziowe.

Rozpatrzono również teoretyczny czas potrzebny do wystąpienia kulminacji fali wezbraniowej, w każdym z elementarnych obszarów zlewiskowych i przedstawiono go na tle hydrogramu odpływu z całej zlewni (ryc. 47, załącznik 1). Z konieczności do symulacji użyto opadu średniego z całego epizodu. W związku z tym, czas reakcji zlewni elementarnych uzależniony jest od: opadu efektywnego (składowych metody SCS), długości cieków głównych, powierzchni zlewni, średniego spadku podłużnego koryta, współczynnika szorstkości Manninga dla koryta cieków, szerokości koryta oraz zależności określonych na podstawie wyżej wymienionych danych.

Zróżnicowane warunki naturalne w zlewni przyczyniają się do nierównomiernego czasu reakcji na opad oraz jego odpływ do głównej doliny. Różnica pomiędzy minimalnym i maksymalnym czasem wystąpienia fali kulminacyjnej wyniosła 42 minuty, po wyeliminowaniu 10 przypadków skrajnych, spadła do 26 minut. Na tle danych wejściowych długość cieków i powierzchnia zlewni najsilniej wpływają na czas wystąpienia fali. Wynik sugeruje również, że z elementarnych obszarów zlewiskowych o wąskim, wydłużonym kształcie odpływ dociera najpóźniej do doliny, choć tereny te pokrywają się z poligonami, na których najszybciej formował się opad efektywny. Jest to zniekształcenie, które jest konsekwencją przyjętych założeń. Dla każdego obszaru elementarnego przyjęto wskaźniki praw Hortona, takie jak średnia dla całej zlewni, a w zlewni o takich parametrach kształtu przyjęte wskaźniki wystąpić nie mogą. Na poligonach, gdzie droga przejmuję odpływ i odwadnia większy, bardziej kolisty obszar, sytuacja jest bliższa rzeczywistości.

Wyraźnie odróżnia się lewobrzeżna strona zlewni (głównie część południowa), gdzie występują duże, na tle reszty terenu nachylenia (zob. ryc. 19). Obszar ten reaguje szybciej. Nie zanotowano poligonów o znacząco szybszym czasie reakcji niż reszta zlewni w górnym odcinku Zalasówki, chociaż stan taki mógł sugerować parametr CN osiągający w tej części wysokie wartości. Podobna sytuacja dotyczy środkowego fragmentu prawobrzeżnej części. Świadczy to o złożoności mechanizmu kształtowania się odpływu.

Dla pokazania związku użytkowania (poprzez parametr CN) z czasem reakcji całej zlewni na opad, na hydrogramie odpływu zaznaczono dwie linie (ryc. 47). Pierwsza krzywa pokazuje symulowany przebieg wezbrania obliczony na podstawie rzeczywistego użytkowania zlewni (średnia z wszystkich obszarów elementarnych określona na podstawie ortofotomapy – CN 79,6). Druga krzywa pokazuje przebieg wezbrania z założeniem, że wszystkie grunty orne, sady i obejścia zostałyby przekształcone w pastwiska utrzymywane w dobrym stanie – CN 73,5. Druga opcja spowodowałaby wyraźnie mniejszą pierwszą kulminację (o 30%), opóźniając jej wystąpienie o 1h. Podczas pierwszego maksimum opadu zlewnia zareagowała odpowiednio po 2 h i 3 h. Przy użytkowaniu rzeczywistym, drugie maksimum było większe o około 20%, opad sześciokrotnie mniejszy, a sam opad efektywny stanowił około 40%. Kluczowe znaczenia ma grunt, który w takich warunkach miałby już ograniczone do minimum możliwości retencji.

9. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W pracy sprawdzono hipotezę roboczą, zakładającą, że sieć dróg jest częścią sieci odwadniającej i uczestniczy w procesach geomorfologicznych i hydrologicznych zachodzących w zlewni.

Badania rozpoczęto od sporządzenia mapy gęstości dróg na Pogórzu Ciężkowickim, która pokazała ich przestrzenny rozkład. Obliczenia wykonano na mapach topograficznych w skali 1:10 000. Największa gęstość dróg występuje na terenach o najlepszych warunkach dla rolnictwa, które pokrywają się z obszarami najwcześniej zasiedlonymi. Są to głównie doliny rzek oraz okryty utworami pylastymi próg pogórza. Mała gęstość dróg związana jest z terenami, które nie zostały zasiedlone (np. Pasma Brzanki), bądź objęte osadnictwem w ograniczonym zakresie.

Obraz gęstości sieci drogowej uzyskany z map topograficznych porównano z rzeczywistością, określając jego dokładność. Różnice występujące pomiędzy mapami a stanem faktycznym są nieznaczne na terenach rolniczych oraz w niewielkich, występujących „wyspowo” płatach lasu. W dużych kompleksach leśnych gęstość dróg jest trzykrotnie większa niż wynika to z treści mapy. Zweryfikowana gęstość dróg na Pogórzu Ciężkowickim wynosi 8,8 km/km² i jest to jedna z najwyższych wartości obliczonych dla całego regionu w Karpatach polskich.

Dysponując pełną informacją na temat struktury i przestrzennego zróżnicowania sieci drogowej na Pogórzu Ciężkowickim przeprowadzono kompleksowe studium skutków ich funkcjonowania i implikacji temu towarzyszących. Był to jeden z nadrzędnych celów pracy. Realizowano go poprzez cele cząstkowe. Przewadzenie gruntownych badań w obrębie całego Pogórza Ciężkowickiego byłoby trudne, dlatego do analiz szczegółowych wytypowano dwie reprezentatywne zlewnie – Zalasówki i Pożory.

W zlewniach testowych sprawdzono m.in. zmiany sieci dróg w powiązaniu ze zmianami w użytkowaniu terenu w ostatnich 150 latach. W badanym okresie udział gruntów ornych zmniejszył się o połowę kosztem lasów i obszarów zajętych przez roślinność trawiastą. Nie spowodowało to zmniejszenia gęstości sieci drogowej. Duże rozdrobnienie gospodarstw oraz ich niewielka powierzchnia powodują, że rolnictwo wycofuje się z terenów zlewni selektywnie, a drogi funkcjonują dopóki prowadzą do przynajmniej jednego użytku rolnego.

Zapis zmian sieci drogowej jest poniekąd zapisem zmian zachodzących na stoku przez ostatnie półtora wieku. Szczegółowe badania wykazały, że przy braku zmian gęstości sieci drogowej, jedynie 50% dróg występujących współcześnie

jest drogami sprzed 150 lat. Przebudowa układu komunikacyjnego związana była m.in. ze zmianą przebiegu głównych traktów komunikacyjnych, które przeniosły się z wierzchowin w doliny. Nachylenia terenu odegrały istotną rolę w zmianach sieci dróg na obszarach objętych rozwojem osadnictwa. Domy i drogi do nich prowadzące budowane są na terenach dogodnych komunikacyjnie o niewielkim nachyleniu, dlatego w ich obrębie wzrósł udział dróg. Na obszarach o większych nachyleniach gęstość dróg zmniejszyła się. Obszary, w których modyfikacje układu sieci drogowej związane były tylko ze zmianami w strukturze użytków rolnych nachylenia terenu nie odgrywały znaczącej roli. Ważną rolę odegrała parcelacja wielkich majątków ziemskich. Na terenach rozparcelowanych gęstość sieci drogowej wzrosła dwukrotnie.

Zachowane opuszczone wcięcia drogowe można podzielić na dwie zasadnicze grupy: fragmenty dawnych szlaków komunikacyjnych prowadzących wierzchowinami i łączniki tych szlaków z doliną, w której koncentrowało się osadnictwo. W połowie przypadków wzdłuż opuszczonych wciosów nie jest wytyczona droga alternatywna. Świadczy to o całkowitej utracie znaczenia danego fragmentu drogi i istotnej przebudowie całego układu komunikacyjnego. Tempo pogłębiania dróg na terenie Pogórza Ciężkowickiego należy wiązać z intensywnością użytkowania. Według najstarszych wykorzystanych źródeł główne szlaki w XVI wieku prowadziły fragmentami w wcięciach. Na podstawie map historycznych ustalono z całą pewnością, że na najważniejszych drogach taka sytuacja występowała w połowie XIX wieku. Drogi prowadzące tylko do użytków rolnych, a wytyczone co najmniej 150 lat temu, wcięte są maksymalnie na 1 metr, bez względu na utwory podłoża. Zachowane wciosy dawnych głównych traktów osiągnęły głębokość 4 metrów.

Po zaprzestaniu użytkowania drogi jej rozwój postępuje nadal. O kierunku przekształceń decyduje powierzchnia stoku, z jakiej droga odprowadza opad. Część dróg przejmuje spływ powierzchniowy i przekształca swój profil poprzeczny ze skrzynkowego w V-kształtny. Maksymalne, potwierdzone wcięcie w utwory podłoża po zaprzestaniu użytkowania wyniosło 2 metry, z czego 1 metr w ciągu ostatnich 150 lat. Drogi, które nie uczestniczą w odprowadzaniu wody ze stoku, bądź uczestniczą tylko w przypadku największych opadów, wypełniane są materiałem pochodzącym ze ścian lub ich bezpośredniego otoczenia. Drogi na Pogórzu Ciężkowickim są zarówno źródłem osadów jak i trasą transportu materiału wynoszonego z pól.

Zastosowany, uwzględniający sieć dróg, podział zlewni na funkcjonujące niezależnie obszary elementarne, pozwolił na przestrzenne zróżnicowanie możliwości retencyjnych i opadu efektywnego. Niejednolite pokrycie terenu wpływa na nierównomierną reakcję poszczególnych fragmentów zlewni na opad, skutkując różnym czasem wystąpienia kulminacji fali wezbraniowej. Identyfikowano obszary elementarne o dużych nachyleniach porośnięte lasem, gdzie czas wystąpienia kulminacji fali wezbraniowej był podobny jak na terenach rolniczych

o małym nachyleniu. W założonych warunkach różnice w czasie wystąpienia kulminacji fali wezbraniowej przekroczyły 40 minut. Świadczy to o skomplikowanym mechanizmie warunkującym odpływ ze stoku.

Człowiek ingerując w środowisko geograficzne przyspiesza obieg wody. Dlatego jednym z nadrzędnych celów pracy było opracowanie metodyki pozwalającej na uwzględnienie sieci dróg w naturalnym systemie drenażu zlewni oraz wprowadzenie dróg do modelu odpływu ze zlewni pogórskiej. Poprzez realizację celów cząstkowych poznano mechanizm rządzący obiegiem wody w zlewni zmodyfikowanej siecią dróg.

Wpływ człowieka przejawiał się już wprowadzeniem dróg do środowiska naturalnego. Drogi modyfikują naturalne linie odpływu opadu ze stoku i dzielą zlewnie na obszary elementarne funkcjonujące niezależnie – znacząco inne niż układ naturalny. Zaproponowana metoda włączenia sieci dróg do sieci odwadniającej zlewnię została pozytywnie zweryfikowana. Symulowane linie odpływu ze stoku potwierdziły się w przypadku opadów z dnia 27 czerwca 2009 roku. Fragmentacja zlewni przez drogi sprawia, że rośnie liczba cieków inicjalnych i zmniejsza się obszar, z którego pojedynczy ciek odprowadza opad. W Zalasówce ponad 75% wszystkich cieków stanowią cieki inicjalne a powierzchnia obszaru z jakiego pojedynczy ciek odprowadza opad zmniejszyła się z 0,8 km² na jeden ciek w przypadku nie uwzględniającym dróg do 0,4 km² w przypadku z drogami. Większa liczba cieków inicjalnych skutkuje większym prawdopodobieństwem połączenia z kolejnym ciekami. W efekcie rośnie liczba cieków wyższych rzędów, ale w niewielkim stopniu zwiększa się ich łączna długość. Skutkuje to lepszym drenażem zlewni. Zmniejsza się średnia odległość od najbliższego cieku i opad szybciej odprowadzany jest do doliny. Drogi mają bardziej prostoliniowy przebieg niż cieki naturalne i mniejszą szorstkość podłoża. Są to kolejne czynniki przyspieszające odpływ (1/3 powierzchni zlewni Zalasówki odwadniana jest za pośrednictwem dróg).

Gęsta sieć dróg polnych na Pogórzu Ciężkowickim przejawia się również zmianą wskaźników praw Hortona, które są ważną składową modeli odpływu. Stopień modyfikacji jest wyrazem antropogenicznej ingerencji w sieć odpływu ze zlewni. Zmiany wskaźników pociągają za sobą zmianę parametrów fali powodziowej.

Założono, że krótsza droga i szybszy czas dostania się „kropki” do doliny dają większą kulminację fali wezbraniowej. W celu zweryfikowania tej tezy, uzyskane na poszczególnych etapach badań wyniki użyto do symulacji hydrogramu odpływu ze zlewni Zalasówki. Wykorzystano geomorfologiczny model transformacji opadu w odpływ, który stosowany był z powodzeniem w zlewniach niekontrolowanych. Symulacja hydrogramu odpływu, do budowy której użyto parametrów uwzględniających sieć dróg, dała o 15% większą kulminację fali wezbraniowej niż w przypadku, w którym dróg nie uwzględniono.

Ważnym wnioskiem o charakterze metodycznym jest udokumentowanie możliwości włączenia do modelu GIUH sieci dróg jako elementu modyfikującego odpływ, poprzez wykorzystanie cyfrowego modelu wysokościowego (DEM) jako źródła informacji.

Rezultat końcowy pozwolił na pozytywną weryfikację założonej na początku hipotezy. Całość uzyskanych wyników dała wiedzę na temat funkcjonowania dróg polnych w obszarze pogórskim. Uzupełnienia i weryfikacji na większych zbiorach danych wymaga zagadnienie wpływu dróg na falę wezbraniową. Relacja ta wymaga, oprócz dalszych studiów, zastosowania bardziej zaawansowanych modeli, co będzie celem odrębnej pracy.

LITERATURA

- Analiza stanu obecnego i inwentaryzacja istniejących zasobów dla Gminy Rzepiennik Strzyżewski. Program Odnowy Wsi*, 2004, Urząd Gminy Rzepiennik Strzyżewski, 62 ss.
- Arnac J., Larrea V., 1994, *Erosion models and hydrogeomorphological functioning on hill-roads (Iberian System La Rioja, Spain)*, Zeitschrift für Geomorphologie, 38, 3, s. 343–354.
- Arnac J., Larrea V., Ortigosa L., 2004, *Surface runoff and soil erosion on unpaved forest road from rainfall simulation tests in northeastern Spain*, Catena, 57, s. 1–14.
- Balon J., German K., Kozak J., Malara H., Widacki W., Ziąja W., 1995, *Regiony fizycznogeograficzne*, [w:] J. Warszńska (red.), *Karpaty Polskie. Przyroda człowiek i jego działalność*, Uniwersytet Jagielloński, Kraków, s. 117–30.
- Batalla R.J., Sala M., Werrity A., 1995, *Sediment budget focused in solid material transport in a subhumid Mediterranean drainage basin*, Zeitschrift für Geomorphologie, 39, 2, s. 249–269.
- Biały Sz., Lach J., 2010, *Skutki gospodarcze powodzi na Białej Dunajcowej w 2006 roku*, Rocznik Sądecki, XXXVIII, s. 273–288.
- Bochenek W., 2002, *Ocena możliwości retencyjnych pokryw glebowo-zwietrzelinowych na stoku pogórskim*, Regionalny Monitoring Środowiska Przyrodniczego, 3, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce, s. 103–107.
- Bryndał T., 2006, *Przyrodnicze i antropogeniczne uwarunkowania występowania lokalnych powodzi*, maszynopis pracy doktorskiej, Instytut Geografii Akademii Pedagogicznej w Krakowie, Kraków, 141 ss.
- 2009a, *Gwałtowne wezbrania małych cieków a parametry fizjograficzne zlewni*, Ogólnopolskie seminarium „Ekstremalne zdarzenia meteorologiczne i hydrologiczne w Polsce”, J. Jania, J. Szafraniec (red.), Tom streszczeń i rozszerzonych streszczeń, Wyd. UD, Sosnowiec, s. 16–18.
- 2009b, *Maksymalne obserwowane przepływy w małych zlewniach*, Ogólnopolskie seminarium „Ekstremalne zdarzenia meteorologiczne i hydrologiczne w Polsce”, J. Jania, J. Szafraniec (red.), Tom streszczeń i rozszerzonych streszczeń, Sosnowiec, s. 19–21.

- Bucała A., 2008, *Wpływ zmian użytkowania ziemi na procesy morfogenetyczne na przykładzie dolin potoków Jaszczce i Jamne*, [w:] *Antropopresja w górach i na przedpolu, zapis zmian w formach terenu i osadach*, Międzynarodowe sympozjum, Głuchołazy 24–27 czerwca 2008, Stowarzyszenie Geomorfologów Polskich, Česka Asociace Geomorfologu, Głuchołazy, s. 35.
- 2009a, *Rola opadów nawalnych w kształtowaniu stoków i koryt w Gorcach na przykładzie zlewni potoków Jaszczce i Jamne*, *Przegląd Geograficzny*, 81, 3, s. 399–418.
- 2009b, *Zmiany użytkowania ziemi w Gorcach na przykładzie zlewni Jaszczce i Jamne*, [w:] W. Bochenek, M. Kijowska (red.), *Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego w okresie przemian gospodarczych w Polsce*, Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Szymbark, s. 280–286.
- Burdziej J., Kunz M., 2006, *Ocena wpływu rozdzielczości i metody pozyskiwania danych wysokościowych na dokładność numerycznych modeli terenu oraz modeli spadków i ekspozycji*, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, 16, s. 111–123.
- Byczkowski A., 1996, *Hydrologia*, 2, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 333 ss.
- Croke J., Mockler S., Fogarty P., Takken I., 2005, *Sediment concentration changes in runoff pathways from a forest road network and the resultant spatial pattern of catchment connectivity*, *Geomorphology*, 68, 3–4, s. 257–268.
- Czeczpc Z., 1976, *Rzeźba dorzecza Białej Dunajcowej*, *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej*, 5, PAN Kraków, s. 33–44.
- Czyżowska E., 1997a, *Przebieg erozji i rekonstrukcja splotu*, [w:] L. Starkel (red.), *Rola gwałtownych ulew i ewolucja rzeźby Wyżyny Miechowskiej (na przykładzie ulewy z dnia 15 września 1995 roku)*, *Dokumentacja Geograficzna*, 8, IGiPZ PAN, Wrocław, s. 54–62.
- 1997b, *Rzeźba terenu*, [w:] L. Starkel (red.), *Rola gwałtownych ulew i ewolucja rzeźby Wyżyny Miechowskiej (na przykładzie ulewy z dnia 15 września 1995 roku)*, *Dokumentacja Geograficzna*, 8, IGiPZ PAN, Wrocław, s. 25–28.
- Degórski M., 2005, *Gleba jako indyktor zmian w środowisku przyrodniczym*, *Przegląd Geograficzny*, 77, 1, s. 37–55.
- Długosz M., 2009, *Landslide susceptibility zoning in the Polish Flysch Carpathians*, *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F. 53, Suppl. 3, s. 41–48.
- Dobrowolska M., 1985, *Procesy osadnicze w dorzeczu Wisłoki i Białej Dunajcowej w tysiącleciu*, Wydawnictwo Naukowe WSP, Kraków, 196 ss.
- Dubiel A., 1997, *Miasteczko nad Szwedką. Ze wspomnień i przekazów*, Stowarzyszenie PAX, 44 ss.
- Dudzińska-Nowak J., 2007, *Przydatność skanowania laserowego do badań strefy brzegowej południowego Baltyku*, [w:] „*Geoinformatyka – badania, zastosowania i kształcenie*” IV Ogólnopolskie Sympozjum Geoinformacyjne, Skróty referatów, Dobczyce, s. 111–112.
- Dulias R., 1998, *Erozja dróg polnych okolic Złożeńca. Kształtowanie środowiska geograficznego i przyrody na obszarach uprzemysłowionych i zurbanizowanych*, *WBiOŚ, WNoZ UŚ, Katowice-Sosnowiec*, 26, s. 5–11.
- Dziennik Ustaw* nr 4, 1944 r., poz. 17. *Dekret PKWN z dnia 6 września 1944 roku o przeprowadzeniu reformy rolnej*.
- Fedorowski W., 1974, *Ewidencja gruntów*, PPWK, Warszawa.

- Fira K., 2008, *Rola dróg polnych w geosystemach Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej na przykładzie zlewni Prądnika*, maszynopis pracy magisterskiej, Zakład Geografii Fizycznej, AP Kraków, 69 ss.
- Froehlich W., 1982, *Mechanizm transportu fluwialnego i dostawy zwietrzelin do koryta w górskiej zlewni fliszowej*, Prace Geograficzne IGiPZ PAN, 143, 144 ss.
- 1991, *Sediment production from unmetalled road surfaces, Sediment and stream water quality in a changing environment: trends and explanation* (Proceedings of the Vienna Symposium, August 1991) IAHS Publ. 203, s. 21–30.
- Froehlich W., Słupik J., 1980, *Drogi polne jako źródło dostawy wody i zwietrzelin do koryta cieków*, Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 235, s. 239–279.
- 1986, *Rola dróg w kształtowaniu splywu i erozji w karpaccich zlewniach fliszowych*, Przegląd Geograficzny, 58, s. 67–87.
- Froehlich W., Walling D. E., 1997, *The role of unmetalled roads as a sediment source in the fluvial systems of the Polish Flysch Carpathians*, Human Impacts on Erosion and Sedimentation, Rabat, IAHS, 245, s. 159–169.
- Gardziel Z., Rodzik J., 2001, *Drogi gruntowe jako stymulator przemian silnie urzeźbionego krajobrazu lessowego (w okolicy Kazimierza Dolnego)*, [w:] K. German, J. Balon (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Polski a jego funkcjonowanie*, IGiGP UJ, Polska Asocjacja Ekologii Krajobrazu, Wyd. IGiGP UJ, Kraków, s. 305–311.
- Gawrysiak L., 2004, *Pomiary i symulacje procesów sputkiwania i akumulacji spowodowanych splywem epizodycznym w zlewni suchej doliny lessowej na Roztoczu Tomaszowskim*, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin, LIX, 3, Lublin, s. 51–61.
- Gąsiewicz St., 1930, *Znaki topograficzne map (...)*, Główna Księgarnia Wojskowa, Warszawa, 91 ss.
- Gerlach T., 1966, *Współczesny rozwój stoków w dorzeczu górnego Grajcarka*, Prace Geograficzne, 52, PAN IGiPZ, Warszawa, 111 ss.
- 1976, *Współczesny rozwój stoków w polskich karpatach fliszowych*, Prace Geograficzne, 122, PAN IGiPZ, Warszawa, 116 ss.
- Gerlach T., Niemirowski M., 1968, *Charakterystyka geomorfologiczna dolin Jaszczce i Jamne*, [w:] A. Medwecka-Kornaś (red.), *Doliny Potoków Jaszczce i Jamne w Górcach*, Studia Naturae Ser. A, 2, s. 11–22.
- German K., 1992, *Typy środowiska przyrodniczego w zachodniej części Pogórza Karpackiego*, Rozprawy Habilitacyjne, 246, Wyd. UJ, Kraków.
- Gębica P., Krocak R., 2009, *Przyczyny i geomorfologiczne skutki wezbrania w dolinie Wątku, w dniu 27 czerwca 2009 roku, oraz propozycje przeciwdziałania powodziom i ich następstwom*, Manuskrypt opracowany na zlecenie Urzędu Gminy w Skrzyszowie, Rzeszów, 21 ss.
- Gil E., 1976, *Sputkiwanie gleby na stokach fliszowych w rejonie Szymbarku*, Dokumentacja Geograficzna, 2, 65 ss.
- 1986, *Rola użytkowania ziemi w przebiegu splywu wody i erozji gleb w Karpatach*, Przegląd Geograficzny, 58, 1–2, s. 51–65.
- 1999, *Obieg wody i sputkiwanie na fliszowych stokach użytkowanych rolniczo w latach 1980–1990*, Zeszyty IGiPZ PAN, 60, 78 ss.
- Górka Z., 1986, *Sieć dróg dojazdowych jako element infrastruktury technicznej rolnictwa w górach na przykładzie dwu wsi karpaccich*, Folia Geographica, series Geographica-Oeconomica, 19, s. 115–128.

- Górz B., 1985, *Skutki komasacji gruntów we wsi Jabłonka na Orawie. Z badań nad strukturą i infrastrukturą rolnictwa*, Dokumentacja Geograficzna, 3, s. 41–100.
- Grabczuk I., 1967, *Problemy dróg polnych w gospodarstwach indywidualnych*, Przegląd Geodezyjny, 3, s. 101–104.
- Guzik C., 1988, *Gleby – charakterystyka rolnicza*, [w:] J. Warszńska (red.), *Województwo tarnowskie. Monografia*, Ossolineum, Wrocław, s. 57–68.
- Hengl T., Gruber S., Shrestha D.P., 2003, *Digital terrain analysis in ILWIS*, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede, 62 ss.
- Hess M., 1965, *Piętra klimatyczne w Polskich Karpatach Zachodnich*, Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne, 11.
- Jankowski A., 1995, *Hydrologia. Przewodnik do ćwiczeń*, Wydawnictwo UŚ, Katowice, 126 ss.
- Jetten V., 2002, *LISEM user manual, version 2.x*. Draft version January 2002, Utrecht Centre for Environment and Landscape Dynamics, Utrecht University, The Netherlands, 64 ss.
- Jones J.A., Swanson F.J., Wemple B.C., Snyder K.U., 2000, *Effects of roads on hydrology, geomorphology and disturbance patches in stream networks*, Conservation Biology, 14, Blackwell Publishing, s. 76–85.
- Józefaciuk C., Józefaciuk A., 1987, *Próba klasyfikacji erozji gleb z uwzględnieniem celów użytkowych*, Rocznik Gleboznawczy, XXXVII, 1, PWN, Warszawa, s. 27–35.
- Kasprzak M., 2005, *Tempo degradacji powierzchni dróg i ścieżek turystycznych w Karkonoszach Wschodnich*, Opera Corcontica, 42, s. 17–30.
- Kaszowski L., 1976, *Morfodynamiczna charakterystyka dorzecza Białej Dunajcowej*, Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej, 5, PAN Kraków, s. 45–58.
- King J. G., Tennyson L. C., 1984, *Alteration of streamflow characteristics following road construction in North Central Idaho*, Water Resource Research, 20, 8, s. 1159–1163.
- Klimaszewski M., 1935, *Morfologiczne skutki powodzi w Małopolsce Zachodniej w lipcu 1934 r.*, Czasopismo Geograficzne, 13, s. 283–291.
- 1978, *Geomorfologia*, PWN, Warszawa, 1063 ss.
- Kondracki J., 1994, *Geografia Polski. Mezoregiony fizycznogeograficzne*, PWN, Warszawa, 340 ss.
- Korona A., 1995, *Zarys dziejów Ryglie i gminy*, Drukarnia „Wspólna”, Tarnów, 70 ss.
- Kowalczyk A., 2007, *Obliczanie wielkości erozji wodnej gleb na obszarach górskich*, Woda – Środowisko – Obszary wiejskie, 7, 1, s. 91– 03.
- Kozak J., 2003, *Forest cover change in the Western Carpathians in the past 180 years*, Mountain Research and Development, 23, 4, s. 369–375.
- Krocak R., 2006, *Gęstość dróg polnych na Pogórzu Ciężkowickim (Karpaty)*, [w:] P. Gierszewski, M.T. Karasiewicz (red.), *Idee i praktyczny uniwersalizm geografii*, Dokumentacja Geograficzna, 32, IGiPZ PAN, Warszawa, s. 162–166.
- 2007, *Przyrodnicze uwarunkowania zmiany użytkowania terenu w XX wieku na Pogórzu Ciężkowickim na przykładzie zlewni Zalasówki i Pozory*, Terenowe Warsztaty Geomorfologiczne. Środowisko i człowiek w górach średnich. Muczne, poster, Zakład Geomorfologii i Hydrologii Gór i wyżyn w Krakowie.
- 2010, *Geomorfologiczne i hydrologiczne skutki funkcjonowania dróg polnych na Pogórzu Ciężkowickim*, maszynopis, IGiPZ PAN, Warszawa, 133 ss.

- Kroczak R., Soja R., 2009, *Gęstość dróg na obszarze północnej Słowacji, przy granicy z Polską*, maszynopis, IGiPZ PAN, Kraków, Warszawa, niepublikowane.
- Krzemiń K., 1976, *Współczesna dynamika koryta Konina w Gorcach*, Folia Geographica, series Geographica-Physica, Komisja Nauk Geograficznych PAN, Kraków, 10, s. 87–122.
- 1997, *Morfologiczne skutki gospodarki turystycznej w obszarze wysokogórskim na przykładzie masywu les Monts Doré (Francja)*, [w:] B. Domański (red.), *Geografia, człowiek, gospodarka*, Wyd. IGiP UJ, Kraków, s. 277–287.
- Książkiewicz M., 1960, *Zarys paleogeografii polskich Karpat fliszowych*, Prace Instytutu Geologicznego, 30, 2, s. 209–249.
- 1972, *Karpaty*, [w:] W. Pożaryski (red.), *Budowa geologiczna Polski, T. 4. Tektonika, część 3*, Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa, 228 ss.
- Lach J., 1984, *Geomorfologiczne skutki antropopresji rolniczej w wybranych częściach Karpat i ich Pogórza*, Prace Monograficzne WSP im. KEN w Krakowie, nr LXVI, Wydawnictwo Naukowe WSP, 120 ss.
- 1985, *Transformacja rzeźby wywołana gospodarczą działalnością człowieka w dorzeczu Mleczki*, Folia Geographica, series Geographica-Physica, Komisja Nauk Geograficznych PAN, Kraków, 17, s. 121–139.
- Lach J., Michalik A., Pulit F., 1981, *Warunki hydrogeologiczne województwa tarnowskiego*, Prace Monograficzne WSP w Krakowie, 47, Wydawnictwo Naukowe WSP, Kraków, 99 ss.
- Latocha A., 2007, *Przemiany środowiska przyrodniczego w Sudetach Wschodnich w warunkach antropopresji*, Studia Geograficzne, 80, Wydawnictwo UW, Wrocław, 216 ss.
- Lewińska J., 1976, *Klimat dorzecza Białej Dunajcowej*, Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej, 5, PAN Kraków, s. 59–94.
- Loague K., Heppner C.S., Abrams R.H., VanderKwaak J.E., Carr A.E., Ebel B.A., 2005, *Further testing of the Integrated Hydrology Model (InHM): Event-based simulations for a small rangeland catchment located near Chickasha, Oklahoma*, Hydrological Processes, 19, s. 1373–1398.
- Loague K., VanderKwaak J.E., 2002, *Simulating hydrologic response for the R-5 catchment: Comparison of two models and the impact of the roads*, Hydrological Processes, 16, s. 1015–1032.
- Luce Ch., Wempe B., 2001, *Introduction to special issue on hydrologic and geomorphic effects on forest roads*, Earth Surface Processes and Landforms, 26, s. 111–113.
- Łajczak, A. 1996, *Wpływ narciarstwa i turystyki pieszej na erozję gleby w obszarze podszczytowym Piłska*, Studia Naturae, 41, s. 131–159.
- Łoś M., 2006, *O reformie rolnej po 60 latach... Uwarunkowania gospodarcze dekretu o reformie rolnej z 6 września 1944 roku*, Rolniczy Magazyn Elektroniczny, Centralna Biblioteka Rolnicza, lipiec 2006, nr 14.
- Machnik J., 1994, *Człowiek – rolnik i pasterz wkracza w Karpaty*, [w:] L. Starkel, P. Prokop (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Karpat i Kotlin Podkarpackich*, Conference Papers 20, Warszawa, s. 49–56.
- Mania W., 2007, *GIS w archeologii. Jak zacząć od zera?* Warsztaty archeologii lotniczej, Poznań 47ss.
- Medwecka-Kornaś A., 1976, *Szata roślinna dorzecza Białej Dunajcowej*, Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej, 5, PAN Kraków, s. 137–168.

- Mirus B. B., Ebel B. A., Loague K., Wemple B.C., 2007, *Simulated effect of a forest road on near-surface hydrologic response: redux*, Earth Surface Processes and Landforms, 32, Wiley InterScience, s. 126–142.
- Misiak S., 2008, *Rola dróg polnych w geosystemach Kotliny Sandomierskiej na przykładzie zlewni Żyłki*, maszynopis pracy magisterskiej, Zakład Geografii Fizycznej, AP Kraków, 109 ss.
- Misoi G. K., Gichaga F. J., Carson R. M., 1989, *Corrugation of unmetalled roads. II: Wheel-soil interaction*, Mechanical engineering publications, London, 203, s. 215–220.
- Misztal A., Smoroń., Twardy S., 2003, *Analiza sieci dróg transportu rolniczego w terenie silnie urzeźbionym (na przykładzie gmin Bukowina Tatrzańska i Łapsze Niżne)*, Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich, 49, s. 113–124.
- Motha J.A., Wallbrink P.J., Hairsinc P.B., Grayson R.B., 2004, *Unsealed roads as suspended sediment sources in an agricultural catchment in south-eastern Australia*, Journal of Hydrology, 286, 1–4, s. 1–18.
- Niedbała J., Soja R., 1998, *Odptyw z opadu nawalnego w dniu 18 maja 1996 roku w Suloszowej*, [w:] L. Starkel (red.), *Geomorfologiczny i sedimentologiczny zapis lokalnych ulew*, Dokumentacja Geograficzna, 11, s. 31–38.
- Niziołek D., 2007, *Badania fizykochemiczne wód i osadów dennych rzeki Szwedka na obecność metali ciężkich*, Maszynopis pracy dyplomowej, Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Tarnowie, Instytut Matematyczno-Przyrodniczy, Tarnów, 61 ss.
- Nowocięń E., 1996, *Dynamika rozwoju wąwozów drogowych na obszarach lessowych*, Pam. Puł., 107, s. 101–111.
- Nowocięń E., Podolski B., Wawer R., 2002, *Erozja wąwozowa na terenie polskich Karpat*, Visnyk of Lviv State Agrarian University: Organization of Land Exploitation and Land Cadastre, 5, s. 107–113.
- Obrębska-Starkłowa B., Leśniak B., 1988, *Klimat*, [w:] J. Warszzyńska (red.), *Województwo tarnowskie. Monografia*, Ossolineum, Wrocław, s. 29–42.
- Okoński J., Szponar B i A, 2006, *Osada na stanowisku 32 w Tuchowie, pow. tarnowski na tle wczesnośredniowiecznego osadnictwa w Kotlinie Tuchowskiej*, [w:] *Wczesne średniowiecze w Karpatach polskich*, Muzeum Podkarpackie w Krośnic, Krosno, s. 583–590.
- Oleksynowa K., Tokaj J., Jakubiec J., 1976, *Przewodnik do ćwiczeń z gleboznawstwa i geologii dla studentów AR. Część II, metody laboratoryjne i analizy gleb*, Komornicki T. (red.), Akademia Rolnicza w Krakowie, Skrypty dla Szkół Wyższych, Kraków.
- Ołdak S., 1965, *Encyklopedia dróg kołowych*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 168 ss.
- Pawiński A., 1886, *Polska XVI wieku pod względem geograficzno-statystycznym. Małopolska. Tom III*, Skład główny w księgarni Gebethnera i Wolffa, Warszawa, 637 ss.
- Pietrzak M., 2002, *Geomorfologiczne skutki zmian użytkowania ziemi na Pogórzu Wiśnickim*, Przemiany środowiska na Pogórzu Karpackim, 2, IGIGP UJ, 149 ss.
- Pijanowski Z., 1987, *Drogi rolnicze w świetle ochrony gleb przed erozją na przykładzie gminy Pilica*, Rocznik Gleboznawczy, XXXVII, 1, PWN, Warszawa.
- 1992, *Analiza stosowanych długości uprawowych oraz ustalenie optymalnych długości działek i gęstości dróg rolniczych w Polsce południowej*, Zesz. Nauk. AR w Krakowie, ser. Rozprawy, 170, 102 ss.

- Pociask-Karteczka J., 2003, *Zlewnia – właściwości i procesy*, Wydawnictwo UJ, Kraków, 288 ss.
- Prochal P., 1968, *Badania nad erozją gleb w terenach górskich*, [w:] *Procesy erozyjne i problem ochrony gleb w Polsce*, PWRiL, Warszawa, 89 ss.
- Przyboś K., 1988, *Historia społeczno-gospodarcza do roku 1945*, [w:] J. Warsznińska (red.), *Województwo tarnowskie. Monografia*, Ossolineum, Wrocław, s. 123–136.
- Pulit F., 1975, *Paleogeomorfologia i paleohydrologia Pradoliny Podkarpackiej w okolicy Tarnowa*, *Przegląd Geograficzny*, 47, 2, s. 345–359.
- Puzon M., 2009, *Rola antropopresji w kształtowaniu elementów środowiska przyrodniczego otuliny Świętokrzyskiego Parku Narodowego*, maszynopis pracy magisterskiej, Międzywydziałowe Studia Ochrony Środowiska UW, Warszawa, 83 ss.
- Reid L.M., Dunnc T., 1984, *Sediment production from forests road surfaces*, *Water Resources Research*, 20, 11, s. 1753–1761.
- Rodriguez-Iturbe I., Valdez J.B., 1979, *The geomorphological structure of unit hydrological response*, *Water Resource Research*, 15, s. 1490–1520.
- Rodzik J., 2002, *Wpływ układu pól i kierunku uprawy na rozwój erozyjnych form drogowych*, [w:] A. Traczyk, A. Latocha (red.), *Środowiska górskie – ewolucja rzeźby*, VI Zjazd Geomorfologów Polskich, Jelenia Góra, 11–14 września 2002. Streszczenia referatów i posterów, SGP, Wrocław, s. 110–112.
- Roszkowski W., 2006, *Historia Polski 1914–2005*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 512 ss.
- Słownik Geograficzny Królestwa Polskiego i innych krajów słowiańskich*, tom X, 1889, B. Chlebowski, W. Walewski (red.), Druk „wiewu”, Warszawa.
- Słupik J., 1973, *Zróżnicowanie sphywu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich*, *Dokumentacja Geograficzna*, 2, 118 ss.
- 1976, *Zastosowanie zdjęć lotniczych w określaniu wpływu bruzd i dróg polnych na strukturę bilansu wodnego stoków górskich*, *Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego*, 126, Katowice, s. 31–38.
- 1981, *Rola stoku w kształtowaniu odpływu*, *Prace Geograficzne IGiPZ PAN*, 142, 98 ss.
- Snell, J. D., Sivapalan M., 1994, *On geomorphological dispersion in natural catchments and the geomorphological unit hydrograph*, *Water Resource Research*, 30, 7, s. 2311–2323.
- Sobol M., 1981, *Jak powstały mapy katastralne na terenie województwa tarnowskiego*, *Przegląd Geodezyjny*, 7–8, s. 252–253.
- Soczyńska U., 1987, *Geomorfologiczne podstawy symulacji hydrogramu w zlewni niekontrolowanej*, *Przegląd Geofizyczny*, XXXII, 2, s. 165–181.
- Soja M., 2008, *Cykle rozwoju ludności Karpat Polskich w XIX i XX wieku*, IGiP UJ, Kraków, 143 ss.
- Soja R., 2002, *Hydrologiczne aspekty antropopresji w Polskich Karpatach*, *Prace Geograficzne*, 186, IGiPZ PAN, Warszawa, 130 ss.
- Soja R., Prokop P., 1995, *Drogi jako element antropogenicznego przekształcenia środowiska*, [w:] R. Soja, P. Prokop (red.), *Zintegrowany monitoring środowiska przyrodniczego*, *Monitoring Geosystemów Górskich*, Warszawa, s. 90–98.

- Solin L., Cebccaur T., Greskova A., Suri M., 2000, *Small basins of Slovakia and their physical characteristics*, Institute of Geography SAS, Bratislava, 36 ss.
- Stankoviansky M., 2003, *Historical evolution of permanent gullies in the Myjava Hill Land, Slovakia*, *Catena*, 51, s. 223–239.
- Starkel L., 1960, *Rozwój rzeźby Karpat fliszowych w holocenie*, *Prace Geograficzne*, 22, IGiPZ PAN, Warszawa, 239 ss.
- 1972, *Charakterystyka rzeźby polskich Karpat i jej znaczenie dla gospodarki ludzkiej*, *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, PAN, 10, s. 75–150.
- 1988a, *Rzeźba*, [w:] J. Warszyńska (red.), *Województwo tarnowskie. Monografia*, Ossolincum, Wrocław, s. 19–28.
- 1988b, *Przemiany środowiska geograficznego Polski a dzisiejsze geosystemy*, [w:] L. Starkel (red.), *Przemiany środowiska geograficznego Polski*, Wszcchnica PAN, Ossolincum, Wrocław, s. 7–24.
- Stelmach M., 1989, *Urządzanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej*, *Przegląd Geodezyjny*, 11, s. 19–21.
- Styś W., 1934, *Rozdrabnianie gruntów chłopskich w byłym zaborze austriackim od roku 1787 do 1931*, *Archiwum Towarzystwa Naukowego we Lwowie*, Dział B, XV, 1, Nakładem Towarzystwa Naukowego, Lwów, 294 ss.
- Sumara M., 1986, *Warunki przyrodnicze produkcji rolnej województwa tarnowskiego*, Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, Puławy, 76 ss.
- Świąchłowicz J. 2002a, *The influence of plant cover and land use on slope-channel decoupling in a foothill catchment: A case study from the Carpathian Foothills, Southern Poland*, *Earth Surface Processes and Landform*, 27, 5, s. 463–479.
- 2002b, *Współdziałanie procesów stokowych i fluwialnych w odprowadzaniu materiału rozpuszczonego i zawiesiny ze zlewni pogórskiej*, [w:] *Przemiany środowiska na Pogórzu Karpackim*, tom 3, IGIGP UJ, 152 ss.
- Takken I., Croke J., Lanc P., 2008, *Thresholds for channel initiation at road drain outlets*, *Catena*, 75, 3, s. 257–267.
- Tłałka A., 1976, *Stosunki wodne dorzecza Białej Dunajcowej*, *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej*, 5, PAN Kraków, s. 95–118.
- Tokaj J., Gondck W., 1976, *Gleby*, *Studia Ośrodka Dokumentacji Fizjograficznej*, 5, PAN Kraków, s. 119–138.
- Tomczyk A., Ewertowski M., 2009, *Cyfrowe modele wysokościowe w geomorfologii – wprowadzenie*, [w:] Zb. Zwoliński (red.), *GIS – platforma integracyjna geografii*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, s. 67–88.
- Towpasz K., 1988, *Szata roślinna*, [w:] J. Warszyńska (red.), *Województwo tarnowskie. Monografia*, Ossolincum, Wrocław, s. 69–80.
- Urbański J., 2008, *GIS w badaniach przyrodniczych*, Wydawnictwo UG, Gdańsk, 252 ss.
- Valdc-Nowak P., 1988, *Etapy i strefy zasiedlania Karpat polskich w neolicie i na początku epoki brązu*, Ossolincum, Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk, 160 ss.
- Wałdykowski P., 2006, *Wpływ dróg górskich na dynamikę procesów morfogenetycznych w rejonie Turbacza*, *Ochrona Beskidów Zachodnich*, 1, Gorczański Park Narodowy, s. 67–79.
- 2007, *Rzeźbotwórcze skutki rozwoju sieci dróg gruntowych w Beskidach na przykładzie Gorców*, [w:] A. Latocha, A. Traczyk (red.), *Zapis działalności człowieka w środowisku przyrodniczym. Metody badań i studia przypadków*, IGiRR UW, SGP, Wrocław Wydawnictwo Gajt, s. 64–76.

- Wawer R., 2004, *An indicator for estimating the arrangement of rural roads in a terrain relief and its digital implementation to GIS on the example of Grodarz Stream Watershed*, Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Civil Engineering Series, 7, 2.
- Wemple B.C., Swanson F.J., Jones J.A., 2001, *Forest roads and geomorphic process interactions, Cascade Range, Oregon*, Earth Surface Processes and Landforms, 26, 2 John Wiley & Sons, s. 191–204.
- Więzik B., 1987, *Geomorfoklimatyczny hydrogram odpływu*, Przegląd Geofizyczny, XXXII, 5, PWN, Warszawa, s. 319–332.
- Więzik B., Banach W., 1996, *Geomorfologiczny model odpływu ze zlewni – GEOM*, Politechnika Krakowska, Kraków, 25 ss.
- Wolski J., 2007, *Przekształcenia krajobrazu wiejskiego Bieszczadów Wysokich w ciągu ostatnich 150 lat*, Prace Geograficzne, 214, 228 ss.
- 2009, *Następstwa zaniku antropopresji na obszarach górskich – dyskusja zależności „proces a region” w ujęciu różnoskalowym*, Przegląd Geograficzny, 81, 1, s. 47–73.
- Wyrozumska B., 1971, *Lustracja dróg województwa krakowskiego w roku 1570*, PAN-oddział Kraków. Materiały Komisji Nauk Historycznych, 21, Wydawnictwo PAN, Wrocław, Warszawa, Kraków, Gdańsk, 114 ss.
- Ziemońska Z., 1973, *Stosunki wodne w polskich Karpatach Zachodnich*, Prace Geograficzne, 103, IG PAN, Warszawa, 127 ss.
- 1988, *Wody*, [w:] J. Warszńska (red.), *Województwo tarnowskie. Monografia*, Ossolineum, Wrocław, s. 43–56.
- Żychowski J., 2000, *Przyczyny różnej transformacji opadów w odpływy w dwóch zlewniach Beskidu Niskiego*, [w:] Z. Ziolo (red.), *Działalność człowieka i jego środowisko*, Wyd. Nauk. AP, Kraków, s. 93–121.



ŹRÓDŁA KARTOGRAFICZNE:

- Corinc Land Cover 2000 (CLC 2000) vector database, The European Environment Agency (www.eea.europa.eu).
- Czarno-białe zdjęcia lotnicze, 2001–2003, skala 1:13000, CODGiK, Warszawa.
- Kolorowe zdjęcia lotnicze, 1997–1998, skala 1:26 000, CODGiK, Warszawa.
- Leśna Mapa Gospodarcza – Nadleśnictwo Gromnik, 2003, skala 1:10 000, Biuro Urządzenia Lasu i Geodezji Leśnej oddział w Krakowie.
- Mapa topograficzna, 1937, skala 1:100 000, Wojskowy Instytut Geograficzny.
- Mapy ewidencji gruntów miejscowości Ryglice, 1976, skala 1:2000, Urząd Gminy Ryglice.
- Mapy katastralne wsi: Bistuszowa, Joniny, Ryglice, Zalasowa, Żurowa, 1847–1850, skala 1:2880, Starostwo Powiatowe w Tarnowie. Wydział Geodezji, Katastru i Zarządzania Nieruchomościami.
- Mapy topograficzne, 1977, PUW 1965, skala 1:10 000, GUGiK, Warszawa.
- Mapy topograficzne, 1977, PUW 1965, skala 1:25 000, GUGiK, Warszawa.
- Mapy topograficzne, 2001–2003, PUWG 1992, skala 1:10 000, CODGiK, Warszawa.
- Mieg F., 1775–1783, die skale 1:28 800, *Karte des Königreich Galizien und Lodomerien*. Pilsner Kreis, Krigsarchiw in Vicn.
- Neścicruk P., Paul Z., Ryłko W., Szymakowska F., Wójcik A., Żytko K., 1995, *Mapa geologiczna Polski w skali 1:200 000*, Arkusz Jasło, 73, PiG.
- Plan sytuacyjny rozparcelowanego majątku Bistuszowa*, 1945 lub 1946, skala 1:2880, Starostwo Powiatowe w Tarnowie, Wydział Geodezji, Katastru i Zarządzania Nieruchomościami.
- Spezialkarte der oesterreichisch-ungarischen Monarchie*, 1904, die skale 1:75 000, Pilzno und Cieczkowice, NYPL Digital Gallery.
- Topograficzna mapa sztabowa – wydanie tymczasowe, 1957, Układ współrzędnych 1942, skala 1:25 000, WZKart, Warszawa.
- Żytko K., Zając R., Gucik S., 1989, *Map of the tectonic elements of the Western Outer Carpathians and their foreland 1:500 000*. [w:] D. Poprawa, J. Ncmcok (red.), *Geological Atlas of the Western Outer Carpathians and their Foreland*, PiG, Warszawa.

ŹRÓDŁA INTERNETOWE:

www.ryglice.pl, www.stat.gov.pl

INFORMACJE USTNE:

Płoskonka Dominik, Bucła Anna, Sikorska Danuta

GEOMORPHOLOGICAL AND HYDROLOGICAL EFFECTS OF UNMETALLED ROAD NETWORK FUNCTIONING ON THE EXAMPLE OF CIĘŻKOWICKIE FOOTHILLS

Summary

The main target of this study was to recognize the role of unmetalled roads in natural environment transformation, especially in agricultural areas. Ciężkowickie Foothills were chosen as a research terrain. Two typical catchments were selected for detailed studies within the reasearch area.

The major work hypothesis assumes that unmetalled road network supplements natural drainage system and affects geomorphologic and hydrologic processes in a catchment. The hypothesis was verified by a GIS model. Catchment reaction to rainfall and flood wave formation were studied in two cases: 1) excluding the road network, 2) including the rod network.

In the Carpathian Mountains historic, social, economical and psychological factors led to farmlands and forests disintegration. This process began in the 16 century with first mass expulsions. In the middle of the 19 century farmlands division to plots took place. Due to "land shortage", plots partition begun. With every new field a new road leading to it was created – this situation developed an unmetalled road network of high density.

Today road network density on Carpathian Foothills, depending on the region is about 6–9 km/km². It is a significantly higher value in comparison o average density of natural drainage system in Polish Carpathians which is 3,5 km/ km²

ROAD DENSITY IN THE CIĘŻKOWICKIE FOOTHILLS

In order to evaluate the spatial diversity of the road density cartometric measurements were carried out on the basis of maps in scale 1:10 000. The obtained average value for the area of Ciężkowickie Foothills was 8,8 km/km², which is one of the highest values for all regions in Polish Carpathians. Maximum measured values reached 16 km/km² – they refer to areas with the best agricultural condition, settled in the first place. They are placed mostly in river valleys and spaces on the Foothills edge covered with loss – like formations. The lowest road density was found in areas that were never inhabited (for example Brzanka-Liwocz Range) or those with limited colonization.

Differences in road network density were observed between calculations based on maps and factual state. On the arable lands these differences are insignificant. In the areas of big forest complexes actual road network density is three times higher than on the map.

Unmetalled roads account for 80% of all roads. Metalled roads (the remaining 20%) are localized in the cities, towns and suburban areas. In the country (especially in distant rural areas) metalled roads comprise 5% of all roads.

GEOMORPHOLOGIC EFFECTS OF ROAD NETWORK

Detailed research showed that road network density has not changed significantly for about 150 years. What has altered greatly is the road distribution – only 50% of the present roads are older than 150 years.

The communication system rearrangement was caused mainly by main routes replacement from topills to valleys and took place in the 19 century.

Today the remains of old, abandoned roads are preserved as a cuts. These cuts can be divided into two classes: main routes leading along topills and roads that joined those main routes with inhabited valleys.

The road cutting speed is strictly related to the land use intensity. According to one of the oldest sources, dating the 16 century, main roads at that time led in deep cuts. This fact was confirmed by the result of precise research on the historical maps.

Concluding: until the half of 19 century main routes were conducted through concave forms. Today secondary roads, which are older than 150 years and led only to plots, are 1 m deep at maximum (apart from soil formations). Only a few secondary road gullies reach the depth of 4 m. This are fragments of old roads which were main routes used since 16 century.

Evolution of the road cuts does not stop with road relinquishment. Its course is defined by the slope from which a particular road collects rainfall. Some roads, that collect water from surface runoff, transform their cross-sections to v-shaped and can be cut to 2 meters deep maximum. Roads that do not participate in conducting rainfall accumulate material from their walls and surroundings.

HYDROLOGIC EFFECTS OF ROAD NETWORK

One of the first aspects of hydrologic anthropopression was road location in the natural environment. Road influence is mainly confirmed by two facts: roads alter natural flow lines on the slopes and they divide catchments into small basic, independent areas. What is more catchment fragmentation causes initial streams emersions and therefore watershed contraction.

In Zalasowka catchment 75% of streams are the initial ones. In that terrain initial watershed area for one stream shrunked from 0,8 km² (calculated for catchment with no road network) to 0,4 km² (calculated for catchment covered with factual road network).

Because the number of initial flows is growing the probability to connect to another stream is higher. This is a reason for crucial hydrologic effects such as:

- increased number of high order streams,
- reduced medium distance to a stream, therefore quicker rainfall transfer,
- highly efficient catchment drainage system.

Roads are characterized by straightforward course and low surface roughness. Both factors accelerate water outflow. 1/3 of Zalasowka catchment is drained through roads.

Road network on Ciężkowickie Foothills is so dense, that it modifies Horton order ratios, which are an essential component of the runoff models. The degree of this modification shows the anthropogenic interference in natural outflow from catchment.

The results obtained from detailed researches were used to simulate the unit hydrograph from the Zalasowka catchment. Two models were built on the basis of the geomorphic instan-

taneous unit hydrograph (GIUH). Final unit hydrographs were compared: one was calculated on the parameters including road network, the other one on parameters excluding it. The difference was a 15% higher flood wave in the first case.

Translated by Rafał Krocak, Magdalena Puzon

Adres Autora:

Krocak Rafał

Uniwersytet Pedagogiczny, Instytut Geografii

ul. Podchorążych 2, 30-084 Kraków

email: kroraf@up.krakow.pl

Załącznik 1. Czas wystąpienia kulminacji w zlewniach elementarnych – cd 2

L.p. (numer zlewni)	łaka/pastwisko/ogór [m ²]	%	CN	grunt orny [m ²]	%	ome - 1/3 okopowe [m ²]	CN	ome 2/3 reszta [m ²]	CN	droga/droga polna [m ²]	%	CN	rzeka/staw [m ²]	%	las [m ²]	%	CN	zabudowania [m ²]	%	CN	ogród/sad/obejsięcie [m ²]	%	CN	powierzchnia zlewni /mapa rastrowa/	CN	sr.ważona	S	la strata początkowa [mm]	maks. deniwelacja w zlewni [m]	powierzchnia zlewni /mapa wektorowa/	obwód zlewni [m]	wys. min. zlewni [m.n.p.m.]	wys. maks. zlewni [m.n.p.m.]	L długość najdłuższego cieku [m]	charakter głównej linii odpływu z obszaru	współczynnik szorstkości Manninga	zastępcza szerokość koryta w przekroju zamykającym zlewnię [m] /wg Pociask.../	zastępcza szerokość koryta w przekroju zamykającym zlewnię [m]	S spadek koryta [m/m]	ALFA współczynnik fali kinematycznej	sumaryczny opad całkowity po 3h [mm]	sumaryczny opad efektywny po 3h /metoda SCS/	le1 - średni opad efektywny w przedziale 1-3h [mm/h] /metoda SCS/	sumaryczny opad całkowity po 6h [mm]	sumaryczny opad efektywny po 6h /metoda SCS/	le2 - średni opad efektywny w przedziale 3-6h [mm/h] /metoda SCS/	sumaryczny opad całkowity po 9h [mm]	sumaryczny opad efektywny po 9h /metoda SCS/	le3 - średni opad efektywny w przedziale 6-9h [mm/h] /metoda SCS/	sumaryczny opad całkowity po 12h [mm]	sumaryczny opad efektywny po 12h /metoda SCS/	le4 - średni opad efektywny w przedziale 9-12h [mm/h] /metoda SCS/	le - średni opad efektywny w przedziale 1-12h [mm/h] /metoda SCS/	v (le2) predkosć przepływu w profilu zamykającym zlewnię [m/s]	v (le2) predkosć przepływu w profilu zamykającym zlewnię przy opadzie z przedziału 3-6h [m/s]	Rb współczynnik liczby cieków (bifurkacji) [złożony]	Rl współczynnik długości cieków [złożony]	Ra współczynnik powierzchni zlewni [złożony]	qp wysokość kulminacji [1/h]	tp czas wystąpienia kulminacji [h]	tp czas wystąpienia kulminacji przy opadzie z przedziału 3-6h [h]	tb czas podstawy hydrogramu [h]	tp czas wystąpienia kulminacji [min]
112	40475	31	74	72200	56	23826	88	48374	78	3650	3	87	0	0	3325	3	77	1375	1	90	8425	7	83	129450	79,27	66,4	13,3	68	129624	2182	254	322	901	droga nieutw.	0,025	0,19	2	0,08	7,13	19,5	0,5	0,2	66,8	23,9	7,8	70,7	26,6	0,9	76	30,5	1,3	2,5	0,5	0,86	6,32	4,09	5,95	1,03	0,51	0,30	1,94	31	
113	39825	40	74	32725	33	10799	88	21926	78	4600	5	87	0	0	150	0	77	4075	4	90	18700	19	83	100075	79,32	66,2	13,2	32	100907	1525	260	292	539	droga nieutw.	0,025	0,16	2	0,06	6,17	19,5	0,5	0,2	66,8	24,0	7,8	70,7	26,7	0,9	76	30,5	1,3	2,5	0,5	0,71	6,32	4,09	5,95	1,73	0,31	0,22	1,16	19	
114	16525	49	74	11225	33	3704	88	7521	78	675	2	87	0	0	5300	16	77	0	0	90	0	0	0	83	33725	77,16	75,2	15,0	34	34379	792	278	312	274	droga nieutw.	0,025	0,07	2	0,12	8,73	19,5	0,2	0,1	66,8	21,1	7,0	70,7	23,7	0,9	76	27,3	1,2	2,3	0,3	0,55	6,32	4,09	5,95	2,04	0,26	0,14	0,98	16
115	7625	17	74	29100	66	9603	88	19497	78	1150	3	87	0	0	2325	5	77	600	1	90	3050	7	83	43850	80,19	62,7	12,5	42	43850	1053	288	330	447	droga nieutw.	0,025	0,09	2	0,09	7,56	19,5	0,7	0,2	66,8	25,2	8,2	70,7	28,0	0,9	76	31,9	1,3	2,7	0,4	0,59	6,32	4,09	5,95	1,67	0,32	0,22	1,20	19	
116	950	24	74	2100	54	693	88	1407	78	725	18	87	0	0	0	0	77	0	0	150	4	83	3925	80,65	60,9	12,2	18	4183	560	314	332	238	droga nieutw.	0,025	0,02	2	0,08	7,13	19,5	0,8	0,3	66,8	25,8	8,3	70,7	28,7	1,0	76	32,7	1,3	2,7	0,1	0,22	6,32	4,09	5,95	0,78	0,68	0,31	2,56	41		
117	23375	34	74	43900	63	14487	88	29413	78	1675	2	87	0	0	25	0	77	0	0	250	0	83	69225	78,98	67,6	13,5	52	69100	1399	280	332	512	stok	0,025	0,12	2	0,10	7,97	19,5	0,5	0,2	66,8	23,5	7,7	70,7	26,2	0,9	76	30,0	1,3	2,5	0,5	0,72	6,32	4,09	5,95	1,82	0,29	0,2	1,10	17		
118	48500	37	74	55175	42	18208	88	36967	78	3875	3	87	0	0	25325	19	77	0	0	90	0	0	0	83	132875	77,98	71,7	14,3	62	134104	1675	286	348	680	ciek	0,025	0,19	2	0,09	7,56	19,5	0,3	0,1	66,8	22,2	7,3	70,7	24,8	0,9	76	28,5	1,2	2,4	0,6	0,88	6,32	4,09	5,95	1,64	0,32	0,22	1,22	19
120	32450	38	74	30750	36	10148	88	20603	78	2350	3	87	0	0	17425	20	77	400	0	90	2775	3	83	86150	77,93	71,9	14,4	62	85537	1886	286	348	592	droga nieutw.	0,025	0,14	2	0,10	7,97	19,5	0,3	0,1	66,8	22,1	7,3	70,7	24,7	0,9	76	28,4	1,2	2,4	0,5	0,76	6,32	4,09	5,95	1,64	0,32	0,22	1,22	19	
121	2425	98	74	0	0	0	88	0	78	50	2	87	0	0	0	0	77	0	0	90	0	0	0	83	2475	74,26	88,0	17,6	10	2372	232	280	290	51	stok	0,025	0,01	2	0,20	11,27	19,5	0	0	66,8	17,6	5,9	70,7	20,0	0,8	76	23,3	1,1	1,9	0,1	0,21	6,32	4,09	5,95	3,65	0,15	0,07	0,55	9
122	5200	31	74	11325	67	3737	88	7588	78	275	2	87	0	0	0	0	77	0	0	90	0	0	0	83	16800	79,13	67,0	13,4	16	16868	541	278	294	156	stok	0,025	0,05	2	0,10	7,97	19,5	0,5	0,2	66,8	23,7	7,7	70,7	26,4	0,9	76	30,2	1,3	2,5	0,3	0,41	6,32	4,09	5,95	1,57	0,34	0,22	1,27	20
123	12575	66	74	4400	23	1452	88	2948	78	0	0	87	0	0	0	0	77	150	1	90	1825	10	83	18950	76,69	77,2	15,4	38	18697	874	278	316	102	stok	0,025	0,05	2	0,37	15,33	19,5	0,2	0,1	66,8	20,5	6,8	70,7	23,1	0,9	76	26,6	1,2	2,2	0,4	0,6	6,32	4,09	5,95	7,31	0,07	0,05	0,27	4	
124	4775	28	74	10725	63	3539	88	7186	78	1025	6	87	0	0	0	0	77	25	0	90	550	3	83	17100	79,67	64,8	13,0	38	17735	985	276	314	412	stok	0,025	0,05	2	0,09	7,56	19,5	0,6	0,2	66,8	24,4	7,9	70,7	27,2	0,9	76	31,1	1,3	2,6	0,3	0,4	6,32	4,09	5,95	1,84	0,29	0,19	1,09	17	
125	13000	54	74	10875	46	3589	88	7286	78	0	0	87	0	0	0	0	77	0	0	90	0	0	0	83	23875	77,33	74,5	14,9	30	22779	776	272	302	304	stok	0,025	0,06	2	0,10	7,97	19,5	0,3	0,1	66,8	21,3	7,0	70,7	23,9	0,9	76	27,5	1,2	2,3	0,3	0,45	6,32	4,09	5,95	1,84	0,29	0,19	1,09	17
126	5300	17	74	23500	75	7755	88	15745	78	1700	5	87	0	0	0	0	77	75	0	90	575	2	83	31150	80,42	61,8	12,4	48	31528	1464	270	318	629	droga nieutw.	0,025	0,07	2	0,08	7,13	19,5	0,7	0,2	66,8	25,5	8,3	70,7	28,3	0,9	76	32,3	1,3	2,7	0,3	0,44	6,32	4,09	5,95	0,89	0,60	0,36	2,25	36	
127	3950	16	74	19975	78	6592	88	13383	78	1525	6	87	0	0	0	0	77	0	0	90	0	0	0	83	25450	80,51	61,5	12,3	32	25175	1104	268	300	432	droga nieutw.	0,025	0,06	2	0,07	6,67	19,5	0,8	0,3	66,8	25,6	8,3	70,7	28,4	0,9	76	32,4	1,3	2,7	0,3	0,44	6,32	4,09	5,95	1,29	0,41	0,28	1,55	25
128	6225	46	74	6000	45	1980	88	4020	78	0	0	87	0	0	0	0	77	325	2	90	850	6	83	13400	78,23	70,7	14,1	14	13222	559	264	278	101	stok	0,025	0,04	2	0,14	9,43	19,5	0,4	0,1	66,8	22,5	7,4	70,7	25,1	0,9	76	28,9	1,3	2,4	0,3	0,4	6,32	4,09	5,95	5,54	0,10	0,07	0,36	6	
129	4575	29	74	9225	59	3044	88	6181	78	1150	7	87	0	0	0	0	77	50	0	90	725	5	83	15725	79,70	64,7	12,9	26	15894	1017	264	290	435	droga nieutw.	0,025	0,04	2	0,06	6,17	19,5	0,6	0,2	66,8	24,5	8,0	70,7	27,2	0,9	76	31,1	1,3	2,6	0,2	0,34	6,32	4,09	5,95	0,86	0,62	0,36	2,33	37	
130	11575	30	74	25975	67	8572	88	17403	78	1175	3	87	0	0	0	0	77	0	0	90	0	0	0	83	38725	79,29	66,3	13,3	24	38709	779	270	294	273	stok	0,025	0,08	2	0,09	7,56	19,5	0,5	0,2	66,8	23,9	7,8	70,7	26,7	0,9	76	30,5	1,3	2,5	0,4	0,55	6,32	4,09	5,95	2,73	0,19	0,14	0,73	11
131	14100	30	74	25600	54	8448	88	17152	78	600	1	87	0	0	1025	2	77	1350	3	90	4950	10	83	47625	79,54	65,3	13,1	20	47425	967	264	284	185	stok	0,025	0,09	2	0,11	8,36	19,5	0,6	0,2	66,8	24,3	7,9	70,7	27,0	0,9	76	30,9	1,3	2,6	0,4	0,64	6,32	4,09	5,95	4,03	0,13	0,08	0,50	8	
132	2925	32	74	4650	50	1535	88	3116	78	925	10	87	0	0	0	0	77	150	2	90	600	6	83	9250	79,82	64,2	12,8	26	9176	722	278	304	335	droga nieutw.	0,025	0,03	2	0,08	7,13	19,5	0,6	0,2	66,8	24,6	8,0	70,7	27,4	0,9	76	31,3	1,3	2,6	0,2	0,30	6,32	4,09	5,95	1,11	0,48	0,32	1,80	29	
133	39950	68	74	13725	23	4529	88	9196	78	475	1	87	0	0	4650	8	77	0	0	90	0	0	0	83	58800	76,05	80,0	16,0	46	58155	1417	278	324	301	stok	0,025	0,11	2	0,15	9,76	19,5	0,1	0	66,8	19,7	6,5	70,7	22,2	0,8	76	25,7	1,2	2,1	0,4	0,71	6,32	4,09	5,95	2,48	0,21	0,12	0,81	13
134	18875	64	74	8200	28	2706	88	5494	78	475	2	87	0	0	450	2	77	175	1	90	1200	4	83	29375	76,76	76,9	15,4	36	29734	905	290	326	151																														

Załącznik 1. Czas wystąpienia kulminacji w zlewniach elementarnych – cd 1

L.p. (numer zlewni)	łaką/pastwisko/ugór [m²]	%	CN	grunt orny [m²]	%	orne - 1/3 okopowe [m²]	CN	orne 2/3 reszta [m²]	CN	droga/droga polna [m²]	%	CN	rzeka/staw [m²]	%	las [m²]	%	CN	zabudowania [m²]	%	CN	ogród/sad/obejście [m²]	%	CN	powierzchnia zlewni [m²] /mapa rastrowa/	CN	str. wazona	S	In straża początkowa [mm]	maks. deniwelacja w zlewni [m]	powierzchnia zlewni [m²] /mapa wektorowa/	obwód zlewni [m]	wys. min. zlewni [m.n.p.m.]	wys. maks. zlewni [m.n.p.m.]	L. długość najdłuższego ciekę [m]	charakter głównej linii odpływu z obszaru	współczynnik szorstkości Manninga	zastępcza szerokość koryta w przekroju zamykającym zlewnię [m] /wg Pociask.../	zastępcza szerokość koryta w przekroju zamykającym zlewnię [m]	S spadkę koryta [m/m]	ALFA współczynnik fali kinematycznej	sumaryczny opad całkowity po 3h [mm]	sumaryczny opad efektywny po 3h /metoda SCS/	le1 - średni opad efektywny w przedziale 1-3h [mm/h] /metoda SCS/	sumaryczny opad całkowity po 6h [mm]	sumaryczny opad efektywny po 6h /metoda SCS/	le2 - średni opad efektywny w przedziale 3-6h [mm/h] /metoda SCS/	sumaryczny opad całkowity po 9h [mm]	sumaryczny opad efektywny po 9h /metoda SCS/	le3 - średni opad efektywny w przedziale 6-9h [mm/h] /metoda SCS/	sumaryczny opad całkowity po 12h [mm]	sumaryczny opad efektywny po 12h /metoda SCS/	le4 - średni opad efektywny w przedziale 9-12h [mm/h] /metoda SCS/	v (le) predkosć przepływu w profilu zamykającym zlewnię przy spadzie z przedziału 3-6h [m/s]	Rb współczynnik liczby cieków (bifurkacji) [zalożony]	Rl współczynnik długości cieków [zalożony]	Ra współczynnik powierzchni zlewni [zalożony]	qp wysokość kulminacji [l/h]	tp czas wystąpienia kulminacji [h]	tp czas wystąpienia kulminacji przy opadzie z przedziału 3-6h [h]	tb czas podstawy hydrogramu [h]	tp czas wystąpienia kulminacji [min]	
57	2225	9	74	425	2	140	88	285	78	6575	26	87	325	1	0	77	4125	16	90	11600	46	83	25275	84,38	47,0	9,4	18	25024	845	242	260	269	stok	0,025	0,06	2	0,07	6,67	19,5	1,8	0,6	66,8	31,6	9,9	70,7	34,7	1,0	76	39,0	1,4	3,3	0,3	0,47	6,32	4,09	5,95	2,08	0,26	0,16	0,96	16	
58	3400	8	74	4325	10	1427	88	2898	78	7900	17	87	0	0	0	77	4275	9	90	25425	56	83	45325	83,52	50,1	10,0	80	45309	2694	242	322	1316	droga asfaltowa	0,0125	0,09	2	0,06	12,34	19,5	1,5	0,5	66,8	30,2	9,6	70,7	33,2	1,0	76	37,5	1,4	3,1	0,5	0,86	6,32	4,09	5,95	0,71	0,75	0,44	2,82	45	
59	19400	25	74	41125	54	13571	88	27554	78	1200	2	87	0	0	75	0	77	1925	3	90	12425	16	83	76150	80,02	63,4	12,7	42	76008	1412	242	284	254	stok	0,025	0,13	2	0,17	10,39	19,5	0,7	0,2	66,8	24,9	8,1	70,7	27,7	0,9	76	31,6	1,3	2,6	0,6	0,89	6,32	4,09	5,95	4,40	0,12	0,08	0,45	7
60	18025	35	74	21300	42	7029	88	14271	78	0	0	87	0	6850	13	77	1125	2	90	3900	8	83	51200	78,48	69,6	13,9	42	51438	1033	254	296	178	stok	0,025	0,10	2	0,24	12,34	19,5	0,4	0,1	66,8	22,8	7,5	70,7	25,5	0,9	76	29,3	1,3	2,4	0,5	0,82	6,32	4,09	5,95	5,23	0,10	0,06	0,38	6	
61	18325	38	74	13600	28	4488	88	9112	78	0	0	87	0	8325	17	77	950	2	90	6600	14	83	47800	78,16	71,0	14,2	44	48048	1025	274	318	189	stok	0,025	0,10	2	0,23	12,08	19,5	0,4	0,1	66,8	22,4	7,3	70,7	25,0	0,9	76	28,8	1,3	2,4	0,5	0,77	6,32	4,09	5,95	4,93	0,11	0,07	0,41	7	
62	12050	38	74	11050	34	3647	88	7404	78	525	2	87	0	2225	7	77	1075	3	90	5175	16	83	32100	78,92	67,8	13,6	30	32468	855	296	326	235	droga asfaltowa	0,0125	0,07	2	0,13	18,17	19,5	0,5	0,2	66,8	23,4	7,6	70,7	26,1	0,9	76	29,9	1,3	2,5	0,5	0,86	6,32	4,09	5,95	3,97	0,13	0,08	0,50	8	
63	3350	13	74	15725	59	5189	88	10536	78	1150	4	87	0	2675	10	77	575	2	90	3200	12	83	26675	80,59	61,2	12,2	42	26387	864	290	332	269	droga nieutw.	0,025	0,06	2	0,16	10,08	19,5	0,8	0,3	66,8	25,7	8,3	70,7	28,6	1,0	76	32,5	1,3	2,7	0,4	0,58	6,32	4,09	5,95	2,77	0,19	0,13	0,72	11	
64	19450	32	74	27675	46	9133	88	18542	78	1200	2	87	0	6775	11	77	525	1	90	4675	8	83	60300	78,78	68,4	13,7	50	60495	1049	280	330	443	ciek	0,025	0,11	2	0,11	8,36	19,5	0,5	0,2	66,8	23,2	7,6	70,7	25,9	0,9	76	29,7	1,3	2,5	0,4	0,69	6,32	4,09	5,95	1,68	0,32	0,18	1,19	19	
65	775	24	74	575	18	190	88	385	78	0	0	87	0	1875	58	77	0	0	90	0	0	83	3225	77,05	75,7	15,1	22	3241	278	274	296	86	stok	0,025	0,01	2	0,26	12,85	19,5	0,2	0,1	66,8	21,0	6,9	70,7	23,5	0,8	76	27,1	1,2	2,3	0,2	0,27	6,32	4,09	5,95	4,33	0,12	0,09	0,46	7	
66	4850	38	74	5175	41	1708	88	3467	78	200	2	87	0	0	0	77	450	4	90	2050	16	83	12725	79,19	66,7	13,3	26	12541	567	260	286	135	stok	0,025	0,04	2	0,19	10,98	19,5	0,5	0,2	66,8	23,8	7,8	70,7	26,5	0,9	76	30,4	1,3	2,5	0,3	0,44	6,32	4,09	5,95	4,14	0,13	0,09	0,48	8	
67	10375	24	74	17300	41	5709	88	11591	78	600	1	87	0	4725	11	77	750	2	90	8800	21	83	42550	79,63	65,0	13,0	54	42125	1019	270	324	395	droga nieutw.	0,025	0,09	2	0,14	9,43	19,5	0,6	0,2	66,8	24,4	7,9	70,7	27,1	0,9	76	31,0	1,3	2,6	0,4	0,66	6,32	4,09	5,95	1,89	0,28	0,17	1,06	17	
68	40675	61	74	21675	32	7153	88	14522	78	2175	3	87	0	650	1	77	0	0	90	1925	3	83	67100	77,07	75,6	15,1	52	66796	1085	264	316	370	stok	0,025	0,12	2	0,14	9,43	19,5	0,2	0,1	66,8	21,0	6,9	70,7	23,5	0,8	76	27,2	1,2	2,3	0,5	0,75	6,32	4,09	5,95	2,52	0,21	0,14	0,79	13	
69	2250	60	74	125	3	41	88	84	78	175	5	87	0	1175	32	77	0	0	90	0	0	83	3725	75,80	81,1	16,2	20	3790	323	264	284	111	stok	0,025	0,02	2	0,18	10,69	19,5	0,1	0,1	66,8	19,4	6,4	70,7	21,9	0,8	76	25,4	1,2	2,1	0,2	0,25	6,32	4,09	5,95	3,36	0,16	0,13	0,60	10	
70	37025	58	74	24700	38	8151	88	16549	78	0	0	87	0	125	0	77	150	0	90	2375	4	83	64375	77,18	75,1	15,0	56	64963	1383	246	302	209	stok	0,025	0,12	2	0,27	13,09	19,5	0,3	0,1	66,8	21,1	6,9	70,7	23,7	0,9	76	27,3	1,2	2,3	0,6	0,9	6,32	4,09	5,95	5,35	0,10	0,07	0,37	6	
71	9325	29	74	16300	50	5379	88	10921	78	1950	6	87	0	0	0	77	750	2	90	4125	13	83	32450	79,96	63,7	12,7	46	32340	1068	244	290	463	droga nieutw.	0,025	0,07	2	0,10	7,97	19,5	0,6	0,2	66,8	24,8	8,1	70,7	27,6	0,9	76	31,5	1,3	2,6	0,3	0,54	6,32	4,09	5,95	1,21	0,44	0,24	1,65	26	
72	29850	40	74	41050	55	13547	88	27504	78	975	1	87	0	0	0	77	275	0	90	3150	4	83	75300	78,58	69,2	13,8	58	75120	1260	282	336	553	ciek	0,025	0,13	2	0,10	7,97	19,5	0,4	0,1	66,8	23,0	7,5	70,7	25,6	0,9	76	29,4	1,3	2,5	0,5	0,73	6,32	4,09	5,95	1,69	0,32	0,22	1,18	19	
73	16650	19	74	46150	52	15230	88	30921	78	4975	6	87	0	0	0	77	4800	5	90	15425	18	83	88000	81,01	59,5	11,9	44	87450	1462	246	290	536	droga nieutw.	0,025	0,15	2	0,08	7,13	19,5	0,9	0,3	66,8	26,3	8,5	70,7	29,2	1,0	76	33,2	1,3	2,8	0,5	0,77	6,32	4,09	5,95	1,74	0,31	0,20	1,15	19	
74	9925	28	74	17900	50	5907	88	11993	78	2350	7	87	0	475	1	77	1000	3	90	4250	12	83	35900	80,04	63,3	12,7	24	36836	883	250	274	198	droga nieutw.	0,025	0,08	2	0,12	8,73	19,5	0,7	0,2	66,8	25,0	8,1	70,7	27,8	0,9	76	31,7	1,3	2,6	0,4	0,59	6,32	4,09	5,95	3,76	0,14	0,10	0,53	8	
75	22150	47	74	11275	24	3721	88	7554	78	150	0	87	0	11350	24	77	275	1	90	2150	5	83	47350	77,00	73,9	15,2	54	47399	1191	250	304	518	ciek	0,025	0,09	2	0,10	7,97	19,5	0,2	0,1	66,8	20,9	6,9	70,7	23,5	0,9	76	27,1	1,2	2,3	0,4	0,59	6,32	4,09	5,95	1,44	0,37	0,25	1,39	22	
76	59275	74	74	12250	15	4043	88	8208	78	1525	2	87	0	5100	6	77	125	0	90	1300	2	83	79575	75,74	81,4	16,3	48	79723	1145	290	338	314	droga nieutw.	0,025	0,14	2	0,15	9,76	19,5	0,1	0,1	66,8	19,3	6,4	70,7	21,8	0,8	76	25,3	1,2	2,1	0,5	0,79	6,32	4,09	5,95	2,97	0,18	0,11	0,67	11	
77	14325	48	74	11425	38	3770	88	7655	78	125	0	87	0	1900	6	77	525	2	90	1500	5	83	29800	77,78	72,6	14,5	56	29745	1264	250	306	438	droga nieutw.	0,025	0,07	2	0,13	9,09	19,5	0,3	0,1	66,8	21,9	7,2	70,7	24,5	0,9	76	28,2	1,2	2,4	0,3	0,54	6,32	4,09	5,95	1,28	0,42	0,23	1,56	25	
78	2975	20	74	9675	66	3193	88	6482	78	0	0	87	0	2050	14	77	0	0	90	0	0	83	14700	79,22	66,6	13,3	36	14434	667	254	290	201	stok	0,025	0,04	2	0,18	10,69	19,5	0,5	0,2	66,8	23,8	7,8	70,7	26,6	0,9	76	30,4	1,3	2,5	0,3	0,46	6,32	4,09	5,						

Załącznik 1. Czas wystąpienia kulminacji w zlewniach elementarnych

Lp. (numer zlewni)	łaka/pastwisko/ogór [m ²]	%	CN	grunt orny [m ²]	%	orne - 1/3 okopowe [m ²]	CN	orne 2/3 reszta [m ²]	CN	droga/droga polna [m ²]	%	CN	rzeka/staw [m ²]	%	las [m ²]	%	CN	zabudowania [m ²]	%	CN	ogród/sad/obejście [m ²]	%	CN	powierzchnia zlewni /mapa rastrowa/	CN	sr.ważona	la strata początkowa [mm]	maks. deniwelacja w zlewni [m]	powierzchnia zlewni /mapa wektorowa/	obwód zlewni [m]	wys. min. zlewni [m.n.p.m.]	wys. maks. zlewni [m.n.p.m.]	L długość najdłuższego ciekę [m]	charakter głównej linii odpływu z obszaru	współczynnik szorstkość Manninga	zastępcza szerokość koryta w przekroju zamykającym zlewnię [m] /wg Pociask.../	zastępcza szerokość koryta w przekroju zamykającym zlewnię [m]	S spadek koryta [m/m]	ALFA współczynnik fali kinematycznej	sumaryczny opad całkowity po 3h [mm]	sumaryczny opad efektywny po 3h /metoda SCS/	le2 - średni opad efektywny w przedziale 1-3h [mm/h] /metoda SCS/	sumaryczny opad całkowity po 6h [mm]	sumaryczny opad efektywny po 6h /metoda SCS/	le2 - średni opad efektywny w przedziale 3-6h [mm/h] /metoda SCS/	sumaryczny opad całkowity po 9h [mm]	sumaryczny opad efektywny po 9h /metoda SCS/	le3 - średni opad efektywny w przedziale 6-9h [mm/h] /metoda SCS/	sumaryczny opad całkowity po 12h [mm]	sumaryczny opad efektywny po 12h /metoda SCS/	le4 - średni opad efektywny w przedziale 9-12h [mm/h] /metoda SCS/	le - średni opad efektywny w przedziale 1-12h [mm/h] /metoda SCS/	v (le2) prędkość przepływu w profilu zamykającym zlewnię [m/s]	v (le2) prędkość przepływu w profilu zamykającym zlewnię [m/s]	Rb współczynnik liczby cieków (bifurkacji) [złożony]	Rl współczynnik długości cieków [złożony]	Ra współczynnik powierzchni zlewni [złożony]	qp wysokość kulminacji [l/h]	tp czas wystąpienia kulminacji [h]	tp czas wystąpienia kulminacji przy opadzie z przedziału 3-6h [h]	tb czas podstawy hydrogramu [h]	tp czas wystąpienia kulminacji [min]
1	26300	31	74	25050	30	8267	88	16784	78	5425	6	87		0	2225	3	77	4125	5	90	21625	26	83	84750	80,14	62,9	12,6	42	84647	1437	312	354	654	droga nieutw.*	0,025	0,14	2	0,06	6,17	19,5	0,7	0,2	66,8	25,1	8,1	70,7	27,9	0,9	76	31,8	1,3	2,7	0,4	0,68	6,32	4,09	5,95	1,14	0,47	0,27	1,75	28
2	5050	48	74	1600	15	528	88	1072	78	750	7	87		0	1850	17	77	350	3	90	1025	10	83	10625	77,93	71,9	14,4	24	10525	547	308	332	205	droga nieutw.	0,025	0,03	2	0,12	8,73	19,5	0,3	0,1	66,8	22,1	7,3	70,7	24,7	0,9	76	28,4	1,2	2,4	0,2	0,35	6,32	4,09	5,95	1,82	0,29	0,17	1,10	17
3	16650	38	74	7025	16	2318	88	4707	78	2275	5	87	1050	2	2450	6	77	2000	5	90	12450	28	83	43900	79,42	65,8	13,2	42	43616	1018	312	354	380	ciek	0,025	0,09	2	0,11	8,36	19,5	0,6	0,2	66,8	24,1	7,8	70,7	26,8	0,9	76	30,7	1,3	2,6	0,4	0,62	6,32	4,09	5,95	1,96	0,27	0,17	1,02	16
4	11775	18	74	31300	48	10329	88	20971	78	5150	8	87		0	6125	9	77	1000	2	90	9500	15	83	64850	80,4	61,9	12,4	58	65023	1613	310	368	716	ciek	0,025	0,12	2	0,08	7,13	19,5	0,7	0,2	66,8	25,5	8,3	70,7	28,3	0,9	76	32,2	1,3	2,7	0,4	0,67	6,32	4,09	5,95	1,04	0,51	0,30	1,92	31
5	18975	38	74	26075	52	8605	88	17470	78	1450	3	87		0	75	0	77	825	2	90	2375	5	83	49775	78,9	67,9	13,6	52	49030	1043	298	350	225	stok	0,025	0,10	2	0,23	12,08	19,5	0,5	0,2	66,8	23,4	7,6	70,7	26,1	0,9	76	29,9	1,3	2,5	0,5	0,80	6,32	4,09	5,95	4,14	0,13	0,08	0,48	8
6	21275	25	74	49875	58	16459	88	33416	78	2200	3	87		0	4050	5	77	875	1	90	7300	9	83	85575	79,66	64,9	13	76	85750	1411	292	368	513	ciek	0,025	0,14	2	0,15	9,76	19,5	0,6	0,2	66,8	24,4	7,9	70,7	27,2	0,9	76	31,0	1,3	2,6	0,6	0,89	6,32	4,09	5,95	2,18	0,24	0,16	0,92	14
7	12125	21	74	39525	70	13043	88	26482	78	1550	3	87		0	1900	3	77	175	0	90	1575	3	83	56850	79,83	64,2	12,8	78	56635	1230	290	368	536	ciek	0,025	0,11	2	0,15	9,76	19,5	0,6	0,2	66,8	24,6	8,0	70,7	27,4	0,9	76	31,3	1,3	2,6	0,5	0,76	6,32	4,09	5,95	1,74	0,31	0,20	1,15	19
8	17150	18	74	35575	37	11740	88	23835	78	1825	2	87		0	37725	40	77	400	0	90	2425	3	83	95100	78,47	69,7	13,9	68	94985	1403	300	368	523	ciek	0,025	0,15	2	0,13	9,09	19,5	0,4	0,1	66,8	22,8	7,5	70,7	25,5	0,9	76	29,2	1,2	2,4	0,6	0,87	6,32	4,09	5,95	2,14	0,25	0,17	0,93	15
9	10200	62	74	1075	7	355	88	720	78	0	0	87		0	225	1	77	775	5	90	4150	25	83	16425	77,55	73,5	14,7	32	16191	599	290	322	161	stok	0,025	0,05	2	0,20	11,27	19,5	0,3	0,1	66,8	21,6	7,1	70,7	24,2	0,9	76	27,9	1,2	2,3	0,3	0,48	6,32	4,09	5,95	3,47	0,15	0,10	0,58	9
10	10225	48	74	7550	35	2492	88	5059	78	0	0	87		0	3600	17	77	0	0	90	125	1	83	21500	77,12	75,4	15,1	46	21923	746	290	336	200	stok	0,025	0,05	2	0,23	12,08	19,5	0,2	0,1	66,8	21,0	6,9	70,7	23,6	0,9	76	27,2	1,2	2,3	0,4	0,55	6,32	4,09	5,95	3,73	0,14	0,10	0,54	8
11	26375	31	74	1000	1	330	88	670	78	1675	2	87		0	55600	64	77	350	0	90	1250	1	83	86250	76,47	78,2	15,6	66	85783	1533	302	368	439	ciek	0,025	0,14	2	0,15	9,76	19,5	0,2	0,1	66,8	20,2	6,7	70,7	22,7	0,8	76	26,3	1,2	2,2	0,5	0,83	6,32	4,09	5,95	2,12	0,25	0,15	0,94	15
12	28575	57	74	0	0	0	88	0	78	0	0	87		0	21500	43	77	0	0	90	0	0	90	50075	75,29	83,4	16,7	50	49785	941	306	356	311	ciek	0,025	0,10	2	0,16	10,08	19,5	0,1	0	66,8	18,8	6,2	70,7	21,2	0,8	76	24,7	1,2	2,1	0,4	0,66	6,32	4,09	5,95	2,40	0,22	0,13	0,83	13
13	19550	41	74	13950	29	4604	88	9347	78	825	2	87		0	12400	26	77	450	1	90	850	2	83	48025	77,43	74	14,8	76	47604	1447	280	356	510	stok	0,025	0,10	2	0,15	9,76	19,5	0,3	0,1	66,8	21,5	7,1	70,7	24,1	0,9	76	27,7	1,2	2,3	0,4	0,68	6,32	4,09	5,95	1,46	0,36	0,21	1,37	22
14	17100	37	74	16025	34	5288	88	10737	78	2325	5	87		0	2275	5	77	1625	3	90	7475	16	83	46825	79,28	66,4	13,3	64	46577	1036	280	344	332	stok	0,025	0,09	2	0,19	10,98	19,5	0,5	0,2	66,8	23,9	7,8	70,7	26,6	0,9	76	30,5	1,3	2,5	0,5	0,75	6,32	4,09	5,95	2,81	0,19	0,13	0,71	11
15	18225	30	74	11475	19	3787	88	7688	78	1500	2	87		0	30075	49	77	0	0	90	275	0	83	61550	76,12	75,1	15	76	61232	1215	280	356	303	ciek	0,025	0,11	2	0,15	9,76	19,5	0,3	0,1	66,8	21,1	6,9	70,7	23,7	0,9	76	27,3	1,2	2,3	0,5	0,74	6,32	4,09	5,95	1,85	0,29	0,19	1,08	17
16	22150	44	74	7600	15	2508	88	5092	78	1100	2	87		0	16175	32	77	575	1	90	2700	5	83	50300	77,02	75,8	15,2	72	50518	1073	280	352	453	ciek	0,025	0,10	2	0,16	10,08	19,5	0,2	0,1	66,8	20,9	6,9	70,7	23,5	0,9	76	27,1	1,2	2,3	0,4	0,69	6,32	4,09	5,95	1,65	0,32	0,19	1,21	19
17	2800	20	74	5375	39	1774	88	3601	78	725	5	87		0	825	6	77	525	4	90	3450	25	83	13700	80,61	61,1	12,2	30	13609	508	280	310	128	stok	0,025	0,04	2	0,23	12,08	19,5	0,8	0,3	66,8	25,8	8,3	70,7	28,6	0,9	76	32,6	1,3	2,7	0,3	0,49	6,32	4,09	5,95	4,37	0,12	0,07	0,46	7
18	17175	21	74	37300	45	12309	88	24991	78	5125	6	87		0	14650	18	77	1125	1	90	8300	10	83	83675	79,68	64,8	13	72	84794	1302	280	352	700	droga nieutw.	0,025	0,14	2	0,10	7,97	19,5	0,6	0,2	66,8	24,4	7,9	70,7	27,2	0,9	76	31,1	1,3	2,6	0,5	0,78	6,32	4,09	5,95	1,33	0,40	0,26	1,50	24
19	7625	58	74	4400	33	1452	88	2948	78	0	0	87		0	0	77	325	2	90	900	7	83	13250	77,43	74	14,8	32	12963	543	280	312	139	stok	0,025	0,04	2	0,23	12,08	19,5	0,3	0,1	66,8	21,5	7,1	70,7	24,1	0,9	76	27,7	1,2	2,3	0,3	0,46	6,32	4,09	5,95	4,02	0,13	0,09	0,50	8	
20	21425	36	74	29325	50	9677	88	19648	78	1575	3	87		0	525	1	77	575	1	90	5350	9	83	58775	78,99	67,6	13,5	58	58765	1045	278	336	320	stok	0,025	0,11	2	0,18	10,69	19,5	0,5	0,2	66,8	23,5	7,7	70,7	26,2	0,9	76	30,0	1,3	2,5	0,5	0,8	6,32	4,09	5,95	2,91	0,18	0,11	0,69	11
21	23825	41	74	21625	37	7136	88	14489	78	2975	5	87		0	2050	3	77	950	2	90	7225	12	83	58650	78,82	68,3	13,7	60	58616	1439	280	340	473	droga nieutw.	0,025	0,11	2	0,13	9,09	19,5	0,5	0,2	66,8	23,3	7,6	70,7	26,0	0,9	76	29,7	1,2	2,5	0,5	0,72	6,32	4,09	5,95	1,97	0,27	0,19	1,02	16
22	24100	28	74	45725	53	15089	88	30636	78	5000	6	87		0	1000	1	77	1250	1	90	8775	10	83	85850	79,83	64,2	12,8	54	85664	1793	284	338	639	droga asfaltowa	0,0125	0,14	2	0,																								

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN im. Stanisława Leszczyckiego wydaje następujące publikacje seryjne:

Geographia Polonica, Prace Geograficzne, Przegląd Geograficzny, Dokumentacja Geograficzna, Europa XXI, Geopolitical Studies, Bibliografia Geografii Polskiej, Atlas Warszawy oraz Atlas Rzeczypospolitej Polskiej (1993–1997) i Centralny Katalog Zbiorów Kartograficznych w Polsce (1961–2000).

MONOGRAFIE

1. Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997, *Bioklimatologia człowieka. Metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski.*
2. Starkel L., 2001, *Historia doliny Wisły od ostatniego zlodowacenia do dziś.*
3. Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., Limanówka D., 2002, *Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie.*
4. Kozłowska-Szczęśna T., Krawczyk B., Kuchcik M., 2004, *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka.*
5. Gawryszewski A., 2005, *Ludność Polski w XX wieku.*
6. Węclawowicz G., Bański J., Degórski M., Komornicki T., Korcelli P., Śleszyński P., 2006, *Przestrzenne zagospodarowanie Polski na początku XXI wieku.*
7. Taylor Z., 2007, *Rozwój i regres sieci kolejowej w Polsce.*
8. Matuszkiewicz J.M. (red.), 2007, *Geobotaniczne rozpoznanie tendencji rozwojowych zbiorowisk leśnych w wybranych regionach Polski.*
9. Roo-Zielińska E., Solon J., Degórski M., 2007, *Oceana stanu i przekształceń środowiska przyrodniczego na podstawie wskaźników geobotanicznych, krajobrazowych i glebowych.*
10. Gawryszewski A., 2009, *Ludność Warszawy w XX wieku.*
11. Grzeszczak J., 2010, *Gentryfikacja osadnictwa. Charakterystyka, rozwój koncepcji badawczej i przegląd wyjaśnień.*

ATLAS WARSZAWY

6. Misztal S., 1998, *Przekształcenia struktury przemysłu Warszawy.*
7. Potrykowska A., Śleszyński P., 1999, *Migracje wewnętrzne w Warszawie i województwie warszawskim.*
8. Luniak M., Kozłowski P., Nowicki W., Plit J., 2001, *Ptaki Warszawy 1962–2000.*
9. Śleszyński P., 2006, *Przedsiębiorstwa w przestrzeni Warszawy.*
10. Degórska B., Deręgowska A., 2008, *Zmiany krajobrazu obszaru metropolitalnego Warszawy na przełomie XX i XXI wieku.*
11. Stępiak M., Węclawowicz G., Górczyńska M., Bierzyński A., 2009, *Warszawa w świetle Narodowego Spisu Powszechnego 2002.*

Sprzedaż i prenumeratę publikacji IGiPZ PAN prowadzą księgarnie:

- Warszawska Drukarnia Naukowa PAN, ul. Śniadeckich 8, 00-656 Warszawa, tel. fax (+48 22) 628 87 77, 628 76 14.
- Główna Księgarnia Naukowa im. Bolesława Prusa, ul. Krakowskie Przedmieście 7, 00-068 Warszawa, tel. (22) 826 18 35.

W literaturze zagranicznej nieutwardzone drogi są przedmiotem badań aplikacyjnych i modelowych. Testowane są rozwiązania metodyczne dostosowane do warunków miejscowych, ale w niczym nie przypominających Karpat. Konieczne jest opracowanie własnych ujęć, co jest jednym z celów niniejszej książki.

Drogi są jednym z pierwszych elementów antropogenicznych, który pojawia się w krajobrazie w wyniku działalności człowieka. Ich sieć rozwija się wraz z nasilaniem akcji osadniczej. W pogórskiej części Karpat proces ten rozpoczął się w XV wieku. Szczególnie intensywny rozwój sieci drogowej nastąpił w XIX wiek, w czasie tzw. „głodu ziemi”. Tendencje zapoczątkowane w pierwszej połowie XIX wieku, polegające na systematycznym podziale arealu rolnego, trwały praktycznie do końca wieku XX.

Kilkaset lat funkcjonowania dróg sprawiło, że zmieniał się ich przestrzenny rozkład. Wytyczane były nowe fragmenty oraz wyłączone z eksploatacji drogi nieprzejezdne i niepotrzebne. Część z opuszczonych dróg znikła bezpowrotnie, a część po zarzuceniu użytkowania rozwijała się nadal, w efekcie współcześnie na obszarze Pogórza Karpackiego występują relikwowe wcięcia drogowe modelowane przez procesy naturalne.