

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN – POLONIA

VOL. LXXX

SECTIO B

2025

JAN RODZIK

<https://orcid.org/0000-0001-7266-0516>

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

Instytut Nauk o Ziemi i Środowisku

al. Kraśnicka 2D, 20-718 Lublin, Polska

jan.rodzik@mail.umcs.pl

PIOTR DEMCZUK

<https://orcid.org/0000-0002-2642-1626>

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

Instytut Nauk o Ziemi i Środowisku

al. Kraśnicka 2D, 20-718 Lublin, Polska

piotr.demczuk@mail.umcs.pl

KRZYSZTOF STĘPNIEWSKI

<https://orcid.org/0000-0002-4992-2749>

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

Instytut Nauk o Ziemi i Środowisku

al. Kraśnicka 2D, 20-718 Lublin, Polska

krzysztof.stepniewski@mail.umcs.pl

Wpływ struktury agrarno-osadniczej na rozwój rzeźby lessowego zbocza doliny Wieprza (Roztocze Szczeczeszyńskie)

Influence of the Agrarian and Rural Structure on the Relief Development
of the Wieprz River Valley Loess Slope (Szczeczeszyn Roztocze)

Abstract: This paper presents the conditions for the development and functioning of anthropogenic loess relief in an area with high gradients, dihedrals >100 m, and significant gully dissection (about $4 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$). Particular attention was paid to erosional processes and sediment deposition, their dynamics, and the geomorphological effects resulting from several centuries of continuous use. The response of the environment to strong anthropopressure resulted in the formation of a set of road-like relief, erosional and accumulative forms, integrated into the drainage system of catchment area and settlement zone. The danger of flash floods in the village of Kawęczyn, located at the foot of the slope of the Wieprz River valley, whose source is the area of cultivated fields belonging to the village in terms of a uniform funnel-shaped catchment, is discussed. The catchment's land use is dominated

by deciduous forests in ravine systems (64.9%), and arable fields as cereals occupy 31.6%. Soil erosion rates were assessed using the RUSLE model with plant protection parameters. The erosivity of precipitation was calculated for an average multi-year total of 710.9 mm. The average erosion rate without protective treatments is highest in the slope gradient range of 2–7° and is $18.9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, while with treatments of 7.9% efficiency, it is $17.4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$. Low erosion occurs in the 15–35° range, which may be associated with permanent vegetation cover or terracing of dry valley slopes. The terraced system is dissected by road basins, formed with roads perpendicular to the fields. On the other hand, the slope of the Wieprz River valley, which is cultivated longitudinally, with a sub-terrace at the foot, is dissected by road gullies with cones/embankments at the outlet.

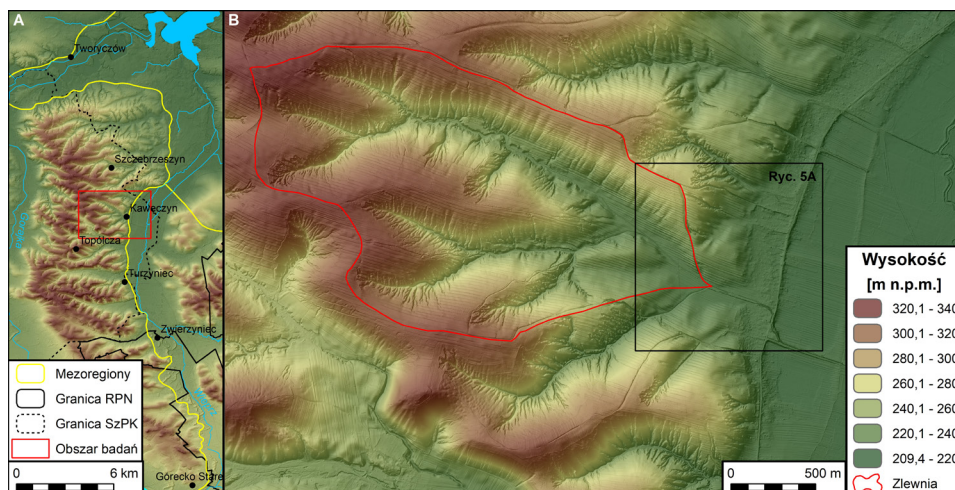
Keywords: soil erosion; loess relief; field and road pattern; anthropopression; Szczepieszyński Różecze

Abstrakt: W pracy przedstawiono warunki rozwoju i funkcjonowanie antropogenicznej rzeźby lessowej w obszarze o dużych spadkach, deniwelacjach >100 m oraz o znacznym rozcięciu wąwozami – około $4 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$. Szczególną uwagę zwrócono na procesy erozyjne i depozycję osadów, ich dynamikę oraz skutki geomorfologiczne, będące rezultatem kilkusetletniego ciągłego użytkowania. W reakcji środowiska na silną antropopresję ukształtował się zespół drogowych form rzeźby, erozyjnych i akumulacyjnych, wkomponowanych w system odwodnienia zlewni i strefy osadniczej. Omówiono zagrożenie powodzią błyskawicznymi wsi Kawęczyn, położonej u podnóża zbocza doliny Wieprza, których źródłem jest przynależny do wsi obszar pól uprawnych w ujęciu jednolitej zlewni lejkowatej. W użytkowaniu zlewni największy udział mają lasy liściaste w systemach wąwozowych (64,9%), a pola orne jako zboża zajmują 31,6%. Ocenę natężenia erozji gleb przeprowadzono za pomocą modelu RUSLE z wykorzystaniem parametrów ochronnych roślin. Erozyjność opadów obliczono dla średniej sumy z wielolecia 710,9 mm. Średnia wielkość erozji bez zabiegów ochronnych jest najwyższa w przedziale nachylenia stoków 2–7° i wynosi $18,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, natomiast z zabiegami o efektywności 7,9% – $17,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Niska erozja występuje w przedziale 15–35°, co można wiązać z trwałą okrywą roślinną lub terasowaniem zboczy suchej doliny. System teras rozcinają niecki drogowe, uformowane przy prostopadłym do pól przebiegu dróg. Natomiast zbocze doliny Wieprza, uprawiane wzdłużstokowo, z terasą podstokową u podnóża, rozcinają wąwozy drogowe stożkami w formie wałów u wylotu.

Słowa kluczowe: erozja gleb; rzeźba lessowa; układ pól i dróg; antropopresja; Różecze Szczepieszyńskie

WSTĘP

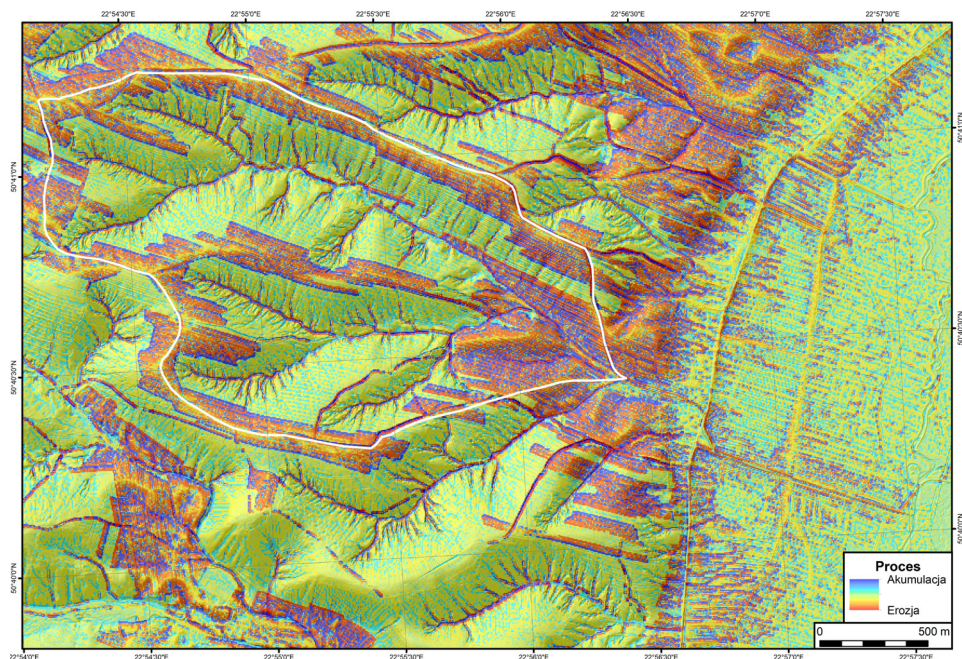
Pokryte lessem lewe zbocze doliny Wieprza między Zwierzyńcem a Szczebrzeszynom jest jednocześnie krawędzią Roztocza Szczebrzeszyńskiego – jednego z najbardziej rozciętych wąwozami mezoregionów wyżynnych. Gęstość wąwozów w okolicy Szczebrzeszyna osiąga prawie $10 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ (Buraczyński, 1977). Urozmaicona rzeźba stanowi o uroku krajobrazu, który podlega ochronie w ramach Szczebrzeszyńskiego Parku Krajobrazowego, pokrywającego się w tym rejonie z otuliną Roztoczańskiego Parku Narodowego (zob. ryc. 1A). Krajobraz naturalny stanowi atrakcyjną podbudowę dla rozwoju i funkcjonowania niezwykle cennych, także pod względem poznawczym oraz turystycznym, elementów krajobrazu kulturowego Kawęczyna i okolic (zob. ryc. 1B).



Ryc. 1. A: Położenie Kawęczyna na Roztoczu Szczebrzeszyńskim; B: Hipsometria zbocza doliny Wieprza i analizowanej lejkowatej zlewni systemu suchych dolin rozciętych wąwozami (opracowanie własne)

Fig. 1. A: Location of Kawęczyn in Szczebrzeszyn Roztocze; B: Hypsometry of the Wieprz River valley slope and the analysed funnel-shaped basin of the dry valleys system cut by gullies (own elaboration)

Rozcięcie terenu i współczesna aktywność procesów erozyjnych stwarzają problemy gospodarcze (Gawrysiak i in., 2024). Wąwozy powodują fragmentację pól, a wynoszony z nich materiał zamula pola, drogi, rowy przydrożne i posesje. Znaczny udział ma w tym spłukiwanie z upraw polowych i dróg (Rodzik i in., 2008), pełniących dodatkowo funkcję koryt rozprowadzających. Depozycja materiału na powierzchni dróg skutkuje rozwojem wydłużonych stożków napływowych, czyli wałów proluwialnych, naśladujących układ dróg (zob. ryc. 2).



Ryc. 2. Rozmieszczenie obszarów erozji i akumulacji w warunkach antropopresji pod krawędzią Rostocza Szczeczeszyńskiego w Kawęczynie na podstawie analizy USPED (Mitasova i in., 1996)

Fig. 2. Distribution of areas of erosion and accumulation under anthropopressure under the edge of the Szczeczeszyn Rostocze in Kawęczyn, based on analysis of the USPED (Mitasova et al., 1996)

Pierwszym celem pracy jest ocena wpływu długotrwałej antropopresji na rozwój rzeźby lessowej w strefie osadniczej u podnóża zbocza doliny Wieprza, a drugim – ocena natężenia współczesnej erozji na tle użytkowania, w lejkowatej, zwężającej się przy ujściu zlewni (Bryndał, 2025), zasilającej strefę osadniczą (zob. ryc. 2). Kolejnym celem jest rozpoznanie mechanizmów rozwoju drogowych form rzeźby, nie tylko już dobrze rozpoznanych wąwozów (Józefaciuk i in., 2001; Kołodyńska-Gawrysiak i in., 2011; Zgłobicki i in., 2021), lecz także mało znanych niecek drogowych i form akumulacyjnych, takich jak specyficzne, wydłużone stożki/wały proluwialne, pełniące funkcję transportową. Erozyjne i akumulacyjne formy drogowe, niekiedy sprawiające wrażenie naturalnych lub – przeciwnie – utworzonych intencjonalnie, są ogniwami spajającymi stokowe systemy erozyjno-transportowo-depozycyjne w obszarach lessowych.

UWARUNKOWANIA PROCESÓW EROZYJNYCH

1. Warunki naturalne

Roztocze Szczeczeszyńskie jest zbudowane z późnokredowych geoz, opok i opok marglistych, a w części północnej pokryte jest lesssem. Rzeźbę podlessowego podłoża cechuje znaczne rozdolinienie, związane z wydźwignięciem tego obszaru w miocenie (Brzezińska-Wójcik i Miłkowska, 1999). Równoleżnikowe systemy suchych dolin osiągają od strony wschodniej długość do 6 km. Ich dna nawiązują do poziomu dna doliny Wieprza, leżącego na wysokości około 210 m n.p.m., i stanowią bazę erozyjną dla rozwoju wąwozów (Siłuch i in., 2023). Deniwelacje między głównym grzbietem a dnami dolin przekraczają 100 m. Zwarty płat lessów w okolicach Szczeczeszyna budują lessy starsze i młodsze o miąższości 15–20 m, przedzielone eemską glebą kopalną. Większość profilu zajmują mało spoiste lessy młodsze o niskiej zawartości frakcji ilastej i o dużej zawartości węglanów (Maliński, 1964). Strop lessów wieńczy, składająca się z różnobarwnych poziomów: Ap-Eet-Bt1-Bt2-BC-C1-Ck, w profilu liczącym około 1,5 m, holocenska gleba płowa (Turski i Słowińska-Jurkiewicz, 1994). Planacja agrotechniczna falistej rzeźby ścina powierzchniowo różne poziomy, dzięki czemu współczesna pokrywa glebowa na lessach roztoczańskich tworzy charakterystyczną mozaikę (zob. ryc. 3A).

Orografia wpływa na lokalny mezoklimat, a w szczególności na warunkujące erozję opady. W porównaniu z sąsiednią Kotliną Zamojską suma rocznego opadu wzrasta tu o blisko 100 mm i wynosi 650–700 mm (Kaszewski, 2008), co powoduje wzrost wskaźnika odpływu jednostkowego do 5 i więcej $\text{l}\cdot\text{s}^{-1}$ z 1 km^2 (Michalczyk, 1986). Kontrast hipsometryczny i termiczno-wilgotnościowy między wierzchołką a dnem doliny Wieprza sprzyja konwekcji i występowaniu deszczów nawaalnych (Rodzik i in., 1998). Rozgałęzione systemy suchych dolin lessowych, o znacznych deniwelacjach i spadkach zboczy, w powiązaniu z siecią dróg gruntowych sprzyjają koncentracji spływu powierzchniowego. W warunkach ingerencji człowieka w środowisko prowadzi to do rozwoju wąwozów (Maruszczak, 1973). Akumulacja rumowiska wynoszonego z wąwozów podczas roztopów i deszczów nawaalnych powoduje zmianę ukształtowania powierzchni nawet w dnach walnych dolin (Burańczyński, 1977, 1989/1990; Kociuba, 2014; Rodzik i in., 2004; Stworzyński, 1834).

2. Uwarunkowania antropogeniczne

Po przyłączeniu tego terenu do Polski przez Kazimierza Wielkiego w drugiej połowie XIV w. nastąpiła intensywna kolonizacja tzw. włości szczeczeskiej, kontynuowana po utworzeniu Ordynacji Zamojskiej pod koniec XVI w. Karczowano

jołdowo-bukowe lasy w celu pozyskania drewna na budulec oraz do wytopu żelaza i produkcji szkła. Znaczną część płodów leśnych i rolnych przeznaczano na eksport, poprzez spław Wieprzem i Wisłą do Gdańska, a stamtąd do Europy Zachodniej. Stosunkowo żyzne gleby płowe skłaniały do zakładania pól na obszarach wykarczowanych, pomimo niekiedy trudnej ich dostępności. Pierwsza wzmianka o Kawęczynie pochodzi z XVI w., ale należy sądzić, że wylesienie i związana z nim uprawa roli nastąpiły wcześniej – pierwsze wzmianki o miejscowościach sąsiednich pochodzą bowiem z XIV w. (Skowronek, 1999; Stworzyński, 1834).

Gospodarka Ordynacji Zamojskiej sprawiła, że w mniejszym stopniu zazna-
czył się tutaj kryzys XVII–XVIII w., natomiast wyraźne ożywienie gospodarcze miało miejsce w XIX w. W najbliższym sąsiedztwie Roztocza Szczebrzeszyńskiego, zwłaszcza w Zwierzyńcu, pracowały liczne zakłady przemysłowe, m.in. przemysłu drzewnego (Skowronek, 1999), co wiązało się z eksploatacją lasów. Zbiegło się to z wprowadzeniem nowoczesnego płodozmianu i upraw okopowych, wzmagających procesy erozyjne. Uwłaszczenie chłopów w latach 60. XIX w. spowodowało dalsze rozdrobnienie areалу gruntów ornych. Równocześnie porzucano i zalesiano trudno dostępne pola, a ówczesny stan lesistości (około 50%) dotrwał do czasów współczesnych (Skowronek, 1999; Zgłobicki, 2006). Ożywienie erozji wąwozowej w pierwszej połowie XX w. było konsekwencją rabunkowej gospodarki leśnej, kiedy w okresie światowych wojen i kryzysów wycinano drzewa i krzewy na opał oraz wypasano w wąwozach bydło.

MATERIAŁ I METODY

Zasadniczy materiał, będący podstawą opracowania, zgromadzono w ciągu około 25 lat podczas ćwiczeń i prezentacji terenowych. Bezpośrednio obserwowano funkcjonowanie naturalnych i antropogenicznych dróg spływu wody, wykonując opisy, pomiary i szkice form, procesów i ich skutków. Niezwykle pomocna w interpretacji oraz analizie jakościowej (m.in. rozłogu pól) okazała się dokumentacja fotograficzna. Określenia kierunku i wielkości zmian położenia powierzchni topograficznej dokonano na podstawie polowej analizy profili osadowo-glebowych o niezaburzonej strukturze, uzyskanych za pomocą ręcznej sondy *Eijkelkamp* z próbnikiem żłobkowym. Szczegółowe badania pedologiczno-topograficzne przeprowadzono w rejonie rozwidlenia dróg (równoległej i skośnej do pól), a położenie odwiertów określono za pomocą tachimetru. Mapy lokalizacyjne i wynikowe sporządzono w programach GIS na podstawie ogólnodostępnych materiałów ALS.

Materiał porównawczy pochodzi z analizy elementów naturalnych i użytkowania liczącej 300 ha lejkowatej zlewni suchej doliny erozyjno-denudacyjnej

o długości około 3 km (zob. ryc. 4). Uchodzi do niej kilka mniejszych dolin, porozcinanych wąwozami, zwłaszcza w górnych odcinkach. Typowe dla tej części mezoregionu są utwory powierzchniowe – lessy. Według klasyfikacji USDA są to węglanowe pyły ilaste (pył gliniasty – PTG 2008). Uchodzący do doliny Wieprza system dolinno-wąwozowy, poprzedzielany garbami wierzchowinowymi, jest jednym z wielu podobnych, charakterystycznych elementów rzeźby Rostocza Szczebrzeszyńskiego.

Ocenę natężenia erozji gleb przeprowadzono za pomocą modelu RUSLE (Renard i in., 1997; Wischmeier i Smith, 1978), z wykorzystaniem parametrów ochronnych roślin (współczynnik C) według Panagosa i in. (2015). Erozyjność opadów oraz roztopów (współczynnik R) została obliczona na podstawie sum miesięcznych i rocznych opadów z lat 1951–2014 w oparciu o zmodyfikowany współczynnik Fourniera (MFI – Modified Fournier Index; zob. Arnoldus, 1977; Renard i Freimund, 1994). Przy średniej sumie opadu z wielolecia wynoszącej 710,9 mm współczynnik R wynosił $592 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$. Obliczono także wielkości erozji uwzględniające zabiegi przeciwoerozyjne (ekspozycja i terasowanie zboczy) oraz bez czynnika ochronnego (współczynnik P).

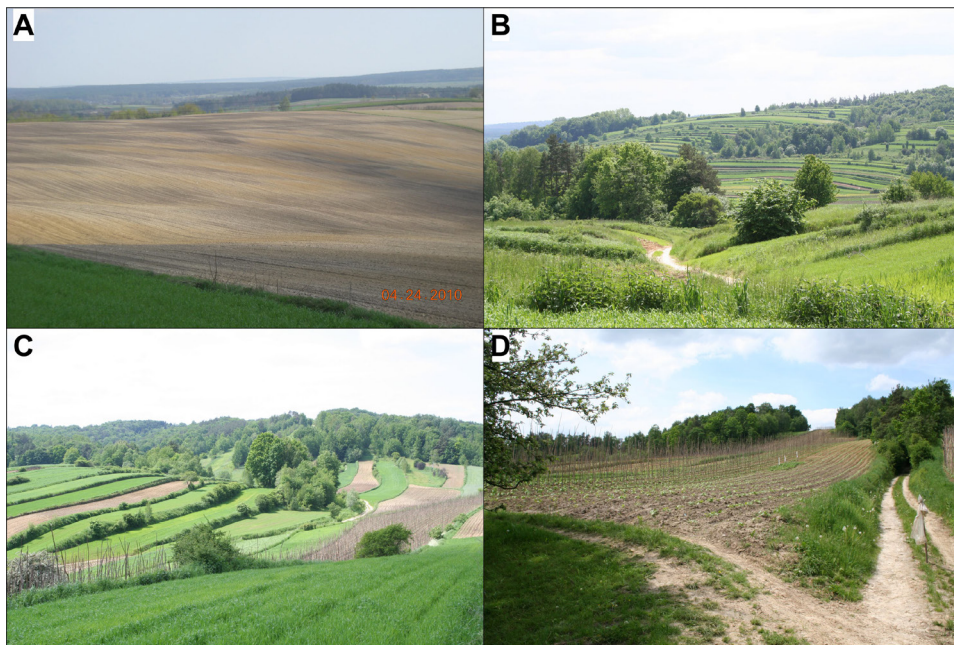
WYNIKI BADAŃ

1. Harmonijna antropopresja?

Rozczłonkowanie terenu i przepuszczalność podłoża sprawiają, że wewnątrz Rostocza Szczebrzeszyńskiego poziom wód podziemnych nawiązuje do walnych dolin i występuje bardzo głęboko. W związku z tym osadnictwo skupia się na obrzeżach mezoregionu, tworząc u podnóża zbocza doliny Wieprza ciąg wsi w układzie „łańcuchówki” (Maruszczak, 1954). Wyrazem szczupłości miejsca pod zabudowę jest usytuowanie domów mieszkalnych krótszą ścianą szczytową do drogi, gdyż na dłuższą ścianę frontową jest za mało miejsca. Odbiciem zagęszczenia posesji są prostopadłe do wsi, długie na kilka kilometrów i wąskie pola (zob. ryc. 3B). Dalszy ich podział, nawet do 10–20 m szerokości, nastąpił wskutek działów spadkowych.

W zlewni lejkowatej, u zbiegu kilku dolin, pozostawiono oryginalne pola wstęgowe. W falistej rzeźbie ograniczają je soczewkowate miedze/skarpy o różnej wysokości. Całość, ze zróżnicowaną strukturą upraw (z zagonami fasoli), stanowi niezwykle malowniczy krajobraz, harmonijnie łączący elementy naturalne z kulturowymi (zob. ryc. 3C). Do ukształtowania powierzchni dostosowano sieć dróg dojazdowych biegnących wzdłuż den suchych dolin oraz rozdzielających je garbów. Duże odległości sprawiają, że rzadka sieć dróg jest intensywnie użytkowana i ero-

dowana. Wytyczono więc dodatkowe drogi łączące dna dolin z wierzchowinowymi garbami, przecinające wąskie zagony pól (zob. ryc. 3B).



Ryc. 3. Krajobrazy lessowe Roztocza w okolicy Szewnia (A) i Kawęczyna (B, C, D): A – falista rzeźba z mozaiką pokrywy glebowej; B – poprzecznostokowy układ pól na zboczach głównej doliny w zlewni z niecką drogową na pierwszym planie; C – skośnostokowe wstęgowe pola z soczewkowatymi skarpami; D – układ pól wzdłużstokowych na zboczu doliny Wieprza z terasą podstokową i wylotem głębocznicy (fot. J. Rodzik)

Fig. 1. Loess landscapes of Roztocze near Szewnia (A) and Kawęczyn (B, C, D): A – undulating relief with a soil cover mosaic; B – perpendicular field system on the slopes of the main valley with a road trough in the foreground; C – ribbon-shaped sloping fields with lenticular slopes; D – fields of the parallel of slopes in the Wieprz River valley slope with a sub-slope terrace and a road gully outlet (photo: J. Rodzik)

Głównym kierunkiem pól uprawnych jest WNW–ESE, zgodny z biegiem największych dwóch dolin w zlewni, co sprawia, że dominujące na ich zboczach pola poprzecznostokowe zajmują w zlewni największą powierzchnię (zob. ryc. 3B). Jednak wielokierunkowość zbiegających się mniejszych dolinek miejscowo zakłóca regularność rozłogu pól w stosunku do rzeźby terenu (zob. ryc. 2). Pola mają często układ skośnostokowy i różne kierunki spadków (zob. ryc. 3C). Z kolei na zboczu doliny Wieprza, eksponowanym ku E, występuje wyłącznie układ wzdłużstokowy (zob. ryc. 3D).

2. Wyniki ilościowej analizy erozji gleb

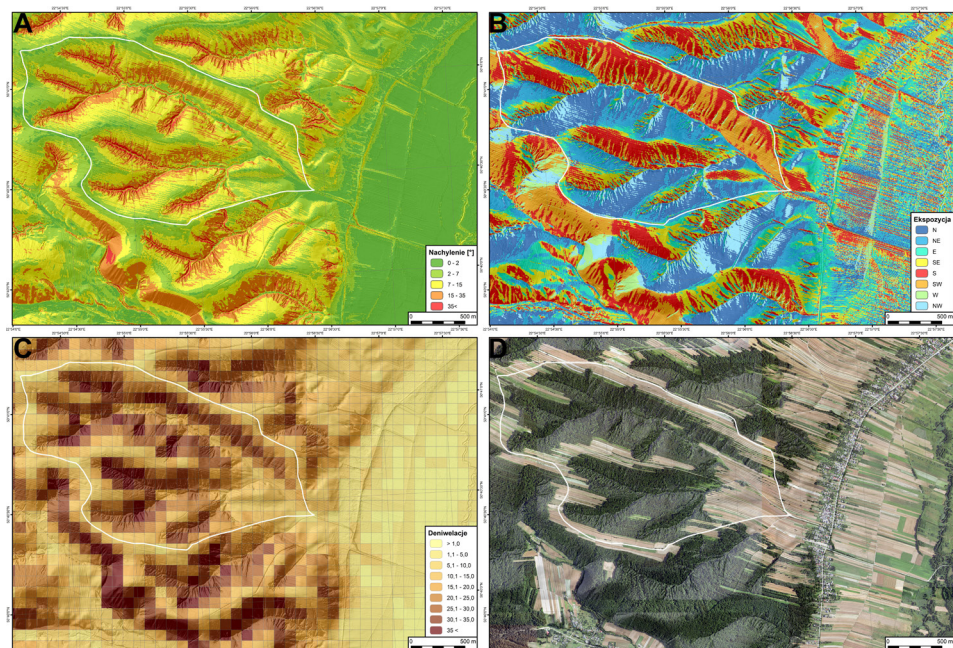
Wyrazem rozczłonkowania analizowanej zlewni przez suche doliny i rozcięcia przez wąwozy jest nachylenie stoków (zob. ryc. 4A). Zbocza silnie nachylone, mieszczące się w przedziale 7–15° oraz strome (15–35°), zajmują łącznie 67,9% zlewni, natomiast zbocza umiarkowanie nachylone, mieszczące się w przedziale 2–7° i zwykle dominujące, stanowią zaledwie 28,2% powierzchni zlewni (zob. tab. 1). W użytkowaniu przeważają lasy liściaste (64,9%), obecne przede wszystkim na stokach o nachyleniu znacznie przekraczającym 7° i porastające głównie powierzchnie zajęte przez wąwozy oraz grzędy międzywązowe. Odcinek ujściowy zlewni oraz wierzchowiny są użytkowane rolniczo; pola orne jako zboża zajmują 31,6%. Łąki w strukturze użytków zajmują niespełna 1% (zob. ryc. 4D).

Tab. 1. Natężenie procesów spłukiwania względem nachylenia zboczy w zlewni suchej doliny (opracowanie własne)

Tab. 1. *Intensity of flushing processes relative to slope in the dry valley catchment area (own elaboration)*

Nachylenie/ Slope (°)	Procentowy udział w zlewni / Percentage share in the catchment area	Średnia wielkość erozji / Average erosion rate (t/ha na rok / per year)		Zmiana wielkości erozji / Change in the amount of erosion (%)
		z zabiegami ochronnymi / with protective treatments	bez zabiegów ochronnych / without protective treatments	
0–2	3,8	7,1	7,2	1,4
2–7	28,2	17,4	18,9	7,9
7–15	41,2	17,0	18,3	7,6
15–35	24,5	4,7	4,7	0,0
35<	2,3	1,0	1,0	0,0
Z całej zlewni / From the entire catchment area		13,3	14,3	6,9

Nachylenie zboczy w analizowanej zlewni zmienia się wraz z wysokością (zob. ryc. 4A). Jest naturalne, że w obrębie stoków wypukło-wklęsłych, a takie zazwyczaj przeważają w rzeźbie lessowej, najbardziej stromy jest środkowy odcinek. Największe nachylenia występują w przedziale wysokościowym 250–320 m n.p.m., co związane jest z obecnością wąwozów. W związku z ukierunkowaniem głównych dolin dominują ekspozycje ich zboczy: południowa oraz północno-wschodnia (zob. ryc. 4B).

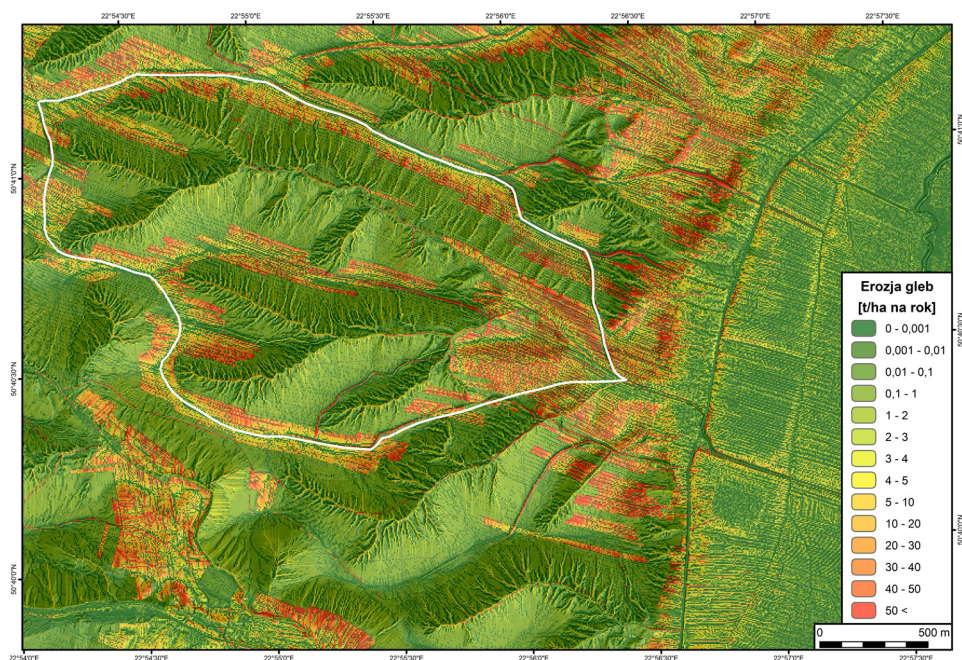


Ryc. 4. Elementy środowiska analizowanego obszaru: A – nachylenie terenu; B – ekspozycja stoków; C – deniwelacje; D – ortofotomapa (Główny Urząd Geodezji i Kartografii)

Fig. 4. Environmental elements of the analysed area: A – slope; B – exposure of slopes; C – denivelations; D – orthophotomap (Head Office of Geodesy and Cartography)

Na stokach o nachyleniu $>35^\circ$ oraz w przedziale $15\text{--}35^\circ$ zabiegi ochronne nie wpłynęły na erozję – wartości pozostają te same ($1,0$ oraz $4,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$), co sugeruje obecność stabilnej okrywy roślinnej, jaką jest las, a także zarośla, wkraczające na odłogowane pola znajdujące się w sąsiedztwie wąwozów. Najniższą redukcję erozji uzyskano na stokach o nachyleniu $<2^\circ$, gdzie różnica między scenariuszami wyniosła tylko $1,4\%$. Wielkość erozji dla całej zlewni spadała niewiele, bo z $14,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ do $13,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, co odpowiada $6,9\%$ redukcji spłukiwania (zob. tab. 1).

Uzyskane wyniki potwierdzają znaczenie użytkowania i roślinności w ograniczaniu strat gleby, zwłaszcza na łagodnych i średnio stromych stokach (zob. ryc. 5), najbardziej odpowiednich do użytkowania rolniczego. Corocznie spłukiwane jest z całej zlewni średnio około 4000 t materiału. Brak zabiegów przeciwoerozyjnych powoduje wzrost erozji gleb w zlewni o około 300 t .



Ryc. 5. Zróżnicowanie natężenia erozji gleb w lejkowej zlewni zasilającej strefę depozycji podstokowej w Kawęczynie, obliczone z wykorzystaniem modelu RUSLE (opracowanie własne)

Fig. 5. Variation in the intensity of soil erosion in a funnel-shaped catchment feeding a sub-stream deposition zone in Kawęczynie, calculated using the RUSLE model (own elaboration)

DYSKUSJA

1. Dynamika procesów erozyjnych

Według klasyfikacji intensywności erozji gleb FAO (1978) w analizowanej zlewni dominującą pod względem powierzchni klasą są obszary o bardzo małym natężeniu erozji, które stanowią 77,4% (wraz z ochroną) i 77,0% (bez ochrony) zlewni, co wskazuje na względnie niską podatność na degradację. Wprowadzenie zabiegów ochronnych zmniejszyło powierzchnię klas erozji: średniej (10–25 t·ha⁻¹ rocznie), dużej (25–50 t·ha⁻¹ rocznie) i bardzo dużej (>50 t·ha⁻¹ rocznie), przy jednoczesnym wzroście udziału powierzchni o erozji małej (0–5 t·ha⁻¹ rocznie). Największa redukcja powierzchni dotyczy klasy 5–10 t·ha⁻¹·rok⁻¹ (–51,1 ha). Zwiększenie udziału powierzchni w klasie erozji bardzo dużej o 35,7 ha może być efektem niewłaściwych upraw dla danego nachylenia i charakteru zbocza.

Znacznie mniejszy wzrost powierzchni (o 12,2 ha) wystąpił w klasie średniej erozji. Może to wskazywać na przesunięcie wartości progowych w efekcie

zmian środowiskowych spowodowanych działaniami ochronnymi. Pomimo tego, że całkowity udział klas o dużym i bardzo dużym natężeniu erozji jest stosunkowo niewielki, gdyż razem stanowią około 10% powierzchni zlewni, ich udział wzrósłby znacząco po zaprzestaniu zabiegów ochronnych. Wprowadzenie ochrony nie zmieniło znacznie udziału powierzchni w klasie bardzo małej erozji. Zanotowano spadek tylko o 1,6 ha, co może świadczyć o jej względnej odporności na intensyfikację odpływu (zob. tab. 2).

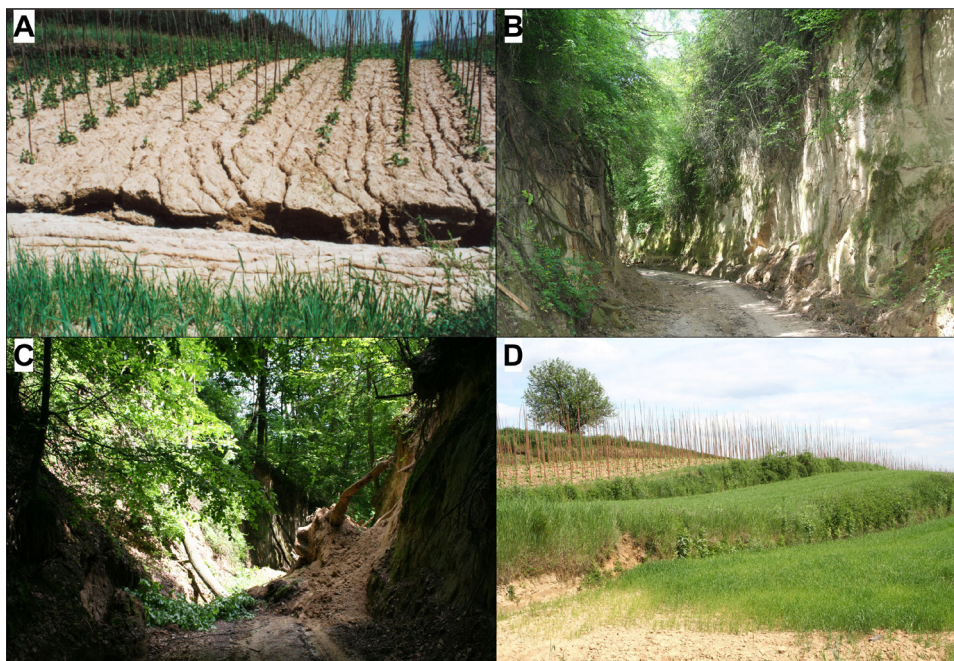
Tab. 2. Wpływ zabiegów agrotechnicznych na wielkość erozji gleb w zlewni dolinno-wąwozowej (opracowanie własne)

Tab. 2. Influence of agrotechnical treatments on the amount of soil erosion in the valley-river basin (own elaboration)

Natężenie erozji / <i>Erosion intensity</i> (t/ha na rok / <i>per year</i>)		Udział procentowy powierzchni / <i>Percentage of area</i>		Zmiana powierzchni / <i>Change of surface</i> (ha)
		z zabiegami ochronnymi / <i>with protective treatments</i>	bez zabiegów ochronnych / <i>without protective treatments</i>	
Bardzo małe / <i>Very small</i>	0–5	77,4	77,0	–1,6
Małe / <i>Small</i>	5–10	5,5	4,7	–51,6
Średnie / <i>Medium</i>	10–25	7,1	7,4	12,2
Duże / <i>Big</i>	25–50	4,5	4,7	9,3
Bardzo duże / <i>Very big</i>	50<	5,6	6,3	35,7

Generalnie potwierdza się powszechny od dawna pogląd o intensywnej erozji w tej części Roztocza, pomimo w większości przeciwerozyjnego, właściwego układu pól (Mazur, 1971). Intensywna erozja wodna występuje – pomimo terasowania zboczy – na uprawach fasoli, popularnych w gminie Szczepietyn (zob. ryc. 6A). Stosunkowo duży (niekiedy >50%) udział powierzchni zalesionych znacznie zmniejsza zagrożenie szeroko pojętymi procesami erozji gleb w stopniu daleko większym oraz terasowanie stoków.

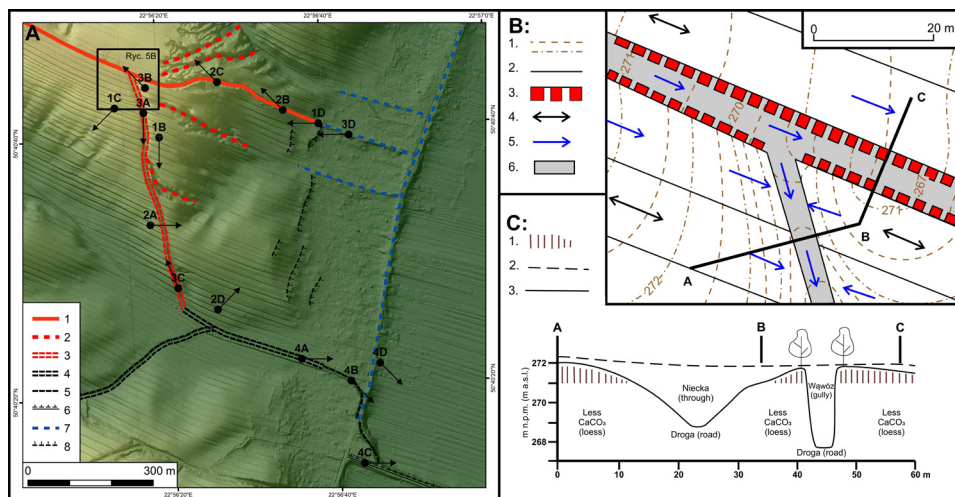
Użytkowane rolniczo są tu głównie wierzchowiny i terasowane stoki, gdzie natężenie erozji jest mniejsze (zob. ryc. 5). Jednak skumulowana presja różnych procesów erozyjnych (erozja agrotechniczna, erozja drogowa, spłukiwanie), oddziałujących jednocześnie i niekiedy niemal punktowo, wzmacnia ich intensywność. Znaczną powtarzalność występowania procesów erozyjnych (*clustering*) obserwowano tu w okresie dużej częstości opadów nawałnych, jaka miała miejsce w latach 1997–2002 (Rodzik i Zgłobicki, 1998; Rodzik i in., 2004).



Ryc. 6. Przejawy intensywnej erozji: A – splukiwanie gleby z pola fasoli na nieujętej w ewidencji erodowaną drogę przecinającą działki poprzecznostokowych pól; B – głęboki i wąski wąwóz drogowy (głębocznica), rozcinający dwudzielną pokrywę lessową na krawędzi doliny Wieprza w Kawęczynie; C – obrywy zbocza głębocznic; D – terasy rolne na lewym zboczu odcinka wylotowego głównej doliny w Kawęczynie (fot. J. Rodzik)

Fig. 6. Signs of intensive erosion: A – soil washing from the bean field onto an unrecorded eroded road, cutting through the perpendicular parcels of the slope; B – a deep and narrow road gully (sunken lane), cutting the bipartite loess cover on the slope of the Wieprz river valley at Kawęczyn; C – mass movements of the road gully slope; D – agricultural terraces on the left slope of the outlet section of the main valley in Kawęczyn (photo: J. Rodzik)

Dużą dynamiką charakteryzuje się erozja wzdłużstokowych dróg gruntowych na krawędzi doliny Wieprza, równoległych do pól uprawnych. Pełnią one funkcję dróg dojazdowych do pól, położonych niekiedy daleko na wierzchołku. Drogi te użytkowano coraz intensywniej, gdyż ich niezmienna liczba służyła dojazdowi do zwiększającej się liczby pól podczas podziałów spadkowych. W warunkach częstego i długiego użytkowania dróg o dużym nachyleniu następował szybki rozwój wąwozów drogowych, zwanych głębocznicami, gdyż osiągają głębokość 10 m i więcej (zob. ryc. 6B). Po kilkusetletnim użytkowaniu ich szerokość dorównuje głębokości, ponieważ ubytki dna uzupełnia się materiałem z podcinania zboczy, co stwarza warunki do ich cofania poprzez obrywy, zsuwy oraz niekiedy sufozję (zob. ryc. 6C). Silnie zerodowana droga jest porzucana i wytycza się nową (zob. ryc. 7A), a rozwój opuszczonego wąwozu przebiega w sposób niekontrolowany, podobnie jak wąwozów dolinnych.



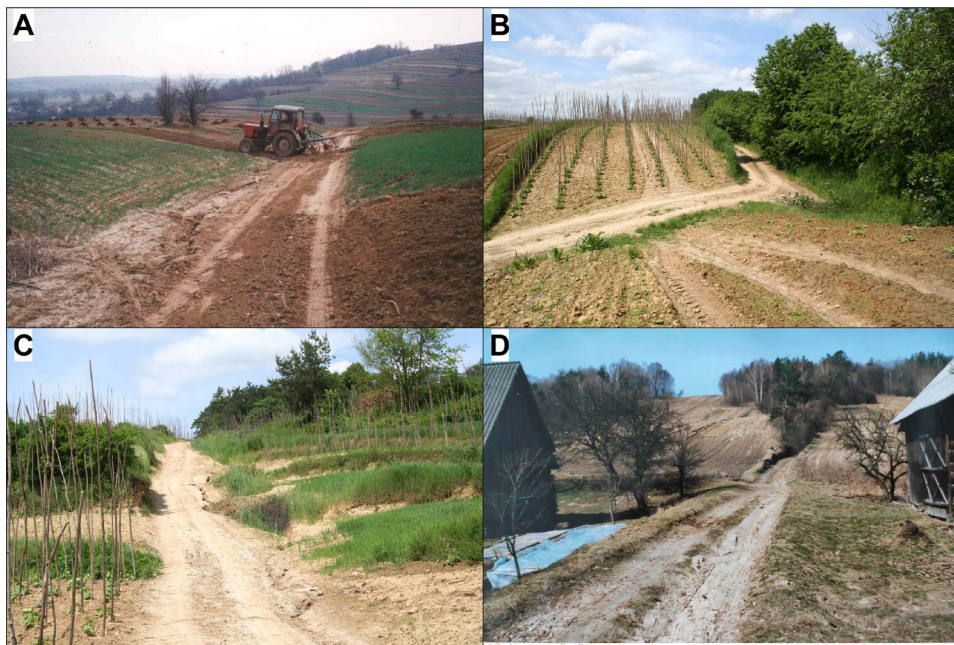
Ryc. 7. Wpływ relacji struktury agrarno-osadniczej do rzeźby terenu na rozwój form antropogenicznych: A – formy stokowe i podstokowe: 1 – głęboznica, 2 – wąwozy podrogowe, 3 – niecka drogowa, 4 – obwałowana droga, 5 – kanał odpływowy, 6 – kanał z wałem osłonowym, 7 – wał proluwalny, 8 – krawędź terasy podstokowej, 1B–7D → miejsca i kierunki fotografowania; B – formy drogowe na rozwidleniu w kwadracie ryc. 7B: 1 – poziomicę, 2 – miedze, 3 – krawędzie głęboznicy, 4 – kierunki orki, 5 – kierunki transportu osadów, 6 – powierzchnia drogi; C – przekrój przez formy drogowe wzdłuż linii ABC na ryc. 7B: 1 – gleba płowa, 2 – pierwotna powierzchnia terenu, 3 – współczesna powierzchnia terenu (opracowanie własne)

Fig. 7. Influence of the relation between agrarian and settlement structure and relief on the anthropogenic forms development; A – location of slope and sub-slope forms: 1 – sunken lanes, 2 – after-road gullies, 3 – road trough, 4 – road with embankment, 5 – drainage channel, 6 – channel with embankment, 7 – proluvial embankment, 8 – edge of sub-slope terraces, 1B–7D → photographic locations and directions; B – road forms on the fork in the square of Fig. 7B: 1 – contour lines, 2 – balks, 3 – road scarps, 4 – directions of ploughing, 5 – directions of sediment transport, 6 – roads surface; C – cross-section through road forms along the ABC line in Fig. 7B: 1 – Luvisol, 2 – original ground surface, 3 – modern ground surface (own elaboration)

Na stokach lessowych Wyżyny Lubelskiej 50–100-letnie wąwozy drogowe, o szerokości dna 2–3 m, wcinają się $4\text{--}5\text{ cm}\cdot\text{rok}^{-1}$ (Nowocień, 1996), powiększając przekrój poprzeczny o $0,08\text{--}0,15\text{ m}^2\cdot\text{rok}^{-1}$. Z kolei niektóre wąwozy drogowe na zboczu doliny Wieprza dorównują polem przekroju wąwozom dolinnym ($50\text{--}100\text{ m}^2$). W takim tempie ich rozwój trwałby 600–700 lat (od XIV w.). Silna erozja dna i rozwój zboczy powodują jednak szybsze dziczenie głęboznicy i porzucenie erodowanej drogi, jak w przypadku czterech krótkich głębokich wąwozów w Kawęczynie (zob. ryc. 7). Jeśli drogi w nich funkcjonowały kolejno, to na każdą przypada około 150 lat i tylko tyle lat może liczyć obecna głęboznica (zob. ryc. 6B–C). Przewaga głębokości nad szerokością świadczy o młodości i szybkim pogłębianiu.

2. Pozawązowe skutki erozji i depozycji osadów

Użytkowane rolniczo stoki omawianego obszaru modelowane są przede wszystkim przez erozję uprawową (agrotechniczną). Orka w poprzek spadku wąskich zagonów pól powoduje terasowanie. Terasy rolne (uprawowe) mają tu charakter wąskich i długich spłaszczeń oddzielonych skarpami o wysokości 1–2 m (zob. ryc. 6D). Przyrost dojrziałych skarp szacowany jest na około 1 cm/r (w pierwszych 100–120 latach), przy czym może być on bardzo szybki w początkowej fazie, niekiedy nawet do kilkunastu cm/r. Terasy rolne zmieniają profil poprzeczny i bilans denudacyjny stoku; tworzy się szereg lokalnych baz denudacyjnych, które zatrzymują materiał glebowy (Pałys, 1985). Niekiedy wysokie skarpy wąskich teras są degradowane przez różne procesy erozyjne, takie jak: podcinanie przez orkę, odpadanie, sufozja (poszerzanie kanałów zwierzęcych) itp. (zob. ryc. 8C).



Ryc. 8. Erozyjno-akumulacyjne formy drogowe: A – funkcjonowanie i rozwój niecki drogowej na drodze prostopadłej do pól; B – relacja układu pól do rozwidlenia drogi i jej wpływ na kształt formy erozyjnej; C – zniszczone skarpy i terasy u wylotu niecki drogowej; D – stożek/wał proluwialny z korytem odprowadzającym u wylotu głębocznicy w Kawęczynie (fot. J. Rodzik)

Fig. 8. Erosion-accumulation road forms: A – functioning and development of the road trough at the road perpendicular to the fields; B – relationship of the field system to the road fork and its influence on the shape of the erosional form; C – eroded scarps and terraces at the mouth of the road troughs; D – proluvial cone/shaft with a drainage trough at the mouth of the sunken lanes at Kawęczyn (photo: J. Rodzik)

Terasy rolne przecinane są w poprzek przez wzdłużstokowe drogi, spontanicznie wytyczone jako uzupełnienie sieci dróg gruntowych łączących dna dolin z wierzcholiną. Nie ujęto ich w urzędowej ewidencji, ponieważ każdy krótki odcinek ma innego właściciela, którym jest posiadacz działki przyległej z obu stron do rozcinającej ją drogi. Minimalizując straty powierzchni gruntu, rolnicy pozostawiają bez uprawy tylko wąski pas o szerokości pojazdu. Podczas uprawy przyległych pól drogę przejeżdża się w poprzek lub się na niej zawraca (zob. ryc. 8A). Uniemożliwia to utrzymanie zadarnionych „przydrożków”, które w innym, równoległym układzie ograniczają pola, odgradzając je od drogi i warunkując rozwój niezależnego od pól geosystemu drogowego – głęboznicy (zob. ryc. 8B).

W układzie prostopadłym lub ukośnym następuje integracja pól z drogą. Materiał z pola jest splukiwany lub przez narzędzia rolnicze spychany na drogę, po której transportowany jest w dół stoku. Dostawa z pól sprawia, że droga zagłębia się wolniej niż w wąwozie, ale poszerza się jej zlewnia, obejmując fragmenty przyległych pól i powodując erozję gleby. W rezultacie na liniach grzbietowych tworzą się drogowe niecki erozyjno-denudacyjne, a rozbieżny spływ naturalny zastępowany jest zbieżnym spływem drogowym (zob. ryc. 8C).

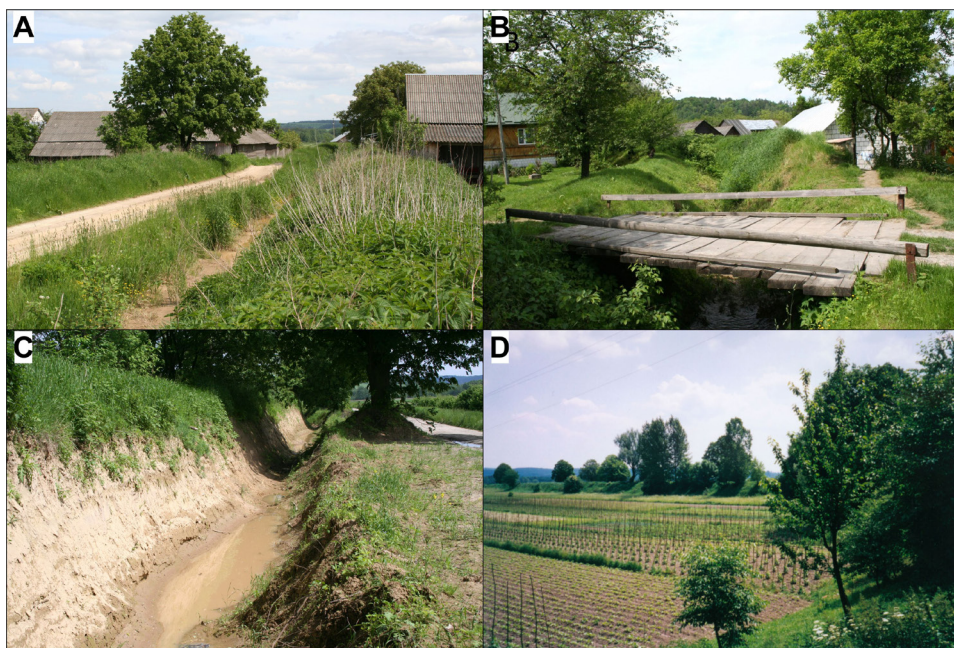
Prezentowany przypadek jest przykładem wzrostu energii potencjalnej ze spadkiem, co skutkuje intensywną erozją dna niecki w dolnym, stromym odcinku (zob. ryc. 8C). Jeśli dotychczas przedstawione przykłady antropogenicznej rzeźby lessowej wydawały się harmonijne, to w tym przypadku nadmiar bodźców (procesów geomorfologicznych) przyczynił się do lokalnej dysharmonii krajobrazu. Dopuszczenie do rozwoju wąwozu drogowego nie wydaje się dobrym rozwiązaniem ze względu na duży spadek dna, zniszczone już krawędzie i prawdopodobną dużą dynamikę procesów erozyjnych. Zgodnie ze „Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta i gminy Szczecbrzeszyn” (1998) konieczne wydaje się utrzymanie funkcji komunikacyjnej z utwardzeniem nawierzchni zalegalizowanej już drogi. W celu przeciwdziałania erozji dna wąwozów drogowych w regionie lubelskim umacnia się je najczęściej ażurowymi płytami betonowymi IOMB, co stanowi skuteczną metodę i zarazem mało inwazyjną (Kołodzyńska-Gawrysiak i in., 2011; Zgłobicki i in., 2021).

Znajomość procesów geomorfologicznych – ich uwarunkowań i skutków – jest konieczna dla prawidłowej ochrony prezentowanego krajobrazu o wysokich walorach poznawczych. Należy także wziąć pod uwagę zagrożenia dla osiedli wiejskich usytuowanych u podnóża lewego zbocza doliny Wieprza w ciągu tzw. łańcuchówki. Ukształtowanie powierzchni sprzyja tu koncentracji spływu podczas letnich ulew i wiosennych roztopów z wielu systemów wąwozowych u wylotu bocznych, suchych dolin (ryc. 5). Na ich przedpolu w dnie doliny Wieprza uformowały się stożki napływowe (Kociuba, 2014). W Kawęczynie stożki tworzą pedymet, zajęty pod uprawy

rolne. Obecnie odpływ do doliny Wieprza blokowany jest przez zwartą zabudowę wsi, rozciągniętej wzdłuż szosy biegnącej u podnóża zbocza doliny. Fala spływająca z suchych dolin zalewa położone w pobliżu gospodarstwa. Podparcie odpływu przez szosę wymusza akumulację namulów od kilku centymetrów na podwórkach do kilkunastu na drogach oraz do kilkudziesięciu w rowach przydrożnych, które są wówczas całkowicie zamulane (Rodzik i Zgłobicki, 1998; Rodzik i in., 2004).

3. Kanalizacja odpływu jako podstawa działań ochronnych

Aby zmniejszyć szkody, miejscowa społeczność podejmuje stosunkowo skuteczne działania, polegające przede wszystkim na skanalizowaniu głównych spływów (zob. ryc. 9A) w celu odprowadzenia na teren zalewowy. Spływ z wąwozów drogowych odprowadzany jest przez drogi, których koleiny tworzą sieć koryt rozprowadzających na powierzchni drogowych stożków/wałów proluwialnych.



Ryc. 9. System kanałów odpływowych: A – obwałowana droga koncentrująca spływ ze zlewni lejkowatej; B – mostek ruchomy nad kanałem przy szosie; C – kanał z trzymetrowym wałem osłonowym odprowadzający spływ do Wieprza; D – pola fasoli na powierzchni pedymentu poniżej szosy w Kawęczynie, w tle – obwałowanie kanału (fot. J. Rodzik)

Fig. 9. Drainage channel system: A – embanked road concentrating runoff from the sunken lanes; B – movable small bridge over the canal by the road; C – canal with a 3-metre-high embankment draining runoff into the Wieprz River; D – bean fields on the pediment surface below the road in Kawęczyn, canal embankment in the background (photo: J. Rodzik)

Aktywne formy w przedłużeniu głębocznic, odgradzane grobelkami od sąsiadujących posesji, mają obecnie do 2 m wysokości (zob. ryc. 8D). Ochrona posesji sprawia jednak, że materiał dociera do szosy, powodując jej zamulanie.

Obwałowuje się przede wszystkim wylotowe odcinki dróg, odprowadzając spływ ze zlewni suchych dolin (zob. ryc. 9A). W Kawęczynie spływ z głównej doliny skierowano do kanału (zob. ryc. 9B) odprowadzającego pod szosą wodę z zawiesziną do koryta Wieprza. Działania te, skuteczne w przypadku mniej intensywnych spływów wywołanych deszczami rozlewnymi i roztopami, nie wystarczają jednak do skanalizowania ekstremalnych spływów podczas deszczów nawalnych. Z lewej strony kanał ograniczono wałem osłonowym o wysokości około 3 m (zob. ryc. 9C), chroniącym pola zajmujące położony poniżej szosy zespół stożków napływowych tworzących pedymet (zob. ryc. 9D). Jest to rozwiązanie kompleksowe, chroniące pola uprawne także przed powodzią spowodowanymi wezbraniami Wieprza, wyjątkowo często występującymi w latach 1997–2002 (Kociuba i Stępniewska, 2002).

Opisywana infrastruktura, opierająca się na prostych rozwiązaniach dostosowanych do rzeźby terenu, charakteryzuje się dobrym powiązaniem poszczególnych elementów, z czego wynika jej skuteczność, a jej funkcjonowanie ma tło historyczne. Stworzyński (1834) jako przyczynę zmiany łąk na pola uprawne w dnie doliny Wieprza w Kawęczynie w XVIII w. podaje osuszenie spowodowane intensywną depozycją namulów podstokowych. Podobne przekształcenia użytkowania jako skutek kolmatacji stwierdził Ziemnicki (1972) pod północną krawędzią Rostocza Szczebrzeszyńskiego w okolicach Sąsiadki.

PODSUMOWANIE

Obszary lessowe o dużych spadkach i deniwelacjach cechuje duża energia potencjalna dla procesów erozyjnych, w warunkach naturalnych równoważona przez okrywę leśną, oddziałującą dynamicznie w obszarach użytkowanych rolniczo.

Antropopresja rolnicza stwarza zagrożenie powodzią błyskawicznymi w strefie koncentracji spływu wody z materiałem glebowym. Szczególnie sprzyjające warunki koncentracji spływu z wąwozów oraz form antropogenicznych (pola, drogi) istnieją w lejkowatych zlewniach zwiężających się u wylotu.

Zastosowanie modelu RUSLE, przez wydzielenie w zlewni klas erozji wodnej gleb, zależnych od jej cech topograficznych, podatności gleby na spłukiwanie oraz rodzaju roślinności i stanu wegetacji, pozwala na ocenę ilościową zróżnicowania potencjału erozyjnego zlewni.

Wyniki zastosowania modelu RUSLE, z uwzględnieniem ochronnej roli roślinności oraz zabiegów ochronnych, wskazują na możliwość zmniejszenia erozji gleb o 7% w zależności od fazy wegetacji, przy czym skuteczność ochrony zależy od lokalnych warunków topograficznych i rodzaju użytkowania gruntów.

Dane z modelu RUSLE w miarę precyzyjnie określają dynamikę procesów erozji wodnej i działania ochraniające, natomiast nie różnicują dostatecznie powierzchni modelowanych przez erozję agrotechniczną.

Procesy erozyjne powodują zmiany urzeźbienia stoków lessowych pod wpływem erozji agrotechnicznej, przy udziale spłukiwania, powodujące terasowanie stoków, które wydatnie zmniejsza natężenie procesów erozyjnych.

Usytuowanie dróg względem pól uprawnych na długich stokach lessowych determinuje kierunek ewolucji form drogowych. Drogi równoległe do pól uprawnych rozwijają się jako wąwozy, natomiast prostopadły kierunek warunkuje rozwój niecek.

W przedłużeniu wylotu wąwozów drogowych akumulowane są wydłużone stożki/wały proluwialne, które w obszarze zabudowanym pełnią funkcję koryt rozprzodających materiał z wąwozów.

Metoda łagodzenia skutków erozji, polegająca na skanalizowaniu odprowadzania wody z materiałem glebowym, jest na ogół skuteczna, z wyjątkiem wystąpienia spływów ekstremalnych.

BIBLIOGRAFIA

- Arnoldus, H.M.J. (1977). Methodology Used to Determine the Maximum Potential Average Annual Soil Loss Due to Sheet and Rill Erosion in Morocco. *FAO Soils Bulletin*, 34, 39–51.
- Bryndal, T. (2025). Powodzie błyskawiczne – teoretyczne aspekty identyfikacji strefy zagrożenia powodziowego w małych zlewniach karpackich. *Czasopismo Geograficzne*, 96(3), 375–402. DOI: <https://doi.org/10.12657/czageo-96-16>
- Brzezińska-Wójcik, T., Miłkowska, D. (1999). Aktywność tektoniczna w dorzeczu górnego Wieprza (SE Polska) w świetle wybranych wskaźników morfometrycznych. *Annales UMCS Sectio B*, 54(1), 13–32.
- Buraczyński, J. (1977). Natężenie erozji wąwozowej i erozji gleb na Roztoczu Gorajskim. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, (193), 91–99.
- Buraczyński, J. (1989/1990). Rozwój wąwozów lessowych na Roztoczu Gorajskim w ostatnim tysiącleciu. *Annales UMCS Sectio B*, 44/45(4), 95–104.
- FAO (1978). *Methodology for Assessing Soil Degradation*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gawrysiak, L., Baran-Zgłobicka, B., Zgłobicki, W. (2024). Flash Floods Hazard to the Settlement Network versus Land Use Planning (Lublin Upland, East Poland). *Applied Sciences*, 14. DOI: <https://doi.org/10.3390/app14188425>
- Józefaciuk, C., Nowocien, E., Wawer, R. (2001). Sytuowanie dróg rolniczych w terenach erodowanych. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis*, 217(87), 77–80.

- Kaszewski, B.M. (2008). Klimat. W: R. Turski, S. Uziak (red.), *Środowisko przyrodnicze Lubelszczyzny* (s. 79–111). Lublin: LTN.
- Kociuba, W. (2014). Geomorphological Record of Transformations of Upland River Valley Bottoms at Variable Rate of Gully Erosion (Case Study: Wieprz River Valley in Roztocze). *Annales UMCS Sectio B*, 69(1), 93–106. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10066-012-0040-5>
- Kociuba, W., Stępniewska, S. (2002). Rola wezbrań w transporcie rumowiska rzeczno-górnego Wieprza. *Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska*, 25(2), 102–111.
- Kołodzyńska-Gawrysiak, R., Gawrysiak, L., Budzyński, A., Gardziel, Z. (2011). Wąwozy drogowe Wyżyny Lubelskiej i Roztocza oraz sposoby ich zabezpieczania przed procesami niszczącymi. *Annales UMCS Sectio B*, 66(2), 29–47.
- Malinowski, J. (1964). Budowa geologiczna i własności geochemiczne lessów Roztocza i Kotliny Zamojskiej między Szczepieszczykiem a Tomaszowem. *Prace Instytutu Geologicznego*, 41, 1–122.
- Maruszczak, H. (1954). Przewodnik wycieczki na Roztocze. W: *Okolice Szczepieszczyka* (s. 89–99). Lublin: PTG.
- Maruszczak, H. (1973). Erozja wąwozowa we wschodniej części pasa wyżyn południowopolskich. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, (151), 15–30.
- Mazur, Z. (1971). Erozja wodna w zlewni rzeki Gorajec. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, (119), 47–65.
- Michalczyk, Z. (1986). *Warunki występowania i krążenia wód na obszarze Wyżyny Lubelskiej i Roztocza*. Rozprawa habilitacyjna. Lublin: Wydział Biologii i Nauk o Ziemi UMCS.
- Mitasova, H., Hofierka, J., Zlocha, M., Iverson, L.R. (1996). Modelling Topographic Potential for Erosion and Deposition Using GIS. *International Journal of Geographical Information Systems*, 10(5), 629–641. DOI: <https://doi.org/10.1080/02693799608902101>
- Nowocień, E. (1996). Dynamika rozwoju wąwozów drogowych na obszarach lessowych. *Pamiętnik Puławski*, (107), 101–111.
- Pałys, S. (1985). Zmiany w rzeźbie i pokrywie glebowej w terenie lessowym objętym zabiegami przeciwoerozyjnymi. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, (292), 38–63.
- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Alewell, C., Lugato, E., Montanarella, L. (2015). Estimating the Soil Erosion Cover-Management Factor at the European Scale. *Land Use Policy*, 48, 38–50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.05.021>
- Renard, K.G., Freimund, J.R. (1994). Using Monthly Precipitation Data to Estimate the R-factor in the Revised USLE. *Journal of Hydrology*, 157(1–4), 287–306. DOI: [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(94\)90110-4](https://doi.org/10.1016/0022-1694(94)90110-4)
- Renard, K.G., Foster, G.R., Weesie, S.G.A., McCool, D.K., Yoder, D.C. (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Washington: US Government Printing Office.
- Rodzik, J., Zgłobicki, W. (1998). Współczesne procesy rzeźbotwórcze w północno-wschodniej części Roztocza Szczepieszczyńskiego. W: R. Dobrowolski (red.), *Główne kierunki badań geomorfologicznych w Polsce – stan aktualny i perspektywy. IV Zjazd Geomorfologów Polskich, Lublin, 3–6 czerwca 1998 roku. Przewodnik wycieczkowy* (s. 105–112). Lublin: Wydawnictwo UMCS.
- Rodzik, J., Janicki, G., Zagórski, P., Zgłobicki, W. (1998). Deszcze nawalne na Wyżynie Lubelskiej i ich wpływ na rzeźbę obszarów lessowych. *Dokumentacja Geograficzna*, (11), 45–68.
- Rodzik, J., Schmitt, A., Zgłobicki, W. (2004). Warunki rozwoju wąwozów Roztocza Szczepieszczyńskiego. W: R. Dobrowolski, S. Terpiłowski (red.), *Stan i zmiany środowiska geograficznego wybranych regionów wschodniej Polski* (s. 117–123). Lublin: Wydawnictwo UMCS.
- Rodzik, J., Ciupa, T., Janicki, G., Kociuba, W., Tyc, A., Zgłobicki, W. (2008). Współczesne przemiany rzeźby Wyżyn Polskich. W: L. Starkel, A. Kostrzewski, A. Kotarba, K. Krzemiński (red.), *Współczesne przemiany rzeźby Polski* (s. 165–228). Kraków: Wydawnictwo UJ.

- Siłuch, M., Kociuba, W., Gawrysiak, L., Bartmiński, P. (2023). Assessment and Quantitative Evaluation of Loess Area Geomorphodiversity Using Multiresolution DTMs (Roztocze Region, SE Poland). *Resources*, 12(1). DOI: <https://doi.org/10.3390/resources12010007>
- Skowronek, E. (1999). Zmiany krajobrazu w dorzeczu górnego Wieprza pod wpływem działalności człowieka w ostatnim tysiącleciu. *Annales UMCS Sectio B*, 54, 279–295.
- Studium (1998). *Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego miasta i gminy Szczepieszezyn*. Szczepieszezyn: Zarząd Gminy i Miasta Szczepieszezyn.
- Stworzyński, M. (1834). *Opisanie statystyczno-historyczne dóbr Ordynacyi Zamoyskiej w roku 1834*. Rękopis.
- Turski, R., Słowińska-Jurkiewicz, A. (1994). *Gleby wytworzone z lessów*. Lublin: LTN.
- Wischmeier, W.H., Smith, D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Loss: A Guide to Conservation Planning*. *USDA Agricultural Handbook*. Washington: US Department of Agriculture.
- Zgłobicki, W. (2006). Determinants, Intensity and Effects of Erosion Processes in Szczepieszezyn Roztocze. W: E. Skowronek, W. Wołoszyn, T. Speck, K.M. Born (Eds.), *Cultural Landscapes of the Lublin Upland and Roztocze*. Lublin: Kartpol.
- Zgłobicki, W., Poesen, J., De Geeter, S., Boardman, J., Gawrysiak, L., Golosov, V., Ionita, I., Niacsu, L., Rodzik, J., Stankoviansky, M., Stolz, C. (2021). Sunken Lanes – Development and Functions in Landscapes. *Earth-Science Reviews*, 221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2021.103757>
- Ziemnicki, S. (1972). Przykład zastosowania kolmatacji dla odwodnienia terenu. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, (130), 7–18.

PUBLICATION INFO		
SUBMITTED: 2025.08.07	ACCEPTED: 2025.09.01	PUBLISHED ONLINE: 2025.09.26