

Jan Rodzik, Mirosław Krukowski, Piotr Zagórski

Rozwój śródpolnego wąwozu drogowego w świetle badań pedologicznych i pomiarów GPS

Wprowadzenie

Drogi gruntowe położone na stokach użytkowanych rolniczo stanowią linie spływu powierzchniowego, co prowadzi do ich erozji i pogłębiania, zwłaszcza podczas intensywnych opadów. W obszarach lessowych tempo wcinania dróg na stokach jest znaczne, szczególnie w początkowym etapie rozwoju, kiedy osiąga nawet do kilku centymetrów rocznie (Miszczak 1960; Nowocień 1996; Rodzik i in. 1996). Fizyczne właściwości lessu sprawiają, że rozwój zboczy erozyjnej formy drogowej następuje zwykle z dużym opóźnieniem w stosunku do jej wcinania, zwłaszcza przy wzdłużstokowym układzie pól. W rezultacie powstają wąwozy drogowe o profilu skrzynekowym, zwane głębocznicami (Gardziel, Rodzik 2000).

Na stosunkowo łagodnych stokach o nachyleniu do kilku stopni przy prostopadłym do drogi poprzecznostokowym układzie pól nie stosowano uwroci, natomiast jako strefę nawrotu wykorzystywano drogi. W takich przypadkach formowały się niecki drogowe przy równoczesnym, aczkolwiek nierównomiernym obniżaniu powierzchni drogi i fragmentów przyległych pól (Rodzik 2002). Coraz głębsze wcięcie drogi uniemożliwiało z czasem zjazd z pola, co prowadziło do rozdzielenia systemu polno-drogowego na dwa subsystemy. Dalszy rozwój formy drogowej przebiegał wówczas jak rozwój wąwozu (głębocznicy), wciętego w płytką formę nieckowatą. Nachylenie zboczy niecki sprawiało jednak, że w dalszym ciągu trwał transport materiału w kierunku drogi, jednak zatrzymywał się on na krawędzi wcinającego się wąwozu, powodując jej podwyższenie, aż do wyrównania spadku.

W określeniu mechanizmu rozwoju drogowej formy erozyjnej przydatna jest analiza budowy profili glebowych na skarpach wąwozu. W przypadku typowej głębocznicy gleba zwykle jest nienaruszona lub nieco zerodowana, natomiast na skarpach wąwozów wtórnych jest znacznie, a często nawet całkowicie zerodowana, i następnie nadbudowana diamiktonem rolnym (deluwiami wymieszany przez uprawę). Badania takiej złożonej formy erozyjnej wykonano jako fragment programu badawczego KBN 3 P04E 013 22, „Naturalne i antropogeniczne uwarunkowania dynamiki erozji wąwozowej na przykładzie zlewni wąwozu lessowego”, realizowanego w latach 2003–2005 (Rodzik i in. 2009a; Rodzik 2010).

Teren badań

Obiektem badań był niewielki śródpolny wąwóz drogowy (fot. 1), rozcinający zbocze dolinki erozyjno-denudacyjnej, o ekspozycji S, wysokości ok. 10 m i średnim nachyleniu ok. 5°. Obiekt znajduje się w lessowej zlewni systemu wąwozowego w Kolonii Celejów, położonej w zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego (ryc. 2). Jego współrzędne geograficzne wynoszą: 51°20'41" N i 22°6'19" E.



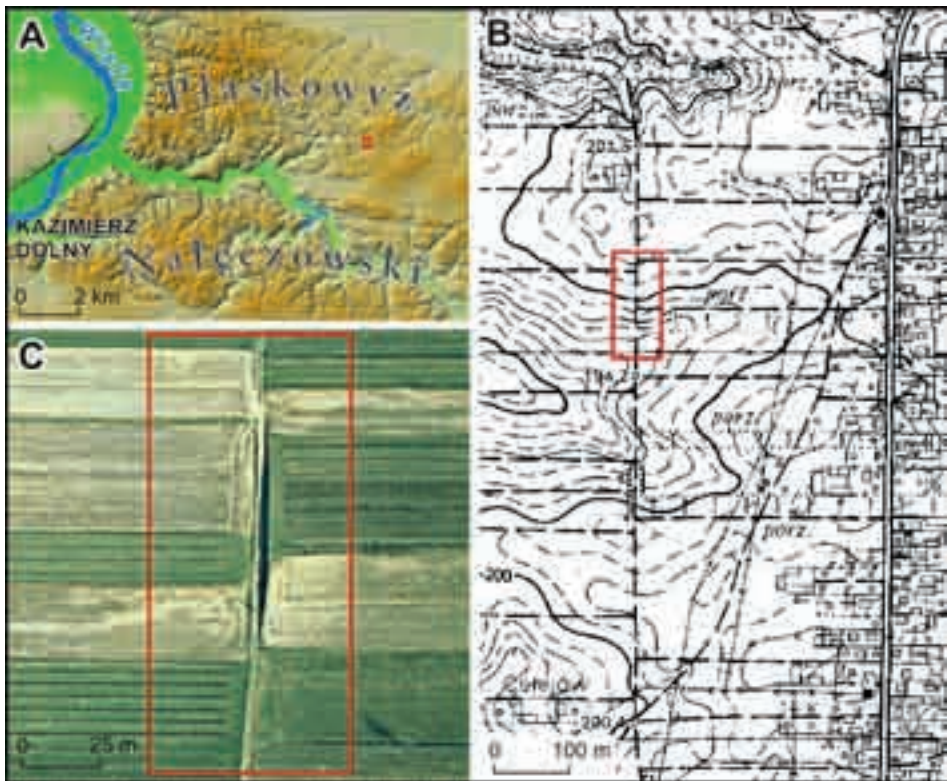
Fot. 1. Droga między polami Karmanowic (z lewej strony) i Kolonii Celejów (z prawej strony); na pierwszym planie śródpolny wąwóz rozcinający zbocze dolinki (fot. W. Zgłobicki)

Phot. 1. The ground road between fields of Karmanowice village (left side) and Kolonia Celejów (right side); one the front – midfield road gully dissected valley slope (photo W. Zgłobicki)

Pokrywą lessową, o miąższości 10–20 m, budują tu vistuliańskie lessy młodsze o znacznej zawartości CaCO_3 , przekraczającej nawet 10%. Zalegają one na piaskach fluwiogłacialnych oraz glinach zwałowych ze zlodowacenia odranian – miejscami także na zwietrzelinie paleoceńskiej gezy (Harasimiuk, Henkiel 1976). Powierzchnię pokrywy lessowej, w części zlewni nie rozciętej wąwozami, urozmaicają niekolkate dolinki erozyjno-denudacyjne, niecki ablacyjne, zagłębienia bezodpływowe oraz garby wierzchowinowe i zboczowe (Rodzik i in. 2009a). Są to formy powstałe w plejstocenie, synchronicznie z akumulacją pokrywy lessowej lub po jej zakończeniu (Maruszczak 1958).

W holocenie, po utrwaleniu powierzchni przez roślinność leśną, rozwinęły się tu gleby płowe (Luvisols) o profilu Ah-Eet-Bt1-Bt2-BC-C-CCa lub podobnym (Turski, Słowińska-Jurkiewicz 1994). Już w neolicie teren był użytkowany rolniczo – dowodem na powierzchniową erozję gleb są profile glebowe w dnach niecek

i zagłębień bezodpływowych, nadbudowane w neolicie deluwiami (Rodzik 2010). Zmienione w niewielkim stopniu gleby zregenerowały się jednak pod lasami grądowymi, gdyż Płaskowyż Nałęczowski słabo był penetrowany przez późniejsze kultury prehistoryczne (Nogaj-Chachaj 2004). Dopiero nowożytna erozja gleb spowodowała znaczne przekształcenia pokrywy glebowej (Klimowicz, Uziak 1994). Dane historyczne wskazują, że zlewnia w Kolonii Celejów, znajdująca się w obrębie majątku Celejów, jest użytkowana rolniczo od ok. 600 lat (Rodzik 2010). Skutkiem jest znaczne zerodowanie gleb na stokach i akumulacja materiału w dnach dolin (ryc. 1).

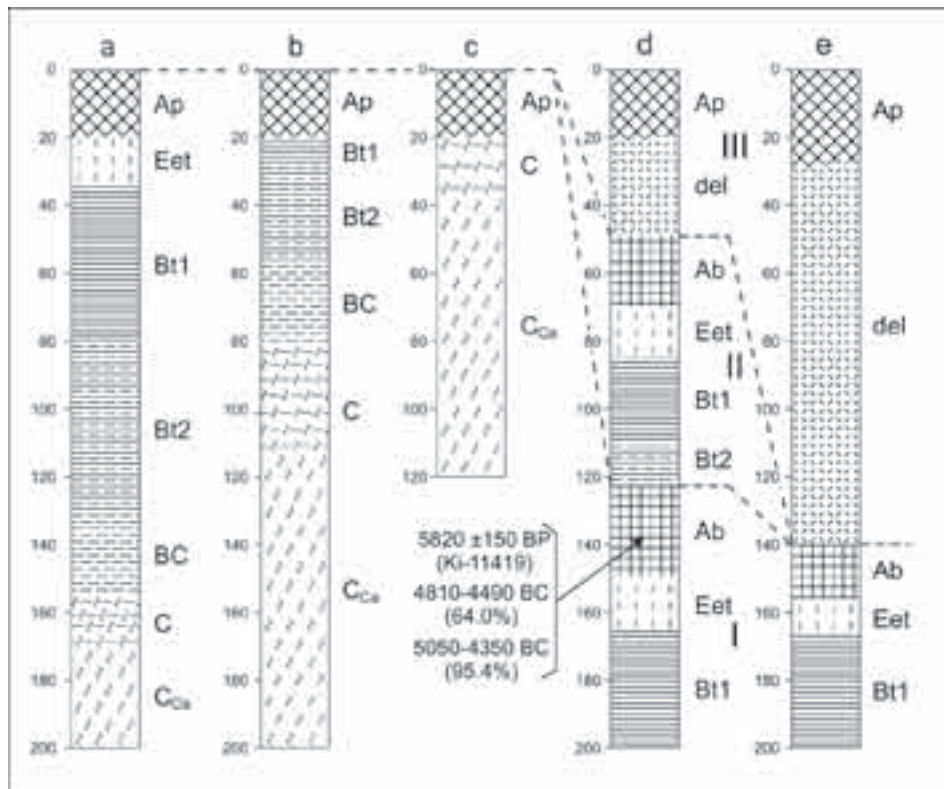


Ryc. 1. Lokalizacja poligonu badawczego: A – na mapie plastycznej (DEM) zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego „Kraina wąwozów” opracowanej przez B. Hołub i in. (2006), B – na mapie topograficznej 1:10 000, ark. Klementowice (1984), C – na zdjęciu lotniczym (2004)

Fig. 1. Location of the investigated object: A – against the DEM of the western part of Nałęczów Plateau „Land of gullies” (after B. Hołub et al. 2006), B – on the topographic map 1:10 000, sheet Klementowice (1984), C – in aerial photo (2004)

Pierwotny kierunek niw w zlewni był zbliżony do SE-NW, na co wskazują kierunki niektórych starych dróg oraz stosunkowo młodych odnóg systemu wąwozowego (Rodzik 2010). Jego zmiana na W-E nastąpiła podczas częściowej parcelacji majątku w drugiej połowie XIX w. Wówczas wytyczono drogę połą, oddzielającą

nowe pola wsi Karmanowice (po stronie wschodniej) od pól majątku Celejów (po stronie zachodniej), które później (w 1938 r.) także rozparcelowano, zakładając na nich kilka gospodarstw (ryc. 2).



Ryc. 2. Profile użytkowanej rolniczo gleby płowej w Kolonii Celejów (wg Rodzika 2010, zmienione): a – gleba nieerodowana na wierzchołku, b – gleba umiarkowanie erodowana na stoku o nachyleniu <math><5^\circ</math>, c – gleba silnie erodowana na stoku o nachyleniu >math>>5^\circ</math>, d – gleba deluwialna podwójna w dnie płytkiej niecki, e – gleba deluwialna w dnie doliny

Poziomy glebowe: Ap – poziom orno-próchniczny, Eet – poziom eluwalny, Bt – poziom iluwalny (Bt1 – podpoziom górny, Bt2 – podpoziom dolny, smugowany), BC – poziom przejściowy, C – less odwapniony, C_{ca} – less węglanowy, del – deluwia próchniczne masywne (diamikton rolny), Ab – zagrzebany poziom próchniczny

Osady macierzyste: I – less (vistulian), II – deluwia neolityczne, III – deluwia nowożytnie

Fig. 2. Profiles of Luvisol agricultural used in the Kolonia Celejów (after J. Rodzik 2010, changed): a – non-eroded soil on a plateau, b – moderately eroded soil on a low-angle (<math><5^\circ</math>) slope, c – intensely eroded soil on a high-angle (>math>>5^\circ</math>) slope, d – double soil in the shallow depression, e – colluvial soil in the valley bootom

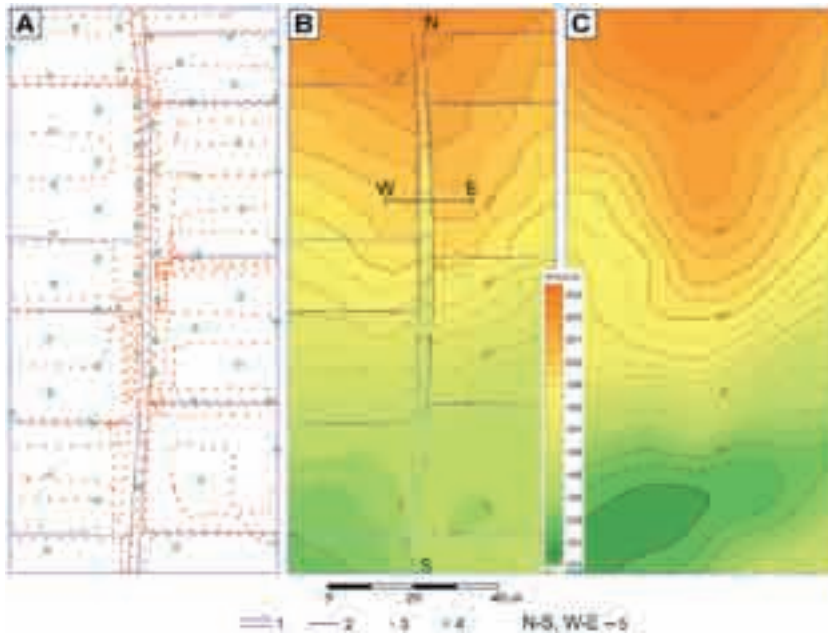
Soil horizons: Ap – humus/tillage horizon, Eet – eluvial horizon, Bt – illuvial horizon (Bt1 – upper part, Bt2 – lower part, laminated), BC – transitional horizon, C – decalcareous loess, C_{ca} – calcareous loess, del – agriculture colluvia (massive tillage diamiction), Ab – buried humus horizon

Mother rocks: I – Vistulian loess, II – Neolithic colluvia, III – post-medieval time colluvia

Metody badań

Do określenia zmian powierzchni topograficznej zastosowano metodę polegającą na porównaniu budowy profili gleb nieerodowanych i erodowanych (Rodzik i in. 2009b). Do tego celu przydatne są zwłaszcza lessowe gleby płowe o dobrym wykształceniu i zróżnicowaniu kolorystycznym poszczególnych poziomów genetycznych, co umożliwia względnie dokładne (1–5 cm) określenie ich miąższości. W zlewni Kolonia Celejów przeprowadzono połowę analizę i opisano ok. 100 profili glebowych odsłoniętych w skarpach wąwozu i wysokich miedzach lub pobranych (z nienaruszoną strukturą) sondą *Eijkelkamp*, zwykle do głębokości 2 m. Stwierdzono, że całkowita miąższość (włącznie z poziomem BC) nieerodowanych gleb płowych na wierzchowinie wynosi w tej zlewni ok. 155 cm. Ponieważ na stoku ciepłym jest ona o 10% mniejsza (Rejman i in. 2009), za podstawę obliczeń przyjęto miąższość 140 cm. Do stwierdzonej głębokości występowania spągu gleby dodawano różnicę do 140 cm, a w przypadku gleb całkowicie zerodowanych różnicę do średniej głębokości odwapnienia, wynoszącej na stoku ciepłym 155 cm. W przypadku nadbudowy profilu różnicę stanowiła miąższość osadów nadbudowujących (ryc. 3).

Do sporządzenia mapy współczesnej rzeźby terenu wykorzystano pomiary terenowe GPS, wykonane odbiornikiem marki Leica System 500, w poligonie 130 x 60 m, położonym na zboczu i w dnie doliny (ryc. 4). Pomiary prowadzono

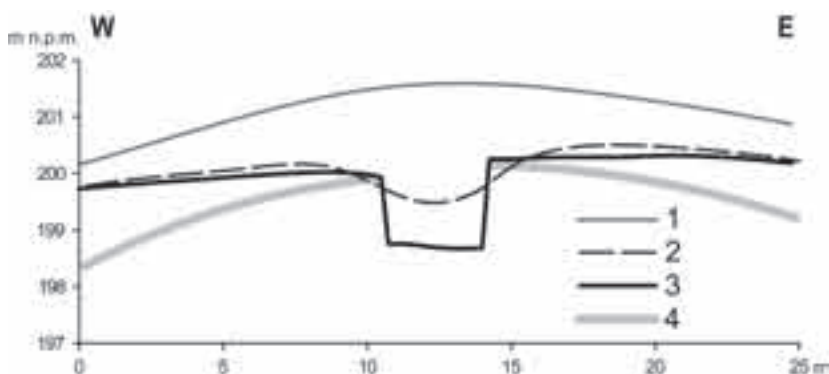


Ryc. 3. Poligon badawczy: A – rozmieszczenie punktów pomiarowych, B – współczesna powierzchnia topograficzna, C – dawna (ok. 1400 n.e.) powierzchnia topograficzna
1 – droga, 2 – miedze, 3 – punkty pomiaru GPS, 4 – profile glebowe, 5 – przekroje

Fig. 3. Investigated object: A – location of measure points, B – contemporary topographic surface, C – old (about 1400 AD) topographic surface
ground road, 2 – parcel borders, 3– GPS measure points, 4 – soil profiles, 5 – cross-sections

w trybie marszrutowym z uwzględnieniem linii nieciągłości, jak miedze oraz krawędzie wąwozu drogowego. Wykonano ponad 2000 pomiarów, będących bazą opracowania współczesnej powierzchni topograficznej w programie Surfer. W tym celu wyinterpolowano wartości rzędnej GPS, tworząc siatkę równomiernie rozmieszczonych punktów (*Grid*), o kroku próbkowania 25 cm. Posłużono się „algorytmem minimalnej krzywizny” (*Minimum Curvature*), umożliwiającym wykorzystanie linii nieciągłości (*faults*). Stanowią one barierę przepływu informacji – wartości punktów leżące po jednej stronie linii nie są brane do obliczeń wartości punktów po jej drugiej stronie. Następnie *Grid* posłużył do interpolacji poziomic o interwale 0,5 m.

Podobną procedurę zastosowano przy opracowaniu mapy powierzchni pierwotnej. Wykorzystano dane z 50 profili glebowych, rozmieszczonych co ok. 10 m. Rozmieszczenie punktów uwarunkowane było położeniem wąwozu i różną szerokością poszczególnych pól ograniczonych miedzami. Przy konstrukcji mapy nie uwzględniano linii nieciągłości, zakładając ich brak na powierzchni pierwotnej sprzed 600 lat (ryc. 4). Mapy te posłużyły m.in. do opracowania przekrojów wąwozu drogowego: podłużnego oraz poprzecznego.



Ryc. 4. Przekrój poprzeczny przez poligon: 1 – pierwotna (ok. 1400 n.e.) powierzchnia topograficzna, 2 – powierzchnia topograficzna w latach 70. XX w., 3 – współczesna powierzchnia topograficzna, 4 – granica odwapnienia lessu

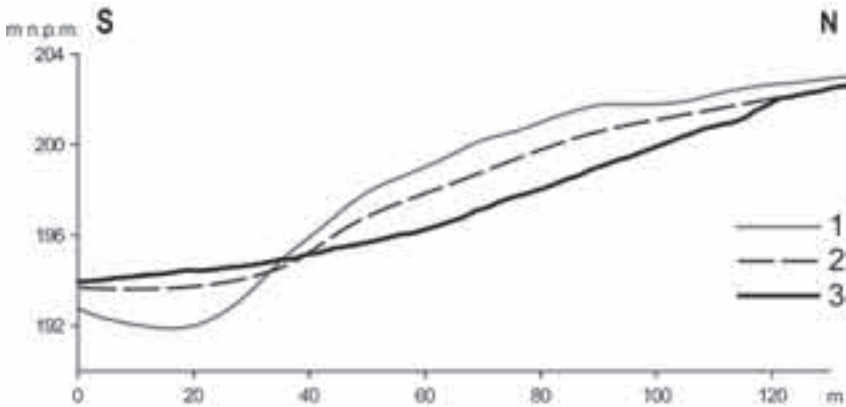
Fig. 4. Transversal cross-section across the object: 1 – primeval (about 1400 AD) topographic surface, 2 – topographic surface in 70s of 20 th century, 3 – contemporary topographic surface, 4 – calcareous loess border

Wyniki badań

Erozja gleb w ciągu kilkuset lat zmieniła w różnym stopniu profile glebowe w obrębie poligonu badawczego w zależności od ich usytuowania względem rzeźby. Silna erozja wystąpiła zwłaszcza w obrębie garbu stokowego – natomiast w dnie doliny miała miejsce miększa akumulacja. Całkowite „ogłowienie” profilu do lessu węglanowego stwierdzono jednak tylko na niektórych polach w wąskim pasie (1–2 m) przyległym do krawędzi wąwozu na zboczach płytkiej, nieckowatej formy, w którą jest on „włożony”. Silna erozja gleby (głównie agrotechniczna) na zboczach niecki drogowej uwarunkowana była jeszcze silniejszą erozją na drodze. Jak wynika z porównania profili glebowych poza niecką i w jej obrębie – forma ta osiągnęła

1 m głębokości i 10–15 m szerokości. Maksymalne obniżenie powierzchni topograficznej (od powierzchni pierwotnej) na zboczach niecki osiągnęło 1,5 m, natomiast w osi niecki na drodze niewątpliwie przekroczyło tę wartość (ryc. 5).

Na krawędziach wąwozu, ograniczających najbardziej zerodowane fragmenty pól, na lessie węglanowym zalega warstwa diamiktonu rolnego o masywnej strukturze, miejscami (zwłaszcza w spągu) węglanowego, sięgająca do 50 cm miąższości. Przekracza to znacznie miąższość poziomu Ap, co wskazuje, że krawędzie wąwozu zostały nadbudowane do 0,3 m. Nastąpiło to po wprowadzeniu uwroci i oddzieleniu drogi od pól zadarnionymi „przydrożkami”, funkcjonującymi jako bazy denudacyjne. Stanowią one barierę dla materiału transportowanego z pól, a jednocześnie ograniczają erozję do wąskiego pasa powierzchni drogi. Warunkuje to szybkie jej obniżanie oraz względną stabilizację zboczy, przez co forma przybiera przekrój „skrzynkowy”. Obecnie maksymalna głębokość wąwozu wynosi 1,8 m, długość 80 m, szerokość dna 2,5 m, natomiast rozwartość krawędzi dochodzi do 3,5 m. Wąwóz wcina się do 1,5 m w less węglanowy; maksymalna miąższość usuniętego materiału – od powierzchni pierwotnej do dna wąwozu – przekracza więc 3 m (ryc. 5).



Ryc. 5. Przekrój podłużny przez poligon wzdłuż drogi: 1 – powierzchnia topograficzna ok. 1400 n.e., 2 – współczesna, górna krawędź wąwozu na zboczu i spąg osadów wąwozowych w dnie doliny, 3 – współczesne dno wąwozu i powierzchnia stożka

Fig. 5. Cross-section along the road: 1 – topographic surface about 1400 AD, 2 – contemporary upper gully escarpment in the slope and gully sediment floor in the valley bottom, 3 – contemporary gully bottom and fun surface

Znaczna część materiału pochodzącego z erozji drogi na zboczu osadziła się u wylotu wąwozu w postaci wydłużonego stożka, budującego wał-groblę przegradzającą dno dolinki. Gleba subfossylna w osi dolinki występuje pod drogą na głębokości 2,5 m, taka jest więc maksymalna miąższość dwudzielnych osadów ją nadbudowujących. Miąższa (1,7 m) seria dolna osadziła się przed wytyczeniem drogi, gdyż jest typowym diamiktonem rolnym o masywnej strukturze. Seria górna o miąższości 0,8 m wyróżnia się drobną laminacją ze strukturami pogrązowymi (ślady kół i kopyt), a w stropie (do 0,3 m) także zawartością CaCO_3 .

Dyskusja

Założoną w XIX w. drogę początkowo użytkowano tylko w celu dojazdów do pól, a więc sporadycznie – z pewnością była więc zadarniona i raczej nie erodowana. Intensywne jej użytkowanie musiało nastąpić z chwilą drugiej parcelacji (1938 r.), rozdrobnienia pól i założenia nowych gospodarstw. Obecnie połowa tych gospodarstw już nie funkcjonuje, wiele pól więc połączono, także z powodu wprowadzania mechanizacji i zmiany struktury upraw od lat 70. XX w. Coraz większy udział mają plantacje krzewów jagodowych, a od lat 90. XX w. także plantacje warzyw i krzewów ozdobnych. Zmiany te wpłynęły niewątpliwie na zmniejszenie natężenia ruchu na drodze, co odzwierciedla stan jej częściowego zadarnienia. Przy większym natężeniu ruchu, jaki miał miejsce – z udziałem zwierząt gospodarskich – przez kilka dziesięcioleci w połowie XX w., droga była więc pozbawiona okrywy roślinnej, zwłaszcza na stokach, co umożliwiło jej erozję.

Po parcelacji, przy układzie prostopadłym pól do drogi, wykorzystywano ją niewątpliwie jako strefę nawrotu podczas uprawy, co było powszechnie praktykowane w tym regionie i uwarunkowało rozwój niecki drogowej (Rodzik 2002). Początek rozwoju niecki był synchroniczny z początkiem intensywnego użytkowania drogi w końcu lat 30. XX w., natomiast ostateczne rozdzielanie drogi od pól nastąpiło prawdopodobnie pod koniec lat 70. XX w. w związku z mechanizacją. Średnie tempo obniżania powierzchni drogi w osi niecki w jej środkowym odcinku określono na 2,5 cm rocznie.

Drogę wytyczono z pewnością prostolinijnie, nie biegła więc dokładnie grzbietem garbu zbocowego, ale nieco z boku. Wschodni skłon niecki był wyższy – co wskazuje, że z tej strony oddzielono pola od drogi znacznie wcześniej. Przez pewien czas rozwijała się więc forma asymetryczna – z jednej strony (E) z niską krawędzią, a z przeciwnej (W) z łagodnym stokiem, po którym zachodził transport materiału z pola na drogę. Nachylenie powierzchni drogi w kierunku wschodnim powodowało podcinanie krawędzi. Skutkiem tego jest „inwersyjne” przesunięcie drogi na tym odcinku w kierunku wschodnim, a w ślad za tym późniejszego wąwozu (ryc. 4). Zachowały się także oznaki pierwotnej asymetrii – lewa krawędź wąwozu jest zwykle wyższa o 10–35 cm od prawej (ryc. 5).

Na mapie topograficznej 1:10 000 z 1984 r. wąwóz nie jest zaznaczony, co oznacza, że żadna krawędź nie przekraczała wówczas wysokości 1 m. Rozwój właściwego wąwozu przebiega więc prawdopodobnie od końca lat 70 XX w., głównie wskutek pogłębiania, ale także powolnej (do 1 cm rocznie) nadbudowy krawędzi. Tempo obniżania powierzchni drogi w środkowym, najgłębszym odcinku dna wąwozu oceniono natomiast na ok. 4 cm rocznie.

Dolny odcinek wąwozu nie jest obecnie pogłębiany, na co wskazuje załamanie spadku dna, wynoszącego 5° w odcinku górnym i środkowym oraz 3° w odcinku dolnym. Jest to spowodowane agradacją, wymuszoną podnoszeniem bazy erozyjnej przez akumulację materiału na drodze w dnie doliny (ryc. 6). Tempo akumulacji dyamiktonu rolnego przed rozwojem formy drogowej określono na 0,25 cm rocznie. Jest to wartość zbliżona do tempa współczesnej akumulacji w dolinkach nieckowatych oraz dwukrotnie mniejsza od tempa akumulacji w dnach suchych dolin, które zostało określone metodą ¹³⁷Cs przez Zgłobickiego (2002). Znacznie większe było natomiast tempo akumulacji laminowanych osadów na drodze, pochodzących z jej erozji

na zboczu, gdyż wynosiło 1,2 cm rocznie. Było ono podobne – zarówno w przypadku akumulacji bezwęglanowych osadów, pochodzących z erozji gleby na zboczach niecki, jak i węglanowych osadów, pochodzących z erozji lessu w dnie wąwozu.

Tempo rozwoju wąwozu w Kolonii Celejów jest znaczne w porównaniu do innych, stosunkowo płytkich wąwozów drogowych o podobnym spadku dna (Miszczak 1960; Nowocień 1996). Można je tłumaczyć większą podatnością materiału, gdyż zwykle takie wąwozy wcinają się w stosunkowo skonsolidowane poziomy glebowe, podczas gdy wąwóz w Kolonii Celejów od początku wcina się na znacznym odcinku w podatny na erozję less węglanowy. Nie bez znaczenia jest także relatywnie duża zlewnia omawianego wąwozu, gdyż została ona poszerzona o zbocza niecki, z których następuje spływ do wąwozu podczas intensywnych opadów i roztopów.

Podsumowanie i wnioski

Rozwój badanego wąwozu drogowego przebiegał w sposób złożony. Najpierw obniżona została powierzchnia zbocza wskutek erozji gleb i nastąpiło odsłonięcie dolnych, mniej odpornych na erozję poziomów glebowych. Wpłynęło to na szybki rozwój niecki drogowej. Z kolei jej rozwój spowodował odsłonięcie lessu węglanowego oraz znaczne poszerzenie strefy spływu wody (zwykle ograniczonej do samego wąwozu), co przyczyniło się do szybkiego rozwoju późniejszego wąwozu.

Kompleksowe zastosowanie różnorodnych metod: geodezyjno-satelitarnych, sedimentologiczno-gleboznawczych, kartograficzno-geostatystycznych oraz geograficzno-historycznych, może pozwolić na odtworzenie stanu pierwotnej rzeźby, nawet przy jej wielokierunkowym, antropogenicznym rozwoju. Istotne jest wyznaczenie momentów zwrotnych w sposobie użytkowania ziemi, skutkujących zmianą rodzaju i intensywności procesów geomorfologicznych.

Literatura

- Gardziel Z., Rodzik J., 2000, *Warunki rozwoju, użytkowania i ochrony wąwozów drogowych okolic Kazimierza*, [w:] Radwan S., Lorkiewicz Z. (red.), *Problemy ochrony i użytkowania obszarów wiejskich o dużych walorach przyrodniczych*, Wydawnictwo UMCS, Lublin, s. 247–255.
- Harasimiuk M., Henkiel A., 1976, *Wpływ budowy geologicznej i rzeźby podłoża na ukształtowanie pokrywy lessowej w zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego*, Annales UMCS, sec. B, T. 30/31, s. 55–80.
- Klimowicz Z., Uziak S., 1994, *An attempt at the reconstruction of the past and future soil cover in the loess area (on the basis of the Nałęczów Plateau)*, Annales UMCS, sec. B, T. 49, s. 229–242.
- Maruszczak H., 1958; *Charakterystyczne formy rzeźby obszarów lessowych Wyżyny Lubelskiej*, Czasopismo Geograficzne, T. 29, s. 335–354.
- Miszczak A., 1960; *Komasacja gruntów jako czynnik potęgujący erozję gleb*, Czasopismo Geograficzne, T. 31, z. 2, s. 179–190.
- Nogaj-Chachaj J., 2004, *O roli człowieka w przekształcaniu środowiska przyrodniczego w holocen na Płaskowyżu Nałęczowskim*. [w:] Libera J., Zakościelna A. (red.), *Przez pradzieje i wczesne średniowiecze*, Wydawnictwo UMCS, Lublin, s. 63–71.

- Nowocien E., 1996, *Dynamika rozwoju wąwozów drogowych na obszarach lessowych*, Pamiętnik Puławski, z. 107, s. 101–111.
- Rejman J., Paluszek J., Rodzik J., 2009, *Wpływ topografii na zróżnicowanie budowy gleb płowych wytworzonych z lessu*, Konferencja naukowa z okazji 100 rocznicy urodzin Profesora Bohdana Dobrzańskiego „Agrofizyka w badaniach środowiska przyrodniczego”, Referaty i doniesienia, Lublin, 15 września 2009, s. 105–106.
- Rodzik J., 2002, *Wpływ układu pól i kierunku uprawy na rozwój erozyjnych form drogowych*, Materiały VI Zjazdu Geomorfologów Polskich. „Środowiska górskie – ewolucja rzeźby”, Jelenia Góra, 11–14 września 2002, s. 110–111.
- Rodzik J., 2010, *Influence of land use on gully system development (case study: Kolonia Celejów loess catchment)*, [w:] Warowna J., Schmitt A. (red.), *Human impact on upland landscapes of the Lublin region*, Kartpol, Lublin, s. 195–209.
- Rodzik J., Furtak T., Zgłobicki W., 2009, *The impact of snowmelt and heavy rainfall runoff on erosion rates in a gully system, Lublin Upland, Poland*, Earth Surf. Proces. Landforms, T. 34, s. 1938–1950.
- Rodzik J., Janicki G., Zgłobicki W., 1996, *Reakcja agroekosystemu zlewni lessowej na epizodyczny spływ podczas gwałtownej ulewy*. Ogólnopolskie sympozjum naukowe „Ochrona agroekosystemów zagrożonych erozją”, Puławy, 11–13 września 1996, cz. 1, s. 201–213.
- Rodzik J., Paluszek J., Rejman J., 2009, *Zastosowanie analizy budowy profili glebowych do celów geomorfologicznych (na przykładzie nalessowych gleb płowych)*, Konferencja Geomorfologów Polskich „Metody badań w geomorfologii”, Kielce, 28–30 września 2009, s. 142–146.
- Turski, R., Słowińska-Jurkiewicz, A., 1994; *Gleby wytworzone z lessów*. Lubelskie Towarzystwo Naukowe, Lublin, s. 1–68.
- Zgłobicki W., 2002, *Dynamika współczesnych procesów denudacyjnych w północno-zachodniej części Wyżyny Lubelskiej*, Wydawnictwo UMCS, Lublin, s. 1–159.

Development of the midfield road gully based on pedological investigations and GPS measurements

Abstract

The article presents the development of a small, midfield form of road, which cuts the side of a loessic valley. The contemporary shape of the surface was determined by GPS measurements (Leica System 500), set together in ArcView and ArcGIS. Changing of its position was determined by a field analysis of the construction of 50 profiles of the Luvisols with varying degrees of erosion or aggradation. Calculation and visualization were performed in the 'Surfer' program. The results are interpreted in the context of changes in the agrarian structure since the end of the 19th century.

It was found that the development of erosional forms is associated with an intensive use, since the late 1930s, of the road traced at the end of 19th century. Significant rate of its cutting is also the result of earlier soil erosion, due to its agricultural use since the late Middle Ages. Until achieving the depth of about 1 m, the form was the shape of a trough, because the road also served as a zone of turning round during the cultivation of the adjacent transversal-slope fields. In the 1970s, after a change in cultivation mode, erosion took the form of a box-like section. The average annual rate of cutting into the deepest section increased from 2.5 to 4 cm and the depth - to 1.8 m.

These conclusions confirm the profile of deposits on the extended cone at the gully mouth at the valley bottom. Their lower series, with thickness of 1.7 m and a massive structure, are products of soil erosion accumulated for several hundred years. The laminated top series with thickness of 0.8 m is distinguished by CaCO₃ content growing towards the surface. Its accumulation at a rate of 1.2 cm per year is the result of a deeper cutting of the road on the slope.

Key words: Lublin Upland, loess area, road gully, soil erosion

Jan Rodzik
Mirośław Krukowski
Piotr Zagórski
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej
Instytut Nauk o Ziemi
al. Kraśnicka 2cd, 20-718 Lublin
e-mail: jan.rodzik@poczta.umcs.lublin.pl