

Wstęp

Zmiany strukturalne zachodzące w rolnictwie polskim w ostatnim dwudziestolecu są zróżnicowane regionalnie. Regiony charakteryzujące się lepszymi od przeciętnych warunkami przyrodniczymi, w tym głównie glebowymi, i większym potencjałem produkcyjnym, rozwijają się znacznie szybciej. Widoczne są na tych terenach silniejsze tendencje do koncentracji ziemi i wzrostu intensywności produkcji. Powstają duże gospodarstwa specjalizujące się w wysokotowarowej produkcji roślinnej o mało zróżnicowanym płodozmianie, ograniczonym nawet do dwu roślin, np. pszenica, rzepak, lub specjalizujące się w produkcji zwierzęcej z dużą obsadą jednego gatunku zwierząt. Zmiany te mogą wywołać negatywne następstwa w środowisku, zwiększając ryzyko degradacji gleby i zwiększając stężenie pierwiastków eutroficznych w wodach powierzchniowych. Wraz ze spadkiem pogłowia zwierząt w skali kraju zmniejsza się zużycie nawozów organicznych, co w dłuższej perspektywie może prowadzić do zmniejszenia zawartości substancji organicznej w glebie. Jednocześnie w niektórych regionach, np. województwa wielkopolskie, kujawsko-pomorskie, podlaskie, widoczna jest też tendencja do koncentracji produkcji zwierzęcej, co również może stwarzać zagrożenia dla środowiska. Zmniejszenie substancji organicznej w glebie jest jednym z czynników przyspieszenia zmian klimatu w skali globalnej. Efektem ubocznym wzrostu intensywności produkcji może być również nasilenie procesów erozji wodnej i wietrznej. W niniejszym Zeszycie przedstawiono wyniki badań nad oceną zagrożenia erozją, jej skutkami środowiskowymi i ekonomicznymi w krajobrazie rolniczym, wpływie na proces degradacji gleby oraz jej wpływie na obniżenie produktywności i plonowania roślin. Zaakcentowano też regionalne zróżnicowanie zagrożeń dla środowiska i produkcji rolniczej. Wskazano także niektóre sposoby ograniczania zagrożeń dla środowiska. Zaprezentowano również działania dotyczące ochrony gruntów realizowane w Szwajcarii.

Regiony kraju o mniej korzystnych warunkach przyrodniczych nie rozwijają się tak dynamicznie. Badania przeprowadzone w IUNG-PIB nad oceną warunków produkcji rolniczej i zagrożeń degradacji gleby wykazały, że w skali kraju jedna trzecia (32%) powierzchni użytków rolnych należy do obszarów problemowych rolnictwa (OPR). Oprócz niskiego potencjału produkcyjnego wyrażonego poprzez syntetyczny wskaźnik waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (WWRPP) występują tu ograniczenia związane z nadmiernym zakwaszeniem gleby, dużym zagrożeniem erozją, rozdrobnieniem struktury agrarnej i lokalnym zanieczyszczeniem gleb metalami. Rolnicze użytkowanie obszarów problemowych niesie zwiększone, w porównaniu z pozostałymi obszarami, ryzyko degradacji gleby, prowadzi do wzrostu nakładów jednostkowych, zmniejszenia plonów, a w skrajnych przypadkach może zagrażać bezpieczeństwu produkowanej żywności. Rolnictwo w strefie obszarów problemowych jest mniej konkurencyjne w stosunku do pozostałych obszarów.

Realizowane w ramach Wspólnej Polityki Rolnej działania dotyczące poprawy konkurencyjności rolnictwa, ochrony zasobów środowiska naturalnego i jakości

życia na obszarach wiejskich są skierowane, na jednolitych zasadach, na całą przestrzeń produkcyjną. Tylko jeden instrument finansowy w ramach Osi 2 PROW – wspieranie gospodarstw na obszarach górskich i innych obszarach o niekorzystnych warunkach gospodarowania (ONW) – zmniejsza różnice w dochodach gospodarstw działających w trudnych warunkach. Ostatnie badania nad wdrażaniem wybranych działań w ramach PROW wykazały, że rolnictwo na obszarach problemowych w znacznie mniejszym stopniu korzysta z dostępnych instrumentów finansowego wsparcia w porównaniu z rolnictwem na pozostałych terenach. Sytuacja taka może być szczególnie niekorzystna na terenach silnie urzeźbionych, narażonych na procesy erozyjne, gdzie brak działań ochronnych, przy równoczesnej intensyfikacji produkcji, może prowadzić do nasilenia erozyjnej degradacji gleby i powstania efektów ubocznych w postaci zwiększonego ryzyka spływu wód powierzchniowych i wzrostu zagrożenia powodziowego, czy zanieczyszczenia wód powierzchniowych substancjami chemicznymi pochodzenia rolniczego.

Należy przeanalizować przyczyny braku zainteresowania rolników wdrażaniem działań ochronnych na obszarach zwiększonego ryzyka degradacji środowiska i występowania jednostkowych lub kumulacji wielu czynników limitujących produkcję rolniczą. Wnioski z takich analiz mogą być podstawą do modyfikacji istniejących mechanizmów i zasad korzystania z działań dostępnych w PROW lub tworzenia nowych instrumentów, bardziej efektywnych i przynoszących większe korzyści środowiskowe i społeczne. Utrzymanie dotychczasowego tempa wdrażania działań ochronnych nie zmniejszy zagrożenia degradacji gleby i może prowadzić do pogłębiania się różnicy ekonomicznej gospodarstw na obszarach problemowych. Zarysować się mogą trendy wzrostu powierzchni odłogów lub całkowitego zaniechania działalności rolniczej, co spowoduje trwałe zmiany w krajobrazie rolniczym. W dłuższej perspektywie mogą nasilić się negatywne procesy społeczne związane z brakiem następców w gospodarstwach rolnych i wyludnianiem się wsi. Działaniem alternatywnym do rolniczego wykorzystania obszarów problemowych i utrzymania zaludnienia na tych terenach może być rozwój pozarolniczych kierunków działalności gospodarczej wykorzystującej lokalne warunki przyrodnicze, infrastrukturę i tradycje. Mam nadzieję, że artykuły zamieszczone w zeszycie będą przesłanką do rozszerzenia współpracy i szerszej dyskusji.

Kierownik zadania 2.2

dr Jan Jadczyszyn

Jan Jadczyszyn, Piotr Koza

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

PROGRAM ROLNOŚRODOWISKOWY I ZALESIENIA NA OBSZARACH PROBLEMOWYCH ROLNICTWA ZAGROŻONYCH EROZJĄ WODNĄ*

Wstęp

Jednym z celów Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich (PROW) na lata 2007–2013 jest zrównoważone użytkowanie gruntów. Cele te są realizowane poprzez wdrażanie działań w ramach Osi 2, programu „Poprawa środowiska naturalnego i obszarów wiejskich”. Działania te obejmują między innymi Program Rolnośrodowiskowy „Zalesianie gruntów rolnych oraz zalesianie gruntów innych niż rolne”. Jednym z pakietów stworzonych dla poprawy środowiska w ramach programu rolnośrodowiskowego jest pakiet „Ochrona gleb i wód”. Pakiet ten jest wdrażany w skali całego kraju w gospodarstwach spełniających podstawowe wymagania, opisane w kryteriach dostępu do PROW (9). W ramach pakietu „Ochrona gleb i wód” stosowane są wsiewki poplonu, międzyplonu ozimego oraz poplonu ścierniskowego. Działania te skutecznie ograniczają procesy erozji wodnej oraz wietrznej na gruntach ornych w okresie jesienno-zimowym i wczesnej wiosny. Celem działania programu „Zalesianie” jest m.in. powiększanie obszarów leśnych, wzmocnienie ich ekologicznej stabilności oraz zwiększanie udziału lasów w globalnym bilansie węgla i ograniczanie zmian klimatu (9). Działanie to wdrażane na obszarach o zróżnicowanej rzeźbie może oprócz wymienionych celów pełnić funkcje ochronne i w sposób istotny ograniczać erozyjną degradację gleby (8, 10).

W latach 2004–2009 pod działania programu rolnośrodowiskowego przeznaczono w kraju 11,3% użytków rolnych objętych jednolitą płatnością obszarową (JPO), pod pakiet „Ochrona gleb i wód” 6,0%, a pod zalesienia 0,4%. W odniesieniu do wydzielonych powierzchni można postawić pytanie – na ile wdrażane działania chronią zasoby glebowe przed erozyjną degradacją i jaka jest efektywność wydawanych środków na ten cel? Pytania te były przyczyną podjęcia prac nad oceną wdrażania wybranych działań ochronnych na obszarach szczególnie narażonych na erozję wodną

Gminy o największym stopniu zagrożenia erozją wodną wyodrębniono w ramach Programu Wieloletniego IUNG-PIB i prac nad wydzieleniem obszarów problemowych rolnictwa (OPR) w latach 2005–2010 (2, 4). Obszary te były przedmiotem

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.2 w programie wieloletnim IUNG - PIB

szczegółowej oceny warunków przyrodniczych, gospodarczych i produkcyjnych rolnictwa (1, 3, 5, 7).

W pracy dokonano analizy wdrożonych w latach 2004–2009 wybranych działań ochronnych w ramach PROW. Obliczono udział ich powierzchni w stosunku do użytków rolnych objętych jednolitą płatnością obszarową (JPO). Przeprowadzono przestrzenną ocenę występowania tych terenów w podziale na gminy zagrożone erozją i gminy pozostałe. Wyniki badań przedstawiono w postaci map i zestawień tabelarycznych.

Metoda i wykorzystane materiały

Oceny wdrażania wybranych działań ochronnych w PROW dokonano w oparciu o bazy danych Agencji Modernizacji i Restrukturyzacji Rolnictwa (ARiMR) oraz własnych wyników zgromadzonych w ramach programu wieloletniego IUNG-PIB 2005–2010. Spośród działań dostępnych w Osi 2 PROW ocenie poddano cały program rolnośrodowiskowy, wyodrębniony pakiet „Ochrona gleb i wód” oraz działanie „Zalesianie”. Na podstawie bazy danych ARiMR obliczono udział powierzchni przeznaczonych pod poszczególne działania ochronne w stosunku do użytków rolnych w obrębach geodezyjnych objętych jednolitą płatnością obszarową (JPO) w latach 2004–2009. Następnie, jako wynik tych działań opracowano mapy z rozdzielczością do obrębu geodezyjnego i nałożono na nie mapę obszarów problemowych rolnictwa z uwagi na zagrożenie erozją wodną.

Obszary zagrożone erozją zdefiniowano na podstawie metodyki i kryteriów stosowanych przy wyznaczaniu obszarów problemowych rolnictwa (OPR); (1, 3). Do obszarów OPR włączono gminy, w których potencjalne zagrożenie erozją wodną w stopniu średnim i silnym przekracza 50% powierzchni gminy. Łącznie w skali kraju do obszarów OPR, z uwagi na duże zagrożenie erozją wodną, zakwalifikowano 281 gmin, głównie zlokalizowanych w południowo-wschodniej Polsce (rys. 1).

Powierzchnie użytków rolnych przeznaczonych pod poszczególne działania zbilansowano w strefie gmin zagrożonych erozją wodną i w gminach pozostałych. Obliczono udział tych użytków w stosunku do jednolitej powierzchni obszarowej (JPO) w poszczególnych województwach i w skali całego kraju. Wyniki analiz przedstawiono na mapach i w zestawieniach tabelarycznych.

Omówienie wyników badań

Z analizy danych liczbowych uzyskanych z ARiMR wynika, że w latach 2004–2009 program rolnośrodowiskowy wdrożono na powierzchni 1 601 581 ha użytków rolnych, w tym na obszarach zagrożonych erozją wodną na powierzchni 109 172 ha (tab. 1). Udział procentowy użytków rolnych zajętych pod program rolnośrodowiskowy na obszarach OPR zagrożonych erozją wynosi średnio w kraju 11,0% i jest porównywalny z udziałem na pozostałych terenach.



Rys. 1. Gminy włączone do obszarów problemowych rolnictwa z uwagi na zagrożenie erozją wodną
Źródło: opracowanie własne.

Analiza baz danych wykazała bardzo duże przestrzenne zróżnicowanie w skali kraju wdrażania programu rolnośrodowiskowego (rys. 2). Największy odsetek powierzchni użytków rolnych objętych jednolitą płatnością obszarową (JPO) i zajętych pod program rolnośrodowiskowy sięga lokalnie nawet 30-50% i powyżej 50% w obrębach geodezyjnych Polski północno-zachodniej i zachodniej. W środkowej i południowej części kraju udział ten jest najmniejszy. Największy średni udział UR zajętych pod program rolnośrodowiskowy na obszarach niezagrożonych erozją wodną występuje w województwach zachodniopomorskim 24,5%, lubuskim 23,4% oraz pomorskim 18,6% (tab. 1). Najmniejszy w województwach mazowieckim 4,5%, łódzkim 4,7%, małopolskim i śląskim po 6,1%. Z przeprowadzonej analizy wynika również, że jedynie w województwach dolnośląskim i podkarpackim w strefie obszarów zagrożonych erozją udział programu rolnośrodowiskowego jest większy od średniego w kraju i wynosi odpowiednio 19,8 i 17,4%. Natomiast w województwie małopolskim, w którym występuje największe zagrożenie erozją, udział ten wynosi 7,8%, a w województwie lubelskim 6,6% (tab. 1). Porównywalny wskaźnik wdrażania programu rolnośrodowiskowego na obszarach zagrożonych erozją do średniego w kraju uzyskano w województwie świętokrzyskim.

Przestrzenny rozkład pakietu ochrona gleb i wód w kraju jest również bardzo zróżnicowany (rys. 3). Najwięcej działań ochronnych w latach 2004–2009 wdrożono

Tabela 1

Udział powierzchni użytków rolnych objętych w ramach PROW programem rolnośrodowiskowym (PRŚ) w stosunku do powierzchni objętej jednolitą płatnością obszarową (JPO) na terenach zagrożonych erozją wodną i poza nimi

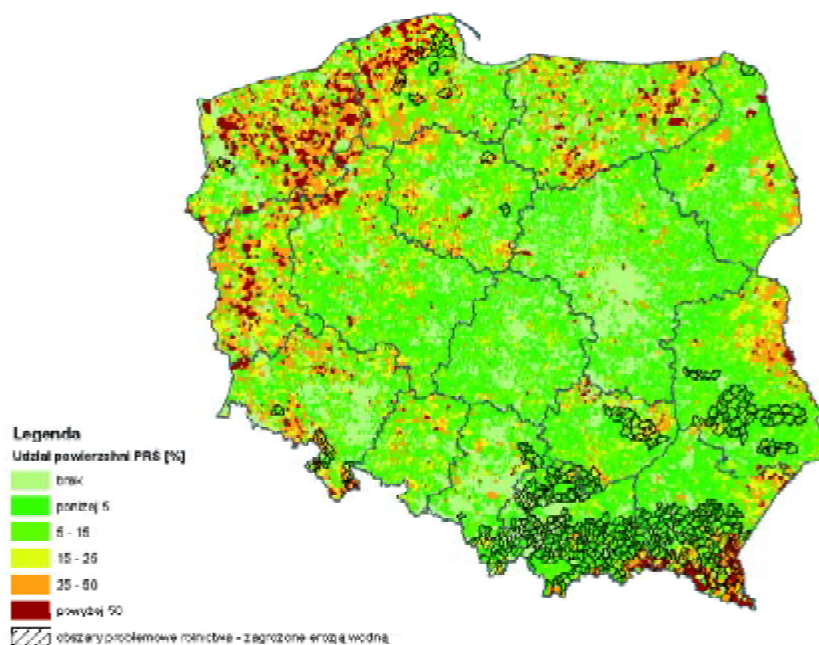
Województwo	Gminy zagrożone erozją			Gminy pozostałe		
	pow. JPO (ha)	pow. PRŚ (ha)	udział (%)	pow. JPO (ha)	pow. PRŚ (ha)	udział (%)
Dolnośląskie	28234	5592	19,8	891261	101341	11,4
Kujawsko-pom.	14103	1685	12,0	998620	124783	12,5
Lubelskie	231488	15242	6,6	1132981	121993	10,8
Lubuskie	0	0	0	428644	100213	23,4
Łódzkie	0	0	0	965213	44946	4,7
Małopolskie	295904	22954	7,8	200047	12218	6,1
Mazowieckie	0	0	0	1791321	80250	4,5
Opolskie	0	0	0	509130	51038	10,0
Podkarpackie	221924	38691	17,4	329446	33442	10,2
Podlaskie	10012	984	9,8	1003569	80277	8,0
Pomorskie	43485	9551	22,0	686977	127960	18,6
Śląskie	34435	1613	4,7	285989	17467	6,1
Świętokrzyskie	109585	12467	11,4	400746	41660	10,4
Warmińsko-maz.	0	0	0	1076006	175850	16,3
Wielkopolskie	0	0	0	1656328	161996	9,8
Zachodniopomorskie	5184	391	7,5	884743	216976	24,5
Polska	994354	109172	11,0	13241020	1492409	11,3

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ARiMR.

w Polsce północno-zachodniej i zachodniej, a najmniej w części środkowej i południowej. W obszarze gmin zagrożonych erozją udział użytków rolnych zajętych pod pakiet ochrona gleb i wód wynosi średnio w kraju 3,9%, a w gminach pozostałych 6,1% (tab. 2). Największy udział występuje w województwach pomorskim 17,2% i świętokrzyskim 7,8%. Natomiast lokalnie w pojedynczych obrębach województwa pomorskiego udział ten przekracza nawet 40%. W województwach małopolskim i podkarpackim, w których występuje największe zagrożenie erozją, udział jest dwukrotnie mniejszy w porównaniu ze średnim w kraju i wynosi odpowiednio 1,9 i 1,5%.

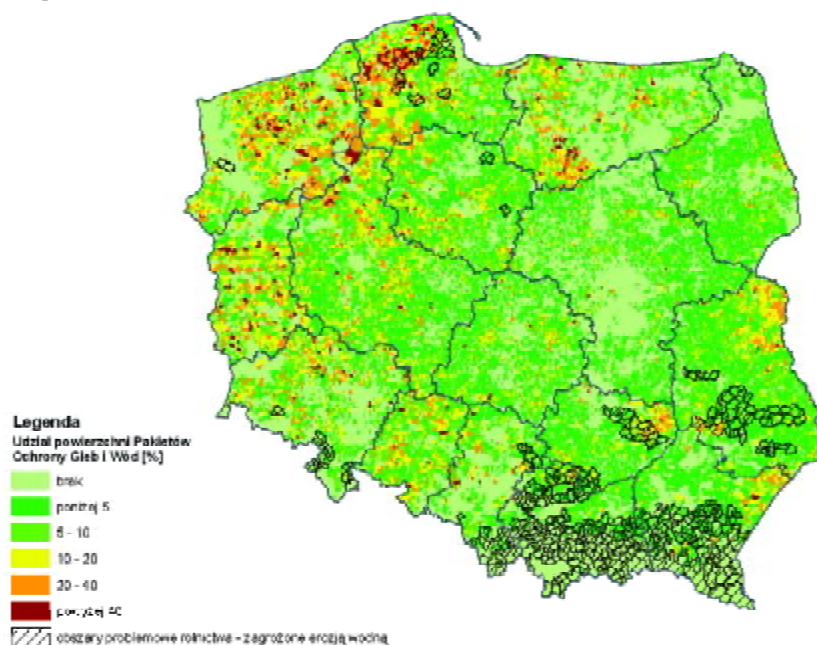
W skali całego kraju jedynie województwa pomorskie i świętokrzyskie charakteryzują się większym wskaźnikiem wdrożonych działań ochronnych na obszarach zagrożonych erozją w stosunku do terenów pozostałych.

W latach 2004–2009 łącznie w skali kraju zalesiono 50041 ha użytków rolnych, w tym 2007 ha na obszarach zagrożonych erozją i 48034 ha na obszarach pozostałych (tab. 3). Udział użytków rolnych przeznaczonych pod zalesienia w stosunku do JPO w gminach zagrożonych erozją wynosi średnio 0,2% i jest dwukrotnie mniejszy w porównaniu z pozostałymi terenami. Jednie w województwie podkarpackim udział ten wynosi 0,6%. W skali kraju występują obręby, w których udział zalesień w stosunku do JPO przekracza 10%. Najwięcej takich obrębów występuje w województwach warmińsko-mazurskim, zachodniopomorskim, pomorskim i lubuskim (rys. 4).



Rys. 2. Przestrzenne rozmieszczenie udziału UR objętych programem rolnośrodowiskowym na tle obszarów zagrożonych erozją wodną

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 3. Przestrzenne rozmieszczenie udziału UR objętych wsparciem PRŚ w ramach pakietu „Ochrona gleb i wód” na tle obszarów zagrożonych erozją wodną

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2

Udział powierzchni UR objętych wsparciem PRŚ w ramach pakietu „Ochrona gleb i wód” w stosunku do powierzchni objętej jednolitą płatnością obszarową (JPO) na terenach zagrożonych erozją wodną i poza nimi

Województwo	Gminy zagrożone erozją			Gminy pozostałe		
	pow. JPO (ha)	pow. PRŚ (ha)	udział (%)	pow. JPO (ha)	pow. PRŚ (ha)	udział (%)
Dolnośląskie	28234	798	2,8	891261	54163	6,1
Kujawsko-pom.	14103	412	2,9	998620	59408	5,9
Lubelskie	231488	12047	5,2	1132981	69687	6,2
Lubuskie	0	0	0	428644	48691	11,4
Łódzkie	0	0	0	965213	36982	3,8
Małopolskie	295904	5744	1,9	200047	5836	2,9
Mazowieckie	0	0	0	1791321	39818	2,2
Opolskie	0	0	0	509130	42020	8,3
Podkarpackie	221924	3241	1,5	329446	16721	5,1
Podlaskie	10012	30	0,3	1003569	30607	3,0
Pomorskie	43485	7490	17,2	686977	79102	11,5
Śląskie	34435	906	2,6	285989	13455	4,7
Świętokrzyskie	109585	8515	7,8	400746	21198	5,3
Warmińsko-maz.	0	0	0	1076006	69489	6,5
Wielkopolskie	0	0	0	1656328	111103	6,7
Zachodniopomorskie	5184	0	0	884743	103851	11,7
Polska	994354	39183	3,9	13241020	802133	6,1

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ARiMR.

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych analiz należy stwierdzić, że w skali kraju w obszarze JPO pod działania programu rolnośrodowiskowego przeznaczono 11,3% użytków rolnych (tab. 1). Udział ten jest porównywalny w strefie gmin zagrożonych erozją i poza nimi. Największy areał użytków rolnych pod działania PRŚ (Programu Rolnośrodowiskowego) wykorzystano w części północno-zachodniej, zachodniej i północnej, gdzie zagrożenie gleb erozyjną degradacją jest minimalne lub stosunkowo małe. Tylko w pojedynczych obrębach geodezyjnych udział działań ochronnych w programie rolnośrodowiskowym, w strefie gmin zagrożonych erozją wodną, przekracza 30% użytków rolnych (rys. 2).

Analiza baz danych w skali kraju wykazała, że w gminach zagrożonych erozją wodną i przynależnych do (OPR) na wdrożenie pakietu „Ochrona gleb i wód” przeznaczono zaledwie 3,8% użytków rolnych (tab. 2). Jest to powierzchnia znacznie mniejsza w stosunku do terenów pozostałych, niezagrożonych erozją, na których udział ten wynosi 6,1%. Bardziej niekorzystne proporcje występują jeszcze w województwach o największym zagrożeniu erozyjną degradacją gleb (małopolskie i podkarpackie), w których udział ten nie przekracza 2%. Nieco korzystniejsze proporcje stwier-

Tabela 3

Udział powierzchni użytków rolnych objętych wsparciem w ramach PROW działaniem „Zalesienia” w stosunku do powierzchni jednolitej płatności obszarowej (JPO) na terenach zagrożonych erozją wodną i poza nimi

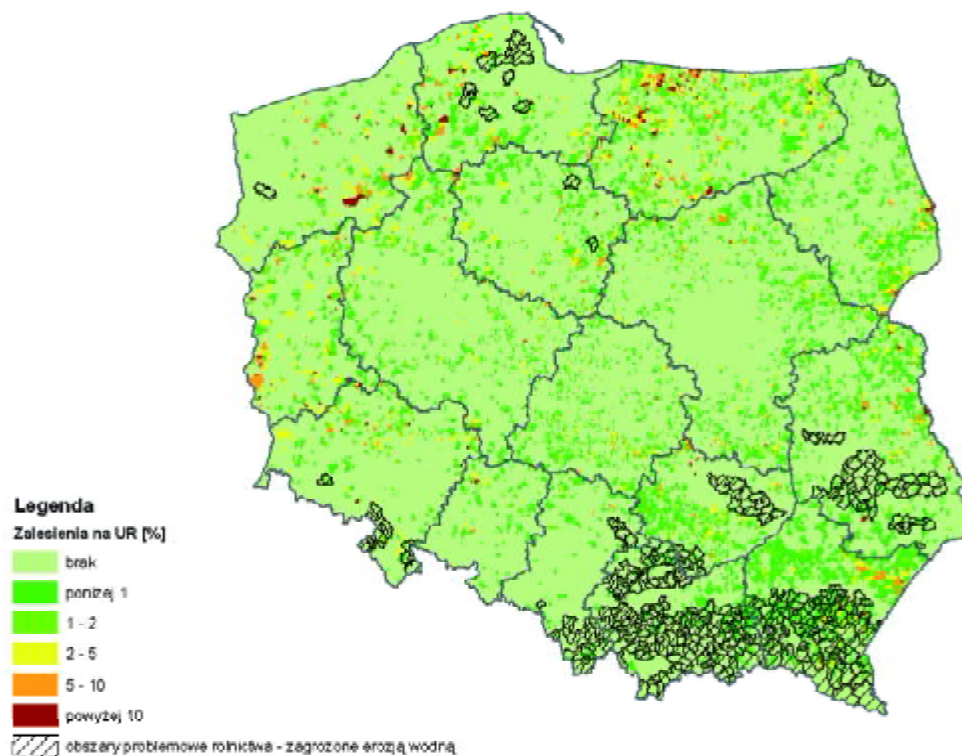
Województwo	Gminy zagrożone erozją			Gminy pozostałe		
	pow. JPO (ha)	pow. PRŚ (ha)	udział (%)	pow. JPO (ha)	pow. PRŚ (ha)	udział (%)
Dolnośląskie	28234	59	0,2	891261	2797	0,3
Kujawsko-pom.	14103	47	0,3	998620	2523	0,3
Lubelskie	231488	138	0,1	1132981	2849	0,3
Lubuskie	0	0	0	428644	2810	0,7
Łódzkie	0	0	0	965213	2144	0,2
Małopolskie	295904	163	0,1	200047	117	0,1
Mazowieckie	0	0	0	1791321	3987	0,2
Opolskie	0	0	0	509130	580	0,1
Podkarpackie	221924	1425	0,6	329446	2335	0,7
Podlaskie	10012	11	0,1	1003569	2804	0,3
Pomorskie	43485	53	0,1	686977	3163	0,5
Śląskie	34435	26	0,1	285989	284	0,1
Świętokrzyskie	109585	84	0,1	400746	2104	0,5
Warmińsko-maz.	0	0	0	1076006	12938	1,2
Wielkopolskie	0	0	0	1656328	2617	0,2
Zachodniopomorskie	5184	0	0	884743	3979	0,4
Polska	994354	2007	0,2	13241020	48034	0,4

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ARiMR.

dzono w województwie lubelskim 5,2%, ale i tak udział powierzchni na obszarach niezagrożonych erozją jest znacznie mniejszy od średniego wskaźnika w kraju, który wynosi 6,1% (tab. 2).

Działanie „Zalesienia” realizowane w ramach PROW z założenia skierowane jest na grunty najsłabsze, trudne do uprawy, położone na stromych stokach i zagrożone erozyjną degradacją. Leśne użytkowanie uznawane jest powszechnie za najskuteczniejszy sposób ochrony gleby przed erozją. Jednak zalesienia realizowane w Polsce w latach 2004–2009 nie cieszyły się dużym zainteresowaniem rolników. W tym okresie na terenach zagrożonych erozją w kraju zalesiono zaledwie 2007 ha, z tego 75% to grunty w województwie podkarpackim. Średni udział zalesień w gminach zagrożonych erozją wynosi 0,2% i jest dwukrotnie mniejszy niż na terenach pozostałych (tab. 3). W innych województwach o dużym zagrożeniu erozją, takich jak małopolskie i lubelskie udział nowych zalesień stanowi tylko 0,1% użytków rolnych objętych JPO, czyli czterokrotnie mniej niż przeciętnie w kraju.

Przeprowadzone badania wykazały, że zarówno pakiet „Ochrona gleb i wód”, jak i działanie „Zalesienia” w gminach zagrożonych erozją realizowane są w znacznie mniejszym stopniu w porównaniu z pozostałymi terenami. Utrzymanie dotychczasowego i jednolitego w skali całego kraju systemu wdrażania działań ochronnych może



Rys. 4. Przestrzenne rozmieszczenie udziału UR objętych wsparciem w ramach PROW działaniem „Zalesienia” na tle obszarów zagrożonych erozją wodną
Źródło: opracowanie własne.

różnice te jeszcze zwiększyć. W efekcie obszary narażone na degradację nie będą w dostatecznym stopniu chronione, pomimo wydawanych na ten cel środków w ramach PROW. W związku z powyższym proponuje się podjęcie działań i zachęt dla rolników ułatwiających wdrażanie pakietów ochronnych oraz modyfikacje systemu wdrażania programu rolnośrodowiskowego polegające na:

- monitorowaniu działań ochronnych na obszarach szczególnie narażonych na erozję;
- prowadzeniu szkoleń dla rolników w celu omówienia potrzeb, zasad i efektywności wdrażanych działań przeciwoerozyjnych;
- wprowadzeniu dodatkowych premii finansowych w ramach PROW do pakietów ochronnych na obszarach szczególnie narażonych na procesy erozyjnej degradacji.

Literatura

1. Filipiak K.: Uwarunkowania produkcji rolniczej na obszarach gleb silnie zakwaszonych. Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2008, **12**.
2. Filipiak K., Jadczyzyn J.: Kryteria wyboru i ocena obszarów problemowych rolnictwa w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2008, **12**.
3. Jadczyzyn J.: Ocena warunków przyrodniczo-ekonomicznych na obszarach zagrożonych erozją wodną w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2008, **12**.
4. Jadczyzyn J.: Regionalne zróżnicowanie obszarów problemowych rolnictwa (OPR) w Polsce. Instrukcja Upowszechnieniowa Nr 163. IUNG-PIB Puławy, 2009.
5. Jadczyzyn J., Filipiak K., Stuczyński T.: Ocena przestrzennego rozmieszczenia gleb podlegających skrajnej marginalizacji na obszarach ONW w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2008, **12**.
6. Jadczyzyn J., Jończyk K., Filipiak K., Siebielec G., Stuczyński T., Kozłowski P.: Zasady racjonalnego użytkowania i kształtowania obszarów problemowych rolnictwa. Instrukcja Upowszechnieniowa Nr 178. IUNG-PIB Puławy, 2010.
7. Jończyk K., Jadczyzyn J., Filipiak K., Stuczyński T.: Przestrzenne zróżnicowanie zawartości materii organicznej w glebach Polski w kontekście ochrony gleb i ich rolniczego wykorzystania. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2008, **12**.
8. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: Ochrona gruntów przed erozją. Puławy, 1999.
9. Program Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007–2013. MRiRW 2008.
10. Zwykła Dobra Praktyka Rolnicza. Warszawa, 2004.

Adres do korespondencji:

dr Jan Jadczyzyn
Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (81) 886 34 21w. 362
e-mail: janj@iung.pulawy.pl

Adam Koćmit, Marek Podlasiński, Justyna Chudecka, Tomasz Tomaszewicz

Katedra Rekultywacji i Chemii Środowiska, ZUT w Szczecinie

ZNACZENIE DENUDACJI W KSZTAŁTOWANIU POKRYWY GLEBOWEJ I WARUNKÓW WODNYCH NA RÓWNINACH MORENOWYCH POMORZA ZACHODNIEGO

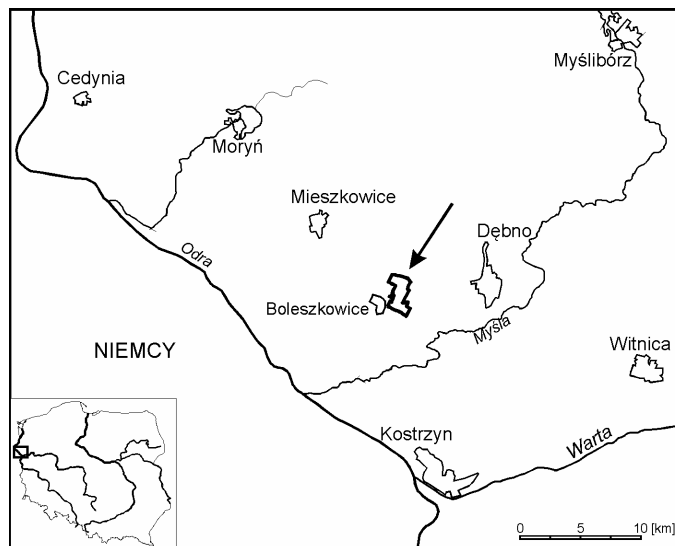
Wstęp

Równina morenowa płaska posiada w rzeczywistości zróżnicowanie mezo- i mikrorzeźby terenu, które w warunkach użytkowania rolniczego (po przejęciu terenów wylesionych pod uprawę) stały się przyczyną zróżnicowania pokrywy glebowej. Procesy denudacji w dłuższym okresie oddziaływania wyrównują powierzchnię terenu, czyniąc ją pozornie jednorodną. W rzeczywistości powierzchnia erozyjnego zrównania kryje w sobie zróżnicowanie pokrywy glebowej, w wyniku której na małych powierzchniach można spotkać różne odmiany morfologiczne i podtypy gleb. Wynikające z tego zróżnicowane warunki wodne i żyzność powodują utrudnienia uprawowe, a także wywołują potrzebę melioracji.

Celem opracowania jest charakterystyka struktury pokrywy glebowej w obszarze morenowym płaskim, wytworzonej z glin zwałowych, przekształconej przez procesy denudacji (erozja uprawowa i wodna) podczas użytkowania rolniczego. Rozpoznanie tego typu zmienności glebowej ma znaczenie gleboznawcze, rolnicze, kartograficzne i melioracyjne.

Metodyka pracy

Prace terenowe wykonano we wrześniu 2009 roku na obiekcie Boleszkowice, o powierzchni około 350 ha (rys. 1). Rozpoznanie glebowe przeprowadzono w oparciu o wiercenia gleboznawcze (siatka ruchoma, do głębokości 90 cm, w odstępach około 50-70 m) i odkrywki glebowe (do 150 cm). Główny nacisk w pracach terenowych był położony na rozpoznanie obszarów silniej uwilgotnionych lub podmokłych, co wynikało z głównego zadania – rozpoznania warunków wodnych gleb pod przyszły projekt melioracyjny. Z odkrywek pobrano próbki o nienaruszonej strukturze (do metalowych cylinderek) i próbki bez zachowania struktury (do woreczków). W próbkach oznaczono właściwości fizyczne i chemiczne, stosując powszechnie przyjęte metody gleboznawcze.



Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań

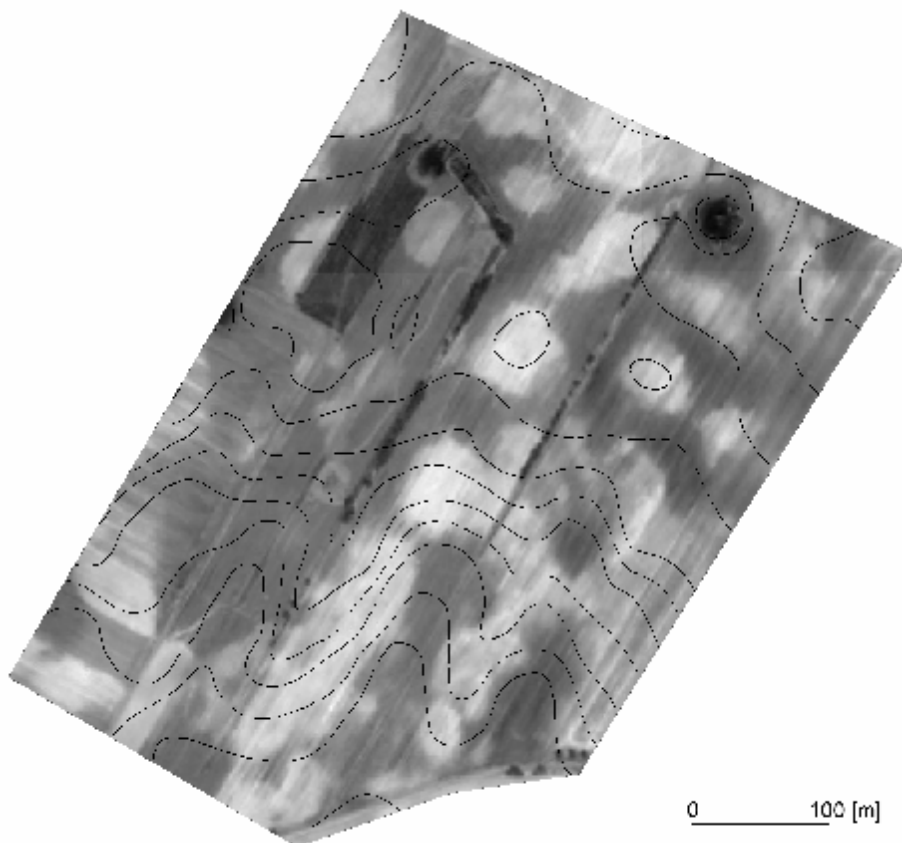
Redakcja mapy w skali 1 : 5000 prowadzona była w oparciu o interpolację punktów badań terenowych, których pozycję określano w terenie techniką GPS. Wykorzystano również zdjęcie satelitarne tego terenu ukazujące stan silnego (wiosennego) uwilgotnienia gleb (fot. 1). Obraz satelitarny terenu wykazywał duże zróżnicowanie fototonów, zależne od stagnującej na powierzchni wody, silnego uwilgotnienia lub przeschnięcia gleb (fotografia satelitarna). Nakładając na zdjęcie satelitarne siatkę punktów badań terenowych i dodając do tego wyniki terenowego rozpoznania gleb, można było wykreślić kontury jednostek glebowych z granicami wiernie oddającymi naturalne zróżnicowanie warunków wodnych, a przez to także pokrywy glebowej.

W maju 2010 roku pobrano próbki do cylinderków metalowych w okresie szczególnie silnego uwilgotnienia. Po obfitych opadach woda gromadziła się na wklęsłych powierzchniach pola, a poza nimi gleba była grząska (od przesycenia wodą). Wyniki te pozwoliły ocenić na wybranej powierzchni zdolność gleb do utrzymywania wody przy zróżnicowanej pierwotnie mikrorzeźbie.

Wyniki badań

Mapa glebowo-melioracyjna

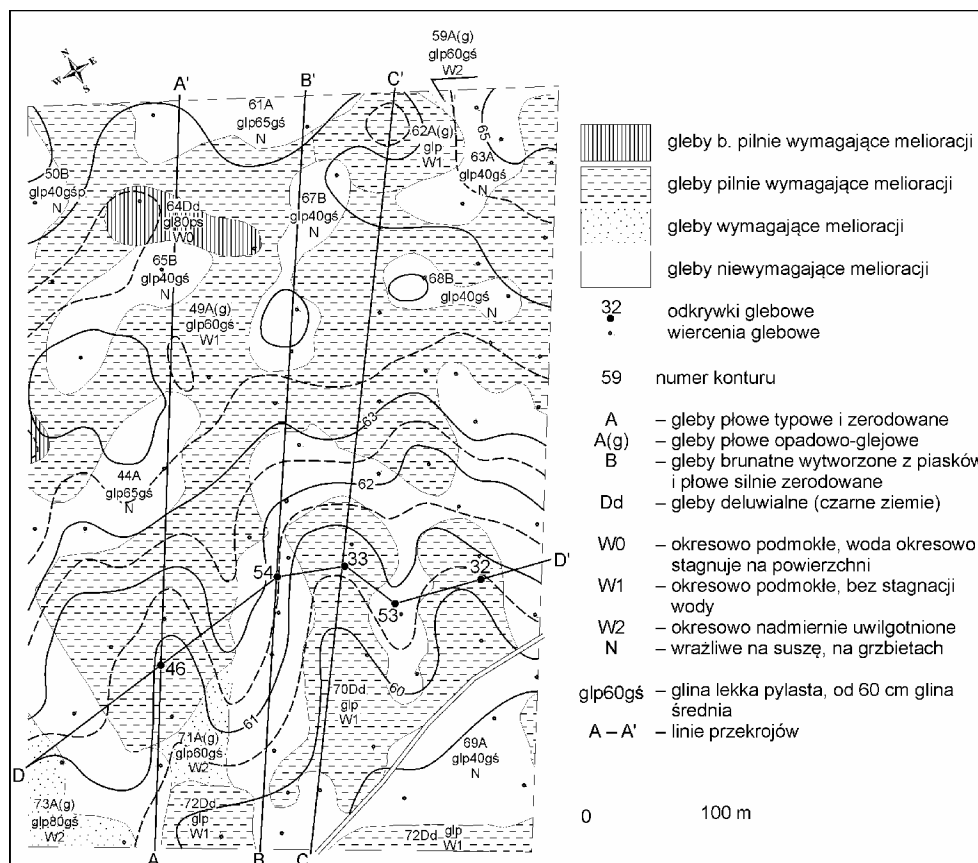
Efektom dokonanej rozpoznania gleb na obiekcie Boleszkowice jest mapa glebowo-melioracyjna w skali 1 : 5000 określająca powierzchnie nadmiernie uwilgotnione lub podmokłe wymagające melioracji (odwodnienia), a także powierzchnie niewymagające regulacji stosunków wodnych przez odwodnienie (rys. 2).



Fot. 1. Wycinek zdjęcia satelitarne z zaznaczoną hipsometrią (warstwice ciągle co 1 m)
Źródło: opracowanie własne.

W tak ukazanym na mapie zróżnicowaniu gleb, w obrębie całego obiektu, wyróżniły się powierzchnie (około 15-20 ha, niecka i garb na rys. 4), w których zróżnicowanie warunków wodnych było szczególnie silne, a linie ograniczające kontury miały skomplikowany przebieg (rys. 2). Obszary te w granicach całego kartowanego obiektu są interesujące z wielu powodów, wymagają bowiem większego nakładu pracy terenowej przy ich rozpoznaniu, stwarzają wyraźnie większą trudność w redagowaniu mapy glebowo-melioracyjnej, są trudniejsze w ocenie potrzeb melioracyjnych i projektowaniu melioracji. W użytkowaniu rolniczym powodują utrudnienia poprzez zróżnicowanie warunków wodnych i żyzności gleb.

Posiadając bogatą dokumentację prac terenowych, jak i materiały pomocnicze (zdjęcie satelitarne, mapę topograficzną z cięciem 0,5 m), postanowiono jeszcze bardziej szczegółowo rozpoznać te obszary i ustalić przyczynę tak silnego zróżnicowania glebowego.



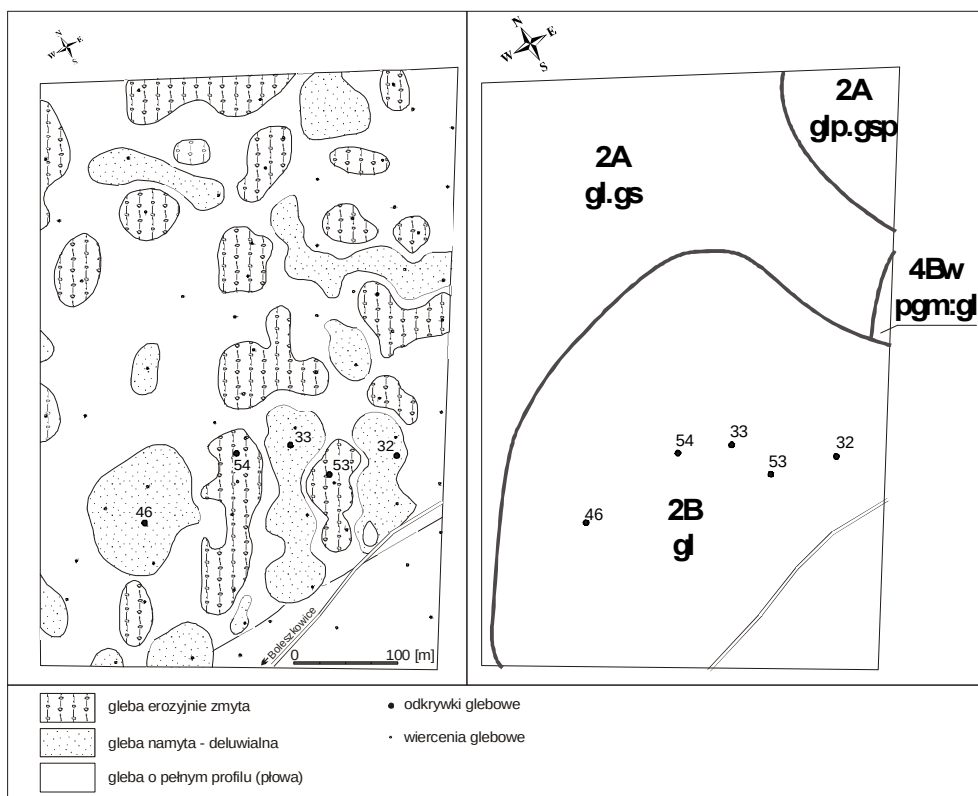
Rys. 2. Wycinek mapy glebowo-melioracyjnej (1:5000) przedstawiający silnie zróżnicowaną pokrywę glebową w Boleszkowicach

Źródło: opracowanie własne.

Studium heterogeniczności pokrywy glebowej

Dokładniejsza analiza danych o glebach z prac terenowych i laboratoryjnych wzbogaciła wiedzę o zróżnicowaniu gleb i pozwoliła na wykreślenie mapy pochodnej w skali bardziej szczegółowej (1 : 2500, rys. 3). Wykonane studium heterogeniczności pokrywy glebowej udokumentowało zmiany, jakie dokonały się w rzeźbie terenu i przekształceniach gleb.

W interesującym nas obszarze stwierdzono obecność powierzchni zrównania erozyjnego. Powierzchnia ta jest silnie zróżnicowana pod względem typologicznym gleb, ich zasobności w próchnicę i warunków wodnych, a w konsekwencji stanowi niejednorodną wartość użytkową i wymaga regulacji stosunków wodno-powietrznych (rys. 4-6).



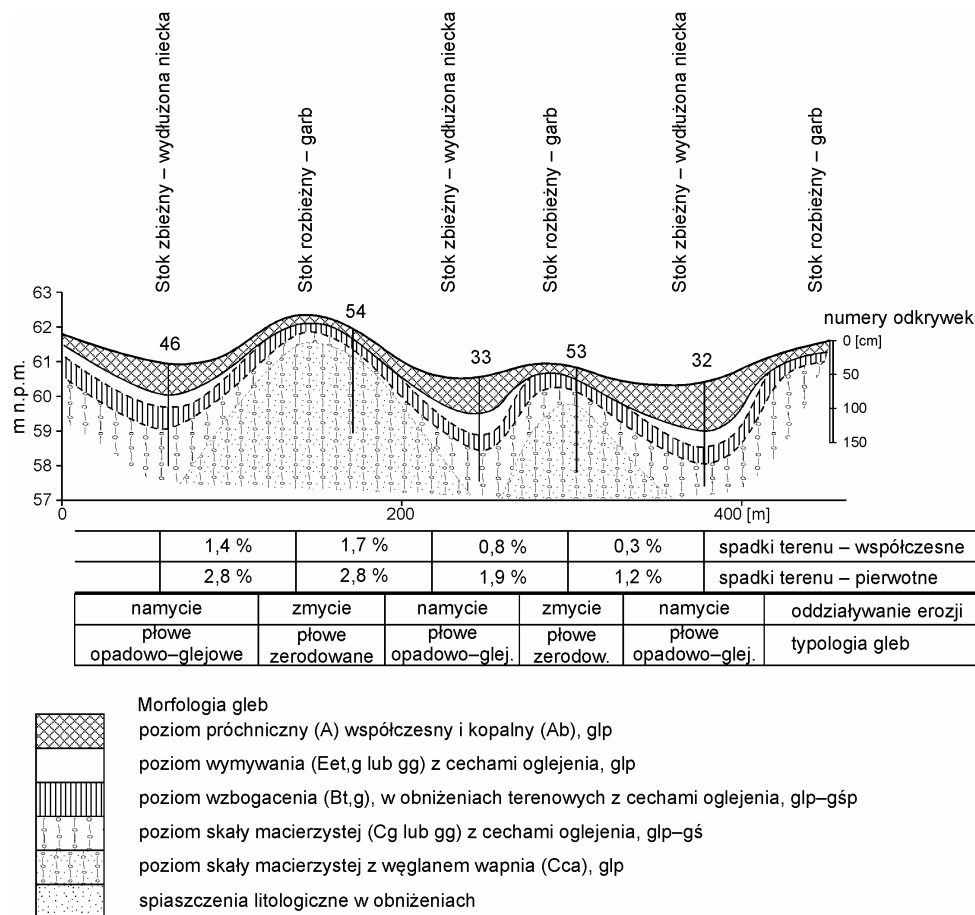
Rys. 3. Wycinek mapy pochodnej, glebowo-przyrodniczej, szczegółowej (część lewa) i przebieg granic konturów glebowych wg mapy glebowo-rolniczej w skali 1:5000 (część prawa)

Źródło: opracowanie własne.

Morfologia i typologia gleb wybranego obszaru

Na całym obszarze obiektu Boleszkowice dominują gleby płowe, ale ich cechy morfologiczne (przez to także klasyfikacja w randze podtypu) zmieniają się zależnie od pierwotnie występujących mikroform (niecki, siodełka, garby, grzbiety); (rys. 4-6). Formy wklęsłe (niecki, siodełka) przy zachowaniu poziomów diagnostycznych gleby płowej uzyskały nowe cechy morfologiczne (wzrost miąższości poziomu próchnicznego, wzrost intensywności i pionowego zasięgu oglejenia, wzrost zawartości próchnicy i inne). Obszary te w rozpatrywanym wycinku terenu stanowią około 21%. Są to obszary z nadbudowanymi glebami, gdzie następowała agradacja materiału zarówno wskutek działania erozji wodnej, jak i uprawowej (naorywania przez pług).

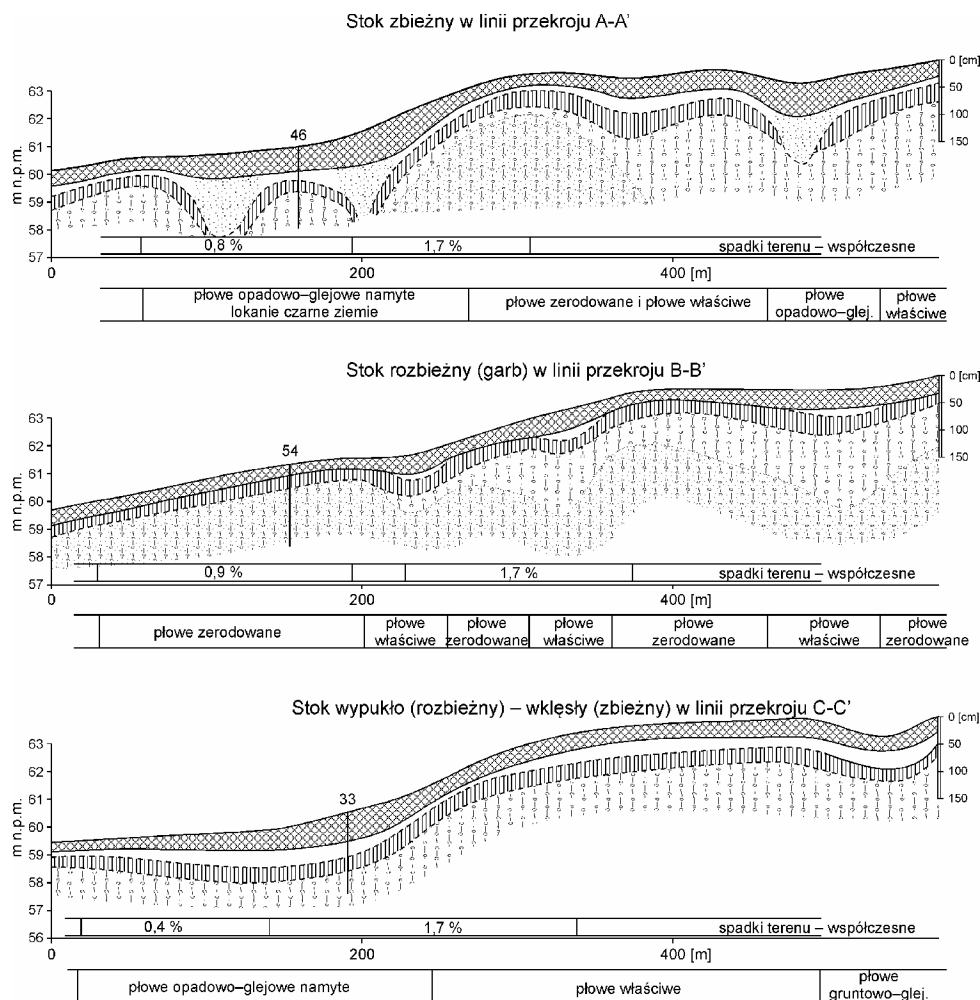
W warunkach siedlisk rolniczych zaznaczył się w morfologii gleb wpływ wód opadowych. Przy nadmiernym utrzymywaniu wody opadowej w miejscach byłych niecek lub innych form wklęsłych wystąpiły warunki redukcyjne, a towarzyszące im oglejenie maskuje typowe dla gleby płowej poziomy genetyczne. Chodzi tu głównie o barwę, jednak inne cechy, takie jak zróżnicowanie uziarnienia (przemieszczenie frakcji <0,002 mm) pozostają czytelne i są argumentem do wydzielenia poziomów Eet i Bt.



Rys. 4. Profil terenu (przekrój poprzeczny względem spadku, linia D–D' na rys. 2) w dolnej części słabego stoku ze zróżnicowaniem pokrywy glebowej na polu w Boleszkowicach
Źródło: opracowanie własne.

Gleby form wypukłych (garby i wydłużone wały – rys. 4 i 5 (przekrój B–B')) poddawane uprawie uległy spłyceciu i obecnie są to gleby zerodowane (ogłowione). Na powierzchni pola obserwuje się lokalne odsłonięcia poziomu Bt przekształcone w poziom próchniczny zasobny w koloidy mineralne, a mniej w próchnicę. Przy silniejszym zerodowaniu pojawiają się wychodnie skały macierzystej zasobnej w węglany wapnia. Na powierzchni pola obszary te są widoczne w terenie, tworząc ciągi o przebiegu zgodnym z wcześniej występującymi garbami, przedzielonymi wydłużonymi nieckami. Kontury gleb zerodowanych zajmują łącznie ponad 22% obszaru badań.

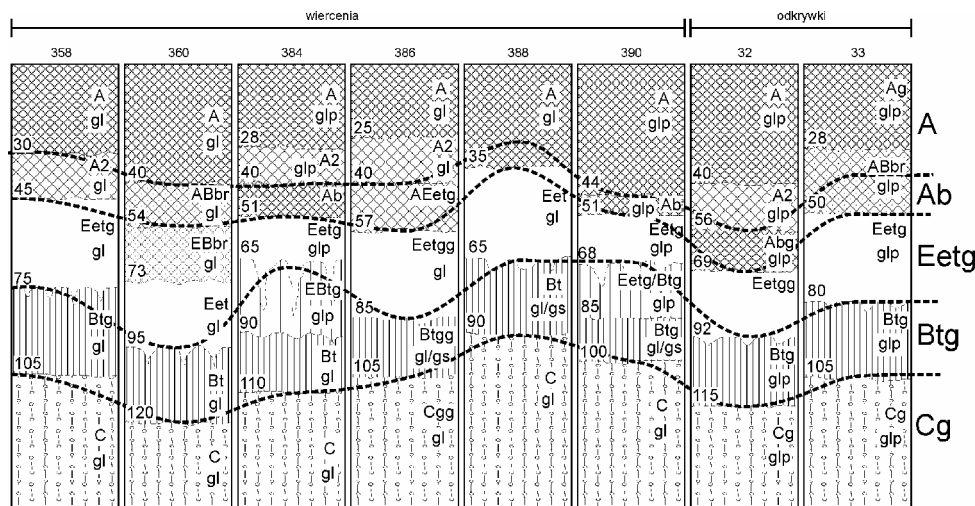
Powstała powierzchnia zrównania erozyjnego, w obrębie której spadki mieszczą się obecnie w zakresie wartości 0,9–1,8%. Odczytana z morfologii gleb miąższość warstw zerodowanych i zakumulowanych (agradacyjnych) pozwoliła na obliczenie spadków pierwotnych (przed użytkowaniem rolniczym), które były wyraźnie większe – 1,6–3,4%.



Rys. 5. Profil terenu (przekroje w linii spadku) stoku zbieżnego (A-A'; C-C') oraz stoku rozbieżnego (B-B' na rys. 2) ze zróżnicowaniem pokrywy glebowej na polu w Boleszkowicach (objaśnienia jak na rys. 4)

Źródło: opracowanie własne.

Przynależność typologiczna gleb zmienia się zależnie od położenia w mikrorzeźbie terenu. Według Systematyki Gleb Polski (1989) gleby obszaru akumulacyjnego (wklęsłego) spełniają kryteria gleb deluwialnych. Warstwa erozyjnie namyta przemieszczona na miąższość średnią 40-50 cm z wahaniami na obrzeżu obniżeń od 35 cm, a w miejscach centralnych do 69 cm. Biorąc pod uwagę zachowany pierwotny profil z kopalnym poziomem próchnicznym Ab z okresu leśnego i wyraźne oglejenie poziomów Eet (g lub gg) i Bt (g lub gg) spełniają one także kryterium gleb płowych opadowo-glejowych lub gruntowo-glejowych w przypadku silniej zaznaczonych cech oglejenia gruntowego.



Rys. 6. Morfologia gleb (wg wierceń i odkrywek) wydłużonej niecki (kontur nr 70 na rys. 2) obszaru namytego erozyjnie

Źródło: opracowanie własne.

Miejsca wypukłe (garby) poddawane erozji zachowały tylko resztkowe cechy pierwotnego profilu. Powierzchniowy poziom próchniczny wykazuje jednocześnie cechy poziomu Bt, gdyż w wyniku uprawy jest z niego tworzony. Dla tego poziomu charakterystyczne jest wzbogacenie w koloidy i barwa szarobrunatna od obecnej próchnicy. Nie wszystkie wypukłości terenu zachowały w morfologii resztki poziomu Bt, są też takie, w których odsłonięta jest już skała macierzysta tak głęboko, że na powierzchni są obecne węglany wapnia. Te gleby klasyfikujemy jako płowe zerodowane silnie lub bardzo silnie (korzystając ze skali zerodowania według Marcinek i Komisarzeka (1)).

Na ogół w obiekcie Boleszkowice dominują gleby płowe właściwe, stanowią około 50-60% kartowanej powierzchni całego obiektu. Pierwotny profil gleby płowej (A-Eet-Bt-C) był wykształcony pod lasem. Środowisko leśne utrzymywało odmienne od obecnych warunki wodne. Sądząc po zachowanych do naszych czasów siedliskach leśnych o podobnie zróżnicowanej rzeźbie miejsca wklęsłe pod lasem nie były podtapiane wodami powierzchniowymi, a dokonująca się w nich wzmożona filtracja sprzyjała wykształceniu się wszystkich poziomów genetycznych, niektórych (Eet i Bt) nieco silniej niż w miejscach wypukłych.

W omawianej powierzchni ze szczególnie silnie zróżnicowaną pokrywą glebową przy dokonanej generalizacji (dla skali 1 : 5000) gleby płowe są mało widoczne, pomimo że stanowią 57% obszaru. Studium heterogeniczności pokrywy glebowej i mapa pochodna szczegółowa (1 : 2500) pokazuje te gleby bardziej wyraźnie. W większym stopniu występują one na przejściu gleb degradowanych i agradowanych, tworząc w obszarach silniejszego zróżnicowania bardzo wąskie powierzchnie trudne do pokazania w mniejszej skali (1 : 5000).

Różnicowanie się zasobów próchnicy i zapasów wody aktualnej w glebach na wybranej powierzchni

Przyjmując za podstawę zgeneralizowane jednostki glebowe mapy w skali 1 : 5000, które reprezentowane są przez odkrywki glebowe, gleby deluwialne zasobniejsze są w próchnicę wyrażoną w wartościach bezwzględnych, tj. w $t \cdot ha^{-1}$. Według trzech profili 32, 33, 46 stwierdzono w nich od 80 do $118 t \cdot ha^{-1}$ próchnicy. Zasoby te są większe niż przeciętne w glebach uprawnych.

Gleby zmyte (na zerodowanych garbach) posiadają mniej próchnicy – $62-72 t \cdot ha^{-1}$. Wielkości te można jednak przyrównać do średnich ilości stwierdzanych w innych glebach obszarów morenowych. Względnie dobre zaopatrzenie gleb w humus jest powodowane, pomimo słabego działania erozji na obszarach płaskich (2, 3), ich znaczną zasobnością w koloidy mineralne ($15-16\% < 0,002 mm$), które spełniają funkcję ochronną wobec próchnicy.

Zasoby wodne badano dwukrotnie, tj. najpierw jesienią 2009 roku i ponownie wiosną 2010 r. Okresy te charakteryzują się na ogół większymi zasobami wilgoci glebowej, jednak w 2010 roku wystąpiły wyjątkowo obfite opady, które spowodowały nawet lokalne podtopienia pól (tab. 1).

Tabela 1

Różnicowanie się zasobów wody w glebach według stanu jesiennego i wiosennego po obfitych opadach

Profil glebowy	Zasoby wody aktualnej ($mm \cdot 0,9 m^{-3}$ gleby)			Proporcja zasobów H_2O mm aktualnych : WPP	
	jesień 2009	wiosna 2010	wg WPP **	jesień 2009	wiosna 2010
32	206	273	240	0,86	1,14
33	223	269	262	0,85	1,03
53	168*	266	315	0,53	0,84
54	160*	273	329	0,49	0,83

* wartości dla podobnych gleb zerodowanych grzbietów spoza wyznaczonego obszaru

** wartość obliczona wg Trzeckiego, 1974 (6).

Źródło: opracowanie własne.

W okresie jesiennym zerodowane powierzchnie pola (odkrywki 53 i 54; rys. 4) wykazały mniejsze zdolności do retencjonowania wody opadowej w stosunku do namytych (odkrywki 32 i 33). Po obfitych opadach zasoby wyrównują się, a nawet dochodzi do przewyższenia zasobów w stosunku do naturalnych możliwości. Przy takim stanie następuje stagnacja wody na powierzchni pola, co jest równoznaczne z podtopieniem gleb obniżen terenowych.

Powyższe dane wskazują na potrzebę wykonania regulacji stosunków wodnych przez drenaż. Wykonanie odwodnienia gleb obniżen terenowych stwarza jednocześnie zagrożenie przesuszenia gleb na grzbietach w suchych dekadach okresu wegetacyjnego.

Podsumowanie

Wykonane studium heterogeniczności pokrywy glebowej dla wybranego obszaru o szczególnie silnie zróżnicowanych glebach stanowiło podstawę do wykreślenia mapy glebowo-przyrodniczej uszczegółowionej, lepiej oddającej zmienność typologiczną, morfologię gleb, układ warunków wodnych i obecność CaCO_3 . Wobec dalece dokonanych przekształceń gleb przez denudację, w kartograficznych pracach terenowych nie powinno się pomijać takich miejsc, pomimo ich niewielkich powierzchni. Wykonane w latach 60. mapy glebowo-rolnicze nie wykazały tej zmienności, ukrywając ją w innych konturach jednostek glebowych (rys. 3).

Dokonane zmiany w glebach mają wpływ na gospodarkę wodną gleb. Zerodowane garby i grzbiety wzmagają przepływ powierzchniowy wód opadowych do obniżen denudacyjnych, które je gromadzą i przetrzymując podtapiają te części pól.

Dokładne rozpoznanie zróżnicowania pokrywy glebowej, poza znaczeniem teoretycznym (gleboznawczym), jest ważne dla opracowania przedprojektowych ekspertyz melioracyjnych (4), a także może mieć zastosowanie dla rolnictwa precyzyjnego. Rolnictwo to wymaga bardziej szczegółowego rozpoznania warunków glebowych, na podstawie którego dokonuje się dokładnego dawkowania nawozów mineralnych lub wykonania innych zabiegów agrotechnicznych.

Zdaniem Siuty i Żukowskiego (4) dokładne rozpoznanie jakości gleb jest niezbędne do osiągnięcia celu melioracyjnego. Przy pobieżnym rozpoznaniu pokrywy glebowej może nastąpić pominięcie tak złożonych glebowo powierzchni, co miałoby duże znaczenie w projektowaniu melioracji wodnych. Niedokładnie wykonana melioracja może negatywnie wpłynąć na agroekologiczny rozwój gleb i poprawę jej jakości po melioracji.

Realizacja melioracji w opisanym przypadku, pomimo dobrego rozpoznania glebowego, będzie utrudniona. Przy jej projektowaniu należy rozważyć, w jakim stopniu można odvodnić gleby obniżen deluwialnych i jednocześnie, jak dalece narazić gleby grzbietów na przesuszenie. Podmokłość utrudnia i opóźnia wiosenne prace polowe i często uniemożliwia zasiewy roślin i to przemawia za regulacją stosunków wodnych. Potwierdzają to także działania rolników, którzy według własnych decyzji podejmowali prace odwadniające na własnych polach (kopanie rowów). Gleby grzbietów o zwięźlejszym składzie granulometrycznym i zwiększonych zdolnościach utrzymywania wody (WPP, tab. 1) są bardziej stabilne w kształtowaniu się stosunków powietrzno-wodnych i po odwodnieniu pola nie powinny zbyt silnie reagować obniżeniem urodzajności.

Wnioski

1. W terenowych pracach kartograficznych należy wzmocnić świadomość występowania znacznego zróżnicowania pokrywy glebowej, nawet na obszarach płaskich, jednorodnych geologicznie, wytworzonych z glin zwałowych i ukazywać je na mapach.

2. Moreny płaskie zawierają w sobie powierzchnie zrównania erozyjnego, w których można stwierdzić złożony obraz zróżnicowania typologicznego gleb, warunków wodnych, zróżnicowanej wartości i przydatności rolniczej, a także potrzeb melioracyjnych.
3. Przejęcie pierwotnych obszarów leśnych o zróżnicowanej mikrorzeźbie w użytkowanie rolnicze spowodowało duże przekształcenia gleb, które ze względu na niewielkie powierzchnie pomijane są w dokumentacji kartograficznej.

Literatura

1. Marcinek J., Komisarek J.: Przekształcenia pokrywy glebowej na skutek przyspieszonej erozji wodnej falistych i pagórkowatych terenów Niziny Wielkopolskiej. *Folia Univ. Stetin. 217, Agriculture*, 2001, **87**: 135-146.
2. Niewiarowski W., Celmer T., Marciniak K., Pietrucień C., Proszek P., Sinkiewicz M.: Przebieg współczesnych procesów denudacyjnych na młodoglacjalnej wysoczyźnie morenowej intensywnie użytkowanej rolniczo, na przykładzie okolic Koniczynki, na północny wschód od Torunia. W: *System denudacyjny Polski*, pod red. A. Kotarby. Prz. Geogr., 1992, **155**: 47-67.
3. Rachlewicz G., Niewiarowski W., Kostrzewski A., Szpikowski J.: Współczesne procesy i przekształcenia rzeźby obszarów wysoczyznowych i równin sandrowych strefy młodoglacjalnej. W: *Współczesne przemiany rzeźby Polski*, pod red. L. Starkła, A. Kostrzewskiego, A. Kotarby, K. Krzemienia. Kraków, 2008, 271-282.
4. Siuta J., Żukowski B.: Rozwój i potencjalne zagrożenia agroekosystemów. Część II. Agroekologiczna efektywność drenowania gleb zwięzłych. W: *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 2009, **(41)**: 596-613.
5. Systematyka Gleb Polski. *Rocz. Glebozn.*, 1989, **40(3/4)**: 150.
6. Trzeci S.: Determination of water capacity of soils on the basis of their mechanical composition. *Rocz. Glebozn.*, 1974, **25** (dodatek): 33-44.

Adres do korespondencji:

dr Marek Podlasinski
Zakład Rekultywacji i Chemii Środowiska
ZUT w Szczecinie
al. Piastów 17
70-310 Szczecin
tel.: (91) 449 41 11
e-mail: marek.podlasinski@zut.edu.pl

Eugeniusz Nowocień, Bogusław Podolski, Rafał Wawer

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

PRZEGLĄD METOD ZABUDOWY WĄWOZÓW ORAZ SKARP NA OBIEKTACH DOŚWIADCZALNYCH*

Wstęp

Erozja gleb jest procesem naturalnym, jej natężenie determinowane jest m.in. czynnikami antropogenicznymi, które czynią ją jedną z głównych i najbardziej rozpowszechnionych form degradacji powierzchni ziemi.

W Polsce najbardziej negatywne skutki przyrodnicze i gospodarcze powodowane są przez erozję wodną powierzchniową i wietrzną (14, 15, 16). Erozja wietrzna chociaż występuje powszechnie, to w mniejszym stopniu degraduje gleby niż erozja wodna. Lokalnie dewastację gruntów powodują ruchy mas ziemnych, zwłaszcza osuwiska (1-4, 6-13).

Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest przedstawienie na podstawie badań własnych i literatury metod i sposobów ochrony gleb przed erozją oraz metod rekultywacji i zagospodarowania gruntów zdewastowanych przez erozję.

W opracowaniu szczególną uwagę zwrócono na zagospodarowanie wąwozów, odłogów na stromych zboczach, wymoków sufozyjnych i na umacnianie skarp.

Zagospodarowanie wąwozów i ich zlewni

Zagospodarowanie wąwozów dolinowych, zboczowych i drogowych jest przeważnie najbardziej kapitałochłonną inwestycją w melioracjach przeciwerozyjnych. Generalnie są to inwestycje o charakterze inżynierskim, wymagające opracowania projektów technicznych i ich wdrażania przez przedsiębiorstwa specjalistyczne, poprzedzone analizą oddziaływania na środowisko. Dotychczas większość projektów zrealizowanych w terenie to obiekty doświadczalno-wdrożeniowe, założone w latach 1960–1985.

Istnieją dwa główne kierunki zagospodarowania wąwozów: ochronny i ochronno-użytkowy. Wąwozy mogą być zagospodarowane metodami ochronnymi poprzez za-

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.2 w programie wieloletnim IUNG - PIB

budowę biologiczną lub techniczno-biologiczną oraz ochronno-użytkowymi przez zasypywanie, wykonanie zbiorników, zakładanie sadów i pastwisk oraz zagospodarowanie dla celów rekreacyjnych, a także metodami zintegrowanymi (4). W pracy dokonano przeglądu wybranych metod zabudowy wąwozów.

Zabudowa biologiczna wąwozów

Sposób wykonania biologicznej zabudowy wąwozów zależy od tego, czy dokonujemy jedynie korekty w samoczynnym zadrzewieniu, czy też wprowadzamy zalesienie od podstaw.

Przy biologicznej zabudowie przez zalesienie wykonanej od podstaw bardzo istotne jest rozmieszczenie przestrzenne zadrzewień i zadarnień oraz dobór odpowiednich gatunków drzew (tab. 1); (4). Rozmieszczenie drzew w poszczególnych partiach stoków, u czoła wąwozu oraz na granicy z użytkami rolnymi, powinno odpowiadać optymalnym wymaganiom siedliskowym poszczególnych gatunków. Powinno się również dobierać gatunki odpowiednio do naturalnych typów siedlisk, charakterystycznych dla danego ukształtowania terenu i warunków wodno-gruntowych. Przy doborze gatunków drzew na zbocza należy uwzględnić zwykle duże zróżnicowanie siedliska, zwłaszcza pod względem glebowym i wilgotnościowym. U podnóża zboczy, gdzie przeważnie występuje akumulacja materiału ziemnego oraz w lokalnych zagłębieniach można sadzić gatunki bardziej wymagające.

Z przeprowadzonych badań i obserwacji terenowych wynika, że trwała darni w porównaniu z zadrzewieniami skuteczniej zabezpiecza powierzchnię gruntu przed żłobieniem i sufozją. Najbardziej narażone na żłobienie miejsca umacnia się przez darniowanie lub obsiewa mieszanką traw. Darninę wzmocnioną włókniną przytwierdza się do podłoża palikami lub kotwami stalowymi. Zasiewy natomiast matuje się słomą lub innymi odpadami roślinnymi w dawce $25-80 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i przykrywa siatką (najlepiej z tworzyw syntetycznych biodegradowalnych, np. jutą), którą przytwierdza się do gruntu kołkami drewnianymi. Zabezpieczenie takie bardzo dobrze przeciwdziała erozji do czasu przejęcia funkcji ochronnej przez roślinność darniową.

Szczególnie trudne warunki dla wprowadzenia roślinności drzewiastej i trawiastej występują w wąwozach wapienno-rędzinowych. Sadzonki i młode drzewka są niszczone na skutek ruchu rumowiska, a zamarzanie i rozmarzanie gruntu powoduje ich „wysadzanie” wraz z systemem korzeniowym. Aby temu zapobiec sadzonki hoduje się w szkółkach, w perforowanych workach foliowych napęcznionych ziemią lub w doniczkach torfowych i następnie wraz z opakowaniem sadi do gruntu. Zaletą tego sposobu sadzenia jest to, że sadzonki w zetknięciu z nowym siedliskiem mają zapas wilgoci i pokarmu, a sadzenie można wykonywać w ciągu całego okresu wegetacyjnego.

Warunki siedliskowe na dnie wąwozu i na dnach rozcięć bocznych są mniej zróżnicowane niż na zboczach, a układ stosunków wilgotnościowych jest przeważnie korzystny dla wzrostu roślin. Głównym jednak sposobem umacniania tych części wąwozu będą trwałe zadarnienia. Można również stosować zadrzewienia, ale w bardzo luźnej więźbie tak, aby nadmierne zacienienie nie osłabiło przeciwozyjnej funkcji

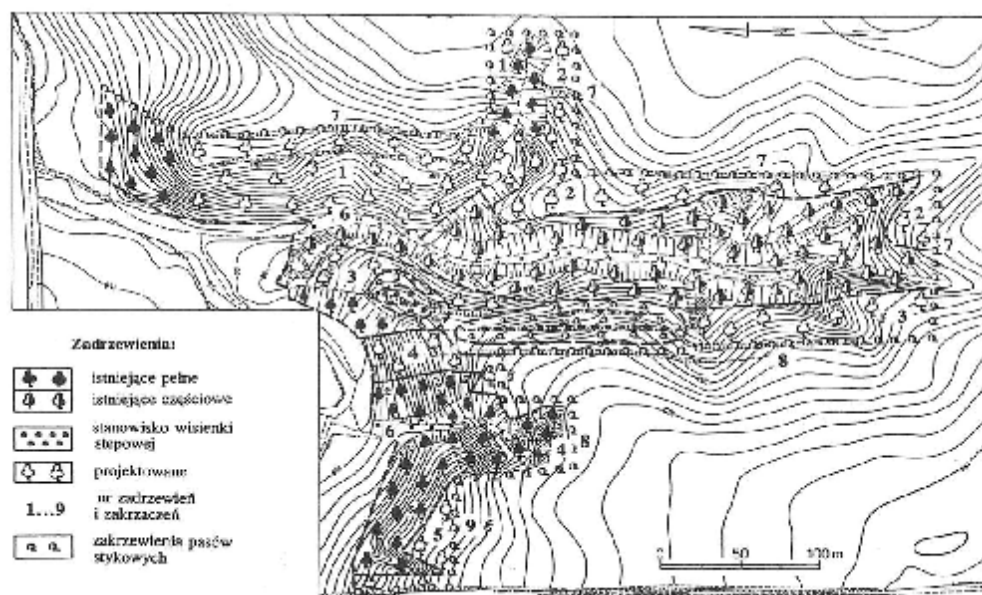
Tabela 1

Gatunki drzew i krzewów do biologicznej zabudowy wąwozów

Rodzaj wąwozu wg utworu geologiczno-glebowego	Stanowisko w rzeźbie wąwozu				
	obrzeża i szczątki dawnych wierzchoł	zbocza (skarpy) o ekspozycji południowej i zachodniej	zbocza (skarpy) o ekspozycji północnej i wschodniej	dno wąwozu głównego	rozcięcia boczne (rozgałęzienie), zapadliska
Lessowy	modrzew, dąb szypułkowy, brzoza brodawkowata, sosna pospolita, klon pospolity, klon jawor, lipa drobnolistna. Na styku z gruntami ornymi – róża fałdzisto listna, głóg, ałyczka, karagana, śnieguliczka	modrzew, dąb szypułkowy, dąb czerwony, brzoza brodawkowata, klon pospolity, robinia akacjowa (w monokulturze na stanowiska najgorsze), dzika róża, karagana, dereń świdwa	dąb szypułkowy, jesion wyniosły, grab pospolity, buk pospolity, jodła pospolita (w zasięgu występowania), lipa drobnolistna, jawor, modrzew, świerk pospolity, topole (euroamerykańskie, czarna), wiąz, kruszyna, trzmielina	topole, wierzb drzewiaste, olsza czarna, żywopłoty z wierzb krzewiastych, pasy krzewów z karagany, róży i ałyczy	jesion, klon jawor, modrzew, lipa drobnolistna, grab, topole euroamerykańskie, żywopłoty z wierzb krzewiastych lub pasy krzewów z karagany, róży, ałyczy
Wapienno-rędzinowy	modrzew, sosna czarna, dereń świdwa, głóg, dzika róża, ligustr, kalina, ałyczka	sosna czarna i pospolita, modrzew, olsza czarna, jarząb pospolity, robinia akacjowa (kepowo), brzoza brodawkowata, dereń świdwa	sosna czarna i pospolita, dąb szypułkowy, modrzew, jesion wyniosły, klon pospolity, klon jawor, buk, jarząb pospolity, brzoza brodawkowata, dereń świdwa, głóg, ligustr, trzmielina	olsza czarna, jesion wyniosły, dąb bezszypułkowy, klon pospolity, klon jawor, topole euroamerykańskie, lipa drobnolistna, żywopłoty z wierzb krzewiastych, pasy z głogu, ałyczy, derenia świdwy i ligustru	
Gliniasty	dąb szypułkowy, brzoza brodawkowata, modrzew, sosna pospolita. Na styku z gruntami ornymi – róża fałdzisto listna, głóg, ałyczka, karagana, śnieguliczka	modrzew, brzoza brodawkowata, klon pospolity, klon jawor, grab, lipa drobnolistna, dereń świdwa, karagana, ałyczka	dąb szypułkowy, jesion wyniosły, buk i jodła (w zasięgu występowania), lipa drobnolistna, grab, brzoza brodawkowata, świerk pospolity, klon pospolity, klon jawor, olsza czarna, kruszyna, szakłak, bez czarny	dąb szypułkowy, jesion wyniosły, buk, topole euroamerykańskie, żywopłoty z wierzb krzewiastych	
Piaszczysty	sosna pospolita, brzoza brodawkowata, dąb czerwony.	sosna pospolita, brzoza brodawkowata, robinia akacjowa (kepami), olsza szara, wierzb krzewiaste (kaspiska, ostrolistna), jałowiec	sosna pospolita, brzoza brodawkowata, dąb szypułkowy, dąb czerwony, olsza szara, jarząb pospolity	olsza czarna, topole euroamerykańskie, brzoza brodawkowata, dąb szypułkowy, klon pospolity, klon jawor, żywopłoty z wierzb krzewiastych	

Źródło: Józefaciuk Cz. i A., 1996 (5).

darni. Ponadto na dnach wąwozów i w innych obniżeniach, gdzie okresowo koncentrują się spływające wody powierzchniowe, celowe jest wysadzenie rzędów krzewów w formie żywopłotów lub różnego rodzaju płotków z żywej faszyzny wierzbowej. Ten sposób zabudowy biologicznej wąwozu zastosowano w Kogutkach koło Zawichostu (rys. 1, fot. 1). Dodatkowo wokół wąwozu, na granicy z gruntami ornymi wydzielono pas buforowy o szerokość od 5 do 10 m, a następnie zadarniono.



Rys. 1. Zabudowa biologiczna wąwozu w miejscowości Kogutki koło Zawichostu

Źródło: Józefaciuk Cz. i A., 1996 (4).

Techniczno-biologiczna zabudowa wąwozów

Zabudowa techniczno-biologiczna polega na umocnieniu budowlami hydrotechnicznymi miejsc szczególnie narażonych na rozmywanie oraz na zadrzewieniu i zadarnieniu wąwozów według zasad omówionych przy zabudowie biologicznej. Budowle hydrotechniczne w wąwozach służące do umacniania progów erozji wstecznej, osuwisk i stabilizacji dna ze względu na ich wysoki koszt, trudność wykonania, konieczność konserwacji i wprowadzenie sztucznych elementów w krajobraz wąwozu powinno się ograniczać do niezbędnego minimum. Budowle techniczne lokalizuje się przede wszystkim u czoła wąwozu dla jego stabilizacji, a następnie u jego wylotu dla zatrzymania rumowiska, spłycenia wąwozu i zmniejszenia spadku podłużnego dna oraz ochrony niżej leżących gruntów i obiektów przed zamulaniem. Do zabudowy techniczno-biologicznej należy zawsze podchodzić z dużą rozważą i szukać innych, tańszych i bardziej efektywnych rozwiązań.

Techniczno-biologiczną zabudowę według projektu Ziemińskiego (17, 18) zastosowano między innymi w wąwozach dolinowych w Opoce Dużej koło Annapola



nad Wisłą (rys. 2, fot. 2). Ogółem na tym obiekcie wybudowano 61 budowli hydrotechnicznych przeważnie betonowych i żelbetonowych.

1 — próg betonowy
 2 — szkielet skrzynkowy
 3 — przegroda betonowo-ziemia
 4 — przegroda ziemna z przepustami
 5 — studzienka wlotowa z przepustami

6-8 — przepust
 9-11 — schody betonowe
 12-14 — korpus betonowe
 15-17 — przebieg do pomiaru przepływu

Ogółem wybudowano 61 budowli technicznych w tym:
 17 stopni skrzynkowych
 32 prógi szkieletowe
 2 przegrody betonowo-ziemne
 2 korpusy betonowe
 8 innych budowli

PDF stworzony przez wersję demonstracyjną pdfFactory www.pdffactory.pl/



Fot. 2. Jedna z 61 budowli hydrotechnicznych betonowych i żelbetowych, stan z 2010 roku
(fot. B. Podolski, 2010)

Zabudowa wąwozów zbiornikami

W wąwozach można budować zbiorniki retencyjne, kolmatacyjne i retencyjno-kolmatacyjne. Wybór rodzaju zbiornika zależy od wielkości wąwozu i jego zlewni, nasilenia procesów erozyjnych oraz od warunków przyrodniczych i potrzeb gospodarczych. Zbiorniki w wąwozach buduje się w celu ograniczenia procesów rzeźbotwórczych, poprawienia gospodarki wodnej oraz ochrony gruntów, zasiewów, urządzeń melioracyjnych i cieków wodnych przed zamulaniem.

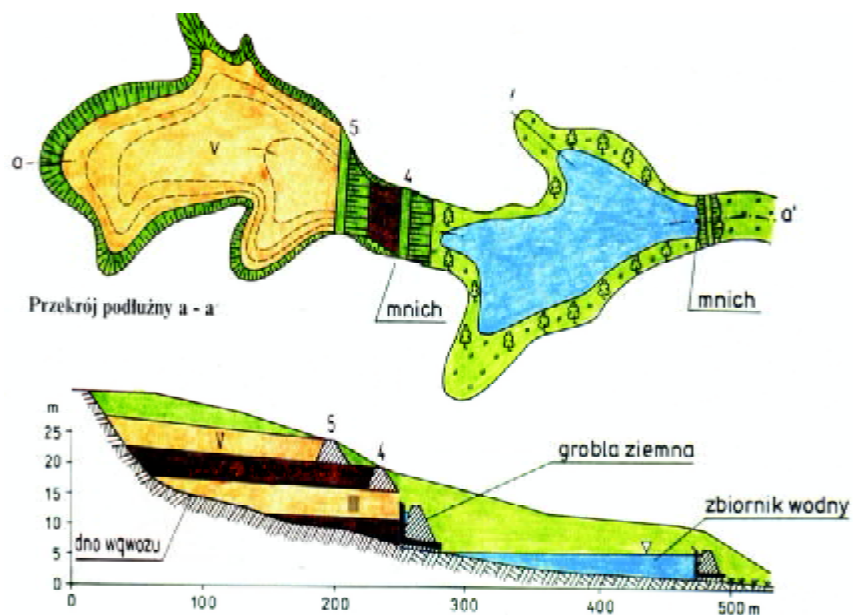
Zbiorniki retencyjne można budować w dużych wąwozach dolinowych (fot. 3), z których wypływają wody źródlane lub w wąwozach o rozległych zlewniach i znacznym przepływie okresowych wód powierzchniowych (4). Zbiorniki wodne w wąwozach poprawiają lokalny mikroklimat, a zmagazynowana w nich woda może być wykorzystywana do hodowli ryb, ptactwa wodnego oraz do innych celów gospodarczych, a nawet rekreacyjnych. Zbiorniki retencyjne należy poprzedzić zbiornikami kolmatacyjnymi, które służą do zatrzymywania rumowiska unoszonego przez wodę z wąwozu i jego zlewni (rys. 3, fot. 4).

Pastwiskowe zagospodarowanie wąwozów

Sposób ten jest korzystny w wąwozach o łagodniejszej rzeźbie, zwiezłym gruncie i leżących w pobliżu osiedli. Naturalnie zadarnione wąwozy są najczęściej użytkowa-



Fot. 3. Zbiorniki retencyjne w dużym wąwozie dolinowym (fot. B. Podolski, 2010)



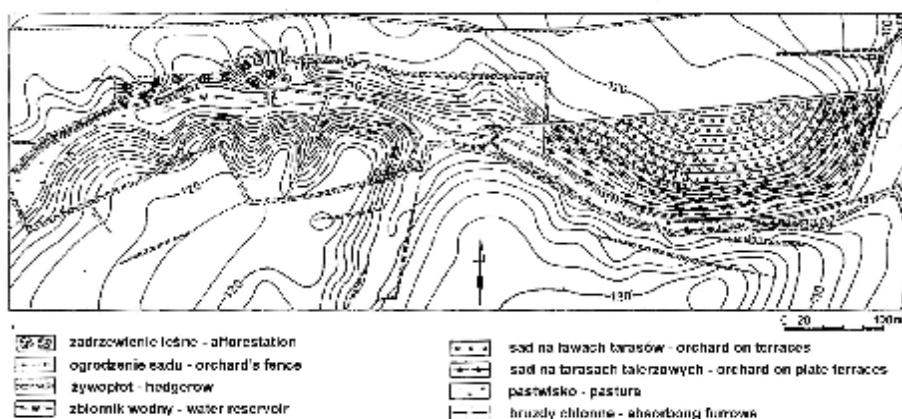
Rys. 3. Schemat zabudowy wąwozu dolinowego zbiornikiem kolmatacyjno-retencyjnym (koncepcja)
Źródło: Józefaciuk Cz. i A., 1996 (4).



Fot. 4. Zabudowa wąwozu dolinowego zbiornikiem kolmatacyjnym z podnoszonym przelewem odpływowym (fot. B. Podolski, 2010)

ne pastwiskowo, a wydajność runi można poprawić przez zastosowanie zabiegów, takich jak uporządkowanie powierzchni, wyoranie poprzecznostokowych bruzd chłonnych, intensywne nawożenie, podsiew mieszanką traw bruzd chłonnych i powierzchni pozbawionych darni, uregulowanie wypasu. Można też zastosować pełną uprawę i obsiew wąwozu mieszanką traw. Przydatność metody pastwiskowego zagospodarowania wąwozów uzależniona jest głównie od ilości opadów. Powinno się ją preferować w terenach górzystych.

Zagospodarowanie pastwiskowe zostało zastosowane w Jakubowicach Murowanych koło Lublina (rys. 4, fot. 5). Powierzchnia pastwiska wynosi około 20 ha, a pozyskiwana zielona masa średnio wynosi około $0,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.



Rys. 4. Zagospodarowanie pastwiskowe wąwozu

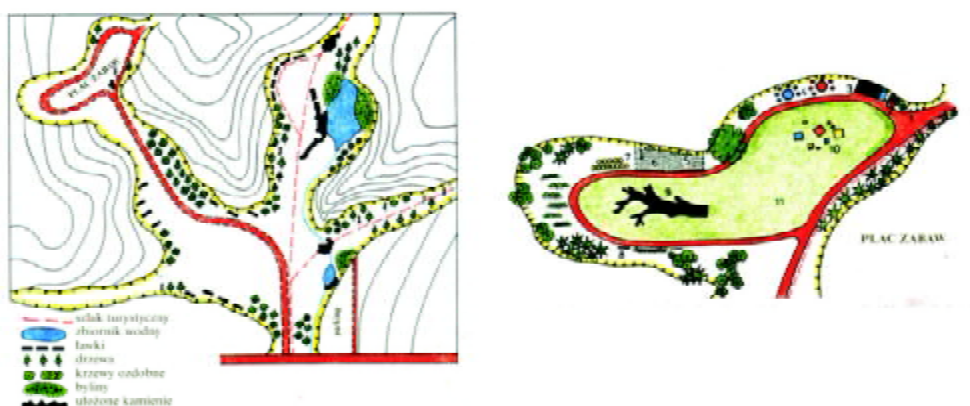
Źródło: Józefaciuk Cz. i A., 1996 (4).



Fot. 5. Zagospodarowanie pastwiskowe wąwozu w Jakubowicach Murowanych
(fot. B. Podolski, 2010)

Zagospodarowanie wąwozów dla celów rekreacyjnych

Wąwozy są pięknym elementem krajobrazu, a zagospodarowanie dla celów rekreacyjnych polega na ograniczeniu procesów rzeźbotwórczych przy zachowaniu i podniesieniu walorów krajobrazowych (rys. 5); (4). Zamiast drzew i krzewów leśnych sadi się drzewa i krzewy ozdobne.



Rys. 5. Koncepcja zagospodarowania wąwozu dolinowego dla celów rekreacyjnych
Źródło: Józefaciuk Cz. i A., 1999 (5).

Możliwości rozwiązań jest bardzo dużo w zależności od pomysłowości projektujących architekturę krajobrazu. Podane rozwiązanie ma charakter czysto teoretyczny.

Zagospodarowanie odlogów na stromych zboczach

Odłogi na stromych zboczach powstały w wyniku wyłączenia tych gruntów z użytkowania rolniczego przez ich właścicieli, którzy uznali, że ich dalsze orne użytkowanie jest nieopłacalne.

Strome zbocza o nachyleniu ponad 12° (21%) powinny być wyłączone z ornego użytkowania ze względu na zagrożenie silnymi procesami erozji i na niebezpieczeństwo uprawy roli sprzętem mechanicznym. Takie zbocza powinno się przeznaczyć przede wszystkim pod zagospodarowanie sadownicze (fot. 6) lub zadrzewienia, ewentualnie zalesienia (fot. 7).

Zagospodarowanie wymoków sufozyjnych

Zagospodarowanie wymoków sufozyjnych dotyczy głównie form okresowo lub ciągle zalewanych wodami powierzchniowymi, które bardzo utrudniają gospodarowanie na przyległych polach. Wymoki takie należy zadarniać i zadrzewiać poza strefą zalegania lustra wody (fot. 8); (4).



Fot. 6. Przykład zbocza zagospodarowanego sadowniczo (fot. B. Podolski)



Fot. 7. Przykład zbocza zagospodarowanego leśnie (fot. B. Podolski)



Fot. 8. Wymok sufozyjny przed zagospodarowaniem (fot. Cz. Józefaciuk, 1964) i po zagospodarowaniu przez zadrzewienie i zakrzewienie wg projektu zagospodarowania (fot. Cz. Józefaciuk, 1996)

Umacnianie skarp

Skarpy naturalne mogą tworzyć się w wyniku działania naturalnych sił przyrody na przykład ruchów górotwórczych, erozji rzecznej i wąwozowej oraz ruchów mas ziemnych. Skarpy sztuczne powstają w wyniku kształtowania rzeźby terenu zarówno na gruntach rolnych (tarasowanie zboczy, budowle ziemne), jak również na terenach działalności górniczej, przemysłowej i innej związanej z geotechnicznymi przekształceniami powierzchni ziemi (1, 2).

Skarpy ze względu na silnie nachyloną powierzchnię podlegają intensywnym procesom erozyjnym. Dlatego też ich ochrona polega na odpowiednim profilowaniu, a następnie umacnianiu i zagospodarowaniu. Umacnianie i zagospodarowanie skarp jest zagadnieniem trudnym ze względu na duże nachylenie, często niekorzystne właściwości gruntu (przeważnie są to utwory bezglebowe), niedobory wody i różnorodność zjawisk erozyjnych.

Sposoby umacniania skarp

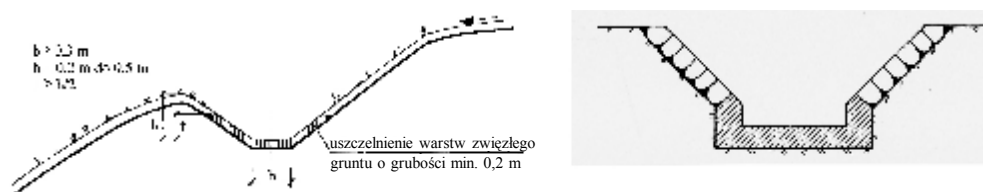
Obudowa techniczna jest zwykle trudna, kosztowna i wymaga starannego wykonania. Zastosowane w niej elementy, zbudowane nawet z najtrwalszego, np. kamiennego materiału, ulegają niszczeniu w miarę upływu czasu i niestety nie wykazują cechy elastycznego dostosowania się do zmian siedliska, ani nie „wrastają w grunt”, tak jak roślinność. Wobec czego istnieje zawsze obawa co do pełnej efektywności ich działania w przewidzianym okresie eksploatacji. Z powyższych względów stosowanie umocnień technicznych należy możliwie ograniczać do minimum, a wykonywać tylko w przypadkach niezbędnych tam, gdzie rzeczywiście nie uda się ich zastąpić inną formą obudowy. Sposoby obudowy technicznej są różne, poczynając od bardzo prostych, a kończąc na skomplikowanych budowlach inżynierskich. Zależnie od funkcji można je podzielić na cztery grupy.

Do grupy pierwszej należą urządzenia hydrotechniczne regulujące stosunki wodne na samych skarpach, jak też na terenie przyległym, zwłaszcza leżącym bezpośrednio ponad umocnioną skarpą (4). Do grupy tej należą rowy stokowe stosowane dla przechwycenia wód powierzchniowych z obszaru leżącego powyżej skarpy i dla ochrony skarpy (rys. 6).

Drugą grupę obudowy technicznej stanowią umocnienia przeciwdziałające osuwiskom. Stosuje je przeważnie na skarpach w terenach zabudowanych lub na szlakach komunikacyjnych. Dotychczasowe metody ochrony zboczy przed osuwiskami są zwykle bardzo kosztowne, a należą do nich drenowanie wgłębne, mury oporowe, przytwierdzanie palami osuwającej się warstwy do stabilnego podłoża (fot. 9), umacnianie gruntu zastrzykami z betonu sprężonego (fot. 10).

Do trzeciej grupy umocnień technicznych należą te, które utrwalają wierzchnią warstwę gruntu na skarpach, a więc przeciwdziałają przede wszystkim takim zjawiskom erozyjnym, jak zmywy powierzchniowe, żłobienie, spływanie gleby, deflacja.

Czwarta grupa obudowy technicznej dotyczy skarp bezpośrednio przyległych do otwartego lustra wody rzek czy zbiorników narażonych na niszczące działanie fal. Są to umocnienia następujące: bloki skalne, palisady drewniane, płyty betonowe prefabrykowane i inne (fot. 11).



Rys. 6. Przekrój poprzeczny rowu stokowego i część jego umocnienia

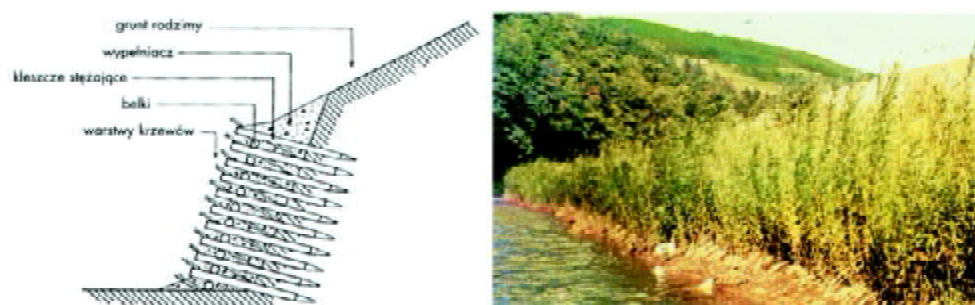
Źródło: Begemann W., Meinhard Schiechl H., 1999 (1).



Fot. 9. Zabezpieczenie skarpy przed osuwiskiem metodą siatek stalowych z kotwami w betonie sprężonym (fot. B. Podolski, 2010)



Fot. 10. Umocnienie gruntu zastrzykami z betonu sprężonego (fot. B. Podolski, 2010)



Fot. 11. Schemat skarpy o więźbie z żywokołów i zagospodarowanie skarpy przylegającej do lustra wody (Begemann W., Meinhard Schiechtl H., 1999)

Podsumowanie

Prawie wszystkie obiekty wdrożeniowe z zabiegami przeciwoerozyjnymi mają charakter doświadczalny. Były realizowane według koncepcji i projektów wykonawczych opracowanych przez pracowników naukowych i pod ich ścisłym bezpośrednim nadzorem merytorycznym, a finansowane z funduszy państwowych.

Wykonane zabiegi przeciwoerozyjne są nadal obiektem zainteresowania pracowników naukowych z kraju i zagranicy, ze względu na nowatorskie koncepcje rozwiązań, zwłaszcza w zakresie zabudowy wąwozów i zagospodarowania skarp. Rolnicy natomiast, pomimo że oceniają je pozytywnie, to jak dotychczas nie czerpią z nich przykładu i sami nie podejmują żadnych prac przeciwoerozyjnych w swoich gospodarstwach ze względu na duże koszty inwestycyjne.

Rekultywacja i zagospodarowanie erozyjnych nieużytków (wąwozów i skarp) mają pozytywne oddziaływanie na zrównoważone funkcjonowanie środowiska rolniczego i jego otoczenia, a w szczególności:

- zapobiegają obniżaniu się urodzajności gleb oraz niekorzystnym zmianom właściwości fizykochemicznych i ubytkowi profilu gleby;
- przeciwdziałają zakłócaniu stosunków wodnych w glebach i niekorzystnym zmianom hydrologii cieków wodnych oraz niszczeniu urządzeń melioracyjnych, a także zabagnianiu lub nadmiernemu osuszaniu gruntów;
- nie dopuszczają do dalszego rozczłonkowania rzeźby terenu przez wąwozy i inne formy erozyjne;
- ograniczają zamulenia szlaków wodnych oraz poprawiają jakość utrzymania w odpowiednim stanie czystości wód pitnych i przemysłowych.

Dodatkowo wpływają na inne dziedziny gospodarki przejawiające się między innymi w zmniejszaniu nakładów na usuwanie:

- namulów i renowację dróg oraz szlaków komunikacyjnych, urządzeń melioracyjnych i wodnych;
- ochronę terenów zabudowanych (osiedli, obiektów przemysłowych i innych) przed zamulaniem i uszkodzaniem przez erozję;
- ochronę powietrza przed zanieczyszczeniem pyłem glebowym i utrzymanie walorów krajobrazowych.

Literatura

1. Begemann W., Meinhard Schiechl H.: Inżynieria ekologiczna w budownictwie wodnym i ziemnym. Warszawa, Arkady, 1999, ss. 199.
2. Gil E.: Monitoring obiegu wody i splukiwania na stoku. Bibl. Monit. Środ., 1994, ss. 128.
3. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: Erozja agroekosystemów. Bibl. Monit. Środ., 1995, ss. 168.
4. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: Erozja wąwozowa i metody zagospodarowania wąwozów. Bibl. Monit. Środ., 1996, ss. 150.
5. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: Ochrona gruntów przed erozją. Bibl. Monit. Środ., 1999, ss. 109.

6. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz., Nowocień E.: Ocena zagrożeń gleb erozją wraz z oceną skutków gospodarczych i środowiskowych oraz kierunki działań zaradczych. Ekspertyza na zlecenie MOŚZNiL, IUNG, 1999, ss. 82.
7. Józefaciuk A., Nowocień E.: Przyczynek do badań natężenia deflacji w terenie lessowym. Roczn. AR Poznań, 1994, ss. 257-261.
8. Józefaciuk Cz., Nowocień E., Wawer R.: Rozwój wąwozu drogowego i koncepcja jego zabudowy. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis. 2000, Agric., **217(87)**: 69-72.
9. Józefaciuk Cz., Nowocień E., Wawer R.: Zmiany form władania i sposobu użytkowania silnie urzeźbionych gruntów. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 2001, **21**: 389-397.
10. Nowocień E.: Biologiczno-techniczne umocnienia urządzeń do odprowadzania wód powierzchniowych ze zlewni dróg rolniczych w terenach lessowych. Warsztaty geomorfologiczne. Procesy erozyjne na stokach użytkowanych rolniczo (metody badań, dynamika i skutki). Lublin - Guciów, 9-12.09.2009 r., 34-35.
11. Nowocień E.: Droga jako element przeciwoerozyjnego zagospodarowania na przykładzie wsi Gorajec - Zagroble i Gorajec Stara Wieś w procesie scaleniowym. Warsztaty geomorfologiczne. Procesy erozyjne na stokach użytkowanych rolniczo (metody badań, dynamika i skutki). Lublin - Guciów, 2009, 36-37.
12. Nowocień E., Podolski B.: Dynamika rozwoju wąwozów drogowych w obszarach lessowych. Inżynieria i Ochrona Środowiska, 2008, **41**: 50-58.
13. Nowocień E., Podolski B., Wawer R.: Erozja wąwozowa na terenie polskich Karpat. Visnyk of Lviv State Agrarian University: Organization of Land Exploitation and Land Cadastre. 2002, **5**: 107-113.
14. Podolski B.: Przeciwoerozyjne zabezpieczenie skarp naoranych na zboczach z utworów lessowych na obiekcie Gorajec w gminie Radeczna. Warsztaty geomorfologiczne. Procesy erozyjne na stokach użytkowanych rolniczo (metody badań, dynamika i skutki). Lublin - Guciów, 2009, 40-41.
15. Podolski B.: Zadrzewienia przydrożne na drogach rolniczych jako element krajobrazotwórczego i przeciwoerozyjnego urządzania obszarów wiejskich. Warsztaty geomorfologiczne. Procesy erozyjne na stokach użytkowanych rolniczo (metody badań, dynamika i skutki). Lublin - Guciów, 2009, 42-43.
16. Wawer R., Nowocień E.: Digital map of actual water erosion risk in Poland. A qualitative, vector based approach. Polish J. Environ. Studies, 2007, **16(5)**: 763-772.
17. Ziemiński S., Naklicki J.: Stan i rozwój trzech wąwozów na Wyżynie Lubelskiej. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1971, **119**: 16-22.
18. Ziemiński S., Węgorzek T., Kucyper J.: Zabudowa techniczna i roślinność wąwozu (Opoka Duża). Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1979, **222**: 5-12.

Adres do korespondencji:

dr Eugeniusz Nowocień

IUNG-PIB

Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów

ul. Czartoryskich 8

24-100 Puławy

tel. (81) 886-334-21

e-mail: nowocien@iung.pulawy.pl

Magdalena Patro

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

ZABUDOWA PRZEGRODAMI ZIEMNYMI LINII OKRESOWYCH SPŁYWÓW W KRAJOBRAZIE ROLNICZYM

Wstęp

Wyżyna Lubelska ze względu na dużą częstotliwość silnych opadów deszczu, urozmaiconą rzeźbę terenu, bardzo dużą podatność gleb lessowych na zmywanie oraz duży udział pól uprawnych w krajobrazie jest zagrożona erozją wodną (1, 3, 22, 32, 33, 34). Istnieje zatem potrzeba pilnego wprowadzania zabiegów przeciwoerozyjnych w celu ograniczania skutków procesów erozji wodnej. Do podstawowych zabiegów w zakresie melioracji przeciwoerozyjnych zalicza się ustalanie przestrzennej struktury użytków produkcyjnych i ochronnych, formowanie arealu gruntów ornych i sieci dróg rolniczych, stosowanie agrotechniki przeciwoerozyjnej oraz wprowadzanie urządzeń hydrotechnicznych (3, 5, 21, 27, 34).

Jednym ze sposobów ograniczania odpływu wody i gleby ze zlewni rolniczych jest budowa przegród ziemnych w liniach okresowego spływu. Metoda taka została wprowadzona na terenie Gospodarstwa Sadowniczego Euro-East w Olszance na Działach Grabowieckich (16, 20, 24, 29).

Problem erozji wodnej w gospodarstwie Euro-East w Olszance

Gospodarstwo Euro-East, o powierzchni ok. 200 ha, zlokalizowane jest w miejscowości Olszanka, w powiecie Krasnostawskim. Od wschodu graniczy z zabudowaniami miejscowości Olszanka, zaś od północy z jej gruntami ornymi. Od zachodu i w przeważającej części od południa omawiany teren przylega do terenów zalesionych (las Folwarczysko i rezerwat Głęboka Dolina) pociętych licznymi wąwozami.

W świetle dokumentów archiwalnych problem erozji wodnej na tym obszarze istnieje w mniejszym lub większym stopniu na przestrzeni ostatnich 60 lat (4, 6, 20). Przeprowadzone badania wykazały decydujący wpływ struktury władania i użytkowania gruntów (od gospodarstw indywidualnych, przez wspólnotę gromadzką, rolniczą spółdzielnię produkcyjną do PGR) na nasilenie erozji wodnej. Ze względu na występowanie erozji umiarkowanej i silnej na ponad 60% obszaru Państwowego Gospodarstwa Rolnego w Olszance w 1975 roku przekwalifikowano je na sadownicze z pozostawieniem części obszaru pod uprawy rolne. W celu przygotowania gruntów

pod nasadzenia sadownicze zagospodarowano nieużytki erozyjne (wąwozy) przez zasypanie lub zabudowę zbiornikami kolmatacyjnymi, usunięto zadrzewienia śródpolne oraz złagodzone rzeźbę terenu. W następnym etapie, na 12 kwaterach, wprowadzono nasadzenia drzewek owocowych, głównie jabłoni i gruszy. Ważnym elementem przeciwoerozyjnego zagospodarowania obiektu było założenie w południowej części gospodarstwa, o najbardziej urozmaiconej rzeźbie, sadów na tarasach oraz w poprzecznostokowych pasach darni. Pozostałe powierzchnie sadu miały tradycyjny układ rzędów drzew (7).

Ze względu na degradację gruntów wykorzystywanych pod uprawę warzyw przez procesy erozji wodnej wdrożono nowe zabiegi przeciwoerozyjne (2000 r.) opracowane przez ówczesnego zarządcę obiektu Jana Rubaja (29). System tych zabiegów opierał się na powstrzymywaniu spływów roztopowych i po opadach deszczu za pomocą odpowiednio posadowionych przegród ziemnych. Jego celem było również zwiększanie infiltracji wód powierzchniowych w głąb profilu glebowego.

Przegrody ziemne w liniach spływu jako element ochrony przeciwoerozyjnej

W latach hydrologicznych 2001/2002–2003/2004 przeprowadzono badania nad skutecznością przegród ziemnych w ograniczaniu erozji wodnej oraz zdolności retencjonowania materiału glebowego i wody (23, 24, 25, 26). Badaniami objęto suchą dolinę o powierzchni 73,41 ha zagospodarowaną warzywniczo (ok. 2/3 obszaru) i sadowniczo (ok. 1/3 obszaru).

Na terenie badanej zlewni zainstalowano 12 przegród (fot. 1) bez urządzeń regulujących wysokość piętrzenia; z tego 4 powstały przez podniesienie nasypem ziemnym niwelety dróg gruntowych, a pozostałe uformowane zostały z gruntu pobranego z miejsca ich posadowienia (rys. 1). Powyżej przegród powstały zbiorniki retencjonujące spływy roztopowe i letnie, dla których wyznaczono mikrozelewnie zróżnicowane powierzchniowo od 1,24 do 22,38 m².

Coroczna zmiana parametrów zbiorników była spowodowana zakolmatowaniem wyerodowanym materiałem glebowym i jego okresowym usuwaniem oraz odkładaniem na skarpach „odpowietrznych” i koronach przegród. W związku z tym wysokości przegród były zmienne i wynosiły: 0,9–1,5 m w 2001/2002, 0,5–2,1 m w 2002/2003 i 0,8–1,8 m w 2003/2004. Pojemności maksymalne oraz powierzchnie poszczególnych zbiorników także ulegały zmianom, odpowiednio: 136–740 m³ i 398–1121 m² w 2001/2002, 102–684 m³ i 336–1078 m² w 2002/2003 oraz 114–511 m³ i 190–1127 m² w 2003/2004.

W czasie badań struktura upraw w badanej części doliny ulegała corocznie zmianom, poza powierzchniami pod prawie trzydziestoletnim sadem w darni oraz lasem (36,5% całej powierzchni zlewni); (rys. 1, 2, 3). Jesienią 2001 roku na części gruntów ornych założono dwie kwatery sadu o kierunku rzędów północ-południe, zaś na pozostałych gruntach ornych uprawiano ziemniaka, marchew, pietruszkę, buraka ćwikłowego i kapustę białą (rys. 1). Wiosną 2003 r. obsadzono kolejne 3 kwatery drzewkami owocowymi, przy czym w międzyrzędziach uprawiano buraka ćwikłowego. W upra-



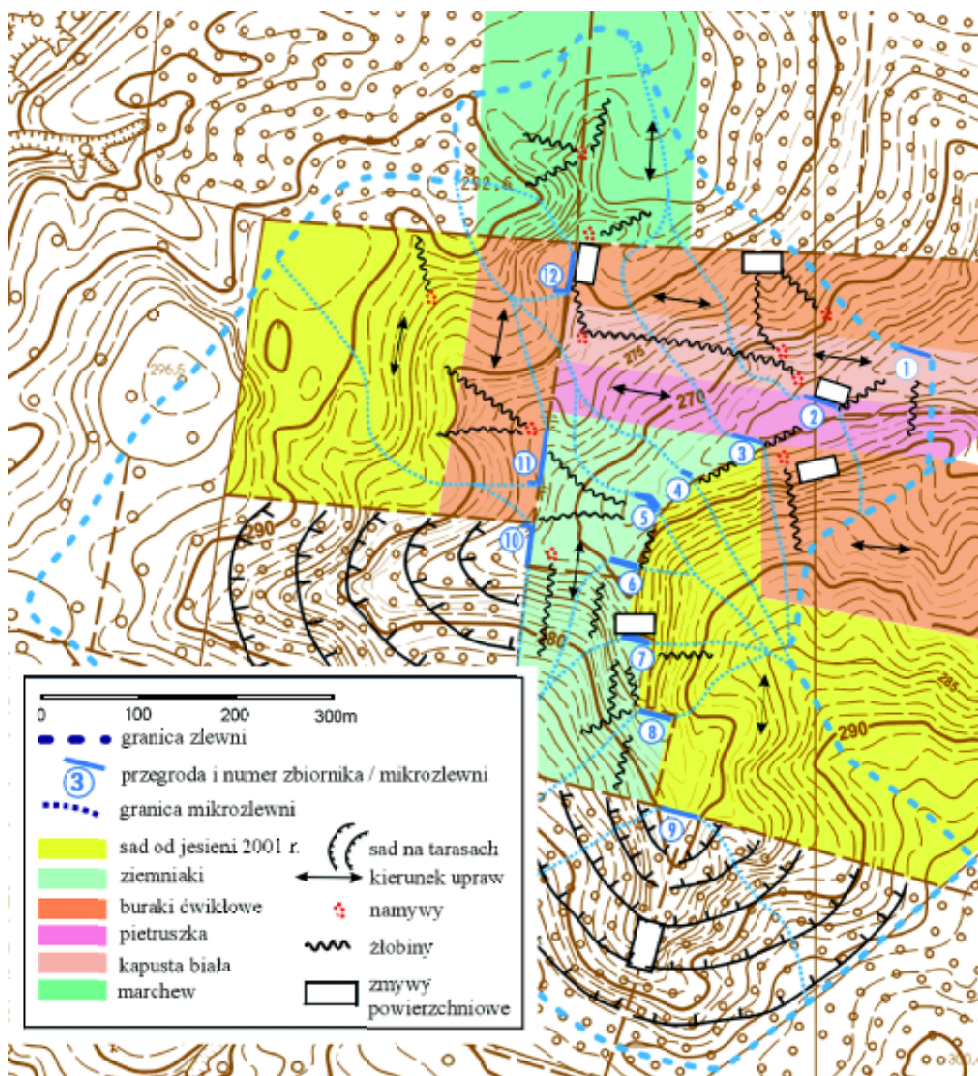
Fot. 1. Przegrody ziemne w linii spływu na terenie gospodarstwa Euro-East w Olszance (fot. własna)

wie płużnej pozostało 14 ha zlewni (rys. 2). W ostatnim roku badań zmiany w strukturze upraw dotyczyły usytuowania upraw polowych oraz stanu zadarnienia sadu założonego w 2001 i 2003 roku (rys. 3).

W okresie badań odnotowano dwa ulewne opady deszczu – 26 maja 2002 r. i 24 lipca 2003 r. oraz jeden deszcz rozlewny – 27 i 28 lipca 2004 roku. Całkowita wielkość i średnie natężenie deszczu z 26 maja 2002 r. wyniosły odpowiednio 43 i $0,44 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Natomiast deszcz z 24 lipca 2003 r. osiągnął wielkość 36 mm, a jego natężenie wyniosło $0,40 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Zarejestrowany dwudniowy deszcz w lipcu 2004 r. miał wielkość 70 mm, ale ze względu na wielogodzinny czas trwania (15 godz.) jego średnie natężenie wyniosło $0,10 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Opady spowodowały zmywy powierzchniowe oraz rozmywy żłobinowe (rys. 1, 2, 3).

W celu określenia natężenia erozji wodnej w omawianej zlewni rejestrowano szkody erozyjne według metodyki opracowanej przez Ma z u r a i P a ł y s a (17). Rozmiar szkód i ich charakter określano po spływach powierzchniowych po „erozyjnych” opadach deszczu. Ponadto na podstawie corocznych pomiarów niwelacyjnych (w listopadzie) określano objętość materiału glebowego zatrzymanego powyżej przegród ziemnych w okresach wegetacyjnych 2002, 2003 i 2004 r.

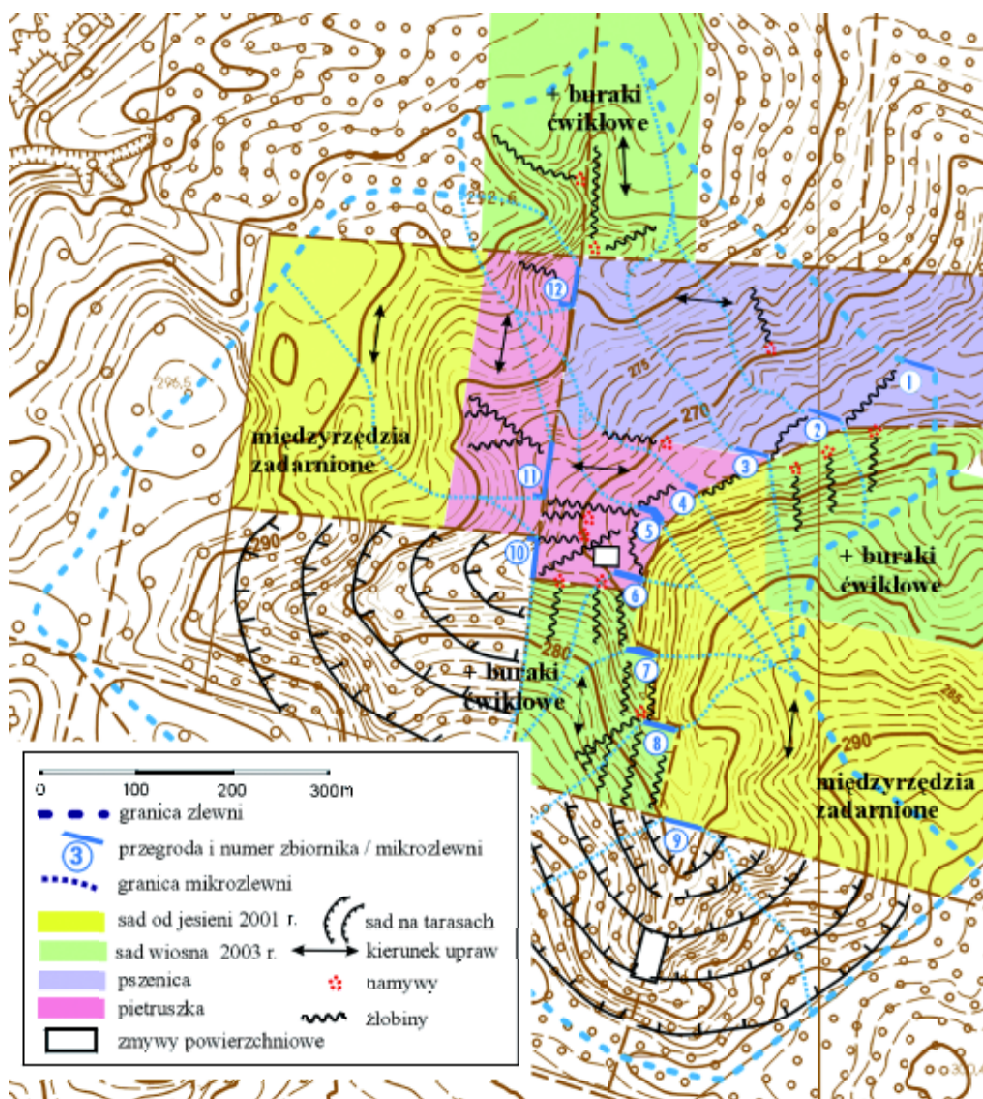
Zarejestrowane w trakcie badań „erozyjne” opady deszczu spowodowały powstanie 123, 367 i 88 żłobin. Po opadzie w maju 2002 r. rozmywy żłobinowe powstały przeważnie w liniach spływu mikrozewni, w częściach będących w uprawie płużnej (rys. 1, fot. 2). W lipcu 2003 r., ze względu na wykorzystanie międzyrzędzi sadu założonego wiosną 2003 r. do uprawy buraka ćwikłowego, 77% wszystkich żłobin powstało właśnie na tych powierzchniach (rys. 2, fot. 3). Łączna objętość gleby wyniesionej przez erozję żłobinową wyniosła po opadzie z 26.05.2002 r. – 278 m^3 ,



Rys. 1. Przegrody ziemne, struktura upraw w 2002 r. i szkody erozyjne po opadzie deszczu z 26.05.2002 r.

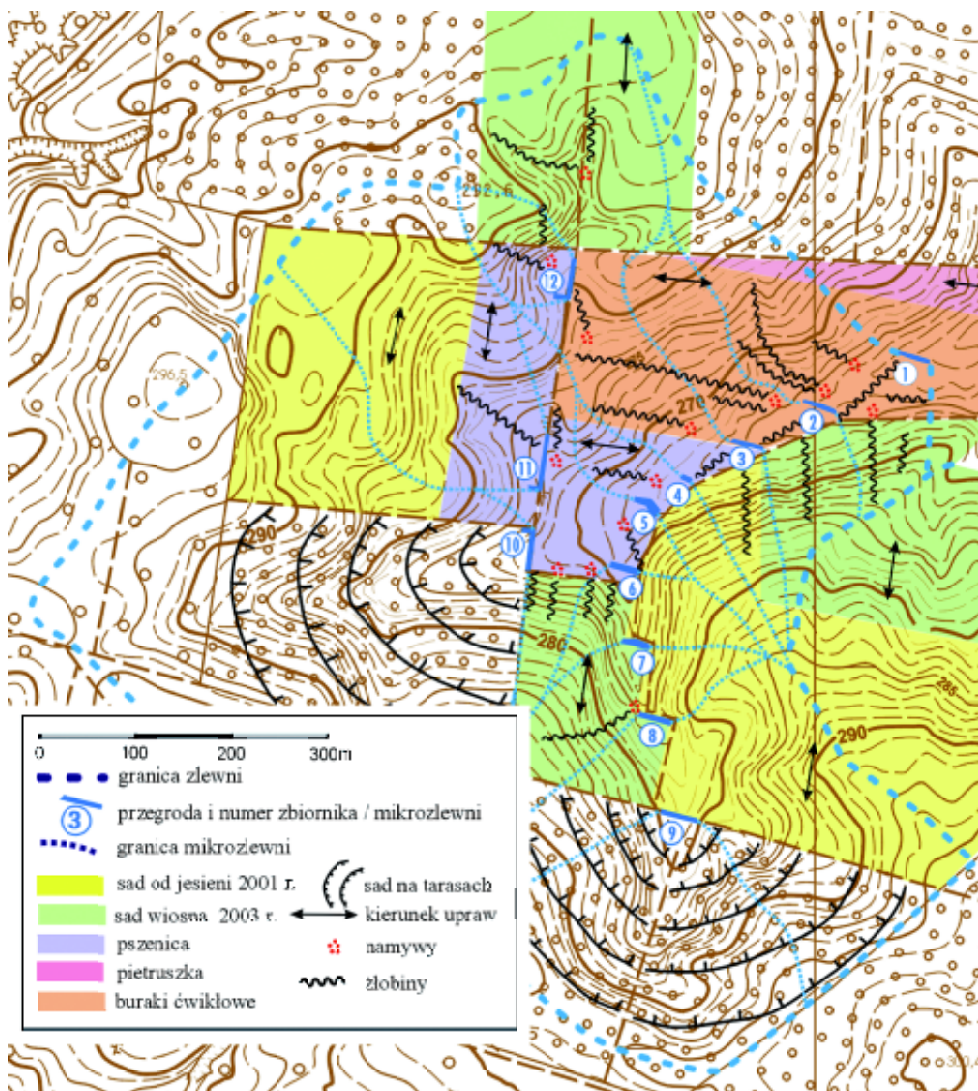
Źródło: M. Patro, 2007 (24).

z 24.07.2003 r. – 406 m³ oraz z 26-27.07.2004 r. – 81 m³ (tab. 1). Podczas badań zarejestrowano również zmywy powierzchniowe w pierwszym i drugim roku badań o objętości odpowiednio 85 i 55 m³ (tab. 1), które wystąpiły na odpowietrznych stronach przegród ziemnych (w tym czasie jeszcze niezadarnionych), poniżej sadu oraz w południowej części mikrozewni 2 (o największym udziale spadków >15%). Średni wskaźnik zmywu gleby w zlewni, określony na podstawie objętości żłobin i zmywów, dla poszczególnych opadów wyniósł ok. 5, 6 i 1 m³ · ha⁻¹.



Rys. 2. Struktura upraw w 2003 r. i szkody erozyjne po opadzie deszczu z 24.07.2003 r.
Źródło: M. Patro, 2007 (24).

U wylotu żłobin, a także poniżej powierzchni ze zmywami zewidencjonowano powierzchnie namulone, których objętość stanowiła odpowiednio 17, 8 i 25% objętości żłobin i zmywu powierzchniowego. Pozostała część wyerodowanego materiału glebowego została osadzona głównie powyżej przegród ziemnych (w czasach zbiorników retencyjnych). W 2002 r. osadziło się 881 m³ materiału glebowego, w 2003 r. – 1559 m³, zaś w 2004 r. – 211 m³ (tab. 1). Ilość osadów we wszystkich zbiornikach była z reguły wielokrotnie większa od objętości form erozyjnych w mikrozlewniach. Rozbieżności te były spowodowane głównie niedoszacowaniem ilości zmywu powierzchniowego.



Rys. 3. Struktura upraw w 2004 r. i szkody erozyjne po opadzie deszczu z 27-28.07.2004 r.
Źródło: M. Patro, 2007 (24).

Przyjmując ilość materiału osadzonego powyżej przegród ziemnych jako całkowitą wielkość erozji w mikrozewniach średni wskaźnik wyrodowania gleby całej zlewni po ulewie w 2002 r. wyniósł: $12 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, w 2003 r. $21 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, zaś w 2004 r. $3 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

W trakcie badań stwierdzono duży wpływ sposobu użytkowania ziemi na występowanie erozji i jej nasilenie. Wraz z ograniczeniem powierzchni ornych i wprowadzeniem na ich miejsce sadów w darni zmniejszyły się procesy zmywania powierzchni gleby. Celowe jest propagowanie tej formy użytkowania gruntów jako jednego z naj-



Fot. 2. Rozmywy żłobinowe na gruntach ornych po opadzie deszczu 26.05.2002 r. (fot. własna)

efektywniejszych sposobów zagospodarowania urzeźbionych terenów lessowych (7, 8, 34, 35).

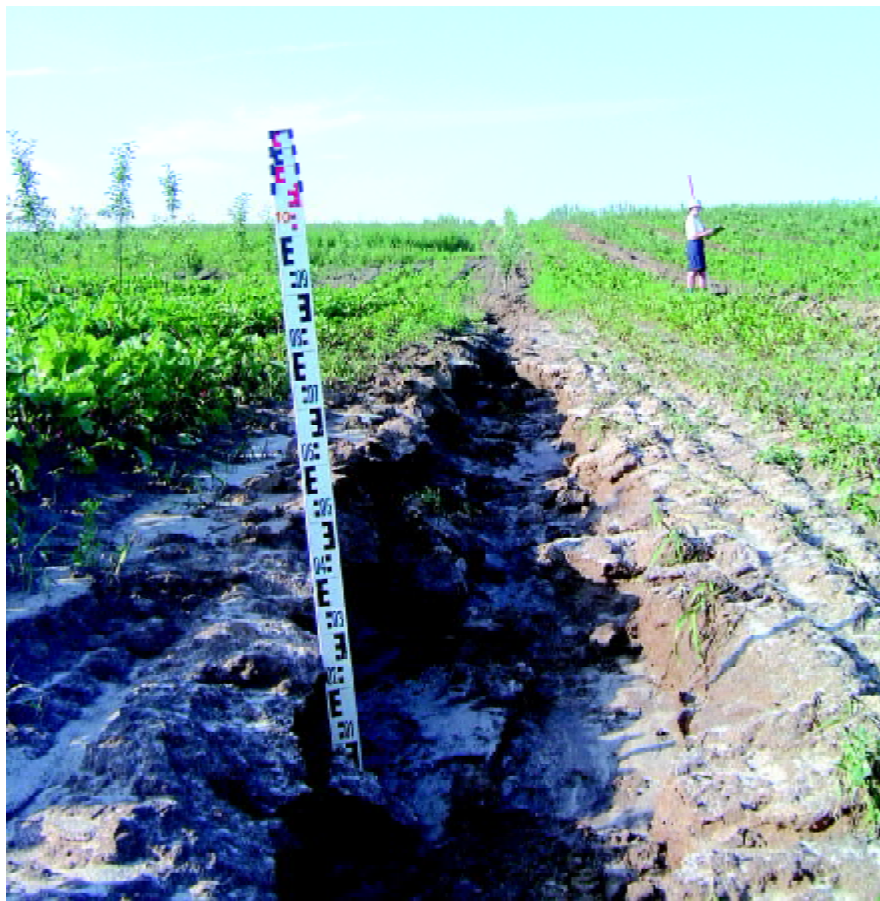
Przegrody ziemne posadowione w liniach spływu zatrzymywały odpływ wyerodowanego materiału glebowego, ale jednym z ich bardzo istotnych działań na terenach rolniczych, szczególnie erodowanych, jest przerywanie ciągłości spływu i retencjonowanie wód powierzchniowych.

Rola przegród ziemnych w retencjonowaniu wód powierzchniowych

W ramach badań odnośnie funkcji przegród ziemnych w linii spływu w ograniczaniu erozji wodnej dokonano analizy możliwości retencjonowania wody w zbiornikach powstałych powyżej tych przegród (24, 26).

Podczas badań czynnikiem ograniczającym retencję spływu wód powierzchniowych było zmniejszanie się pojemności zbiorników w wyniku kolmatacji w ich czaszach materiału glebowego wynoszonego z mikrozewni. Możliwości retencjonowania wód powierzchniowych były bardzo zróżnicowane w czasie i w poszczególnych zbiornikach (tab. 2).

Całkowita pojemność wszystkich zbiorników wyniosła 3466 m³ w okresie wegetacyjnym 2002 r., 4322 m³ w 2003 r. i 3746 m³ w 2004 r. (tab. 2). W wyniku przemieszczania materiału glebowego i jego osadzania powyżej przegród ziemnych pojemność ta zmniejszyła się o 25% w 2002 r., 36% w 2003 r. i 6% w ostatnim roku badań (tab. 2).



Fot. 3. Rozmywy żłobinowe po opadzie w lipcu 2003 r. w sadzie założonym wiosną 2003 r. z uprawą buraka ćwikłowego w międzyrzędziach (fot. własna)

W drugim roku badań (2003 r.), pomimo dużej intensywności procesów erozyjnych w mikrozlewniach (prawie 2 razy więcej osadów w zbiornikach niż w 2002 r.), objętość wody zatrzymanej powyżej wszystkich przegród była o 7% większa niż rok wcześniej (tab. 2). Wynikało to z większej o 25% pojemności początkowej zbiorników (tab. 2). W okresie wegetacyjnym 2004 r. ze względu na duże zmiany w strukturze użytkowania (zmniejszenie gruntów ornych o połowę w stosunku do roku 2002 na korzyść sadów w darni) zbiorniki charakteryzowały się największą zdolnością retencjonowania wody (94% pojemności wszystkich zbiorników); (tab. 2, fot. 4).

Pojemność retencji wodnej zbiorników była od 1,8 do 17 razy większa niż objętość zatrzymanych w nich osadów w poszczególnych okresach wegetacyjnych. Uwzględniając zakolmatowanie zbiorników, ich zdolność retencyjna wynosiła od 3,5 do 4,8 mm w przeliczeniu na powierzchnię.

W ramach badań wykonanych w latach 2001–2004 przeprowadzono także ocenę jakościową wód zretencjonowanych powyżej przegród ziemnych (24). Badania wy-

Tabela 1

Wielkości szkód erozyjnych po spływach w poszczególnych mikrozelewniach

Mikrozelewnia	Okres wegetacyjny 2002				Okres wegetacyjny 2003				Okres wegetacyjny 2004		
	26.05.2002			namywy w zbiorniku	24.07.2003			namywy w zbiorniku	26-27.07.2004		namywy w zbiorniku
	żłobiny	zmywy	namywy poza zbiornikiem		żłobiny	zmywy	namywy poza zbiornikiem		żłobiny	namywy poza zbiornikiem	
m ³											
1.	148,9	34,0	35,0	151	5,8	-	1,2	85	18,5	5,4	53
2.	18,0	15,0	2,5	98	59,2	-	8,4	93	20,3	5,0	52
3.	38,9	18,0	13,0	105	50,6	-	9,5	203	8,3	1,4	16
4.	-	-	-	84	7,7	-	-	123	0,4	0,3	19
5.	33,6	-	2,5	50	45,7	45,0	13,0	206	11,4	4,0	15
6.	4,9	12,0	-	66	30,8	-	3,0	196	4,5	0,3	11
7.	15,0	-	-	81	53,9	-	0,5	164	7,1	2,5	14
8.	7,9	-	-	79	54,6	-	-	167	-	-	-
9.	-	6,0	-	10	-	10,0	-	13	-	-	-
10.	-	-	-	20	-	-	-	36	-	-	-
11.	10,6	-	7,7	n.o.	96,4	-	-	84	8,9	-	31
12.	-	-	-	137	1,7	-	-	189	1,2	1,0	-
Σ	277,8	85,0	60,7	881	406,4	55,0	35,6	1559	80,6	19,9	211,0

Źródło: M. Patro, 2007 (24).

branych wskaźników jakości wody wykazały, że w większości terminów badań ich jakość nie odpowiadała normom. Wskaźnikami, które w znacznym stopniu obniżały jakość gromadzonej wody były przede wszystkim fosforany, ale także potas, żelazo, azotyny oraz ChZT i pH. W mniejszym stopniu o pogorszeniu jakości decydowały BZT₅, azotany i amoniak.

Przegrody ziemne posadowione w liniach spływu w gospodarstwie Euro-East w Olszance utworzyły system „kaskadowych” zbiorników o pojemności retencyjnej do kilkuset m³ każdy. Według badań nad oddziaływaniem zbiorników i oczek wodnych na ekosystem terenów rolniczych korzystniejsze są obiekty małe i rozproszone w terenie (9, 11, 13, 15, 19). Ponadto badania nad czynnikami kształtującymi chemizm wód zbiorników śródpolnych (2, 10, 12, 31) potwierdzają znaczenie tych akwenów jako barier dla spływającej materii organicznej i mineralnej, co ma istotne znaczenie w ochronie jakości wód.

Podsumowanie

Literatura erozyjna bardzo obszernie opisuje problematykę zagrożenia i ochrony gleb przed erozją wodną (3, 5, 14, 18, 27, 28, 30, 34, 35), jednak widoczny jest brak

Tabela 2

Zdolności retencjonowania wody w poszczególnych zbiornikach (24, 26)

Zbiornik	Okres wegetacyjny 2002 r.			Okres wegetacyjny 2003 r.			Okres wegetacyjny 2004 r.		
	maksymalna pojemność zbiornika $V_{\max}$	objętość osadów V_n	zdolność retencjonowania wody $V_{\max} - V_n$	maksymalna pojemność zbiornika $V_{\max}$	objętość osadów V_n	zdolność retencjonowania wody $V_{\max} - V_n$	maksymalna pojemność zbiornika $V_{\max}$	objętość osadów V_n	zdolność retencjonowania wody $V_{\max} - V_n$
	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
1	259	151	108	384	85	299	300	53	247
2	210	98	112	102	93	9	214	52	162
3	154	105	49	210	203	7	335	16	319
4	166	84	82	144	123	21	114	19	95
5	136	50	86	276	206	70	290	15	275
6	325	66	259	386	196	190	228	11	217
7	337	81	256	517	164	353	375	14	361
8	313	79	234	426	167	259	382	-	382
9	273	10	263	264	13	251	251	-	251
10	553	20	533	523	36	487	511	-	511
11	n. o.	n. o.	n. o.	406	84	322	299	31	268
12	740	137	603	684	189	495	447	-	447
	3466	881	2585	4322	1559	2763	3746	211	3535

Źródło: M. Patro 2007 (24), M. Patro, 2010 (26).

badan na temat zabudowy okresowych linii spływu w zlewniach rolniczych. Rozwiązanie polegające na posadowieniu przegród ziemnych w liniach spływu, dzięki którym następowałoby zmniejszanie natężenia erozji wodnej oraz zatrzymywanie jej produktów i spływającej wody zastosowano na terenie gospodarstwa Euro-East w Olszance. Wyniki badań przeprowadzonych w latach 2001–2004 wykazały skuteczność przegród ziemnych w linii spływu w ograniczaniu skutków erozji wodnej – przerywanie ciągłości i zmniejszanie prędkości spływu wody oraz zatrzymywanie wyerodowanego materiału glebowego. Przegrody umożliwiają także retencjonowanie wód powierzchniowych, co zwiększa zasoby wodne zlewni i przyczynia się do obniżania zanieczyszczenia zbiorników magazynujących takie wody w terenach rolniczych. Ponadto ze względu na materiał z jakiego wykonane są przegrody oraz miejsca ich usytuowania są dobrze komponującym się elementem krajobrazu.



Fot. 4. Zbiornik nr 9 o ponad 95-procentowej zdolności retencjonowania spływów powierzchniowych w okresie wegetacyjnym w 2004 r. (fot. własna)

Literatura

1. Chomicz K.: Przebieg, rozmieszczenie i częstotliwość deszczów nawalnych w Polsce. Gosp. Wodna, 1951, **7-8**: 262-265.
2. Fiedler M.: Zmienność zawartości różnych form azotu w wodzie śródpolnego oczka wodnego. Acta Sci. Pol., Formatio Circumietus, 2004, **3(1)**: 95-100.
3. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: Ochrona gruntów przed erozją. IUNG, Puławy, 1999.
4. Józefaciuk Cz.: Rekultywacja i melioracje przeciwoerozyjne gruntów obiektu Olszanka-Zakład Ogrodniczy PPGR Żułów. Projekt techniczny, Projekt ST-TITR w Lublinie, Puławy, 1977.
5. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A.: Erozja i melioracje przeciwoerozyjne. PIOŚ, Warszawa, 1996.
6. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A.: Ocena wpływu systemów użytkowania gruntów na nasilenie erozji wodnej w obiekcie Olszanka. W: Ochrona agroekosystemów zagrożonych erozją. Ogólnopolskie Symp. Nauk., Puławy, 1996, **1**: 245-258.
7. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A., Nowocien E., Rubaj J.: Ocena sadowniczego zagospodarowania silnie urzeźbionych gruntów lessowych na przykładzie obiektu Olszanka. W: Ochrona agroekosystemów zagrożonych erozją. Ogólnopolskie Symp. Nauk., Puławy, 1996, **1**: 229-243.
8. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A., Wojdała L.: Sadownicze zagospodarowanie jako jeden z systemów melioracji przeciwoerozyjnych. Wyd. IUNG Puławy, 1983.
9. Kasprzak K.: Ekologiczne znaczenie małych wód powierzchniowych dla otaczających ekosystemów lądowych. Gosp. Wodna, 1985, **4**: 84-85.

10. Kędziora A., Juszcza R.: Ekosystemy wodne obszarów wiejskich. *Post. Nauk Rol.*, 2005, **3**: 87-105.
11. Koc J., Cymes I., Skwierawski A., Szyperek U.: Znaczenie ochrony małych zbiorników wodnych w krajobrazie rolniczym. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2001, **476**: 397-407.
12. Koc J., Nowicki Z.: Czynniki kształtujące chemizm wód oczek w środowisku rolniczym. W: *Przyrodnicze i techniczne problemy ochrony i kształtowania środowiska rolniczego*. Ogólnopolska Konf. Nauk., Wyd. AR, Poznań, 1997, 91-97.
13. Kosturkiewicz A., Fiedler M.: Związki stanów wody w śródpolnych oczkach wodnych ze stanami wód gruntowych. *Zesz. Nauk. PAN, Geoekosystem Obszarów Leśnych*, 1993, **6**: 115-121.
14. Kosturkiewicz A., Szafranski Cz., Fiedler M.: Agromelioracje jako czynnik ograniczający erozję wodną gleb terenów bogato rzeźbionych. *Rocz. AR Poznań, Melior. Inż. Środ.*, 1994, **266(14)**: 281-293.
15. Kowalewski Z.: Wpływ retencjonowania wód powierzchniowych na bilans wodny małych zlewni rolniczych. *Woda – Środowisko – Obszary wiejskie*. Wyd. IMUZ Falenty, Rozpr. Nauk. i Monografie, 2003, **6**.
16. Kowalski D., Rubaj J., Widomski M.: Metoda wyznaczania lokalizacji przegród piętrzących wody opadowe w warunkach obiektu „Olszanka”. *Acta Agrophysica*, 2005, **5(2)**: 315-325.
17. Mazur Z., Pałys S.: Natężenie erozji wodnej w małych zlewniach terenów lessowych Wyżyny Lubelskiej w latach 1986–1990. W: *Erozja gleb i jej zapobieganie*. Wyd. AR Lublin, 1991, 63-78.
18. Mazur Z., Pałys S., Węgorzek T.: Ocena biotechnicznej zabudowy wąwozu w Węglinku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1985, **311**: 169-183.
19. Mioduszecki W.: Małe zbiorniki wodne. Wyd. IMUZ Falenty, 2006.
20. Olszta W., Kowalski D. (red.): Zintegrowany system zabezpieczeń przeciwoerozyjnych i ochrony wód terenów wyżynnych intensywnie użytkowanych rolniczo. *Acta Agrophysica, Rozprawy i Monografie*, 2005, **121**.
21. Orlik T.: Zadania agrotechniki jako metody przeciwdziałania degradacji gleb na obszarach erodowanych. *Bibl. Fragm. Agron.*, 1998, **4A**, 315-337.
22. Pałys S.: Wpływ użytkowania na natężenie erozji wodnej gleb w małych zlewniach lessowych na Wyżynie Lubelskiej. W: *Ochrona agroekosystemów zagrożonych erozją*. Ogólnopolskie Symp. Nauk., Puławy, 1996, **1**: 75-84.
23. Patro M.: Jakość wód w małych zbiornikach wodnych w zlewni rolniczej. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Inżynieria Środowiska XIII*, 2004, **502**: 381-389.
24. Patro M.: Przegrody ziemne linii ciekowej jako element kształtowania retencji i ochrony przed erozją. Praca doktorska (maszynopis), AR Lublin, 2007.
25. Patro M.: Influence of in-field retention reservoirs on soil outflow from a catchment. *Ann. Warsaw Univ. Life Sci. – SGGW, Land Reclam.*, 2008, **39**: 103-109.
26. Patro M.: Znaczenie śródpolnych zbiorników w retencjonowaniu wody w zlewni rolniczej. *Wiad. Mel. Łąk.*, 2010, **2**: 76-78.
27. Prochal P.: Melioracje przeciwoerozyjne. Zakł. Graf. Polit. Krakowskiej, 1984.
28. Prochal P., Maślanka K., Koreleski K.: Ochrona środowiska przed erozją wodną. Wyd. AR Kraków, 2005.
29. Rubaj J.: Sposób zabezpieczenia gruntów przed erozją wodną powierzchniową i wąwozową i urządzenie do zabezpieczania gruntów przed erozją wodną powierzchniową i wąwozową. Patent nr P.345788, 2004.
30. Ryszkowski L.: Przeciwoerozyjne działania na obszarach wiejskich. *Rocz. AR Poznań, Melior. Inż. Środ.*, 1994, **266(14)**: 75-87.
31. Szyperek U.: Rola oczek wodnych jako bariery biogeochemicznej dla spływów wapnia i magnezu ze środowiska rolniczego. *J. Elementol.*, 2005, **10(4)**: 1083-1090.
32. Zgłobicki W.: Dynamika współczesnych procesów denudacyjnych w północno-zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. Wyd. UMCS, Lublin, 2002.

33. Zi e m n i c k i S.: Zasięgi erozji wodnej gleb w południowej części województwa lubelskiego. *Folia Soc. Scient. Lubl.*, 1964, B,**3/4**: 21-32.
34. Zi e m n i c k i S.: Melioracje przeciwerozylne. PWRiL Warszawa, 1968.
35. Zi e m n i c k i S.: Ochrona gleb przed erozją. PWRiL Warszawa, 1978.

Adres do korespondencji:

dr Magdalena Patro
Katedra Melioracji i Budownictwa Rolniczego
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Leszczyńskiego 7
20-069 Lublin
tel.: (81) 524-81028
e-mail: magdalenapatro@wp.pl

Jacek M. Pijanowski

*Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie
Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego*

Markus Wildisen

Federalny Urząd ds. Rolnictwa w Szwajcarii

OCHRONA GRUNTÓW W RAMACH KOMPLEKSOWEGO URZĄDZANIA OBSZARÓW WIEJSKICH W SZWAJCARII

Wprowadzenie

Szwajcaria to kraj przywiązany do tradycji i do spuścizny wielopokoleniowej kultury rolnej, szczególnie mocno kultywowanej na terenach alpejskich. Użytki rolne zajmują w tym kraju około 25% powierzchni, a dominującą formą użytkowania są łąki i pastwiska (ok. 14%). W strukturze agrarnej dominują gospodarstwa rodzinne o powierzchni od 10 do 20 ha (średnio 16,2 ha). Ponad 80% wartości produkcji rolnej dostarcza hodowla. Na terenach alpejskich rozwinięta jest głównie hodowla bydła o kierunku mlecznym oraz owiec – w wyższych piętrach Alp i na terenie Jury. Natomiast na terenach nizinnych hodowla obejmuje przede wszystkim trzodę chlewną oraz drób. Produkcja roślinna Szwajcarii to głównie uprawa zbóż, ziemniaka i buraka. Istotną rolę odgrywa również sadownictwo oraz uprawa winorośli.

Bardzo ważnym elementem polityki rolnej w Szwajcarii jest polityka strukturalna państwa na obszarach wiejskich. Jej podstawowy instrument to kompleksowe zarządzanie obszarów wiejskich¹, które stanowi ramy („nośnik”) praktycznie dla wszystkich inwestycji realizowanych na obszarach wiejskich i obejmuje główne następujące elementy:

- scalenia i wymiany gruntów rolnych – kompleksowe kształtowanie struktury przestrzennej rolniczej przestrzeni produkcyjnej;
- wymiany i regulacje gruntów na terenach wiejskich jednostek osadniczych oraz przygotowanie terenów budowlanych i inwestycyjnych (również, jeśli chodzi o pełną infrastrukturę techniczną i społeczną);
- szeroko rozumiane działania ochronne na terenach wiejskich i w wyższych partiach Alp;

¹ Gesamtmelioration, do lat 70. XX w. – Melioration.

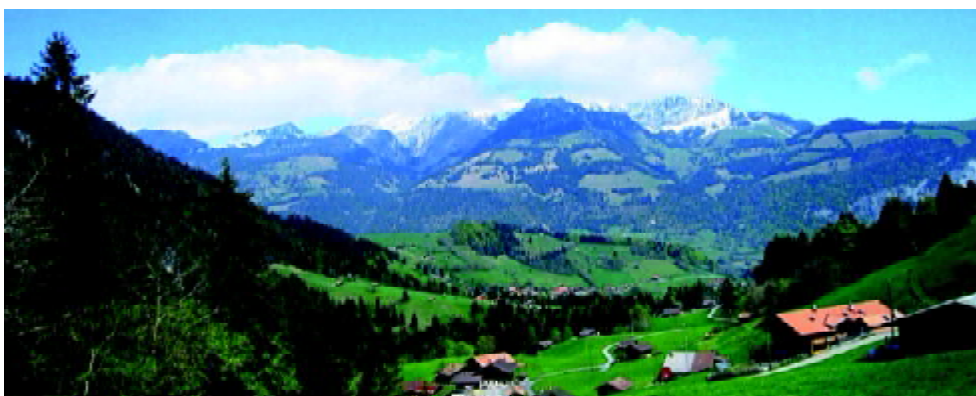
- realizacja pełnej infrastruktury rolniczej (w tym niektóre inwestycje z zakresu melioracji wodnych oraz typowe dla terenów alpejskich linowe kolejki towarowe);
- ochrona krajobrazu naturalnego i kulturowego.

Bardzo ważne miejsce posiada przy tym ochrona gruntów. Jak powszechnie wiadomo Szwajcaria ma bardzo ograniczone możliwości powiększania powierzchni rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Areal ten leży też globalnie rzecz biorąc daleko poniżej średniej europejskiej. W dużej mierze dlatego ochrona gruntów jest w tym kraju niezwykle istotna.

W ramach kompleksowego zarządzania obszarów wiejskich szczególną uwagę poświęca się właściwemu kierunkowi upraw na polach, tak aby nie powodowały one erozji. Drugim bardzo ważnym aspektem jest maksymalizacja retencji poprzez właściwe urządzenia melioracyjne. Równolegle projektuje się pasy zieleni oraz zakrzaczenia śródpolne, jak również intensywnie realizowana jest renaturyzacja cieków, podnosząca absorpcję retencyjną zlewni. Ważną rolę odgrywają również położenie oraz parametry techniczne dróg transportu rolnego.

Podstawa prawna dla ochrony gruntów w Szwajcarii powstała dopiero po uchwaleniu w 1983 roku Ustawy federalnej o ochronie środowiska². Od tego czasu jest to zagadnienie o rosnącym znaczeniu politycznym, cieszące się równocześnie dużym poparciem społecznym.

Wcześniej ochrona gruntów rozumiana była w Szwajcarii głównie jako ochrona przed erozją wodną i wietrzną za pomocą instrumentów dostosowanych do topografii danego obszaru.



Fot. 1. Idylliczny krajobraz wyżyny berneńskiej, gmina Oey Diemtigen (fot. J. M. Pijanowski, 2009 r.)

² Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG) vom 7. Oktober 1983 (Stand am 1. Oktober 2009); (SR 814.01).

Jednostki administracji odpowiedzialne za ochronę gruntów w Szwajcarii

Na poziomie Państwa za ochronę gruntów odpowiada Federalny Urząd ds. Środowiska³. Urząd ten realizuje zadania wynikające z art. 7, 33 i 35 Ustawy federalnej o ochronie środowiska oraz zadania nałożone przez rozporządzenia: o obciążeniach gleby⁴, o odpadach⁵, o rekultywacji⁶ oraz o lasach⁷.

Federalny Urząd ds. Środowiska jest odpowiedzialny za:

- zrównoważone użytkowanie zasobów naturalnych, w tym gleb, wód, powietrza i lasów;
- ochronę ludności przed zagrożeniami naturalnymi;
- bioróżnorodność oraz
- międzynarodową politykę środowiskową.

Zgodnie z dokumentami strategicznymi Federalnego Departamentu ds. Środowiska, Transportu, Energii i Komunikacji⁸ Federalny Urząd ds. Środowiska realizuje m.in. ważny strategicznie cel Szwajcarii, jakim jest aktywna ochrona i zrównoważone użytkowanie gruntów. Chodzi tu o następujące cele (grupy celów):

- ochrona gruntów przed zanieczyszczeniami;
- ochrona gleb użytkowanych rolniczo przed erozją oraz nadmiernym zagęszczeniem gleb;
- ochrona gruntów rolnych najlepszych klas przed zmianą użytkowania na nierolnicze;
- ochrona gruntów (przestrzenie otwarte) przed nieuzasadnioną zabudową lub zainwestowaniem.

Powyższe cztery grupy celów realizowane są zwykle w ramach kompleksowego zarządzania obszarów wiejskich. Za realizację trzech ostatnich odpowiada Wydział Ekologii w Federalnym Urzędzie ds. Rolnictwa⁹, współpracując w tym zakresie z kantonalnymi urzędami ds. rolnictwa oraz ds. kompleksowego zarządzania obszarów wiejskich.

Ważnym zadaniem Federalnego Urzędu ds. Środowiska oraz Federalnego Urzędu ds. Rolnictwa jest opracowanie i wdrażanie długofalowych celów środowiskowych szwajcarskiego rolnictwa¹⁰. Zgodnie z tym dokumentem Szwajcaria realizuje następujące cele dotyczące ochrony gruntów użytkowanych rolniczo:

- zapobieganie pogarszaniu się żyzności gleb i ich zanieczyszczeniu;

³ Bundesamt für Umwelt (BAFU).

⁴ Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens (VBBo) (SR 814.12).

⁵ Technische Verordnung vom 10. Dezember 1990 über Abfälle (TVA) (SR 814.600).

⁶ Verordnung vom 26. August 1998 über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung, AltIV) (SR 814.680).

⁷ Verordnung vom 30. November 1992 über den Wald (Waldverordnung, WaV) (SR 921.01).

⁸ Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

⁹ Bundesamt für Landwirtschaft (BLW).

¹⁰ Aeschbacher S., Klaus G.(red.) i in., 2008. Umweltziele Landwirtschaft. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bundesamt für Landwirtschaft (BLW). Berno.



Fot. 2. Renaturyzacja cieków (BLW, 2009 r.)

- zapobieganie erozji gleb w następujących trzech kontekstach:
 - nieprzekraczanie wskaźników erozyjnych oraz minimalizacja wymywania gleb w kierunku doliny,
 - ochrona żyzności gleb na terenach zagrożonych erozją,
 - zahamowanie zanieczyszczania cieków naturalnych i innych terenów chronionych szkodliwymi substancjami wymywanymi z terenów użytkowanych rolniczo;
- zapobieganie zagęszczaniu gruntów, jako zagrożeniu dla żyzności gleb.

Pozostałe cele środowiskowe szwajcarskiego rolnictwa to: ochrona bioróżnorodności i krajobrazu, ochrona klimatu i powietrza oraz ochrona wód.

Gospodarowanie wodami gruntowymi w rolniczej przestrzeni produkcyjnej

Dobrze zdrenowane (odwodnione) tereny użytkowane rolniczo redukują spływ powierzchniowy wód opadowych i podnoszą zdolność retencyjną rolniczej przestrzeni produkcyjnej.

Zgodnie z danymi za 2010 r. w Szwajcarii zdrenowanych jest w sumie 192 000 ha, co stanowi 4,7% powierzchni kraju lub 18,1% powierzchni rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Największe obszary zdrenowane znajdują się w kantonach Vaud, Berno, Zurych, Fryburg, Sankt Gallen, Aargau i Thurgau. W każdym z tych kantonów przekraczają one po 10 000 ha. Tereny te stanowią w sumie 75% zdrenowanej powierzchni

kraju. Należy zaznaczyć, że obecna sieć drenarska Szwajcarii wykonana została w absolutnej większości do końca lat 80. XX w. Uchodzi ona za praktycznie ukończoną, a działania z zakresu odwodnień gruntów rolnych obejmują obecnie głównie utrzymanie i eksploatację istniejących urządzeń¹¹.

Podobnie jak w Polsce działania z zakresu gospodarowania wodami gruntowymi w rolniczej przestrzeni produkcyjnej obejmują urządzenia melioracji podstawowych i szczegółowych. Istotne są głównie dreny (zbieracze i sączki), różne rodzaje orki oraz fitomelioracje. Jednak w odróżnieniu od Polski inwestycje te są realizowane zawsze w ramach większej całości, jaką jest projekt kompleksowego zarządzania danej wsi (gminy).

Od II Wojny Światowej do połowy lat 80. XX w. działania z zakresu gospodarowania wodami gruntowymi w rolniczej przestrzeni produkcyjnej miały za zadanie podniesienie zdolności produkcyjnej gleby i towarzyszyły procesowi scalania gruntów oraz budowie dróg rolniczych. Obecnie stanowią one istotny element kompleksowego zarządzania obszarów wiejskich, realizując dwa podstawowe zadania ochronne:

- redukcja wymywania składników odżywczych z gleby do wód powierzchniowych oraz
- renaturyzacja cieków i poprawa retencji.

Cele te realizuje się w ramach kompleksowego zarządzania obszarów wiejskich poprzez:

- odpowiedni układ gruntów rolnych i dróg dojazdowych do pól:
 - układ gruntów ma znaczący wpływ na:
 - kierunek spływu powierzchniowego i erozję,
 - wielkość spływających mas wodnych oraz
 - rodzaj oraz kierunek upraw i dlatego powinien on być dopasowany do spadków, właściwości gleb oraz wymogów zrównoważonego prowadzenia upraw;
 - drogi dojazdowe do pól powinny być tak zaplanowane, aby:
 - umożliwiały kierunek upraw minimalizujący odpływ i erozję,
 - właściwie kumulowały spływ powierzchniowy z pól,
 - spełniały równocześnie funkcję odwadniającą z kontrolowaną kumulacją odpływu.
- kształtowanie zboczy i terenów przyległych:
 - zakładanie upraw tarasowych oraz tworzenie nasypów i niecek,
 - tworzenie zakrzaczeń i zadrzewień wzdłuż cieków w kombinacji ze strefami ochronnymi (min. 3 m szerokości),
 - wysokie miedze, zakrzaczenia śródpolne i strefy ochronne,
 - małe zbiorniki retencyjne.
- poprawa właściwości gleby:
 - odprowadzanie wód powierzchniowych z wykorzystaniem filtrów gruntowych,

¹¹ Béguin J., Smola S., 2010. Stand der Drainagen in der Schweiz. Bundesamt für Landwirtschaft BLW. Bern.

- spulchnianie gleby dla zwiększenia pojemności gleby oraz likwidacji jej zagęszczenia,
- odprowadzanie wód za pomocą drenaży (tylko w wyjątkowych przypadkach).
- zapobieganie erozji korytovej
- prewencyjne zwalczanie erozji poprzez zmniejszanie przepływu dzięki:
 - tworzeniu naturalnych rozlewisk wzdłuż cieków,
 - unikaniu skoncentrowanego odpływu poprzez zbieranie, odprowadzanie i stymulowanie wsiąkania wody przez filtry gruntowe;
- zabudowa obszarów skoncentrowanego przepływu głównie progami zwalniającymi prędkość przepływu.

Z powyższego wynika, iż w Szwajcarii ochrona gruntów realizowana jest w sposób kompleksowy, tzn. w koordynacji z innymi celami ochrony i rozwoju oraz inwestycjami na rzecz poprawy strukturalnej danej wsi (gminy).

Wytyczne ochrony gruntów dla Szwajcarii określają 10 zasad w zakresie ochrony gruntów w perspektywie roku 2017¹²:

- Warunkiem odpowiedzialnego obchodzenia się z gruntami jest wiedza o ich centralnej pozycji w przyrodzie i o ich wrażliwości na oddziaływania zewnętrzne.



Fot. 3. Przykład erozji wodnej na polach uprawnych w okolicach Frienisberg (Kanton Berno);
(fot. V. Prasuhn, 2007 r.)

¹² Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK, Bundesamt für Umwelt BAFU (Abteilung Stoffe, Boden, Biotechnologie), 2007 Bodenschutz Schweiz - Ein Leitbild. Berno.

- Żyzna gleba musi być – niezależnie od użytkowania – chroniona przed obciążeniami chemicznymi, biologicznymi i fizycznymi.
- Efektywna i korzystna ekonomicznie ochrona gruntów wymaga skoordynowanej i nierzadko długotrwałej obserwacji zachodzących w niej zjawisk.
- Gleba pełni w przyrodzie ważną rolę, dlatego powinna być użytkowana w sposób zrównoważony i oszczędny, chodzi głównie o jej powierzchnię, ilość i jakość.
- Grunty zdegradowane powinny być niezwłocznie poddane rekultywacji.
- Tereny otwarte są podobnie jak woda, powietrze i lasy dobrem wspólnym, podlegającym wprowadzie danemu użytkownikowi, ale nie mogącym podlegać dewastacji. Dlatego użytkownik winien być współodpowiedzialny za ochronę gruntów.
- Zrównoważona ochrona gruntów wymaga odpowiedniego zaplecza finansowego i organizacyjnego.
- Grunty muszą być chronione przez wiele osób (publicznych i prywatnych), ale należy przy tym unikać podwójnego finansowania.
- Szczególnie ważnymi partnerami ochrony gruntów są planowanie przestrzenne, rolnictwo i leśnictwo. Należy zintensyfikować współpracę między nimi.

Warto wspomnieć również o istotnym aspekcie ochrony gruntów w Szwajcarii, mianowicie o ochronie gruntów przy realizacji zamierzeń budowlanych.

Przy realizacji dużych prac budowlanych urzędowo wymagany jest od kilku lat udział gleboznawców, specjalnie wyszkolonych fachowców spełniających funkcję doradcy względem inwestora.

W przypadku mniejszych budów odpowiedzialność za ochronę gruntów podzielona jest między planistów wyznaczających tereny budowlane oraz kierownika budowy.

Ochrona gruntów przy realizacji zamierzeń budowlanych ma w Szwajcarii wymiar szczególnie, z uwagi na ustawowy nakaz ochrony zasobów ziemi. Jest to związane z faktem, iż Szwajcaria dopuściła po II Wojnie Światowej do zabudowy powierzchni większej niż w całej wcześniejszej historii.

Podsumowanie

Polska jako kraj członkowski Unii Europejskiej coraz mocniej upodabnia swe działania realizowane na rolniczej przestrzeni produkcyjnej do wzorców stosowanych w państwach tzw. „starej” Unii, gdzie – podobnie jak w Szwajcarii – odchodzi się od nowych inwestycji na rzecz odwadniania rolniczej przestrzeni produkcyjnej, przeznaczając tereny nadmiernie uwilgotnione na cele ochronne.

W odróżnieniu od Polski odbywa się to jednak w ramach kompleksowych prac na rzecz poprawy struktur rolniczej przestrzeni produkcyjnej.

Doświadczenia powodzi z czerwca 2010 r. w Polsce wskazują, w świetle przedstawionych w artykule doświadczeń szwajcarskich, na konieczność podjęcia radykalnych działań na rzecz poprawy bilansu wodnego zlewni i mikrozelewni przy uwzględ-

nieniu szerokiego spektrum możliwości poprawy retencyjności rolniczej przestrzeni produkcyjnej.

Literatura

1. Aeschbacher S., Klaus G. (red.) i in.: Umweltziele Landwirtschaft. Bundesamt für Umwelt (BAFU). Bundesamt für Landwirtschaft (BLW). Bern, 2008.
2. Béguin J., Smola S.: Stand der Drainagen in der Schweiz. Bundesamt für Landwirtschaft BLW. Bern, 2010.
3. Rozporządzenie techniczne z dnia 10 grudnia 1990 roku o odpadach (Technische Verordnung vom 10. Dezember 1990 über Abfälle, SR 814.600).
4. Rozporządzenie z dnia 30 listopada 1992 roku o lasach (Verordnung vom 30. November 1992 über den Wald, SR 921.01).
5. Rozporządzenie z dnia 1 czerwca 1998 roku o obciążaniu gleby (Verordnung vom 1. Juli 1998 über Belastungen des Bodens, SR 814.12).
6. Rozporządzenie z dnia 26 sierpnia 1998 roku o rekultywacji (Verordnung vom 26. August 1998 über die Sanierung von belasteten Standorten, SR 814.680).
7. Ustawa federalna o ochronie środowiska z dnia 7 października 1983 roku (Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983, SR 814.01, Stand am 1. Oktober 2009).

Adres do korespondencji:

*dr Jacek M. Pijanowski, dr sc. ETH Zürich
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji
Katedra Geodezyjnego Urządzania Terenów Wiejskich
ul. Balicka 253a
30-149 Kraków
tel.: (12) 662-45-54
e-mail: j.pijanowski@ur.krakow.pl
Urząd Marszałkowski Województwa Małopolskiego
Departament Geodezji i Kartografii
Zespół Geodezji Rolnej
ul. Raclawicka 56
30-017 Kraków
e-mail: jacek.pijanowski@umwm.pl.*

*Markus Wildisen, Dipl.-Ing. ETH Zürich
Bundesamt für Landwirtschaft BLW
Leiter Sektion Bodenverbesserungen
Mattenhofstrasse 5
3003 Bern
Schweiz
Leiter Fachbereich Meliorationen
Eidgenössisches Volkswirtschaftsdepartement EVD
tel.: (41) 31 322 26 63
e-mail: markus.wildisen@blw.admin.ch*

Bogusław Podolski, Eugeniusz Nowocień, Rafał Wawer

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

WYBRANE ELEMENTY MELIORACJI PRZECIWEROZYJNYCH NA UŻYTKACH ROLNYCH ZAGROŻONYCH EROZJĄ WODNĄ*

Wstęp

Obszary zagrożone erozją gleb, zwłaszcza tereny z erozją średnią, silną i bardzo silną, wymagają stosowania specjalnych działań prewencyjnych i naprawczych jakimi są melioracje przeciwerozyjne.

Melioracje przeciwerozyjne to nie tylko ochrona gleb i gruntów przed erozyjną degradacją i dewastacją, ale równocześnie najtańszy sposób walki z suszą, stepowaniem i powodziami (3).

Cel melioracji przeciwerozyjnych

Celem opracowania jest opisanie wybranych elementów melioracji przeciwerozyjnych na gruntach rolnych zagrożonych erozją wodną na podstawie badań własnych i literatury (1, 2). Do głównych celów melioracji przeciwerozyjnych zaliczamy: zmniejszenie nasilenia procesów erozyjnych, zachowanie potencjału produkcyjnego gleb, wydłużenie obiegu wody i przeciwdziałanie deformacyjnym zmianom warunków hydrologicznych w ciekach rzecznych.

Melioracje przeciwerozyjne na użytkach rolnych zagrożonych erozją wodną

Podstawowe zabiegi przeciwerozyjne to między innymi:

- rozmieszczenie przestrzenne użytków produkcyjnych i ochronnych stosownie do rzeźby terenu;
- wprowadzenie układu działek i pól umożliwiających poprzecznostokową (warstwicową) uprawę roli;
- planowanie dróg rolniczych z uwzględnieniem rzeźby terenu i ściśle skoordynowanie z układem działek i pól oraz umacnianie erodowanych odcinków dróg;
- rekultywacja i zagospodarowanie nieużytków erozyjnych (np. wąwozów, stromych zboczy) oraz likwidowanie trudnej mikrorzeźby terenu;

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.2 w programie wieloletnim IUNG - PIB

- stosowanie urządzeń do rozpraszania i odprowadzania powierzchniowych spływów wody.

Szczegółowe melioracje przeciwerozyjne na użytkach rolnych zagrożonych erozją wodną

Warunkiem efektywnego stosowania agrotechniki przeciwerozyjnej w zagospodarowaniu rozłogu gruntów jest:

- grunty na stokach $>20\%$ (12°) powinny być trwale zadarnione lub zalesione;
- uprawę gruntów na stokach $10-20\%$ ($6-12^\circ$) należy połączyć z zabiegami przeciwerozijnymi;
- grunty na stokach do 10% (do 6°) – zabiegi uprawowe powinny być przeprowadzone poprzecznie do spadku;
- ugory i odłogi najlepiej przeznaczyć pod trwale zadarnienie, koszone raz w roku, a biomasę pozostawić w formie mulczu. Koszenie należy wykonać dopiero po wylęgach ptaków;
- drogi spływu wód powierzchniowych należy trwale zadarnić, a ruń trawiastą kosić co najmniej dwukrotnie w okresie wegetacji.

Każdy z wymienionych zabiegów wykazuje określone działania ochronne, lecz najlepsze efekty uzyskuje się przy ich kompleksowym stosowaniu (3). Stosowane w systemie kompleksowym poszczególne zabiegi w praktyce zależą od rodzaju i nasilenia erozji oraz warunków przyrodniczych, struktury agrarnej i systemu gospodarowania ziemią.

Zabiegi przeciwerozyjne można podzielić na trwałe (wieloletnie) i okresowe (sezonowe). Do działań trwałych należą przede wszystkim zabiegi o charakterze urządzeniowym, takie jak transformacja użytków, układ pól i dróg, zabudowa wąwozów, urządzenia techniczne (tarasowanie zboczy, umacnianie dróg i cieków stałych, rowów itp.).

Melioracje przeciwerozyjne mają wybitnie regionalny charakter i im bardziej są dostosowane do przyrodniczych i gospodarczych warunków danego obszaru, tym większa jest ich skuteczność ochronna i efektywność ekonomiczna.

Wśród zabiegów agrotechnicznych podstawowe znaczenie ma poprzecznostokowa uprawa roli. Poprzecznostokowa orka jesienna na zboczach o spadku do 10% kilkakrotnie zmniejsza nasilenie erozji i równocześnie zwiększa, od kilkunastu do kilkudziesięciu milimetrów, zapas wody w jednometrowej warstwie gleby (po roztopach wiosennych); (fot. 1). Na zboczach zaleca się stosowanie orki pługiem obracalnym z odkładaniem skiby w górę stoku dla zrównoważenia przemieszczania się w wyniku procesów erozyjnych poziomu orno-próchniczego. Dotyczy to również poprzecznostokowego kierunku siewu i nasadzeń, które w okresie wegetacji roślin znacznie ograniczają nasilenie erozji.

Płodozmiany przeciwerozyjne. Właściwy dobór gatunków roślin i odpowiednie ich zmianowanie stanowi skuteczny zabieg przeciwerozyjny na gruntach ornych. Gatunki wieloletnie, takie jak rośliny motylkowate (koniczyna, lucerna), trawy i ich mieszanki z motylkowatymi mają największe oddziaływanie przeciwerozyjne. Spośród

roślin jednorocznych pierwszeństwo mają zboża ozime w kolejności – żyto, rzepak, jęczmień i pszenica.

Plodozmiany na zboczach z poprzecznostokowym układem pól, między innymi pola wstęgowe, powinny być tak dobrane, aby powierzchnie z roślinami dobrze chroniącymi glebę sąsiadowały ze słabiej chronionymi przez szatę roślinną (fot. 1); (3).



Fot. 1. Warstwicowa uprawa pól – pola wstęgowe

Fot. B. Podolski.

Korekta granicy rolno-leśnej. Grunty na stromych zboczach silnie degradowane przez erozję wodną powinny być wyłączone z ornego użytkowania i w większości przeznaczone pod zalesienia lub trwałe użytki zielone (fot. 2). Do wyłączenia zboczy o nachyleniu ponad 12° (21%) z użytkowania ornego obliuguje również Rozporządzenie Ministra Rolnictwa z dnia 5 lipca 1979 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy eksploatacji ciągników i maszyn rolniczych.

Grunty orne podlegające silnej i bardzo silnej erozji, trudne do uprawy i ochrony oraz zdewastowane przez erozję i trudne do rekultywacji, powinno się przeznaczać pod użytkowanie leśne. Podobnej transformacji należy poddać użytki rolne bardzo słabej jakości i mało przydatne dla rolnictwa. Jednak na terenach wyżynnych zalesianie większych powierzchni napotyka na wiele trudności, dlatego ochronną funkcję lasu powinny przejąć zadrzewienia leśne lub sady (fot. 3).



Fot. 2. Pas buforowy utworzony przez przeciwerozyjne zadrzewienia ochronne
Fot. B. Podolski.



Fot. 3. Przeciwerozyjne zagospodarowanie sadownicze erodowanego stoku
Fot. B. Podolski.

Planowanie sieci i umacnianie dróg rolniczych. Sieć dróg rolniczych w Polsce kształtowana przez stulecia w drodze podziałów własnościowych mimo ich dużej gęstości jest generalnie mało funkcjonalna i niedostosowana do współczesnych środków transportu oraz maszyn i narzędzi rolniczych. Występujący na terenach wiejskich ruch samochodowy i ciągnikowy wymusza modernizację już istniejących dróg rolniczych i budowę nowych, zwłaszcza na terenach wyżynnych i podgórskich (5).

Nadrzędnym celem prac związanych z kształtowaniem sieci dróg rolniczych jest zapewnienie poprawnych warunków trakcyjnych przez cały rok. Dlatego właściwie zaplanowany układ komunikacyjny na terenach rolniczych stanowi jeden z podstawowych elementów prac urządzeniowo-rolnych (rys. 1); (5, 6).

Nowo projektowana lub modernizowana sieć dróg rolniczych powinna w pełni zaspokoić potrzeby komunikacyjne na obszarze gminy. Jest to możliwe przez właściwe wymiarowanie dróg rolniczych w planie sytuacyjnym i w przekroju drogi (podłużnym i poprzecznym). Podstawą wymiarowania jest prędkość projektowa (V_p) w km/h oraz szerokość rolniczych agregatów uprawowych i kombajnów (5, 6).

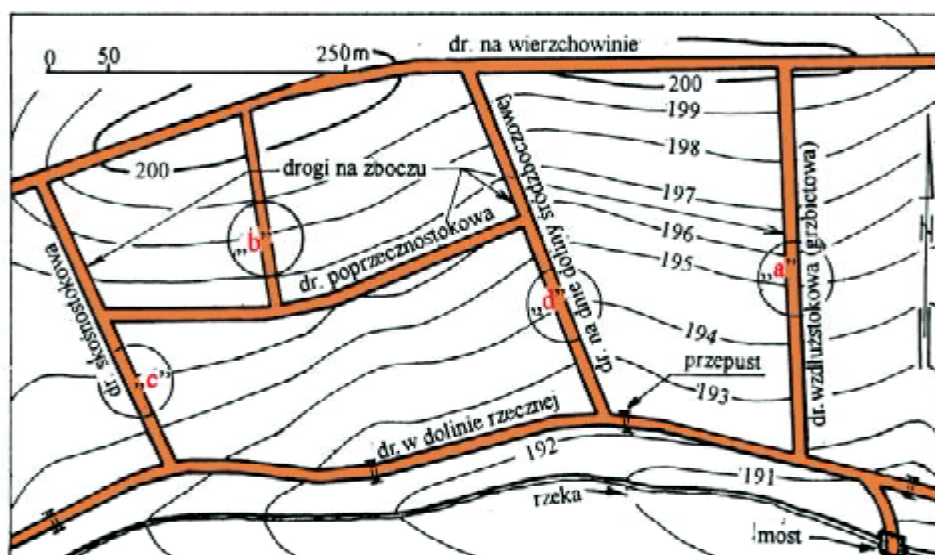
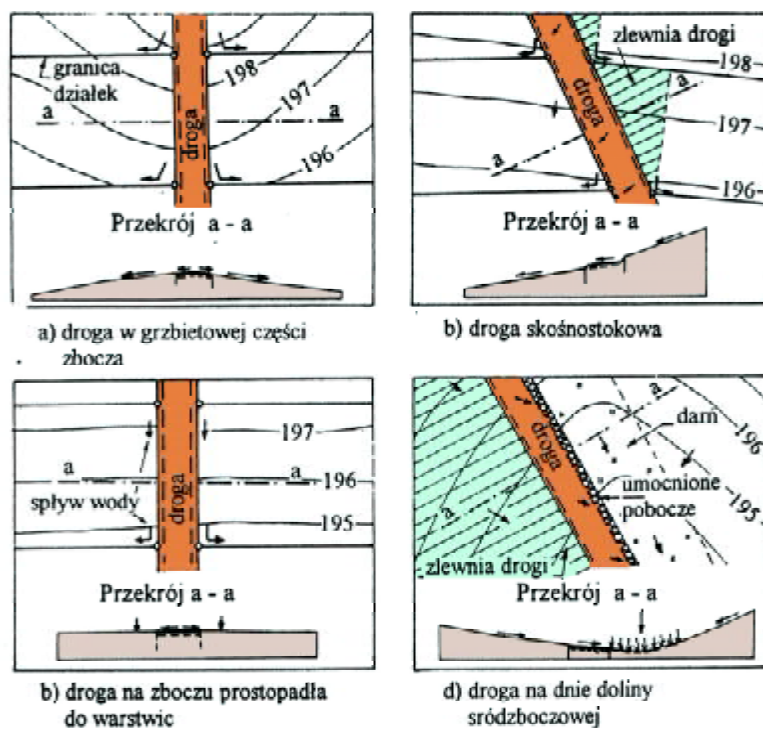
Fitomelioracje przeciwoerozyjne. Fitomelioracyjne przeciwoerozyjne zadrzewienia leśne w rejonach nadmiernie wylesionych i o zachwianej równowadze biocenotycznej mają do spełnienia wielorakie funkcje, od glebochronnych, wodochłonnych i przeciwwietrznych, które łącznie można określić jako przeciwoerozyjne, do poprawiających deficyt wody, równowagę biocenotyczną, warunki agroklimatyczne i walory krajobrazowe.

Zadrzewienia fitomelioracyjne ze względu na położenie dzieli się na śródpolne, śródłukowe, przydrożne, przywodne, osiedlowe (przyzagrodowe), a ze względu na układ przestrzenny mogą być powierzchniowe, kępowe, grupowe, pasowe, szeregowo i jednostkowe (1, 2).

Właściwości ochronne zadrzewień zależą od ich usytuowania – przy erozji wodnej względem rzeźby i spadków terenu, przy erozji wietrznej względem kierunku dominujących erozyjnych wiatrów. Ważna jest również struktura zadrzewień (pionowy i poziomy układ drzew i krzewów), ich skład gatunkowy i więźba. W ograniczaniu nasilenia erozji wietrznej najkorzystniejsze są ażurowe zadrzewienia pasowe oraz zadrzewienia szeregowe, które zmniejszają siłę wiatru w pasie przyległym o szerokości równej około 30-krotnej wysokości zadrzewień (7). Przy ograniczeniu erozji wodnej funkcja zakrzewień szeregowych i wąskopasowych jest minimalna i należałoby wprowadzać raczej zadrzewienia powierzchniowe lub zalesienia, co łączy się z wyłączeniem z użytkowania rolniczego znacznych powierzchni.

Dobór drzew i krzewów do zalesienia stromych zboczy zależy od ich ekspozycji oraz od rodzaju gleb i może być taki sam, jak przy zalesianiu wąwozów. Do nasadzeń zaleca się wprowadzać wartościowe gatunki drzew i krzewów, dobrze rosnące w danym regionie (7).

Trwale użytki zielone. Użytki zielone po zadrzewieniach stanowią kolejną grupę roślin dobrze chroniących glebę przed erozją. Ograniczenie procesów erozyjnych na powierzchni gleby oraz stosunkowo szybkie podnoszenie się jej urodzajności zależy od



Rys. 1. Sytuowanie dróg rolniczych w rzeźbie terenu

Źródło: E. Nowocien, 1999 (5).

wielkości wyprodukowanej zwartej biomasy, tzn. części nadziemnych i systemu korzeniowego darni. Wszystko to w połączeniu z drenażem przez system korzeniowy zapewnia glebie dobrą przepuszczalność i chłonność wody, co znacznie redukuje spływ powierzchniowy.

Scalenia gruntów z uwzględnieniem melioracji przeciwoerozyjnych. Scalenia gruntów odgrywają istotną rolę w koncentracji ziemi i poprawie struktury agrarnej polskiego rolnictwa. Stosuje się je w celu przekształcenia rozdrobnionej struktury działek, zwanej szachownicą, w kształtne działki o dogodnym dojeździe (9).

Podczas scalania likwiduje się enklawy, półenklawy, prostuje granice wsi oraz projektuje jej nowy układ komunikacyjny, który umożliwia lepszy dojazd do działek i skraca odległość między siedliskiem a polem.

Scalenia gruntów pozwalają na zwiększenie efektywności ekonomicznej gospodarowania dzięki obniżaniu kosztów produkcji, zmniejszaniu nakładów pracy, czasu przejazdów i zużycia paliwa. Racjonalniej wykorzystywany jest sprzęt rolniczy. Na etapie gospodarki rynkowej ma to szczególne znaczenie dla wzrostu konkurencyjności produkcji rolnej.

Najbardziej korzystne byłoby oczywiście, gdyby zamiast zwykłych scaleń gruntów, wzorem państw zachodnich, realizować **kompleksowe urządzenie** silnie urzeźbionych terenów rolnych w procesie scalania gruntów (8).

Kompleksowe melioracje przeciwoerozyjne traktowane jako jeden z elementów urządzenioworolnych mogą być realizowane w warunkach gospodarki rozdrobnionej (o uciążliwej szachownicy gruntów i różnym układzie rozdrobnionych działek) tylko podczas prac scaleniowych. Natomiast przy obecnej strukturze gospodarstw rolnych i braku scaleń zaleca się stosować jedynie wybrane zabiegi przeciwoerozyjne w dostosowaniu do fizjografii terenu i profilu produkcji rolniczej.

Podsumowanie

Na terenach zagrożonych erozją należy zadbać o:

- wyłączenie z użytkowania ornego stromych i trudnych do uprawy zboczy i przeznaczać je pod zalesianie lub trwałe użytki zielone (łąki, pastwiska) lub pod sady z darnią w międzyrzędziach;
- stosowanie poprzecznostokowej (równoległej do warstwic) uprawy roli, która na zboczach o nachyleniu do 20% (12°) jest łatwiejsza do wykonania, zmniejsza powierzchniowe spływy wody i nasilenie erozji, a także zużycie paliwa, a zwiększa wilgotność gleby i plonowanie roślin;
- stosowanie orki pługiem obracalnym, która przyspiesza tarasowanie zboczy oraz zmniejsza ich nachylenie i nasilenie erozji;
- stosowanie płodozmianów przeciwoerozyjnych z dużym udziałem roślin chroniących glebę przed zmywem powierzchniowym i żłobieniem, takich jak motylkowate i ich mieszanki z trawami, zboża ozime zamiast jarych;
- stosowanie wsiewek, międzyplonów i poplonów, aby gleba jak najkrócej znajdowała się bez osłony;

- wcześniejszy termin siewu, zwłaszcza roślin ozimych, który zapewnia lepsze krzewienie, a przez to lepsze zabezpieczenie przed erozją;
- stosowanie większych dawek nawozów, zwłaszcza azotowych, na glebach usytuowanych na zboczach ze względu na małą zawartość w nich próchnicy i mniejszą aktywność biologiczną;
- likwidowanie (przez zasypywanie) rozmywów erozyjnych, które mogą inicjować powstawanie wąwozów;
- obsiew mieszkanką traw prywatnych dróg dojazdowych i ich użytkowanie w taki sposób, aby nie tworzyć kolein i nie powodować zagłębiania się drogi;
- kształtowanie rzeźby terenu przez zasypywanie różnego rodzaju niewielkich form erozyjnych, w których następuje koncentracja okresowych spływów wód powierzchniowych i które utrudniają gospodarowanie;
- budowę wielofunkcyjnych zbiorników małej retencji na dnach dolin ze stałym i okresowym przepływem wody;
- korektę granicy rolno-leśnej. Grunty na stromych zboczach o nachyleniu ponad 12° (21%) silnie degradowane przez erozję wodną powinny być wyłączone z ornego użytkowania i w większości przeznaczane pod zalesienia lub trwałe użytki zielone;
- przestrzenne rozmieszczenie użytków (w zlewni, na stoku). Należy szerzej wprowadzać zadrzewienia o charakterze fitomelioracyjnym, typować grunty pod uprawy polowe, uwzględniając nachylenie zboczy, zróżnicowanie mikro-rzeźby, rodzaj gleb i stopień ich wyerodowania oraz strukturę agrarną;
- trwałe użytki zielone, które powinny przede wszystkim zajmować doliny rzek, a ponadto należy je lokalizować na dnach dolin smużnych, w nich bowiem koncentrują się okresowo spływy powierzchniowe i ewentualnie na stromych zboczach o nachyleniu do 25%, lecz o glebach średniozwięzłych i zwięzłych;
- sieć dróg rolniczych. Drogi rolnicze powinny posiadać nawierzchnię utwardzoną oraz właściwy system odwodnienia powierzchniowego;
- scalenia gruntów z uwzględnieniem melioracji przeciwoerozyjnych. Metoda ta ma na celu przekształcenie struktury przestrzennej rozdrobnionych działek rozmieszczonych w szachownicy, w kształtne działki o dogodnym dojeździe, likwidację enklaw i półenklaw, ukształtowanie poprawnej granicy rolno-leśnej i układu dróg transportu rolniczego.

Każdy z wymienionych zabiegów wykazuje określone działanie ochronne, lecz najlepsze efekty uzyskuje się przy ich kompleksowym stosowaniu. Oczywiście udział poszczególnych zabiegów zależy od rodzaju form występowania i nasilenia erozji oraz warunków przyrodniczych i sposobu gospodarowania ziemią.

Literatura

1. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A.: Erozja gleb i melioracje przeciwoerozyjne w regionie wyżyn południowo-wschodniej Polski. Cz. II. Melioracje przeciwoerozyjne na gruntach rolnych. Bibl. Fragm. Agron., 1998, **4A/98**: 169-195.
2. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A.: Erozja gleb i melioracje przeciwoerozyjne w regionie wyżyn południowo-wschodniej Polski. Cz. III. Zagospodarowanie wąwozów. Bibl. Fragm. Agron., 1998, **4A/98**: 197-229.
3. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: Ochrona gruntów przed erozją. Poradnik na zamówienie MOŚZNiL. IUNG, 1999.
4. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A., Nowocień E.: Ocena zagrożeń gleb erozją wraz z oceną skutków gospodarczych i środowiskowych oraz kierunki działań zaradczych. Ekspertyza na zlecenie MOŚZNiL. IUNG, 1999.
5. Nowocień E.: Badania nad planowaniem i projektowaniem wybranych elementów dróg rolniczych na wyżynnych obszarach chronionego krajobrazu. Pam. Puł., 1999, **119**: 93-100.
6. Nowocień E.: Wstępne wyniki badań nad technologią utwardzania dróg rolniczych. Pam. Puł., 1999, **119**: 82-92.
7. Tałaj Z.: Ekologiczna efektywność zadrzewień przeciwoerozyjnych na terenach wyżynnych. Wyd. IUNG – AR w Lublinie – UMCS w Lublinie, 1996, cz. I, **K(11/1)**: 299-311.
8. Woch F.: Koncepcja kompleksowego urządzania obszarów wiejskich na przykładzie wybranych obiektów. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 1999, **353**: 513-522.
9. Woch F., Kochański S., Podolski B.: Spodziewane efekty melioracji przeciwoerozyjnych w procesie kompleksowego scalania gruntów. Rocz. AR w Poznaniu. Melioracje i Inżynieria Środowiska, 1994, **266(14)**: 357-363.

Adres do korespondencji:

dr Bogusław Podolski
Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (81) 886 34 21 w. 330
e-mail: bpodol@iung.pulawy.pl

Jerzy Rejman

*Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN
w Lublinie*

EKONOMICZNY ASPEKT OBNIŻENIA PRODUKTYWNOŚCI GLEB PŁOWYCH W TERENACH LESSOWYCH

Wstęp

Badania nad plonowaniem roślin w urzeźbionym terenie lessowym były prowadzone na Lubelszczyźnie od szeregu lat. Jako podstawę porównawczą przyjmowano w nich plon na wierzchowinie lub nieerodowanej glebie płowej. Badania wykazały znaczne zróżnicowanie relatywnego plonu różnych roślin w poszczególnych latach (niezależnie od zabiegów agrotechnicznych), co świadczy o dominującym wpływie warunków klimatycznych. Wyraźne różnice plonów stwierdzano również w poszczególnych latach, a w zależności od lokalizacji poletek przyczyn zróżnicowania dopatrywano się w oddziaływaniu czynnika topograficznego (badania prowadzone na poletkach zlokalizowanych wzdłuż linii przekrojowych poprzecznych do osi zlewni) lub glebowego (badania prowadzone na poletkach zlokalizowanych w różnych częściach zlewni). Największą liczbę badań przeprowadzono nad plonowaniem roślin zbożowych, a tylko pojedyncze nad burakiem cukrowym, marchwią, kukurydzą oraz roślinami paszowymi. Oddziaływanie czynnika topograficznego na plonowanie wiązane jest ze zróżnicowaniem mikroklimatu i rozmieszczenia składników nawozowych oraz próchnicy w różnych elementach rzeźby (5), natomiast gleboznawcy upatrują przyczyn zróżnicowania plonów w zmianach właściwości gleb (9, 17, 18). Problem zróżnicowania plonów w terenach urzeźbionych podejmowano również w badaniach zagranicznych. Przyczyn obniżki plonów upatrywano w zmniejszeniu zawartości substancji organicznej, pogorszeniu struktury i wzroście zagęszczenia gleby, obniżeniu zawartości wody dostępnej dla roślin i niedoborze składników pokarmowych oraz zmniejszeniu miąższości gleby (1, 2, 3, 16).

Długoletni okres użytkowania rolniczego terenów lessowych oraz towarzysząca temu erozja spowodowały znaczne przekształcenia gleb polegające na spłyceńiu profilu („proces ogławiania”) lub nadbudowie gleby materiałem depozycyjnym. Zmiany te odzwierciedla klasyfikacja wyróżniająca gleby nieerodowane, o różnym stopniu (klasie) zerodowania, i deluwialne (17). Gleba nieerodowana charakteryzuje się pełną sekwencją poziomów genetycznych gleby płowej (Ap-Eet-B1t-B2t-BC-C-Cca). W glebie słabo zerodowanej poziom Ap jest utworzony przy współdziale poziomu

B1t, w średnio – z B2t, silnie – BC, a w bardzo silnie zerodowanej przy udziale skały macierzystej (lessu węglanowego). Wprawdzie w tradycyjnym opisie erozji wierzchowina jest obszarem, w którym erozja nie występuje, a erodowane są zbocza, to jednak w terenach lessowych w obu tych przypadkach występuje mozaika gleb nieerodowanych, o różnym stanie zerodowania oraz deluwialnych. Jak dotąd badania nad przestrzennym rozmieszczeniem gleb przeprowadzono w czterech obiektach Płaskowyżu Nałęczowskiego obejmujących zlewnię (14) lub jej fragment (15, 18, 19). Wyniki tych badań umożliwiają ocenę udziału poszczególnych gleb w terenie lessowym oraz stwarzają możliwość oceny produktywności gleb pod warunkiem ustalenia zależności między plonowaniem i stanem zerodowania gleby. Zależność tę oceniano w badaniach prowadzonych zarówno na poletkach zlokalizowanych wzdłuż linii przekrojowych zlewni, jak i zlokalizowanych w różnych częściach zlewni. Analizę ograniczono do podstawowych zbóż z uwagi na zbyt małą liczebność, a zatem i reprezentatywność badań z innymi roślinami.

Celem pracy było wyznaczenie wskaźnika plonowania roślin zbożowych dla zerodowanych gleb pławowych wytworzonych z lessu oraz ocena wpływu stanu zerodowania na potencjał produkcyjny terenów lessowych na przykładzie obiektów Płaskowyżu Nałęczowskiego, skartowanych pod względem budowy gleb.

Metodyka

Na podstawie danych literaturowych opracowano bazę danych obejmującą 19 lat badań nad plonowaniem roślin zbożowych przeprowadzonych na Płaskowyżu Nałęczowskim (Wyż. Lubelska) w okresie 1977–2008. W bazie uwzględniono jedynie te badania, w których wyróżniono stan (klasę) zerodowania gleby lub można było go określić na podstawie opisu budowy gleby (1) oraz te, w których analizą plonu objęta była nieerodowana gleba płowa (2). Wielkość plonu na tej glebie przyjęto jako plon referencyjny, stanowiący podstawę porównawczą plonowania. W wartościach bezwzględnych średnia wielkość plonu pszenicy ozimej wyniosła 4,7, pszenicy jarej 5,2 i jęczmienia jarego 3,6 t·ha⁻¹, ze współczynnikami zmienności od 24 do 27%.

Łącznie baza danych obejmowała 26 doświadczeń polowych, w tym 11 z jęczmieniem jarym, 8 z pszenicą jarą i 7 z pszenicą ozimą. Jedynie w trzech z nich ocenę plonowania roślin przeprowadzono na glebie nieerodowanej, na wszystkich czterech klasach zerodowania i glebie deluwialnej (8, 13), w ośmiu doświadczeniach – na 5 glebach (4, 9, 12), w dziesięciu – na 4 glebach (5) oraz w pięciu – na 3 (6). Najczęściej badania prowadzono (poza glebą nieerodowaną) na glebie deluwialnej (26 badań) oraz słabo zerodowanej (24 badania). Mniej licznie reprezentowane były gleby bardzo silnie (16), średnio (11) i silnie (10) zerodowane. W bazie danych zebrano wyniki badań prowadzonych na poletkach zlokalizowanych w obrębie jednego zbocza (11 badań), dwóch naprzeciwległych zboczy (12) oraz na wierzchowinie (3). Dla zebranych danych wyznaczono podstawowe parametry statystyczne (wartość średnia, odchylenie standardowe, współczynnik zmienności). Wartość średnią relatywnego plonu

dla analizowanych roślin zbożowych przyjęto jako wskaźniki plonowania na glebach o danym stopniu (klasie) zerodowania i na glebie deluwialnej.

Ocenę wpływu erozji na produktywność gleb przeprowadzono dla czterech obiektów Płaskowyżu Nałęczowskiego, w których wykonano opis budowy gleb w siatce przestrzennej 10 x 10 m, 20 x 20 m lub 25 x 25 m (14, 15, 18, 19); (tab. 1). Obiekty różniły się topografią (zlewnia, fragment zlewni), czasem użytkowania rolniczego oraz okresem stosowania orki traktorowej. Zlewnię w Bogucinie włączano stopniowo do użytkowania rolniczego w latach 1820, 1932 i 1946, obiekt w Czesławicach najprawdopodobniej w XV, a w Elizówce w XIII w. Orkę traktorową stosowano od lat 50. ubiegłego wieku w Czesławicach i Elizówce (gospodarstwa doświadczalne UP w Lublinie), natomiast w Bogucinie od lat 70. ubiegłego wieku. W każdym ze skartowanych obiektów została określona liczba gleb nieerodowanych, o różnym stopniu zerodowania i deluwialnych. Na podstawie stosunku liczby poszczególnych gleb do ogólnej liczby opisanych pedonów wyznaczono procentowy udział gleb w badanym obszarze. Udział gleb nieerodowanych zawierał się w przedziale 9,8-25,0%, zerodowanych 41,0-53,5% (w tym bardzo silnie zerodowanych 0,6-7,4%) i deluwialnych 28,7-49,2%. Dla każdego ze skartowanych obszarów wyznaczono pozorną zmianę areалу – jego zmniejszenie dla powierzchni zajętej przez gleby zerodowane i powiększenie dla gleb deluwialnych (iloczyn wskaźnika plonowania i rzeczywistej powierzchni). Na podstawie stosunku pozornej utraty areálu do jego rzeczywistej powierzchni wyznaczono wielkość obniżenia plonu dla danego obiektu.

Tabela 1

Parametry obszarów skartowanych gleboznawczo oraz procentowy udział gleb nieerodowanych, zerodowanych i deluwialnych, Płaskowyż Nałęczowski (Wyż. Lubelska)

Miejscowość	Bogucin	Czesławice	Elizówka I	Elizówka II
Obiekt	zlewnia	zbocze	fragment zlewni	fragment zlewni
Powierzchnia skartowana (ha)	5,7	3,8	7,6	20,2
Liczba opisanych profili	463	61	121	323
Źródło	Rejman i in., 2005	Rejman i in., 1998	Turski i in., 1992	Turski i Słowińska-Jurkiewicz, 1994
Gleba	udział poszczególnych gleb w obszarze badań (%)			
Nieerodowana	25,0	9,8	20,7	13,3
Słabo zerodowana	27,9	13,1	17,4	18,0
Średnio zerodowana	12,1	8,2	10,7	13,9
Silnie zerodowana	5,7	13,1	14,0	14,2
Bardzo silnie zerodowana	0,6	6,6	5,8	7,4
Deluwialna	28,7	49,2	31,4	33,2

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki

Wskaźnik plonowania roślin zbożowych

Analiza bazy danych wykazała tendencję zmniejszenia relatywnego plonu wszystkich roślin wraz ze wzrostem stopnia zerodowania gleby (tab. 2). Dla wszystkich gleb zerodowanych średnie obniżenie plonu w stosunku do gleby nieerodowanej wyniosło od 15% (dla pszenicy ozimej) do 16,9% (dla jęczmienia jarego). Nie jest to jednak spadek proporcjonalny w stosunku do wzrostu stopnia zerodowania gleby. Dla gleb przekształconych w mniejszym stopniu pod wpływem erozji (tj. od słabo do średnio zerodowanej) średnie obniżenie plonu zbóż zawierało się w przedziale od 9,0 do 9,9%. Wyraźne zmniejszenie plonu stwierdzono natomiast na glebie bardzo silnie zerodowanej (średnio o 25,9%), przy czym rośliną najmniej wrażliwą była pszenica jara (spadek plonu o 18,3%), średnio wrażliwą pszenica ozima (o 23,4%), a najbardziej jęczmień jary (o 33,4%).

Analizując dane, należy zwrócić uwagę na dużą zmienność wielkości relatywnego plonu na glebach zerodowanych (wyrażoną poprzez wartości odchylenia standardowego) oraz duży błąd względny (współczynnik zmienności). Wielkości te wskazują, że nie zawsze plon zbóż na glebach zerodowanych był mniejszy w porównaniu z uzyskanym na glebie nieerodowanej. Wśród zebranych danych większe plony (dochodzące maksymalnie do 116%) stwierdzano w 2 przypadkach na glebach słabo, średnio

Tabela 2

Parametry statystyczne relatywnego plonu zbóż na zerodowanych glebach płowych i glebie deluwialnej (100% – plon na nieerodowanej glebie płowej)

Roślina uprawna	Parametr statystyczny	Stan (klasa) zerodowania gleby				Gleba deluwialna
		słabo zerodowana	średnio zerodowana	silnie zerodowana	bardzo silnie zerodowana	
Pszenica ozima	wartość średnia (%)	90,7	89,7	88,6	76,6	98,5
	odchylenie std. (%)	10,1	15,7	-	17,0	21,6
	wsp. zmienności (%)	11,1	17,5	-	22,3	21,9
	liczebność (n)	7	3	1	6	7
Pszenica jara	wartość średnia (%)	87,1	89,2	83,4	81,7	120,8
	odchylenie std. (%)	8,2	2,6	6,4	25,6	42,8
	wsp. zmienności (%)	9,4	2,9	7,7	31,3	35,4
	liczebność (n)	8	4	5	4	8
Jęczmień jary	wartość średnia (%)	92,3	93,7	88,9	66,6	91,7
	odchylenie std. (%)	8,0	8,9	12,5	15,1	15,5
	wsp. zmienności (%)	8,6	9,5	14,1	22,7	16,9
	liczebność (n)	9	4	4	6	11
Rośliny zbożowe łącznie	wartość średnia (%)	90,1	91,0	86,1	74,1	102,5
	odchylenie std. (%)	8,6	8,9	8,9	18,6	29,7
	wsp. zmienności (%)	9,6	9,8	10,3	25,1	29,0
	liczebność (n)	24	11	10	16	26

Źródło: opracowanie własne.

i bardzo silnie zerodowanych oraz jeden raz na glebie silnie zerodowanej. Najmniejsze plony relatywne występowały zawsze na glebie bardzo silnie zerodowanej i wynosiły 44, 54 i 65% wielkości plonu na glebie nieerodowanej, odpowiednio dla jęczmienia jarego, pszenicy jarej i ozimej.

Średni plon relatywny zbóż na glebie deluwialnej był nieznacznie większy w porównaniu z plonem uzyskanym na glebie nieerodowanej i wynosił 102,5%. Największy plon relatywny stwierdzono dla pszenicy jarej (120,8%), przy czym na tak dużą jego wielkość wpływ miały dwa przypadki – 162,1% oraz 209,6% (12). Tak duże plony osiągnięto przy lokalizacji gleby deluwialnej w linii okresowego skoncentrowanego spływu powierzchniowego. Plon jęczmienia w innych pozycjach topograficznych gleby deluwialnej (zbocza zlewni), jak wskazują ci autorzy, był mniejszy i wyniósł 98,0-102,3%. Średni plon dla pszenicy ozimej wyniósł 98,5%, a dla jęczmienia jarego 91,7%. Plony zbóż na glebie deluwialnej cechowała największa zmienność, ze wskaźnikiem zmienności 29,7%.

W opracowanej bazie danych część badań, głównie na glebie bardzo silnie zerodowanej, prowadzono na zboczu południowym, przeciwnym do pozostałych gleb, co mogło wywrzeć wpływ na różnice wielkości plonu relatywnego (5). W związku z tym wyniki plonowania zestawiono w zależności od lokalizacji poletek w rzeźbie terenu (tab. 3). Zestawienie danych wskazuje jednak, że niezależnie czy badania prowadzone na jednym, czy na przeciwnych zboczach różnice plonów relatywnych pozostają na zbliżonym poziomie, z najmniejszymi wartościami średnimi dla gleby wytworzonej bezpośrednio z lessu węglanowego. Nie zawsze jednak wyniki badań plonowania są tak jednoznaczne. Z uwagi na występowanie gleb deluwialnych na pozycji wierzchowin w zestawieniu nie ujęto badań M a z u r a i O r l i k a (6) prowadzonych

Tabela 3

Parametry statystyczne relatywnego plonu zbóż na zerodowanych glebach pławowych i glebie deluwialnej (100% – plon na nieerodowanej glebie pławowej) w zależności od lokalizacji poletek

Lokalizacja poletek	Parametr statystyczny	Stan (klasa) zerodowania gleby				Gleba deluwialna
		słabo zerodowana	średnio zerodowana	silnie zerodowana	bardzo silnie zerodowana	
Jedno zbocze (n = 10)	wartość średnia (%)	89,8	87,8	85,4	72,2	101,4
	odchylenie std. (%)	6,3	5,6	4,7	5,5	27,5
	wsp. zmienności (%)	7,0	6,4	5,5	7,6	27,1
	liczebność (n)	10	7	5	4	10
Dwa zbocza (n = 12)	wartość średnia (%)	86,9	b.d.	76,7	74,1	103,1
	odchylenie std. (%)	9,0	b.d.	0,0	21,3	34,5
	wsp. zmienności (%)	10,4	b.d.	0,0	28,7	33,4
	liczebność (n)	10	b.d.	1	11	12
Fragment zlewni (n = 4)	wartość średnia (%)	99,0	96,5	89,4	81,9	103,1
	odchylenie std. (%)	4,2	9,8	10,8	0,0	7,5
	wsp. zmienności (%)	4,2	10,1	12,0	0,0	7,2
	liczebność (n)	4	4	4	1	4

Źródło: opracowanie własne.

w przekroju A-B-C, w których analizowano plonowanie na glebie bardzo silnie zerodowanej występującej na zboczu o wystawie południowej i wschodniej. Stwierdzili oni znaczne zróżnicowanie plonu w zależności od ekspozycji terenu. Na zboczu o wystawie południowej plon pszenicy ozimej był dwukrotnie większy w porównaniu z uzyskanym przy uprawie na polu o wystawie wschodniej, podczas gdy jęczmienia jarego był mniejszy o 22 i 32%.

Plony zbóż w układzie przestrzennym nie wykazują już tak wyraźnych różnic między glebami o różnym stopniu zerodowania, zachowując jednak trend spadkowy wraz z nasileniem erozji. Należy jednak podkreślić, iż w trzyletnich badaniach I g l i k (4) nie występowała gleba bardzo silnie zerodowana, natomiast w badaniach R e j m a n a i in. (13) ocenę plonowania prowadzono na stanowisku po trzyletniej uprawie lucerny.

Ocena produktywności gleb w urzeźbionym terenie lessowym

Analiza danych wykazała, że średnie obniżenie plonu zbóż spowodowane przekształceniem gleb płowych w wyniku erozji, w skartowanych pod względem ich budowy obiektach Płaskowyżu Nałęczowskiego, wyniosło od 4,1 do 6,1% wielkości plonu (tab. 4). Przyrost plonu powodowany udziałem gleb deluwialnych był niewielki i zawierał się w przedziale od 0,7% w Bogucinie do 1,2% w Czesławicach, a jego obniżenie wynikało z obszaru zajmowanego przez gleby zerodowane wyniosło od 4,8 do 6,9%, odpowiednio dla Bogucina i Elizówki II. Dla Bogucina, będącego obiektem o najkrótszym okresie użytkowania rolniczego, 80% obniżka plonu wynikała z użytkowania gleb słabo i średnio zerodowanych, a 20% z uprawy na glebach silnie i bardzo silnie zerodowanych. W przypadku pozostałych obiektów większy udział w obniżce plonu był związany z glebami silnie i bardzo silnie zerodowanymi (56-63%).

Tabela 4

Obniżenie plonu w obrębie skartowanych gleboznawczo obszarów Płaskowyżu Nałęczowskiego (Wyżyna Lubelska), a – areal rzeczywisty; b – pozorna zmiana areалу (zmniejszenie powierzchni dla gleb zerodowanych, zwiększenie dla deluwialnych)

Gleba	Wskaźnik plonowania	Bogucin		Czesławice		Elizówka I		Elizówka II	
		a	b	a	b	a	b	a	b
Nierodowana	1,000	1,425	1,425	0,372	0,372	1,573	1,573	2,687	2,687
Słabo zerodowana	0,901	1,590	1,433	0,498	0,449	1,322	1,191	3,636	3,276
Średnio zerodowana	0,910	0,690	0,628	0,312	0,284	0,813	0,740	2,808	2,555
Silnie zerodowana	0,861	0,325	0,280	0,498	0,429	1,064	0,916	2,868	2,470
Bardzo silnie zerodowana	0,741	0,034	0,025	0,251	0,186	0,441	0,327	1,495	1,108
Deluwialna	1,025	1,636	1,677	1,870	1,916	2,386	2,445	6,706	6,872
Ogółem areal (ha)		5,700	5,467	3,801	3,636	7,599	7,192	20,200	18,968
Pozorna utrata areалу (ha)			0,233		0,165		0,407		1,232
Obniżka plonu w badanym obszarze (%)			4,1		4,3		5,4		6,1

Źródło: opracowanie własne.

Średnim wartościom obniżki plonów (tab. 4) można przypisać konkretne wielkości ekonomiczne. Przyjmując wielkość plonu pszenicy na poziomie $5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (wartość średnia z bazy danych) oraz cenę jednostkową $450 \text{ zł} \cdot \text{t}^{-1}$ wartość utraty plonu spowodowana przekształceniem gleby wskutek erozji zawiera się w przedziale od 92 do $137 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$, a dla jęczmienia od 55 do $83 \text{ zł} \cdot \text{ha}^{-1}$ ($3,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $380 \text{ zł} \cdot \text{t}^{-1}$).

Dyskusja

W podsumowaniu 18-letnich badań nad plonowaniem roślin uprawnych w urzeźbionym terenie lessowym M a z u r (5) stwierdził, że na wielkość plonów oprócz zróżnicowania gleb pod względem procesów erozyjnych wpływ wywiera również lokalny mikroklimat warunkowany rzeźbą terenu. Wykazał on, że największe plony uzyskiwano w dolinie i na wierzchowinie, mniejsze na zboczu o wystawie północnej i najmniejsze na zboczu o wystawie południowej. Jednak w przeprowadzonych przez niego badaniach na wierzchowinie występowała gleba nieerodowana, na zboczu o wystawie północnej słabo zerodowana, południowej bardzo silnie zerodowana, a w dolinie deluwialna. Prowadząc badania w tym układzie doświadczalnym trudno jest oddzielić wpływ jaki ma na plonowanie gleba i rzeźba terenu. Ocena oddziaływania obu tych czynników jest tym bardziej utrudniona, iż w obrębie wierzchowiny i zboczy występuje mozaika gleb nieerodowanych, o różnym stanie zerodowania i deluwialnych (10, 15, 18, 19). O występowaniu gleb deluwialnych i słabo zerodowanych w pozycji wierzchowiny świadczą również niektóre badania prowadzone w przekrojach zlewni (6). Tak duże zróżnicowanie budowy gleb wynika z przekształcenia pierwotnej rzeźby terenów lessowych oraz pokrywających je gleb pławych w wyniku długoletniego użytkowania rolniczego oraz towarzyszącym temu procesom erozji. Przedstawiona analiza wpływu stanu zerodowania gleby na plonowanie objęła badania prowadzone zarówno w obrębie jednego, jak i dwóch naprzeciwnych zboczy oraz obszaru wierzchowiny. Można przypuszczać zatem, że wyliczone wskaźniki plonowania uwzględniają również częściowo oddziaływanie czynnika mikroklimatycznego, związanego z układem topograficznym. Wpływ ten nie jest jednak tak duży, aby przesłonić oddziaływanie zróżnicowanego stanu zerodowania gleby.

Wyniki badań nad plonowaniem roślin zbożowych świadczą o tym, że plon relatywny maleje wraz ze wzrostem stopnia (klasy) zerodowania gleby pławej i jest on wyraźnie najmniejszy na glebie bardzo silnie zerodowanej, tj. o warstwie ornej wytworzonej bezpośrednio z lessu węglanowego. Obniżenie produktywności gleb erodowanych łącznie jest najczęściej ze zmniejszeniem zawartości węgla organicznego, pogorszeniem struktury i wzrostem zagęszczenia gleby, zmniejszeniem ilości wody oraz składników pokarmowych dostępnych dla roślin (1, 2, 3, 16). Badania prowadzone na glebach pławych wytworzonych z lessu wskazują na pogorszenie się właściwości fizycznych gleb słabo i średnio zerodowanych (zmniejszenie zawartości agregatów wodoodpornych oraz porowatości gleb, zwiększenie gęstości gleby, obniżenie retencji wody użytecznej) oraz na ich poprawę w glebach silnie i bardzo silnie zerodo-

wanych. Wśród właściwości fizykochemicznych całkowita kationowa pojemność sorpcyjna wzrastała wraz ze stopniem zerodowania gleby, a stan wysycenia kompleksu sorpcyjnego gleb kationami wymiennymi o charakterze zasadowym był największy w glebach bardzo silnie zerodowanych, charakteryzujących się odczynem obojętnym lub lekko zasadowym (9, 17). Analizy zawartości węgla organicznego wskazują na występowanie istotnych różnic między glebami nieerodowanymi, zerodowanymi i deluwialnymi według jednych (8, 9) lub na ich brak według innych autorów (18).

Pogorszenie właściwości fizycznych gleb słabo i średnio zerodowanych znajduje odzwierciedlenie w obniżeniu wielkości relatywnego plonu zbóż, średnio o 9-10% w stosunku do gleby nieerodowanej (tab. 2). W miarę zwiększania zerodowania gleby, pomimo poprawy właściwości gleb (zmniejszenie gęstości, zwiększenie zawartości mezoporów, pojemności wodnej i retencji wody użytecznej oraz zmianie odczynu gleby do obojętnego), obserwujemy znaczne obniżenie plonów wynoszące 13 i 25%, odpowiednio dla gleb silnie i bardzo silnie zerodowanych. Oznacza to, że w glebach tych wystąpił czynnik oddziałujący w znacznie większym stopniu na plonowanie niż zmiana właściwości gleby. Różnice w wielkości obniżenia plonu na glebie silnie i bardzo silnie zerodowanej sugerują, że czynnikiem tym jest częściowa lub całkowita utrata poziomu wmywania (B1t). Można przyjąć, że ten poziom genetyczny spełnia funkcję „płaszczka” chroniącego głębsze poziomy genetyczne gleby przed utratą wody. O takiej roli poziomu B1t świadczą mniejsze wartości wilgotności chwilowej (aktualnej) stwierdzane na glebie bardzo silnie zerodowanej (pozbawionej poziomu wmywania) w porównaniu z pozostałymi glebami przy zachowanym poziomie B1t (9, 10). Sama poprawa właściwości gleby bardzo silnie zerodowanej jest w stanie równoważyć efekt utraty poziomu B1t jedynie w początkowym okresie wzrostu roślin. Świadczą o tym badania wykazujące, że różnicowanie parametrów biometrycznych jęczmienia jarego uprawianego na glebie bardzo silnie zerodowanej w porównaniu z jęczmieniem uprawianym na glebach słabo i średnio zerodowanych rozpoczyna się od fazy kwitnienia (10). Niezwykle cenne w ocenie wpływu erozji na plonowanie roślin są analizy zmienności przestrzennej plonów w obszarze skartowanym pod względem gleboznawczym. I g l i k (4) analizując 3-letnie badania z jęczmieniem jarym wykazała różne rozkłady zasięgów zmienności przestrzennej plonów w warunkach suszy, gwałtownego zdarzenia erozyjnego w okresie wschodów oraz w warunkach klimatycznych nieodbiegających od średnich wieloletnich. Jedynie w tym ostatnim przypadku zaobserwowano wyraźny ujemny wpływ stanu zerodowania gleby na wielkość plonu. Należy jednak zaznaczyć, że w obrębie analizowanego pola nie występowała gleba bardzo silnie zerodowana. Zróżnicowanie zmienności przestrzennej plonów przy tym samym nawożeniu i na tym samym polu w trzech kolejnych latach wskazuje na ograniczone możliwości wykorzystania zasad rolnictwa precyzyjnego w terenie lessowym, które może odnieść pozytywny efekt jedynie w odpowiednich warunkach klimatycznych.

W niniejszej pracy ocenę wpływu stanu zerodowania gleby na plon ograniczono jedynie do podstawowych roślin zbożowych. Badania nad plonowaniem prowadzono również z innymi roślinami, jednak były one nieliczne i nie pozwalały na utworzenie

reprezentatywnej bazy danych. Wskazują one na znacznie większe obniżenie plonu buraka cukrowego, marchwi i kukurydzy uprawianej na ziarno w porównaniu ze zbożami uprawianymi na glebie bardzo silnie zerodowanej, które wyniosło 40-60% wielkości uzyskanej na glebie nieerodowanej (5, 8). Są to rośliny o płytkim systemie korzeniowym lub dużym zapotrzebowaniu na wodę, co potwierdza, że różnice w plonach na glebach w terenie lessowym uzależnione są od warunków klimatycznych i zasobności gleb w wodę dostępną dla roślin.

W celu określenia produktywności gleb terenów lessowych zestawiono wskaźniki plonowania z procentowym udziałem gleb w skartowanych obiektach Płaskowyżu Nałęczowskiego. Ocena udziału na podstawie stosunku liczby opisanych gleb jest jedynie przybliżona, jednak jak dotąd jest to jedyny sposób wyznaczenia wielkości areалу zajmowanego przez poszczególne gleby. Ocena ta jest najbardziej dokładna w przypadku zlewni suchej doliny stanowiącej podstawową jednostkę geomorfologiczną i hydrologiczną. Jednak z uwagi na krótki czas użytkowania rolniczego zlewnia w Bogucinie nie jest aż tak typowa dla Wyżyny Lubelskiej. W pozostałych obiektach udział gleb silnie i bardzo silnie zerodowanych w powierzchni całkowitej był znacznie większy. Należy jednak zaznaczyć, że badaniami gleboznawczymi objęto w tych obiektach jedynie część zlewni, a procentowy udział gleb w obszarze zbocza lub fragmencie zlewni może różnić się od tego dla całej zlewni.

Na dominującą rolę erozji uprawowej we współczesnym przekształcaniu krajobrazu lessowego wskazują badania prowadzone w pasie lessowym Belgii przez V a n O o s t a i n. (20), a o wzroście jej znaczenia w przeobrażeniu stoków krótszych R e j m a n a (11). Zwiększenie roli erozji uprawowej wynika ze stosowania ciągników o coraz większej mocy, zwiększających prędkość orki płużnej i energii wprowadzanej do gleby, co powoduje przemieszczanie masy gleby na większą odległość podczas uprawy wzdłużstokowej. Przekształcenie budowy gleb ma również znaczenie środowiskowe. Jak wykazały badania R e j m a n a i n. (15) gleby bardzo silnie zerodowane oraz deluwialne są niemal 2-krotnie bardziej podatne na erozję wodną w porównaniu z glebami słabo i średnio zerodowanymi. Należy zatem oczekiwać nasilenia procesów erozji wraz ze wzrostem wielkości areálu zajmowanego przez gleby najbardziej zerodowane i deluwialne.

Ocena produktywności gleb wykazała, że średni spadek plonu zbóż szacowany jest na poziomie 4-6%. Otwartym problemem pozostaje czy wielkość ta może zachęcić rolników do powszechnego stosowania zabiegów przeciwozyjnych lub zmiany sposobu uprawy gleby poprzez zastąpienie tradycyjnej uprawy płużnej uprawą uproszczoną lub zerową.

Wnioski

Przeprowadzona analiza baz danych plonowania podstawowych roślin zbożowych w terenach lessowych oraz skartowanych pod względem glebowym obiektów wykazała, że:

1. Średni plon wykazuje tendencję do obniżania wielkości wraz ze wzrostem stopnia (klasy) zerodowania gleby płowej oraz niewielkiego wzrostu na glebie deluwialnej.
2. Obniżenie plonu nie jest wprost proporcjonalne do wzrostu stanu zerodowania gleby; dla gleb z zachowanym poziomem B1t (słabo i średnio zerodowanej) jest ono niewielkie, natomiast dla gleb pozbawionych tego poziomu genetycznego i podlegających dalszemu ogłowieńiu znacznie wzrasta.
3. Średnie obniżenie plonu zbóż w obrębie czterech obiektów Płaskowyżu Nałęczowskiego powodowane przekształceniem gleb płowych wskutek erozji zawiera się w przedziale od 4 do 6%.

Literatura

1. Arriaga F. J., Lowery B.: Corn production on an eroded soil: effect of total rainfall and soil water storage. *Soil Till. Res.*, 2003, **71**: 87-93.
2. Bakker M. M., Govers G., Rounsevell M. D. A.: The crop productivity – erosion relationship: an analysis based on experimental work. *Catena*, 2004, **57**: 55-76.
3. Becher H. H., Schwertmann U., Sturmer H.: Crop yield reduction due to reduced plant available water caused by water erosion. In: S. A. Swaify, W. C. Moldenhauer and Lo A. (Eds.) *Soil Erosion and Conservation*, SCSA, Ankeny, Iowa, 1985, 365-373.
4. Iglík I.: Wpływ stanu zerodowania gleby płowej wytworzonej z lessu na aktywność biologiczną i plonowanie roślin. Rozprawa doktorska, Instytut Agrofizyki PAN, Lublin, 2009, 1-135.
5. Mazur Z.: Plonowanie roślin w urzeźbionym terenie lessowym w świetle wieloletnich badań. *Prace Nauk. IUNG*, **K11/1**, 1996, 17-27.
6. Mazur Z., Orlik T.: Plonowanie roślin w zróżnicowanych warunkach erodowanego terenu lessowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1985, **311**: 53-70.
7. Orlik T., Popławska E.: Nawożenie azotowe a plonowanie niektórych roślin uprawianych na polach zabezpieczonych przed erozją. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1985, **311**: 83-94.
8. Paluszek J.: Plonowanie roślin na obszarze erodowanych gleb płowych wytworzonych z lessu. *Prace Nauk. IUNG*, **K11/1**, 1996, 123-131.
9. Paluszek J., Słowińska-Jurkiewicz A.: Problematyka jakości gleb wytworzonych z lessu podlegających erozji wodnej. *Acta Agroph.*, *Rozprawy i Monografie*, 2004, **5**: 89-100.
10. Rejman J.: Crop growth on loess soil of various erosion class. In: J. Lipiec, R. Walczak, G. Józefaciuk (Eds.) *Plant growth in relation to soil physical conditions*. Institute of Agrophysics PAS, Lublin, 2004, 103-110.
11. Rejman J.: Wpływ erozji wodnej i uprawowej na przekształcenie gleb i stoków lessowych. *Acta Agroph.*, *Rozprawy i Monografie*, 2006, **136(3)**: 1-91.
12. Rejman J., Iglík I.: Topsoil reduction and cereal yields on loess soils of southern-east Poland. *Land Degradation and Development*, 2010, **21(4)**: 401-405.
13. Rejman J., Dębicki R., Paluszek J.: Plant yields and soil loss under soil conservation practices in eroded loess area. *ZALF Bericht*, 2001, **47**: 53-58.

14. Rejman J., Rodzik J., Zglobicki W., Jadczyzyn J., Nowocien E.: Reorganizing field and landscape structures in context of building strategies for water and soil protection. Field trip guide. COST 634 Conference, Lublin, 15-17 Sep. 2005, 1-37.
15. Rejman J., Turski R., Paluszek J.: Spatial and temporal variations in erodibility of loess soil. *Soil Till. Res.*, 1998, **46**: 61-68.
16. Thomson A. L., Gantzer C. J., Anderson S. H.: Topsoil depth, fertility, water management and weather influences on yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 1991, **55**: 1085-1091.
17. Turski R., Słowińska-Jurkiewicz A., Paluszek J.: Wpływ erozji na fizyczne właściwości gleby wytworzonej z lessu. *Rocz. Glebozn.*, 1987, **38(1)**: 37-49.
18. Turski R., Słowińska-Jurkiewicz A., Paluszek J.: The effect of erosion on the spatial differentiation of the physical properties of Orthic Luvisols. *International Agrophysics*, 1992, **6**: 123-136.
19. Turski R., Słowińska-Jurkiewicz A.: Gleby wytworzone z lessu. LTN, Lublin, 1994, 1-66.
20. Van Oost K., Van Muysen W., Govers G., Deckers J., Quine T. A.: From water to tillage dominated landform evolution. *Geomorphology*, 2005, **72**: 193-203.

Adres do korespondencji:

dr hab. Jerzy Rejman, prof. IA PAN
Polska Akademia Nauk
Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego
ul. Doświadczalna 4
20-290 Lublin
tel.: (81) 740-45-61
e-mail: rejman@demeter.ipan.lublin.pl

Roman Rybicki

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

ZMIANY STRUKTURY UŻYTKOWANIA GRUNTÓW WE WSI
GAŁKOWICE NA WYŻYNIIE SANDOMIERSKIEJ W LATACH 1938–2008

Wstęp

Produkcja w gospodarstwach rolnych odbywa się w oparciu o naturalne zasoby środowiska, na które składają się woda, gleba, powietrze i krajobraz. Najlepsze efekty ekonomiczne, a zatem największą i najtańszą produkcję uzyskuje się wówczas, gdy system użytkowania ziemi jest dostosowany do warunków przyrodniczych, nie powodując niekorzystnych zmian (6). Warunki te wskutek gospodarczej działalności człowieka są jednak intensywnie przekształcane i podlegają różnego rodzaju zagrożeniom i degradacji. Wyjątkowe znaczenie ma to na obszarze wyżyn środkowopolskich, które w większości należą do regionów intensywnego rolnictwa i są silnie degradowane przez erozję (6, 16, 20, 26, 27).

Erozja jako zjawisko wywołane destrukcyjnym działaniem wiatrów i spływających wód, uczestniczy w zmianach rzeźby terenu i wytwarzaniu gleb stanowiących wierzchnią warstwę skorupy ziemskiej (20). W naturalnych warunkach, bez rolniczej działalności człowieka, erozja (nawet w warunkach najbardziej jej sprzyjających) jest skutecznie ograniczana przez naturalną szatę roślinną (26). W pierwotnym lesie woda po stajaniu śniegu lub po silnych deszczach niemal w całości wsiąkała w glebę, a jeśli zachodziły spływy powierzchniowe to ich natężenie nie było duże, a straty gleby niewielkie. Sama gleba chroniona zwartą szatą roślinną tworzyła się od dołu z podobną, a czasem większą szybkością niż jej zmywanie czy też zwiewanie.

Z chwilą naruszenia przez człowieka równowagi w układzie stosunków przyrodniczych na skutek niszczenia naturalnej okrywy roślinnej tempo erozji wzrosło, powodując nieraz całkowite zniszczenie i przemieszczenie gleby tworzonej przez tysiące lat (1, 2, 20, 26, 27).

Pierwsze zmiany w krajobrazie wynikłe z rozwoju pasterstwa i uprawy ziemi nastąpiły w niektórych regionach już w neolicie. Zasięgi tych zmian były jednak ograniczone, a ich skutki niewielkie ze względu na nietrwałe i często zanikające osadnictwo (11).

Większe zmiany nastąpiły prawdopodobnie dopiero w okresie rzymskim, gdy w miarę stabilizacji osadnictwa w krajobrazie pojawiły się coraz rozleglejsze tereny wylesione i trwale użytkowane (25). Deforestacja przyczyniła się do rozwoju procesu

stepowania, a w obrębie występowania gleb lessowych, jako utworów najmniej odpornych na zmywy wodne, zostały wyzwolone procesy erozyjne (25). Początkowo, mimo względnie gęstego zaludnienia, natężenie tych procesów było ograniczone zarówno w czasie, jak i przestrzeni (okres wczesnego średniowiecza VI-XII w.). Wpływ na to miał dwupółkowy system uprawy (14; 15), a więc często następująca rotacja pól obsiewanych i odługujących oraz możliwość pozostawiania naturze powierzchni wyjałowionych, przenosząc uprawy na nowo wykarczowane tereny leśne. Według Dylikowej (3) właśnie pod koniec XIII wieku zostały wytrzebione ostatnie większe kompleksy lasów na wyżynach. Do wzrostu natężenia procesów erozyjnych doszło w późnym średniowieczu, kiedy system dwupółkowy zastąpiono trójpółkowym, a w wyniku feudalnej formalizacji stosunków własnościowych doszło do utrwalenia granic pól. Według Maruszcaka (15) w tym też okresie zaczęły powstawać, istniejące do dzisiaj, rozgałęzione sieci wąwozów lessowych. Rabunkowa gospodarka folwarczno-pańszczyźniana (XV-XVI w.), z nastawieniem na produkcję zbóż na eksport (4), przyczyniła się do zintensyfikowania procesów zmywnych i wręcz burzliwego rozczłonkowania reliefu. Tereny zdewastowane erozją wąwozową były porzucane, a w celu zachowania areału upraw karczowano kolejne połacie lasów. Pod pług zaczęto zagarniać nawet najbardziej ryzykowne dla rolnictwa powierzchnie, jakimi są strome zbocza (24). O intensywności zachodzących w tym okresie procesów erozyjnych na Wyżynie Sandomierskiej świadczy rozpoczęta w XV wieku obfita akumulacja deluwii lessowych w dnach dolin wytworzonych w holocenie (10).

Jeszcze większym przemianom krajobraz Polski zaczął ulegać od połowy XIX wieku. Postęp techniki, stały wzrost zaludnienia i podnoszenie poziomu cywilizacyjnego zwiększyły potrzebę i możliwości coraz intensywniejszego wykorzystania zasobów przyrody. Mimo niewielkiego już wzrostu powierzchni uprawnych natężenie erozji wzrosło nieporównywalnie. Wzrost zapotrzebowania na żywność wymuszał zwiększanie udziału upraw roślin okopowych kosztem powierzchni upraw chroniących glebę na czas zimy i roztopów wiosennych, przy jednoczesnym przejściu do ciągłego systemu płodozmianowego (bez odługowania). Znacznemu obniżeniu uległy zdolności ochronne i retencyjne lasów (niewielka ich powierzchnia oraz hodowla w sposób zbliżony do upraw plantacyjnych) spotęgowane odwadnianiem dolin rzecznych, terenów podmokłych i bagiennych (15, 24). Poza pogorszeniem walorów estetycznych obniżyła się również potencjalna produktywność ekosystemów rolniczych, leśnych i łąkowych (14, 24).

Obecny krajobraz jest więc z jednej strony wynikiem naturalnej ewolucji, z drugiej zaś wielowiekowego procesu antropogenicznych przekształceń zainicjowanych przez rolnictwo (5).

Celem pracy jest analiza zmian jakie zaszły w strukturze użytkowania gruntów we wsi Gałkowie na Wyżynie Sandomierskiej na przestrzeni ostatnich 70 lat, będących wynikiem zarówno czynników degradujących środowisko, jak i przemian gospodarczych w polskim rolnictwie. Problem ten nabiera szczególnego znaczenia z uwagi na podobne warunki przyrodnicze w całym pasie wyżyn lessowych, gdzie sposób zago-

spodarowania powierzchni w głównej mierze decyduje o natężeniu procesów erozji wodnej oraz rozmiarze środowiskowych i gospodarczych jej skutków (26).

Materiał i metody badań

Badaniami objęto wieś Gałkowiec o powierzchni 342,20 ha (w zlewni rzeki Opátówki), położoną w gminie Dwikozy w województwie świętokrzyskim. Zlewnia Opátówki, położona na Wyżynie Sandomierskiej, ze względu na urozmaiconą rzeźbę terenu (szczególnie dolnego odcinka biegu rzeki), bardzo dużą podatność gleb lessowych na zmywy powierzchniowe i rozmywy liniowe oraz ciągle niekorzystną strukturę użytkowania gruntów, zagrożona jest erozją w stopniu silnym (9).

Przy realizacji opracowania posłużono się dwoma archiwalnymi mapami ewidencji gruntów, mapą topograficzną w skali 1 : 10000 oraz wynikami badań przeprowadzonych bezpośrednio w terenie. Pierwsza z map ewidencyjnych to mapa (plan) gruntów wsi Gałkowiec z 1939 roku (w skali 1 : 2000) sporządzona na podstawie pomiarów przeprowadzonych w 1938 r.; druga to mapa ewidencyjna gruntów z 1972 roku w skali 1 : 5000 sporządzona na podstawie pomiarów przeprowadzonych w 1969 r. Badania terenowe to badania dotyczące stanu użytkowania gruntów przeprowadzone w dwóch terminach: w 2001 i 2008 roku. Poza odniesieniem do czasów historycznych przeprowadzone badania pozwoliły również na określenie zmian w użytkowaniu gruntów w aspekcie członkostwa Polski w UE.

Podczas prac terenowych szczególną uwagę zwrócono na stan zagospodarowania wąwozu rozcinającego dno doliny oraz stan zagospodarowania stromych zboczy, gdzie skutki oddziaływania erozji są najbardziej widoczne. W tym celu na mapę ewidencyjną naniesiono zarysy powierzchni o spadkach przekraczających 15%, wyznaczone wcześniej na podkładach topograficznych. Klasy nachylenia terenu wyznaczano na podstawie odległości między poziomiami. Obszary te, według zaleceń agrotechnicznych dla terenów zagrożonych erozją, powinny być wyłączone z uprawy pólnej (17). Pomiarów powierzchni na mapach dokonywano metodą planimetrowania.

Wyniki i dyskusja

Badany obiekt w większości obejmuje użytkowaną rolniczo dolinę, w której dnie wykształcił się blisko 3-kilometrowy wąwóz. O dużym zagrożeniu terenu erozją świadczą bogata i dynamiczna rzeźba – wąwóz zajmuje 10% powierzchni obiektu, natomiast stoki są o nachyleniu od 5% do 59,2%, z tego około 9,4% to te o nachyleniu ponad 15% (21). Dane dotyczące struktury użytkowania gruntów w poszczególnych latach, tj. w 1938, 1969, 2001 i 2008 r. zamieszczono w tabeli 1, natomiast mapy obrazujące strukturę użytkowania gruntów przedstawiono na rysunkach 1-4.

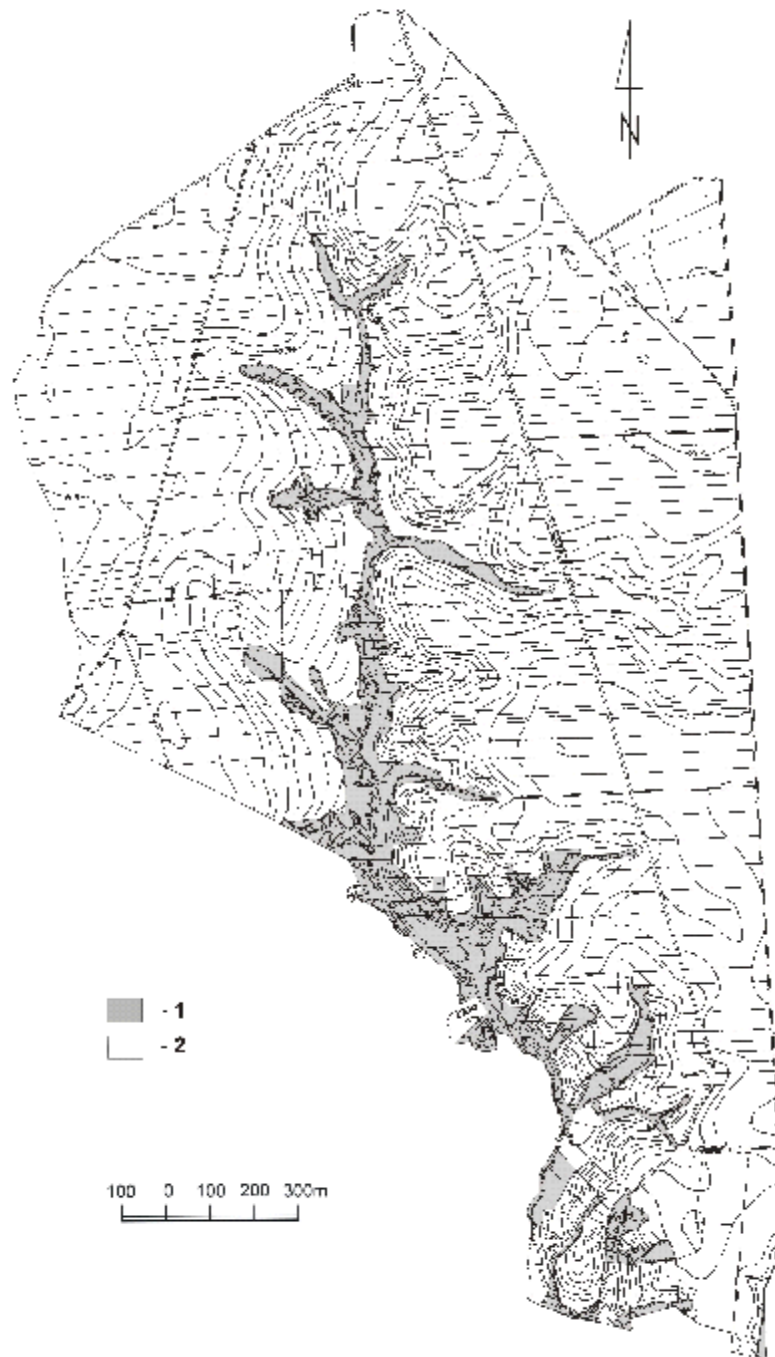
Według Strzeńskiego (24) cały obszar dzisiejszej Kielecczyny pokryty był zwartą puszcą. Jej wylesianie zapoczątkowane w połowie trzeciego tysiąclecia przed naszą erą (będące najbardziej charakterystyczną cechą gospodarki ludzkiej w tym

Tabela 1

Stan użytkowania gruntów oraz dynamika zmian w latach 1938, 1969, 2001 i 2008

Wyszczególnienie	Stan w 1938		Zmiana użytkowania					Stan w 1969		Zmiana użytkowania					Stan w 2001		Zmiana użytkowania					Stan w 2008	
	ha	%	sady	odłogi	grunty orne	las	użytki zielone	ha	%	sady	odłogi	grunty orne	las	użytki zielone	ha	%	sady	odłogi	grunty orne	las	użytki zielone	ha	%
Lasy	0,00	0,0	-	-	-	-	-	9,35	2,7	-	-	-	-	-	33,95	9,9	-	-	-	-	-	33,95	9,9
- w tym na stokach >15%	0,00	0,0	-	-	-	-	-	0,00	0,0	-	-	-	-	-	1,05	0,3	-	-	-	-	-	1,05	0,3
Użytki zielone	36,85	10,8	-	-	-	9,35	-	28,40	8,3	-	1,30	-	22,85	-	6,15	1,8	-	2,15	-	-	-	4,00	1,2
- w tym na stokach >15%	1,10	0,3	-	-	-	0,00	-	1,10	0,3	-	0,75	-	0,10	-	1,55	0,4	-	0,90	-	-	-	0,66	0,2
Sady	0,00	0,0	-	-	-	-	-	9,80	2,9	-	-	4,30	-	-	11,20	3,3	-	0,50	3,20	-	-	29,85	8,7
- w tym na stokach >15%	0,00	0,0	-	-	-	-	-	0,20	0,1	-	-	0,00	-	-	2,20	0,6	-	0,40	0,10	-	-	5,70	1,7
Odłogi	0,00	0,0	-	-	-	-	-	0,15	0,04	-	-	-	-	-	13,90	4,1	-	-	3,40	-	-	25,40	7,4
- w tym na stokach >15%	0,00	0,0	-	-	-	-	-	0,15	0,04	-	-	-	-	-	9,35	2,7	-	-	1,10	-	-	15,75	4,6
Pozostałe użytki rolne	805,35	89,2	9,80	0,15	-	-	0,90	294,50	86,1	5,70	12,45	-	1,75	1,90	275,50	80,5	22,35	12,25	-	-	-	242,10	70,8
- w tym na stokach >15%	31,00	9,1	0,20	0,15	-	-	0,00	30,65	8,9	2,00	8,45	-	0,95	1,30	17,95	5,2	4,00	6,20	-	-	-	8,95	2,6
Razem	842,20	100,0	9,80	0,15	-	9,35	0,90	342,20	100,0	5,70	13,75	4,30	24,60	1,90	342,20	100,0	22,35	14,90	6,60	-	-	342,20	100,0
- w tym na stokach >15%	32,10	9,4	0,20	0,15	-	0,00	0,00	32,10	9,4	2,00	9,20	0,00	1,05	1,30	32,10	9,4	4,00	7,50	1,20	-	-	32,10	9,4

Źródło: badania własne.



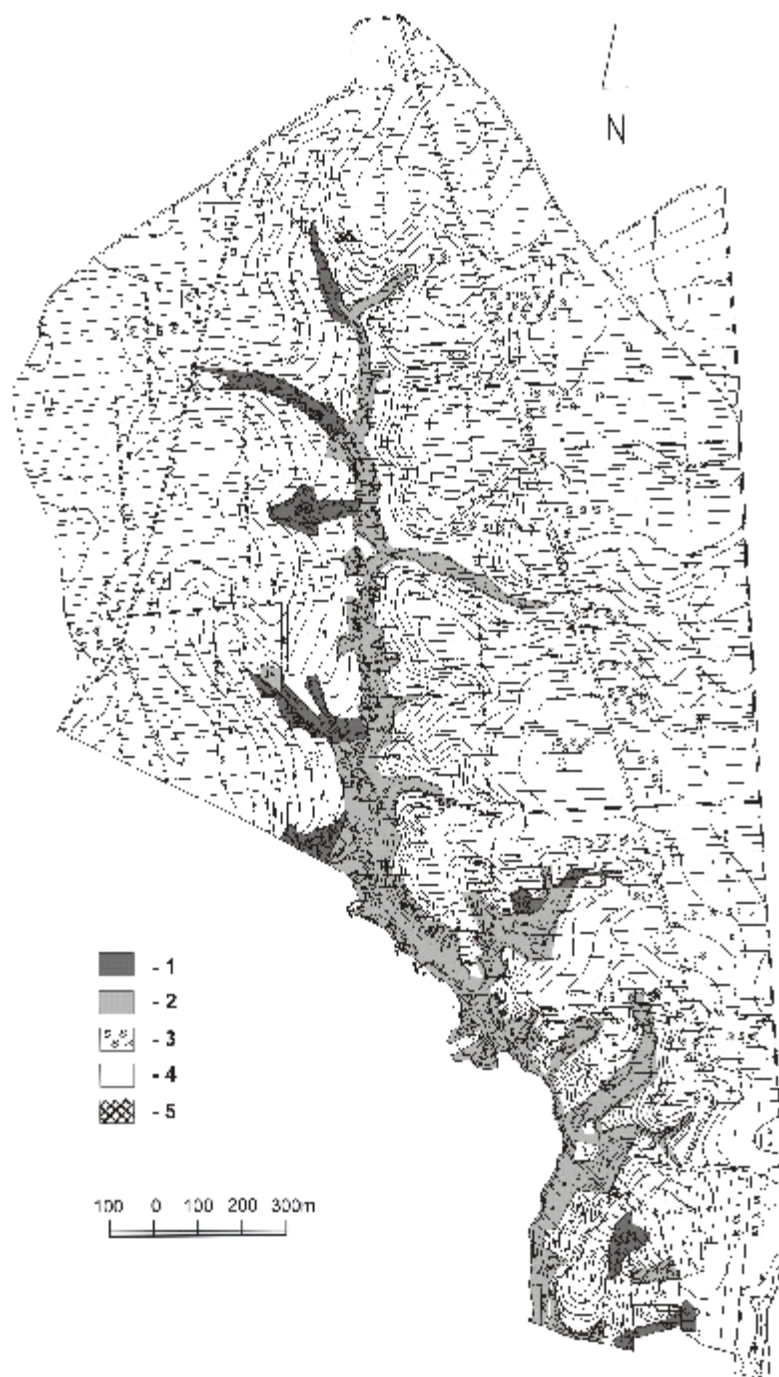
Rys. 1. Obszar badań na mapie ewidencyjnej przetworzonej ze skali 1 : 2000 z naniesioną rzeźbą terenu. Użytkowanie wg stanu w 1938 roku: 1 – użytki zielone; 2 – pozostałe grunty rolne
Źródło: opracowanie własne.

regionie), a trwające do naszych czasów, było głównym czynnikiem kształtującym obecny charakter krajobrazu. Analiza mapy z 1939 roku potwierdza tę tezę – mimo występowania w badanym obiekcie powierzchni zdegradowanych oraz zagrożonych erozją stromych stoków (powierzchni wymagających ochrony poprzez zalesienie) jego lesistość wynosiła 0,0%. Jedynymi istniejącymi wtedy formami użytkowania powierzchni były użytki zielone (łąki i pastwiska) – 10,8% powierzchni obrębu (36,85 ha) oraz grunty orne – 89,2% (305,35 ha). Występująca struktura użytków wskazuje też na istniejącą tendencję do pełnego produkcyjnego wykorzystania powierzchni. Użytki zielone w całości zlokalizowane były w obrębie istniejącego wąwozu (wąwóz zadarniony był niemalże w 100%), a pozostała część obrębu (rozległe wierzchowiny oraz stoki sięgające krawędzi wąwozu) zajęta była przez grunty orne. Taki stan, z niewielkimi zmianami, utrzymywał się przez kolejne 30 lat.

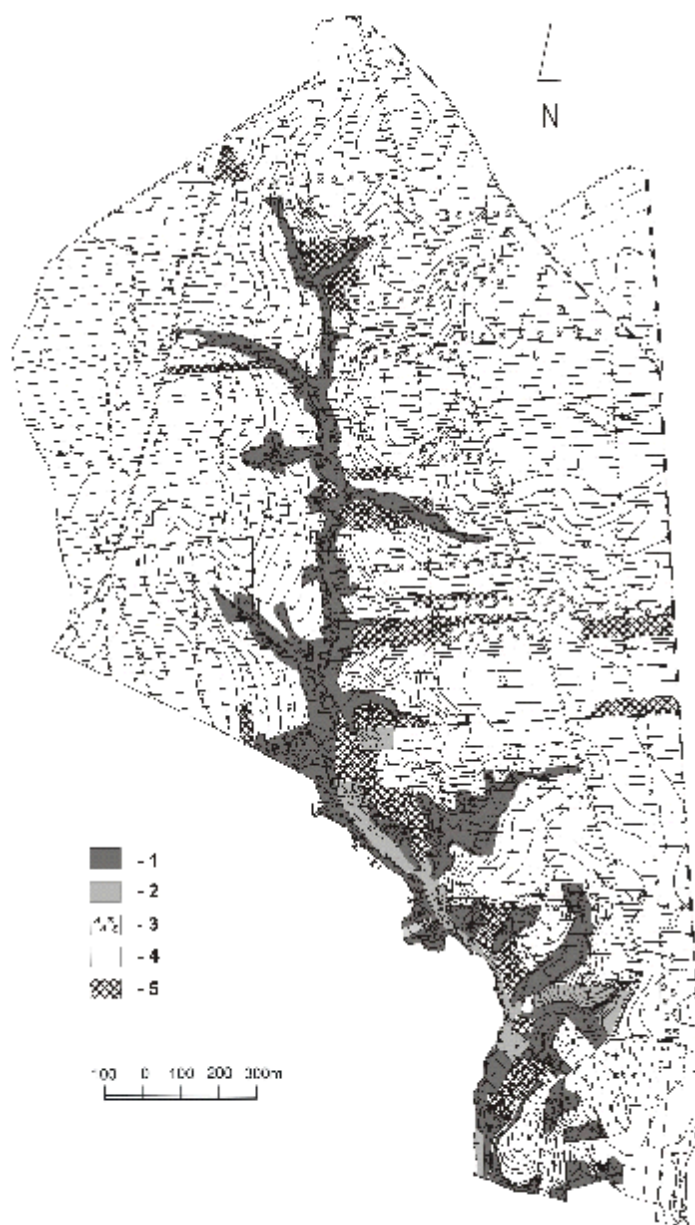
Według mapy z 1972 roku wąwóz nadal w przeważającej części zagospodarowany był pastwiskowo i łąkowo. Tym niemniej na najintensywniej rozwijających się jego bocznych odnogach po stronie zachodniej (rys. 2) zaprzestano użytkowania rolniczego, co pozwoliło na wkroczenie samosiewów drzew i powstanie lasów. Lesistość obrębu w tym okresie wynosiła 2,7% (9,35 ha), a powierzchnia pozostałych jeszcze użytków zielonych 28,40 ha (8,3%). Kolejnym, nowym względem roku 1938, sposobem użytkowania powierzchni, który pojawił się w badanej wsi były sady (głównie przydomowe) w ilości 9,80 ha (2,9%). Nie odgrywały one jednak znaczącej roli glebochronnej, gdyż w większości zlokalizowane były na stosunkowo płaskich elementach rzeźby terenu. Oznaczony na analizowanej mapie nieużytek o powierzchni 0,15 ha to wyrobisko po eksploatacji piasku zalegającego tu pod pokrywą lessu.

Przeprowadzone w 2001 roku badania terenowe wykazały dalsze zmiany w strukturze użytkowania gruntów. Wąwóz użytkowany rolniczo do końca lat 60. w przeważającej części porośnięty już został samosiewami drzew i krzewów. Wraz z zadrzewieniami na przylegających partiach terenu stworzył silnie rozczłonkowany kompleks lasów o łącznej powierzchni 33,95 ha. Niezalesione – zadarnione – ujściowe partie wąwozu (rys. 3 i 4) to nadal wykorzystywane rolniczo łąki i pastwiska. Użytki zielone zajmowały już 1,8% powierzchni badanego terenu (6,15 ha). Zmiany użytkowania objęły również sady i plantacje krzewów owocowych. Sama ich powierzchnia wzrosła jedynie o 1,40 ha, jednak zmieniła się struktura nasadzeń – zlikwidowano 4,3 ha sadów przydomowych, a założono 5,70 ha nowych plantacji produkcyjnych. Z tego 2,20 ha zlokalizowano na stokach o nachyleniu powyżej 15% – zatem plantacje te pełniły już po części funkcje glebochronne jeśli rzędy drzew przebiegały w poprzek stoku lub drzewa zostały posadzone w pasach darni.

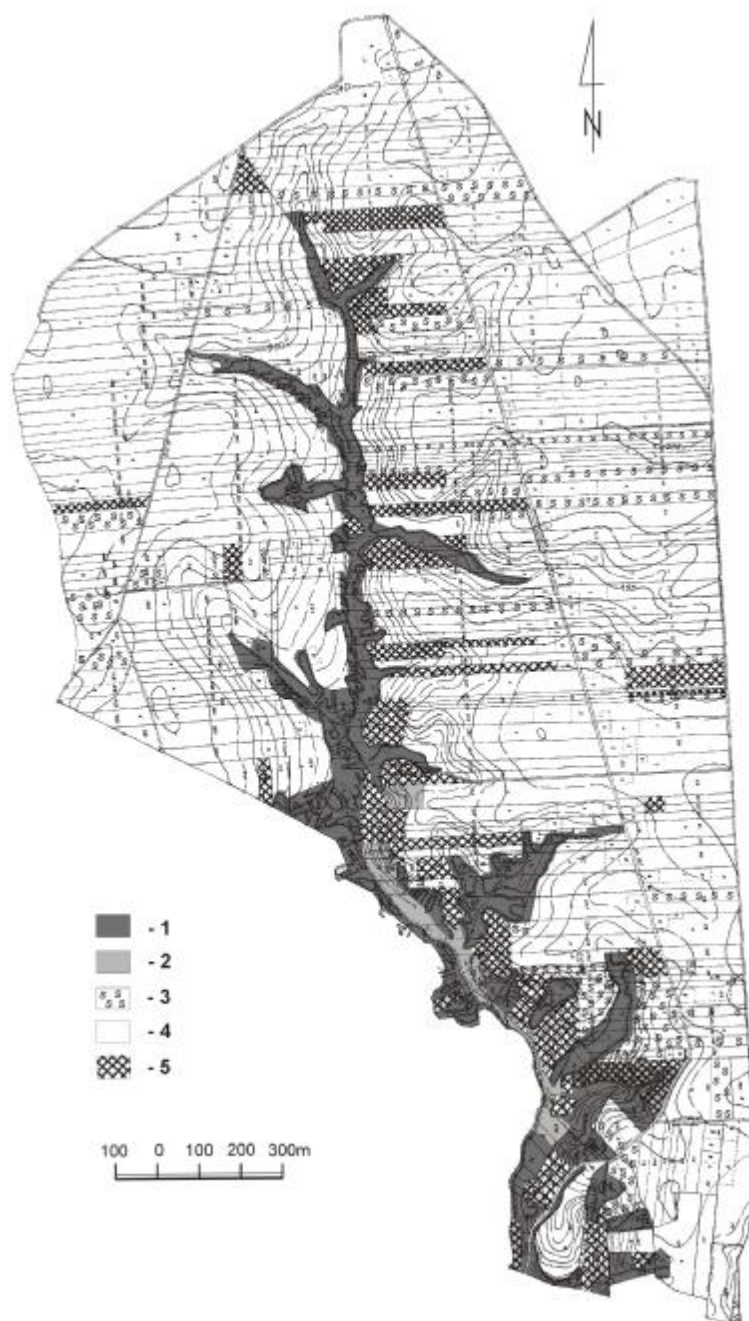
Niepokojącym zjawiskiem, co potwierdzają również badania przeprowadzone w innych rejonach kraju (7, 8, 12, 13, 18), jest zachodzący proces odłogowania gruntów. W 2001 roku zinwentaryzowano łącznie 13,75 ha odłogów (proces obserwowany również w roku 2008), na co złożyło się wyłączenie z użytkowania rolniczego 1,30 ha użytków zielonych oraz 12,45 ha gruntów ornych. Spośród zewidencjonowanych odłogów 9,35 ha (67%) zlokalizowane było na stokach o nachyleniu ponad 15%. Należy



Rys. 2. Obszar badań na mapie ewidencyjnej przetworzonej ze skali 1 : 5000 z naniesioną rzeźbą terenu. Użytkowanie wg stanu w 1969 roku: 1 – lasy; 2 – użytki zielone; 3 – sady i plantacje krzewów owocowych; 4 – pozostałe grunty rolne; 5 – odłogi i nieużytki
Źródło: opracowanie własne.



Rys. 3. Obszar badań na mapie ewidencyjnej przetworzonej ze skali 1 : 5000 z naniesioną rzeźbą terenu. Użytkowanie wg stanu w 2001 roku: 1 – lasy; 2 – użytki zielone; 3 – sady i plantacje krzewów owocowych; 4 – pozostałe grunty rolne; 5 – odłogi i nieużytki
Źródło: opracowanie własne.



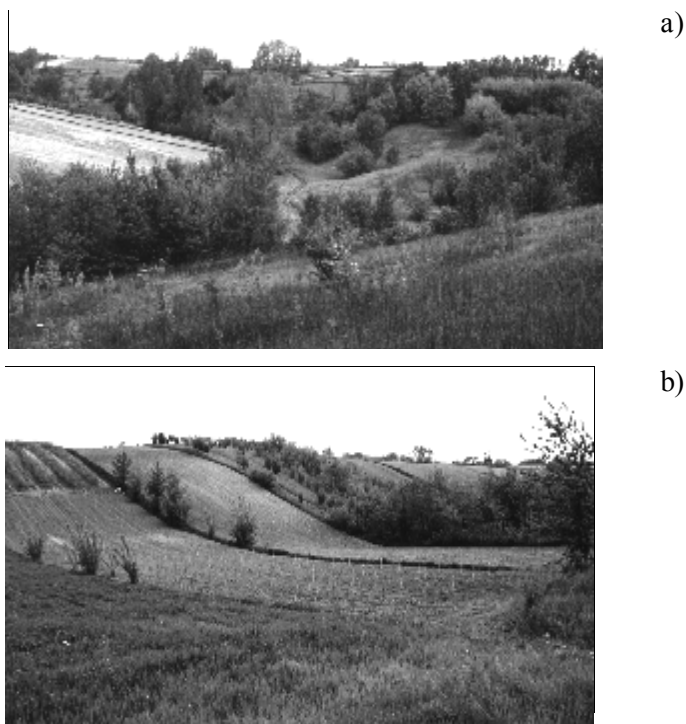
Rys. 4. Obszar badań na mapie ewidencyjnej przetworzonej ze skali 1 : 5000 z naniesioną rzeźbą terenu. Użytkowanie wg stanu w 2008 roku: 1 – lasy; 2 – użytki zielone; 3 – sady i plantacje krzewów owocowych; 4 – pozostałe grunty rolne; 5 – odłogi i nieużytki
Źródło: opracowanie własne.

wnioskować, że zaniechanie rolniczego wykorzystania gruntów jest tu głównie spowodowane degradacją erozyjną gleb (i związanym z tym zmniejszeniem ich urodzajności), utrudnieniami w agrotechnice na stromiznach (stromie stoki sięgają często krawędzi wąwozu) oraz jest pochodną (na co szczególnie wskazuje wiek odłogów oraz odłogowanie użytków zielonych) koniunktury panującej w polskim rolnictwie. Jak wynika z analizy okresów wyłączeń z uprawy (21) 40% to odłogi w wieku do 5 lat, natomiast pozostałe to powierzchnie nieuprawiane od ponad 5 lat.

Przeprowadzone powtórnie badania w 2008 (22) wykazały, że od 2001 roku ogólna powierzchnia odłogów powiększyła się do 25,40 ha (2,15 ha to odłogi użytków zielonych, 0,50 ha sady, 12,25 ha grunty orne), w tym na stokach o nachyleniu powyżej 15% (stokach zagrożonych erozją w stopniu silnym) do 15,75 ha. Przyczyny zaniechania użytkowania rolniczego są więc podobne, jak w latach poprzednich. Nie stwierdzono natomiast, w porównaniu z danymi z 2001 roku (tab. 1), powiększenia powierzchni leśnych. Tym niemniej na niektórych istniejących wcześniej odłogach (między innymi w ujściowej części doliny) stwierdzono intensywny wzrost drzew z samosiewu. Powierzchnie te, w myśl zasad hodowli lasu (23), w niedługim czasie będzie można uznać za zalesione. Zasadniczo nie zmieniła się również powierzchnia użytków zielonych w dnie ujściowej części wąwozu (rys. 4), są one jednak w coraz mniejszym stopniu użytkowane zarówno kośnie, jak i pastwiskowo, co prowadzi do wkraczania roślinności wyższej. Według J ó z e f a c i u k ó w (9) zjawisko takie w miejscach skoncentrowanych spływów wód nie jest korzystne. Ponadto nie bez znaczenia są tu względy krajobrazowe – powierzchnie zadarnione wraz z zakrzaczeniami, wysoką roślinnością drzewiastą oraz mozaiką pól uprawnych (rys. 5a) tworzą niepowtarzalny układ o wysokich walorach estetycznych, charakterystycznych dla tego regionu (19). Aby nie dopuścić do utraty opisanych walorów krajobrazowych wskazane by było dalsze kośne lub pastwiskowe użytkowanie darni w celu zachowania należytego jej stanu.

Poza procesem odłogowania obserwowany jest również proces przywracania użytkowania rolniczego na istniejących wcześniej odłogach. W badanej zlewni w okresie od 2001 roku przywrócono do użytkowania łącznie 3,40 ha takich powierzchni. O ile proces ten jest korzystny na terenach płaskich (charakteryzujących się stosunkowo słabo zdegradowanymi glebami), o tyle kontrowersje budzi ponowne płużne zagospodarowanie stromych stoków. W badanym obiekcie przywracano do użytkowania odłogi położone na stromiznach, w trudno dostępnych miejscach bez dróg dojazdowych oraz nad krawędziami wąwozu. Wnioskować można, że było to podyktowane nie tyle chęcią powiększenia przez rolników areалу upraw, co możliwością skorzystania z dopłat do produkcji rolnej ze środków UE. Należy się jednak spodziewać, że ze względu na wzdłużstokowy układ działek nastąpi na tym obszarze silna wtórna erozyjna degradacja gleby.

W aspekcie ochrony gleb przed erozją ważne jest też zwiększenie powierzchni sadów i plantacji drzew owocowych zakładanych zgodnie z zasadami ochrony gleby. Przeprowadzona inwentaryzacja wykazała, że w od 2001 roku powierzchnia tych użytków wzrosła prawie trzykrotnie i wynosi obecnie 29,85 ha (w okresie tym zlikwi-



Rys. 5. a) Uroczysko „Daleniove Dołki” z mozaiką zbiorowisk roślinnych w ujściowej części wąwozu, na pierwszym planie zachwaszczony fragment odlegającego stoku; b) Górny odcinek doliny głównej ze stromymi stokami, w głębi widoczne czoło zalesionego wąwozu (fot. T. Węgorek)

dowano 3,70 ha plantacji). Całość nasadzeń zlokalizowana jest na gruntach ornych, z tego 4,00 ha stanowią stoki o spadkach powyżej 15%. Istniejący układ działek w głównej mierze wymusił też wzdłużstokowy przebieg rzędów drzew. Tym niemniej ze względu na zadarnione w większości międzyrzędzia należy wnioskować, że plantacje spełnią rolę ochronną.

Poza zmianą struktury użytkowania przeprowadzone badania wykazały również rozwój istniejącego wąwozu – na przestrzeni 70 lat jego czoło (rys. 5b) przesunęło się (wcięło w pola uprawne) około 50 metrów. Jest to spowodowane uczynnieniem się różnych zjawisk erozyjnych, takich jak: kaskady, kotły eworsyjno-sufozyjne, w wyniku uprawy płużnej stosunkowo płaskich obrzeży wąwozu do samych jego krawędzi.

Wnioski

Z przeprowadzonych analiz można wysnuć następujące wnioski:

1. W badanym obszarze istnieje tendencja zwiększania powierzchni leśnych w następstwie naturalnej sukcesji drzew i krzewów na nieużytkowanych rolniczo pastwiskach i łąkach.

2. Lasy zlokalizowane są głównie w obrębie istniejącego wąwozu oraz stromych stoków, co dowodzi wyłączenia z użytkowania powierzchni zdegradowanych erozyjnie.

3. Brak jest zalesień w postaci pasów biologicznych nad krawędziami wąwozów – uprawa płużna sięgająca do samych krawędzi wąwozu wywołuje jego rozwój poprzez uczynnianie się różnych zjawisk erozyjnych.

4. Stwierdzono zachodzący obecnie proces odłogowania gruntów, przy czym znaczny udział mają tu grunty orne zlokalizowane na stokach o nachyleniu powyżej 15%, tzn. na powierzchniach zagrożonych erozją.

5. Poza odłogowaniem gruntów ornym stwierdzono również proces odłogowania użytków zielonych, którego przyczyn należy upatrywać w pogorszeniu koniunktury w hodowli bydła.

6. Stwierdzono przypadki przywracania do użytkowania rolniczego istniejących wcześniej odłogów (również tych zlokalizowanych na stromych stokach).

7. Stwierdzono tendencję wzrostową w powierzchni sadów i plantacji krzewów owocowych, przy czym plantacje te lokalizowane są również na stromych stokach.

8. W celu naprawy krajobrazu rolniczego takich terenów, jak przedstawiono w pracy (co dotyczy również innych podobnych obszarów występujących w pasie wyżyn środkowopolskich) w pierwszym rzędzie należy wyłączyć z użytkowania rolniczego powierzchnie najbardziej zagrożone degradacją erozyjną. W dalszej kolejności powierzchnie te, łącznie z istniejącymi odłogami (w szczególności tymi mającymi genezę erozyjną), należy poddać renaturyzacji przyrodniczej. W celu zapobieżenia powstawaniu dalszych rozmywów na zboczach i skarpach wąwozu konieczne jest utworzenie „kołnierzy” biologicznych nad jego krawędziami.

Literatura

1. B a c S.: Przemieszczanie gleb. *Prz. Rol.*, 1947, **9-10**: 119-132.
2. B e n n e t H. H.: *Elements of soil conservation*. New York, Toronto, London, 1955.
3. D y l i k o w a A.: *Geografia Polski. Krainy geograficzne*. Wyd. Państwowe Zakłady Wydawnictw Szkolnych, Warszawa, 1973.
4. G l o g e r Z.: *Geografia historyczna ziem dawnej Polski*. Wyd. Wiedza Powszechna, Warszawa, 1991.
5. J a k u b c z a k Z.: Stan aktualny i potrzeby fitomelioracji krajobrazu w Polsce. *Mat. pokonferencyjne „Problemy ochrony i rekultywacji powierzchni ziemi w Polsce”*. Warszawa, 1976, 309-328.
6. J ó z e f a c i u k A., J ó z e f a c i u k C z.: Ocena wodnej erozji gleb terenów wyżynnych. Polska na tle warunków przyrodniczo-rolniczych. *Rocz. Glebozn.*, 1987, **38(1)**: 51-58.
7. J ó z e f a c i u k A., T a ł a ł a j Z.: Zagadnienie erozyjnych gruntów marginalnych. *Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe: Ochrona agroekosystemów zagrożonych erozją*. Puławy, 11-13 września 1996, cz. 1, 273-275.
8. J ó z e f a c i u k A., J ó z e f a c i u k C z.: Wpływ erozji wodnej na tworzenie się gruntów marginalnych i sposoby ich zapobiegania. W: *Przyrodnicze i techniczne problemy ochrony i kształtowania środowiska rolniczego*. Red. J. Marcinek. Wyd. AR Poznań, 1997, 63-69.
9. J ó z e f a c i u k A., J ó z e f a c i u k C z.: *Ochrona gruntów przed erozją*. IUNG w Puławach, 1999.
10. K o s m o w s k a - S u f f c z y Ń s k a D.: Wpływ działalności ludzkiej na tempo przyrostu aluwów dolinnych i zmian w krajobrazie na przykładzie doliny Czyżówki (Wyżyna Sandomierska). *Prace i Studia Geogr. UW*, 1983, t. 4, 69-78.

11. Kruk J.: Gospodarka w Polsce południowo-wschodniej w V-III tysiącleciu p.n.e. Inst. Hist. Kult. Mat. PAN, Wyd. Ossolineum, Wrocław, 1980.
12. Lechwar M., Moskal J.: Zmiany w użytkowaniu ziemi w południowo-wschodniej Polsce. Bibl. Fragm. Agron., 1998, **5**: 53-62.
13. Marks M., Nowicki J.: Aktualne problemy gospodarowania ziemią rolniczą w Polsce. Cz. 1. Przyczyny odłogowania gruntów i możliwości ich rolniczego zagospodarowania. Fragm. Agron., 2002, **1(73)**: 58-65.
14. Maruszczak H.: Zmiany środowiska przyrodniczego kraju w czasach historycznych. W: Przemiany środowiska geograficznego. Red. L. Starkel. Wszechn. PAN, Ossolineum, Wrocław, 1987, 189-202.
15. Maruszczak H.: Wpływ rolniczego użytkowania ziemi na środowisko przyrodnicze w czasach historycznych. W: Geografia Polski środowisko przyrodnicze. Red. L. Starkel. PWN Warszawa, 1999.
16. Mazur Z.: Erozja wodna gleb w zlewni rzeki Opatówki. Wiad. IMUZ, 1963, **3(2)**: 7-20.
17. Orlik T.: Zadania agrotechniki jako metody przeciwdziałania degradacji gleb na obszarach erodowanych. Bibl. Fragm. Agron., 1998, **4A**: 315-337.
18. Orlik T.: Tendencje zmian użytkowania gleb erodowanych w aspekcie przyrodniczo-gospodarczym i przemian w strukturze agrarnej. Inż. Rol., 2001, **2**: 273-277.
19. Pałys S., Węgorzek T.: Wąwozy lessowe jako osobliwość okolic Sandomierza. W: Osobliwości przyrody Ziemi Sandomierskiej. Red. T. Puszkarski. Wyd. Diecezjalne w Sandomierzu, 1998, 21-29.
20. Reniger A.: Próba oceny nasilenia i zasięgów potencjalnej erozji gleb w Polsce. Roczn. Nauk Rol., 1950, **54**: 1-59.
21. Rybicki R.: Analiza struktury użytkowania wybranej zlewni częściowej w dorzeczu Opatówki. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2002, **487**: 327-332.
22. Rybicki R.: Zmiany użytkowania lessowych gruntów erodowanych na przykładzie mikrozwlewni dorzecza Opatówki. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2009, **535**: 365-371.
23. Strzemski M.: Ogólnopryrodnicze i gospodarcze tło rozwoju procesów erozyjnych w woj. kieleckim. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1957, **8**: 95-111.
24. Szymański S.: Ekologiczne podstawy hodowli lasu. PWRiL Warszawa, 1986.
25. Twardy J.: Przebieg erozji gleb w środkowej Polsce i jej związek z prehistorycznym osadnictwem i gospodarką. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2003, **487**: 371-379.
26. Ziemiński S.: Melioracje przeciwoerozyjne. PWRiL Warszawa, 1967.
27. Ziemiński S.: Problem erozji i jej zwalczanie. Mat. Narady Nauk.-Tech.: „Nowe metody oceny zdolności retencyjnej gleb i walki z erozją”, NOT Lublin, 1976, 62-82.

Adres do korespondencji:

dr Roman Rybicki
Katedra Melioracji i Budownictwa Rolniczego
Uniwersytet Przyrodniczy
ul. Leszczyńskiego 7
20-069 Lublin
tel.: (81) 524-81-28
e-mail: roman.rybicki@up.lublin.pl

Ewa Smolska

Uniwersytet Warszawski

INTENSYWNOŚĆ EROZJI ŻŁOBINOWEJ NA OBSZARACH
MŁODOGLACJALNYCH W ŚWIETLE BADAŃ TERENOWYCH
W ZLEWNI GÓRNEJ SZESZUPY (POJEZIERZE SUWAŃSKIE, POLSKA NE)

Wstęp

Obszar pojezierzy wyróżnia się wśród nizin bardziej urozmaiconą rzeźbą oraz mozaikowością pokrywy glebowej. Uwzględniając potencjalne warunki rozwoju erozji wodnej na stokach są to tereny w znacznie mniejszym stopniu zagrożone erozją niż wyżynne czy podgórskie (9). Obok znacznych spadków terenu przeważają tam stoki krótkie (tzw. rzeźba krótkopromienna), które wyraźnie ograniczają rozwój żłobin.

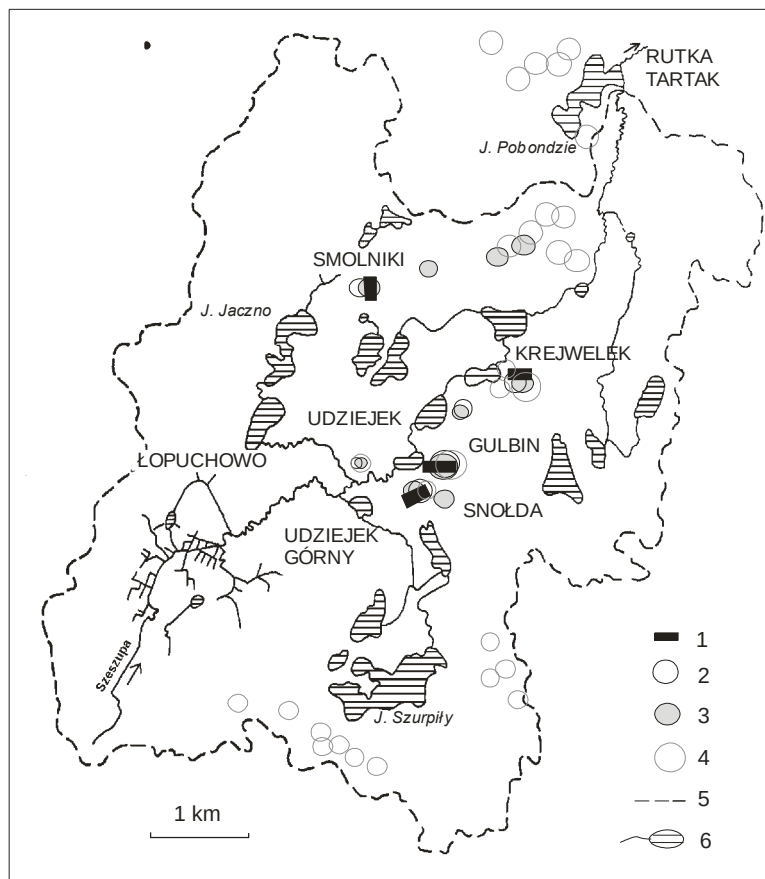
Dotychczasowe badania w Polsce północnej wskazują, że okresowo dochodzi do formowania się żłobin, a erozja może osiągać ponadprzeciętne natężenie (13). Zwracano wielokrotnie uwagę na nasilanie się erozji wodnej na stokach użytkowanych rolniczo zarówno na Pojezierzu Pomorskim (6, 11, 12, 21), jak i Mazurskim (14, 15, 17, 23, 24, 25). Podkreślano intensyfikację produkcji rolnej jako jedną z przyczyn rozprzestrzeniania się erozji na tereny o mniejszych nachyleniach, wskazywano na wzrastający stopień mechanizacji prac uprawowych oraz zagęszczanie poziomu uprawowego i warstwy podornej w wyniku stosowania coraz cięższych maszyn (7, 15, 21).

Celem badań prowadzonych w zlewni górnej Szeszuły na Pojezierzu Suwańskim, w Polsce NE, była ocena natężenia procesów erozji żłobinowej oraz warunków jej występowania.

Metodyka badań

W pracy przedstawiono wyniki obserwacji terenowych prowadzonych przez ponad 8 lat (1987–1989, 1998–1999, 2007–2009 oraz wiosną 2010 roku) na obszarze zlewni górnej Szeszuły.

Badania terenowe polegały na kartowaniu zlewni i rejestracji stoków, na których tworzyły się żłobiny (rys. 1). Kartowanie zlewni wykonywano po wystąpieniu intensywnych roztopów oraz opadów. Dla wybranych stoków wykonano pomiary żłobin w transektach poprzecznostokowych, to jest w wierzchowinowej i górnej części stołu, środkowej (zazwyczaj 2 transekty) i dolnej. Na danym stoku pomiary wykonywano zazwyczaj w 4-5 transektach. Liczono ilość żłobin oraz mierzono ich długość, sze-



Rys. 1. Lokalizacja obszaru badań: 1 – stoki objęte pomiarami żłobin; intensywna erozja żłobinowa po opadach: 2 – 20. 05.1988 r., 3 – 22.06.1999 r., 4 – 17.05.2010 r.; 5 – zlewnia górnej Szeszuły, 6 – rzeki i jeziora

rokość oraz głębokość i na tej podstawie szacowano objętość mikroform. Podobnie mierzono akumulację w dolnej części stoków i u ich podstawy, uwzględniając powierzchnię i miąższość naniesionego osadu.

Od 2007 roku opady mierzono pluwiografem z automatyczną rejestracją. We wcześniejszych okresach badawczych korzystano z danych pluwiograficznych z posterunku opadowego IMGW w Kleszczówku-Sidorach.

Szczególną uwagę zwrócono na warunki wystąpienia erozji żłobinowej: topograficzne (spadek, długość i nachylenie stoku), litologiczne i meteorologiczne oraz użytkowanie terenu.

Obszar badań

Obszar badań reprezentuje typowy krajobraz polodowcowy młodoglacjalny. Przeważają tu obszary moreny falistej i pagórkowatej, licznie występują wzgórza i pagórki moren czołowych oraz moren martwego lodu. Centralną część zlewni górnej Szeszupy zajmuje obniżenie o genezie egzaracyjno-wytopiskowej z licznymi formami szczelinowymi. Płaskie obszary sandrowe zajmują niewielkie powierzchnie (3, 4).

Mimo znacznej deniwelacji maksymalnej (142 m) lokalne różnice wysokości zazwyczaj kształtują się w granicach 10-30 m, tylko stoki niektórych wzgórz morenowych i stoki w dolinie Szeszupy mają większe deniwelacje (30-70 m). Podobnie jest z długością stoków – przeważają stoki krótkie, do 100 m długości, lokalnie osiągają ponad 200 m.

Gleby badanego terenu to brunatne i płowe rozwinięte na piaskach gliniastych, lokalnie mułkach z piaskiem oraz bielcowe i rdzawe na osadach piaszczysto-żwirowych. W dnach dolin i obniżeniach występują gleby hydromorficzne.

Klimat badanego obszaru jest umiarkowany z cechami kontynentalnymi (20). Średnia roczna suma opadów w ostatnim 30-leciu (1980–2009) wyniosła 591,7 mm. Największe opady dobowe występują w lipcu, rzadziej w czerwcu i sierpniu. Intensywność opadów jest tu niewielka i należy do jednych z najniższych w Polsce (1). Roztopy na Pojezierzu Suwalskim również nie przebiegają gwałtownie, są zwykle typu adwekcyjnego.

Grunty orne zajmują 43% powierzchni zlewni. Znaczny udział w strukturze użytkowania mają łąki i pastwiska – około 15%. Główne uprawy to zboża i ziemniak, lokalnie uprawia się też kukurydzę.

Wyniki badań i dyskusja

Charakterystyka opadów i roztopów

W okresie objętym badaniami średnia roczna suma opadów wyniosła 591,6 mm. W poszczególnych latach opady były zróżnicowane od 452,5 mm (2008) do 716,9 mm (1987); (tab. 1). Opady śniegu stanowiły w poszczególnych latach od 9 do 30% całkowitego opadu. Wskaźnik erozyjności opadów deszczu i spływów roztopowych EI_{30} wyniósł rocznie średnio $887 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Zarówno erozyjność opadów deszczu, jak i spływów roztopowych była znacznie zróżnicowana (tab. 1). Najwyższymi opadami cechował się rok 1987, natomiast największą wartość czynnik EI_{30} osiągnął w 2007 r. Zdecydowanie przeważały opady o niewielkiej wydajności (do 10-15 mm) i małej erozyjności ($<30 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$).

Prawie każdego roku zdarzały się opady o wydajności ponad 20 mm i erozyjności w granicach $50\text{-}100 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, najwięcej 4-krotnie. Częściej występowały one w lipcu i sierpniu (8-krotnie) niż w czerwcu czy maju. Opady o większej erozyjności zdarzały się rzadziej. Zaledwie 2 razy w okresie badań wystąpiły opady o erozyjności powyżej $300 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Do deszczu o wyjątkowej jak na badany region erozyj-

Tabela 1

Wybrane charakterystyki opadów okresu badań

Rok	Opad (mm)		EI_{30} (MJ mm · ha ⁻¹ · h ⁻¹)	Liczba dni z opadem (mm)			Ilość deszczy o erozyjności EI_{30} (MJ mm · ha ⁻¹ · h ⁻¹)		
	całkowity	śnieg		≥10	≥20	≥30	≥50	≥100	≥200
1987	716,9	63,8	1170,1	13	5		4	3	
1988	584,6	112,1	1089,8	2	5		2		2
1989	623,2	94,4	656,5	13	2		1	1	
1998	700,6	81,3	868,7	16	3		1	2	
1999	523,6	122,1	898,3	3		2		1	1
2007	651,9	104,6	1213,1	9	2		4	1	1
2008	452,4	143	557,3	5			1		
2009	480,2	86,5	642,8	8	2			2	

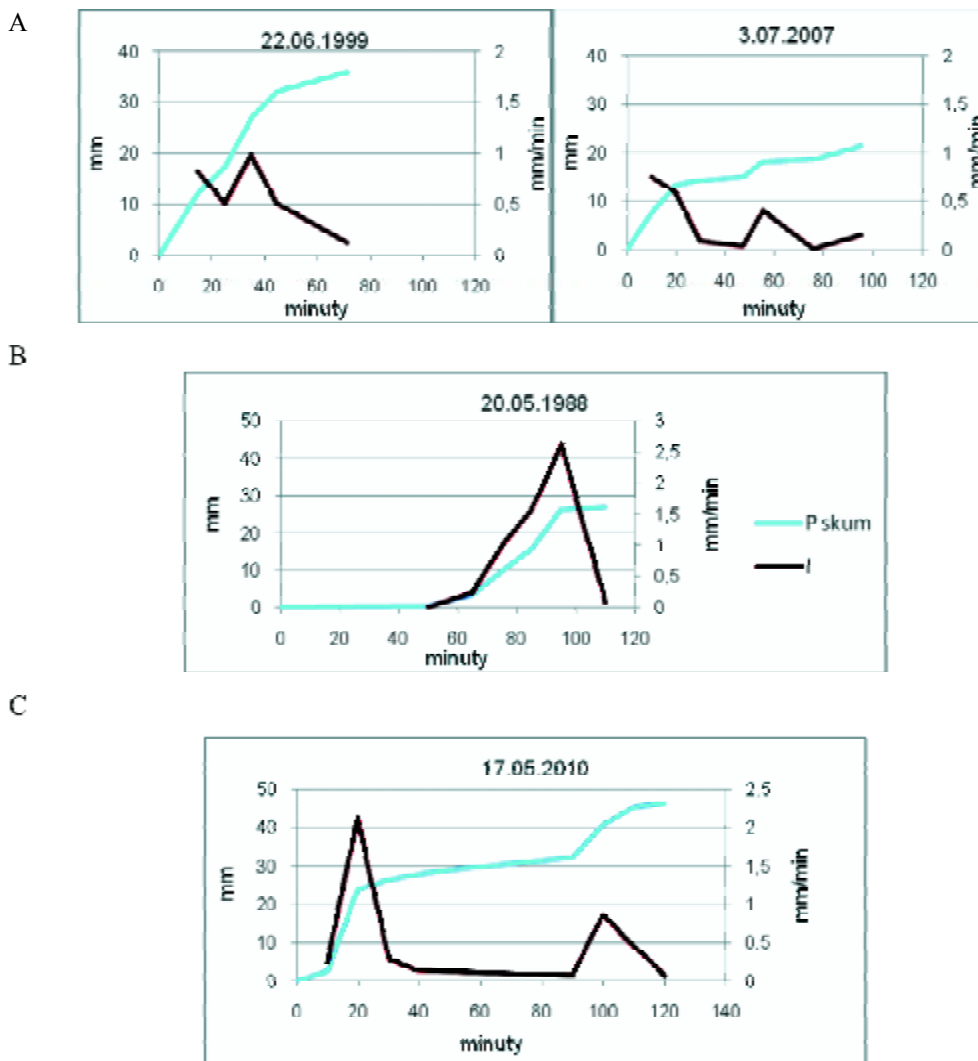
Źródło: obliczenia własne na podstawie danych z posterunku opadowego IMGW w Kleszczówku-Sidorach, od 2007 r. własnych danych.

ności ($EI_{30} = 607 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) należy zaliczyć opad o wydajności 46,1 mm, który wystąpił 17 maja 2010 r.

Cechą typową dla regionu jest niewielka intensywność deszczy i związana z tym ich niewielka erozyjność (1). Przykład przebiegu typowych ulew występujących w okresie od maja do września przedstawiono na rysunku 2. Zazwyczaj intensywny deszcz notowano jedynie przez niewielką część czasu trwania całego opadu. Maksymalne 10–15-minutowe natężenie zazwyczaj osiągało niewiele ponad $0,5 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, a średnie natężenie nie przekraczało $0,2 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Również opady o znacznej erozyjności ($EI_{30} > 50 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) cechowały się niewielką średnią intensywnością, kształtowała się ona w zakresie $0,2\text{--}0,5 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Według klasyfikacji Chomicza (5) były to opady zwykłe (określane jako intensywne). Większe natężenie odpowiadające ulewowi (powyżej $1 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) rejestrowano jedynie przez krótki czas trwania opadu, zwykle nie dłużej niż 15–20 minut (rys. 2B), natomiast natężenie przekraczające $2 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ występowało sporadycznie (rys. 2BC).

Opad jaki wystąpił 17 maja 2010 roku (rys. 2C) miał średnie natężenie $I = 0,36 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, a więc typowe, jak dla późnowiosennych i letnich opadów określanych przez Uggłę (23) jako burzowe. Podczas opadu trwającego prawie 2 godziny dwukrotnie deszcz miał dużą intensywność, określaną przez miejscową ludność jako „oberwanie chmury”. Można to określenie powiązać z intensywnością deszczu na początku i pod koniec jego trwania, kiedy 10-minutowa intensywność opadu wyniosła odpowiednio 2,12 i $0,86 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, a chwilowa 3,45 (przez 4 minuty) i $1,36 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ (5 minut). Maksymalne natężenie opadu w ciągu 30 minut wyniosło $I_{30} = 0,88 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$.

Generalnie roztopy wiosenne na badanym obszarze nie mają dynamicznego przebiegu. W okresie badań przeważnie występowały łagodne zimy. Opady śniegu były zbliżone do występujących w wieloleciu (20), ale pokrywa śnieżna zalegała znacznie krócej. Słabo przemarznięty grunt i kilkakrotne roztopy śródzimowe znacznie redukowały objętość spływu roztopowego. Wskaźnik erozyjności opadów i spływów EI_{30} szacowany na podstawie opadów śniegu nie odzwierciedlał rzeczywistego ekwiwa-



Rys. 2. Wydajność i intensywność wybranych deszczy w okresie badań wg klasyfikacji Chomicza

(5): A – opady zwykłe, B i C – opady zwykłe intensywne

Źródło: opracowanie autorki.

lentu wodnego śniegu podczas wiosennych roztopów. Jedynie w latach 1987, 1988 i 2009 wodny ekwiwalent śniegu przypadający na wiosenny okres roztopowy był znaczący i wyniósł od 40 do 70 mm.

Występowanie i intensywność erozji żłobinowej

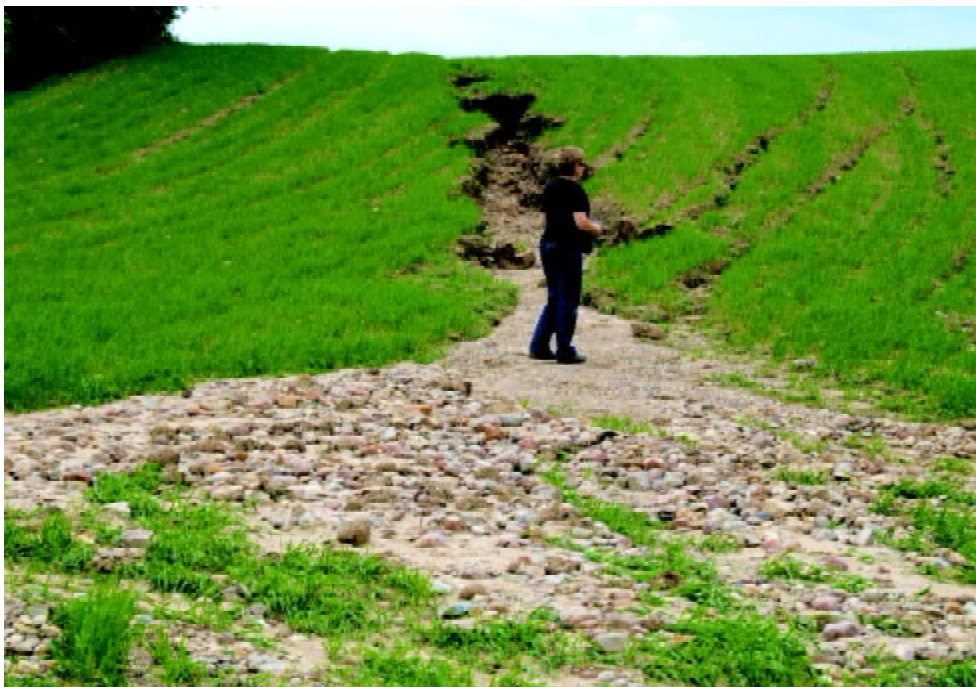
Występowanie żłobin obserwowano na stokach piaszczysto-gliniastych. Ich formowanie się było uwarunkowane mikrorzeźbą stoku związaną z uprawą. Pojedyncze żłobiny występowały każdego roku. Po opadach o znacznym natężeniu sieć żłobin

formowała się na stokach dłuższych niż 100 m. Głębokość żłobin była zazwyczaj niewielka. W wierzchowinowej części wzgórz i pagórków nie zaobserwowano powstawania żłobin. Pierwsze tworzyły się poniżej górnego wypukłego załomu, ich głębokość wynosiła 5-7 cm. W środkowych i dolnych fragmentach stoków głębokość żłobin była większa, zazwyczaj do 10 cm, lokalnie w granicach 10-20 cm, a sporadycznie osiągała 50 cm. Szerokość żłobin mieściła się zazwyczaj w zakresie od kilku do kilkunastu centymetrów.

Wraz ze wzrostem natężenia opadu zwiększała się ilość płytkich żłobin, których gęstość przekraczała 100 m/100 m², a lokalnie osiągała 180 m/100 m². Powstawały one głównie w maju i czerwcu po opadach o większym niż przeciętne natężeniu, przy słabo rozwiniętej szacie roślinnej. W okresie badań jedynie w maju 2010 r. lokalnie zaobserwowano formowanie się pojedynczych rozcięć osiągających ponad 1 m głębokości, które zaliczane są do efemerycznej erozji wąwozowej (rys. 3). Głębokie rozcięcia częściej tworzą się na gruntach lessowych i lessopodobnych (10, 8, 18, 22). Badania prowadzone na Pojezierzu Pomorskim w Makronosach (21) czy Dłusku (11) oraz na Pojezierzu Mazurskim (15, 23, 24) również wskazują na formowanie się zazwyczaj płytkich żłobin. Jedynie sporadycznie, podczas opadów ekstremalnych, dochodziło do rozwoju głębszych rozcięć (13). Podobna sytuacja na badanym terenie miała miejsce w maju 2010 roku.

W dolnej części stoków żłobiny stawały się płytsze (10-15 cm) i jednocześnie szersze (30-50 cm, rzadziej do 100 cm). W ich dnie następowała akumulacja części transportowanego materiału. W strefie podstokowej u wylotów żłobin następowała akumulacja erodowanej gleby, najczęściej były to niewielkie stożki. Tylko okresowo łączyły się one w pokrywy akumulacyjne obejmujące całe podnóża stoków. Miąższość akumulacji wynosiła 2-3 cm, lokalnie 5-7 cm, jedynie sporadycznie przekraczała 10 cm. Większe miąższości pojawiały się tylko w miejscach, gdzie wody spływające ze stoku nie mogły swobodnie rozprzestrzeniać się po strefie podstokowej. W miejscach utrudnionego odpływu przez miedze lub drogi polne następowała zwiększona depozycja.

Efektywność erozji żłobinowej była wielokrotnie wyższa w porównaniu ze splukiwaniem rozproszonym (19), natomiast obszar jej występowania był stosunkowo niewielki. Wartość erozji oszacowaną na podstawie objętości żłobin przedstawiono w tabeli 2. Wyniosła ona średnio w ciągu roku 0,5-3,78 t·ha⁻¹. Na poszczególnych stokach proces występował z bardzo różnym natężeniem, także w obrębie jednego pola (mikrozlewni stokowej). Największe rozmiary osiągała erozja w środkowej części stoku, zwykle o największym nachyleniu, od kilku ton do ponad 30 t·ha⁻¹. W wielu sezonach nie obserwowano rozwoju żłobin. Znacznie częściej formowały się jedynie pojedyncze płytkie żłobiny, wówczas erozja wynosiła 0,5-2 t·ha⁻¹. Na stokach wybranych do systematycznych pomiarów liczne występowanie płytkich żłobin miało miejsce jedynie 2-3-krotnie w całym okresie badawczym. Przykładem stoku, na którym prawie każdego roku formowały się żłobiny jest obiekt Gulbin. Podczas zdarzeń ekstremalnych erozja osiągnęła tam wartości wielokrotnie większe niż przeciętnie i wówczas wynosiły one 9-19 t·ha⁻¹ – stok Gulbin i stok Krejwelek – 25-30 t·ha⁻¹ (rys. 4a).



Rys. 3. Głęboka żłobina i stożek u jej wylotu na stoku w okolicy jeziora Krejwelek – maj 2010 r. (fot. R. Smolski)

Tabela 2

Wybrane charakterystyki stoków oraz średnie roczne wartości erozji całej mikrozelewni stokowej i maksymalne wartości erozji podczas zdarzeń ekstremalnych w okresie badań

Stok litologia	Długość (m)	Wysokość (m)	Spadek (°)	Erozja ($t \cdot ha^{-1}$)		
				średnio w roku*	maksymalna erozja (środkowa część stoku)	
					20.05.1988 lub 22.06.1999	17.05.2010
Smolniki Piasek, glina	280	45	4-17	3,78	4,73	-
Krejwelek Piasek gliniasty	155	32	3-12	2,36	31,10	103
Snolda Piasek gliniasty	120	27	2-10	0,47	9,61	42,5
Gulbin Gлина piaszczysta	175	45	4-15	0,60	18,92	129,73

* uwzględniając powierzchnię całej mikrozelewni stokowej oraz bez ekstremalnego zdarzenia 2010 roku
Źródło: pomiary terenowe autorki.

Zdarzenia te zazwyczaj decydowały o natężeniu procesu w całym kilkuletnim okresie pomiarowym. Cechą typową była depozycja erodowanego materiału glebowego na dolnej wklęsłej części stoku i u jego podnóża. Na podstawie powierzchni i miąższości zdeponowanego materiału oraz jego ciężaru objętościowego oszacowano, że wielkość tej depozycji jest jedynie nieco mniejsza od erozji. Szacunkowy bilans denudacyjny wskazuje, że na większe odległości odprowadzane było od kilku do maksymalnie 30% materiału ze stoków, tj. do dna dolin i zagłębień.

Opad, który wystąpił 17 maja 2010 r. był zdarzeniem wyjątkowym na badanym terenie. Wówczas na wszystkich stokach, na których prowadzono pomiary, erozja żłobinowa była znacznie większa niż w całym dotychczasowym okresie badań i osiągnęła od $42 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Snołda) do $130 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (Gulbieniszki), uwzględniając całą powierzchnię pola, a lokalnie w strefie stoku lekko zbieżnego lub w miejscu uformowania się głębokiej na ponad 1 m żłobiny osiągała $140\text{--}170 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Również akumulacja w strefie podstokowej objęła swoim zasięgiem powierzchnię znacznie większą niż w poprzednich latach, jej miąższość natomiast była podobna, tj. w granicach 5-7 cm, tylko lokalnie u wylotów głębszych żłobin przekraczała 15 cm. Po raz pierwszy zaobserwowano wypełnione rowy przydrożne materiałem pochodzącym ze stoków. Do podnóża stoków przemieszczeniu uległy otoczaki 10-15 cm długości. Erozji i transportowi na większe odległości ulegały nie tylko frakcje piasku i drobnego żwiru, ale również materiał zawierający żwir o dłuższych osiach 3-5 cm.

Żłobiny rzadko tworzyły się podczas roztopów, zazwyczaj powstawało kilka pojedynczych płytkich żłobin. Erozja żłobinowa osiągała do $1\text{--}2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, jedynie w 1988 roku proces miał większą intensywność, topnienie śniegu było przyspieszone niewielkim opadem deszczu, a erozja lokalnie osiągnęła $6\text{--}7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (obiekt Gulbieniszki i Snołda).

Warunki występowania

W okresie objętym badaniami ponadprzeciętne natężenie erozji żłobinowej wystąpiło 3-krotnie i było spowodowane opadami o erozyjności ponad $300 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, które wystąpiły przed pełnią sezonu wegetacyjnego. Najbardziej na erozję narażone były stoki zajęte pod uprawę kukurydzy i zbóż jarych. Podczas tych opadów żłobiny nie tworzyły się na stokach zalesionych lub zajętych pod pastwiska. Także zboża ozime znacznie ograniczały rozwój żłobin. W pełni sezonu wegetacyjnego nowe żłobiny nie powstawały nawet podczas opadów o dużym natężeniu, co najwyżej dalszemu rozwojowi ulegały już istniejące.

Dla formowania się żłobin szczególne znaczenie miała intensywność opadu przekraczająca $0,8 \text{ mm/min}$, nawet jeśli opad o takim natężeniu występował bardzo krótko, chociaż przez 5 min. Był to już wystarczający impuls do zainicjowania erozji liniowej i powstania pojedynczych mikroform. Jednak aby utworzyła się sieć żłobin obejmująca znaczne partie stoków natężenie deszczu w granicach $0,8\text{--}1 \text{ mm/min}$ musiało utrzymywać się przynajmniej przez 15 minut. Te warunki były spełnione podczas opadów w maju 1988 r., w czerwcu 1999 r. oraz w maju 2010 r. (rys. 4). Zasięg przestrzenny takich opadów zazwyczaj jest niewielki i podobnie było na obszarze badań. Stoki z intensywną erozją rejestrowano na obszarze $20\text{--}50 \text{ km}^2$.

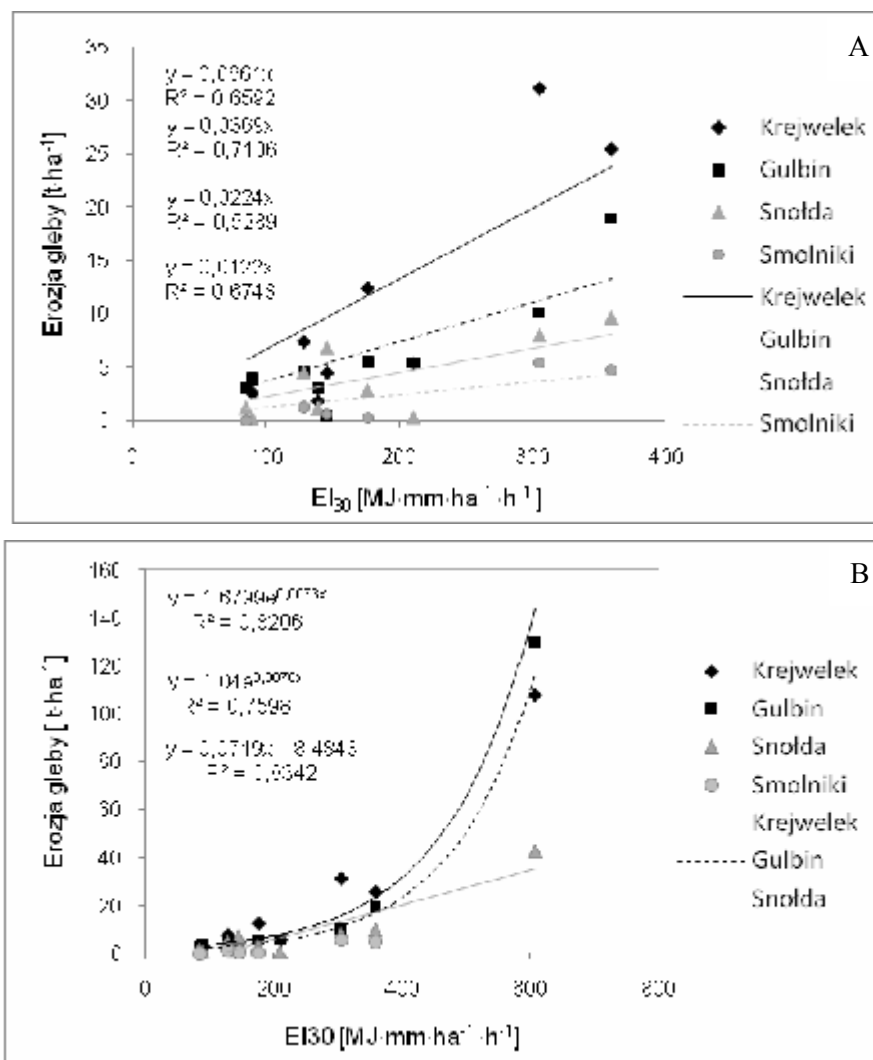
Na podstawie 10-letnich badań na Pojezierzu Mazurskim N i e w i a d o m s k i (14) zwracał uwagę na przypadkowość występowania wzmożonej erozji liniowej w stosunku do terenów sąsiednich, charakteryzujących się podobnymi cechami litologicznymi podłoża, glebami, morfometrią stoków i użytkowaniem.

Powtarzane kartowanie w zlewni górnej Szeszupy i rejestracja stoków, na których zaobserwowano erozję żłobinową wskazują, że większe nasilenie procesu miało miejsce na stokach dłuższych. Do formowania się spływu skoncentrowanego niezbędny był dopływ wód powierzchniowych z większego obszaru umożliwiający jego koncentrację i następnie erozję podłoża. Najwięcej żłobin występowało w ich części środkowej, zazwyczaj o znacznym nachyleniu (powyżej 9°). Takie krótkotrwałe intensywne opady określane jako burzowe powodowały erozję żłobinową w przypadku co najmniej kilku czynników sprzyjających procesowi, takich jak: słabszy rozwój roślinności, długość i kształt stoku, kierunek orki zgodny z nachyleniem terenu, większy udział frakcji pylastej w glebie, a także ekspozycja opadowa. Dlatego sąsiadujące ze sobą stoki były w różnym stopniu objęte tym procesem. Sieć żłobin przekraczającą gęstość $100/100\text{ m}^2$ zarejestrowano na kilku do kilkunastu stokach w badanej zlewni (rys. 1). Na podstawie powtarzanego kartowania oszacowano, że erozję żłobinową zagrożone jest około $1/4$ powierzchni gruntów rolnych badanej zlewni.

Opad w dniu 17 maja 2010, którego erozyjność była wyjątkowa w przypadku Polski NE i przekroczyła 600 jednostek erozyjności, spowodował rozwój sieci żłobin na wszystkich dłuższych stokach piaszczysto-gliniastych, gliniasto-piaszczystych (w tym piaszczysto-mułkowych) zajętych pod uprawę kukurydzy, ziemniaka i zbóż jarych (ponad 50% gruntów ornych). Silną erozję obserwowano nie tylko na obszarze badanej zlewni, ale również poza tą zlewnią. Kartowanie i monitoring stoków z siecią żłobin wskazuje na wyraźne 2 centra o największym natężeniu procesu: w południowej i centralnej części zlewni (rejon Szurpiły – Krejwelek) oraz w północnej części (Pobondzie – Rutka Tartak). Opad o dużej intensywności objął wówczas prawie całe Pojezierze Suwalskie i Sejneńskie. Podobne centrum wyjątkowego jak na obszar Polski NE natężenia procesu wystąpiło w okolicy Gołdapi.

Zazwyczaj podkreślane jest szczególne znaczenie zwiększonej wilgotności gleby dla erozji gleby i rozwoju żłobin. Opady 22.06.1999 r. i 17.05.2010 r. były poprzedzone kilkoma opadami o różnej wydajności i natężeniu. Suma opadów w ciągu tygodnia poprzedzającego wymienione zdarzenia była znaczna i wyniosła odpowiednio 50,8 mm i 39,9 mm. Natomiast opad 20.05.1988 r. spadł na suchy grunt – w ciągu 2 tygodni poprzedzających opad spadło zaledwie 3 mm deszczu (18.05.1988).

W przypadku rozwoju żłobin na stokach w obszarze młodoglacjalnym, o urozmaiconej rzeźbie, duże znaczenie miała intensywność opadu oraz jego wydajność. Wydajność i intensywność opadów odzwierciedla czynnik erozyjności deszczy EI_{30} . Dla wybranych do szczegółowego monitoringu stoków zestawiono obliczone na podstawie objętości żłobin wartości erozji i czynnika EI_{30} (rys. 4A). Zależność pomiędzy erozją a czynnikiem erozyjności kształtuje się w zakresie $r^2 = 0,5-0,7$ i opisują ją funkcje liniowe. Nie w każdym przypadku opad o największej erozyjności skutkował naj-



Rys. 4. Zależność pomiędzy erozją żłobinową gleby a czynnikiem erozyjności opadów EI₃₀ na badanych stokach w okresie badań do 2009 roku (A) i z uwzględnieniem zdarzenia z dnia 17.05.2010 r. (B)

Źródło: badania własne.

silniejszą erozją żłobinową, głównie ze względu na rodzaj uprawy i stopień rozwoju roślin. Uwzględnienie zdarzenia ekstremalnego z 17 maja 2010 r. znacznie poprawia korelację. Opad o około 2-krotnie większej erozyjności generował kilkukrotnie większe wartości erozji na wszystkich monitorowanych stokach (rys. 4B).

Podsumowanie

Na podstawie monitoringu erozji żłobinowej prowadzonego w zlewni górnej Szeszupy wykazano stoki zagrożone tym procesem w obszarze młodoglacjalnym. Są to stoki o długości ponad 100 m, zbudowane z osadów piaszczysto-gliniastych, z uprawą prowadzoną zgodnie z nachyleniem terenu.

Badania potwierdziły szczególną rolę krótkotrwałych opadów, określanych jako burzowe, w rozwoju sieci żłobin. Podczas roztopów na badanym obszarze sporadycznie formowały się żłobiny. W pełni sezonu wegetacyjnego roślinność skutecznie ograniczała erozję, powstawały jedynie pojedyncze żłobiny. Przed pełnią sezonu wegetacyjnego (maj, czerwiec) szczególnie zagrożone erozją były stoki z uprawą kukurydzy i zbóż jarych.

Do formowania się żłobin na gruntach ornych dochodziło jedynie podczas opadów o intensywności przekraczającej $0,8-1 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$, trwających co najmniej 15 minut. Rozwój sieci żłobin następował w przypadku wystąpienia takich opadów przed pełnią sezonu wegetacyjnego. Wówczas erozja wynosiła od 7 do $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ w skali roku. Przy sprzyjających warunkach (opad 17.05.2010 r.) i szczególnie słabym rozwoju szaty roślinnej na polach erozja osiągała $50-97 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, a lokalnie na stokach z pojedynczymi głębokimi (na ponad 1 m) rozcięciami nawet $170 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Uwzględniając cechy stoków, litologię oraz strukturę upraw około 14% powierzchni gruntów ornych w badanej zlewni jest zagrożone erozją żłobinową.

Literatura

1. Banasik K., Górski D.: Evaluation of rainfall erosivity for east Poland. In: K. Banasik i A. Żbikowski (red.) - *Runoff and sediment yield modelling (RSY-93)*. Wyd. SGGW Warszawa, 1993, 129-134.
2. Ber A.: *Objaśnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000*. Ark. Jeleniewo. Inst. Geol., Warszawa, 1968.
3. Ber A.: Plejstocen Polski północno-wschodniej w nawiązaniu do głębszego podłoża i obszarów sąsiednich. *Prace Państw. Inst. Geol.*, 2000, **170**: 1-89.
4. Bogacki M.: Budowa geologiczna i ukształtowanie powierzchni W: Województwo Suwalskie – studia i materiały 1. OBN Białystok i IGiPZ PAN Warszawa, 1985.
5. Chomicz K.: Przebieg, rozmieszczenie i częstotliwość deszczów nawalnych w Polsce. *Gosp. Wodna*, 1951, **7-8**: 262-265.
6. Chudecki Z., Niedźwiecki E.: Nasilanie się erozji wodnej na obszarach słabo urzeźbionych Pomorza Zachodniego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1983, **272**: 7-18.
7. Chudecki Z., Koćmit A., Niedźwiedzki E.: Przejawy i skutki erozji wodnej w strefie czołowo morenowej Wyżyny Inńskiej w świetle wieloletnich badań. *Zesz. Nauk. PAN „Człowiek i Środowisko”*, 1993, **6**: 31-33.
8. Govers G., Quine T. A., Desmet P. J. J., Walling D. E.: The relative contribution of soil tillage and overland flow erosion to soil redistribution on agricultural land. *Earth Surf. Proces. and Landforms*, 1996, **21**: 929-946.
9. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: *Erozja agroekosystemów*. Bibl. Monit. Środ., Warszawa, 1995, 1-168.
10. Kirkby M. J. (red.): *Hillslope hydrology*. Willey and Sons. Chichester, 1978.

11. Koćmit A.: Erozja wodna obszarach młodo glacialnych Pomorza i możliwości jej ograniczenia. *Bibl. Fragm. Agron.*, 1998, **4A/98**: 10-11.
12. Koćmit A., Podlasiński M., Roy M., Tomaszewicz T., Chudecka J.: Water erosion in the catchment basin of the Jeleni Brook. *J. Water Land. Dev.*, 2006, **10**: 121-131.
13. Kostrzewski A., Klimczak R., Stach A., Zwoliński Z.: Wpływ procesów katastrofalnych na funkcjonowanie współczesnego systemu denudacyjnego obszarów młodoglacialnych – Pomorze Zachodnie. *Bad. Fizjograf. nad Polską Zach.*, 1992, **43**: ser. A: 55-82.
14. Niewiadomski W.: System gospodarki w zlewni mazurskiej w świetle 10-letnich badań WSR w Olsztynie. *Zesz. Nauk. AR Olsztyn*, 1964, **17(2)**: 171-192.
15. Niewiadomski W.: Badania nad erozją gleb na północy Polski (okres 1950–1976). W: S. Ziemiński (red.) – Procesy erozyjne i problem ochrony gleby w Polsce. WSR Lublin, PWRiL, 1968, **2**: 29-49.
16. Niewiadomski W.: Ochrona przeciwoerozyjna - systemy regionalne. Wprowadzenie do konferencji. *Bibl. Fragm. Agron.*, 1998, **4A/98**: 10-11.
17. Niewiadomski W., Skrodzki H.: Nasilenie spływów i zmywów a system rolniczego zagospodarowania ziemi. *Zesz. Nauk. WSR w Olsztynie*, 1964, **17(2)**: 269-291.
18. Rodzik J., Janicki G., Zagórski P., Zglobicki W.: Deszcze nawalne na Wyżynie Lubelskiej i ich wpływ na rzeźbę obszarów lessowych. W: L. Strakel (red.) – Geomorfologiczny i sedimentologiczny zapis lokalnych ulew. *Dok. Geogr.*, 1998, **11**: 45-68.
19. Smolska E.: Znaczenie splukiwania w modelowaniu stoków młodoglacialnych (na przykładzie Pojezierza Suwalskiego). Wyd. WGSU UW, Warszawa, 2005.
20. Stopa-Boryczka M., Martyn D.: Klimat. W: Województwo Suwalskie – Studia i Materiały. 1. OBN Białystok i IGiPZ PAN, Warszawa, 1985.
21. Szafranski C., Fiedler M., Stasik R.: Erozja wodna w małej zlewni użytkowanej rolniczo na Pojezierzu Gnieźnieńskim. *Bibl. Fragm. Agron.*, 1998, **4B/98**: 73-81.
22. Świechowski J.: Soil erosion on cultivated foothill slopes during extreme rainfall events in Wiśnicz Foothills of southern Poland. *Folia Geogr., Series Geographice-Physica*, 2008, **39**: 79-93.
23. Uggle H., Mirowski Z., Garbarczyk S., Nożyński A., Rytelowski J., Solarzski H.: Strefy zagrożenia erozją wodną gleb regionu północno-wschodniego Polski. *Zesz. Nauk. WSR Olsztyn*, 1962, **23(565)**: 225-242.
24. Uggle H., Mirowski Z., Garbarczyk S., Nożyński A., Rytelowski J., Solarzski H.: Proces erozji wodnej w terenach pagórkowatych północno-wschodniej Polski. *Rocz. Glebozn.*, 1968, **18(2)**: 415-447.
25. Uggle H., Solarzski H., Rytelowski J., Mirowski Z., Nożyński A., Garbarczyk S.: Problematyka erozji wodnej gleb północno-wschodniej Polski. *Bibl. Fragm. Agron.*, 1998, **4B/98**: 179-197.

Adres do korespondencji:

dr hab. Ewa Smolska
Zakład Geomorfologii
Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
Uniwersytet Warszawski
ul. Krakowskie Przedmieście 30
00-927 Warszawa
tel.: (22) 552-07-88
e-mail: e.smolska@uw.edu.pl

Jolanta Święchowicz

Uniwersytet Jagielloński w Krakowie

**WPLYW CECH DESZCZU NA WYSTĘPOWANIE SPŁUKIWANIA
NA STOKACH POGÓRSKICH UŻYTKOWANYCH ROLNICZO
(POGÓRZE WIŚNICKIE)**

Wstęp

Jednym z głównych czynników wywołujących erozję gleby na stokach użytkowanych rolniczo jest woda deszczowa, a o jej wpływie na procesy erozyjne decyduje częstość występowania deszczu oraz takie jego cechy, jak wielkość opadu, czas trwania i natężenie. Między innymi to od cech deszczu zależy tempo infiltracji i natężenie spływu powierzchniowego, a tym samym występowanie, przebieg oraz efektywność procesów erozyjnych (7-10, 15-24, 27, 31). Opad deszczu jest procesem dynamicznym. Cechuje go zmienność czasowa i zróżnicowanie przestrzenne. Suma opadu zmienia się zarówno w okresach krótkich (np. w ciągu minuty, godziny, doby, miesiąca, roku), jak i w długich okresach wieloletnich. Deszcz nie jest zjawiskiem ciągłym, składa się z wielu faz o różnej wielkości opadu, czasie trwania i natężenia. Odstępy czasowe między poszczególnymi fazami nie są równe. Dlatego stosowano różne kryteria oddzielające poszczególne deszcze od siebie. Najczęściej spotykaną wielkością charakteryzującą warunki opadowe jest suma opadów w danym okresie, a podstawowym parametrem jest dobowa suma opadu. Wielkość opadu na stacjach meteorologicznych mierzy się za pomocą deszczomierza Hellmanna o godz. 7 rano. Doba opadowa trwa od godziny 7 dnia bieżącego do godziny 7 dnia następnego. Ta umowna granica sprawia, że niejednokrotnie opady ciągłe są dzielone i zaliczane do sum opadowych kolejnych dni. Nie określono w sposób jednoznaczny wartości progowej (granicznej) minimalnej przerwy czasowej między kolejnymi deszczami, która pozwoliłaby na wyodrębnienie deszczów pojedynczych. W literaturze polskiej stosowano różne przerwy czasowe – od 20 minut do co najmniej 2 godzin (23, 29, 30, 33). W empirycznym modelu Uniwersalnego Równania Strat Gleby (Universal Soil Loss Equation – USLE) za pojedynczy opad deszczu uznano taki, który od następnego oddzielony jest 6-godzinną przerwą lub z opadem mniejszym od 1,3 mm (1, 2, 32). Każdy pojedynczy deszcz można scharakteryzować za pomocą cech takich, jak: wielkość opadu, czas trwania oraz natężenie i to od nich zależy jego erozyjne oddziaływanie. Cechy te stanowiły podstawę do opracowania przez Chomicza (4) powszechnie w Polsce stosowanej klasyfikacji opadów wyróżniającej deszcze zwykłe, silne, ulewne i nawa-

ne (4). Jeśli deszcz trwa nieprzerwanie od 5 godzin do kilku dni uznawany jest za rozlewny (13). Nie każdy pojedynczy opad jest deszczem erozyjnym, czyli takim, który powoduje spływ powierzchniowy i erozję gleby na stokach. Za najbardziej erozyjne uznaje się deszcze o stosunkowo krótkim czasie trwania i dużej sumie opadu (ulewne i nawalne) oraz deszcze rozlewne. Według S t a r k l a (20, 21) największe spłukiwanie na stokach użytkowanych rolniczo występuje podczas krótkotrwałych lokalnych ulew (o natężeniu $1-3 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$) oraz opadów rozlewnych (150–400 mm w ciągu 2–5 dni).

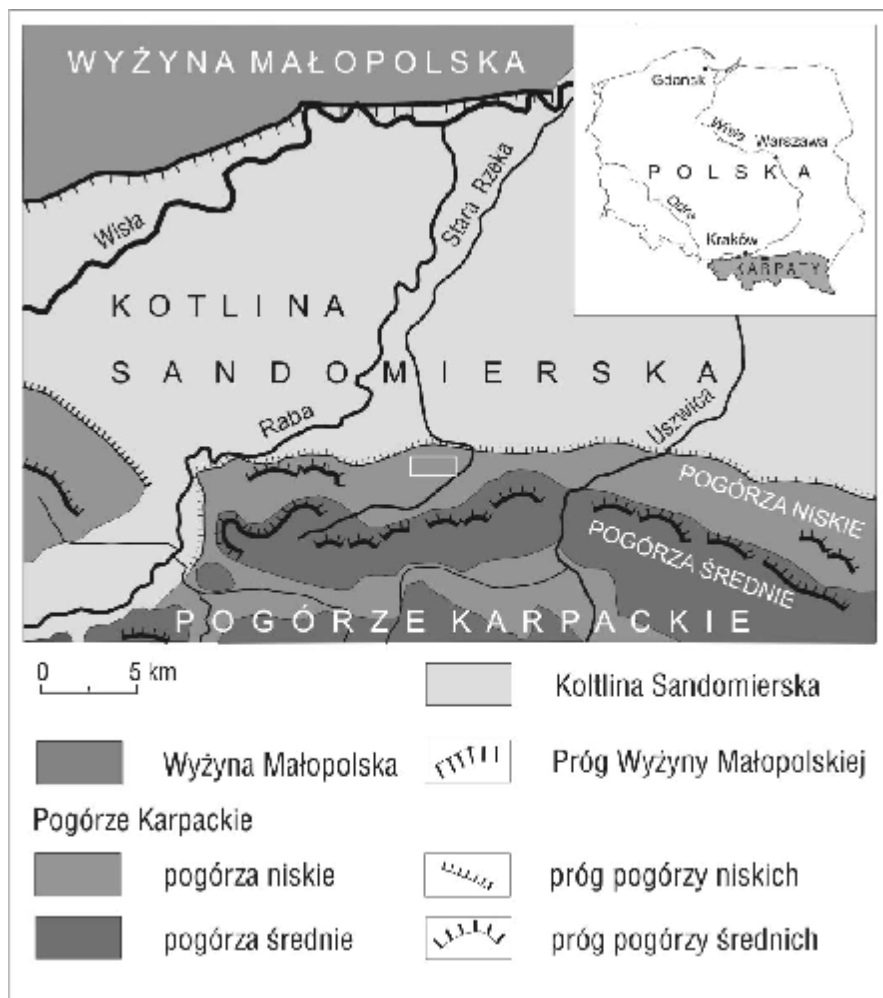
Do deszczy erozyjnych według kryterium USLE (32) zaliczane są deszcze oddzielone od siebie 6-godzinną przerwą lub z opadem mniejszym niż 1,3 mm o warstwie [P] większej lub równej 0,5 cala, co odpowiada 12,7 mm lub mniejszej, jeśli spełniony jest następujący warunek: $I_{\max} \geq 0,25 \text{ cala} \cdot 15 \text{ min}^{-1}$, czyli $I_{\max} \geq 6,3 \text{ mm} \cdot 15 \text{ min}^{-1}$. Dla tak wyróżnionych deszczów oblicza się erozyjność, czyli sparametryzowaną jego cechę, w postaci iloczynu jego energii kinetycznej i maksymalnego natężenia 30-minutowego (1, 2, 3, 5, 14, 15, 18, 32).

Celem artykułu jest poznanie wpływu cech deszczu na wystąpienie spłukiwania na stokach pogórskich użytkowanych rolniczo. Badania prowadzono w strefie progu Pogórza Wiśnickiego, gdzie zlokalizowana jest Stacja Naukowa Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ w Łazach (rys. 1); (23). Obszar charakteryzuje się typem rzeźby pogórzy niskich. Wierzchowiny i stoki pogórskich garbów pokryte są miększymi pokrywami lessopodobnymi, a dna dolin pyłowymi deluwiami i aluwiami (23). Pokrywa glebowa jest mało zróżnicowana. Dominują gleby płowe opadowo-glejowe (*Stagnic Luvisols*) występujące na wierzchowinach. Na stokach w wyniku erozji spowodowanej uprawą gleby te uległy przeobrażeniu w gleby wtórnie brunatne (*Cambic Luvisols*). U podnóży stoków występują gleby brunatne deluwialne, a w dnach dolin gleby gruntowo-glejowe (12). Główne doliny oddzielone są od siebie szerokimi garbami o zaokrąglonych i wyrównanych wierzchowinach. Większość wypukło-wklęsłych stoków przechodzi w szerokie akumulacyjne dna dolin bez wyraźnego załomu. U podnóży stoków występują równiny podstokowe, które są rezultatem akumulacji materiału spłukiwanego ze stoków (23).

Stacjonarne badania spłukiwania prowadzono na stoku doświadczalnym i na poletkach doświadczalnych. Kartowano również skutki ekstremalnych zdarzeń spłukiwania na stokach użytkowanych rolniczo (23, 25, 26, 27). Charakterystykę opadów przeprowadzono na podstawie danych pomiarowych pochodzących ze Stacji Meteorologicznej IGiGP UJ w Łazach.

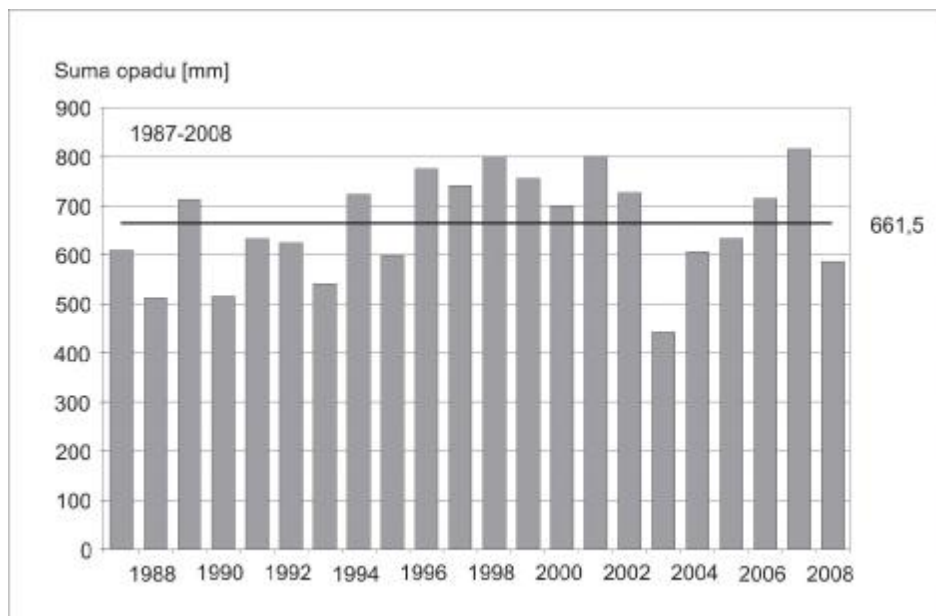
Wyniki i dyskusja

W okresie badań opady atmosferyczne charakteryzowały się dużą zmiennością zarówno sum dobowych, jak i miesięcznych. Średnia roczna suma opadów w latach hydrologicznych 1987–2008 wynosiła 661,5 mm. W okresie tym najbardziej suchy był rok 2003 z roczną sumą opadów wynoszącą 442,1 mm, która stanowiła zaledwie 66,8% średniej z wielolecia 1987–2008. Według klasyfikacji opracowanej przez Ka-



Rys. 1. Obszar badań

czorowską (11) rok ten był bardzo suchy. Najbardziej wilgotny był rok 2007 z roczną sumą opadów wynoszącą 814,1 mm, co stanowiło 123,1% średniego opadu z wielolecia (rys. 2). Zmienność dobowych, miesięcznych, sezonowych i rocznych sum opadu sprawia, że kolejne lata zwykle różnią się od siebie. W każdym roku występują mniejsze lub większe odchylenia od średnich wieloletnich. W badanym okresie liczba lat z sumami opadu większymi i mniejszymi od tzw. normy (11) była prawie taka sama (tab. 1). Dotychczasowe badania spłukiwania wskazują, że liczba zdarzeń nie ma bezpośredniego związku z rocznymi, sezonowymi czy miesięcznymi sumami opadów. Zdarzenia spłukiwania rejestrowano zarówno w latach suchych (np. 1990), normalnych (np. 1989, 1991, 2002, 2005, 2006), jak i wilgotnych (np. 1998, 2007), chociaż zdarzył się też rok suchy (2008), w którym zdarzeń spłukiwania wywołanych deszczem



Rys. 2. Roczne sumy opadów w latach hydrologicznych 1987–2008
(Stacja Naukowa IGiGP UJ w Łazach k/ Bochni)

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 1

Liczba lat hydrologicznych 1987–2008 według klasyfikacji Kaczorowskiej

Lp.	Typ roku	Kryterium (% średniej rocznej sumy opadów ¹)	Liczba przypadków
1.	Skrajnie suchy	<50	–
2.	Bardzo suchy	50-74	1
3.	Suchy	75-89	4
4.	Normalny	90-110	11
5.	Wilgotny	111-125	6
6.	Bardzo wilgotny	126-150	–
7.	Skrajnie wilgotny	>150	–

¹ – średnia roczna suma opadów z wielolecia 1987–2008 wynosiła 661,5 mm

Źródło: opracowanie własne wg Kaczorowskiej, 1962 (11).

czem nie odnotowano w ogóle (23, 27). W okresach badań zdarzenia spłukiwania miały miejsce zarówno w miesiącach, w których stwierdzono opady duże, jak i małe.

Brak jednoznacznych zależności związany jest przede wszystkim z tym, że na miesięczną sumę opadów składają się sumy pojedynczych deszczów, a tylko nieliczne z nich mają status erozyjnych, czyli takich, które faktycznie wywołują spływ powierzchniowy i spłukiwanie. Transformacja opadu w odpływ i spłukiwanie na stoku jest procesem złożonym, uwarunkowanym zarówno przez czynniki zewnętrzne (wielkość opadu

i jego natężenie), jak i wewnętrzne (np. nachylenie i kształt stoku, skład granulometryczny gleby, wilgotność gleby w chwili wystąpienia deszczu, rodzaj i stadium wzrostu okrywy roślinnej, sposób uprawy). Równoczesne wystąpienie niektórych cech tych czynników wzmacnia erozyjne działanie deszczu. Zdarza się, że silne deszcze powodują niewielką erozję gleby, jeśli wystąpią w pełni sezonu wegetacyjnego. Odwrotnie, na początku sezonu wegetacyjnego, kiedy pola przygotowywane są pod zasiewy lub rośliny znajdują się w początkowej fazie wzrostu ich destrukcyjne działanie jest bardzo duże (7, 9, 17, 23, 24, 25, 26).

Wpływ samych cech deszczu, takich jak: wielkość opadu, czas trwania i natężenie nie zawsze jest łatwy do zinterpretowania przy typowaniu jego erozyjnego wpływu. Jedną z propozycji jest podział deszczów zaproponowany przez Chomicza (4) i dokonany na podstawie natężenia opadu, które jest pochodną jego wielkości i czasu trwania. Zwykle deszcze ulewne i nawalne uznaje się za potencjalnie erozyjne (20, 21, 27). Inne kryterium zastosowano w empirycznym modelu USLE, gdzie za deszcz erozyjny uznaje się deszcz o warstwie opadu $\geq 12,7$ mm oddzielony od poprzedniego przerwą co najmniej 6-godziną.

W Łazach w latach 1987–2008 w półroczu letnim (V-X) wyróżniono 199 deszczów spełniających kryterium USLE, z tego prawie wszystkie (196) były większe lub równe 12,7 mm, a tylko trzy deszcze charakteryzowały się opadem mniejszym, ale natężeniem przekraczającym 6,35 mm w ciągu 15 minut. Liczba deszczów erozyjnych była zróżnicowana i wahała się od 3 (1993, 2003) do 15 (1997, 2001) – średnio 9 w ciągu roku (tab. 2). Liczba deszczów erozyjnych powyżej średniej częściej występowała w latach wilgotnych, natomiast najmniejszą ich liczbą charakteryzowały się

Tabela 2

Charakterystyka deszczów w latach hydrologicznych 1987–2008
(Stacja Naukowa IGiGP UJ w Łazach)

Charakterystyki		1987–2008		
		min.	max.	śred.
Roczna suma opadów (mm)		442,1	814,1	661,5
Suma opadów (mm) półroczu letniego (V-X)		296,9	587,6	453,7
Dobowa suma opadów (mm) półroczu letniego		0,1	83,4	
Erozyjność pojedynczego deszczu ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) w półroczu letnim (V-X)		2,3	3355,4	89,6
Maksymalne natężenie 30-minutowe deszczu ($\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$) w półroczu letnim (V-X)		0,18	147,2	
Liczba dni z deszczem ($\geq 0,1$) w półroczu letnim (V-X)		43,0	82,0	66,9
Roczna liczba deszczów erozyjnych w półroczu letnim (V-X)		3,0	15,0	9,0
Roczna liczba deszczów o erozyjności ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	powyżej 50	0,0	9,0	3,5
	powyżej 100	0,0	6,0	2,0
	powyżej 200	0,0	2,0	0,8
	powyżej 500	0,0	1,0	0,2
	powyżej 1000	0,0	1,0	0,1

Źródło: opracowanie własne.

lata bardzo suche i suche. Najwięcej deszczów erozyjnych miało miejsce w miesiącach lipcu i czerwcu, najmniej w październiku. Wartość wskaźnika erozyjności poszczególnych deszczów zmieniała się w bardzo szerokim zakresie i wynosiła od 2,3 do 3355,4 MJ · mm · ha⁻¹ · h⁻¹ (tab. 2).

Potencjalnie tylko te deszcze powinny być erozyjne i każdy z nich powinien wywołać spłukiwanie na stoku. Jednak stacjonarne badania terenowe nie zawsze potwierdzają tę prawidłowość. Na przykład w latach 2007–2008 na poletkach spełniających standardy modelu USLE (28) liczba deszczów erozyjnych i zdarzeń spłukiwania była różna (tab. 3). Nie wszystkie wyróżnione deszcze erozyjne wywołały spłukiwanie. Dotyczyło to dwóch opadów w październiku 2007 r. (rok wilgotny), których wydajność przekraczała 12,7 mm, ale erozyjność była bardzo niska. Równocześnie w tym samym roku, w czerwcu, lipcu i sierpniu miało miejsce 7 przypadków spłukiwania, które były spowodowane przez deszcze niespełniające kryterium deszczu erozyjnego według USLE (w warstwie opadu mniejszej niż 12,7 mm); (tab. 3). W suchym roku 2008 wyróżniono 7 potencjalnie erozyjnych deszczów, ale żaden z nich nie wywołał

Tabela 3

Liczba deszczów erozyjnych wg kryterium USLE oraz liczba wywołanych przez nie zdarzeń spłukiwania w latach hydrologicznych 2007–2008 (czarny ugór)

Rok	Kategoria	Miesiące						V-X
		V	VI	VII	VIII	IX	X	
2007	Liczba deszczów erozyjnych wg kryterium USLE	1	1	1	1	2	2	8
	Erozyjność deszczów (MJ·mm · ha ⁻¹ ·h ⁻¹)	125,6	233,3	226,8	112,6	382,6	26,1	1107,0
	Liczba zdarzeń spłukiwania	1	1	1	1	2	0	6
	Masa zmytej gleby (kg ha ⁻¹)	417,2	13594,3	19432,4	3509,5	1989,3	0	38942,7
	(%)	0,9	28,7	41,1	7,4	4,2	0	82,3
	Liczba deszczów niespełniających kryterium USLE, które wywołały spłukiwanie	0	4	2	1	0	0	7
	Erozyjność deszczów (MJ·mm · ha ⁻¹ ·h ⁻¹)	0	120,9	12,2	41,3	0	0	174,4
	Masa zmytej gleby (kg ha ⁻¹)	0	6844,1	185,2	1367,7	0	0	8397,0
2008	(%)	0	14,4	0,4	2,9	0	0	17,7
	Liczba deszczów erozyjnych wg kryterium USLE	0	0	3	1	2	1	7
	Erozyjność deszczów (MJ·mm · ha ⁻¹ ·h ⁻¹)	0	0	202,3	6,8	11,7	11,3	232,1
	Liczba zdarzeń spłukiwania	0	0	0	0	0	0	0
	Liczba deszczów nieerozyjnych, które wywołały spłukiwanie	0	0	0	0	0	0	0

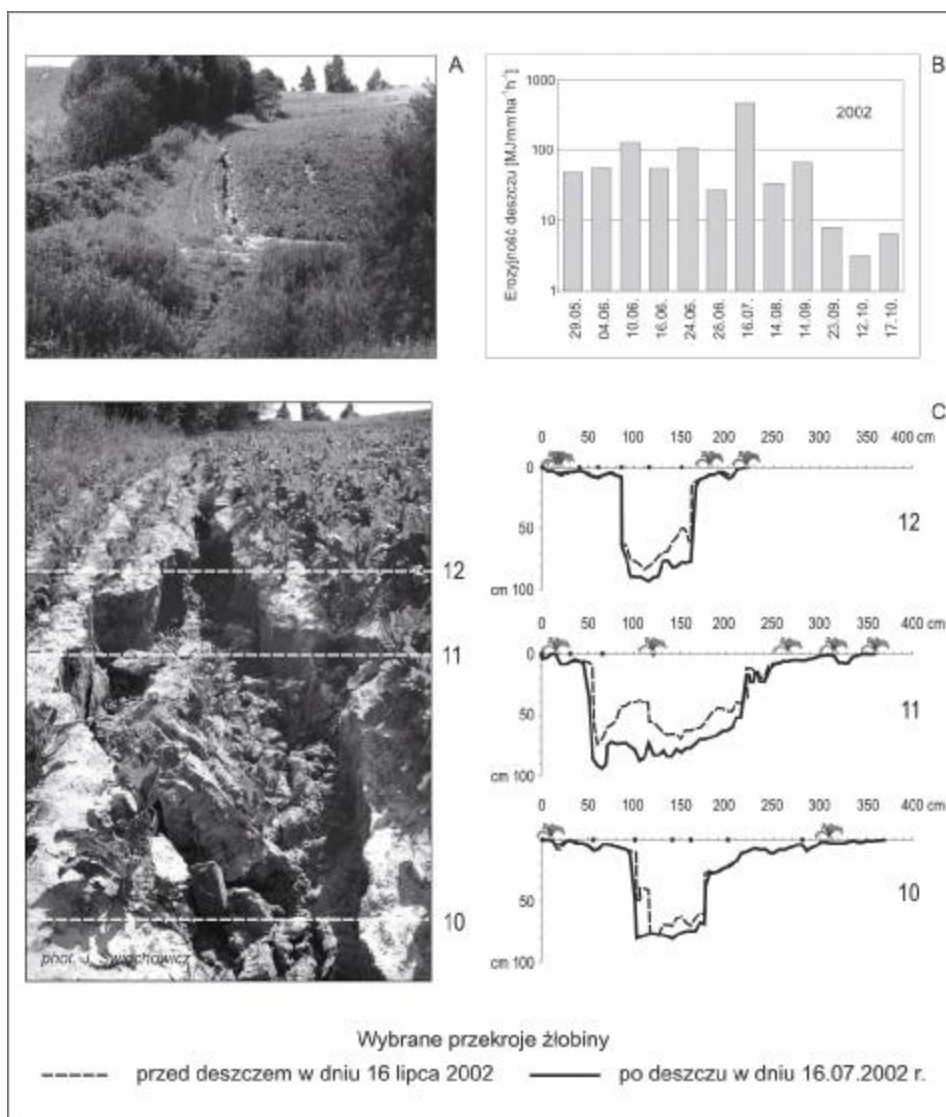
¹ – średnia roczna suma opadów z wielolecia 1987–2008 wynosiła 661,5 mm

Źródło: opracowanie własne.

erozji gleby na poletkach doświadczalnych (tab. 3). Spływ i splukiwanie wywołane były przez deszcze o zróżnicowanej erozyjności, ale prawie zawsze spowodowane były przez te, których maksymalne natężenie 30-minutowe przekraczało $15 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ (25). Masa zerodowanej gleby z poletka z czarnym ugiem podczas deszczów erozyjnych stanowiła 82,3%, a podczas opadów niespełniających kryterium USLE 17,7% całkowitej masy gleby zmytej w ciągu roku (tab. 3). Liczba zdarzeń erozyjnych spowodowanych przez deszcze niespełniające kryterium USLE była nieznacznie większa, ale ich oddziaływanie geomorficzne zdecydowanie mniejsze.

Zmyw gleby podczas wszystkich przypadków splukiwania był słabo skorelowany z wydajnością deszczu. Znacznie lepiej korelował z czynnikiem erozyjności EI_{30} (27). Najwyższe wartości splukiwania odnotowano 2 czerwca i 9 lipca 2007 r., podczas deszczów o najwyższej erozyjności przekraczającej $200 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Były to stosunkowo krótkotrwałe opady, ale o dużym maksymalnym natężeniu 30-minutowym, wynoszącym odpowiednio 23,2 i 27,1 $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$. Stosunkowo niewielki zmyw gleby odnotowano w dwóch przypadkach we wrześniu, które spowodowane były opadami o czynniku erozyjności bliskim $200 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Były to jednak opady długotrwałe o dużej wydajności, ale zdecydowanie mniejszych wartościach natężeń (tab. 3).

Wystąpienie deszczów erozyjnych ($\geq 12,7 \text{ mm}$) na początku sezonu wegetacyjnego (koniec kwietnia-maj) prowadzi zwykle do rozwoju erozji żłobinowej. Powstałe wtedy formy na ogół funkcjonują przez cały sezon wegetacyjny i podczas kolejnych opadów deszczu są pogłębiane i poszerzane, a na skutek procesów erozji wstecznej zwiększa się ich długość. Takie zdarzenia wystąpiły między innymi w roku 2002, w którym roczna suma opadów (725,4 mm) znacznie przewyższała średnią z wielolecia 1987–2008 (rys. 2). Erozja żłobinowa zdarzyła się pod koniec maja na polu z uprawą buraka cukrowego. Podczas kolejnych deszczów erozyjnych rozcięcie ulegało pogłębianiu i poszerzaniu. Łączna erozyjność tych 6 deszczów wyniosła $422,3 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$; objętość żłobiny na całej długości stoku osiągnęła $33,7 \text{ m}^3$, a jej maksymalna głębokość 68 cm (rys. 3). Po kolejnym deszczu, o wyjątkowo dużej erozyjności ($473,1 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$), który wystąpił 16 lipca 2002 r. objętość żłobiny wzrosła zaledwie o $5,1 \text{ m}^3$, a jej maksymalna głębokość osiągnęła 120 cm. Największe przeobrażenia miały miejsce na długości około 30 m. Relatywnie niewielka skuteczność tego deszczu mimo dużej erozyjności spowodowana była gęstą okrywą roślin, która utrudniała skoncentrowany spływ wody. Pogłębianie rozcięcia hamowane było również przez występujący w glebie i bardziej odporny na erozję poziom Bt. Rozwój rozcięcia podczas tego opadu polegał głównie na jego poszerzaniu i pogłębianiu przez erozję wsteczną i nie był już tak szkodliwy, jak na początku sezonu wegetacyjnego (rys. 3).



Rys. 3. Zlewnia Dworskiego Potoku – formy erozyjne na polu buraczanym zarejestrowane w roku 2002 (fot. J. Święchowicz)

A – skutki splukiwania na polu z burakami

B – erozyjność deszczów w 2002 r.

C – wybrane profile poprzeczne bruzdy erozyjnej (profile 10-12) po deszczu 16 lipca 2002 roku (fot. J. Święchowicz)

Podsumowanie

Przeprowadzone badania wskazują na dużą zmienność (miesięczną, sezonową, roczną, wieloletnią) występowania deszczów potencjalnie erozyjnych. Ich liczba zależy od przyjętego kryterium wyróżniania. Najprostszym i jednoznacznie rozstrzygającym kryterium podziału deszczów na erozyjne i nieerozyjne jest empiryczne stwierdzenie, który deszcz i o jakich cechach wywołał erozję. Wymaga to jednak prowadzenia wieloletnich stacjonarnych pomiarów terenowych na znormalizowanych polach doświadczalnych w różnych regionach i na różnych rodzajach użytków. Badania te są zwykle pracochłonne, czasochłonne i kosztochłonne. Dlatego w Karpatach istnieje zaledwie kilka lokalizacji, w których prowadzone były badania spłukiwania, a w skali pojedynczych zdarzeń tylko na Stacji Naukowo-Badawczej IGiPZ PAN w Szymbarku oraz na Stacji Naukowej IGiP UJ w Łazach. Zwykle były to krótkie kilkuletnie serie pomiarowe, z wyjątkiem Stacji Naukowo-Badawczej w Szymbarku k. Gorlic, która dysponuje unikatową – w skali nie tylko Karpat – serią pomiarową spłukiwania, które rozpoczęto w 1968 r.

Tylko wieloletnie badania stacjonarne pozwalają na ilościowe wyznaczenie wartości progowych cech (np. natężenia, wydajności, erozyjności) deszczu, po przekroczeniu których deszcz otrzymuje status deszczu erozyjnego. Są to jednak wartości względne, bo zależą od przyjętego kryterium wydzielania oraz długości i specyfiki okresu badań. Równocześnie oddziaływanie deszczów erozyjnych jest zróżnicowane i zależy od cech obszaru, o których decydują między innymi: rzeźba terenu, skład granulometryczny gleby, rodzaj użytkowania ziemi i sposób uprawy roślin.

Największą rolę w transformacji stoków odgrywają deszcze, które powszechnie powodują spłukiwanie w całym profilu podłużnym niektórych bądź wszystkich stoków w zlewni. Wtedy materiał spłukiwany ze stoków akumulowany jest u ich podnóża w obrębie równin podstokowych lub w dnie doliny w postaci stożków deluwialnych, co prowadzi do obniżenia powierzchni stoków, zmiany ich kształtu oraz nadbudowywania i poszerzenia dna doliny.

Literatura

1. Banasik K., Górski D.: Wyznaczanie erozyjności deszczu do uniwersalnego równania strat glebowych. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Melioracja, 1990, **34**: 103-109.
2. Banasik K., Górski D.: Evaluation of rainfall erosivity for east Poland. W: K. Banasik, A. Żbikowski (red.) Runoff and sediment yield modelling. Warszawa: Agricultural University Press, 1993, 129-134.
3. Baryła A.: Erozyjność deszczu w rejonie Puczniewa. Prz. Nauk. Inżynierii i Kształtowania Środowiska, 2004, **13**, **2(29)**: 48-54.
4. Chomicz K.: Ulewy i deszcze nawalne w Polsce. Wiad. Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej, 1951, **3**: 5-88.
5. Demczuk P.: Wpływ erozyjności deszczu na wielkość erozji gleb w zlewni Bystrzanki w latach 1969–1993. W: W. Bochenek, M. Kijowska (red.) Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego w okresie przemian gospodarczych w Polsce. Szymbark, Bibl. Monit. Środ., 2009, 231-238.
6. Dróżkowski M.: Współczesna dynamika, funkcjonowanie i przemiany krajobrazu Pogórza Karpackiego. Kraków: Instytut Botaniki UJ, 1998, 1-285.

7. Gil E.: Obieg wody i spłukiwanie na fliszowych stokach użytkowanych rolniczo w latach 1980–1990. Zesz. IGiPZ PAN, 1999, **60**: 1-78.
8. Gil E.: Ekstremalne wartości spłukiwania gleby na stokach użytkowanych rolniczo w Karpatach Fliszowych. W: W. Bochenek, M. Kijowska (red.) Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego w okresie przemian gospodarczych w Polsce. Szymbark, Bibl. Monit. Środ., 2009, 191-218.
9. Gil E., Starkel L.: Long-term extreme rainfalls and their role in the modeling of the flysch slopes. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 1979, **13**: 207-220.
10. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: Erozja agroekosystemów. Warszawa: Bibl. Monit. Środ., 1995, 1-168.
11. Kaczorowska Z.: Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Pr. Geogr. IGPAN*, 1962, **33**: 1-112.
12. Klimk M.: Charakterystyka pokrywy glebowej eksperymentalnej zlewni Dworskiego Potoku (Pogórze Wielickie). W: L. Kaszowski (red.). Struktura i funkcjonowanie środowiska przyrodniczego Progu Karpat. Zesz. Nauk. UJ, Pr. Geogr., 1995, **100**: 99-111.
13. Lambor J.: Hydrologia inżynierska. Warszawa, Arkady, 1971.
14. Licznar P., Rojek M.: Erozyność deszczy Polski południowo-zachodniej na przykładzie stacji Wrocław-Swojec. *Prz. Nauk. SGGW*, 2002, **11(2)**: 5-14.
15. Rejman J.: Wpływ erozji wodnej i uprawowej na przekształcenie gleb i stoków lessowych. Instytut Agrofizyki PAN, *Acta Agrophysica*, 2006, **136(3)**: 1-106.
16. Rodzik J., Janicki G., Zagórski P., Zgłobicki W.: Deszcze nawalne na Wyżynie Lubelskiej i ich wpływ na rzeźbę obszarów lessowych. W: L. Starkel (red.). Geomorfologiczny i sedimentologiczny zapis lokalnych ulew. Dokumentacja Geograficzna, 1998, **11**: 45-68.
17. Słupik J.: Zróżnicowanie spływu powierzchniowego na fliszowych stokach górskich. Dokumentacja Geograficzna, 1973, **2**: 1-118.
18. Smolska E.: Erozja powierzchniowa gleb na Pojezierzu Suwalskim i niektóre jej uwarunkowania klimatyczno-topograficzne. *Prz. Nauk., SGGW Warszawa*, 2003, **12**, **1(26)**: 12-23.
19. Smolska E.: Rola opadów ekstremalnych w denudacji stoków młodoglacjalnych na przykładzie Pojezierza Suwalskiego. W: W. Florek (red.) Rola procesów ekstremalnych w kształtowaniu rzeźby. Poznań: Landform Analysis, 2008, **8**: 69-72.
20. Starkel L.: Rola zjawisk ekstremalnych i procesów sekularnych w ewolucji rzeźby (na przykładzie fliszowych Karpat). *Czasopismo Geograficzne*, 1986, **57(2)**: 203-213.
21. Starkel L.: Geomorphic role of extreme rainfalls in the Polish Carpathians. *Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica*, 1996, **30**: 21-38.
22. Starkel L. (red.): Rola gwałtownych ulew w ewolucji rzeźby Wyżyny Miechowskiej (na przykładzie ulewy w dniu 15 września 1995 roku). Dokumentacja Geograficzna IG PAN, 1997, **8**: 93-94.
23. Świąchowicz J.: Współdziałanie procesów stokowych i fluwialnych w odprowadzaniu materiału rozpuszczonego i zawiesiny ze zlewni pogórskiej. Kraków, Instytut Geografii UJ, 2002, 1-150.
24. Świąchowicz J.: Wpływ spłukiwania, sufozji i procesów eolicznych na współczesną ewolucję stoków Karpat fliszowych. W: L. Starkel, A. Kotarba, A. Kostrzewski, K. Krzemień (red.) Współczesne przemiany rzeźby Polski. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, 2008a, 80-94.
25. Świąchowicz J.: The frequency of slope wash in a small agricultural catchment (Wiśnicz Foothills, Poland). *Questiones Geographicae*, Poznań, 2008b, **27A(2)**: 105-113.
26. Świąchowicz J.: Geomorfologiczne i ekonomiczne skutki deszczu nawalnego z dnia 17 czerwca 2006 r. na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego UJ w Łazach (Pogórze Wiśnickie) W: W. Bochenek, M. Kijowska (red.) Funkcjonowanie środowiska przyrodniczego w okresie przemian gospodarczych w Polsce. Szymbark, Bibl. Monit. Środ., 2009, 219-230.
27. Świąchowicz J.: Ekstremalne spłukiwanie i erozja liniowa na stokach użytkowanych rolniczo w Polskich Karpatach fliszowych. *Pr. Studia Geogr.*, 2010a, **45** (w druku).

28. Świąchowicz J.: Splukiwanie gleby na użytkowanych rolniczo stokach pogórskich w latach hydrologicznych 2007–2008 w Łazach (Pogórze Wiśnickie). Pr. Studia Geogr., 2010b, **45** (w druku).
29. Taranowski M.: Zarys stosunków opadowych w Wilnie (1918–1937). Biuletyn Obserwatorium Astronomicznego w Wilnie. II. Meteorologia, 1937, **13**.
30. Trybowski Cz.: O stosunkach opadowych w Rabce w latach 1934–1952. Wiad. Służby Hydrol., 1955, **3(5)**.
31. Teisseyre A. K.: Epizodyczne koryta a rozwój suchych dolin w krajobrazie rolniczym. Wrocław, Prace Geologiczno-Mineralogiczne, 1992, **31**: 1-69.
32. Wischmeier W. H., Smith D. D.: Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. Washington DC, Agricultural Handbook, U.S. Department of Agriculture, 1978, **537**: 1-58.
33. Wit-Józwik K.: Analiza deszczów w Szymbarku w latach 1969–1973 (w okresie od maja do września). Dokumentacja Geograficzna, 1977, **6**: 23-67.

Adres do korespondencji:

dr Jolanta Świąchowicz
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
Uniwersytet Jagielloński
ul. Gronostajowa 7
30-387 Kraków
tel.: (12) 664-52-72
e-mail: j.swiechowicz@geo.uj.edu.pl

Praca naukowa finansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego ze środków na naukę w latach 2008–2010 jako projekt badawczy nr NN 306 048334.

Rafał Wawer, Eugeniusz Nowocień, Bogusław Podolski

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

AKTUALNE ZAGROŻENIE EROZJĄ WODNĄ POWIERZCHNIOWĄ GLEB W WOJEWÓDZTWACH W LATACH 2000–2006*

Wstęp

Erozja gleb jest procesem naturalnym, jej natężenie jest determinowane m.in. czynnikami antropogenicznymi, które czynią ją jedną z głównych i najbardziej rozpowszechnionych form degradacji powierzchni ziemi.

W skali globalnej około 1,6 miliarda ha ziemi uprawnej, tj. około 13% ogółu kontynentów podlega degradacji erozyjnej – ponad 1 miliard ha erozji wodnej, około 550 milionów ha erozji wietrznej. W Europie około 17% ogólnej powierzchni lądu jest w różnym stopniu dotknięta erozją (2), z tego 92% erozją wodną (7).

W Polsce prawie 29% ogólnego obszaru jest potencjalnie zagrożone erozją wodną, przy czym erozją w stopniu od średniego do bardzo silnego zagrożone jest ok. 16,5% powierzchni (3). Średnia wartość rocznych strat gleby w wyniku erozji wodnej dla obszaru Polski szacowana jest na poziomie 76 Mg/km²/rok (4), przy czym wartości skrajne wahają się od 2,7 Mg/km²/rok do 280 Mg/km²/rok (6), osiągając lokalnie ekstremalne wartości. Według szacunków około 28% powierzchni kraju zagrożonych jest erozją wietrzną (11% średnia-silna), a na 18% występuje erozja wąwozowa (7% średnia-b.silna); (4).

Polska dysponuje mapą erozji wodnej potencjalnej w skali 1 : 300000, pokrywającą obszar całego kraju, wykonaną przez zespół pod kierunkiem Cz. i A. J ó z e f a c i u - k ó w (5). Wskaźnik erozji wodnej potencjalnej ujmuje zagrożenie erozją wodną powierzchniową w hipotetycznej sytuacji, kiedy cała powierzchnia lądu jest użytkowana ornie i znajduje się permanentnie w czarnym ugorze, a więc w stanie największego narażenia na zmywanie. Wskaźnik pozwala wyznaczyć obszary o największym zagrożeniu erozją wodną powierzchniową, wynikającym z ukształtowania terenu (spadki) i podatności pokrywy glebowej na splukiwanie. Obszary te powinny bezwzględnie podlegać zabiegom ochronnym: melioracjom przeciwoerozyjnym, zalesieniom itd. Mapa erozji wodnej potencjalnej została w późniejszym okresie zdigitalizowana i włączona do systemu AgroGIS jako jeden z elementów informacji o degradacji środowiska w Polsce (11).

* Opracowanie wykonano w ramach zadań 2.2 w programie wieloletnim IUNG - PIB.

Wskaźnik erozji wodnej potencjalnej jest wskaźnikiem statycznym, tj. takim, który nie podlega zmianom w czasie, co wynika przede wszystkim z braku ekonomicznie uzasadnionej potrzeby aktualizacji map topograficznych i glebowych, które stanowiły materiał źródłowy do jego opracowania. Natomiast opracowany również przez Józefa i uków wskaźnik erozji wodnej aktualnej, określający aktualne zagrożenie erozją wodną powierzchnią zawiera elementy dynamiczne, takie jak użytkowanie terenu i agrotechnika. Wskaźnik ten należy interpretować jako rzeczywiste zagrożenie erozją wodną dla aktualnej struktury użytkowania terenu. Wskaźnik pozwala wyznaczyć obszary o wciąż wysokim zagrożeniu erozją wodną powierzchnią, które powinny zostać poddane ochronie lub transformacji na inny niż rolny typ użytkowania.

Niniejsza praca przedstawia wyniki analizy przestrzennej aktualnego zagrożenia erozją wodną powierzchnią w Polsce wykonanej w układzie województw dla użytkowania terenu z lat 2000 i 2006.

Materiały i metoda badań

Analizę wykonano w oparciu o wskaźnik erozji wodnej aktualnej według metody Józefa i uków (5), która wprowadza sześć stopni intensywności erozji wodnej powierzchniowej na podstawie wydzielenia metodą „overlay” z warstw przestrzennych reprezentujących następujące zmienne: gatunek gleby, spadki terenu, średni roczny opad i typy użytkowania terenu. Ponieważ wskaźnik erozji wodnej potencjalnej (zagrożenie erozją wodną powierzchnią) jest interpretowany jako intensywność erozji na gruncie ornym utrzymywanym w czarnym ugorze oryginalną regułą decyzyjną metody wyznaczania erozji wodnej aktualnej Józefa i uków można przedstawić jako tabelę wskaźników redukcji potencjalnego zagrożenia erozją wodną powierzchnią (9) przypisanych poszczególnym typom użytkowania terenu wyróżnionych w bazie danych CORINE CLC2000 (1).

Dane CORINE Land Cover obejmują głównie typ użytkowania terenu (bez uwzględnienia informacji o agrotechnice) uproszczono zatem oryginalną metodykę zakładając, że wszystkie rolnicze typy użytkowania terenu nie są utrzymywane w sposób przeciwoerozyjny.

Mapę wynikową otrzymano w efekcie przecięcia warstw przestrzennych potencjalnej erozji wodnej stanowiącej część systemu AGROGIS oraz warstwy wektorowej CORINE Land Cover 2000. Wartości wskaźnika obliczono, przeprowadzając operacje arytmetyczne na bazie danych, stosując odpowiednie wartości redukcji zagrożenia erozją wodną powierzchnią przyporządkowane odpowiednim klasom użytkowania terenu CORINE Land Cover 2000 (CLC2000); (10). Identyczną analizę wykonano dla warstwy wektorowej CORINE Land Cover 2006. Obie otrzymane warstwy wektorowe aktualnego zagrożenia erozją wodną powierzchnią przecięto z warstwą podziału administracyjnego Polski. Następnie przeprowadzono obliczenia statystyczne na bazach danych warstw z 2000 i 2006 roku, otrzymując względne i bezwzględne wartości powierzchni zagrożonej różnymi stopniami nasilenia erozji w poszczególnych województwach.

Wyniki i dyskusja

Wyniki analiz wskazują, że erozja wodna aktualna o nasileniu od średniego do bardzo silnego występuje głównie na wyżynach, pogórzach i pojezierzach, w województwach charakteryzujących się bogatą rzeźbą terenu: małopolskim, lubelskim, świętokrzyskim i podkarpackim (tab. 1, rys. 1).

Ogólna powierzchnia kraju zagrożona erozją wodną powierzchniową przy aktualnym użytkowaniu terenu według CORINE Land Cover 2000 wynosi maksymalnie 18,2% powierzchni lądowej Polski. Udział powierzchni kraju zagrożonej erozją w stopniu od średniego do bardzo silnego (stopnie 3 do 5) wynosi 7,1%, co stanowi około 2,2 mln ha. Najbardziej zagrożone województwa to: małopolskie (27%), lubelskie (12%), podkarpackie oraz świętokrzyskie (po 15% powierzchni).

Wyniki otrzymane dla roku 2006 nie wykazują znacznych odchyleń w porównaniu z rokiem 2000. W skali kraju zagrożenie wystąpieniem najsilniejszych stopni erozji (3-5) wykazało niewielki spadek: od 0,122 do 0,134% (odpowiednio 38,2 tys. ha do 42 tys. ha) powierzchni (tab. 2). Szczegółowe wyniki w układzie województw są zawarte w tabeli 2.

Wnioski

Struktura użytkowania terenu w Polsce według danych CORINE 2000 sprzyja zmniejszeniu zagrożenia erozją wodną powierzchniową. Znajduje to odzwierciedlenie w spadku udziału najwyższych stopni zagrożenia erozją wodną powierzchniową (3-5) z potencjalnego 16,5% do aktualnego 7,1%. W latach 2000–2006 nie nastąpiła znacząca zmiana użytkowania terenu na obszarach o najwyższym zagrożeniu erozją. Zaobserwowano jednak nieznaczną – zaledwie na poziomie 0,1-0,6% – tendencję spadkową we wszystkich województwach. Aby zmniejszyć wciąż dość wysokie aktualne zagrożenie erozją wodną powierzchniową należałoby zastosować na obszarze jej występowania melioracje przeciwerozcyjne, w tym transformację użytków z rolnych na użytki ochronne, a dotyczy to ponad 2,2 mln ha, w tym około 500 tys. ha zagrożonych erozją wodną bardzo silną, w trybie bardzo pilnym. Najbardziej zagrożone erozją wodną powierzchniową jest województwo małopolskie, gdzie 27% gruntów jest zagrożonych erozją wodną w stopniu od średniego do bardzo silnego, przy czym zagrożenie erozją bardzo silną przekracza aż 11%, tj. około 1700 km².

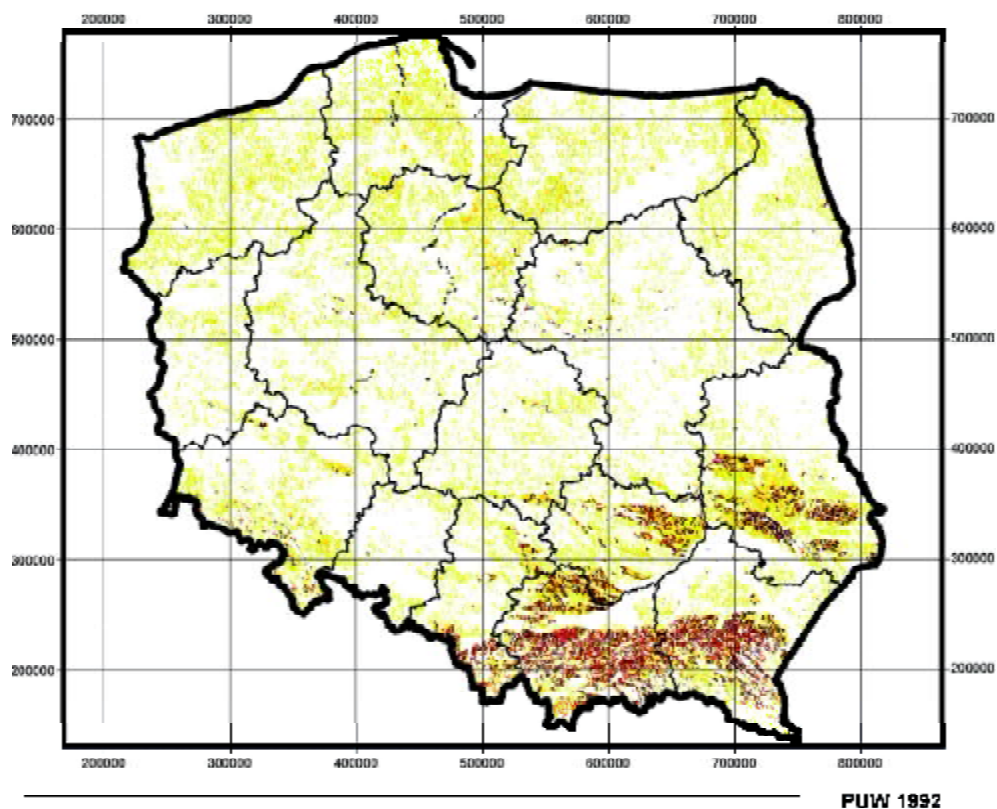
Ponieważ najmniejsza skala referencyjna danych źródłowych wykorzystanych w analizie wynosi 1 : 300000 (9) uzyskane mapy erozji wodnej aktualnej powinny być rozpatrywane na tym samym poziomie dokładności.

Tabela 1

Aktualne zagrożenie erozją wodną powierzchniową województw wg CORINE Land Cover 2000

Województwo	Powierzchnia km ²	Stopień zagrożenia erozją wodną																							
		0			1			2			3			4			5			3-5					
		km ²	%	km ²	km ²	%	km ²	km ²	%	km ²	km ²	%	km ²	km ²	%	km ²	km ²	%	km ²	km ²	%				
Opolskie	9371	8625	92,0	61	0,6	597	6,4	85	0,9	0	0,0	4	0,0	89	0,9										
	13942	12821	92,0	94	0,7	712	5,1	305	2,2	0	0,0	9	0,1	314	2,3										
	18193	16043	88,2	299	1,6	1372	7,5	416	2,3	9	0,0	53	0,3	479	2,6										
Podlaskie	20176	16565	82,1	660	3,3	2300	11,4	622	3,1	9	0,0	21	0,1	651	3,2										
Mazowieckie	35570	32724	92,0	398	1,1	1749	4,9	591	1,7	29	0,1	78	0,2	698	2,0										
Śląskie	12242	9481	77,4	385	3,1	1453	11,9	371	3,0	274	2,2	277	2,3	922	7,5										
Wielkopolskie	29801	26802	89,9	214	0,7	1820	6,1	936	3,1	4	0,0	25	0,1	965	3,2										
Dolnośląskie	19827	16531	83,4	346	1,7	1824	9,2	916	4,6	76	0,4	134	0,7	1126	5,7										
Zachodniopomorskie	22860	18773	82,1	309	1,4	2627	11,5	1148	5,0	0	0,0	3	0,0	1151	5,0										
Kujawsko-pomorskie	17944	14326	79,8	224	1,2	2036	11,3	1303	7,3	8	0,0	46	0,3	1357	7,6										
Pomorskie	18236	14077	77,2	463	2,5	2234	12,3	1451	8,0	4	0,0	7	0,0	1462	8,0										
Warmińsko-mazurskie	24176	20018	82,8	354	1,5	2300	9,5	1499	6,2	1	0,0	2	0,0	1502	6,2										
Świętokrzyskie	11655	7475	64,1	465	4,0	2013	17,3	818	7,0	222	1,9	661	5,7	1701	14,6										
Podkarpackie	17864	13225	74,0	416	2,3	1524	8,5	714	4,0	870	4,9	1115	6,2	2699	15,1										
Lubelskie	25087	18148	72,3	637	2,5	3201	12,8	1665	6,6	277	1,1	1159	4,6	3101	12,4										
Małopolskie	15084	8963	59,4	457	3,0	1613	10,7	957	6,3	1406	9,3	1688	11,2	4051	26,9										
Polska	312028	254597	81,6	5784	1,9	29378	9,4	13798	4,4	3188	1,0	5282	1,7	22269	7,1										

Źródło: opracowanie własne.



LEGENDA

		Granica państwa	
		Granice województw	
	Erozja wodna aktualna		
		erozja słaba	
		erozja umiarkowana	
		erozja średnia	
		erozja silna	
		erozja bardzo silna	

Rys. 1. Mapa erozji wodnej aktualnej w oparciu o CORINE CLC 2000
Źródło: opracowanie własne.

Zmiana (maksymalnego) zagrożenia erozją wodną powierzchniową województw w latach 2000–2006

Województwo	Powierzchnia km ²	Stopień zagrożenia erozją wodną													
		0		1		2		3		4		5		3-5	
		km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Opolskie	9371	3,7	0,1	3,0	0,0	1,4	0,0	790,2	8,4	-0,2	0,0	1,2	0,1	13,7	0,1
Lubuskie	13942	13,4	0,1	-15,5	0,1	12,9	0,1	0,3	0,0	-0,5	0,0	13,1	0,1	13,4	0,1
Łódzkie	18193	49,9	0,2	-51	0,2	17,5	0,1	-1,0	0,0	-0,3	0,0	19,8	0,1	49,9	0,2
Podlaskie	20176	54,3	0,3	-29,5	0,1	31,3	0,1	-6,4	0,0	-1,0	0,0	29,4	0,2	54,3	0,3
Mazowieckie	35570	-5,4	0	-52,7	0,1	-28	0,1	-1,8	0,0	-2,6	0,0	32,4	0,1	-5,4	0,0
Śląskie	12242	79,9	0,6	11,3	0,1	14,2	0,1	-85,8	0,7	2,6	0,0	12,6	0,1	79,9	0,6
Wielkopolskie	29801	16,6	0	-34,8	0,1	-28	0,1	-4,0	0,0	0,1	0,0	27,9	0,1	16,6	0,0
Zachodniopomorskie	22860	-3,8	0,1	-52,8	0,2	30,5	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	30,4	0,1	-3,8	0,1
Pomorskie	18236	28,2	0,1	-47,4	0,3	15,3	0,1	240,5	1,3	-0,6	0,0	17,3	0,1	28,2	,1
Warmińsko-mazurskie	24176	29,7	0,2	-10,8	0,0	-4,1	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	-4,0	0,0	29,7	0,2
Świętokrzyskie	11655	33,1	0,3	127,2	1,1	23,4	0,2	-220,9	-1,9	-16,1	-0,2	-73,3	-0,6	-33,1	-0,3
Podkarpackie	17864	-31,9	-0,1	-49,6	-0,2	-7,4	0	-862,8	-4,9	-7,7	0,0	-94,8	-0,5	-31,9	-0,1
Lubelskie	25087	-60,3	-0,2	-33,8	-0,2	0,8	0	-33,8	-0,1	1,3	0,0	-31,7	-0,2	-60,3	-0,2
Małopolskie	15084	-16,1	-0,1	-54	-0,4	31,2	0,3	-128,9	-0,8	57,6	0,4	40,1	-0,3	-16,1	-0,1

Źródło: opracowanie własne.

Literatura

1. Bittner G., Feranec J., Jaffrain G.: Corine Land Cover update 2000: Technical guidelines, EEA Technical report, 2002, No 82.
2. Gentile A. R. et al.: Down to earth: Soil degradation and sustainable development in Europe. A challenge for the 21st century. EEA, 2000.
3. Jadczyński J., Stuczynski T., Szabelak P., Wawer R., Zielinski M.: History and current status of research and policies regarding soil erosion in Poland. In Agricultural Impacts on Soil Erosion and Soil Biodiversity: Developing Indicators for Policy Analysis. Proceedings from an OECD Export Meeting Rome, Italy, March 2003, 201-209.
4. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A.: Erozja agroekosystemów. Bibl. Monit. Środ., 1995, ss. 168.
5. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A.: Wskazówki metodyczne badania procesów erozji. Bibl. Monit. Środ., 1996, ss. 148.
6. Maruszczak H.: Denudacja chemiczna. Geografia Polski. Środowisko Przyrodnicze. PWN Warszawa, 1991.
7. Van Der Knijf J. M., Jones R. J. A., Montanarella L.: Soil erosion risk assessment in Europe. EEA, EUR 19044 EN, 2002, ss. 38.
8. Vieillefont V. et al.: Validation of soil erosion estimates at European scale. European Commission, JRC, EUR 20827 EN, 2003, ss. 38.
9. Wawer R., Nowocień E.: Mapa erozji wodnej aktualnej w oparciu o CORINE Land Cover 2000. Pam. Puł., 2006, **142**: 537-546.
10. Wawer R., Nowocień E., Podolski B.: Actual water erosion risk in Poland based upon CORINE Land Cover 2006. EJPAU, 2010, 13(2), #13. Available Online: <http://www.ejpau.media.pl/volume13/issue2/art-13.html>
11. Zaliwski A., Stuczynski T.: Zintegrowany system informacji. Nowe Rol., 1999, **12**: 38.

Adres do korespondencji:

dr Rafał Wawer
IUNG-PIB
Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (81) 886-34-21
e-mail: huwer@iung.pulawy.pl

Bartłomiej Kałuża

Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. Jana Kochanowskiego w Kielcach

Franciszek Woch

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

**PROBLEM EROZJI WODNEJ GLEB NA UŻYTKACH ROLNYCH
WOJEWÓDZTWA ŚWIĘTOKRZYSKIEGO NA PRZYKŁADZIE
WYBRANYCH OBIEKTÓW W GMINIE BODZENTYN**

Wstęp

Problem erozji wodnej gleb użytkowanych rolniczo dotyczy szczególnie terenów urzeźbionych. Na terenie naszego kraju najbardziej narażone na erozję są, poza terenami gór i pogórzy, tereny lessowe wyżyn południowej i wschodniej Polski, w tym województwo świętokrzyskie.

W województwie świętokrzyskim, na terenie którego znajduje się obszar badań, występowaniu procesów erozyjnych, poza zróżnicowaną rzeźbą, sprzyja również bardzo duża podatność gleb lessowych i lessowatych na zmywy powierzchniowe. Dodatkowym problemem jest niewielki wskaźnik zalesienia, nieprzekraczający na terenie większości zlewni kilku procent. Stosunkowo niewielkie powierzchnie zajmują również trwałe użytki zielone, a działki są rozmieszczone na ogół w układzie wzdłużstokowym.

W takich uwarunkowaniach konieczne jest przedstawienie stanu zagrożenia gleb erozją wodną powierzchniową, a także zaproponowanie realnych do wykonania i skutecznych działań przeciwoerozyjnych.

Cel i zakres pracy

Celem badań było:

1. Dokonanie charakterystyki terenu badań obejmującej przede wszystkim czynniki mające wpływ na występowanie i nasilenie procesów erozji wodnej, czyli warunki klimatyczne, rzeźbę terenu i warunki glebowe.
2. Przedstawienie stanu zagrożenia gleb erozją wodną powierzchniową wybranych obiektów.
3. Próba zastosowania technik komputerowych wskazanych do powszechnego wykorzystania.

4. Zaproponowanie działań zapobiegających erozji lub zmniejszających jej skutki na terenie badanych obiektów oraz wskazanych do realizacji w podobnych uwarunkowaniach województwa świętokrzyskiego.

Badania przeprowadzono we wsiach Sieradowice, Wzdół Rządowy i Wzdół Kolonia w Gminie Bodzentyn, woj. świętokrzyskie.

Metoda badań

Problematykę erozji wodnej i charakterystykę terenu badań przedstawiono w oparciu o specjalistyczną literaturę, gminne dokumenty strategiczno-planistyczne, jak również stosowne dane pochodzące z Urzędu Gminy w Bodzentynie oraz z Głównego Urzędu Statystycznego. Badania terenowe polegały na przeprowadzeniu wizji lokalnej w celu wykonania dokumentacji fotograficznej badanych obiektów.

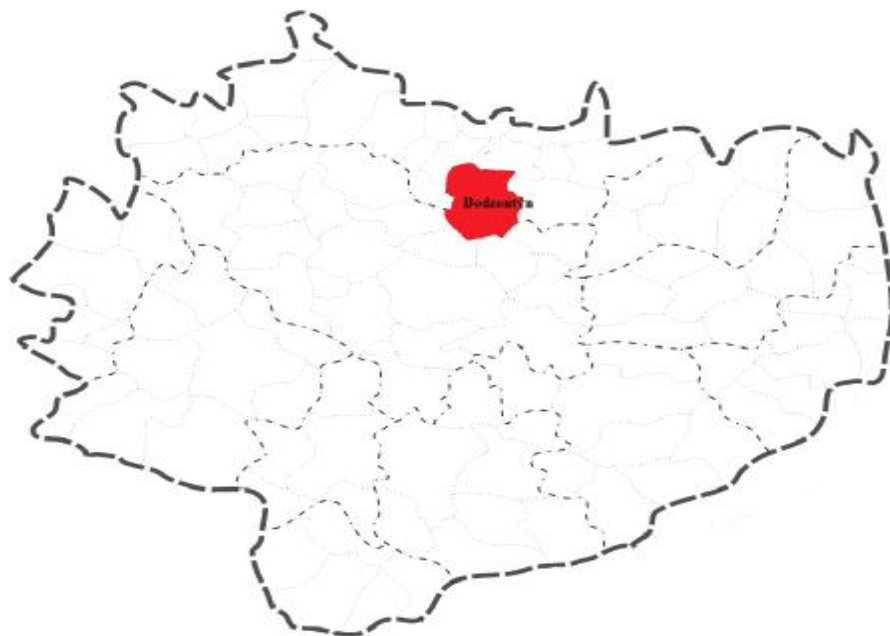
W pracy wykorzystano cyfrowe mapy topograficzne i glebowo-rolnicze udostępnione przez Departament Mienia, Geodezji, Kartografii i Planowania Przestrzennego Urzędu Marszałkowskiego w Kielcach. Mapy topograficzne posłużyły do wyznaczenia klas spadków w przedziałach: do 5%, 5-10%, 10-18%, 18-27% i powyżej 27%. Z mapy glebowo-rolniczej pozyskano informacje o rodzaju i gatunku gleb na terenie Gminy Bodzentyn i na tej podstawie ustalono grupy gleb ze względu na stopień ich podatności na erozję wodną powierzchniową (1). Mapy ewidencyjnej użyto do poznania sposobu lokalizacji działek w stosunku do rzeźby terenu. Do analizy map cyfrowych, dla opracowania spadków terenu i zasięgów występowania erozji wodnej, wykorzystano oprogramowanie ArcView w wersji 9.3. Na podstawie wektorowej mapy warstwowej stworzono cyfrowy model terenu, który posłużył do wyznaczenia spadków w odpowiednich przedziałach.

Dla każdego z badanych obiektów opracowano mapę zagrożenia gleb erozją wodną powierzchniową w skali pięciostopniowej. Jako główne kryteria przyjęto nachylenie terenu, podatność gleb na erozję i wielkość rocznych sum opadów (1). Znając zasięgi zagrożenia erozyjnego badanych obiektów, strukturę użytkowania gruntów oraz układ działek, zaproponowano docelowe działania przeciwoerozyjne.

Charakterystyka obszaru badań

Gmina Bodzentyn o powierzchni 161 km² położona jest w północnej części województwa świętokrzyskiego, w powiecie kieleckim. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego zamieszkuje ją 11 625 mieszkańców (stan w 2006 r.). W skład gminy wchodzi miasto Bodzentyn oraz 22 wsie sołeckie m.in.: Psary, Sieradowice, Śniadka, Święta Katarzyna, Wilków, Wola Szczygielkowa i Wzdół Rządowy.

Położenie gminy (rys. 1 i 2) jest specyficzne ze względu na sąsiedztwo otuliny Świętokrzyskiego Parku Narodowego i Sieradowickiego Parku Krajobrazowego, co bezpośrednio wiąże się ze szczególną ochroną prawną tego obszaru.



Rys. 1. Położenie gminy Bodzentyn w województwie świętokrzyskim

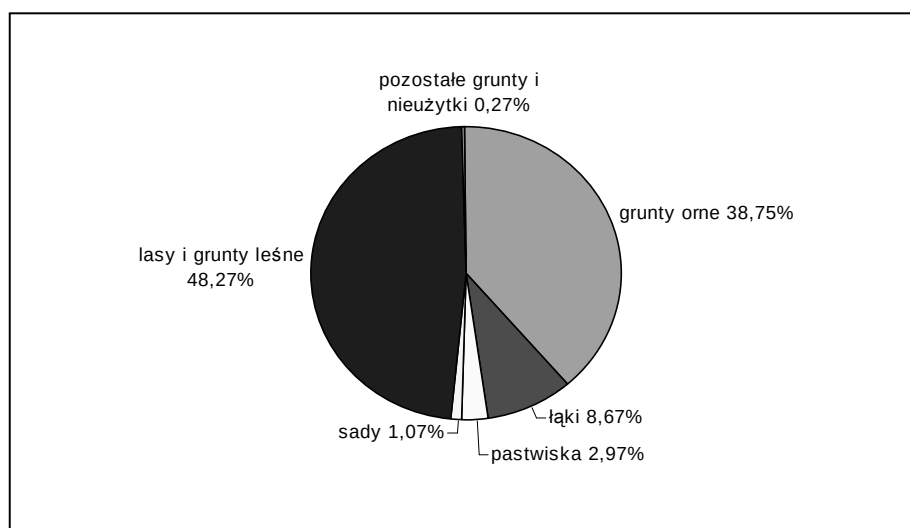
Źródło: opracowanie własne.



Rys. 2. Położenie Gminy Bodzentyn w powiecie kieleckim

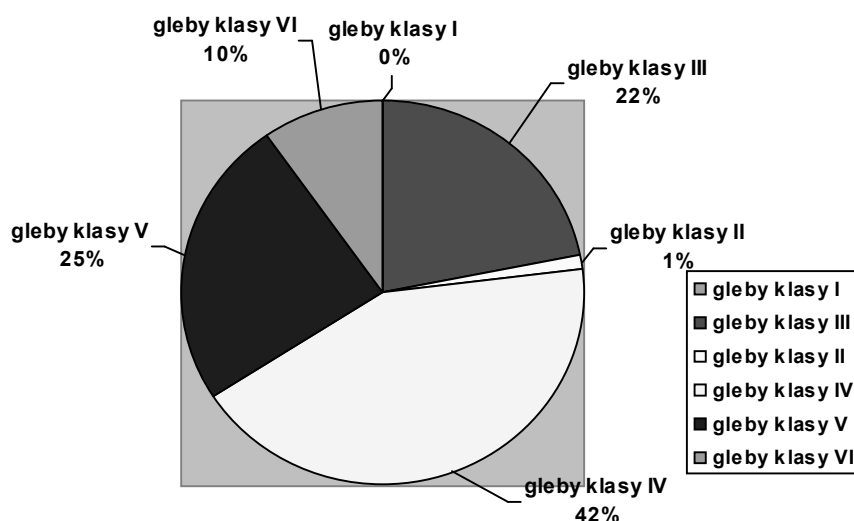
Źródło: opracowanie własne na podstawie: www.geodezja.kielce.pl/foto/powiat_kielce.gif

Dominującą formą działalności gminy jest rolnictwo, natomiast dynamicznie rozwija się jedna z funkcji pozarolniczych – turystyka. Szczegółową strukturę użytkowania gruntów przedstawiono na rysunku 3. Całkowita powierzchnia użytków rolnych wynosi 7859 ha, z tego: grunty orne to 5918 ha, łąki 1324 ha, pastwiska zajmują 454 ha, sady 163 ha. Lasy i grunty leśne zajmują powierzchnię 7372 ha, a pozostałe grunty i nieużytki 42 ha. Łącznie w Gminie Bodzentyn jest 1848 gospodarstw rolnych.



Rys. 3. Struktura użytkowania gruntów w Gminie Bodzentyn (%)

Źródło: dane urzędu Gminy Bodzentyn, 2008.



Rys. 4. Struktura jakości gleb w gminie Bodzentyn – klasy bonitacyjne

Źródło: plan rozwoju lokalnego miasta i gminy Bodzentyn, 2004.

Niemal na całym obszarze gminy Bodzentyn (poza miejscowościami Święta Katarzyna i Wilków) występują gleby lessowe. We wsiach Sieradowice i Podmielowiec wytworzyły się z utworów fluwioglacjalnych gleby piaszczysto-gliniaste. W dolinie rzeki Psarki na obszarze miejscowości: Bodzentyn, Hucisko, Psary, Stara Wieś, Dąbrowa, Kamieniec z torfów i mulków holocenijskich wykształciły się mady. Na terenie gminy dominują gleby klasy IV, mniej jest gleb klasy V, a także gleb klas III i VI. Gleby w gminie Bodzentyn należą w przewadze do lekkich i średnio ciężkich, są na ogół słabo przepuszczalne, nieprzewiewne i wymagają drenowania (4).

Rzeźba terenu na obszarze Gminy Bodzentyn warunkowana jest przede wszystkim obniżeniem w kierunku północnym i wschodnim. Są to na ogół obniżenia płaskodenne i rozległe. Zbocza wzniesień najczęściej mają zróżnicowane nachylenia (fot. 1-4). Ważną rolę w kształtowaniu rzeźby terenu na obszarze gminy mają przekształcenia spowodowane gospodarczą działalnością człowieka, w tym budownictwem mieszkaniowym, drogowym czy też z eksploatacją surowców mineralnych. Istotny wpływ na zmianę rzeźby mają także procesy erozyjne występujące na tym terenie (5).



Fot. 1. Wzdłużstokowy układ pól w miejscowości Sieradowice

Fot. B. Kałuza, 2010.



Fot. 2. Wzdłużstokowy układ pól w miejscowości Wzdół Kolonia
Fot. B. Kałuża, 2010.



Fot. 3. Wzdłużstokowy układ pól w miejscowości Wzdół Rządowy
Fot. B. Kałuża, 2010.



Fot. 4. Zadrzewienia śródpolne na terenie wsi Wzdół Rządowy
Fot. B. Kałuża, 2010.

Wyniki badań

Ocena rzeźby terenu i nasilenia erozji gleb

W analizowanych wsiach – Wzdół Rządowy, Wzdół Kolonia i Sieradowice – opracowano mapy spadków w pięciu najczęściej stosowanych przedziałach: 0-5%, 5-10%, 10-18%, 18-27% i >27%. Obszar wszystkich trzech wsi charakteryzuje się niewielkimi różnicami wysokości bezwzględnych, jednak występuje tu znaczna różnorodność form ukształtowania powierzchni.

W miejscowości Wzdół Rządowy największe spadki mieszczą się w przedziale 10-18%, a miejscami także powyżej 18%, stwierdzono w północnej części. W środkowej i zachodniej części miejscowości dominują spadki w granicach 5-10%. Najłagodniejsza rzeźba występuje w części południowej tej wsi. Na badanym obszarze nie stwierdzono spadków terenu powyżej 27%.

Teren we wsi Sieradowice jest najbardziej zróżnicowany pod względem rzeźby. W północnej, fragmentami we wschodniej i zachodniej części miejscowości występują spadki w przedziałach 10-18%, a także 18-27%. Na dużej powierzchni tej wsi występują także spadki w przedziale 5-10%, znajdujące się na północy, południu i wschodzie. W centralnej części miejscowości występują niewielkie spadki mieszczące się w granicach 0-5%.

W miejscowości Wzdół Kolonia największe spadki w przedziale 10-18% znajdują się również w północnej części wsi, a także w centralnej jej części. Jednak na zdecydowanej większości obszaru badanej miejscowości dominują niewielkie spadki, zawierające się w przedziale 0-5%.

Na badanej powierzchni, wynoszącej łącznie 1061,05 ha, największy udział ma erozja w stopniu umiarkowanym, która dotyczy ponad 46% obszaru (tab. 1), erozja słaba występuje na ok. 32%, średnia na około 18%, a silna na 2,6% obszaru. Nie stwierdzono występowania erozji bardzo silnej.

W porównaniu z gminą i województwem (tab. 1) badany obszar posiada mniejszy udział powierzchni o słabym nasileniu erozji (i zerowym) oraz silnym i bardzo silnym, zaś znacznie więcej o nasileniu średnim (z erozją umiarkowaną i średnią).

Dominującym sposobem zagospodarowania terenu na rozpatrywanych obiektach jest użytkowanie rolnicze. Bardzo często są to tereny o dużych spadkach, posiadające gleby lessowe, o przeważającym wzdłużstokowym kierunku uprawy (fot. 1-4), przez co występuje tam bardzo duże zagrożenie wystąpieniem zjawisk erozyjnych.

Tabela 1

Stopnie nasilenia erozji na terenach objętych analizą

Stopień nasilenia	Powierzchnia w badanych wsiach (ha)	% powierzchni		
		badanych wsi	gminy Bodzentyn*	województwa świętokrzyskiego*
Brak erozji	18,44	1,74	68,8	84,5
Erozja słaba	337,65	31,82		
Erozja umiarkowana	490,44	46,22	15,0	8,4
Erozja średnia	186,54	17,58		
Erozja silna	27,98	2,64	16,2	7,1
Erozja bardzo silna	-	-		
Razem	1061,05	100,00	100,0	100,0

* w skali 3-stopniowej

Źródło: opracowanie własne oraz Józefaciukowie (2).

Propozycja działań przeciwoerozyjnych na badanych obiektach

Na terenie objętym analizą konieczne jest podjęcie działań przeciwdziałających erozji. Propozycje odpowiednich działań przedstawiono na rysunkach 5-7.

Istotny wpływ na nasilenie procesów erozji na obszarach wsi Wzdół Rządowy, Wzdół Kolonia i Sieradowice ma wzdłużstokowy układ pól i związany z nim sposób uprawy (fot. 1-4). Z tego powodu w miejscach, gdzie stopień nasilenia erozji wodnej potencjalnej wynosi 3 lub 4 (214,52 ha) najlepszym rozwiązaniem byłoby wprowadzenie poprzeczstokowego układu użytków (1, 3). Wytyczne co do rozmiaru i układu działek rolniczych przedstawił w swojej publikacji Woch (7). Zaproponowane korekty

istniejącego układu pól są często niemożliwe do praktycznego zastosowania ze względu na zbyt wąskie działki, a także skomplikowaną strukturę własnościową gruntów.

Na badanym terenie występuje wstęgowa szachownica gruntów (fot. 1-4). Szachownica ta cechuje się małym rozdrobnieniem działek (2-4 w gospodarstwie) i bardzo małą liczbą rolniczych dróg ewidencyjnych. Właściciele działek posiadają często własne (prywatne) drogi dojazdowe (patrz fot. 1) niewykazane w ewidencji i wykorzystywane wspólnie z właścicielami przyległych działek ewidencyjnych. Należy więc podjąć działania w kierunku kompleksowego scalenia gruntów zgodnie z propozycją Wocha (7), z uwzględnieniem likwidacji dróg prywatnych, a nowo projektowaną sieć dróg rolniczych dostosować do uwarunkowań przyrodniczych, głównie rzeźby terenu, poprzez zmianę ich układu i zabezpieczyć przeciwoerozyjnie.

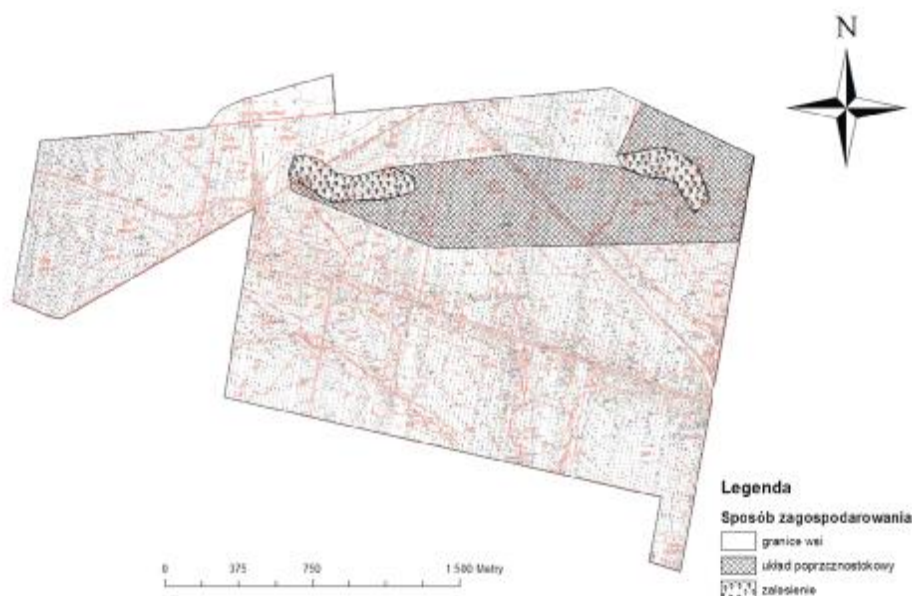
W wielu miejscach, szczególnie tam, gdzie spadki terenu są w granicach 18-27% należy dokonać transformacji użytkowania gruntów, głównie wprowadzić zalesienia lub zadarnienia – użytki zielone. Przy doborze gatunków należy wziąć pod uwagę siedlisko przyrodniczo-leśne, a także ekspozycję stoków i rodzaj gleb. Najlepsze efekty na zboczach lessowych dają nasadzenia modrzewia, buka i dębu szypułkowego z domieszką topoli i dębu czerwonego (1). Ze względu na wysoką wartość bonitacyjną transformacja użytków na glebach lessowych nie zawsze jest uzasadniona ekonomicznie. Dlatego też dobrym rozwiązaniem wydaje się zakładanie na takich gruntach sadów z uwzględnieniem zasad ochrony przeciwoerozyjnej. Za zakładaniem sadów na terasach czy też w poprzecznostkowych pasach darni przemawia m.in. fakt, iż drzewa owocowe charakteryzujące się głębokim systemem korzeniowym są bardziej odporne na okresowe niedobory wody na zboczach niż rośliny uprawne (2).

Innym możliwym do zastosowania na terenie wybranych obiektów zabiegiem przeciwoerozyjnym jest wprowadzanie zadarnień. Ich funkcja ochronna polega na wiązaniu gruntu przez dobrze rozwinięte systemy korzeniowe, jak również okrywanie jego powierzchni częściami nadziemnymi roślin. Użytki zielone powinny być zlokalizowane w miejscach narażonych na duże spływy powierzchniowe, jak doliny rzeczne czy zbocza.

Często spotykanym elementem w krajobrazie rozpatrywanych miejscowości są zadrzewienia śródpolne, występujące szczególnie na większych spadkach (fot. 4). Pomiedzy nimi występują grunty orne, przez co mamy tutaj do czynienia z niekorzystną dla rolnictwa szachownicą rolno-leśną. W miejscach tych należałoby uzupełnić istniejące zadrzewienia i utworzyć zwarte kompleksy leśne.

Propozycje przedsięwzięć przeciwoerozyjnych w procesie urządzeniowym – scalania gruntów – na obszarze badanych wsi przedstawiono na rysunkach 5-7.

Na gruntach, gdzie zagrożenie erozją wodną występuje w stopniu umiarkowanym (490,44 ha) wystarczającym zabiegiem może być stosowanie agrotechniki przeciwoerozyjnej. Najważniejsze w tym przypadku jest wykonywanie orki i innych zabiegów agrotechnicznych poprzecznie do spadku stoku. Skutecznym zabiegiem agrotechnicznym jest również stosowanie płodozmianów przeciwoerozyjnych. Szczególnie dobrymi właściwościami przeciwoerozyjnymi odznaczają się trawy, a także ich mieszanki z roślinami motylkowatymi (2).



Rys. 5. Propozycja działań przeciwerozyjnych na terenie obrębu Wzdół Rządowy
Źródło: opracowanie własne autorów.

W miejscach, gdzie uprawa poprzecznostkowa ze względu na nachylenie sięgające 15-20% jest niemożliwa lub uciążliwa dobrym rozwiązaniem jest również tarasowanie zboczy. Na terenie obiektów objętych niniejszą analizą znajdują się tzw. terasy naorywane wykonane poprzez odpowiednią uprawę pól (fot. 3).

Wnioski

1. Na podstawie analizy czynników przyrodniczych stwierdzono, iż warunki glebowe i rzeźba terenu na terenie objętym analizą sprzyjają występowaniu erozji wodnej powierzchniowej. Zdecydowaną największą część terenu badań zajmują utwory lessowe i lessowate należące do grupy gleb bardzo silnie podatnych na erozję.

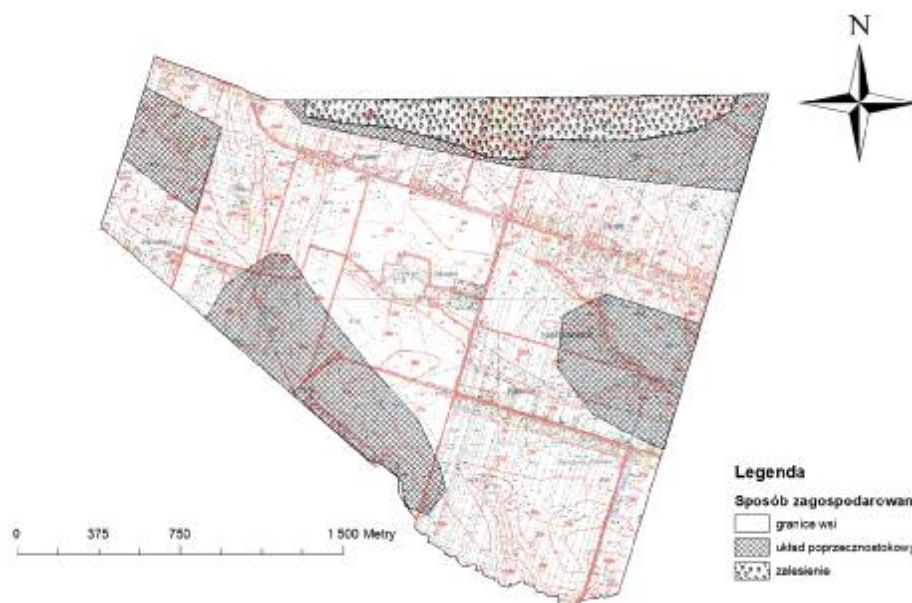
2. Na analizowanym terenie, o powierzchni ogółem 1061,05 ha, grunty zagrożone erozją w stopniu umiarkowanym zajmują 46,22% obszaru, erozją słabą 31,82%, średnia 17,58%, natomiast silną 2,64%.

3. Biorąc pod uwagę stopnie nasilenia erozji wodnej powierzchniowej wieś Sieradowice została zakwalifikowana do pierwszego stopnia pilności ochrony przed erozją, czyli ochrony bardzo pilnej. Do drugiego stopnia pilności ochrony, oznaczającego ochronę pilną, zaliczono wieś Wzdół Rządowy, natomiast miejscowość Wzdół Kolonia zakwalifikowano do trzeciego stopnia pilności ochrony, czyli do ochrony wskazanej lokalnie.

Rys. 6. Propozycja działań przeciwoerozyjnych na terenie obrębu Wzdół Kolonia
Źródło: opracowanie własne autorów.

4. Dominującym sposobem zagospodarowania powierzchni na terenach wsi Wzdół Rządowy, Wzdół Kolonia i Sieradowice jest użytkowanie rolnicze. Często ma ono charakter intensywny, co jest powodem nasilenia zjawisk erozyjnych na tych terenach.

5. Na obszarze badań występuje niewłaściwy – wzdłużstokowy – układ działek i dróg rolniczych, a także często niewłaściwe rozmieszczenie przestrzenne użytków.



Rys. 7. Propozycja działań przeciwozyjnych na terenie obrębu Sieradowice

Źródło: opracowanie własne autorów.

6. Ze względu na skalę zagrożenia erozyjnego na rozpatrywanym terenie konieczne jest podjęcie odpowiednich działań przeciwozyjnych. Najlepszy efekt w istniejących uwarunkowaniach powinna mieć zmiana układu działek i dróg rolniczych, a także w wielu przypadkach transformacja użytkowania gruntów, głównie w procesie scalania gruntów. W praktyce jednak działania te są trudne do wykonania. Niezależnie od tego powinno się stosować prawidłową agrotechnikę przeciwozyjną, fitomelioracje czy też utwardzanie i przeciwozyjne zabezpieczanie dróg rolniczych.

7. Zastosowanie Systemów Informacji Geograficznej (GIS) stwarza nowe możliwości w identyfikowaniu i badaniu zjawisk erozji. Przede wszystkim są one mniej czasochłonne, a ponadto charakteryzują się większą dokładnością niż metody tradycyjne, dlatego też powinny być one powszechnie wykorzystywane. Warunkiem powszechnego stosowania systemów GIS jest dostęp do danych przestrzennych w formie cyfrowej oraz odpowiednie oprogramowanie.

Literatura

1. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: Erozja agroekosystemów. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska, Bibl. Monit. Środ., Warszawa, 1995.
2. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: Ochrona gruntów przed erozją. Poradnik dla władz administracyjnych i samorządowych oraz służb doradczych i użytkowników gruntów. MOŚrZ-NiL, NFOŚiGW, IUNG Puławy, 1999, ss. 109.

3. M i e r z w a W., M o ż d ż e ń M., R a j d a W.: Studium nad zagrożeniem erozją wodną gleb w zlewni potoku Rycerka. W: W. Rajda (red.) *Erozja gleb i gospodarowanie na terenach urzeźbionych*. Zesz. Nauk. AR im. H. Kołłątaja, Kraków, 1992, 12-20.
4. Program ochrony środowiska dla miasta i gminy Bodzentyn. 2004.
5. Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego dla miasta i gminy Bodzentyn. Jeleniogórskie Biuro Planowania i Projektowania, Jelenia Góra, 2000.
6. W a w e r R., N o w o c i e ń E.: Mapa erozji wodnej aktualnej w oparciu o Corine Land Cover 2000. *Pam. Puł.*, 2006, **142**: 537-546.
7. W o c h F.: Urządzeniowe metody zmniejszania zagrożenia erozyjnego gleb. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2008, **10**: 79-101.

Adres do korespondencji

mgr Bartłomiej Kaluża
Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. Jana Kochanowskiego w Kielcach
ul. Świętokrzyska 15
25-406 Kielce
tel. kom. 668 499 177
e-mail: bartek86@gazeta.pl

dr hab. Franciszek Woch, prof. nadzw.
Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (81) 886 34 21 w. 336
e-mail: franciszek.woch@iung.pulawy.pl

Artur Łopatka, Piotr Koza, Jan Jadczyzyn, Tomasz Stuczyński

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

OCENA RYZYKA ZAGROŻENIA EROZJĄ WODNĄ W POLSCE NA PODSTAWIE MODELU USLE*

Potrzeba określenia zagrożenia gleb procesami erozyjnymi wymusza poszukiwanie metod ich obiektywnej oceny. Sposobność taką dają modele erozji wodnej gleb wykorzystujące formułę USLE (Universal Soil Loss Equation); (15). Ze względu na ich dużą popularność, metodykę pozwalającą na łatwą implementację w systemach GIS oraz przewidywania wyrażone w tonach średniego ubytku gleby z jednego hektara w ciągu roku zapewnia to ich porównywalność z pomiarami. Aby ocenić nasilenie procesów erozji wodnej gleb w szerszej Europejskiej perspektywie wyniki modelu przedstawiono z podziałem na kategorie nasilenia erozji, porównywalne z podziałami zastosowanymi w innych opracowaniach spoza Polski.

Metodyka

W modelu USLE (Universal Soil Loss Equation) średni ubytek gleby E w tonach na hektar spowodowany erozją w ciągu roku ma postać:

$$E = 2,24 \cdot 2R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

gdzie (3):

R – wskaźnik erozyjności opadu $[(MJ \cdot mm^{-1}) / (ha \cdot h^{-1})]$;

K – wskaźnik podatności gleby na erozję wodną $[(t \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1}) / (ha \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1})]$;

LS – wskaźnik topografii terenu (bezwymiarowy);

C – wskaźnik ochronnej roli pokrywy roślinnej (bezwymiarowy);

P – wskaźnik ochronnej roli zabiegów przeciwoerozyjnych (bezwymiarowy).

Najważniejszą cechą iloczynowej postaci wzoru opisującego erozję w modelu USLE jest przewidywany jej brak, gdy którykolwiek z czynników staje się równy zero.

Ustalenie roli poszczególnych czynników na drodze empirycznej odbywa się poprzez badanie poszukiwanego czynnika w warunkach, w których można przyjąć pozostałe czynniki za stałe. Oryginalna wersja modelu USLE (15) opracowana została

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.1 w programie wieloletnim IUNG - PIB

dla zastosowań obejmujących pola w pojedynczym gospodarstwie. Rozszerzenie zastosowań modelu USLE do dużych obszarów z wykorzystaniem systemów GIS wymuszało różnorodne modyfikacje związane z potrzebą dostosowania do dostępnych źródeł danych. Nie istnieje więc jedna wersja modelu USLE, niemniej jednak proponowane przez różnych autorów postaci poszczególnych czynników ze względu na możliwość ich empirycznej weryfikacji wykazują duże podobieństwo (1, 2, 4).

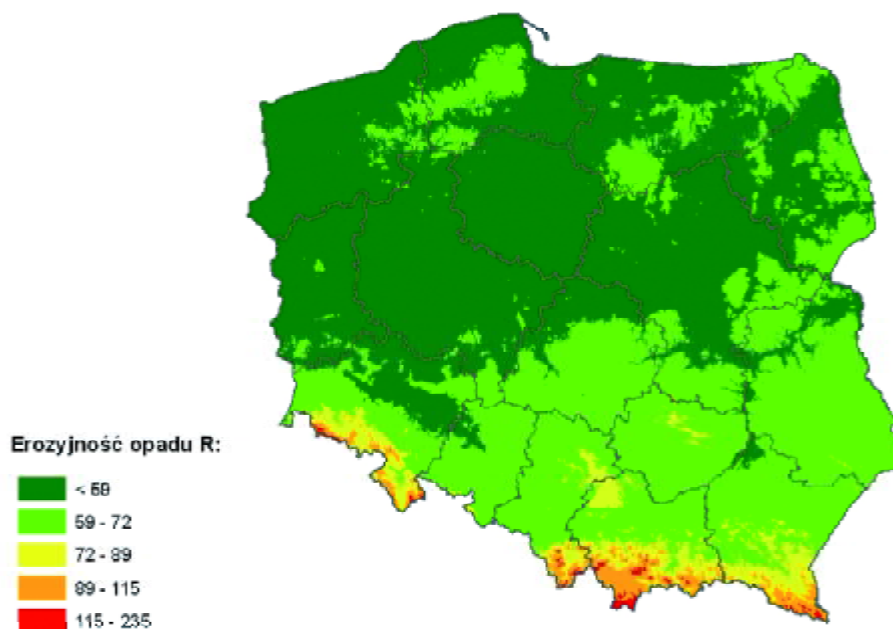
Poniżej przedstawione jest omówienie poszczególnych czynników modelu ze wskazaniem wybranych źródeł zastosowanych algorytmów obliczeniowych:

1) R – Erozyjność opadu

Czynnik R określany jako wskaźnik erozyjności opadu odpowiada za wpływ intensywności i długotrwałości opadów na efekt erozyjny. Można go określić na podstawie wzorów empirycznych w oparciu o rejestrowany przez najbliższą stację meteorologiczną rozkład częstości opadów o różnej intensywności w danym rejonie. Badania takich rozkładów pokazują że w Polsce czynnik R zależy w znacznym stopniu ($R^2 = 0,78$) od wysokości (h) umiejscowienia działki nad poziomem morza (5):

$$R = 0,0709h + 49,46$$

Stosując powyższą formułę, w oparciu o numeryczny model terenu dla Polski o rozdzielczości 40 m (16), wygenerowano warstwę wartości czynnika R (rys. 1):

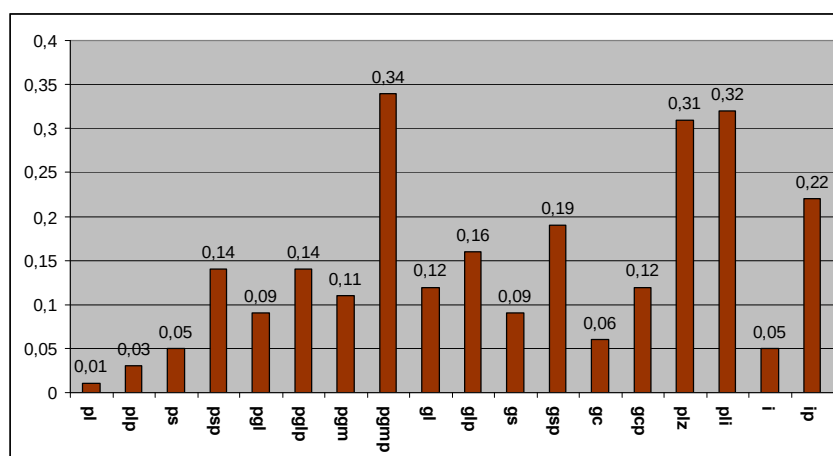


Rys. 1. Erozyjność opadów R [(MJ·mm⁻¹)/(ha·h⁻¹)]

Źródło: opracowanie własne.

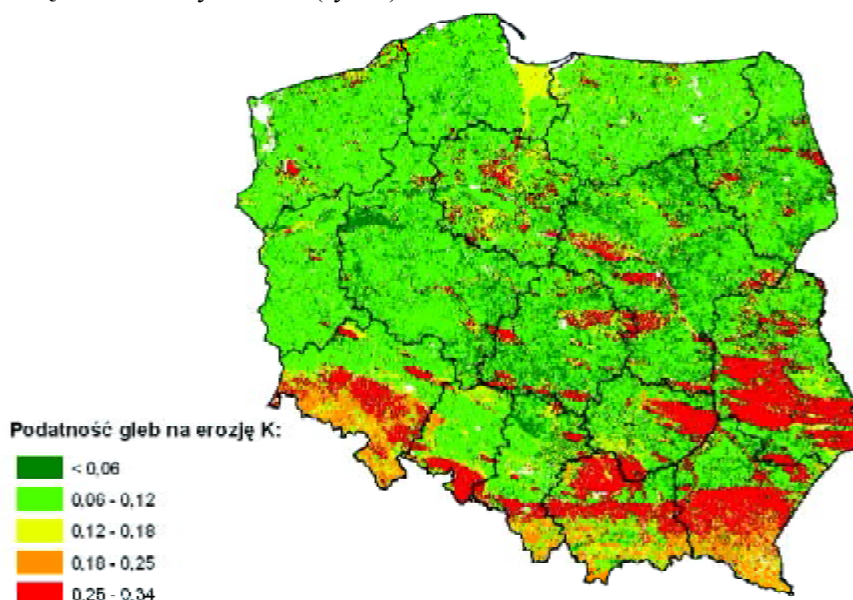
2) K – podatność gleb na erozję

Czynnik K wyraża podatność gleb na erozję i jest określany na podstawie granulometrycznego składu gleby i innych czynników m.in. zawartością próchnicy, a więc informacji, które zawiera pośrednio mapa glebowo-rolnicza. Wartości czynnika K dla poszczególnych gatunków gleb wyróżnionych na mapie glebowo-rolniczej przedstawia poniższy wykres:



Rys. 2. Wartości czynnika podatności gleb na erozję wodną K dla poszczególnych gatunków gleb
Źródło: Wawer i in. (13); dla plp, psp, pglp, glp, gsp, gcp, pli, i, ip - opracowanie eksperckie własne.

W oparciu o mapę glebowo rolniczą w skali 1:25000 (12 i 14) wygenerowano warstwę wartości czynnika K (rys. 3):



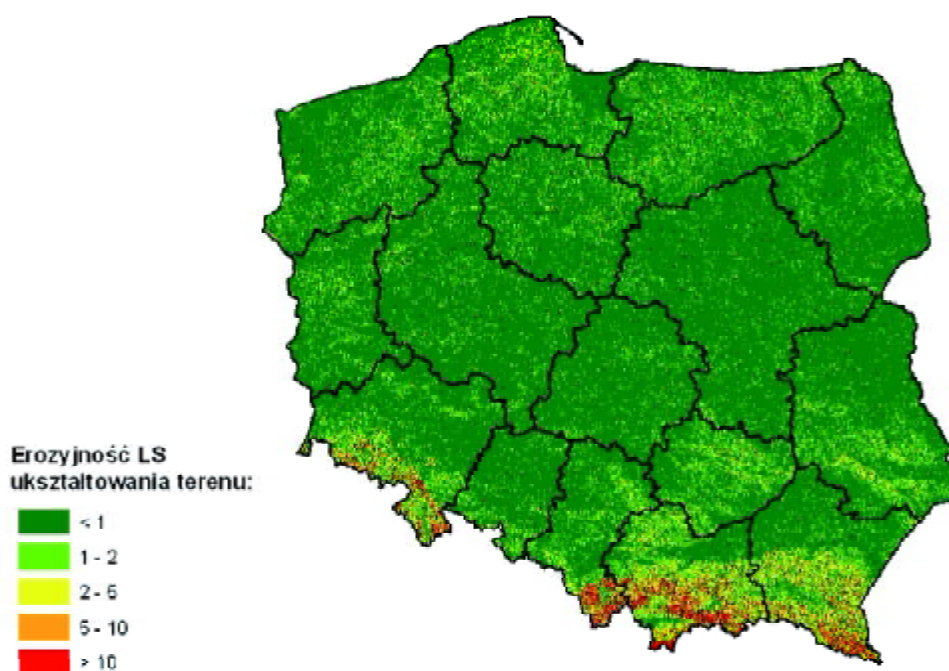
Rys. 3. Podatność gleb na erozję K $[(t \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1}) / (ha \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1})]$
Źródło: opracowanie własne.

3) LS – wskaźnik topografii terenu

Czynnik LS określa wpływ topografii terenu na nasilenie erozyjnego działania spływu powierzchniowego i zależy głównie od nachylenia S (w stopniach) i długości stoku L . Jego wartość może być wyznaczona w oparciu o numeryczny model terenu ze wzoru (7, 8):

$$LS = \left(\frac{FA \cdot CS}{22,13} \right)^{0,4} \left(\frac{\sin S}{0,0896} \right)^{1,3}$$

gdzie CS jest długością komórki rastra (40 m), a FA (flow accumulation) liczbą komórek zasilających spływem daną komórkę. W oparciu o numeryczny model terenu dla Polski (16) o rozdzielczości 40 m wygenerowano warstwę spadków S , a następnie warstwę FA (obie warstwy przy użyciu standardowych algorytmów wbudowanych w programie ArcGIS) i w efekcie warstwę wartości czynnika LS (rys. 4):



Rys. 4. Podatność na erozję wodną LS związana z ukształtowaniem terenu

Źródło: opracowanie własne.

4) Ochronne działanie pokrywy roślinnej

Czynnik C to współczynnik wyrażający stosunek pomiędzy wielkością strat erozyjnych z gleby uprawianej i identycznej gleby odsłoniętej, niepoddanej uprawie i zabiegom agrotechnicznym (tab. 1).

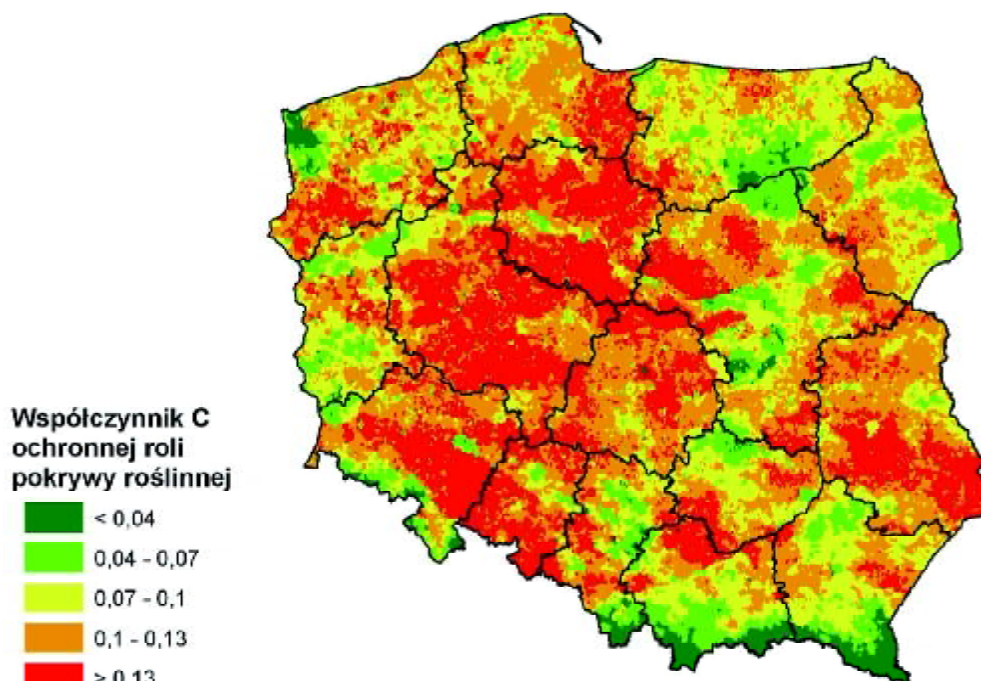
Wartości C obliczono na podstawie danych o strukturze zasiewów w obrębach (uzyskanych metodą dezagregacji na podstawie danych GUS i ARiMR) jako średnią ważoną, gdzie wagami były udziały poszczególnych grup upraw (rys. 5).

Tabela 1

Przyjęte wartości współczynnika C

Rodzaj uprawy	C
Zboża ozime, rzepak ozimy	0,15
Zboża jare, rzepak jary, len, konopie, słonecznik, soja	0,18
Kukurydza, warzywa liściaste, tytoń, chmiel	0,22
Okopowe, warzywa korzeniowe, truskawki	0,22
Strączkowe	0,15
Motylkowate i ich mieszanki	0,1
Trawy na GO i TUZ, odłogi *	0,01
Drzewa i krzewy owocowe **	0,05

Źródło: * Roose 1996 (10); ** Stone, Hilborn, 2000 (11).



Rys. 5. Ochronny wpływ pokrywy roślinnej

Źródło: opracowanie własne.

5) P – wpływ zabiegów przeciwozyjnych (profilaktyki)

Czynnik P określa wpływ przeciwozyjnej ochrony polegającej na wyborze kierunku uprawy w stosunku do kierunku największego spadku stoku. Ponieważ erozja jest najsilniejsza wtedy, gdy spływ powierzchniowy zachodzi bez przeszkód, a czynnik P przybiera największą wartość równą 1 dla uprawy wzdłuż kierunku największego spadku. Orientacyjne wartości dla różnych kierunków uprawy podano w tabeli 2.

Ze względu na brak danych przestrzennych odnośnie kierunku uprawy w obliczeniach domyślnie przyjęto założenie, że uprawa jest wzdłużstokowa.

Tabela 2

Wartości czynnika P dla różnego kierunku uprawy

Kierunek uprawy w stosunku do kierunku największego spadku	P
Wzdłużstokowa (w górę i w dół stoku)	1
Skośnostokowa (pod kątem ok 450)	0,75
Warstwiczna (prostopadle)	0,5

Źródło: Stone, Hilborn, 2000 (11).

Wyniki

Aby określić ilościową skalę zagrożenia erozją wodną wyniki modelu USLE sklasyfikowano w oparciu o kategorie zagrożenia użyte w pracach dotyczących obszarów spoza Polski (1, 2, 4, 6, 9, 11). Zestawienie oparto na trzech kategoriach opisowych zagrożenia: niskiego, średniego i wysokiego (tab. 3). Do wydzieleni w niniejszym opracowaniu użyto mediany z wartości zebranych w tabeli.

Tabela 3

Przedziały zagrożenia erozją przyjmowane w pracach z różnych krajów

Kraj i autorzy	Granica zagrożenia ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)	
	niskie	wysokie
Niemcy (Marks i in. 1989)	10	15
Włochy (Lastoria i in. 2008)	10	30
Rumunia (Argheș, Argheș 2011)	10	20
Brazylia (Da Silva 2008)	15	50
Kanada (Stone, Hilborn 2000)	5	10
Mediana	10	20

Wyniki wydzielen dla obszaru użytków rolnych w Polsce przedstawiono na mapie (rys. 6) i w tabeli 4 z podziałem na poszczególne województwa.

Wyniki zastosowania opisanego modelu USLE pokazują, że największy udział gleb użytków rolnych narażonych na erozję w stopniu silnym mają województwa Małopolskie i Podkarpackie i wynoszą odpowiednio 7,4 i 5,1%. W pozostałych województwach nie przekracza 3%, a średnio dla kraju udział gleb narażonych na erozję w stopniu silnym wynosi 1,1%.

Podsumowanie

Oszacowanie wielkości erozji wodnej wykonane modelem USLE w oparciu o mapę glebowo-rolniczą w skali 1:25000 i numeryczny model terenu o rozdzielczości 40 m pokazuje, że w skali kraju jedynie 3,2% gleb użytków rolnych narażonych jest na erozję w stopniu średnim i silnym, przekraczającym $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Są to głównie gleby gruntów ornych obszarów podgórskich i górskich oraz część gleb Wyżyny Lubelskiej i Wyżyny Śląsko-Krakowskiej.



Rys. 6. Erozja wodna na UR obliczona modelem USLE

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 4

Narażenie na erozję wodną obliczoną modelem USLE w województwach

Województwo	Erozja niska (% UR)	Erozja średnia (% UR)	Erozja wysoka (% UR)
Dolnośląskie	93,4	4,5	2,1
Kujawsko-pomorskie	98,8	0,8	0,4
Lubelskie	95,8	2,9	1,3
Lubuskie	99,6	0,2	0,2
Łódzkie	99,4	0,4	0,2
Małopolskie	79,8	12,8	7,4
Mazowieckie	99,6	0,2	0,2
Opolskie	96,8	2,4	0,9
Podkarpackie	87,1	7,8	5,1
Podlaskie	99,5	0,3	0,2
Pomorskie	99,2	0,5	0,3
Śląskie	95,4	3,4	1,2
Świętokrzyskie	94,1	3,9	2,0
Warmińsko-mazurskie	99,2	0,5	0,3
Wielkopolskie	99,6	0,2	0,2
Zachodniopomorskie	99,5	0,4	0,2
Polska	96,7	2,1	1,1

Źródło: opracowanie własne.

Tak niski udział zagrożenia użytków rolnych erozją wodną w kraju wynika z przyjętego podziału na klasy zagrożenia. Do klasy zagrożenia erozją niską włączono użytki rolne, na których erozyjne straty gleby sięgają do $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$, a w klasie erozji średniej straty zawierają się w przedziale $10\text{-}20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Tak przyjęte kryteria podziału nasilenia erozji wynikają z próby porównania wyników z oceną erozji realizowaną w innych krajach.

Literatura

1. Arghius C., Arghius V.: The quantitative estimation of the soil erosion using USLE type ROMSEM model. Case Study – the Codrului Ridge and Piemont (Romania). *Carpatian J. of Earth and Environmental Sc.*, 2011, **6(2)**: 59-66.
2. Da Silva A. M.: Regional scale modeling of erosion related to land cover evolution: a case study in brazilian southeastern region. *Cienc. suelo* vol.26 no.2 Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2008, 1850-2067.
3. Hołub B.: Interpretacja i porównanie symulacji zagrożenia potencjalną erozją wodną gleb według modeli USLE i USPED na przykładzie okolic Drohiczyzna nad Bugiem. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska Lublin-Polonia*, 2007, **62(12)**: Sectio B, 253-272.
4. Lastoria B., Misericocchi F., Lanciani A., Moncelli G.: An Estimated Erosion Map for the Aterno-Pescara River Basin, *European Water*, 2008, **21/22**: 29-39.
5. Licznar P.: Artificial neural networks aided annual rainfall erosivity factor values calculation in Poland. *Bonn, Gesellschaft für Informatik, Land- und Ernährungswirtschaft im Wandel - Aufgaben und Herausforderungen für die Agrar und Umweltinformatik, Referate der 26. GIL Jahrestagung*, 06.-08. März 2006, Potsdam, 2006, 145-148.

6. Marks R., Müller M. J., Leser H., Klink H.-J. (red.): Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes (BALVL). Forshugen zur Deutshen Landeskunde Band 229, Zentralaussuâ für deutshe Landeskunde, Selbstverlag, Trier, 1989.
7. Mitasova H., Hofierka J., Zlocha M., Iverson L.R.: Modeling topographic potential for erosion and deposition using GIS. *Int. Journal of Geographical Information Sc.*, 1996, **10(5)**: 629-641.
8. Moore I., Burch G.: Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation. *Soil Sc. Soc. Amer. J.*, 1986a, **50**: 1294-1298.
9. Moore I., Burch G.: Modeling erosion and deposition: topographic effects. *Transactions of the ASAE*. 1986b, **29(6)**: 1624-1630.
10. Roose E.: Land husbandry - Components and strategy, 70 FAO SOILS BULLETIN, Rome, 1996.
11. Stone R. P., Hilborn D.: Universal soil loss equation (USLE). FACTSHEET Agricultural Engineering, Ontario Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs, ORDER NO. 00-001. 2000.
12. Strzemski M., Bartoszewski Z., Czarnowski F., Dombek E., Siuta J., Truszkowska R., Witek T.: Instrukcja w sprawie wykonywania map glebowo-rolniczych w skali 1:5000 i 1:25000 oraz map glebowo-przyrodniczych w skali 1:25000. Ministerstwo Rolnictwa Departament Urzędzeń Rolnych. Warszawa, 1965.
13. Wawer R., Nowocień E., Podolski B.: Real and calculated K_{USLE} erodibility factor for selected Polish soils. *Pol. J. Environ. Studium*, 2005, **14(5)**: 655-658.
14. Witek T.: Mapy glebowo-rolnicze oraz kierunki ich wykorzystania. Seria (P18), IUNG Puławy, 1973.
15. Wischmeier W. H., Smith D. D.: Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. *Agric.e Handbook*, USDA/Science and Education Administration, US. Govt. Printing Office, Washington, DC. 1978, **537**: pp. 58.
16. Numeryczny Model Rzeźby Terenu - poziom 2. SGWP.

Adres do korespondencji:

mgr Artur Łopatka
IUNG - PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (081) 8863421 w 325
e-mail: artur@iung.pulawy.pl

WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW

W serii wydawniczej „**STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB**” publikowane są recenzowane prace z zakresu agronomii i kształtowania środowiska rolniczego, wykonane w ramach zadań programu wieloletniego pn. „Kształtowanie środowiska rolniczego Polski oraz zrównoważony rozwój produkcji rolniczej”. W zeszytach problemowych o charakterze monografii, wydawanych w ramach tej serii, mogą być zamieszczane również prace autorów spoza IUNG - PIB, które merytorycznie mieszczą się w tematyce zadań programu wieloletniego. **Publikowane są prace problemowe, głównie mające charakter przeglądowy, z podkreśleniem znaczenia omawianych zagadnień dla rolnictwa polskiego.**

Wydruk tekstu do recenzji:

czcionka 12 p., z odstępem 1,5-wierszowym.

Przygotowanie do druku:

- tekst i tabele w programie Word, wersja 6.0 lub wyższa
- czcionka – Times New Roman
- układ pracy: wstęp, wyniki i dyskusja bądź omówienie wyników, podsumowanie, literatura

tekst

- czcionka – 11 p. (spis pozycji literatury – 9 p.)
- wcięcie akapitowe – 0,5 cm

tabele

- podział na wiersze i kolumny (z funkcji tworzenia tabel)
- szerokość dokładnie 13 cm (tabele w pionie) lub 19 cm (tabele w poziomie)
- czcionka 9 p., pojedyncze odstępy międzywierszowe
- umieszczone w oddzielnych plikach
- pod tabelą przypis ze wskazaniem źródła danych (autorstwa)

rysunki

- czarno-białe
- wykresy w programie Word lub Excel
- wymiary w zakresie 13 cm × 19 cm
- w podpisach czcionka 9 p.
- na dyskietce w oddzielnych plikach
- pod rysunkiem przypis ze wskazaniem źródła danych (autorstwa)

jednostki miary

- system SI
- jednostki zapisywać potęgowo (np. t · ha⁻¹)

literatura

- spis literatury na końcu pracy w układzie alfabetycznym wg nazwisk autorów, w kolejności: nazwisko (pismo rozstrzelone), pierwsza litera imienia, tytuł pracy, miejsce publikacji: tytuł wydawnictwa (wg ogólnie przyjętych skrótów tytułów czasopism), rok, numer (pismo pogrubione), strony,
- cytowanie w tekście – jako numer pozycji ze spisu literatury (w nawiasach okrągłych) lub dodatkowo z nazwiskiem autora (pismo rozstrzelone).

Pracę do recenzji należy składać w 2 egzemplarzach. Po recenzji oryginalny egzemplarz recenzowany i ostateczną wersję pracy, uwzględniającą uwagi recenzenta i redaktora, składać do Redakcji w 1 egzemplarzu i na dyskietce lub przesłać e-mailem na adres:

Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: imarcinkowska@iung.pulawy.pl

