

Eugeniusz Nowocień, Rafał Wawer

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

ŚRODOWISKOWE SKUTKI EROZJI GLEB I METODY PRZECIWDZIAŁANIA*

Słowa kluczowe: erozja wodna, erozja wietrzna, melioracje przeciwerozyjne

Wstęp

Za twórcę terminu „erozja gleb” uznaje się Hougha Hammonda Bennetta, który od 1903 r. rozpoczął systematyczne badania nad degradowaniem gleb przez wodę i wiatr. Podsumowaniem tych badań było sprawozdanie pn. „Soil erosion a national mance” złożone w 1928 r. w Ministerstwie Rolnictwa Stanów Zjednoczonych (38).

Po 1930 r., w wyniku dynamicznego rozwoju teoretycznych i praktycznych badań erozyjnych, termin „erozja gleb” wszedł do powszechnego użytku. Początkowo większość badaczy, podobnie jak twórca tego pojęcia, obejmowali nim tylko procesy niszczenia wierzchniej warstwy gleby przez wodę i wiatr. W miarę upływu czasu i postępu badań włączano coraz to inne siły przyrody (grawitację, lodowce, śnieg, temperaturę) oddziałujące destrukcyjnie na gleby, zawsze jednak uwzględniano wyjątkową rolę czynnika antropopresji w wyzwalaniu i nasilaniu procesów erozyjnych.

W światowych studiach nad systematyką erozji można wyróżnić kilka sposobów klasyfikacji różniących się przyjmowanymi kryteriami podziału.

Z uwarunkowaniami zewnętrznymi jest związany, powszechnie przyjęty, podział na erozję geologiczną (naturalną) powodowaną wyłącznie siłami przyrody i bez udziału człowieka oraz na erozję gleb przyspieszoną – antropogeniczną zachodzącą pod wpływem czynników przyrodniczych, lecz determinowanych różnymi formami antropopresji.

Regularne badania erozyjne w Polsce rozpoczął w 1926 r. profesor Stanisław Bac. Zostały one wznowione po drugiej wojnie światowej w 1946 r. Początkowo skupiały się w PINGW w Puławach, a następnie zaczęły się dynamicznie rozwijać

*Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.0 pt. „Ochrona gleb użytkowanych” z dotacji budżetowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2021 r.

w wielu ośrodkach naukowych z inspiracji takich uczonych, jak: Bac (1, 2), Ziemnicki (45, 46, 47), Niewiadomski (31), Figuła (5, 6, 7), Prochal (34, 35), Starkel (40, 41), Maruszczak (28, 29), Józefaciuk A. i Józefaciuk C. (12, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 23) i innych.

Badania pedologiczne przeprowadzone w latach 80. ubiegłego stulecia wykazały, że na wszystkich kontynentach obniża się wydajność gleb użytkowanych rolniczo (44). Tę niepokojącą prognozę zmian środowiska przyrodniczego podjęła i upowszechniła organizacja FAO (ang. *Food and Agriculture Organization*) (8). Za jedną z głównych przyczyn obniżania się produktywności gleb uznano erozję wodną, a w wielu krajach erozję wietrzną (10).

W Polsce najbardziej negatywne skutki przyrodnicze i gospodarcze są powodowane przez erozję wodną powierzchniową i erozję wąwozową (12, 15, 16, 26, 11, 33). Lokalnie dewastację gruntów powodują również ruchy masowe, zwłaszcza osuwiska (47, 20, 42, 33).

Przedstawione dane opisowe i tabelaryczne mogą być wykorzystane w przedsięwzięciach decyzyjnych dotyczących ochrony środowiska i gospodarki gruntami, a także w różnego rodzaju pracach planistycznych i projektowo-wdrożeniowych podejmowanych na terenach zagrożonych erozją gleb.

Ocena stanu zagrożenia gleb erozją wodną powierzchniową

Zagrożenie gruntów erozją wodną powierzchniową opracowano według metody Anny i Czesława Józefaciuków (14, 15) wyznaczania stopni erozji wodnej potencjalnej, gdzie głównymi kryteriami przyrodniczymi wpływającymi na potencjalne nasilenie erozji wodnej są: nachylenie terenu, podatność gleby na zmywy powierzchniowe i wielkość opadu rocznego. W przeprowadzonych analizach zagrożenia nie uwzględniono sposobu użytkowania ziemi, który stanowi jedno z kryteriów rzeczywistego zagrożenia. Oznacza to, że do obszarów potencjalnie zagrożonych powierzchniową erozją wodną włączono również obszary zajęte przez tereny zalesione.

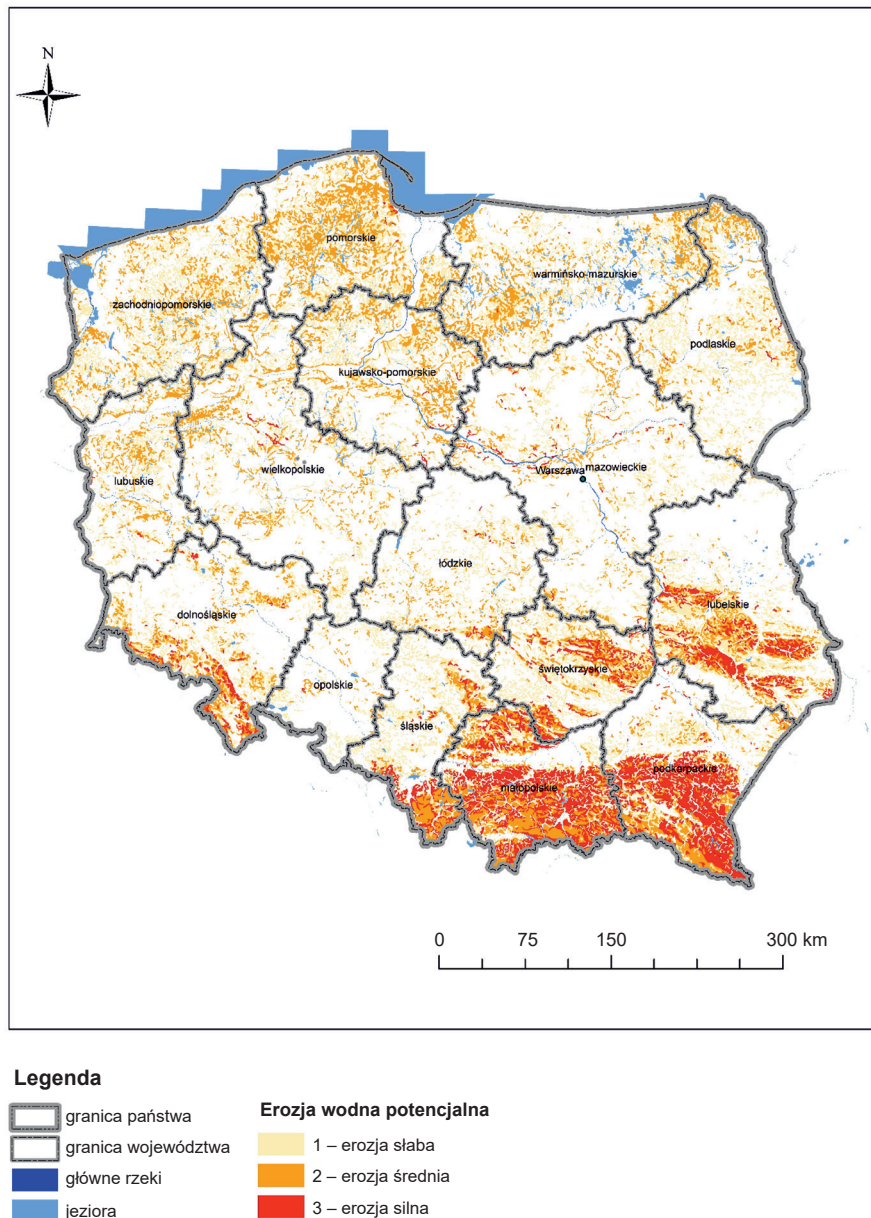
Ze względu na czynności opracowań kartograficznych w małych skalach, zagragowano klasy potencjalnego zagrożenia erozją, otrzymując w miejsce pięciu klas nasilenia, tj.:

- 1) erozja słaba,
- 2) erozja umiarkowana,
- 3) erozja średnia,
- 4) erozja silna,
- 5) erozja bardzo silna,

trzy klasy:

- 1) erozja słaba (agregatowano klasy 1 i 2),
- 2) erozja średnia (klasa 3),
- 3) erozja silna (agregatowano klasy 4 i 5).

Przeprowadzone analizy wykazały, że około 29% obszaru Polski, w tym 21% użytków rolnych, głównie gruntów ornych i około 8% powierzchni lasów, jest zagrożonych erozją wodną, w tym silną – 4%, średnią – 11%, słabą – 14% (rys.1, tab.1).



Rys. 1. Potencjalne zagrożenie powierzchniową erozją wodną gleb obszaru Polski

Źródło: Józefaciuk i Józefaciuk, 1995 (18)

Potencjalne zagrożenie powierzchniową erozją wodną gleb w Polsce wg województw

Tabela 1

Lp.	Województwo	Pow. ogólna km ²	Zagrożenie erozją w stopniu											
			1 – słabym				2 – średnim				3 – silnym			
			UR		Ls		UR		Ls		UR		Ls	
			km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
1.	dolnośląskie	19947,8	1924,4	9,6	990,0	5,0	1361,5	6,8	754,2	3,8	289,7	1,5	346,1	1,7
2.	kujawsko-pomorskie	17969,7	2116,2	11,8	520,3	2,9	1773,6	9,9	671,2	3,7	57,0	0,3	3,6	0,0
3.	lubelskie	25114,5	3386,7	13,5	456,4	1,8	1927,3	7,7	280,7	1,1	1307,3	5,2	219,6	0,9
4.	lubuskie	13984,4	807,2	5,8	842,9	6,0	587,3	4,2	847,8	6,1	12,9	0,1	14,9	0,1
5.	łódzkie	18219,1	2139,9	11,7	442,1	2,4	771,0	4,2	287,2	1,6	78,9	0,4	16,8	0,1
6.	małopolskie	15144,1	1198,5	7,9	256,5	1,7	1712,5	11,3	1440,5	9,5	3116,0	20,6	848,2	5,6
7.	mazowieckie	35597,8	2641,1	7,4	539,4	1,5	1232,8	3,5	745,6	2,1	147,2	0,4	50,6	0,1
8.	opolskie	9412,5	676,3	7,2	156,9	1,7	200,8	2,1	116,9	1,2	8,1	0,1	1,2	0,0
9.	podkarpackie	17926,3	1168,2	6,5	349,6	2,0	1084,0	6,0	832,4	4,6	2015,6	11,2	1052,3	5,9
10.	podlaskie	20179,6	2836,1	14,0	692,5	3,4	1488,9	7,4	479,2	2,4	51,2	0,2	13,2	0,1
11.	pomorskie	18292,9	2235,9	12,2	1023,4	5,6	2409,0	13,2	1789,0	9,8	29,2	0,2	20,9	0,1
12.	śląskie	12294,4	1914,8	1,6	560,2	4,6	831,6	6,8	840,8	6,8	658,9	5,4	199,1	1,6
13.	świętokrzyskie	11672,3	2269,9	19,4	500,3	4,3	982,9	8,4	192,7	1,7	829,8	7,1	92,0	0,8
14.	warmińsko-mazurskie	24203,0	2863,8	11,8	756,8	3,1	2566,9	10,6	872,0	3,6	10,0	0,0	9,5	0,0
15.	wielkopolskie	29825,6	1977,1	6,6	650,4	2,2	1416,9	4,8	885,0	3,0	45,1	0,2	49,3	0,2
16.	zachodniopomorskie	22901,5	2724,5	11,9	1401,1	6,1	1717,8	7,5	1355,0	5,9	4,0	0,0	2,3	0,0
Polska		312685,0	32980,6	10,5	10138,8	3,2	22064,8	7,1	12390,2	4,0	8660,9	2,8	2939,6	0,9
													30725,7	9,8
													15329,8	4,9

Źródło: Józefaciuk i Józefaciuk, 1995 (18)

Dla działań gospodarczych ważna jest ocena zagrożenia erozją wodną rejonów przyrodniczych Polski (krajów fizjograficznych), ponieważ wskazuje na związek erozji z odrębnościami warunków przyrodniczych, struktury agrarnej i sposobów użytkowania ziemi.

Najsilniej zagrożone erozją wodną powierzchnią krainy fizjograficzne to: Beskid Żywiecki w województwie śląskim, Góry Świętokrzyskie i Wyżyna Sandomierska w woj. świętokrzyskim, Roztocze i centralny pas Wyżyny Lubelskiej w woj. lubelskim oraz Sudety w woj. dolnośląskim. Wymienione województwa są objęte drugim stopniem pilności ochrony przeciwerozynnej gruntów – ochrona pilna. Taki sam stopień pilności ochrony występuje w województwach pomorskim i zachodniopomorskim. W sześciu pozostałych województwach: lubuskim, łódzkim, mazowieckim, opolskim, podlaskim i wielkopolskim – o równinnym charakterze rzeźby terenu, erozja średnia występuje na kilku procentach ogólnej powierzchni, a silna na poniżej 1%. Są to województwa o najmniej pilnej ochronie przed erozją.

Biorąc pod uwagę warunki regionalne (25), można wyróżnić cztery rozległe obszary – regiony o różnym stopniu zagrożenia erozją gleb, tj.: górski, pogórzy, wyżyn, pojezierzy.

Region górski. Bardzo silnie zagrożone erozją wodną są wszystkie górskie krainy karpackie znajdujące się w południowej części województw podkarpackiego, małopolskiego i śląskiego. Potencjalna erozja gleb o stopniu silnym i średnim występuje na powierzchni krajów: Tatry, Beskidy Zachodnie – od około 80%, Bieszczady i Podhale – ok. 60%, Beskidy Środkowe – do ok. 50%. Mocno zagrożone są Sudety, gdzie erozja silna i średnia występuje na 45% całości obszaru. Takie zagrożenie przez erozję wodną regionu karpackiego i sudeckiego determinują bardzo duże wysokości względne (do ok. 2600 m n.p.m.), duże nachylenie stoków oraz wysokie roczne sumy opadów atmosferycznych (od 800 mm do 1800 mm, najczęściej powyżej 1000 mm). Zaznaczyć jednak należy, że pewna część zagrożonych terenów jest aktualnie chroniona przez trwałą szatę roślinną – przez lasy: ok. 40% w Bieszczadach, Tatrach i Beskidach Zachodnich, ok. 30% w Beskidach Środkowych i ok. 20% na Podhalu i w Sudetach, a przez łąki i pastwiska jeszcze dodatkowo ok. 10% (43).

W przypadku górskich gruntów ornych procesy erozji są w pewnym stopniu również ograniczone poprzecznością układem działek i znacznym udziałem roślin bobowatych w strukturze zasiewów oraz przewagą gleb pseudobielicowych i gleb wylugowanych o gliniastym składzie granulometrycznym, słabo podatnych na zmywy powierzchniowe.

Region pogórzy. Silnie zagrożone erozją wodną jest Pogórze Beskidzkie, gdzie erozja silna i średnia występuje na ok. 45% obszaru. Jest to uwarunkowane bardzo urozmaiconą rzeźbą terenu, dużymi spadkami stoków, rocznymi sumami opadów od 600 do 1000 mm oraz znaczną powierzchnią pokrytą najbardziej podatnymi na zmywanie powierzchniowe glebami lessowymi. W północnej części regionu występują gleby pseudobielicowe oraz gleby bielcowe wytworzone z lessów i utworów lessowatych.

W części południowej przeważa typ gleb pseudobielicowych i brunatnych wylugowanych wytworzonych z glin słabo podatnych na zmywy, lecz w części zachodniej duży udział mają gleby lessowe. Pogórze Sudecki jest średnio zagrożone. Erozja silna i średnia występuje na powierzchni powyżej 10% tego obszaru. W obu krainach lasy i trwałe użytki zielone chronią zaledwie po około kilka procent powierzchni zagrożonej erozją wodną gleb (43).

Region wyżyn. Wyżyna Lubelska wraz z Roztoczem, Niecka Nidziańska i Wyżyna Krakowsko-Częstochowska są silnie, a Wyżyna Kielecko-Sandomierska średnio zagrożone erozją wodną. Istotnie wysokie zagrożenie erozją wodą powierzchniową występuje również na lessowym obszarze Wzgórz Trzebnickich w woj. dolnośląskim (39). Wynika to z urozmaiconej rzeźby terenu, bardzo dużej podatności gleb lessowych na zmywy powierzchniowe, generalnie małej powierzchni lasów i trwałych użytków zielonych oraz z przewagi wzdłużstokowego układu działek. Na terenach erodowanych przeważają gleby pseudobielicowe i brunatne (właściwe i wylugowane) oraz czarnoziemy, wszystkie wytworzone z lessów. Należą one do kompleksów pszennego bardzo dobrego i dobrego. Roczna suma opadów w tym regionie wynosi ok. 600 mm.

Region pojezierzy obejmuje Pojezierza Wschodniobałtyckie oraz Pojezierza i Pobrzeża Południowobałtyckie. Generalnie jest to obszar zagrożony erozją wodną w stopniu średnim, a tylko Pojezierza Suwalskie i Wschodniopomorskie w stopniu silnym. Młodoglacjalna rzeźba terenu jest znacznie urozmaicona (24). Wierzchowiny zajmują niewielkie powierzchnie, a stoki są krótkie. Gleby są bardzo zróżnicowane typologicznie, przeważnie średnio i słabo podatne na zmywy powierzchniowe. Dominują gleby pseudobielicowe i gleby brunatne wylugowane, znacznie mniejszą powierzchnię zajmują gleby brunatne właściwe. Oba dominujące typy gleb są wytworzone z glin lekkich, piasków gliniastych na glinach, piasków słabo gliniastych średnio podatnych na zmywy i piasków luźnych silnie podatnych na zmywy. Przydatność rolnicza gleb jest bardzo zróżnicowana; występują takie kompleksy, jak: pszenney dobry, żytni bardzo dobry, żytni dobry, żytni słaby, żytni bardzo słaby, a lokalnie – pszenney wadliwy. Warunki agroklimatyczne są bardzo zróżnicowane. Tereny z agroklimatem korzystnym znajdują się w środkowej i zachodniej części obszaru i zajmują ok. 50% powierzchni. W omawianym regionie występuje 39,2% gruntów ornych, 13,7% użytków zielonych, 32,7% lasów i 2% jezior (15).

Ocena stanu zagrożenia gleb erozją wąwozową

Erozja wąwozowa występuje na ok. 18% powierzchni Polski, w tym największy obszar, ok. 11% (2,5 mln ha gruntów rolnych i 0,8 mln ha gruntów leśnych), zajmuje erozja słaba o gęstości wąwozów $0,1\text{--}0,5 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$ (16). Znacznie mniejszy obszar, ok. 4% (1 mln ha gruntów rolnych i 0,3 mln ha gruntów leśnych), przypada na erozję średnią o gęstości wąwozów $0,5\text{--}1,0 \text{ km}\cdot\text{km}^{-2}$. Obszar około 2% (0,6 mln ha gruntów rolnych i 0,15 mln ha leśnych) zajmuje erozja silna o gęstości wąwozów

1,0–2,0 km·km⁻². Na najmniejszym obszarze, poniżej 1% (0,1 mln ha gruntów rolnych i 25 tys. ha leśnych), występuje erozja bardzo silna o gęstości wąwozów powyżej 2,0 km·km⁻². Łączna długość wąwozów w Polsce wynosi ok. 40 tys. km (16, 21, 33).

Strukturę przestrzennego występowania sieci wąwozów na obszarze Polski i obszarach województw zobrazowano na rysunku 2, natomiast udział powierzchniowy i procentowy w jednostkach administracyjnych przedstawiono w tabeli 2.

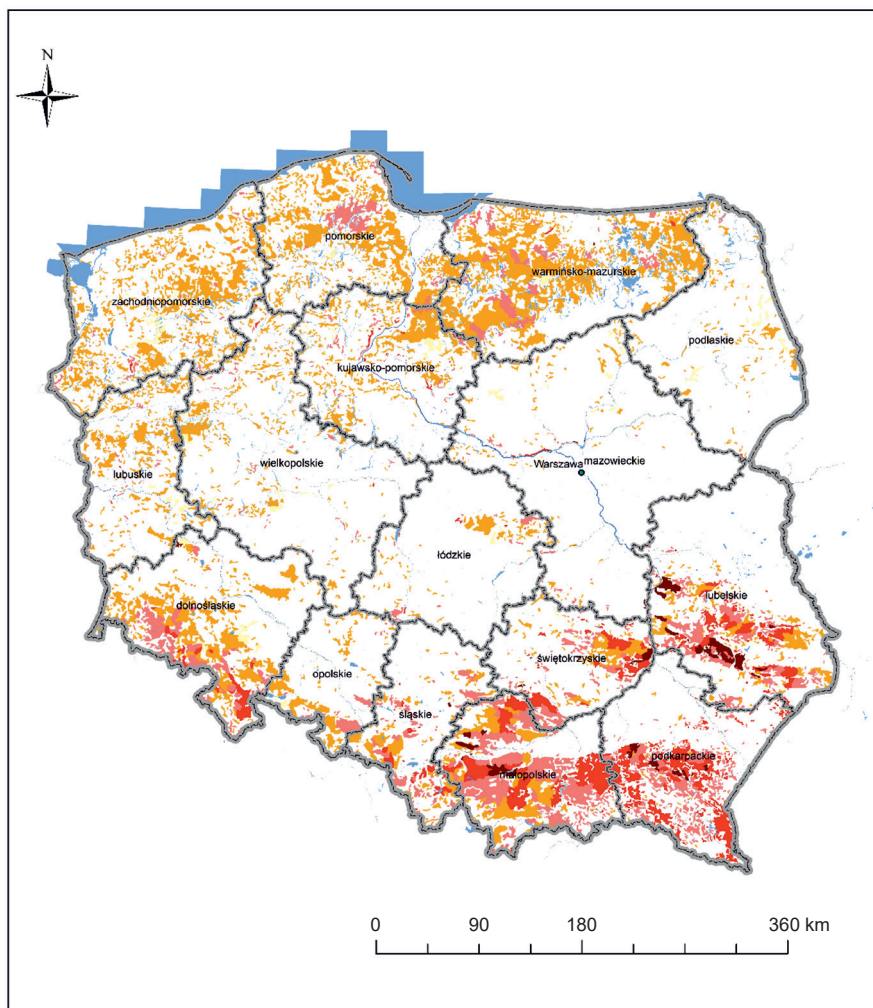
Najbardziej rozwiniętą sieć wąwozów ma woj. małopolskie, gdzie wąwozy występują na ok. 53% obszaru. Największy obszar (25%) zajmuje erozja wąwozowa średnia o gęstości wąwozów 0,5–1,0 km·km⁻², to jednak na 14% obszaru występuje erozja silna o gęstości wąwozów 1,0–2,0 km·km⁻², a na powyżej 1% obszaru – erozja bardzo silna o gęstości wąwozów powyżej 2,0 km·km⁻². Województwo to zaliczono do pierwszego stopnia pilności ochrony – zagospodarowanie wąwozów bardzo pilne. Silnie rozczłonkowane wąwozami jest woj. podkarpackie, w którym 24% obszaru ma gęstość wąwozów powyżej 0,5 km·km⁻², w tym aż 14% ma gęstość wąwozów 1,0–2,0 km·km⁻² (podobnie jak w woj. małopolskim).

Szczególny problem stwarza erozja wąwozowa w woj. lubelskim. Ma ona bowiem największy (spośród wszystkich województw) obszar (ok. 3%) rozczłonkowany wąwozami o gęstości powyżej 2,0 km·km⁻². Oprócz tego powyżej 4% obszaru ma gęstość wąwozów 1,0–2,0 km·km⁻², 7% obszaru – gęstość 0,5–1,0 km·km⁻², a tylko 6% obszaru – gęstość poniżej 0,5 km·km⁻². Duża gęstość wąwozów znajduje się także w woj. świętokrzyskim. Wąwozy występują tam na podobnej wielkościowo powierzchni jak w woj. lubelskim – ok. 20% obszaru. Również podobny obszar – 14% (jak w woj. lubelskim) jest rozczłonkowany siecią wąwozów o gęstości powyżej 0,5 km·km⁻², z tym że gęstość wąwozów powyżej 2,0 km·km⁻² zajmuje niecałe 1% obszaru. Ostatnie trzy województwa: podkarpackie, lubelskie i świętokrzyskie zostały zaliczone do drugiego stopnia pilności zagospodarowania wąwozów – zagospodarowanie pilne.

Pozostałe województwa mają trzeci stopień pilności przeciwdziałania erozji wąwozowej – zagospodarowanie wąwozów pilne lokalnie. W tych województwach wąwozy o gęstości powyżej 0,5 km·km⁻² występują na poniżej 10% powierzchni (15, 33).

Połowę ogólnej sieci wąwozowej w Polsce stanowią wąwozy drogowe, których łączna długość wynosi 19 100 km, a powierzchnia – ok. 17% ogólnej powierzchni wąwozów. Najwięcej wąwozów drogowych występuje w południowo-wschodniej oraz południowo-zachodniej części kraju, zwłaszcza w wyżynnych terenach lessowych. Największą gęstością wąwozów drogowych, powyżej 0,5 km·km⁻², charakteryzują się województwa: podkarpackie, małopolskie, dolnośląskie i świętokrzyskie.

Bardzo silnie rozczłonkowane siecią wąwozów są takie krainy, jak: Pogórze Beskidzkie, Sudety Wschodnie i Roztocze. Gęstość wąwozów powyżej 0,5 km·km⁻² występuje tam na powierzchni krain od 64% (Pogórze Zachodniobeskidzkie) do 32% (Sudety Wschodnie) użytków rolnych oraz od 22% (Sudety Wschodnie) do 9% (Pogórze Beskidzkie) powierzchni leśnych (16).



Legenda

- granica państwa
- granica województwa
- główne rzeki
- jeziora

Erozja wązozowa

- 1 – erozja słaba
- 2 – erozja umiarkowana
- 3 – erozja średnia
- 4 – erozja silna
- 5 – erozja bardzo silna

Rys. 2. Mapa erozji wązozowej w Polsce

Źródło: zasoby własne, IUNG-PIB, Puławy

Tabela 2

Erozja wąwózowa w Polsce wg województw

Lp.	Województwo	Pow. ogólna wojew. km ²	Erozja wąwózowa w stopniu														
			slabym			średnim			silnym			bardzo silnym			średnim-bardzo silnym		
			UR		Ls	UR		Ls	UR		Ls	UR		Ls	UR		Ls
			km ²	%	km ²	km ²	%	km ²	km ²	%	km ²	km ²	%	km ²	km ²	%	km ²
1.	dolnośląskie	19947,8	2646,1	13,3	720,0	3,6	928,5	4,7	398,0	2,0	358,7	1,8	228,6	1,1	4,1	0,0	1302,0
2.	kujawsko-pomorskie	17969,7	1924,8	10,7	394,8	2,2	191,7	1,1	26,7	0,1	66,6	0,4	20,3	0,1	-	-	258,3
3.	lubelskie	25114,5	1276,3	5,1	130,0	0,5	1576,8	6,3	177,8	0,7	949,5	3,8	124,4	0,5	546,4	2,2	3072,7
4.	lubuskie	13984,4	1007,6	7,2	851,6	6,1	46,8	0,3	21,0	0,2	2,3	0,0	5,5	0,0	4,7	0,0	53,8
5.	łódzkie	18219,1	527,3	2,9	96,9	0,5	109,7	0,6	9,3	0,1	18,3	0,1	4,7	0,0	-	-	128,0
6.	małopolskie	15144,1	1422,4	9,4	499,6	3,3	2756,2	18,2	952,2	6,3	1770,4	11,7	343,2	2,3	172,9	1,1	4699,5
7.	mazowieckie	35597,8	358,6	1,0	115,1	0,3	80,4	0,2	24,0	0,1	23,7	0,1	1,0	0,0	17,7	0,0	121,8
8.	opolskie	9412,5	606,1	6,4	154,2	1,6	313,5	3,4	23,2	0,2	-	-	-	-	-	-	313,5
9.	podkarpackie	17926,3	74,3	0,4	23,2	0,1	1215,1	6,8	432,1	2,4	1835,6	10,2	634,0	3,5	168,7	0,9	3219,4
10.	podlaskie	20179,6	515,4	2,6	177,7	0,9	18,3	0,1	1,4	0,0	5,2	0,0	4,0	0,0	-	-	23,5
11.	pomorskie	18292,9	3126,5	17,1	1033,6	5,8	609,1	3,3	156,6	0,9	7,6	0,0	0,7	0,0	-	-	616,7
12.	śląskie	12294,0	584,5	4,8	286,5	2,3	585,9	4,8	133,0	1,1	230,2	1,9	37,4	0,3	-	-	816,1
13.	świętokrzyskie	11672,3	747,2	6,4	64,8	0,6	742,7	6,4	57,5	0,5	715,6	6,1	44,5	0,4	70,9	0,6	1529,2
14.	warmińsko-mazurskie	24203,0	6096,3	25,2	1302,5	5,4	1014,8	4,2	251,2	1,0	27,1	0,1	1,7	0,0	-	-	1041,9
15.	wielkopolskie	29825,6	1045,3	3,5	497,7	1,7	117,7	0,4	40,4	0,1	17,2	0,1	8,3	0,0	-	-	134,9
16.	zachodniopomorskie	22901,5	3023,6	13,2	1381,4	6,0	192,9	0,8	90,7	0,4	10,1	0,0	7,9	0,0	-	-	203,0
	Polska	312685,0	24982,3	8,0	7749,6	2,5	10500,1	3,4	2795,1	0,9	6038,1	1,9	1466,2	0,5	996,1	0,3	17534,3
																	4482,3

Źródło: Józefaciuk i Józefaciuk, 1995 (18)

Największą gęstość sieci wąwozowej w omawianych krainach determinują: silnie wykształcona rzeźba terenu z dużymi deniwelacjami, występowanie na znacznym obszarze gleb wytworzonych z lessów (Pogórze Beskidzkie, Roztocze) oraz duże opady roczne ze znaczną częstotliwością ulew letnich.

Silnie rozczłonkowane wąwozami są także jednostki górskie, jak: Beskidy, Tatry i Sudety (Środkowe i Zachodnie) oraz jednostki wyżynne, jak: Niecka Nidziańska oraz Wyżyny Lubelska i Zachodniowołyńska. Wielkość obszarów z gęstością wąwozów powyżej $0,5 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ waha się tam w granicach od 40% (Beskidy Zachodnie) do 25% (Wyżyna Zachodniowołyńska). Wąwozy rozcinają od 39% (Niecka Nidziańska) do 20% (Bieszczady) użytków rolnych i od 26% (Beskidy Zachodnie), 12% (Beskidy Środkowe) do kilku procent (Niecka Nidziańska i Wyżyna Lubelska) powierzchni leśnych.

Czynnikami wąwozotwórczymi w wymienionych krainach górskich są duże opady roczne oraz znaczne deniwelacje i spadki terenu, a w krainach wyżynnych – przewaga gleb wytworzonych z lessów i zróżnicowana rzeźba terenu.

Średnio rozczłonkowane wąwozami są: Pogórze Zachodniosudeckie, Kotlina Ostrawska i Brama Krakowska, Wyżyny Krakowsko-Częstochowska i Kielecko-Sandomierska oraz Pojezierze Wschodniopomorskie. Obszary z gęstością wąwozów powyżej $0,5 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ wynoszą tam od 23% (Kotlina Ostrawska) do 10% (Pojezierze Wschodniopomorskie). Wąwozy występują na użytkach rolnych od 40% (Pojezierze Wschodniopomorskie, Kotlina Ostrawska i Pogórze Zachodniosudeckie) do ok. 13% (Brama Krakowska), a na gruntach leśnych od ok. 10% (Pojezierze Wschodniopomorskie) do 2% (Brama Krakowska, Wyżyna Kielecko-Sandomierska i Kotlina Ostrawska). Powstawaniu wąwozów sprzyjają: zróżnicowana rzeźba terenu i znaczne opady – na terenach pogórza, kotlin karpackich i pojezierzy oraz występowanie gleb wytworzonych z lessów i zróżnicowana rzeźba – na terenie wyżyn.

Słabo rozczłonkowany wąwozami jest pozostały teren Polski Środkowej. Wąwozy o gęstości powyżej $0,5 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ występują w kilkunastu krainach na powierzchni co najwyżej do 10%, a w pozostałych – sporadycznie.

Środowiskowe skutki erozji wodnej na terenach rolniczych i leśnych

Erozja wodna gleb jest jednym z czynników degradujących środowisko przyrodnicze, zwłaszcza rolniczą przestrzeń produkcyjną. Jej skutki przejawiają się w niekorzystnych, przeważnie trwałych zmianach warunków przyrodniczych (rzeźby terenu, gleb, stosunków hydrologicznych, naturalnej roślinności) i gospodarczo-organizacyjnych (deformowanie granic i rozczłonkowanie pól, pogłębianie dróg rolniczych, niszczenie urządzeń technicznych). Zmiany takie prowadzą do obniżenia potencjału produkcyjnego i walorów przyrodniczych terenów podlegających erozji gleb.

O rozmiarach degradowania środowiska przez erozję wodną świadczą średnie roczne straty gleby, które dla Polski oszacowano na $76 \text{ Mg} \cdot \text{km}^{-2}$ (15, 16). Dla Europy wielkość ta szacowana jest na $84,7 \text{ Mg} \cdot \text{km}^{-2}$ (9). Zróżnicowanie regionalne

czynników decydujących o natężeniu erozji w naszym kraju skutkuje stratami gleby szacowanymi na od $2,7 \text{ Mg} \cdot \text{km}^{-2}$ na Nizinach Środkowopolskich do $280 \text{ Mg} \cdot \text{km}^{-2}$ w Karpatach Fliszowych (28).

Najsilniej degradowane erozją wodną są obszary górskie i podgórskie. Na przykład na bezleśnych terenach Beskidów i rolniczo użytkowanych terenach Pogórzy Karpackich denudacja mechaniczna kształtuje się na poziomie $100\text{--}280 \text{ Mg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$, czyli tracona warstwa gleby wynosi $0,01\text{--}5,2 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$. Silnie niszczone są również wyżyny lessowe południowowschodniej Polski ($40\text{--}50 \text{ Mg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$, co stanowi warstwę $0,01\text{--}0,24 \text{ mm} \cdot \text{rok}^{-1}$). Ziemnicki (45) podaje, że w małych gospodarstwach chłopskich rocznie warstwa zmytej gleby na stokach lessowych wynosiła 5 mm, a Mazur i Pałys (30) wykazali 2 mm zmytej gleby podczas jednego spływu powierzchniowego. Jeszcze większe rozmiary denudacji stoków lessowych w wyniku erozji odnotowali Józefaciuk i Józefaciuk (17) w gospodarstwie RZD w Werbkowicach k. Hrubieszowa. W okresie 30 lat miąższość wyerodowanej pokrywy glebowej ze zbocza dochodziła miejscami do 3,5 m, a gleby namytej w dolinki do 2,0 m. Zbocza średnio obniżyły się o 62 cm. Największą jednak erozję powodują gwałtowne ulewy, nawet jesienne. Jako przykład można podać skutki wrześniowej ulewy (38,4 mm w ciągu 30 minut) w 1974 roku w wielkoobszarowym gospodarstwie Olszanka k. Krasnegostawu (13). Na 34 ha polu obsianym rzepakiem zostały rozmyte na głębokości 40–60 cm wszystkie koleiny po ciągniku i siewniku. Z pomiaru żłobin obliczono, że z tego pola została zmyta 8,2 cm warstwa gleby (ponad 28 tys. m^3), z czego tylko 3% osadziło się w dolinach śródpolnych, a pozostała część spłynęła do rzeki Wojsławki, przy czym dnem dolinek płynęły rwące potoki o natężeniu przepływu ok. $4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Degradowanie gleb przez procesy erozji wodnej powierzchniowej (zmywy i żłobienie) powoduje:

- zróżnicowanie właściwości gleb – zmiany składu granulometrycznego, właściwości fizykochemicznych i wodnych oraz aktywności mikrobiologicznej, w większości niekorzystne dla wartości użytkowej;
- zmiany morfologii gleb – zdzieranie lub zwiększanie miąższości określonych poziomów genetycznych, a przez to redukcję lub nieproduktywne nadbudowanie profilu glebowego;
- zmiany wartości wierzchniej (urodzajnej) warstwy gleb – zróżnicowanie ogólnej zawartości i składu próchnicy oraz miąższości poziomu orno-próchnicznego (19, 21, 47).

W wyniku procesów erozyjnych tworzą się gleby o typologicznie niewykształconym profilu, ciągle odmładzane, tj.:

- gleby słabo zmywane – o poziomie próchnicznym splukiwanym przez zmywy powierzchniowe;
- gleby średnio zmywane – o zredukowanym w całości poziomie próchnicznym i w części zredukowanym poziomie głębszym. Istniejący poziom orno-próchniczny jest wytwarzany z poziomów środkowych;

- gleby silnie zmyte – o zredukowanym całym profilu, a nawet części skały macierzystej. Poziom orno-próchniczny jest wytworzony bezpośrednio z podłoża;
- gleby rozmywane – z powierzchni których skoncentrowany spływ powierzchniowy wody lokalnie usuwa selektywnie materiał glebowy, tworząc różnego rodzaju duże żłobiny, wyrwy, a nawet wąwozy.

Erozja wodna powierzchniowa przyczynia się do przekształcania rzeźby terenu – tworzenia falistości zboczy, powstawania skarp, obniżeń śródzboczowych i stożków napływowych. Powoduje również łagodzenie rzeźby – obniżenie lokalnych wyniosłości i podwyższenie den dolin.

Erozja wodna powierzchniowa wywiera poważny wpływ na kształtowanie się stosunków wilgotnościowych gleb na stokach. Gleby na wierzchowinach, przeważnie słabo erodowane, są zwykle optymalnie uwilgotnione. Natomiast położone na zboczach gleby zmywane mają często zupełnie zredukowany poziom próchniczny i warstwę uprawną wytworzoną z podłoża. Przyczyną tego jest ich zmniejszona przepuszczalność i pojemność wodna, poważnie obniżające wielkości infiltracji, a nasilające spływy powierzchniowe. Z kolei wilgotność gleb na podnóżach stoków i w dolinach zależy od składu granulometrycznego namywanego materiału. Jeżeli na gleby związane namywany jest materiał drobnoziarnisty, zwłaszcza o dużej zawartości cząstek spławianych, to stają się one zlewne, podmokłe i bardzo wolno obsychają. Natomiast namywany materiał piaszczysty będzie rozluźniał strukturę i polepszał warunki powietrzno-wodne, oczywiście o ile zostanie przemieszczony z glebą podczas uprawy roli. W przypadku gleb luźnych namycie cząstek pyłowych i koloidalnych będzie poprawiało pojemność wodną. Przestrzenne zróżnicowanie wilgotności gleb jest tym większe, im bardziej jest urozmaicona rzeźba terenu i im większe nasilenie erozji. Tak zróżnicowana wilgotność gleb utrudnia uprawę roli i obniża efekty produkcyjne. Jest to widoczne zwłaszcza na dużych polach obejmujących powierzchnie o dużej konfiguracji – wierzchowiny, zbocza o różnej ekspozycji i spadku, zagłębienia i dolinki. Zróżnicowanie wilgotności gleb na poszczególnych elementach rzeźby opóźnia terminy prac agrotechnicznych i ich jakość, ponieważ gleby na podnóżach i w dolinach znacznie później obsychają. Podobnie przedstawia się zbiór plonów. Na przykład zboża na zboczach o ekspozycji osłonecznionej dojrzewają od kilku do kilkunastu dni wcześniej niż na zboczach zacienionych i w dolinach.

Skutki erozji wąwozowej chociaż mają lokalny zasięg, to powodują poważne szkody przyrodnicze i gospodarcze. Występowanie wąwozów świadczy o bardzo intensywnych procesach erozji wodnej i jest wskaźnikiem silnego zdegradowania danego ekosystemu – znacznego pogorszenia jego przyrodniczych, technicznych i użytkowych wartości. Przy bardzo dużej gęstości wąwozów następuje totalna destrukcja rzeźby i gleby oraz stosunków wodnych. Wówczas takie tereny nazywa się złą ziemią (ang. *badland*), a erozję, która doprowadziła do takiego stanu – erozją piracką (ang. *piracy erosion*).

Wąwozy oddziałują negatywnie i powodują szereg utrudnień, tj.: rozczłonkowują teren, przyczyniają się do tworzenia pól o nieregularnych kształtach, utrudniają transport i mechanizację zabiegów agrotechnicznych (fot. 1). W wyniku drenującego działania wąwozów osuszane są przyległe tereny zboczowe, a materiałem ziemnym wymywanym z wąwozów zamulane są użytki rolne, urządzenia melioracyjne i drogowe oraz ciek i zbiorniki wodne. Stożki napływowe tworzące się u wylotu wąwozów w dolinach śródpolnych i rzecznych wpływają niekorzystnie na gospodarkę wodną. Powyżej stożka namywowego zmniejsza się podłużny spadek rzeki i następuje zabagnienie terenu, a poniżej stożka spadek rzeki wzrasta, koryto pogłębia się, następuje przesuszenie łąk i ich zamiana na grunty orne. Usuwa to ostatnią barierę ochronną oddzielającą erodowane stoki od cieków wodnych. Wąwozy są często siedliskiem chwastów i szkodników stanowiących zagrożenie dla upraw polowych.



Fot. 1. Wąwozy po jednej 30-minutowej ulewie

Źródło: zasoby własne, IUNG-PIB, Puławy

Transport wąwozami drogowymi jest utrudniony ze względu na strome dojazdy na przyległe pola ograniczające wielkość przewożonego ładunku, małą szerokość jezdni, strome skarpy i brak mijanek, co doprowadza do kolizji w przypadku spotkania się pojazdów nadjeżdżających z przeciwnych stron. Wąwozy drogowe są okresowo nieprzejezdne wskutek zasypania śniegiem lub intensywnego rozmycia jezdni i wymagają częstych napraw. To powoduje, że przy krawędzi wąwozów tworzone są drogi zastępcze, które w miarę użytkowania również przekształcają się w wąwozy (fot. 2).



Fot. 2. Grunty zdewastowane przez wąwozy drogowe

Źródło: Józefaciuk i Józefaciuk, 1996 (19)

Gęsta sieć wąwozów drogowych będąca wynikiem rozdrobnienia gospodarstw, szachownicy gruntów, wzdłużstokowego układu działek i ich rozproszenia bardzo utrudnia przeprowadzenie scaleń, zwłaszcza z uwzględnieniem zasad melioracji przeciwerozyjnych. Erozja wąwozowa jest więc czynnikiem ograniczającym, a w szeregu przypadkach uniemożliwiającym intensyfikację produkcji rolniczej, a niekiedy w ogóle użytkowanie gruntów. Jest również przyczyną niesprawnego działania oraz niszczenia urządzeń melioracyjnych i wodnych, a przez to doprowadza do częstej ich renowacji, powodując zwiększenie nakładów finansowych na utrzymanie tych urządzeń.

Erozja wąwozowa najsilniej degradowe najcenniejsze dla rolnictwa tereny wyżynne o glebach wytworzonych z utworów lessowych. Wąwozy stanowią również poważny problem w terenach górskich i podgórskich, zwłaszcza wąwozy drogowe. Gęsta sieć zagłębionych dróg odgrywa podobną rolę jak suche doliny, które w aspekcie gospodarki wodnej i przeciwdziałania erozji potrafią czynić szkody w geomorfologicznym środowisku stokowym. Przyspieszają bowiem one spływy powierzchniowe i śródpokrywowe, które są bezpośrednią przyczyną wielkich wezbrań w rzekach. Wcięcia drogowe biegnące z góry na dół do potoku odprowadzają duże ilości zawiesin, a serpentynowo wspinające się na stoki górskie odprowadzają w szybkim tempie nadwyżki wody zmagazynowane w pokrywach zwietrzelinowych. Głębokie rozcięcia drogowe są głównymi „producentami” rumowiska rzeczno-górnego w górach. Badania wykazały, iż spływy drogami wód pochodzących z ulewnych deszczów powodują znaczne zmiany w korycie drogi i wzmożony transport zawiesiny ze zlewni, której ilość może przekraczać nawet $10 \text{ Mg} \cdot \text{km}^{-2}$ (32).

Ilości rumowiska wyerodowanego z wąwozów są bardzo duże. Na przykład ogólną objętość rumowiska pochodzącego z wąwozów obszaru Lubelszczyzny szacuje się na 250 mln m³, co daje 19 239 m³·km⁻² (29). Średni wskaźnik kubatury rumowiska wymytego z wąwozów na Roztoczu Zachodnim określono na 176 380 m³·km⁻², a razem z zachodnią częścią Płaskowyżu Nałęczowskiego (na łącznym obszarze ok. 850 km²) na 156 000 m³·km⁻² (4).

Objętość rumowiska odprowadzanego z wąwozów lessowych i tempo jego transportowania może kształtować się różnie, od 235 m³ na dwa lata do 3 760 m³ na 3 lata. Czasami jednak rozmiary transportu mogą być katastrofalne i wynosić nawet kilkaset m³ podczas jednej ekstremalnej ulewy.

Erozji wąwozowej często towarzyszy sufozja mechaniczna. Powoduje ona tworzenie się podziemnych korytarzy przywawozowych, a po ich zapadnięciu – powstawanie dołów i studni sufozyjnych.

Metody przeciwdziałania degradacji gleb przez erozję

Obszary zagrożone erozją gleb, zwłaszcza tereny z erozją średnią, silną i bardzo silną wymagają stosowania specjalnych działań prewencyjnych i rehabilitacyjnych, jakimi są melioracje przeciwoerozyjne i agrotechnika przeciwoerozyjna. Melioracje przeciwoerozyjne i agrotechnika przeciwoerozyjna to nie tylko ochrona gleb i gruntów przed erozyjną degradacją i dewastacją, ale równocześnie najtańszy sposób walki z suszą, stepowieniem i powodzią (22).

Do głównych celów melioracji przeciwoerozyjnych oraz agrotechniki przeciwoerozyjnej zaliczamy: ograniczenie występowania i zmniejszenie nasilenia procesów erozyjnych, zachowanie potencjału produkcyjnego gleb i niedopuszczenie do jego niekorzystnych przemian oraz wydłużenie obiegu wody w krajobrazie i przeciwdziałanie deformacyjnym zmianom hydrografii i hydrologii cieków rzecznych.

Zabiegi melioracji przeciwoerozyjnych

Melioracje przeciwoerozyjne to jedna z podstawowych metod przeciwdziałania degradacji gleb przez erozję.

Główne cele melioracji przeciwoerozyjnych to:

- ograniczenie występowania procesów erozyjnych i ich zmniejszenie nasilenia;
- zachowanie potencjału produkcyjnego gleb i niedopuszczenie do jego niekorzystnych przemian;
- wydłużenie obiegu wody w krajobrazie i przeciwdziałanie deformacyjnym zmianom hydrografii i hydrologii cieków rzecznych;
- poprawienie ekotechnicznych warunków użytkowania ziemi, włącznie z rekultywacją gruntów zdewastowanych.

Poniżej omówiono podstawowe zabiegi przeciwerozryjne.

Rozmieszczenie użytków. Dla terenów wyżyn południowo-wschodnich nie ma dotychczas ustalonej granicy rolno-leśnej i struktury użytków, uwzględniającej ochronę gleb przed erozją. Jest to obszar intensywnego rolnictwa, który ze względu na dobre gleby został silnie wylesiony. Lasy w niektórych regionach wyżynnych zajmują zaledwie kilka procent ogółu gruntów. Jednak radykalne zwiększenie powierzchni leśnej nie ma tu gospodarczego uzasadnienia. Szerzej natomiast powinno się uwzględnić różnego typu zadrzewienia o charakterze fitomelioracyjnym, przeciwdziałające erozji wodnej i wietrznej. Zadrzewiać należy przede wszystkim zbocza o nachyleniu powyżej 35%, bez względu na rodzaj gleb, a także zbocza o mniejszym nachyleniu, powyżej 20%, ale silnie wyerodowane, na których regeneracja gleb jest trudna i bardzo powolna ze względu na tereny bardzo silnie pocięte wąwozami. W terenach wyżynnych szczególną rolę w ochronie gleb przed erozją, a także w intensyfikacji rolnictwa mogą odegrać zadrzewienia sadownicze – zarówno duże sady produkcyjne, jak i małe plantacje drzew i krzewów owocowych oraz krzewów dla celów farmacji.

Typowanie gruntów pod uprawy polowe powinno uwzględniać nachylenie zboczy, zróżnicowanie mikrorzeźby, rodzaj gleb i stopień ich wyerodowania oraz strukturę agrarną. Grunty orne w gospodarstwach wielkoobszarowych mogą występować na stokach o nachyleniu przeważnie do 20%, a w gospodarstwach indywidualnych na nieco większych spadkach, ale pod warunkiem starasowania zboczy.

Trwałe użytki zielone w terenach wyżynnych również spełniają ważną funkcję przeciwerozryjną i gospodarczą. Powinny przede wszystkim zajmować doliny rzek a ponadto należy je lokalizować na dnach dolin smużnych, w których koncentrują się okresowo spływy powierzchniowe i ewentualnie na stromych zboczach o nachyleniu do 25%, lecz o glebach średnio zwięzłych i zwięzłych.

Układ działek i pól. Poprzecznostokowy układ działek i pól (fot. 3) jest uznawany za podstawowy zabieg przeciwerozryjny, przy czym im pola są węższe, tym ich funkcja ochronna większa. Podłużny spadek pól poprzecznostokowych w zasadzie nie powinien przekraczać 3°. Spadki większe niż 3° są dopuszczalne, ale tylko na krótkich odcinkach, aby nie doprowadzić do nadmiernej koncentracji powierzchniowych spływów wody. Poprzecznostokowy układ pól w miarę upływu lat coraz lepiej spełnia funkcję przeciwerozryjną – granice przekształcają się w skarpy, a poprzeczny spadek poszczególnych pól zmniejsza się. Przyjęto, że układ taki zmniejsza nasilenie erozji o 2°.

Skośnostokowy układ pól jest uważany za układ pośredni, pomiędzy poprzecznostokowym a wzdłużstokowym. Taki układ prowadzi niekiedy do koncentracji spływu wód powierzchniowych i zwiększenia szkód erozyjnych. Z tych względów nie przypisuje się mu żadnej funkcji ochronnej i traktujemy go tak, jak układ wzdłużstokowy.



Fot. 3. Poprzecznostokowy układ działek i pól

Źródło: Józefaciuk i Józefaciuk, 1999 (22)

Poprzecznostokowe tarasy na gruntach ornych (fot. 4), zarówno te ukształtowane od razu, jak i naorywane, zmniejszają spadek poprzeczny pól i skracają długość zboczy. Ograniczenie nasilenia erozji zależy od szerokości ław tarasów oraz ich spadku w stosunku do pierwotnego nachylenia zbocza i oczywiście od prawidłowego umocnienia skarp. Przyjęto, że prawidłowo ukształtowane i umocnione tarasy na gruntach ornych zmniejszają nasilenie erozji o 3 stopnie.



Fot. 4. Poprzecznostokowe tarasy na gruntach ornych

Źródło: zasoby własne, IUNG-PIB, Puławy

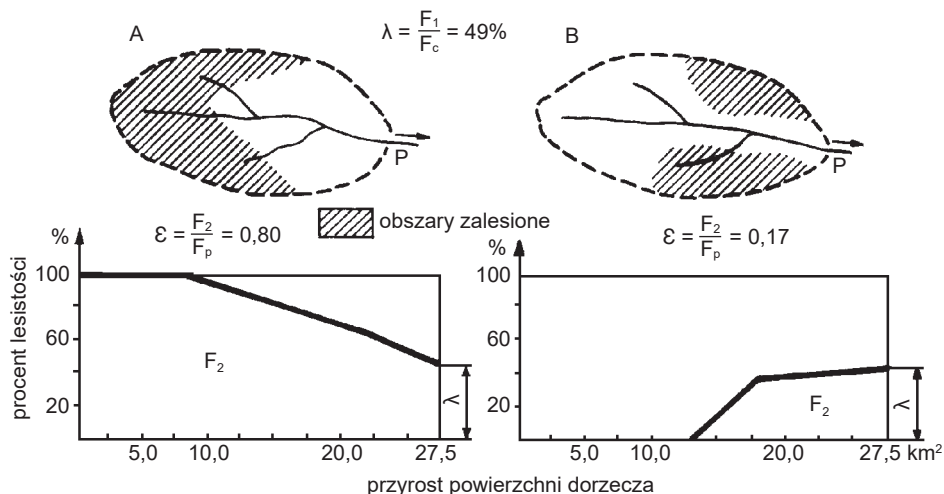
Korekta granicy rolno-leśnej. Grunty na stromych zboczach, silnie degradowane przez erozję wodną, powinny być wyłączone z ornego użytkowania i w większości przeznaczone pod zalesienia lub trwałe użytki zielone. Do wyłączenia zboczy o nachyleniu ponad 21% z ornego użytkowania obowiązuje również Rozporządzenie Ministra Rolnictwa z dnia 5 lipca 1979 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy eksploatacji ciągników i maszyn rolniczych (37). Wydaje się, że na stokach o glebach wytworzonych z głębokich lessów, ze względu na duży potencjał produkcyjny i szybką regenerację gleb ze skały lessowej, to graniczne nachylenie można zwiększyć do 27%, zastosować poprzecznostokowy układ pól i wytwarzać przez orkę tarasy naorywane o nachyleniu ław tarasów poniżej 15%. Natomiast na płytkich rędzinach i glebach szkieletowych graniczne nachylenia można obniżać do 17%. Fragmenty zboczy o nachyleniu większym od granicznego nachylenia należy przeznaczyć pod zalesienia, a wyjątkowo pod zagospodarowanie pastwiskowe.

Lasy zabezpieczają nie tylko powierzchnię, na której występują, ale również tereny przyległe. Dlatego ich rozmieszczenie w terenach silnie urzeźbionych ma bardzo istotne znaczenie. Przedstawia to *Lambor* (27) za pomocą wskaźnika rozwinięcia lesistości (rys. 3). Obie zlewnie w podanym przykładzie mają jednakową lesistość (49%), ale różne rozmieszczenie powierzchni zalesionych. Lasy w zlewni A są zlokalizowane w górnej części, a w zlewni B – w dolnej. W związku z tym wskaźnik rozwinięcia lesistości jest różny i wynosi 80% w zlewni A i zaledwie 17% w zlewni B. Rozmieszczenie lasów w zlewni A jest prawidłowe, ponieważ wody z górnej, zalesionej części zlewni spływają do rzeki z opóźnieniem, czyli wówczas, kiedy wody z pól uprawnych już odpłynęły. Natomiast rozmieszczenie lasów w zlewni B jest niekorzystne, ponieważ wody spływające z górnej, niezalesionej części zlewni i z dolnej zalesionej dopływają w tym samym czasie do dolnego odcinka rzeki, powodując wezbranie powodziowe.

Właściwości ochronne lasu zależą od takich cech, jak: zwarcie drzewostanu, piętrowa budowa, skład gatunkowy, wiek i sposób eksploatacji. Najlepszą ochronę gleb przed erozją zapewniają lasy liściasto-iglaste lub liściaste o zwartej, wielopiętrowej budowie, właściwie pielęgnowane, z gatunków dostosowanych do siedliska i o dużej miąższości ściółki. W terenach zagrożonych silną erozją wodną lub wodno-grawitacyjną (ruchami mas ziemnych) funkcja ochronna lasu powinna być bardziej preferowana od funkcji produkcyjnej. Dlatego w takich lasach powinno się prowadzić właściwą eksploatację. Rębina całkowita, zwłaszcza na większych powierzchniach jest niedopuszczalna, a grabienie ściółki zabronione. Wywóz drewna powinien odbywać się specjalnie urządzonymi drogami lub kolejkami linowymi. Spuszczanie ściętych pni po stokach, praktykowane często w górach, powoduje powstawanie rynien, które następnie łatwo rozmywane są przez spływające wody i przekształcane w wąwozy.

Lasy powinno się lokalizować na gruntach podlegających silnej i bardzo silnej erozji, których nie da się zabezpieczyć, jeżeli będą użytkowane rolniczo oraz na gruntach zdewastowanych przez erozję i trudnych do rekultywacji i zagospodarowania

rolniczego, a także na glebach bardzo słabej jakości, mało przydatnych dla rolnictwa. Jednak na terenach wyżynnych zalesianie większych powierzchni napotyka na wiele trudności, dlatego ochronną funkcję lasu powinny przejąć zadrzewienia leśne lub sady.



Rys. 3. Określenie wskaźnika lesistości

Źródło: Lambor, 1971 (27)

Planowanie dróg rolniczych z uwzględnieniem rzeźby terenu. Sieć dróg rolniczych w Polsce kształtowana przez stulecia w drodze podziałów własnościowych, mimo 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.

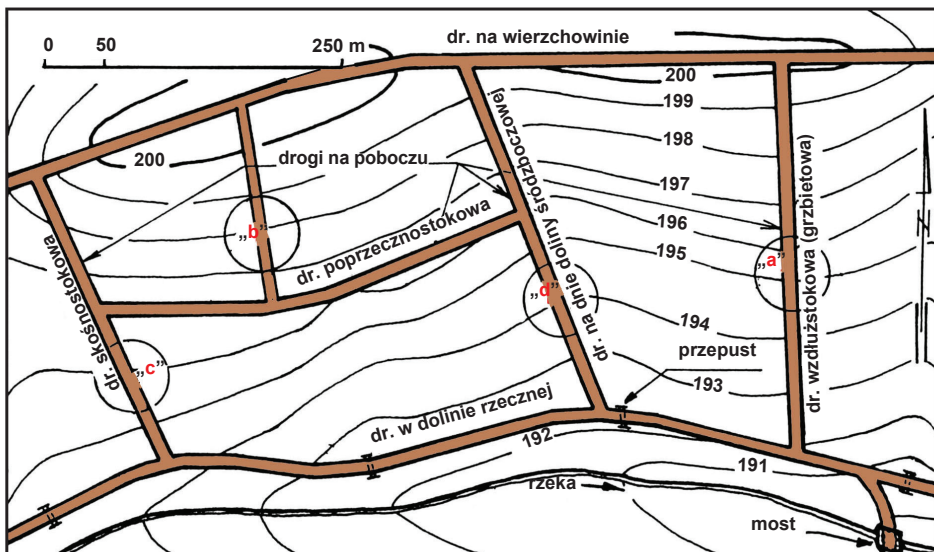
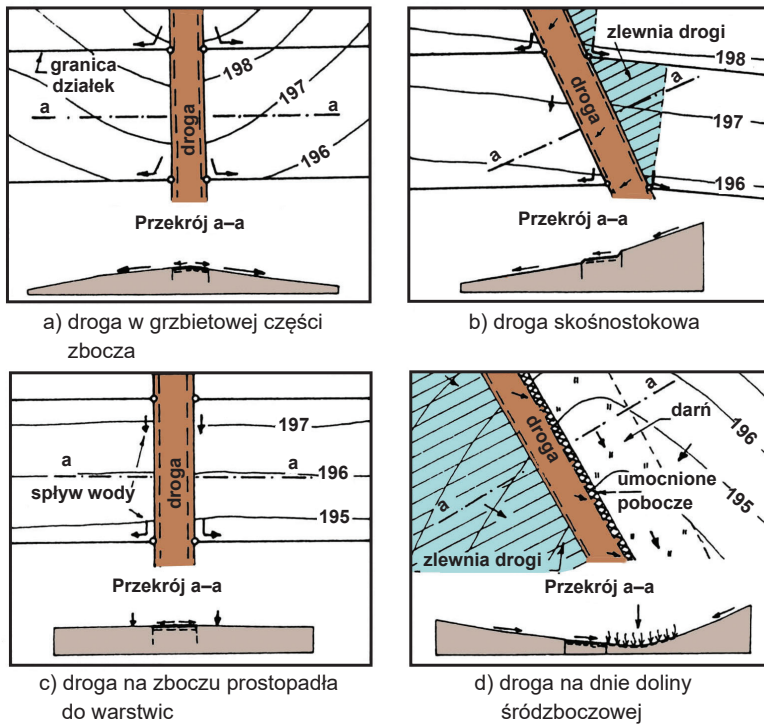
Nadrzędnym celem prac związanych z kształtowaniem sieci dróg rolniczych jest zapewnienie poprawnych warunków trakcyjnych przez cały rok. Dlatego właściwie zaplanowany układ komunikacyjny na terenach rolniczych stanowi jeden z podstawowych elementów prac urządzenioworolnych. Szczególne zasady powinny obowiązywać przy planowaniu dróg rolniczych na intensywnie użytkowanych rolniczo terenach wyżynnych zagrożonych erozją, gdzie wiele dróg przekształca się w wąwozy.

Na stokach o nachyleniu do 6% istniejących modernizowanych i nowo projektowanych dróg rolniczych o podłużnych spadkach niwelety do 4% można nie umacniać.

Natomiast na drogach o podłużnych spadkach powyżej 4% powinno się utwardzać jezdnię i umacniać urządzenia odprowadzające wodę ze spływów powierzchniowych, a po upływie kilku lat (od 5 do 10) ulepszać nawierzchnię pasa drogowego. W terenach bardziej urzeźbionych drogi na zboczach mają podłużne spadki niwelety nawet do 14%. Jednak nie można z takich dróg zrezygnować, ponieważ łączą one drogi usytuowane w dolinach i na wierzchowinach oraz obsługują przyległe pola. Drogi (na zboczach) o nawierzchni gruntowej ulegają przekształcaniu się w wąwozy drogowe, średnio 4,5 cm na rok, natomiast w warunkach ekstremalnych pogłębianie dochodzi do 9,0 cm na rok. Aby zmniejszyć rozmywanie dróg gruntowych na zboczach, należy sytuować je w grzbietowych częściach zboczy na tzw. lokalnych wododziałach o najmniejszej koncentracji wód powierzchniowych. Natomiast na zboczach o nachyleniu powyżej 14% powinno się projektować drogi poprzecznie i ukośnie do stoku w celu zmniejszenia spadku podłużnego niwelety drogi (rys. 4). Drogi tak usytuowane mają jednak duże zlewnie, a płynące nimi wody okresowe znacznie je erodują – rozmywa dna dochodzą nawet do ponad 1 m. Dla uniknięcia tego rodzaju zniszczeń, drogi powinno się lokalizować w dolinach śródboczowych, przestrzegając zasady, aby pas drogowy był poza zasięgiem skoncentrowanego spływu wód powierzchniowych. Ponadto należy unikać zbędnego przekraczania dolin, ponieważ wymaga to budowania przepustów drogowych i urządzeń odwadniających.

Drogi rolnicze usytuowane w dolinach rzek w znikomym stopniu są narażone na procesy erozyjne ze względu na niewielkie podłużne spadki niwelety. Drogi te charakteryzują się dużą liczbą krzywizn w planie sytuacyjnym i wieloma obiektami odwadniającymi, jakimi są rowy, przepusty i mosty. Powinny być one również umacniane, ewentualnie ulepszone, ponieważ są zwykle zlokalizowane wzdłuż zabudowy wiejskiej zwartej lub kolonijnej, gdzie występuje intensywny ruch samochodowy i ciągnikowy z osprzętem rolniczym.

Drogi na wierzchowinach cechują się niewielkimi spadkami podłużnymi niwelety, małymi zlewniami i nie podlegają erozji. Dlatego nawierzchnie takich dróg można zadarniać, jeżeli są to drogi polowe (technologiczne).



Rys. 4. Usytuowanie dróg w rzeźbie terenu

Źródło: Nowocień, 2008 (33)

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 deficyty wodne, równowagę biocenotyczną, warunki agroklimatyczne i walory krajobrazowe.

Zadrzewienia fitomelioracyjne ze względu na położenie dzieli się na śródpolne, śródłukowe, przydrożne, przywodne, osiedlowe (pryzagrodowe), a ze względu na układ przestrzenny mogą być powierzchniowe, kępowe, grupowe, pasowe, szeregowe i jednostkowe. Właściwości ochronne zależą od usytuowania zadrzewień – przy erozji wodnej względem rzeźby i spadków terenu, a przy erozji wietrznej względem kierunku dominujących (erozjotwórczych) wiatrów. Ważna jest również budowa zadrzewień – poziomy i pionowy układ drzew i krzewów, skład gatunkowy, więźba. W ograniczeniu 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. 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 terenów. Zadrzewienia fitomelioracyjne mają wybitnie regionalny charakter i powinny być realizowane po wykonaniu wnikliwych studiów terenowych z określeniem niekorzystnych kierunków zmian środowiska przyrodniczego, które chcemy poprawić i przebudować. Należy pamiętać jednak, że zadrzewienia leśne oprócz korzystnych funkcji powodują wyłączenie części gruntów z użytkowania rolniczego, a na powierzchniach bezpośrednio przyległych do zadrzewień prowadzą również do wyraźnego spadku plonowania roślin polowych, podczas gdy wzrost plonów w dalszych odległościach od zadrzewień nie jest jeszcze udowodniony.

Przy zalesianiu stromych zboczy należy wyorać w odstępach około 2 m poprzecz-nostokowe bruzdy chłonne z odkładaniem skib w dół zbocza. Celem bruzd, w których będą sadzone drzewa i krzewy jest przechwytywanie powierzchniowych spływów wody i zwiększenie wilgotności gleby. Ważne jest, aby bruzdy były wyorane w poziomie. Proponujemy, aby pierwsze bruzdy w odstępach około 20 m wytyczyć dokładnie w poziomie przy użyciu niwelatora, a następne wyorać jako równoległe do nich. Jeżeli są trudności z wytyczaniem przy użyciu niwelatora bruzd ściśle poziomych, to korzystniej jest naorywać bruzdy przerywane. Dobór drzew i krzewów do zalesienia stromych zboczy zależy od rodzaju gleb oraz ekspozycji zboczy i może być taki sam jak przy zalesianiu wąwozów. Warto również użyć do nasadzeń wartościowych gatunków drzew i krzewów dobrze rosnących w danym regionie.

Sady i zadrzewienia sadownicze podobnie jak zadrzewienia leśne wpływają na kształtowanie warunków przyrodniczych i ograniczenie nasilenia procesów erozyjnych. Przeciwoerozyjne, racjonalne zagospodarowanie sadownicze wymaga jednak

dużych nakładów inwestycyjnych, zwiększonych w stosunku do zakładania sadów na terenach płaskich o wydatki związane z równaniem terenu i tarasowaniem zboczy. Zagospodarowanie takie jest jednak bardzo opłacalne, ponieważ stoki, zwłaszcza strome, są mało przydatne do upraw polowych, a jednocześnie stanowią doskonałe siedlisko dla drzew i krzewów owocowych.

W Polsce nie ma tradycji zakładania przeciwoerozyjnych sadów, a sady na tarasach założono dotychczas jedynie w kilku obiektach doświadczalnych. Uwzględniając jednak doświadczenia krajowe i zagraniczne, można przypuszczać, że sady takie zwłaszcza w terenach wyżynnych powinny odegrać kapitalną rolę w ochronie gleb przed erozją i w podnoszeniu potencjału produkcyjnego terenów silnie urzeźbionych, szczególnie zboczy w granicach nachyleń 15–35%, trudnych do uprawy polowej i silnie degradowanych przez procesy erozyjne. Zadrzewienia sadownicze powinno się wprowadzać jako melioracje przeciwoerozyjne w pojedynczych gospodarstwach rolnych i przy zakładaniu sadów zblokowanych. Przy zakładaniu sadów przeciwoerozyjnych powinna istnieć prawna możliwość udzielania kredytów na wykonywanie równania terenu i tarasowania (melioracje podstawowe) oraz na zakup odpowiedniego sprzętu do prac ziemnych, a nawet ciągników i narzędzi do poprzecznostokowej uprawy roli.

Gleby na stokach, za wyjątkiem wyerodowanych do skalnego podłoża, są na ogół odpowiednie dla zagospodarowania sadowniczego. Gleby lessowe zdecydowanie wysuwają się na pierwszy plan, ze względu na dobre właściwości fizyko-wodne i dużą żyzność. Na gruncie lessowym, nawet silnie wyerodowanym i o bardzo urozmaiconej topografii można zlikwidować (złagodzić, zasypać) rozmywy, a nawet wąwozy i uformować tarasy. Rzędziny na terenach silnie urzeźbionych są przeważnie zdegradowane przez erozję, mają małą miąższość profilu glebowego i zwykle na powierzchni zalega rumosz skalny. Wiele takich gruntów zostało już wyłączonych z użytkowania rolniczego i wymaga rekultywacji i przeciwoerozyjnego zagospodarowania. Jednym z najekonomiczniejszych sposobów zagospodarowania takich gruntów jest założenie sadów na tarasach. Skarpy w tym przypadku można wykonać z rumoszu wapiennego. Pozostałe gatunki gleb na wyżynach, za wyjątkiem żwirów i głębokich piasków, też przeważnie nadają się pod sady. Ciepłszy mikroklimat na stokach o ekspozycji południowej i wcześniejsze dojrzewanie owoców można wykorzystać do uprawy moreli, brzoskwiń, winogron, wczesnych odmian jabłoni i grusz, co zwiększa rentowność plantacji.

Trwałe użytki zielone są po zadrzewieniach kolejną formacją roślinną dobrze przeciwdziałającą erozji. Ograniczenie procesów erozyjnych na powierzchni gleby oraz stosunkowo szybkie podnoszenie się urodzajności zachodzi wskutek rozwoju zwartej biomasy nadziemnej i systemu korzeniowego darni. Większość korzeni znajduje się w wierzchniej 10–20 cm warstwie gleby i przez to doskonale ją umacnia. Dostarczenie dużej masy resztek organicznych poprawia bio-fizyko-chemiczne właściwości gleby, zwiększa zawartość próchnicy i polepsza strukturę. Wszystko to, w połączeniu z drenażem przez system korzeniowy, zapewnia glebie dobrą przepusz-

czalność i chłonność wodną, co znacznie redukuje spływ powierzchniowy. Oprócz właściwości przeciwerozyjnych trwałe użytki zielone, a zwłaszcza łąki w dolinach, są zielonym oceanem dla przyległych terenów, wdzięcznym za spływy powierzchniowe z terenów stokowych zlewni. Według Ostromęckiego (34), przez nawadnianie łąk można rozładować spływ wiosenny nawet o 40%. Trwałe zadarnienia mają również istotny udział w zwalczaniu erozji wietrznej, co jest szczególnie ważne na torfach i murszach.

Scalanie gruntów z uwzględnieniem melioracji przeciwerozyjnych. Scalenia gruntów odgrywają istotną rolę w koncentracji ziemi i poprawie struktury agrarnej polskiego rolnictwa. Metoda ta ma na celu przekształcenie struktury przestrzennej rozdrobnionych działek rozmieszczonych w „szachownicy” w kształtne działki o dogodnym dojeździe.

Podczas scalania likwiduje się enklawy i półenklawy, wyprostowuje granice wsi oraz projektuje nowy układ komunikacyjny wsi. Umożliwia on dojazd do działek i skraca odległość między siedliskiem a polem.

Zapotrzebowanie na prace scaleniowe w Polsce jest bardzo duże i obejmuje grunty o powierzchni około 3,4 mln ha. Nie są one rozmieszczone równomiernie na obszarze Polski. Największe rozdrobnienie gruntów występuje w województwach południowo-wschodnich i centralnych. Przypada tam ponad 10 działek na jedno gospodarstwo.

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.

Obecnie w związku z szybko postępującą prywatyzacją rolnictwa zasadniczym problemem jest ochrona gruntów przed erozyjną degradacją i dewastacją w sektorze gospodarki indywidualnej. Poza nielicznymi wyjątkami melioracje przeciwerozyjne w sektorze rolnictwa indywidualnego można realizować jedynie w procesie scalania gruntów. Stwarzają one bowiem doskonałą okazję, aby przy stosunkowo niewielkich, dodatkowych nakładach sił i środków, zrealizować melioracje przeciwerozyjne na dość dużych obszarach, zwłaszcza w południowej i południowo-wschodniej części kraju, gdzie występuje największe zagrożenie erozją wodną i najbardziej uciążliwa szachownica gruntów. Podczas scaleń wprowadzany jest nowy układ działek oraz dróg i stosunkowo łatwo można dokonać transformacji użytków. Chodzi jedynie o to, by prace te były realizowane zgodnie z zasadami ochrony gleb przed erozją.

Dotychczas wykonywane scalenia gruntów w terenach silnie urzeźbionych bez przestrzegania zasad melioracji przeciwerozyjnych potęgowały nasilenie procesów rzeźbotwórczych i zwiększały dynamikę erozyjnej degradacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej.

Oczywiście byłoby najbardziej korzystne, gdyby zamiast zwykłych scaleń gruntów, wzorem państw zachodnich, realizować kompleksowe zarządzanie silnie urzeźbionych

terenów rolnych w procesie scalania gruntów. Programy takie zostały już opracowane w IUNG-u, we współpracy z Biurem Urzędzeń Rolnych w Krumbach w Bawarii dla gminy Wąwolnica woj. lubelskie. Obejmują one takie działania, jak: scalenia gruntów, rozmieszczenie dróg rolniczych, utwardzenie dróg osiedlowych i rolniczych, transformację użytków – dostosowanie do warunków naturalnych, melioracje wodne z uregulowaniem lustra wody, melioracje przeciwerozyjne i rekultywacja terenów, rozmieszczenie terenów budowlanych, zaopatrzenie gospodarstw w wodę bieżącą, kanalizacja i oczyszczalnie ścieków, utylizacja nieczystości stałych. Kompleksowe melioracje przeciwerozyjne traktowane jako jeden z systemów urządzenioworolnych mogą być w warunkach gospodarki indywidualnej (o uciążliwej szachownicy gruntów i różnym układzie rozdrobionych działek) realizowane tylko podczas prac scaleniowych.

Rekultywacja i zagospodarowanie nieużytków erozyjnych (wąwozów, stromych zboczy trudnej mikrorzeźby terenu). Zagospodarowanie wąwozów jest przeważnie najbardziej kapitałochłonną inwestycją w melioracjach przeciwerozyjnych i zaliczane jest do melioracji podstawowych. Generalnie są to inwestycje o charakterze inżynierskim, wymagające opracowania projektów technicznych i ich wdrażania przez przedsiębiorstwa specjalistyczne, np. melioracyjne. Dotychczas większość tego typu projektów zrealizowanych w terenie to obiekty doświadczalno-wdrożeniowe.

Wąwozy mogą być zagospodarowane metodami ochronnymi przez zabudowę biologiczną lub techniczno-biologiczną oraz ochronno-użytkowymi przez wykonanie zbiorników, zakładanie sadów i pastwisk oraz zagospodarowanie dla celów rekreacyjnych, a także metodami zintegrowanymi.

Zabudowa biologiczna wąwozów jest najbardziej rozpowszechniona i akceptowana w środowisku przyrodniczym (fot. 5). Sposób postępowania przy biologicznej zabudowie wąwozów zależy od tego, czy dokonujemy jedynie korekty w samoczynnym zadrzewieniu, czy też wprowadzamy zalesienie od podstaw. W pierwszym przypadku poprawia się skład zadrzewień przez usunięcie gatunków mniej wartościowych, a wprowadza gatunki odpowiednie dla danego siedliska, zwłaszcza dostosowane do rodzaju skały macierzystej, w której wytworzył się wąwóz. Sposoby wykonywanych zabiegów uzupełniających zależą przede wszystkim od występowania, nasilenia i form procesów rzeźbotwórczych. Często silnie rozmywane jest dno wąwozu. Wówczas należy dążyć do zatrzymania rumowiska i stopniowego spłycenia wąwozu przez zadarnienie i zadarnienie dna. Jeżeli na zalesionych zboczach wąwozu występują intensywne i trudne do opanowania procesy sufozyjne, to wówczas konieczna może się okazać zmiana użytkowania – usunięcie zadrzewień wraz z karczowaniem pni, zasypanie studni i tuneli sufozyjnych i wprowadzenie trwałych zadarnień. Wokół wąwozu, na granicy z gruntami ornymi wydziela się tzw. pas buforowy, który zadarnia się lub obsadza krzewami. Bardziej właściwe jest stosowanie zadarnienia. Szerokość pasa buforowego wynosi około 1–2 m, a powyżej czoł rozcięć – około 5 m.



Fot. 5. Prawidłowa zabudowa biologiczna wąwozu

Źródło: Józefaciuk i Józefaciuk, 1996

Techniczno-biologiczna zabudowa wąwozów polega na umocnieniu miejsc szczególnie narażonych na rozmywanie budowlami hydrotechnicznymi oraz na zadrzewieniu i zadarnieniu wąwozu według zasad omówionych przy zabudowie biologicznej. Budowle hydrotechniczne w wąwozach służące do umacniania progów erozji wstecznej, osuwisk i stabilizacji dna, ze względu na wysoki koszt, trudność wykonania, konieczność konserwacji i wprowadzenie sztucznych elementów w krajobraz wąwozu powinno się ograniczać do niezbędnego minimum. Dlatego należy je stosować jedynie w wąwozach, których nie da się zagospodarować innymi metodami, a które stanowią duże zagrożenie dla przyległych gruntów rolnych i obiektów gospodarczych.

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, z których wypływają wody źródlane lub w wąwozach o rozległych zlewniach i znacznym przepływie okresowych wód powierzchniowych (fot. 6). 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.



Fot. 6. Zagospodarowanie wąwozu zbiornikiem retencyjnym

Źródło: zasoby własne, IUNG-PIB, Puławy

Zbiorniki retencyjne uzyskuje się przez przegrodzenie wąwozu groblą ziemną z urządzeniem do odprowadzania nadmiaru wód powierzchniowych, a zbiorniki kolmatacyjne w podobny sposób lub przez zasypanie dolnego odcinka wąwozu.

Zbiorniki kolmatacyjne służą do zatrzymywania rumowiska unoszonego przez wodę z wąwozu i jego zlewni. Erozyjna energia wody wykorzystywana jest do likwidacji form przez nią wytworzonych. Głównie cele stosowania tej metody to zamulanie wąwozów oraz ochrona gruntów i obiektów poniżej wylotu przed zamulaniem.

Zbiorniki retencyjno-kolmatacyjne łączą funkcję jednych i drugich zbiorników.

Pastwiskowe zagospodarowanie wąwozów. Sposób ten jest korzystny w wąwozach o łagodniejszej rzeźbie, zwięzłym gruncie i leżących w pobliżu osiedli. Naturalnie zadarnione wąwozy są najczęściej użytkowane pastwiskowo, a wydajność runi można poprawić przez zastosowanie zabiegów, takich jak: uporządkowanie powierzchni, wyoranie poprzecznostokowych bruzd chłonnych, intensywne nawożenie, podsiew mieszkanką traw bruzd chłonnych i powierzchni pozbawionych darni, uregulowanie wypasu. Można też zastosować pełną uprawę i obsiew wąwozu mieszkanką traw. Przydatność metody pastwiskowego zagospodarowania wąwozów uzależniona jest głównie od ilości opadów i powinno się ją preferować w terenach górzystych.

Zagospodarowanie wąwozów dla celów rekreacyjnych. Wąwozy są pięknym elementem krajobrazu, a zagospodarowanie ich dla celów rekreacyjnych polega na ograniczeniu procesów rzeźbotwórczych, przy zachowaniu i podniesieniu walorów krajobrazowych (fot. 7). Jest to w pewnym stopniu modyfikacja zabudowy techniczno-biologicznej. Zamiast typowych budowli hydrotechnicznych wykonuje się budowle o podwójnym znaczeniu: rozpraszające energię spływających wód powierzchniowych

i ułatwiające turystom przechodzenie wąwozem. Zamiast drzew i krzewów leśnych sadi się drzewa i krzewy ozdobne. Możliwości rozwiązań jest bardzo dużo w zależności od pomysłowości projektujących architekturę krajobrazu.



Fot. 7. Zagospodarowanie wąwozu dla celów rekreacyjnych

Źródło: zasoby własne, IUNG-PIB, Puławy

Zagospodarowanie odlogów na stromych zboczach i likwidowanie mikro-rzeźby. 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 21% powinny być wyłączone z ornego użytkowania ze względu na zagrożenie silnymi procesami erozji i na niebezpieczeństwo uprawy roli sprzętem mechanicznym. Generalnie takie zbocza powinno się przeznaczyć przede wszystkim pod zalesienia lub trwałe użytki zielone (fot. 8).



Fot. 8. Zalesienia i trwałe użytki zielone na stromych zboczach

Źródło: zasoby własne, IUNG-PIB, Puławy

W terenach górskich i podgórskich, o zwiększonej ilości opadów (>800 mm), strome zbocza można przeznaczyć pod las lub użytkować jako pastwisko, zwłaszcza dla owiec. W terenach wyżynnych, szczególnie o glebach wytworzonych z głębokich lessów, na zboczach o nachyleniu do 30% efektywnym zagospodarowaniem mogą być sady na ławach tarasów, a na bardziej stromych zboczach – sady na tarasach indywidualnych wykonywanych w poprzecznostokowych bruzdach chłonnych. W tym ostatnim przypadku ze względu na trudności chemicznej walki z chwastami i szkodnikami powinno się sadzić zwłaszcza orzech włoski i laskowy, które są odporne na choroby i szkodniki.

Strome zbocza z trudną mikrorzeźbą w terenach chronionego krajobrazu można przeznaczać na działki z zabudową rekreacyjną.

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

Pozytywne oddziaływanie zabiegów przeciwoerozyjnych na produkcję rolną jest następujące:

- zapobieganie obniżaniu się urodzajności gleb oraz niekorzystnym zmianom właściwości fizykochemicznych i ubytkowi profilu gleby;
- przeciwdziałanie zakłócaniu stosunków wodnych w glebach i niekorzystnym zmianom hydrologii cieków wodnych oraz niszczeniu urządzeń melioracyjnych, a także zabagnianiu lub nadmiernemu osuszaniu gruntów;
- niedopuszczanie do rozczłonkowania rzeźby terenu przez wąwozy i inne formy erozyjne;
- zmniejszanie erozyjnych strat plonów;
- polepszanie warunków dla intensyfikacji produkcji przez uporządkowanie rozłogu gruntów rolnych – struktury użytków, układu pól i dróg, agrotechniki, rekultywacji nieużytków i innych.

Dodatni wpływ zabiegów przeciwoerozyjnych na inne dziedziny gospodarcze przejawia się między innymi w zmniejszaniu nakładów na następujące prace i zabiegi:

- usuwanie namulów i renowacje dróg oraz szlaków komunikacyjnych, urządzeń melioracyjnych i wodnych, budynków itp.;
- oczyszczanie z namulów szlaków wodnych oraz utrzymywanie w odpowiednim stanie czystości wód pitnych i przemysłowych;
- ochrona terenów zabudowanych (osiedli, obiektów przemysłowych i innych) przed zamulaniem i uszkodzaniem przez erozję;
- ochrona powietrza przed zanieczyszczeniem pyłem glebowym;
- utrzymanie walorów chronionego krajobrazu.

Zabiegi przeciwoerozyjne pod względem okresu działania 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, budowa grobli itp.), zaś do działań okresowych należą agrotechnika przeciwoerozyjna, rowy odprowadzające okresowe spływy powierzchniowe i inne.

Nakłady na wykonanie poszczególnych zabiegów są różne. Duże nakłady i wysokie koszty jednostkowe mają zabiegi wymagające opracowania projektów technicznych i znacznego zmechanizowania robót wykonawczych, a zatem zabiegi określone jako techniczne oraz zabudowa wąwozów. Wymagają one również nakładów na bieżącą konserwację. Natomiast takie zabiegi, jak wprowadzenie przeciwoerozyjnego układu użytków, pól i dróg praktycznie niewiele kosztują, zwłaszcza jeśli są połączone ze scalaniem gruntów. Nakłady na zabiegi okresowe corocznie wchodzą w koszty własne produkcji rolnej.

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

W regionie gór i pogórzy za najważniejszą przyczynę współczesnej erozji uważa się zmiany użytkowania ziemi, zwłaszcza wylesienie. Znaczący wpływ na zwiększenie się gwałtowności spływów powierzchniowych ma gęsta sieć dróg gruntowych, efektywnie drenująca stoki i prowadząca znaczne ilości rumowiska, a na wzrost fali powodziowej w wielu przypadkach rzutuje nieodpowiednio wykonana regulacja potoków. Biorąc pod uwagę przyczyny i zjawiska erozji wodnej w rejonie gór i pogórzy oraz jego funkcję gospodarczą, za nadrzędny cel melioracji przeciwoerozyjnych należy uznać ochronę i kształtowanie krajobrazu oraz gospodarkę zasobami wodnymi – wydłużenie obiegu wody w ekosystemach rolno-leśnych oraz magazynowanie jej nadwyżek podczas spływów powierzchniowych. Dlatego w systemie melioracji przeciwoerozyjnych priorytet powinny mieć: transformacja użytków – zwiększenie powierzchni lasów, łąk i pastwisk oraz rozmieszczenie użytków rolno-leśnych stosownie do siedliskowej strefowości stoków; stosowanie poprzecznostokowego układu pól i pełnej agrotechniki przeciwoerozyjnej; korekta sieci dróg gruntowych – polegająca zwłaszcza na właściwym ich lokalizowaniu w rzeźbie terenu i umacnianiu odcinków erodowanych; biologiczno-techniczne utrwalanie form intensywnej erozji – wąwozów, debrzy, wciósów, osuwisk, złazisk i innych; techniczno-biologiczna zabudowa sieci hydrograficznej wraz z budową zbiorników retencyjnych i rumowiskowych.

W rejonie wyżyn, zwłaszcza lessowych intensywnie degradowanych zmywami powierzchniowymi i erozją wąwozową pierwszoplanowym zadaniem jest ochronne kształtowanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej, którego głównymi elementami będą: poprzecznostokowy układ działek i pól, z sytuowaniem pól w możliwie jednorodnych siedliskach agrotechnicznych i stosowaniem pełnej agrotechniki przeciwoerozyjnej; przebudowa sieci dróg gruntowych z uwzględnieniem zasad ochrony przeciwoerozyjnej i zwróceniem szczególnej uwagi na rozwiązanie problemu dróg w wąwozach;

rekultywacja i zagospodarowanie poerozyjnych nieużytków, zwłaszcza wąwozów oraz łagodzenie uciążliwej mikrorzeźby terenu. Transformacja użytków ma ograniczone możliwości ze względu na wysoką rolniczą bonitację gleb lessowych, dlatego w miejsce ewentualnych zalesień korzystniej jest wprowadzać sady urządzone przeciwoerozyjnie, co oczywiście nie wyklucza zwiększania powierzchni leśnej, jeśli tylko jest to uzasadnione ekonomicznie. Natomiast łąki i pastwiska znajdują odpowiednie warunki głównie w dolinach rzek. Warunki fizjograficzne umożliwiają także budowę zbiorników retencyjnych o charakterze wielofunkcyjnym, w tym również w wąwozach.

W regionie pojezierzy melioracje przeciwoerozyjne to głównie korekta struktury użytków – właściwe rozmieszczenie w rzeźbie stoku, zwiększenie powierzchni zalesień i trwałych zadarnień, a następnie stosowanie przeciwoerozyjnej struktury zasiewów i zmianowania roślin.

W regionie nizin zabiegi przeciwoerozyjne będą potrzebne tylko lokalnie i głównie o charakterze fitomelioracyjnym. Wyjątek stanowią tereny przymorskie, które wymagają kompleksowej ochrony przed abrazją.

Agrotechnika przeciwoerozyjna

Agrotechnika przeciwoerozyjna może stanowić samodzielny zabieg na gruntach z erozją słabą i umiarkowaną oraz zabieg uzupełniający na gruntach bardziej erodowanych – począwszy od erozji średniej.

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 śniegowych) oraz zwiększa plony o kilkanaście procent. Im orka jest głębsza, bardziej wyskibiona, tym większy jest jej wpływ na retencjonowanie wody. Orkę najlepiej wykonuje się pługiem obracalnym, z odkładaniem skiby w górę stoku. Wówczas glebę przemieszcza się w odwrotnym kierunku niż procesy erozyjne, co w znacznym stopniu równoważy bilans przemieszczeń poziomu orno-próchnicznego.

Niezbędnym zabiegiem agrotechniki przeciwoerozyjnej jest zabieg regulujący zagęszczenie podglebia poprzez głęboszowanie, stosowanie spulchniaczy śladów, agregatowanie narzędziami zmniejszającymi liczbę przejazdów do niezbędnego minimum. Gleba jest napowietrzana w głąb profilu glebowego z jednoczesnym usuwaniem zasklepienia jej warstwy powierzchniowej. Zabieg ten jest kosztowny, ale jego wykonanie wystarcza na okres od 3 do 4 lat. Jednymi z najefektywniejszych systemów uprawy gleby zmniejszających procesy erozji gleb jest bezorkowa uprawa roli oraz mulczowanie powierzchni gleby resztkami poźniwnymi.

Oprócz orki i spulchniania podglebia ważny jest poprzecznostokowy kierunek siewu i sadzenia, który w okresie wegetacji roślin znacznie ogranicza nasilenie erozji. Termin siewu, zwłaszcza ozimin, powinien być możliwie wczesny, ponieważ wtedy zapewnia dobre ukorzenienie i rozkrzewienie roślin, a przez to lepszą przeciwoerozyjną

ochronę gleby. Wskazany jest głębszy wysiew nasion – ziarno jest lepiej chronione przed ewentualnym zmyciem, a węzły krzewienia są lepiej zabezpieczone przed odsłonięciem.

Nawożenie gleb w terenach erodowanych powinno być zróżnicowane na poszczególnych elementach rzeźby, ze względu na wyraźne odrębności siedliskowe. Najobfitszego nawożenia wymagają gleby na zboczach, zwykle najuboższe i łatwo przesychające. Szczególnie wskazane są tam nawozy organiczne. Zwiększone dawki nawozów mineralnych, zwłaszcza azotu i potasu, są również wykorzystywane efektywnie. Słabo lub wcale niecerodowane gleby na wierzchowinach wymagają mniejszego nawożenia niż na zboczach, a najmniejszego – zwykle zasobne w próchnicę gleby u podnóży zboczy oraz w dolinach.

Odpowiedni dobór i następstwo roślin w płodozmianie stanowią kolejne podstawowe ogniwa w systemie agrotechniki przeciwerozyjnej. Największe właściwości przeciwerozyjne mają trawy i ich mieszkanki z roślinami bobowatymi, a następnie wieloletnie bobowate. Gatunki jednoroczne charakteryzują się mniejszymi zdolnościami ochronnymi, przy czym ozime – żyto i rzepak, a następnie pszenica i jęczmień – lepiej chronią glebę przed erozją niż zboża jare. Zmianowanie roślin w terenach podlegających erozji wodnej powinno być różne na poszczególnych elementach stoku. Na wierzchowinach można stosować płodozmiany z przewagą gatunków towarowych, na zboczach – z przewagą glebochronnych, na podnóżach – płodozmiany intensywne z dwuletnią uprawą roślin dobrze chroniących glebę, a w dolinach – płodozmiany z nasileniem upraw na zieloną masę.

Płodozmiany przeciwerozyjne, poprzez właściwy dobór gatunków roślin i odpowiednie ich zmianowanie, stanowią kapitalny zabieg przeciwerozyjny na gruntach ornych, niestety często jeszcze niedoceniany. Gatunki wieloletnie, takie jak trawy i ich mieszkanki z roślinami bobowatymi, a następnie tylko same bobowate (koniczyna, lucerna), mają największą wartość przeciwerozyjną. Spośród roślin jednorocznych pierwszeństwo mają zboża ozime w kolejności – żyto, rzepak, jęczmień i pszenica. Następną grupą są zboża jare. Rośliny okopowe najslabiej chronią glebę przed erozją. W górach i na pogórzu, gdzie krytycznym okresem występowania erozji są ulewę letnie, nie ma zasadniczej różnicy w wartości przeciwerozyjnej zbóż jarych i ozimych. Natomiast na wyżynach, gdzie procesy erozyjne występują głównie podczas roztopów śniegowych zróżnicowanie wartości ochronnej jest bardzo wyraźne na korzyść zbóż ozimych.

Zmianowanie roślin zależy od rzeźby terenu, układu i wielkości pól, warunków siedliskowych i sposobu gospodarowania. W płodozmianach przeciwerozyjnych powinny dominować rośliny o dużych właściwościach ochronnych, a zabiegi spulchniające glebę powinny być ograniczone i wykonywane w okresach małego nasilenia erozji.

Płodozmiany na zboczach z poprzecznostokowym układem pól powinny być tak dobrane, aby pola z roślinami dobrze chroniącymi glebę sąsiadowały z polami słabiej chronionymi przez szatę roślinną.

Płodozmiany należy szczególnie starannie układać dla zboczy, na których będą one stanowiły zasadniczy lub jedyny zabieg przeciwoerozyjny, zwłaszcza dla zboczy z poprzecznostokową, skośnostokową lub nawet wzdłużstokową uprawą roli. W takich przypadkach wskazane jest ograniczenie zabiegów spulchniających glebę i skracanie okresów pozostawienia roli bez okrywy roślinnej, zwłaszcza w okresach krytycznych, podczas których występuje duże zagrożenie erozyjne.

Uprawy polowe w obniżeniach terenu, którymi okresowo przepływa większa ilość wód powierzchniowych (dolinki śródpolne i różnego rodzaju obniżenia) powinny być raczej ograniczone na korzyść użytków zielonych.

Podane przykłady zmianowań wielopolowych wymagają dużego areału gruntów i są raczej przystosowane do gospodarstw wielkotowarowych. W gospodarstwach o mniejszej powierzchni gruntów zboczowych ograniczamy się do odpowiedniego doboru i następstwa roślin, a okres ugorowania skracamy przez stosowanie wsiewek i poplonów.

Nieobsiane powierzchnie gleb ornych zaleca się przykrywać na okres jesienno-zimowy wszystkimi dostępnymi w gospodarstwie odpadowymi materiałami użytkowymi, jak słoma, łęty, liście. Materiały te spełniają również funkcje mulczu i chronią glebę przed niszczeniem przez krople deszczu, zatrzymują śnieg i ograniczają zmywy wiosenne gleby.

Poniżej przykłady zmianowań dla terenów wyżynnych (tab. 3).

Tabela 3

Przykład płodozmianu dla erodowanego zbocza lessowego

Zbocze lessowe o wystawie południowej			
Lp.	przykład I	Lp.	przykład II
1.	okopowe	1.	okopowe
2.	jęczmień z wsiewką	2.	mieszanka owsa z jęczmieniem i wsiewką
3.	koniczyna	3.	koniczyna
4.	pszenica ozima, poplon ozimy	4.	pszenica ozima
5.	mieszanka strączkowych	5.	żyto, poplon do przyorania na wiosnę
6.	żyto lub pszenica ozima	6.	żyto lub pszenica ozima
Zbocze lessowe o wystawie północnej			
Lp.	przykład I	Lp.	przykład II
1.	okopowe	1.	ziemniaki wczesne
2.	jęczmień z wsiewką	2.	żyto z wsiewką
3.	koniczyna z trawami	3.	koniczyna z trawami
4.	koniczyna z trawami	4.	koniczyna z trawami
5.	rzepak ozimy	5.	pszenica ozima
6.	pszenica ozima	6.	mieszanka pastewna (bobik z wyką)
7.	żyto, poplon do przyorania na wiosnę	7.	żyto

Źródło: Józefaciuk i Józefaciuk, 1998a (20)

Podsumowanie

Na terenach zagrożonych erozją należy zadbać o:

- wyłączenie z ornego użytkowania stromych i trudnych do uprawy zboczy i przeznaczanie ich pod zalesianie, trwałe użytki zielone (łąki, pastwiska) lub pod sady w darni;
- 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, przy czym powinno się zacząć takie pługi produkować seryjnie;
- stosowanie płodozmianów przeciwoerozyjnych, z dużym udziałem roślin chroniących glebę przed zmywem powierzchniowym i żłobieniem, takich jak bobowate 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 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 mieszanką 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;
- budowę zbiorników kolmatacyjnych i retencyjno-kolmatacyjnych w wąwozach dolinowych w celu likwidowania wąwozów, ochrony upraw poniżej wylotu wąwozów przed zamulaniem i cieków wodnych przed zanieczyszczeniem;
- agrotechnikę przeciwoerozyjną, która może stanowić samodzielny zabieg na gruntach z erozją słabą i umiarkowaną oraz zabieg uzupełniający na gruntach bardziej erodowanych – począwszy od erozji średniej. Wśród zabiegów podstawowe znaczenie ma poprzecznostokowa uprawa roli, poprzecznostokowy kierunek siewu i sadzenia, nawożenie gleb oraz dobór i następstwo roślin;

- 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 przeznaczone pod zalesienia lub trwałe użytki zielone;
- właściwe rozmieszczenie użytków. Trzeba szerzej wprowadzać zadrzewienia o charakterze fitomelioracyjnym, typować grunty pod uprawy polowe, uwzględniając nachylenie zboczy, zróżnicowanie mikrorzeźby, rodzaj gleb i stopień ich wyerodowania oraz strukturę agrarną;
- trwałe użytki zielone. Powinny przede wszystkim zajmować doliny rzek, a ponadto należy je lokalizować na dnach dolin smużnych, w których koncentrują się okresowo spływy powierzchniowe i ewentualnie na stromych zboczach o nachyleniu do 25%, lecz o glebach średnio zwięzłych 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. Udział poszczególnych zabiegów w systemie kompleksowym zależy od rodzaju form występowania i nasilenia erozji oraz warunków przyrodniczych i sposobu gospodarowania ziemią.

Literatura

1. B a c S.: Przyczynek do badań nad zmianą położenia powierzchni ornych gruntów lessowych. *Roczniki Nauk Rolniczych i Leśnych*, Poznań 1928, **19(3)**: 28.
2. B a c S.: Słowo o badaniach nad erozją gleb w Polsce. W: *Procesy erozyjne i problemy ochrony gleb w Polsce*, S. Ziemiński (red.). WSR Lublin, PWRiL, 1968, **2**: 20-25.
3. B e n n e t H.H.: *Elements of soil conservation*. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York, Toronto, Londyn, 1955, pp. 256.
4. B u r a c z y Ń s k i J.: Natężenie erozji wąwozowej i erozji gleb na Roztoczu Gorajskim. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 1977, **193**: 91-100.
5. F i g u ł a K.: Wstępna charakterystyka zjawisk erozji na terenie kilku powiatów województwa krakowskiego. *Roczniki Nauk Rolniczych*, Warszawa 1955, **71(F-1)**: 111-148.
6. F i g u ł a K.: Erozja w terenach górskich. *Wiadomości Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych*, 1960, **1(4)**: 190-197.
7. F i g u ł a K.: Badania transportu rumowiska w ciekach górskich i podgórskich o różnej budowie geologicznej i użytkowaniu. *Wiadomości Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych*, 1966, **6(3)**: 131-145.
8. F i s c h e r G., van Velthuisen H., Shah M., Nachtergaele F.: *Global Agro-ecological Assessment for Agriculture in the 21 Century*. FAO/IIASA Research Report. IIASA, Laxenburg, 2002, pp. 259.

9. Fournier F.: Climat et erosion; la relation entre l'érosion du sol par l'eau et les précipitations atmosphériques. Paris Presses Univ. de France, Paris 1960, pp. 201.
10. Gentile A.R. (ed.): Down to earth: Soil degradation and sustainable development in Europe – A challenge for the 21st century. EEA, 2000, **32**: 241-255.
11. Jadczyzyn J., Stuczyński T., Szabelak P., Wawer R., Zieliński 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*, pp. 201-209.
12. Józefaciuk A., Józefaciuk C.: Próba oceny zagrożenia gruntów w Polsce erozją wietrzną. *Pamiętnik Puławski*, 1979, **71**: 12-21.
13. Józefaciuk C., Józefaciuk A., Wojdała L.: Sadownicze zagospodarowanie jako jeden z systemów melioracji przeciwoerozyjnych na przykładzie PGR Olszanka. *IUNG Puławy*, 1983, **R(180)**: 1-158.
14. Józefaciuk C., Józefaciuk A., Barbaś S., Budzyńska K.: Metoda opracowania mapy potencjalnej erozji wodnej gleb w Polsce. *Roczniki Gleboznawcze*, 1985, **36(1)**: 177-183.
15. Józefaciuk C., Józefaciuk A.: Struktura zagrożenia erozją wodną fizjograficznych krain Polski. *Pamiętnik Puławski*, 1992a, (suplement)**101**: 23-50.
16. Józefaciuk C., Józefaciuk A.: Gęstość sieci wąwozowej w fizjograficznych krainach Polski. *Pamiętnik Puławski*, 1992b, (suplement)**101**: 51-66.
17. Józefaciuk A., Józefaciuk C.: Próba erozyjnej rejonizacji obszarów Polski dla celów melioracji przeciwoerozyjnych. *Toczniki AR w Poznaniu*, 1994, **226**.
18. Józefaciuk A., Józefaciuk C.: *Erozja agroekosystemów*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1995, ss. 168.
19. Józefaciuk C., Józefaciuk A.: *Erozja wąwozowa i metody zagospodarowania wąwozów*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1996, ss. 89.
20. Józefaciuk A., Józefaciuk C.: *Agrotechnika przeciwoerozyjna*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 1998a, ss. 89.
21. Józefaciuk A., Józefaciuk C.: *Erozja i melioracje przeciwoerozyjne. Terminologia*. BN-88/9100-07. Znowelizowana jako Pr PN-R-04152, 1998b, ss. 42.
22. Józefaciuk A., Józefaciuk C.: *Ochrona gruntów przed erozją*. PIOŚ, Warszawa 1999, ss. 108.
23. Józefaciuk C., Józefaciuk A., Nowocień E., Wawer R.: *Przeciwoerozyjne zagospodarowanie zlewni wyżynnej potoku Grodarz z uwzględnieniem ograniczania powodzi*. Wyd. IUNG, Monografie i Rozprawy Naukowe, Puławy 2002, **4**: 1-65.
24. Kóćmit A.: *Erozja wodna w obszarach młodoglacjalnych Pomorza i możliwości jej ograniczenia*. Bibliotheca Fragmenta Agronomica 4B/98, Olsztyn 1998, ss. 83-99.
25. Kondracki J.: *Geografia Polski. Mezoregiony fizyczno-geograficzne*. PWN, Warszawa 1994, ss. 440.
26. Koreleski K., Żurek E.: Analiza potrzeb w zakresie przeciwoerozyjnego zabezpieczenia gruntów w Polsce. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu* 294, *Melioracje i Inżynieria Środowiska*, 1997, cz. I, **19**: 177-184.
27. Lamboir J.: *Hydrologia inżynierska*. Arkady, 1971, ss. 280.
28. Maruszczak H.: Warunki geologiczno-geomorfologiczne rozwoju erozji gleb w południowej części województwa lubelskiego. *Wiadomości Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych*, 1963, **4**: 19-44.
29. Maruszczak H.: *Erozja wąwozowa we wschodniej części pasa wyżyn południowopolskich*. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 1973, **151**: 15-30.
30. Mazur Z., Pałys S.: *Zróżnicowanie uwilgotnienia gleby w zależności od kierunku uprawy w urzeźbionym terenie lessowym*. Zeszyty Naukowe AR Wrocław, Konferencje III, t. II, 1994, **246**: 177-183.

31. N i e w i a d o m s k i W.: Badania nad erozją gleb północy Polski (okres 1950–1967). PWRiL, Warszawa 1968, **2**: 29-49.
32. Nowocień E.: Umacnianie rowów i ścieków dróg rolniczych na terenach lessowych zagrożonych erozją. IUNG Puławy, 1996, **K(11/1)**: 313-319.
33. N o w o c i e Ń E.: Wybrane zagadnienia erozji gleb w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy 2008, **10**: 9-38.
34. O s t r o m ę c k i J.: Erozja gleb jako zagadnienie melioracyjne. Gospodarka Wodna, 1947, **415**: 1-20
35. P r o c h a l P.: Badania nad erozją gleb w terenach górskich. PWRiL, Warszawa 1968, ss. 50-90.
36. P r o c h a l P. (red.): Podstawy melioracji rolnych, t. 2. PWRiL, Warszawa 1987, s. 264-342.
37. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa z dnia 5 lipca 1979 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy eksploatacji ciągników i maszyn rolniczych (Dz.U. nr 16 poz. 104, 1979).
38. S a d u r s k a E.: O działalności H.H. Bennetta na polu ochrony gleb przed erozją. Postępy Nauk Rolniczych, 1965, **1(91)**: 143-146.
39. S a s i k J., S z e w r a Ń s k i S., Ż m u d a R.: Rola zbiornika małej retencji wodnej w kształtowaniu denudacji odpływowej i chemizmu odpływu. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis 217, Agricultura, Szczecin 2001, **87**: 209-212.
40. S t a r k e l L.: Studia nad typologią i oceną środowiska geograficznego Karpat i Kotliny Sandomierskiej. Prace Geograficzne, 1978, ss. 35.
41. S t a r k e l L.: Erozja gleb a gospodarka wodna w Karpatach. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, 1980, **235**: 103-118.
42. W a w e r R.: Zastosowanie cyfrowego modelowania obszaru zlewni Grodarza dla celów zagospodarowania przeciwerozyjnego. Rozprawa doktorska. IUNG, Puławy 2003, ss. 91.
43. W a w e r R., N o w o c i e Ń E., B u d z y Ń s k a K., P o d o l s k i B.: Cyfrowa mapa podatności gleb użytków rolnych na erozję wodną powierzchniową. Skala referencyjna 1:500000. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu 375, Rolnictwo, 2006, **65**: 223-227.
44. Z a c h a r D.: Soil erosion. Developments in soil science 10, Elsevier scientific publishing company, Amsterdam, Oxford, New York, 1982, pp. 450.
45. Z i e m n i c k i S.: Zapobieganie i zwalczanie erozji na lessach. Roczniki Nauk Rolniczych, 1955, **54(1)**: 155-188.
46. Z i e m n i c k i S.: Zasięgi erozji gleb w południowej części województwa lubelskiego. Biul. Lub. TN, 1964, **B 3-4**: 21-29.
47. Z i e m n i c k i S.: Ochrona gleb przed erozją. PWRiL, Warszawa 1978, ss. 250.

Adres do korespondencji:

dr inż. Eugeniusz Nowocień
Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8,
24-100 Puławy
tel. 81 4786771
e-mail: Eugeniusz.Nowocien@iung.pulawy.pl

AUTOR	ORCID
Eugeniusz Nowocień	0000-0002-2673-0023
Rafał Wawer	0000-0001-9266-9577