

Eugeniusz Nowocień, Rafał Wawer

PORADNIK DLA ROLNIKÓW W ZAKRESIE PRZECIWDZIAŁANIA EROZJI GLEB



Eugeniusz Nowocień, Rafał Wawer

**PORADNIK DLA ROLNIKÓW
W ZAKRESIE PRZECIWDZIAŁANIA EROZJI GLEB**

**INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

24-100 Puławy, ul. Czartoryskich 8
tel.: 814786700, 814786 800, fax 814786900
e-mail: iung@iung.pulawy.pl; www.iung.pl
Dyrektor: prof. dr hab. Wiesław Oleszek

**ZAKŁAD GLEBOZNAWSTWA EROZJI
I OCHRONY GRUNTÓW**

tel. 814786711, 814786771, 814786773
Kierownik: dr hab. Grzegorz Siebielec

DZIAŁ UPOWSZECHNIANIA I WYDAWNICTW

tel. 814786720, 814786722
Kierownik: dr Monika Kowalik

Opracowanie redakcyjne i graficzne: dr Grażyna Hołubowicz-Kliza

Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.2 pt. „Gleby użytkowane rolniczo”
z dotacji celowej przeznaczonej na realizację zadań MRiRW w 2021 r.

doi: 10.26114/por.iung.2021.12.02

ISBN-978-83-7562-372-7

Copyright by Wydawnictwo IUNG, Puławy 2021

SPIS TREŚCI



WSTĘP	5
STAN ZAGROŻENIA EROZJĄ	6
STAN ZAGROŻENIA EROZJĄ POWIERZCHNIOWĄ TERENÓW ROLNYCH I OBSZARÓW LEŚNYCH	6
OCENA STANU ZAGROŻENIA EROZJĄ WĄWOZOWĄ NA TERENACH ROLNYCH I LEŚNYCH	8
STAN ZAGROŻENIA EROZJĄ WIETRZNĄ TERENÓW ROLNYCH	11
ZAGROŻENIE RUCHAMI MAS ZIEMNYCH TERENÓW ROLNICZYCH I LEŚNYCH	13
ZAGROŻENIA EROZYJNE NA UŻYTKACH EKOLOGICZNYCH I TERENACH CHRONIONEGO KRAJOBRAZU	16
EKOLOGICZNE I GOSPODARCZE SKUTKI EROZJI WODNEJ W TERENACH ROLNICZYCH I LEŚNYCH	17
ŚRODKI ZARADCZE	20
MELIORACJE PRZECIWEROZYJNE NA GRUNTACH ORNYCH	20
AGROTECHNIKA PRZECIWEROZYJNA	23
KOREKTA GRANICY ROLNO-LEŚNEJ	27
PLANOWANIE SIECI I UMACNIANIE DRÓG ROLNICZYCH	29
FITOMELIORACJE PRZECIWEROZYJNE	31
SCALENIA GRUNTÓW Z UWZGLĘDNIENIEM MELIORACJI PRZECIWEROZYJNYCH	33
REKULTYWACJA I ZAGOSPODAROWANIE EROZYJNYCH NIEUŻYTKÓW	36
ZAGOSPODAROWANIE WĄWOZÓW	36
ZAGOSPODAROWANIA ODŁOGÓW NA STROMYCH ZBOCZACH	36
ZAGOSPODAROWANIE WYMOKÓW SUFOZYJNYCH	37
UMACNIANIE SKARP	38
PODSUMOWANIE	40
LITERATURA	42

WSTĘP

W latach 80. minionego stulecia badania przeprowadzone w wielu ośrodkach naukowych wykazały, że na wszystkich kontynentach obniża się produktywność gleb użytkowanych rolniczo. Tę niepokojącą prognozę zmian środowiska przyrodniczego podjęła i upowszechniła organizacja FAO.

Za jedną z głównych przyczyn obniżania się produktywności gleb uznano erozję wodną, a w krajach tropikalnych erozję wietrzną. W różnych strefach geograficznych na kuli ziemskiej podejmowane są odpowiednie kierunki działań zapewniające rolnictwu trwałość i produktywność.

W strefach klimatycznych zagrożonych suszą i erozją wietrzną upowszechnia się zadrzewienia śródpolne i agroleśnictwo, a w terenach degradowanych przez erozję wodną stosuje się zabiegi techniczne, fitomelioracyjne, agromelioracyjne i agrotechniczne ukierunkowane zwłaszcza na zwiększenie retencyjności gruntów i ograniczanie powierzchniowych spływów wody ze stoków (Prochal i in. 1987, Ziemiński 1978).

W Polsce najbardziej negatywne skutki przyrodnicze i gospodarcze są powodowane przez erozję wodną powierzchniową i wąwozową. Erozja wietrzna chociaż występuje powszechnie, to w mniejszym stopniu degraduje gleby niż erozja wodna. Lokalnie dewastację gruntów powodują ruchy mas ziemnych, zwłaszcza osuwiska.



Fot. 1. Pole na skłonie i zadrzewienie śródpolne (fot. G. Hołubowicz-Kliza)

STAN ZAGROŻENIA EROZJĄ



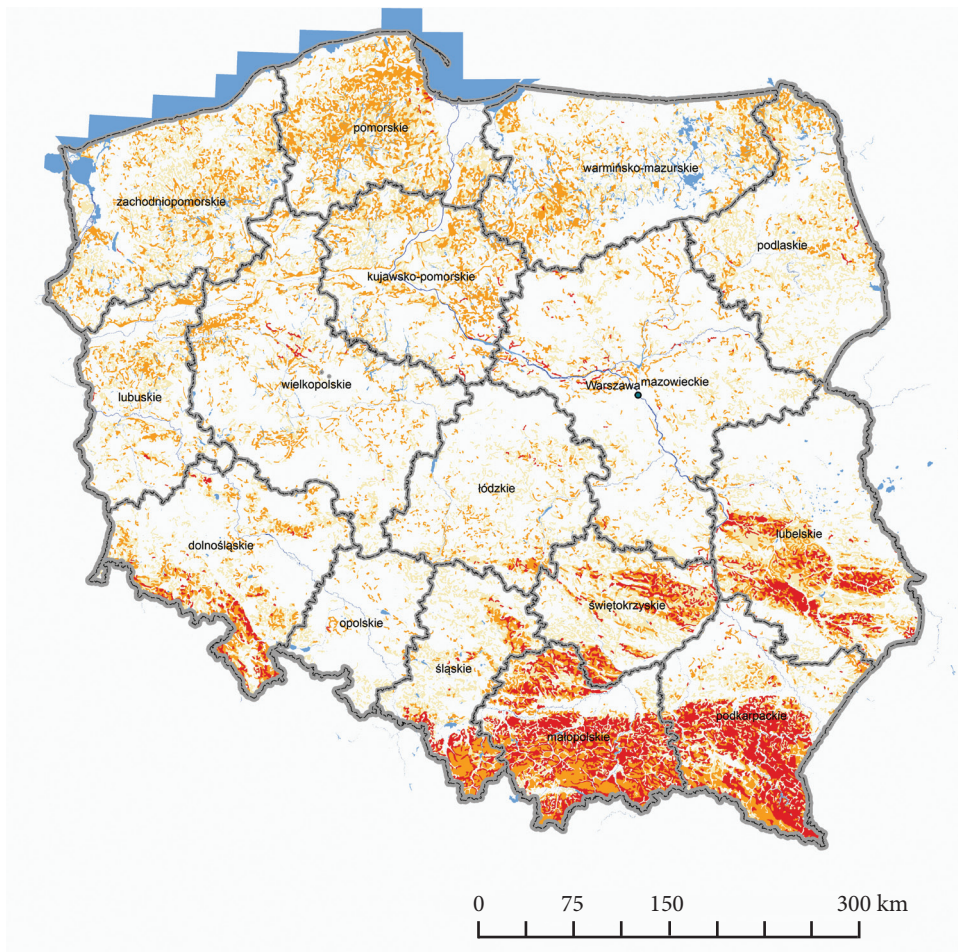
STAN ZAGROŻENIA EROZJĄ POWIERZCHNIOWĄ TERENÓW ROLNYCH I OBSZARÓW LEŚNYCH

Zagrożenie gruntów erozją wodną powierzchniową opracowano z uwzględnieniem głównych kryteriów przyrodniczych, to jest: nachylenia terenu, podatności gleb na zmywy powierzchniowe i wielkość opadu rocznego. Nie brano pod uwagę sposobu użytkowania ziemi, co oznacza, że do obszarów potencjalnie zagrożonych erozją wodną włączono również tereny zalesione.

Przeprowadzone badania 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%, a słabą – 14% (rys. 1).

Najbardziej zagrożone erozją wodną powierzchniową jest województwo małopolskie około 57% ogólnego obszaru, w tym dominuje erozja silna (26% obszaru) nad średnią (21% obszaru). Również w województwie podkarpackim przeważa zagrożenie erozją silną, 17% ogólnego obszaru. Erozja średnia występuje w nim na około 11%, a słaba na 8% obszaru. Erozją jest zagrożona cała południowa część województwa, przy czym w Bieszczadach i na pogórzu przeważa zagrożenie erozją silną. W obu wymienionych województwach występuje pierwszy stopień pilności przeciwdziałania erozji - ochrona bardzo pilna.

Poważny problem, chociaż występujący bardziej lokalnie stwarza erozja wodna w województwach: śląskim, świętokrzyskim, lubelskim i dolnośląskim, gdzie erozja silna łącznie ze średnią zagraża takiej samej lub nawet większej powierzchni województwa niż erozja słaba. Najsilniej zagrożone tereny to: Beskid Żywiecki w województwie śląskim, Góry Świętokrzyskie i Wyżyna Sandomierska w województwie świętokrzyskim, Rostocze i centralny pas Wyżyny Lubelskiej w województwie lubelskim oraz Sudety w województwie dolnośląskim. Województwa te są objęte drugim stopniem pilności ochrony przeciwerozyjnej – ochrona pilna. Drugi stopień pilności ochrony występuje także w województwach pomorskim i zachodniopomorskim. W tych województwach erozja średnia przeważa lub zajmuje takie same powierzchnie, jak erozja słaba, od 23% ogólnego obszaru do 13%. W sześciu pozostałych województwach: lubuskim, łódzkim, mazowieckim, opolskim, podlaskim i wielkopolskim o terenach równinnych erozja średnia występuje na kilku procentach ogólnej powierzchni, a silna na obszarze poniżej 1%. Są to województwa o najmniej pilnej ochronie przed erozją (Józefaciuk i in. 2014).



Legenda:

	Granica państwa	Erozja wodna potencjalna
	Granica województwa	1 - erozja słaba
	Główne rzeki	2 - erozja średnia
	Jeziora	3 - erozja silna

Rys. 1. Potencjalne zagrożenie powierzchniową erozją wodną gleb obszaru Polski (Józefaciuk i in., 2014)

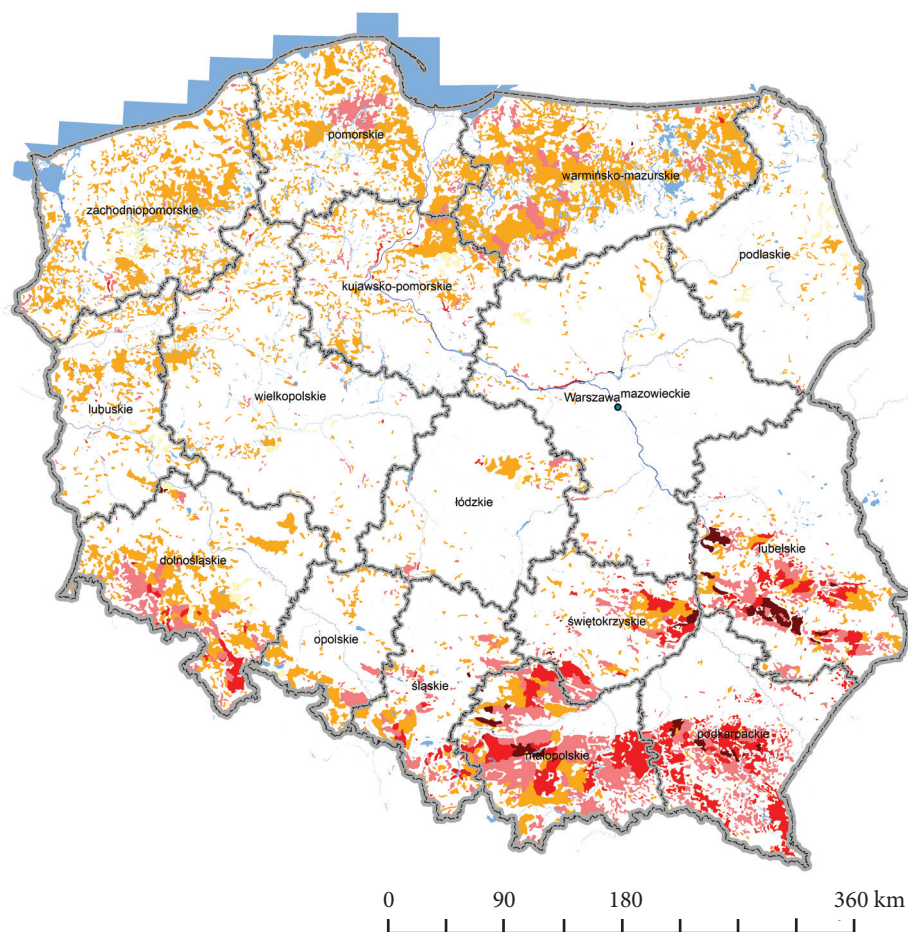
OCENA STANU ZAGROŻENIA EROZJĄ WĄWOZOWĄ NA TERENACH ROLNYCH I LEŚNYCH

Erozja wąwozowa występuje na około 18% powierzchni Polski, w tym największy obszar około 11% (2,5 mln ha gruntów rolnych i 0,8 mln ha gruntów leśnych) zajmuje erozja słaba o gęstości wąwozów 0,1-0,5 km·km⁻² (rys. 2).

Znacznie mniejszy obszar, około 4% (1 mln ha gruntów rolnych i 0,3 mln ha gruntów leśnych) przypada na erozję średnią o gęstości wąwozów 0,5-1 km·km⁻². Obszar, około 2% (0,6 mln ha gruntów rolnych i 0,15 mln ha leśnych) zajmuje erozja silna o gęstości wąwozów 1-2 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 km·km⁻². Łącznie długość wąwozów w Polsce wynosi około 40 tysięcy kilometrów (Józefaciuk i Józefaciuk 1996).

Najbardziej rozwiniętą sieć wąwozów ma województwo małopolskie, gdzie wąwozy występują na około 53% obszaru. Wprawdzie największy obszar (25%) zajmuje erozja wąwozowa średnia o gęstości wąwozów 0,5-1 km·km⁻², to jednak na 14% obszaru występuje erozja silna o gęstości wąwozów 1-2 km·km⁻². Natomiast erozja bardzo silna o gęstości wąwozów powyżej 2 km·km⁻² zajmuje powyżej 1% obszaru. Województwo to zaliczono do pierwszego stopnia pilności ochrony - zagospodarowanie wąwozów bardzo pilne. Silnie rozczłonkowane wąwozami jest województwo podkarpackie, w którym 24% obszaru ma gęstość wąwozów powyżej 0,5 km·km⁻², w tym aż 14% ma gęstość wąwozów 1-2 km·km⁻² (podobnie jak w małopolskim). Szczególny problem stwarza erozja wąwozowa w województwie lubelskim. Ma ono bowiem największy (spośród wszystkich województw) obszar (około 3%) rozczłonkowany wąwozami o gęstości powyżej 2 km·km⁻². Oprócz tego powyżej 4% obszaru ma gęstość wąwozów 1-2 km·km⁻², 7% obszaru gęstość 0,5-1 km·km⁻², a tylko 6% obszaru gęstość poniżej 0,5 km·km⁻². Duża gęstość wąwozów występuje także w województwie świętokrzyskim. Wąwozy występują tam na podobnym obszarze jak w lubelskim - około 20%. Również podobny obszar - 14% (jak w lubelskim) jest rozczłonkowany siecią wąwozów o gęstości powyżej 0,5 km·km⁻², z tym że gęstość wąwozów powyżej 2 km·km⁻² zajmuje niecały 1% obszaru. Ostatnie trzy województwa: podkarpackie, lubelskie i świętokrzyskie zostały zaliczone do drugiego stopnia pilności zagospodarowania wąwozów - zagospodarowanie pilne (Józefaciuk i Józefaciuk 1996).

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 powierzchni mniejszej niż 10%.



Legenda:

	Granica państwa	Erozja wąwozowa	
	Granica województwa		1 - erozja słaba
	Główne rzeki		2 - umiarkowana
	Jeziora		3 - erozja średnia
			4 - erozja silna
			5 - bardzo silna

Rys. 2 Mapa erozji wąwozowej w Polsce (Józefaciuk i in., 2016)

Połowę ogólnej sieci wąwozowej w Polsce stanowią wąwozy drogowe, których łączna długość wynosi 19100 km, a powierzchnia około 17% ogólnej powierzchni wąwozów. Najwięcej wąwozów drogowych występuje w południowo-wschodniej, południowo-zachodniej części kraju, zwłaszcza w wyżynnych terenach lessowych. Największą gęstość wąwozów drogowych, powyżej $0,5 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ mają województwa:

podkarpackie, małopolskie, dolnośląskie i świętokrzyskie (Józefaciuk i Józefaciuk 1998).

Bardzo silnie rozczłonkowane siecią wąwozów są takie krainy jak: Pogórze Beskidzkie, Sudety Wschodnie i Roztocze. Gęstość wąwozów powyżej $0,5 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ 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.

Tą 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 takie jednostki górskie jak Beskidy, Tatry i Sudety (Środkowe i Zachodnie) oraz jednostki wyżynne jak Niecka Nidziańska, Wyżyna 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 duże 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 około 13% (Brama Krakowska), a na gruntach leśnych od około 10% (Pojezierze Wschodniopomorskie) do 2% (Brama Krakowska, Wyżyna Kielecko-Sandomierska i Kotlina Ostrawska). Powstawaniu wąwozów silnie sprzyjają na terenach pogórza, kotlin karpackich i pojezierzy zróżnicowana rzeźba i znaczne opady a na terenach wyżyn występowanie gleb wytworzonych z lessów i zróżnicowana rzeźba (Józefaciuk i in. 2016).

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.

Oprócz czynników przyrodniczych (rzeźba, gleba, opady atmosferyczne) wyznaczających na obszarze Polski nasilenie erozji wąwozowej należy wymienić jeszcze jeden czynnik mający poważny udział w powstawaniu wąwozów.

Jest to czynnik pochodzenia antropogenicznego, wyrażony (Józefaciuk i Józefaciuk 1998):

- ▶ nieodpowiednim rozmieszczeniem użytków rolno-leśnych w terenach stokowych;
- ▶ ornym użytkowaniem stromych zboczy;
- ▶ niewłaściwym usytuowaniem w rzeźbie terenu dróg rolniczych i nie umocnieniem odcinków erodowanych;
- ▶ nie stosowaniem agrotechniki przeciwerozyjnej.

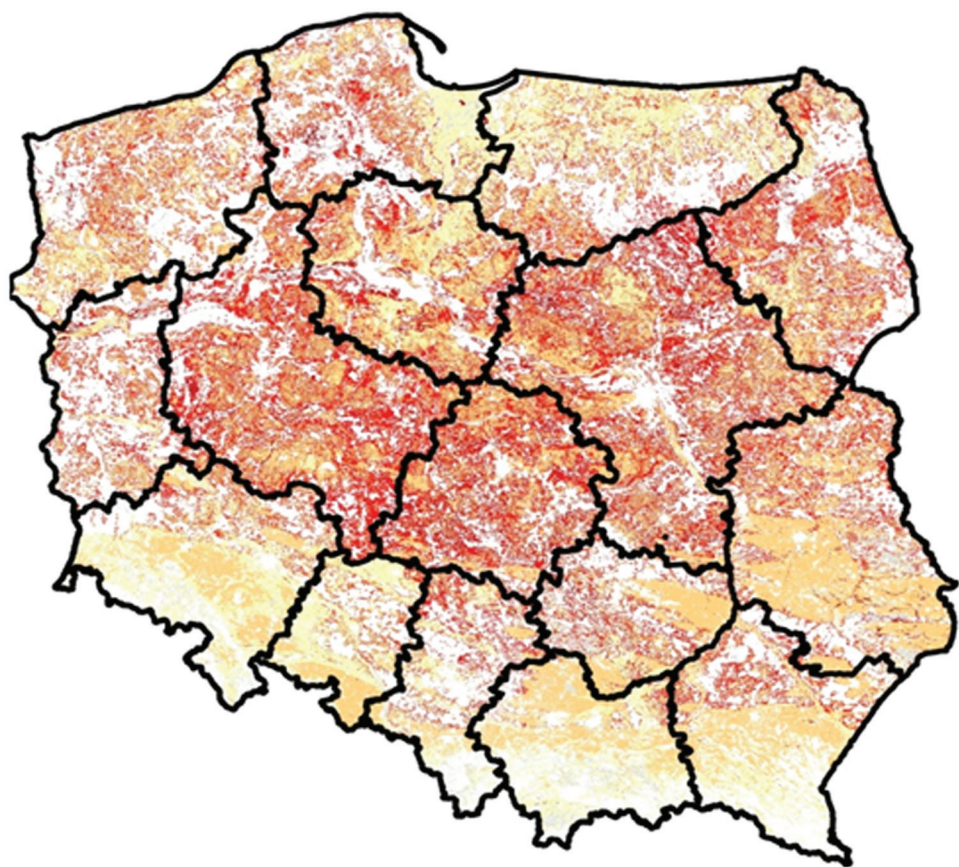
STAN ZAGROŻENIA EROZJĄ WIETRZNĄ TERENÓW ROLNYCH

Oceny potencjalnego zagrożenia erozją wietrzną dokonano z uwzględnieniem kilku podstawowych kryteriów determinujących występowanie i nasilenie erozji wietrznej takich, jak: typ rzeźby terenu, podatność gleb na deflację (wywiewanie) i stopień lesistości terenu (Józefaciuk i in. 2018).

Z przeprowadzonych badań kartograficznych wynika, że około 28% ogółu użytków rolnych w kraju jest zagrożone erozją wietrzną, w tym około 10% erozją średnią i około 1% silną. Potencjalne zagrożenie erozją silną koncentruje się głównie w centralnej części pasa nizin środkowopolskich i na Pojezierzu Wschodniobałtyckim. Potencjalna erozja średnia występuje głównie w środkowym i wschodnim pasie nizin środkowopolskich i na przyległych terenach Pojezierza Wielkopolskiego i Chełmińsko-Dobrzyńskiego oraz w pasie wyżyn południowo-wschodnich i na Przedgórzu Sudeckim (rys. 3).

Generalnie obszar największego zagrożenia erozją wietrzną obejmuje centralną i południową część nizinnych terenów Polski. Jest to wyjątkowo niekorzystne, ze względu na przewagę gleb piaszczystych przy małej lesistości terenu oraz na postępujące „stepowienie”.

Województwa najbardziej zagrożone to: łódzkie, mazowieckie, wielkopolskie i podlaskie, gdzie potencjalna erozja wietrzna silna (prowadząca do tworzenia się terenów wydumowych) występuje na obszarach od około 6% (łódzkie) do około 1,5% (podlaskie). Zagrożenie erozją silną występuje na dużych powierzchniach terenów wyżynnych województwa lubelskiego i świętokrzyskiego, ze względu na występowanie tam gleb wytworzonych z lessów, urozmaiconą rzeźbę i bardzo małą lesistość terenu. Również w północnej części województw warmińsko-mazurskiego i lubuskiego lokalnie znajdują się powierzchnie terenów zagrożonych silną erozją wietrzną (Józefaciuk i in. 2018).



 Granica państwa

Zagrożenie deflacją

Stopień zagrożenia

-  0 - brak zagrożenia
-  1 - zagrożenie słabe
-  2 - zagrożenie umiarkowane
-  3 - zagrożenie średnie
-  4 - zagrożenie silne
-  5 - zagrożenie bardzo silne

Rys. 3. Zagrożenie erozją wietrzną użytków rolnych Polski (Józefaciuk i in., 2018)

ZAGROŻENIE RUCHAMI MAS ZIEMNYCH TERENÓW ROLNICZYCH I LEŚNYCH

Najwięcej osuwisk występuje w Karpatach Fliszowych (zwłaszcza w części południowo-zachodniej), gdzie stanowią one około 7% obszaru (fot. 2). W Beskidach obszarów o tendencji osuwania się jest trzykrotnie więcej, niż na pogórzu oraz sześciokrotnie więcej, niż na Przedgórzu Karpackim. Osuwiska na pozostałym obszarze Polski występują pojedynczo lub zespołami. W Sudetach, głównie w niecce wewnątrzsudeckiej, w pasie wyżyn na wysokich progach strukturalnych i niektórych tektonicznych, w pasie pojezierzy na wysoczyznach morenowych, często na zboczach dolin rzecznych oraz licznie na klifach nadmorskich zachodniej części wybrzeża Bałtyku. Objętości osuniętego materiału mogą być różne, od kilkudziesięciu do milionów m³ (Józefaciuk i Józefaciuk, 1999).



Fot. 2. Ruchy masowe – spelzwywanie i osuwiska (Cz. Józefaciuk)

Do najważniejszych regionów osuwiskowych należy zaliczyć:

- ▶ obszar Karpat z jednostkami: Podhale, Beskidy, Bieszczady;
- ▶ obszar Pogórza Karpackiego z jednostkami: Śląska (fragmenty), Podśląska, Sokółska;
- ▶ fragment Niżu Polskiego: odcinki klifowe wybrzeża Bałtyku, Skarpa Skolwińska w Szczecinie, rejon na południe i na północ od Fordonu, dolina Łyny wraz z dopływami, prawy brzeg Wisły między Płockiem a Włocławkiem, strefy erozyjno-osuwiskowe w Wyszogrodzie i Czerwińsku, wschodnie zbocza Wyżyny Sandomierskiej.

Ogólną powierzchnię czynnych osuwisk w Polsce szacuje się na około 100 tys. ha, w tym na terenach nizinnych i wyżynnych na 2,3 tys. ha. Natomiast obszar terenów wykazujących tendencję do osuwania się jest około 10 razy większy, w tym na terenach północnej i środkowej Polski ocenia się go na 27 tys. ha.

Na obszarze Polski zarejestrowano w Karpatach około 8500 form osuwiskowych, w tym około 50% stanowią osuwiska niewielkich rozmiarów, dawne i czynne okresowo, a poza Karpataми na Niżu Polskim 2369 osuwisk, z których 462 zagrażają obiektom budowlanym (Józefaciuk i Józefaciuk 1999).

Przyczyną większości osuwisk naturalnych jest erozja wodna, tak powierzchniowa (zwłaszcza żłobienie i rozcinanie) jak i podziemna – sufozja. Jednak około 10% osuwisk górskich i około 20% (z około 2,5 tys. zarejestrowanych na obszarze pozakarpackim) nizinnych zostało zainicjowanych różnego rodzaju pracami inżynierskimi. Do największych i najgroźniejszych należą osuwiska związane z budownictwem wodnym na prawym brzegu zbiornika Włocławek i nieco mniejsze na zboczach zbiorników w Solinie i Tresnej.

Duże osuwiska występują w odkrywkach eksploatacji materiałów budowlanych (w ścianach wyrobisk, glinianek, żwirowni, kamieniołomów) w Biskupicach na zboczu doliny Szreniawy i w Lipowicy koło Dukli. Przykłady osuwisk w przekopach szlaków komunikacyjnych znajdziemy w Sadowiu na linii kolejowej Tunel-Kraków (problem od 1934 r.), w pobliżu Ostrzeszowa, w Szczecinie, w okolicach Śremu i koło Myślenic. W wyniku wadliwego odwodnienia występują osuwiska w okolicach Szczecina oraz w olsztyńskim w dolinie Łyny i w dolinach jej dopływów, natomiast wskutek awarii wodociągów powstały osuwiska w Szczecinie, Młocinach koło Warszawy i w Sandomierzu. Bardzo uciążliwe są osuwiska na gruntach rolnych pogórzy (np. wieś Futoma).

Najczęstszą przyczyną osuwisk jest zwiększenie stromości stoków wskutek podcinania przez rzekę, roboty inżynierskie oraz wzrost obciążenia spowodowany zabudową, a bezpośrednim impulsem jest nasiąknięcie gruntu wodą, zwłaszcza z długotrwałych opadów. Największe zagęszczenie osuwisk występuje w Karpatach Fliszowych, gdzie osuwiska stanowią 7% obszaru, a w zachodniej części Beskidu Niskiego i Wyspowego stoki osuwiskowe zajmują do 50% obszaru. Osuwiskowość w Beskidach jest trzykrotnie większa niż na pogórzu i sześciokrotnie większa niż na Przedgórzu Karpackim. Najwięcej osuwisk powstaje we fliszu łupkowo-piaskowcowym. Dużo płytkich osuwisk powstało po wylesieniu Karpat.

Obecnie osuwiska tworzą się lub są odmładzane w czasie rozlewnych opadów i wilgotnych lat.

Stoki osuwiskowe są bardzo trudne do opanowania, ponieważ bardzo często ulegają odmładzaniu. Występowanie procesów osuwiskowych można ograniczyć przez głęboki drenaż niszy i odprowadzenie zbierającej się wody.

Wybrzeże morskie podlega szczególnie intensywnym procesom morfogenetycznym. Na strefę brzegową najsilniej oddziałują wody morskie. Falowanie wywołuje skutki morfologiczne i sedymentacyjne różne na wybrzeżach stromych i płaskich. Na klifowych odcinkach wybrzeża występują procesy abrazji, grawitacji i splukiwania. Wybrzeża płaskie kształtowane są głównie przez procesy falowania i kipieli plażowej. W naszej strefie brzegowej przeważają procesy akumulacyjne. Powstawanie, morfologia i budowa wewnętrzna plaż jest głównie efektem fal sztormowych (Józefaciuk i Józefaciuk, 1999).

ZAGROŻENIA EROZYJNE NA UŻYTKACH EKOLOGICZNYCH I TERENACH CHRONIONEGO KRAJOBRAZU



W Ustawie z dnia 16 października 1991 r. o ochronie przyrody (tekst jednolity, Dz.U. z 2001r., nr 99, poz.1079) ustalono że, użytkami ekologicznymi są zasługujące na ochronę pozostałości ekosystemów, mających znaczenie dla zachowania unikatowych zasobów genowych i typów środowisk, jak: naturalne zbiorniki wodne, śródpolne i śródleśne „oczka wodne”, kępy drzew i krzewów, bagna, torfowiska, wydmy, płaty nie użytkowanej roślinności, starorzecza, wychodnie skalne, skarpy, kamieńce itp.

Obszar chronionego krajobrazu obejmuje wyróżniające się krajobrazowo tereny o różnych typach ekosystemów. Zagospodarowanie tych systemów powinno zapewnić stan względnej równowagi ekologicznej systemów przyrodniczych. Użytki ekologiczne i obszary chronionego krajobrazu uwzględnia się w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego i uwidacznia w ewidencji gruntów.

Oddziaływanie erozji na użytkach ekologicznych i terenach chronionego krajobrazu ma dwojaki charakter. Procesy erozji są głównym czynnikiem krajobrazotwórczym. Ich wynikiem bowiem jest powstanie specyficznej rzeźby terenu, do której dostosowały się określone naturalne formacje roślinne oraz fauna. Zatem erozja stanowi jeden z podstawowych elementów tworzących dany krajobraz – z siecią wąwozów, z polami wydmowymi, z rzeźbą krasową malowniczo urozmaiconą, z przełomowymi odcinkami dolin rzecznych i inne.

Równocześnie występujące procesy erozyjne są uciążliwe i stanowią określone zagrożenie przede wszystkim w sferze działań gospodarczych. Przejawia się to w:

- ▶ degradowaniu i dewastowaniu gleb, zwłaszcza gruntów ornych na stokach;
- ▶ skracaniu obiegu wody w krajobrazie i bezużytecznemu jej spływowi do rzek;
- ▶ deformowaniu sieci rzecznej – zamulaniu koryt, niszczeniu brzegów;
- ▶ zamulaniu i niszczeniu urządzeń melioracyjnych, drogowych, wodnych i infrastruktury wiejskiej i miast;
- ▶ uszkodzaniu dróg – zamulaniu, niszczeniu nawierzchni i urządzonych poboczy, pogłębianiu i przekształcaniu w wąwozy;
- ▶ zapyłaniu atmosfery materiałem deflacyjnym;
- ▶ zasypywaniu piaskiem terenów przywydmowych.

EKOLOGICZNE I GOSPODARCZE SKUTKI EROZJI WODNEJ W TERENACH ROLNICZYCH I LEŚNYCH

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

O rozmiarach degradowania świadczą średnie roczne straty gleby, które dla Polski oszacowano na $76 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$ (wobec $84,7 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$ w Europie), przy regionalnym zróżnicowaniu od $2,7 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$ na Nizinach Środkowopolskich do $280 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$ w Karpatach Fliszowych. Dla porównania straty te na innych kontynentach przedstawiają się następująco: Afryka, Południowa Ameryka i Antyle około $700 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$, Azja około $600 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$, Północna i Środkowa Ameryka około $500 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$, Australia około $300 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$ (Józefaciuk i Józefaciuk, 1996).

Degradowanie gleby przez procesy erozji wodnej powierzchniowej (zmywy i złobienie) powoduje:

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

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

- ▶ gleby słabo zmywane – o poziomie próchnicznym zdzieranym przez zmywy powierzchniowe;
- ▶ gleby średnio zmywane – o zredukowanym w całości poziomie próchnicznym i w części zredukowanym poziomie głębszym. Istniejący poziom orno-próchniczny jest wytworzony z poziomów środkowych;
- ▶ gleby silnie zmywane – o zredukowanym całym profilu, a nawet części skały macierzystej. Poziom orno-próchniczny jest wytworzony bezpośrednio z podłoża;
- ▶ gleby rozmywane – z powierzchni, z 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 przekształcenia rzeźby terenu – tworzenia falistości zboczy, powstawania skarp, obniżeń śródzbcowych i stożków napływowych. Powoduje również łagodzenie rzeźby – obniżanie lokalnych wyniosłości i podwyższanie dolin.

Procesy zmywu powierzchniowego o permanentnie dużym nasileniu mogą lokalnie doprowadzić do nadmiernego przesuszenia lub uwilgotnienia gleb. Zjawisko nadmiernego przesuszania dotyczy przede wszystkim gleb zboczowych, przy czym deficyty wody są tym większe, im zbocza bardziej strome i nasłonecznione, a gleba silniej zerodowana. Na przykład na wyżynach za trwale suche uważa się piaski na zboczach o wystawie południowej. Również gleby lessowe, wyróżniające się ogólnie dobrymi właściwościami fizycznymi, są w takich warunkach okresowo za suche, a niekiedy nawet trwale za suche. Podobnie rzecz się ma z rędzinami o dużej zawartości szkieletu. Natomiast do nadmiernie wilgotnych należą gleby namywane, zwłaszcza u podnóży zboczy o ekspozycji północnej i w dolinach.

Skutki erozji wąwozowej chociaż mają lokalny zasięg, to powodują poważne szkody ekologiczne 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, a erozję, która doprowadziła do takiego stanu – erozją piracką.

Wąwozy oddziałują negatywnie i powodują szereg utrudnień, zwłaszcza w gospodarce rolnej i wodnej – rozczłonkowują teren, przyczyniają się do tworzenia pól o nieregularnych kształtach, utrudniają transport i mechanizację zabiegów agrotechnicznych. 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 cieki i zbiorniki wodne. Stożki napływowe tworzące się u wylotu wąwozów w dolinach śródpolnych i rzecznych wpływają niekorzystnie na gospodarkę wodną. Powyżej stożka 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.

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 i wymagają częstych napraw. To powoduje, że przy krawędzi wąwozów istnieją drogi zastępcze, które w miarę użytkowania również przekształcają się w wąwozy (Nowociń, 1996a).

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 i niszczenia urządzeń melioracyjnych i wodnych, a przez to konieczność częstej ich renowacji (Nowocień, 1996a).

Erozja wąwozowa najsilniej degraduje najcenniejsze dla rolnictwa tereny wyżynne o glebach wytworzonych z utworów lessowych. Poważny problem stanowią również wąwozy w terenach górskich i podgórskich, zwłaszcza wąwozy drogowe. Gęsta sieć zagłębionych dróg, odgrywa podobną rolę jak drenowanie, które w aspekcie gospodarki wodnej i przeciwdziałania erozji nie jest wskazane. Przyspiesza bowiem spływ śródpokrywowy, który jest bezpośrednią przyczyną wielkich wezbrań w dużych rzekach. Wcięcia drogowe biegnące z góry na dół stoku odprowadzają duże ilości zawiesin a wcięcia drogowe serpentynowo wspinające się na stoki górskie odprowadzające w szybkim tempie nadwyżki wody zmagazynowane w pokrywach zwietrzelinowych. Głębokie rozcięcia drogowe są głównymi „producentami” rumowiska rzecznoego w górach. Badania wykazały, iż spływy drogami wód z ulewnych deszczy powodują znaczne zmiany w korycie drogi i wzmożony transport zawiesiny, której ilość przekracza nawet $10 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$ zlewni (Józefaciuk i Józefaciuk, 1996a).

Należy podkreślić, że las należy do formacji roślinnych najlepiej chroniących glebę przez erozją i dlatego powierzchnie zalesione praktycznie nie podlegają erozji powierzchniowej. Przeciwerozyjne znaczenie lasu polega na:

- ▶ zatrzymywaniu i rozpraszaniu wody pochodzącej z opadów przez korony drzew, krzewy, roślinność dna lasu i ściółkę;
- ▶ wiązaniu gleby przez systemy korzeniowe drzew, krzewów i roślinności zielnej;
- ▶ równomiernym rozkładzie pokrywy śniegowej i powolnym jej tajaniu oraz dłuższym zamarzaniu gleby;
- ▶ pochłanianiu wody przez glebę i ściółkę oraz rozpraszaniu powierzchniowych spływów wody przez roślinność i ściółkę.

MELIORACJE PRZECIWIEROZYJNE NA GRUNTACH ORNYCH

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

Melioracje przeciwi erozyjne to nie tylko ochrona gleb i gruntów przed erozyjną degradacją i dewastacją, ale równocześnie najtańszy sposób walki z suszą, „stepowaniem” i powodzią.

Główne cele melioracji przeciwi erozyjnych to:

- ▶ ograniczanie występowania i zmniejszanie nasilenia procesów erozyjnych;
- ▶ zachowanie potencjału produkcyjnego gleb i nie dopuszczenie do jego niekorzystnych przemian;
- ▶ wydłużenie obiegu wody w krajobrazie i przeciwdziałanie deformacyjnym zmianom hydrografii i hydrologii cieków rzecznych;
- ▶ poprawianie eko-technicznych warunków użytkowania ziemi, włącznie z rekultywacją gruntów zdewastowanych.

Podstawowymi zabiegami przeciwi erozyjnymi są:

- ▶ rozmieszczanie przestrzenne użytków produkcyjnych i ochronnych stosownie do rzeźby terenu;
- ▶ wprowadzanie układu działek i pól umożliwiającego poprzeczność (warstwicową) uprawę roli;
- ▶ stosowanie agrotechniki przeciwi erozyjnej;
- ▶ planowanie dróg rolniczych z uwzględnieniem rzeźby terenu i ściśle skoordynowane z układem działek i pól oraz umacnianie erodowanych odcinków dróg;
- ▶ rekultywacja i zagospodarowanie nieużytków erozyjnych (np. wąwozów, stromych zboczy) oraz likwidowanie trudnej mikrorzeźby terenu;
- ▶ stosowanie urządzeń do rozpraszania i odprowadzania powierzchniowych spływów wody.

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 wchodziły w koszty własne produkcji rolnej.

Melioracje przeciwoerozyjne mają wybitnie 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 zwiększe-

nie 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, wciosów, 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 (fot. 3) (Józefaciuk i Józefaciuk, 1996a).

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

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



Fot. 3. Zagospodarowanie wąwozu zbiornikiem retencyjnym (Cz. Józefaciuk)

AGROTECHNIKA PRZECIWEROZYJNA

Agrotechnika przeciwerozyjna 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-próchniczego.

Ważną alternatywą dla systemów opartych o orkę są systemy bezorkowe, consisting z systemów bezorkowych, zasklepiających powierzchnię gleby resztkami pożywnymi, chroniących glebę przed bezpośrednim oddziaływaniem wiatru i opadów deszczu, wywołujących erozję. Jednym z najno-

wocześniejszych rozwiązań jest uprawa pasowa, wykorzystująca siewniki sprzężone z podajnikami nawozu, wałami i płytkim głęboszem. Za jednym przejazdem wykonuje się uprawę spalniającą pod siew ziarna, nawożenie i wałowanie. Uprawa pozostawia 1/3 powierzchni niezuruszonej. Jej czasochłonność jest 5 razy mniejsza, a zużycie paliwa 3 razy niższe w porównaniu z tradycyjną uprawą płużną.



Fot. 4. Gleba po przejeździe agregatu siewnego do uprawy pasowej (J. Kozyra)



Fot. 5. Widok agregatu siewnego do uprawy pasowej (J. Kozyra)

Oprócz orki 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 uko-

rzenie i rozkrzewienie roślin jesienią, a przez to lepszą przeciwerozyjną ochronę gleby. Wskazany jest głębszy wysiew nasion, ponieważ ziarno jest lepiej chronione przed ewentualnym zmyciem, a węzły krzewienia są lepiej zabezpieczone przed odślonięciem.

Nawożenie gleb w terenach erodowanych powinno być zróżnicowane na poszczególnych elementach rzeźby, ze względu na wyraźne odrębności siedliskowe. Najbardziej wymagają gleby na zboczach, zwykle najuboższe i łatwo przesychające. Szczególnie wskazane są tam nawozy naturalne i organiczne. Zwiększone dawki nawozów mineralnych, zwłaszcza azotu i potasu, są również wykorzystywane efektywnie. Słabo lub wcale nie erodowane gleby na wierzchołkach wymagają mniejszego nawożenia niż na zboczach, a najmniejszego zwykle zasobne w próchnicę gleby u podnóża zboczy oraz w dolinach (Józefaciuk i Józefaciuk, 1998).

Odpowiedni dobór i następstwo roślin w płodozmianie stanowi kolejne podstawowe ogniwo w systemie agrotechniki przeciwerozyjnej. Największe właściwości przeciwerozyjne mają trawy i ich mieszanki 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 wierzchołkach 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.

Płodozmian przeciwerozyjny to właściwy dobór gatunków roślin i odpowiednie ich zmianowanie. Jest on najkorzystniejszym zabiegiem przeciwerozyjnym na gruntach ornych, niestety często jeszcze nie docenianym. Gatunki wieloletnie takie jak trawy i ich mieszanki z bobowatymi, a następnie tylko same bobowate (koniczyna, lucerna) mają największą wartość przeciwerozyjną. Spośród roślin jednorocznych pierwszeństwo mają ozime w kolejności: żyto, rzepak, jęczmień i pszenica, zaś następną grupą są uprawy jare. Rośliny okopowe najslabiej chronią glebę przed erozją. W górach i na pogórzu, gdzie krytycznym okresem występowania erozji są ulewne 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 ozimych).

Zmianowanie roślin zależy od rzeźby terenu, układu i wielkości pól, warunków siedliskowych i sposobu gospodarowania. W płodozmiatach 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 powinno się szczególnie starannie układać dla zboczy, na których będą one stanowiły zasadniczy lub jedyny zabieg przeciwozyjny, 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 (Józefaciuk i Józefaciuk, 1998).

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.

Przykłady zmianowań dla erodowanych terenów wyżynnych (tab. 1).

Tabela 1

Przykład płodozmianu dla erodowanego zbocza lessowego

Zbocze lessowe o wystawie południowej	
Przykład I	Przykład II
Okopowe	Okopowe
Jęczmień z wsiewką	Mieszanka owsa z jęczmieniem i wsiewką
Koniczyna	Koniczyna
Pszenica ozima, poplon ozimy	Pszenica ozima
Mieszanka strączkowych	Żyto, poplon do przyorania na wiosnę
Żyto lub pszenica ozima	Żyto lub pszenica ozima
Zbocze lessowe o wystawie północnej	
Przykład I	Przykład II
Okopowe	Ziemniaki wczesne
Jęczmień z wsiewką	Żyto z wsiewką
Koniczyna z trawami	Koniczyna z trawami
Koniczyna z trawami	Koniczyna z trawami
Rzepak ozimy	Pszenica ozima
Pszenica ozima	Mieszanka pastewna (bobik z wyką)
Żyto, poplon do przyorania na wiosnę	Żyto

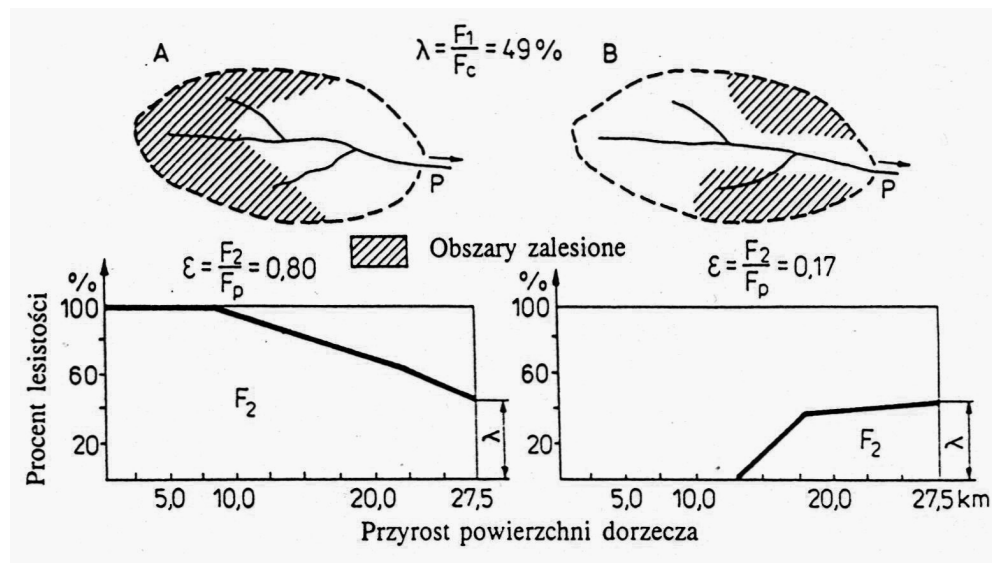
Źródło: Józefaciuk i Józefaciuk, 1998

Podane przykłady zmianowań wielopolowych wymagają dużego areálu gruntów i są raczej przystosowane do gospodarstw dużych (powyżej 50 ha). W gospodarstwach o mniejszej powierzchni gruntów zboczowych ograniczamy się do odpowiedniego doboru i następstwa roślin, a okres ugorowania skracamy przez stosowanie wsiewek i poplonów.

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 120 (21%) z ornego użytkowania obowiązuje również Rozporządzenie Ministra Rolnictwa w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy eksploatacji ciągników i maszyn rolniczych. Wydaje się, że na stokach z glebami wytworzonymi z głębokich lessów, ze względu na duży potencjał produkcyjny i szybką regenerację gleb ze skały lessowej, graniczne nachylenie można zwiększyć do 150 (27%), zastosować poprzecznostokowy układ pól i wytwarzać przez orkę tarasy naorywane o nachyleniu ław tarasów poniżej 120 (21%). Natomiast na płytkich rędzinach i glebach szkieletowych graniczne nachylenia można obniżać do 100 (17,6%). 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 [1965] za pomocą wskaźnika rozwinięcia lesistości (rys. 4). 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.



Legenda:

λ - wskaźnik lesistości; ε - wskaźnik rozwinięcia lesistości; A - właściwy układ lasów w zlewni; B - wadliwy układ lasów w zlewni; F_1 - powierzchnia zalesiona; F_2 - powierzchnia poniżej wykresu; F_c - powierzchnia zlewni; F_p - powierzchnia prostokąta diagramu

Rys. 4. Określanie wskaźnika lesistości (Lambor, 1965)

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 (Lambor, 1965).

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 (Józefaciuk i Józefaciuk, 1999).

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.

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 uwzględniać różnego typu zadrzewienia o charakterze fitomelioracyjnym, przeciwdziałające erozji wodnej i wietrznej. Zadrzewiać należy przede wszystkim zbocza o nachyleniu powyżej 30-35%, 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 oraz wąwozy i 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 również małe plantacje drzew i krzewów owocowych oraz krzewów dla celów farmacji (Józefaciuk i Józefaciuk, 1999; Woch i in., 2015).

Typowanie gruntów pod uprawy polowe powinno uwzględniać nachylenie zboczy, zróżnicowanie mikrorzeźby, rodzaj gleb i stopień ich wyerodowania oraz strukturę agrarną. Grunty orne w gospodarstwach dużych (powyżej 50 ha) mogą występować na stokach o nachyleniu przeważnie do 20%, a w gospodarstwach małych na nieco większych spadkach, ale w zasadzie pod warunkiem starasowania zboczy metodą naorania.

Trwałe użytki zielone w terenach wyżynnych również spełniają ważną funkcję przeciwoerozyjną 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 średniozwięzłych i zwięzłych.

PLANOWANIE SIECI I UMACNIANIE DRÓG ROLNICZYCH

Sieć dróg rolniczych w Polsce kształtowana przez stulecia w drodze podziałów własnościowych, mimo dużej gęstości jest generalnie mało funkcjonalna i nie dostosowana 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.

Zasady projektowania i budowy dróg na obszarach wiejskich wprawdzie regulują wytyczne projektowania dróg i wytyczne projektowania ulic, jednak dotyczą one tylko dróg gminnych (publicznych). Natomiast dla dróg transportu rolniczego wewnętrznego nie ma jeszcze wytycznych projektowania, a zasady planowania i projektowania geometrycznego, opisywane przez różnych autorów, wymagają prowadzenia dalszych prac badawczych, szczególnie nad poszukiwaniem racjonalnych form przestrzennego i geometrycznego zagospodarowania pasa drogowego (Nowocien, 1999a).

Podział funkcjonalny dróg rolniczych stosowany dotychczas nieformalnie (brak ustawy o drogach rolniczych) podział funkcjonalny dróg do obsługi gospodarstw rolniczych rodzinnych i farmerskich jest właściwy i powinien zostać uprawomocniony. Aktualnie sieć dróg rolniczych na terenie gminy, zapewniająca poprawną komunikację pomiędzy rozłogiem gruntów a jednostką osadniczą, jest podzielona pod względem funkcji na drogi rolnicze główne, zbiorcze i polowe – technologiczne.

Główne drogi rolnicze zbierające transport z dróg polowych i zbiorczych są przeważnie połączone z drogami publicznymi, gminnymi i osiedlowymi. Z przeprowadzonych badań wynika, że w uzasadnionych przypadkach funkcję dróg głównych mogą przejąć również drogi gminne lub osiedlowe.

Zbiorcze drogi rolnicze tworzą sieć zapewniającą połączenia dróg bezpośrednio obsługi pól z drogami głównymi i osiedlowymi. Wydaje się, że drogi zbiorcze mogą pełnić także funkcję dróg głównych, w przypadkach uzasadnionych względami komunikacyjnymi.

Polowe drogi rolnicze służą do bezpośredniej obsługi działek i pól, wynikającej z technologii produkcji rolniczej, a wielkość przewożonych ładunków zależy od wielkości zbiorni.

Podstawowe zasady planowania sieci dróg rolniczych są nadrzędnym celem prac związanych z kształtowaniem sieci dróg rolniczych i zapewnieniem 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% dróg 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 ukośnie do stoku w celu zmniejszenia spadku podłużnego niwelety do 4%. Drogi tak usytuowane mają jednak duże zlewnie, a płynące nimi wody okresowe znacznie je erodują – rozmywy dna dochodzą nawet do ponad 1m. 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 powinno się unikać zbędnego przekraczania dolin, ponieważ wymaga to budowania przepustów drogowych i urządzeń odwadniających (Nowocię 1996a, 1999a).

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 ilością krzywizn w planie sytuacyjnym i wieloma obiektami odwadniającymi, jakimi są rowy, przepusty i mosty. Drogi te powinny być 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) (Nowocię 1999c).

W procesie technicznego urządzania pasa drogowego nie można pominąć zabiegów odwodnienia drogi. Polegają one na nadaniu korpusowi drogi odpowiednich spadków podłużnych i poprzecznych, z równoczesnym wyniesieniem korpusu drogi ponad przyległy teren, wykonaniu rowów lub ścieków oraz przepustów, a w uzasadnionej sytuacji kanalizacji burzowej. Najczęściej stosowanymi elementami odwadniającymi pas drogowy są rowy przydrożne trapezowe, trójkątne i stokowe oraz ścieki i muldy. Wymienione urządzenia odwadniające, narażone na niszczenie przez wody opadowe i roztopowe należy umacniać przez trwałe zadarnienie, a w uzasadnionych przypadkach materiałami kamiennymi, prefabrykatami betonowymi, stabilizowanym materiałem miejscowym (Nowocien, 1996b).

FITOMELIORACJE PRZECIWEROZYJNE

Fitomelioracyjne przeciwerozyjne 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 przeciwerozyjne, 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 (przysagrodowe), 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, 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 powodują również wyraźny spadek plonowania roślin polowych, podczas gdy wzrost plonów w dalszych odległościach od zadrzewień nie jest jeszcze udowodniony (Józefaciuk i Józefaciuk, 1996b; Woch i in., 2015).

Przy zalesianiu stromych zboczy należy wyorać w odstępach około 2 m poprzecznostokowe bruzdy chłonne z odkładaniem skib w dół zbocza. Celem tych bruzd w których będą sadzone drzewa i krzewy jest przechwytywanie powierzchniowych

spliwów 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. Następne bruzdy wyorać jako równoległe do wytyczonych niwelatorem. Jeżeli są trudności z wytyczaniem przy użyciu niwelatora brzd ściśle poziomych to korzystniej jest naorywać bruzdy przerywane. Dobór drzew i krzewów do zalesienia stromych zboczy zależy od rodzaju gleb i ekspozycji zboczy i może być taki sam jak przy zalesianiu wąwozów. Warto również użyć do nasadzeń wartościowych gatunków drzew i krzewów dobrze rosnące w danym regionie (Józefaciuk i Józefaciuk, 1996b).

Sady i zadrzewienia sadownicze, podobnie jak zadrzewienia leśne, wpływają na kształtowanie warunków przyrodniczych i ograniczenie nasilenia procesów erozyjnych. Przeciwerozyjne, 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 są doskonałym siedliskiem dla drzew i krzewów owocowych.

W Polsce nie ma tradycji zakładania przeciwerozyjnych 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, a zwłaszcza zboczy w granicach nachyleń 15-35%, trudnych do uprawy polowej i silnie degradowanych przez procesy erozyjne. Zadrzewienia sadownicze powinno się wprowadzać jako melioracje przeciwerozyjne w pojedynczych gospodarstwach rolnych i przy zakładaniu sadów zblokowanych. Przy zakładaniu sadów przeciwerozyjnych 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 plan pierwszy, 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. Rędziny 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 przeciwerozyjnego 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. Ciepleszy 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 (Józefaciuk i Józefaciu 1998).

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 przepuszczalność i chłonność wodną, co znacznie redukuje spływ powierzchniowy. Oprócz właściwości przeciwoerozyjnych trwałe użytki zielone, a zwłaszcza łąki w dolinach, są zielonym oceanem dla przyległych terenów, wdzięcznym za spływy powierzchniowe z terenów stokowych zlewni. Trwałe zadarnienia mają również istotny udział w zwalczaniu erozji wietrznej, co jest szczególnie ważne na torfach i murszach (Józefaciuk i Józefaciu, 1998).

SCALENIA GRUNTÓW Z UWZGLĘDNIENIEM MELIORACJI PRZECIWOEROZYJNYCH

Scalania 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, półenklawy, wyprostowuje granice wsi oraz projektuje nowy układ komunikacyjny wsi. Umożliwia on dojazd do działek i skraca odległość między siedliskiem a polem.

Scalania 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 (Woch i in., 2015).

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 przeciwoerozyjne w sektorze rolnictwa indywidualnego można realizować jedynie w procesie scalania gruntów. Scalania gruntów stwarzają bowiem doskonałą okazję, aby przy stosunkowo niewielkich, dodatkowych nakładach sił i środków zrealizować melioracje przeciwoerozyjne na stosunkowo dużych obszarach, zwłaszcza w południowej i południowo-wschodniej części kraju, gdzie występuje największe zagrożenie gruntów przez

erozję wodną i najbardziej uciążliwa szachownica gruntów. Podczas scaleń wprowadzany jest nowy układ działek i dróg i stosunkowo łatwo można dokonać transformacji użytków. Chodzi jedynie o to, by prace te były realizowane zgodnie z zasadami ochrony gleb przed erozją (Woch i in., 2015).

Dotychczas wykonywane scalenia gruntów w terenach silnie urzeźbionych bez przestrzegania zasad melioracji przeciwoerozyjnych, 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 urządzenie silnie urzeźbionych terenów rolnych w procesie scalania gruntów. Kompleksowe urządzenie obejmują: scalenia gruntów, rozmieszczenie dróg rolniczych, utwardzenie dróg osiedlowych i rolniczych, transformację użytków – dostosowanie do warunków naturalnych, melioracje wodne z uregulowaniem lustra wody, melioracje przeciwoerozyjne i rekultywacja terenów, rozmieszczenie terenów budowlanych, zaopatrzenie gospodarstw w wodę bieżącą, kanalizacja i oczyszczalnie ścieków, utylizacja nieczystości stałych.

Kompleksowe melioracje przeciwoerozyjne traktowane jako jeden z systemów urządzenioworolnych mogą być w warunkach gospodarki indywidualnej (o uciążliwej szachownicy gruntów i różnym układzie rozdrobnionych działek) realizowane tylko podczas prac scalińowych. Natomiast przy panującej obecnie strukturze gospodarstw rolnych i w przypadku braku scaleń można zalecać jedynie niektóre zabiegi przeciwoerozyjne.

Do kodeksu dobrych praktyk rolniczych na terenach zagrożonych erozją należy zaliczyć:

- ▶ wyłączenie z ornego użytkowania stromych i trudnych do uprawy zboczy i przeznaczanie ich pod zalesianie lub trwałe użytki zielone (łąki, pastwiska) lub pod sady w darni;
- ▶ stosowanie poprzecznostokowej (równoległej do warstwic) uprawy roli, która na zboczach o nachyleniu do 20% (120) 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 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 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;
- ▶ 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.

REKULTYWACJA I ZAGOSPODAROWANIE EROZYJNYCH NIEUŻYTKÓW



ZAGOSPODAROWANIE WĄWOZÓW

Jest ono przeważnie najbardziej kapitałochłonną inwestycją w melioracjach przeciwoerozyjnych i zaliczaną do melioracji podstawowych, wykonywanych na koszt państwa. Generalnie są to inwestycje o charakterze inżynierskim, wymagające opracowania projektów technicznych i ich wdrażania przez przedsiębiorstwa specjalistyczne, np. melioracyjne. Dotychczas większość zrealizowanych projektów w terenie to obiekty doświadczalnie-wdrożeniowe (Józefaciuk i Józefaciuk, 1996a).

Wąwozy mogą być zagospodarowane metodami ochronnymi przez: zabudowę biologiczną lub techniczno-biologiczną oraz ochronno-użytkowymi przez zasypanie, wykonanie zbiorników, zakładanie sadów i pastwisk oraz zagospodarowanie dla celów rekreacyjnych, a także metodami zintegrowanymi (Józefaciuk i Józefaciuk 1996a).

ZAGOSPODAROWANIA ODŁOGÓW 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 120 (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 zalesienie (Józefaciuk i Józefaciuk, 1998).

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 zwłaszcza 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.

ZAGOSPODAROWANIE WYMOKÓW SUFOZYJNYCH

Zagospodarowanie wymoków sufozyjnych dotyczy głównie form okresowo zalanych wodami powierzchniowymi, które bardzo utrudniają gospodarowanie na przyległych polach.

Natomiast wymoki ze stale stagnującą wodą pozostawia się w stanie naturalnym (fot. 6). Dotychczas, wymoki z okresowymi wodami należy zadarniać i zadrzewiać. Doświadczenia przeprowadzane w ostatnich latach wykazały celowość stosowania innych sposobów jak zasypywanie, drenowanie niesystematyczne lub głębokie spulchnienie gleby.



Fot. 6. Wymok sufozyjny (Cz. Józefaciuk)

Likwidowanie wymoków przez zasypywanie jest stosunkowo łatwe do wykonania, ponieważ są to zwykle formy niewielkie, występujące na wierzchołkach lub na dnach dolinek śródboczowych. Zasypywanie wykonuje się w taki sposób, aby zapewnić swobodny odpływ okresowych wód powierzchniowych. Dlatego ilość przemieszczanej ziemi jest zwykle znacznie mniejsza od kubatury wymoku (Józefaciuk i Józefaciuk, 1999).

Odwadnianie wymoków drenowaniem może być rozwiązaniem korzystnym przy sprzyjającej rzeźbie terenu. Pomiędzy miejscem odprowadzenia wody (rów, zadarnione dno dolinki śródboczowej, umocniony wąwóz, teren zalesiony) a wymokiem wykonuje się zbieracz, a na powierzchni wymoku połączone z nim sączki drenarskie, które zasypuje się materiałem łatwo przepuszczalnym. Posadowienie zbieracza na niektórych odcinkach może być jednak dość głębokie, co ogranicza stosowanie tej metody.

Jeżeli na powierzchni wymoku warstwa słabo przepuszczalna jest stosunkowo płytka (3 do 4 m) i zalega na warstwie o dużej przepuszczalności, to wówczas można wykonać odwodnienie pionowe. Polega ono na wykonaniu jednej lub kilku studni o głębokości równej miąższości utworów słabo przepuszczalnych, które następnie zasypuje się materiałem o dużej przepuszczalności (Józefaciuk i Józefaciuk, 1999).

Wymoki powstałe na skutek uprawy roli ciężkim sprzętem, powodującym zmniejszenie przepuszczalności gleby i stagnowanie wody, można zlikwidować przez głębokie spulchnienie gleby i stosowanie zabiegów agrotechnicznych utrzymujących ją w dobrej kulturze.

UMACNIANIE SKARP

Skarpy mogą tworzyć się w wyniku działania naturalnych sił przyrody na przykład ruchów górotwórczych, erozji rzecznej i wąwozowej oraz ruchów mas ziemnych. Najwięcej skarp naturalnych występuje w terenach silnie urzeźbionych jako wynik procesów erozyjnych. Wiele z nich jednak należy zaliczyć do form antropogenicznych, ponieważ ich występowanie związane jest z działalnością człowieka. Będą to na przykład skarpy śródpolne, tzw. wysokie miedze, skarpy wąwozów drogowych itp. (Józefaciuk i in., 2014).

Skarpy sztuczne powstają w wyniku kształtowania rzeźby terenu zarówno na gruntach rolnych (tarasowanie zboczy, budowę ziemne), jak również na terenach działalności górniczej, przemysłowej i innej związanej z geotechnicznymi przekształceniami powierzchni ziemi.

Skarpy ze względu na silnie nachyloną powierzchnię podlegają intensywnie procesom erozyjnym. Dlatego też ich obudowa polegająca na odpowiednim profilowaniu, a następnie umocnieniu i zagospodarowaniu jest jednym z ważniejszych ogniw w systemie melioracji przeciweerozyjnych i prac rekultywacyjnych. Umocnienie i zagospodarowanie skarp jest zagadnieniem trudnym ze względu na duże nachylenie, często niekorzystne właściwości gruntu (przeważnie są to utwory bezglebowe i nierzadko toksyczne), niedobory wodne i różnorodność zjawisk erozyjnych. O sposobie umocnienia skarp decydują nachylenie oraz rodzaj gruntu.

Na skarpach o gruncie ilastym pyłowym i z rumoszu występuje intensywna erozja żłobinowa w wyniku rozmywania przez spływy powierzchniowe. Część żłobin może również powstać wskutek pękania przesuszonej powierzchni. Żłobiny stosunkowo szybko przekształcają się w wąwozy. Powszechne są także osuwiska i spływanie gleby. W rezultacie w wyniku działania erozji na skarpach omawianej grupy w górnej ich części występuje gęsta sieć różnej wielkości rozmywów (żłobin, szczelin, wąwozów), a w dolnej namywy, jęzory osuwiskowe i soliflukcja. Nierzadkie są też przypadki pełnienia gruntu.

Skarpy z utworów luźnych, takich jak piasek luźny lub słabo gliniasty, podlegają silnej erozji wodnej i wietrznej. Na ogół w górnej ich części dominuje erozja powierzchniowa, a w środkowej osadza się materiał zmywany, a w dolnej tworzą się

żłobiny. Część żłobin zostaje wypełniona piaskiem podczas następnych spływów lub przy osypywaniu się piasku, a część powiększa się nawet do formy wąwozu. Wąwozy mogą powstawać również przy wysięku wody ze skarpy. Erozja wąwozowa ze względu na łatwość rozmywania piasku może występować wyjątkowo silnie. W wyniku erozji wodnej w ogóle teren przyległy do podnóża skarpy jest intensywnie zanoszony zmytym piaskiem, a erozja wietrzna powoduje zapylenie deflatami otoczenia.

Skarpy z mieszanego materiału, na przykład z warstw piasku i iłu są najbardziej niszczone przez erozję żłobinową. Żłobiny szczególnie łatwo powstają na powierzchni kontaktowej obu warstw, ponieważ w tych miejscach występują zagłębienia.

Wszystkie skarpy podlegają erozji wietrznej, której intensywność zależy od siły wiatru, właściwości gruntu i rzeźby. Najsilniej wywiewane są najdrobniejsze części z górnych partii skarp. Wywiewanie hamuje, a niekiedy zupełnie uniemożliwia proces glebotwórczy. Pozostawione na miejscu grubsze części pogarszają właściwości fizyko-chemiczne i warunki wodne gruntu.

Obudowa techniczna jest zwykle trudna, kosztowna i wymaga starannego wykonania. Zastosowane w niej elementy zbudowane nawet z najtrwalszego, lecz martwego 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, gdzie rzeczywiście nie uda się ich zastąpić inną formą obudowy (Józefaciu i in., 2014).

PODSUMOWANIE



Na terenach zagrożonych erozją należy zadbać o:

- ▶ wyłączenie z ornego użytkowania stromych i trudnych do uprawy zboczy i przeznaczanie ich pod zalesianie lub trwałe użytki zielone (łąki, pastwiska) lub pod sady w darni;
- ▶ stosowanie poprzecznostokowej (równoległej do warstwic) uprawy roli, która na zboczach o nachyleniu do 21% (12 stopni) 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 przeciwerozyjnych, z dużym udziałem roślin chroniących glebę przed zmywem powierzchniowym i żłobieniem, takich jak bobowe 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 mieszkanką traw przydatnych 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;
- ▶ budowa wielofunkcyjnych zbiorników małej retencji na dnach dolin ze stałym i okresowym przepływem wody;
- ▶ budowa 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 przeciwerozyjną, 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 stopni (21%) silnie degradowane przez erozję wodną powinny być wyłączone z ornego użytkowania i w większości przeznaczone pod zalesienia lub trwałe użytki zielone;
- ▶ rozmieszczenie użytków. Należy 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 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, ukształtowania 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 w systemie kompleksowym zależy od rodzaju form występowania i nasilenia erozji oraz warunków przyrodniczych i sposobu gospodarowania ziemią.

LITERATURA



1. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A., 1996a. Erozja wąwozowa i metody zagospodarowania wąwozów. Bibl. Monit. Środ. Warszawa, ss:89.
2. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz., 1996b. Erozja i melioracje przeciwerozyjne. PIOŚ Warszawa, ss: 144.
3. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz., 1998. Agrotechnika przeciwerozyjna. Bibl. Monit. Środ. Warszawa, ss:89.
4. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz., 1999. Ochrona gruntów przed erozją. PIOŚ Warszawa, ss: 108.
5. Józefaciuk A., Nowocień E., Wawer R., 2014. Erozja gleb w Polsce – skutki środowiskowe i gospodarcze, działania zaradcze. Monografie i Rozprawy Naukowe 44, ss: 263.
6. Józefaciuk A., Nowocień E., Wawer R., 2016. Rozwój, skutki i występowanie erozji wąwozowej w Polsce oraz metody zagospodarowania wąwozów. Monografie i Rozprawy Naukowe 48, ss: 371;
7. Józefaciuk A., Nowocień E., Wawer R., 2018. Erozja wietrzna w Polsce. Monografie i Rozprawy Naukowe 57, ss: 221.
8. Nowocień E., 1996a. Dynamika rozwoju wąwozów drogowych na obszarach leśnych. Pam. Puł. z 107 s:101-111.
9. Nowocień E., 1996b. Umacnianie rowów i ścieków dróg rolniczych w terenach leśnych zagrożonych erozją. IUNG K(11/1) s:313-319.
10. Nowocień E., 1999a. Badania nad planowaniem i projektowaniem wybranych elementów dróg rolniczych na wyżynnych obszarach chronionego krajobrazu. Pam. Puł. z. 119 s: 93-100.
11. Nowocień E., 1999b. Podstawy geometrycznego projektowania wybranych elementów dróg rolniczych na obszarach wyżynnych. Zesz. Nauk. AR Kraków 68, s: 325-333.
12. Nowocień E., 1999c. Wstępne wyniki badań nad technologią utwardzania dróg rolniczych w terenach erodowanych na przykładzie gminy Wąwolnica. Pam. Puł. z. 119 s: 83-93.
13. Lambor J., 1965. Podstawy i zasady gospodarki wodnej. Instrukcje i podręczniki. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, ss: 60.
14. Prochal P. (red.), 1987. Podstawy melioracji rolnych. t.2. PWRiL Warszawa, s. 264–342.
15. Woch F. i in., 2015. Wademekum klasyfikatora gleb. Podręcznik akademicki, ss: 546.
16. Ziemnicki S., 1978. Ochrona gleb przed erozją. PWRiL Warszawa, ss: 250.



**INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

24-100 Puławy, ul. Czartoryskich 8

tel.: (81) 4786700, 4786800, fax: (81) 4786900

e-mail: iung@iung.pulawy.pl; www.iung.pulawy.pl

ISBN-987-83-7562-372-7