

STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB

ZESZYT 58(12): 57-79

2018

Rafał Wawer, Eugeniusz Nowocień

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

EROZJA WODNA I WIETRZNA W POLSCE*

Słowa kluczowe: erozja wodna, zagrożenie erozją, erozja wietrzna, erozja wąwozowa, mapa zagrożenia erozją, erozja w gminach

Wstęp

Badania erozyjne w Polsce rozpoczął prof. Stanisław Bac w 1926 roku. Ponownie zostały wznowione po drugiej wojnie światowej w 1946r. Początkowo skupiały się w PINGW w Puławach, a następnie zaczęły się dynamicznie rozwijać w wielu ośrodkach naukowych pod inspiracją takich uczonych jak: Bac (1, 2), Ostromęcki (39), Reniger (43, 44), Ziemnicki (61, 62, 63), Niewiadomski (31), Figuła (7, 8, 9), Prochal (40, 41), Starkel (47, 48), Gerlach (15), Maruszczak (29, 30) i innych.

Badania przeprowadzone w latach 80. ubiegłego stulecia w wielu ośrodkach naukowych wykazały, że na wszystkich kontynentach obniża się wydajność gleb użytkowanych rolniczo (60). Tę niepokojącą prognozę zmian środowiska przyrodniczego podjęła i upowszechniła organizacja FAO (10). Za jedną z głównych przyczyn obniżania się produktywności gleb uznano erozję wodną, a w krajach tropikalnych erozję wietrzną (14). 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 przydrożne i śródpolne (3, 6, 20, 21, 22, 44, 63) a w terenach degradowanych przez erozję wodną stosuje się zabiegi techniczne (22, 63), fitomelioracyjne (3, 21, 22, 41, 58, 60, 63), agromelioracyjne (3, 21, 28, 63), agrotechniczne (9, 21, 63) i urzędzeniowo-rolne (21, 22, 57,) ukierunkowane zwłaszcza na zwiększenie retencyjności gruntów i ograniczanie powierzchniowych wpływów wody ze stoków.

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 (18, 19), przy regionalnym

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.9 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

zróżnicowaniu od 2,7 t·km⁻² na Nizinach Środkowopolskich do 280 t·km⁻² w Karpatach Fliszowych (29). Dla porównania straty te na innych kontynentach przedstawiają się następująco: Afryka, Południowa Ameryka i Antyle około 700 t·km⁻², Azja około 600 t·km⁻², Północna i Środkowa Ameryka około 500 t·km⁻², Australia około 300 t·km⁻² (18).

W Polsce najbardziej negatywne skutki przyrodnicze i gospodarcze są powodowane przez erozję wodną powierzchniową i erozję wąwozową (16, 18, 19, 27, 38). Erozja wietrzna chociaż występuje powszechnie to w znacznie mniejszym stopniu degraduje gleby, niż erozja wodna (16, 18, 19, 38). Lokalnie dewastację gruntów powodują również ruchy mas ziemnych, zwłaszcza osuwiska (21, 22, 34, 35, 36, 37, 52, 53, 54, 63).

Erozja wodna powierzchniowa (Nowocień, Wawer)

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, stosunków 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.

Zagrożenie gruntów erozją wodną powierzchniową i erozją potencjalną opracowano z uwzględnieniem głównych kryteriów przyrodniczych: nachylenia terenu, podatności gleb na zmywy powierzchniowe i wielkości opadu rocznego (17, 18).

Zagrożenie erozją aktualną opracowano z uwzględnieniem nachylenia terenu, podatności gleb na zmywy powierzchniowe, wielkości opadu rocznego oraz sposobu użytkowania ziemi (54).

Potencjalne zagrożenie erozją wodną powierzchniową

Zagrożenie gruntów erozją wodną powierzchniową opracowano według metody Józefaciuków (17, 18, 19) wyznaczenia stopni erozji wodnej potencjalnej, gdzie głównymi kryteriami przyrodniczymi wpływającymi na potencjalne nasilenie erozji wodnej są: nachylenie terenu, podatność gleb na zmywy powierzchniowe i wielkość opadu rocznego. W przeprowadzonych analizach zagrożenia nie uwzględniono sposobu użytkowania ziemi, które stanowi jedno z kryteriów rzeczywistego zagrożenia. Oznacza to, że do obszarów potencjalnie zagrożonych powierzchniową erozją wodną gleb włączono również obszary zajęte przez tereny zalesione. Wyróżnia się 5 stopni nasilenia erozji, które wyznacza się według kryteriów podanych w tabeli 1.

Tabela 1

Metoda wyznaczania stopni zagrożenia erozją wodną powierzchniową

Gleby według podatności na zmywy powierzchniowe	Spadki terenu (%)				
	0-6	6-10	10-18	18-27	> 27
	Stopnie zagrożenia erozją				
Bardzo silnie podatne: gleby lessowe i lessowate, pyłowe, pyłowe wodnego pochodzenia	1	2	3	4	5
Silnie podatne: piaski luźne, gleby piaszczyste, rędziny kredowe i jurajskie	1	1; 2	2; 3	3; 4	5
Średnio podatne: piaski słabogliniaste, gliniaste, kompleks piasków gliniastych i słabogliniastych, gleby żwirowe, rędziny trzeciorzędowe i starszych formacji	1	1; 2	2; 3	3; 4	4; 5
Słabo podatne: gleby lekkie – gliny piaszczyste i piaski naglinowe, gleby średnie, gliniaste wytworzone ze skał osadowych o spoiwie węglanowym – niewapiennym	0	1	2	3	4; 5
Bardzo słabo podatne: gleby ciężkie, ilaste, skaliste-skały, szkieletowe, wytworzone ze skał o spoiwie niewęglanowym, wytworzone ze skał krystalicznych, torfy-niskie, przejściowe i wysokie	0	1	1; 2	2; 3	3; 4; 5

Objaśnienie do tabeli 1:

w przypadku podanych jednocześnie dwóch stopni erozji przyjmuje się niższy stopień przy rocznych opadach do 600 mm, a wyższy przy opadach powyżej 600mm.

Stopnie zagrożenia erozją wodną powierzchniową:

0. - brak erozji: erozja nie występuje na danym obszarze;
1. - erozja słaba: powoduje tylko niewielkie zmywy powierzchniowe gleby;
2. - erozja umiarkowana: prowadzi do wyraźnego zmywania poziomu orno-próchnicznego i pogarszania właściwości gleby. Pełna regeneracja ubytków nie zawsze jest możliwa w toku uprawy konwencjonalnej;
3. - erozja średnia: może doprowadzać do zupełnego zredukowania poziomu orno-próchnicznego i tworzenia się gleb o typologicznie niewykształconym profilu (zmywanych i namywanych). Zapoczątkowuje rozczłonkowanie się terenu i jest źródłem znacznej ilości rumowiska dostarczanego do rzek;
4. - erozja silna: może przyczyniać się do zniszczenia całego profilu gleby, a nawet części podłoża, z czym wiąże się zmiany pokrywy glebowej o charakterze typologicznym. Wynikiem jej jest duże rozczłonkowanie rzeźby terenu i zakłócenie stosunków wodnych (nieregularne przepływy i zanieczyszczenie wód rzecznych);
5. - erozja bardzo silna — w skutkach podobna do silnej lecz intensywniej wyrażona i prowadząca do trwałego degradowania ekosystemów.

Źródło: Józefaciuk i Józefaciuk, 1992 (18)

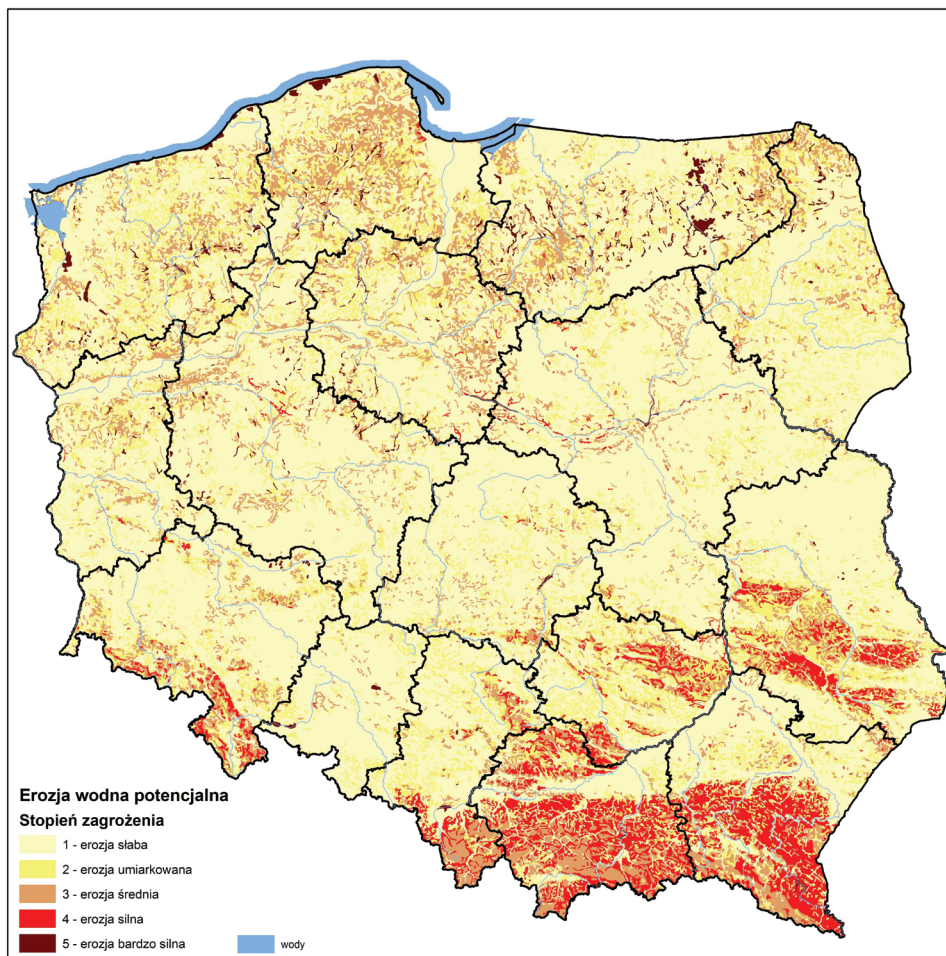
Ze względu na czytelność opracowań kartograficznych w małych skalach zagregowano klasy potencjalnego zagrożenia erozją, otrzymując w miejsce pięciu klas nasilenia:

1. erozja słaba;
2. erozja umiarkowana;
3. erozja średnia;
4. erozja silna;
5. erozja bardzo silna.

trzy klasy:

1. erozja słaba (zagregowane klasy 1 i 2);
2. erozja średnia (klasa 3);
3. erozja silna (zagregowane 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 (rys. 1, tab. 2), w tym silną - 4%, średnią - 11%, a słabą - 14% (18).



Rys. 1. Potencjalne zagrożenie gleb Polski erozją wodną powierzchniową

Źródło: Józefaciuk i in., 2014 (23)

Najsilniej zagrożone krainy fizjograficzne to: Beskid Żywiecki w woj. śląskim, Góry Świętokrzyskie i Wyżyna Sandomierska w woj. świętokrzyskim, Rostocze i centralny pas Wyżyny Lubelskiej w woj. lubelskim oraz Sudety w województwie dolnośląskim. Wymienione województwa są objęte drugim stopniem pilności ochrony przeciwozyjnej gruntów – ochrona pilna. Taki sam stopień pilności ochrony występuje także w woj. pomorskim i zachodniopomorskim. W tych województwach erozja średnia przeważa lub zajmuje takie same powierzchnie jak erozja słaba, od 13% do 23% ogólnego obszaru. 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 (rys. 1, tab. 2). Biorąc pod uwagę warunki regionalne (5, 26), można wyróżnić cztery rozległe obszary - regiony o różnym stopniu zagrożenia erozją gleb.

Region górski. Bardzo silnie zagrożone erozją wodną są wszystkie górskie krainy karpackie, znajdujące się w południowej części województw podkarpackiego, małopolskiego i śląskiego (7, 11, 12, 13). Potencjalna erozja gleb o stopniu silnym i średnim występuje na powierzchni krain: od około 80% (Tatry, Beskidy Zachodnie), około 60% (Bieszczady i Podhale) do około 50% (Beskidy Środkowe). Silnie zagrożone są Sudety (4, 6), 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 nachylenia stoków oraz wysokie roczne sumy opadów atmosferycznych, od 800 do 1800 mm, najczęściej powyżej 1000 mm.

Region pogórzy. Silnie zagrożone erozją wodną jest Pogórze Beskidzkie (42), gdzie erozja silna i średnia występuje na około 45% obszaru. Jest to uwarunkowane bardzo urozmaiconą rzeźbą terenu i 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 i gleby bielicowe wytworzone z lessów i utworów lessowatych, kompleksu psennego górskiego. W części południowej wprawdzie przeważa typ gleb pseudobielicowych i gleb brunatnych wylugowanych wytworzonych z glin słabo podatnych na zmywy i należących do kompleksu zbożowego górskiego, lecz już w części zachodniej duży udział mają gleby lessowe.

Pogórze Sudeckie natomiast jest średnio zagrożone. Erozja silna i średnia występuje na powyżej 10% obszaru tej krainy.

Region wyżyn. Wyżyna Lubelska wraz z Roztoczem (22, 32, 33, 54, 55, 59), Niecka Nidziańska i Wyżyna Krakowsko-Częstochowska są silnie, a Wyżyna Kielecko-Sandomierska średnio zagrożone erozją wodną. Istotnie wysokie zagrożenie erozją wodną powierzchniową występuje również na lessowym obszarze Wzgórz Trzebnickich w woj. Dolnośląskim (45, 46, 49, 50). Jest to wynikiem urozmaiconej rzeźby terenu, bardzo dużej podatności gleb lessowych na zmywy powierzchniowe, generalnie małej powierzchni lasów (w znacznej części zlewni zaledwie po kilka procent) i trwałych użytków zielonych oraz przewagi wzdłużstokowego układu działek.

Region pojezierzy. Obejmuje Pojezierze Wschodniobałtyckie oraz Pojezierze i Pobrzeża Południowobałtyckie (46, 51). Generalnie jest to obszar zagrożony erozją wodną w stopniu średnim, a tylko Pojezierze Suwalskie i Wschodniopomorskie w stopniu silnym.

Potencjalnie najbardziej zagrożone erozją wodną powierzchniową jest woj. małopolskie, około 57% ogólnego obszaru, w tym dominuje erozja silna (26% obszaru) nad średnią (21% obszaru). Również w woj. podkarpackim przeważa zagrożenie erozją silną, 17% ogólnego obszaru. Erozja o stopniu średnim występuje w nim na około 11%, a słabym na 8% obszaru województwa.

Tabela 2

Potencjalne zagrożenie powierzchniową erozją wodną gleb w Polsce wg województw

Lp.	Województwo	Pow. ogólna km ²	Zagrożenie erozją w stopniu												Stopień pilności przeciwerozylnej ochrony				
			1 – słabym			2 – średnim			3 – silnym			2 – 3							
			UR		Ls	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	1651,2	8,3	1100,3	5,5	2
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	1830,6	10,2	674,8	3,8	2
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	3234,6	12,9	500,3	2,0	2
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	600,2	4,3	862,7	4,9	3
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	849,9	4,7	304,0	1,7	3
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	4828,5	31,9	2288,7	15,1	1
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	1380,0	3,9	796,2	2,2	3
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	208,9	2,2	118,1	1,3	3
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	3099,6	17,3	1884,7	10,5	1
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	1540,1	7,6	492,4	2,4	3
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	2439,2	13,2	1809,9	9,9	2
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	1490,5	12,1	1039,9	8,5	2
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	1812,7	15,5	284,7	2,4	2
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	2576,9	10,6	881,5	3,6	2
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	1462,0	4,9	934,3	3,1	3
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	1721,8	7,5	1357,3	5,9	2
	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	2

Do 1-go stopnia pilności przeciwerozylnej ochrony w poszczególnych województwach należą powiaty:

Dolnośląskim - Jelenia Góra, Kłodzko, Luban, Wałbrzych;

Lubelskim - Hrubieszów, Janów Lubelski, Krasnostaw, Kraśnik, Lublin, Świdnik, Zamość; Małopolskim - Bochnia, Chrozanów, Gorlice, Kraków, Limanowa, Miechów, Myślenice, Nowy Sącz, Nowy Targ, Olkusz, Proszowice, Sucha Beskidzka, Tarnów, Tatrzański, Wadowice, Wieliczka; Podkarpackim - Bieszczadzki, Brzozów, Debica, Jasło, Krosno, Przemyśl, Ropczycko-Sędziszowski, Rzeszów, Sanok, Strzyżów;

Podlaskim - Suwałki; Pomorskim - Bytów, Gdynia, Kartuzi, Kościerzyna, Lębork, Sopot, Wejherowo; Śląskim - Bielsko Biala, Bytom, Cieszyn, Jastrzębie Zdrój, Jaworzno, Wodzisław Śląski, Żywiec;

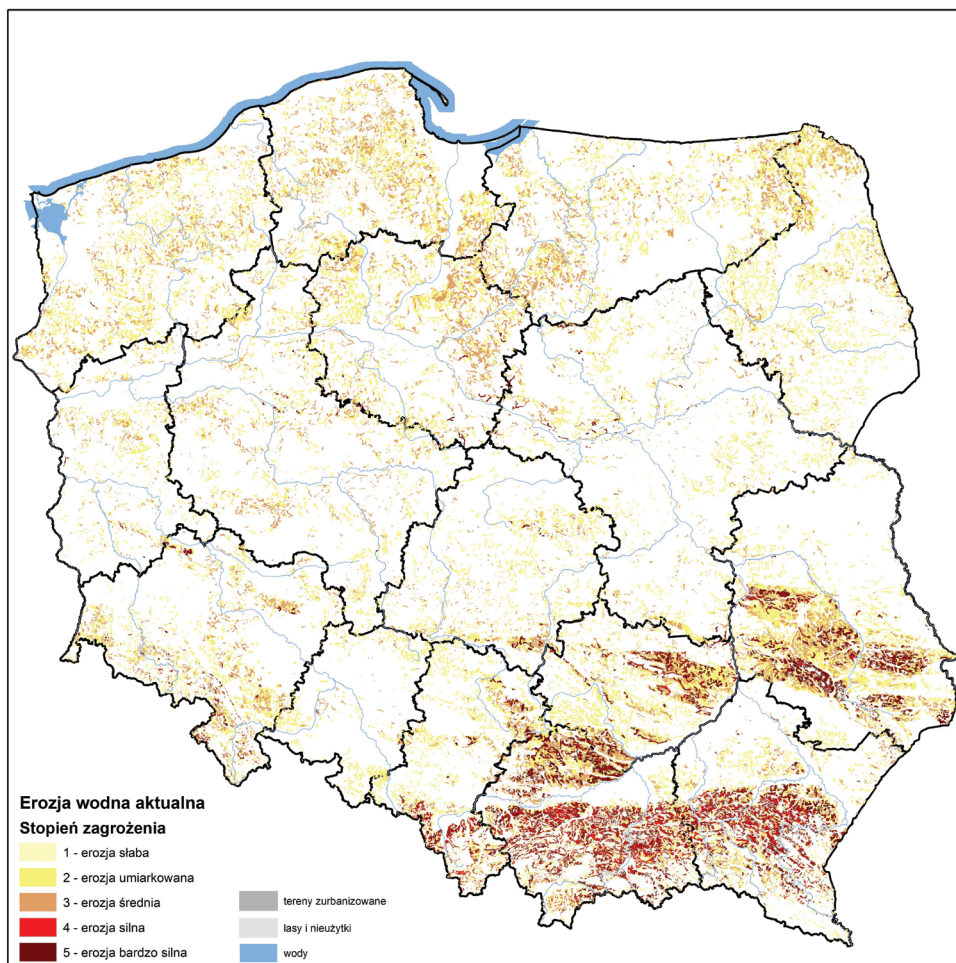
Świętokrzyskim - Kazimierza Wielka, Opatów, Ostrowiec Świętokrzyski, Sandomierz, Starachowice; Warmińsko-Mazurskim - Nowe Miasto Lubawskie, Olecko.

Źródło: Józefaciuk i Józefaciuk 1998 (21), Józefaciuk i in. 2014 (23)

Głównie jest zagrożona cała południowa część województwa, przy czym w Bieszczadach i na pogórzu przeważa zagrożenie o stopniu silnym. 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.

Aktualne zagrożenie erozją wodną powierzchniową

Aktualne zagrożenie erozją wodną powierzchniową (erozja wodna aktualna) opracowano w oparciu o mapę zagrożenia erozją wodną powierzchniową (erozja wodna potencjalna) poprzez zmniejszenie stopnia zagrożenia w zależności od przeciwerozyjnej funkcji poszczególnych typów użytkowania terenu oraz sposobu uprawy (21; 56); (rys. 2).



Rys. 2. Aktualne (2012) zagrożenie gleb Polski erozją wodną powierzchniową

Źródło: Wawer i Nowocień, 2006 (56)

Tabela 3

Metoda wyznaczania aktualnego zagrożenia erozją wodną powierzchniową

Gleby	Nachylenie terenu	Pola małoobszarowe					Sady		
		zmianowanie dowolne oraz układ pól i kierunek uprawy		zmianowanie przeciw-erozyjne oraz układ pól i kierunek uprawy			na tarasach oraz w darni	w poprzeczno-stokowych pasach darni	Trwałe użytki zielone
		wzdłuż i skośno-stokowy	poprzeczno-stokowy	tarasy	wzdłuż i skośno-stokowy	poprzeczno-stokowy	tarasy		
Bardzo silnie podatne lessowe i lessowate (ls), pyłowe (pl), pyłowe wodnego pochodzenia (plw)	do 3°	1	0	0	0	0	0	0	0
	3–6°	2	0	0	1	0	0	0	0
	6–10°	3	1	1	2	0	0	1	0
	10–15°	4	2	2	3	1	1	2	1
	>15°	5	3	3	4	2	2	3	2
Silnie podatne piaski luźne (pl), piaszczyste (p), rędziny kredowe (k), rędziny jurajskie (j)	do 3°	1	0	0	0	0	0	0	0
	3–6°	1,2	0	0	0,1	0	0	0	0
	6–10°	2,3	1	0,1	1,2	0	0	0,1	0
	10–15°	3,4	1,2	1,2	2,3	0,1	0,1	1,2	0,1
	>15°	5	3	3	4	2	2	2	2
Średnio podatne piaski słbogiłniste (ps), piaski gliniaste (pg), kompleks piaszków gliniastych i słbogiłniastych (pgs), zwirowe (z), rędziny trzeciorzędowe (tr), rędziny starszych formacji geologicznych (ts)	do 3°	0,1	0	0	0	0	0	0	0
	3–6°	1,2	0	0	0,1	0	0	0	0
	6–10°	2,3	0,1	0,1	1,2	0	0	0,1	0
	10–15°	3,4	1,2	1,2	2,3	0,1	0,1	1,2	0,1
	>15°	4,5	2,3	2,3	3,4	1,2	1,2	2,3	1,2
Słabo podatne lekkie — gliny piaszczyste i piaski nagiłniste (gl), średnie (gs), gliniaste (g), wytworzone ze skał osadowych o spoiwie węglanowym niewapiennych (')	do 3°	0	0	0	0	0	0	0	0
	3–6°	0	0	0	0	0	0	0	0
	6–10°	0	0	1	0	0	0	0	0
	10–15°	3	1	1	2	0	0	0	0
	>15°	4,5	2,3	2,3	3,4	1,2	1,2	2,3	1,2
Bardzo słabo podatne ciężkie (gs), ilaste (it), skaliste skały (sk), szkieletowe (sz), wytworzone ze skał o spoiwie niewęglanowym (o), wytworzone ze skał krystalicznych (k), torfy przejściowe	do 3°	0	0	0	0	0	0	0	0
	3–6°	0,1	0	0	0	0	0	0	0
	6–10°	1,2	0	0	0,1	0	0	0	0
	10–15°	2,3	0,1	0,1	1,2	0	0	0,1	0
	>15°	3,4	1,2	1,2	2,3	0,1	0,1	1,2	0,1

Źródło: Józefaciuk i Józefaciuk, 1992 (18)

Erozja wąwozowa (Nowocień, Wawer)

Metodyka oceny erozji wąwozowej – analiza gęstości wąwozów

Ocena zawierać powinna mapę z zasięgiem powierzchni o różnym stopniu nasilenia erozji wąwozowej, opracowaną na podkładzie mapy topograficznej w skali 1:10 000 lub 1:25 000 w zapisie cyfrowym oraz dane liczbowe wydzielonych powierzchni.

Przed opisem metody inwentaryzowania wyjaśnić należy, że termin wąwóz odnosi się do wszystkich form rozcięć terenu uwidocznionych na mapie topograficznej, które w fachowym nazewnictwie określa się jako wąwozy, parowy, debrze, wąwozy drogowe a także jary (w tym przypadku, krótkie, głębokie i silnie rozcięte odcinki dolin rzek i potoków okresowych).

Sposób inwentaryzowania wąwozów jest następujący: na mapie topograficznej w zapisie cyfrowym wyznacza się powierzchnie (nie mniejsze od 1 km²) o zbliżonej koncentracji wąwozów. Na każdej, z wyróżnionych powierzchni numeruje się wąwozy (1...n), mierzy się ich długości (wraz z odgałęzieniami) i zestawia w tabeli roboczej. Po zsumowaniu długości poszczególnych wąwozów dla danej powierzchni oblicza się wskaźnik gęstości wąwozów, jako iloraz ogólnej długości wąwozów (km) i danej powierzchni (km²). Mając tak obliczone wskaźniki kwalifikuje się poszczególne powierzchnie do określonego stopnia nasilenia erozji wąwozowej według tabeli 4.

Tabela 4

Wyznaczenie stopni nasilenia erozji wąwozowej

Stopień erozji wąwozowej	Określenie erozji wąwozowej	Współczynnik gęstości sieci wąwozowej (km·km ⁻²)
1	słaba	0,01 – 0,1
2	umiarkowana	0,1 – 0,5
3	średnia	0,5 – 1,0
4	silna	1,0 – 2,0
5	bardzo silna	Powyżej 2,0

Źródło: Józefaciuk i Józefaciuk, 1992 (19)

Następnie klasyfikuje się badane powierzchnie do określonego stopnia pilności przeciwdziałania erozji wąwozowej w sposób następujący:

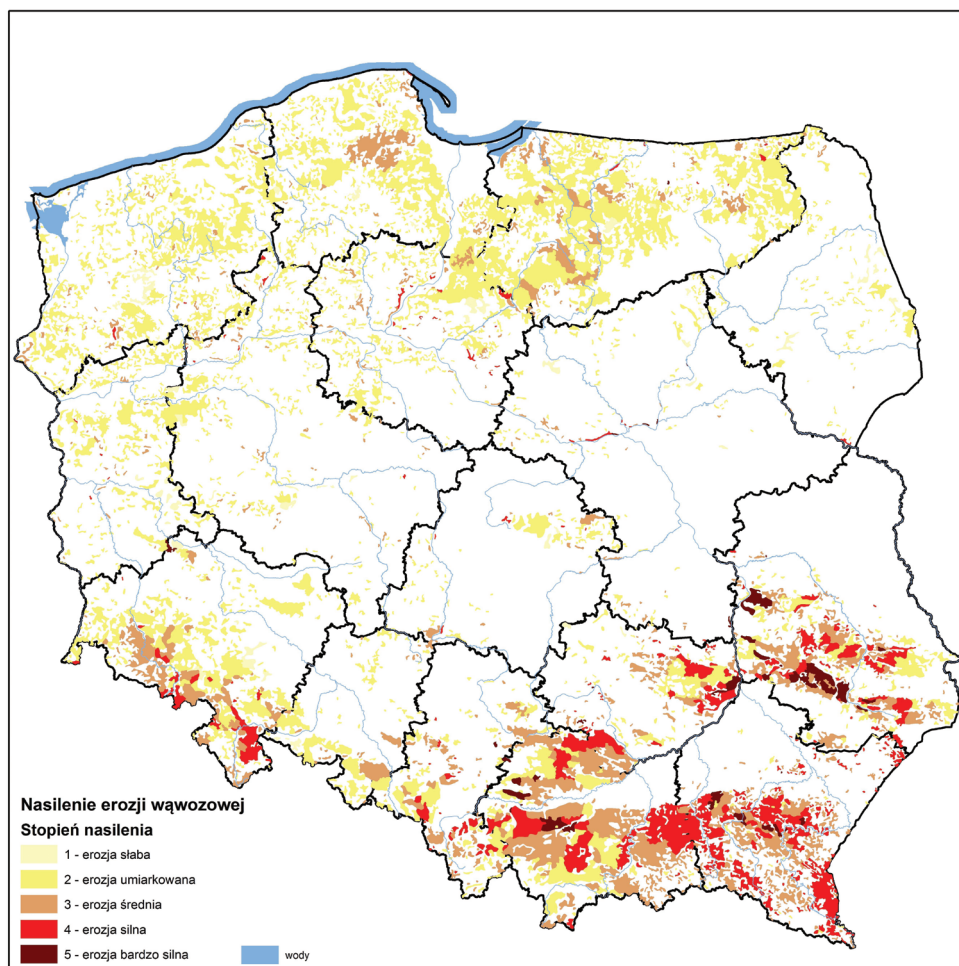
- stopień 1 – przeciwdziałanie bardzo pilne – erozja wąwozowa o stopniach nasilenia 3, 4, 5, występuje na więcej, niż 25% ogółu badanego obszaru;
- stopień 2 – przeciwdziałanie średnio pilne - erozja wąwozowa o stopniach nasilenia 3, 4, 5, występuje na 10 - 25% ogółu obszaru;
- przeciwdziałanie wskazane lokalnie - erozja wąwozowa o stopniach nasilenia 3, 4, 5, występuje na mniej, niż 10% ogółu obszaru.

Wyniki badań

Rozpoznanie struktury sieci wąwozów umożliwia ocenę stopnia nasilenia erozji wąwozowej w różnych jednostkach przyrodniczych i gospodarczych - krainach fizjograficznych, zlewniach hydrograficznych, województwach i gminach. To daje podstawę dla programowania działań w zakresie rekultywacji i zagospodarowania gruntów zdewastowanych wąwozami.

Struktura przestrzenna sieci wąwozowej w jednostkach administracyjnych

Erozja wąwozowa występuje na około 18% powierzchni Polski (rys. 3, tab. 5), 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 $0,1-0,5 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ (19). Znacznie mniejszy obszar, około 4% (1 mln ha gruntów rolnych i 0,3 mln ha gruntów leśnych) przypada na erozję średnią o gęstości wąwozów $0,5-1,0 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$. Obszar, około 2% (0,6 mln ha gruntów rolnych i 0,15 mln ha leśnych) zajmuje erozja silna o gęstości wąwozów $1,0-2,0 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$. Na najmniejszym obszarze, poniżej 1% (0,1 mln ha gruntów rolnych i 25 tys. ha leśnych) występuje erozja bardzo silna o gęstości wąwozów powyżej $2,0 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$. Łączna długość wąwozów w Polsce wynosi około 40 tys. km (18, 19, 20, 21, 38).



Rys. 3. Nasilenie erozji wąwozowej w Polsce

Źródło: Józefaciuk i in., 2016 (24)

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 $0,5-1 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$, to jednak na 14% obszaru występuje erozja silna o gęstości wąwozów $1-2 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$, a na powyżej 1% obszaru, erozja bardzo silna o gęstości wąwozów powyżej $2 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$. 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 $0,5 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$, w tym aż 14% ma gęstość wąwozów $1-2 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ (podobnie jak w małopolskim). Szczególny problem stwarza erozja wąwozowa w województwie lubelskim. Ma ona bowiem największy (spośród wszystkich województw) obszar (około 3%) rozczłonkowany wąwozami o gęstości powyżej $2 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$. Oprócz tego powyżej 4% obszaru ma gęstość wąwozów $1-2 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$, 7% obszaru gęstość $0,5-1 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$, a tylko 6% obszaru gęstość poniżej $0,5 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$.

Duża gęstość wąwozów występuje także w woj. 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 $0,5 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$, z tym że gęstość wąwozów powyżej $2 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ zajmuje niecałe 1% obszaru. Trzy województwa: podkarpackie, lubelskie i świętokrzyskie zostały zaliczone do drugiego stopnia pilności zagospodarowania wąwozów –zagospodarowanie pilne.

Tabela 5

Erozja wąwózowa w Polsce wg województw

Lp.	Województwo	Pow. ogólna wojew. km ²	Erozja wąwózowa w stopniu																		Stopień pilności zagospoda- rowania wąwózów												
			słabym						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	%	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	14,8	0,1	4,1	0,0	1302,0	6,6	630,7	3,2	3										
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	1,4	47,0	0,3	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	143,5	0,6	3072,7	12,2	445,7	1,8	2										
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	0,4	26,5	0,2	3										
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	0,7	14,0	0,1	3										
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	48,9	0,3	4699,5	31,0	1344,3	8,9	1										
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	0,3	25,0	0,1	3										
8	Opolskie	9412,5	606,1	6,4	154,2	1,6	313,5	3,4	23,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	313,5	3,4	23,2	0,2	3										
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	23,4	0,1	3219,4	18,0	1089,5	6,1	2										
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	0,1	5,4	0,0	-										
11	Pomorskie	18292,9	3126,5	17,1	1053,6	5,8	609,1	3,3	156,6	0,9	7,6	0,0	0,7	0,0	-	-	-	-	616,7	3,4	157,3	0,9	3										
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	6,6	170,4	1,4	3										
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	1,1	0,0	1529,2	13,1	103,1	0,9	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	4,3	252,9	1,0	3										
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	0,5	48,7	0,2	3										
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	0,9	98,6	0,4	3										
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	221,0	0,1	17534,2	5,6	4482,3	1,4	2									

Do 1-go stopnia pilności zagospodarowania wawozów w poszczególnych województwach należą Powiaty: Dolnośląskim - Jelenia Góra, Kamienna Góra, Kłodzko, Lwówek Śląski, Ząbkowice Śląskie; Lubelskim - Janów Lubelski, Krasnostaw, Krasnik, Lublin, Świdnik, Zamość; Małopolskim - Bochnia, Gorlice, Kraków, Limanowa, Miechów, Mysłowice, Nowy Sącz, Proszowice, Sucha Beskidzka, Tarnów, Tatrzański, Wadowice, Wieliczka; Opolskim - Kędzierzyn Koźle; Podkarpackim - Bieszczadzki, Brzozów, Dębica, Jasło, Krosno, Przemyśl, Ropczycko-Sędziszowski, Strzyżów; Pomorskie - Kartuzy; Śląskim - Cieszyn, Jastrzębie Zdrój, Wodzisław; Świętokrzyskim - Kazimierz Wielka, Ostrowiec Świętokrzyski, Pińczów, Sandomierz.

Źródło: Józefaciuk i Józefaciuk, 1998 (21)

Pozostałe województwa mają trzeci stopień pilności przeciwdziałania erozji wąwozowej - zagospodarowanie wąwozów pilne lokalnie. W tych województwach wąwozy o gęstości powyżej $0,5 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ występują na poniżej 10% powierzchni (18, 19, 20, 21, 24).

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 gęstością wąwozów drogowych, powyżej $0,5 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$ charakteryzują się województwa: podkarpackie, małopolskie, dolnośląskie i świętokrzyskie.

Struktura przestrzenna sieci wąwozowej w krainach fizjograficznych

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 (18, 19, 24).

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 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.

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.

Rozpatrując nasilenie erozji wąwozowej w Polsce należy pamiętać, że tak jak w innych rejonach świata oprócz czynników przyrodniczych (rzeźba, gleba, opady atmosferyczne) poważny udział w powstawaniu wąwozów będzie miał czynnik pochodzenia antropogenicznego. Wyraża się on nieodpowiednim rozmieszczeniem użytków rolno-leśnych w terenach stokowych, ornym użytkowaniem stromych zboczy, niewłaściwym usytuowaniem w rzeźbie terenu dróg rolniczych i nie umocnieniem odcinków erodowanych oraz nie stosowaniem agrotechniki przeciwoerozyjnej.

Struktura przestrzenna sieci wąwozowej w zlewniach hydrograficznych

Najbardziej rozbudowaną siecią wąwozów charakteryzuje się dorzecze Wisły, głównie jego część górna i środkowa do ujścia rzeki Wieprz.

Pierwszy stopień pilności ochrony przed erozją wąwozową występuje w 21 zlewniach rzek dorzecza Wisły. Prawie połowa tych zlewni znajduje się w całości lub w znacznej części w górskich krainach beskidzkich lub na pogórzach beskidzkich. W zlewniach Raby, Skawy, Ropy i Białej gęstość wąwozów powyżej $0,5 \text{ km} \cdot \text{km}^{-2}$, występuje na około 60% obszaru, w zlewniach Popradu, Mleczki, Wisłoka, Wisłoki, Dunajca i Osławy na około 35% obszaru, a w zlewniach Jasiołki i Wiaru na około 25% obszaru.

Wszystkie wymienione rzeki i potoki karpackie są intensywnie przekształcane procesami erozyjnymi zachodzącymi zarówno na obszarach zlewni jak i w samych ciekach. Pogłębianiu rzek sprzyjają ich bardzo duże spadki podłużne i transportowanie znacznych ilości rumowiska $80\text{--}200 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ oraz podłoże fliszowe o różnej odporności na wietrzenie. Pogłębianie się dna wynosi, co najmniej kilka cm rocznie, a lokalnie nawet około 10 cm (20). Duże nasilenie ma również erozja brzegowa, w wyniku której intensywne podcinanie brzegów dostarcza bezpośrednio do cieków znacznych ilości zwietrzelin. Dostawa rumoszu poza korytowego (z obszaru zlewni) do rzek i potoków górskich ma miejsce, zwłaszcza podczas wezbrań roztopowych i z ulew letnich. Jej głównym źródłem są wąwozy i erodowane drogi gruntowe.

Roczne ilości unoszonego materiału przez rzeki i potoki górskie wahają się od 50 do $130 \text{ t} \cdot \text{km}^{-2}$ (Prochal 1987). Miarą intensywności erozji potoków mogą być również rozmiary rumowiska osadzanego za zaporami przeciwrumowiskowymi, którego średnią roczną wartość ocenia się na $10,5\text{--}122,5 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$.

Do wyjątkowo negatywnych skutków erozji potoków należy zamulanie zbiorników wodnych np. w latach 1937–1957 wynosiło: $75 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$ w zbiorniku w Porąbce, $67 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$ w zbiorniku w Rożnowie, $26 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$ w Czchowie. Problem stwarzają również

procesy agradacyjne. Na przykład niektóre potoki o zlewni do 10 km² akumulowały w łóżyskach 200-600 m³·km⁻¹ biegu, o zlewni około 40 km² powyżej 7000 m³·km⁻¹, a o zlewni 70-230 km² około 11000 m³·km⁻¹ biegu. Miejscem akumulacji są również ujściowe odcinki potoków, gdzie tworzą się rozległe stożki napływowe o objętości osadzanego rumowiska od kilku tysięcy do 0,5 mln m³.

Pozostałe zlewnie rzek dorzecza Wisły, również o pierwszym stopniu pilności ochrony przed erozją wąwozową znajdują się w wielu krainach fizjograficznych, lecz wszystkie, z wyjątkiem Raduni na Pojezierzu Kaszubskim są położone na wyżynnych terenach lessowych - Szreniawa i Nidzica na Płaskowyżu Proszowskim i Wyżynie Miechowskiej, Koprzywnica na Wyżynie Opatowskiej, Por i Rata na Roztoczu, Wyżnica i Bystrzyca na Wyżynie Lubelskiej a Sanna na krawędzi Wyżyny Lubelskiej z Kotliną Sandomierską. Najsilniej porozcinane wąwozami o gęstości > 0,5 km·km⁻² są zlewnie Szreniawy, Nidzicy i Poru - około 60% obszaru, a następnie zlewnie Sanny, Wyżnicy, Raty i Koprzywnicy od 31 do 39% obszaru i na koniec zlewnia Bystrzycy - 28% obszaru. Największa koncentracja wąwozów występuje na stokach dolin rzecznych, a zatem stanowią one bezpośrednie źródło rumowiska rzecznoego. Ilości rumowiska wyerodowanego z wąwozów są bardzo duże. Na przykład ogólną objętość rumowiska wąwozowego dla obszaru Lubelszczyzny szacuje się na 250 mln m³, co daje 19239 m³·km⁻², a rozłożone równomiernie stanowi warstwę 2 cm grubości (Maruszczak, 1973). Średni wskaźnik kubatury rumowiska wymytego z wąwozów na Roztoczu Zachodnim określono na 176380 m³·km⁻² (16), a wspólnie na Roztoczu Zachodnim i zachodniej części Płaskowyżu Nałęczowskiego (na łącznym obszarze około 850 km²) na 156000 m³·km⁻² - warstwa grubości około 16 cm. Rozmiary rumowiska wąwozowego i tempo jego transportowania przez pojedyncze wąwozy lessowe kształtuje się różnie: 235 m³·2 lata⁻¹, 317 m³·3 lata⁻¹, 624 m³·10 lat⁻¹, 1085 m³·23 lata⁻¹, 3760 m³·32 lata⁻¹ (16) i kilkanaście tys. m³·km⁻² podczas jednej ekstremalnej ulewy.

Rzeki wyżynne również podlegają pogłębianiu 2-4 cm w roku. Przewagę mają w nich procesy akumulacji powodujące pionową nadbudowę dolin i tworzenie się rozległych stożków napływowych u ujścia rzek (24).

Drugi stopień pilności ochrony przed erozją wąwozową w dorzeczu Wisły ma kilkanaście zlewni, w których gęstość wąwozów powyżej 0,5 km·km⁻² występuje na 23-11% obszarów. Większość z nich znajduje się na wyżynach lessowych (zlewnia Tanwi, Łady, Bukowej, Huczwy, Łabuńki, Wieprza, Nidy, Mierzawy i Kamiennej) dwie na terenach górskich (zlewnia Sanu i Soły) a trzy na pojezierzach (zlewnia Welu, Śmiałej i Martwej Wisły).

W pozostałych, podstawowych dorzeczach Polski (Odry i rzek wypływających z Polski lub uchodzących do Morza Bałtyckiego) dominują zlewnie o bardzo słabej gęstości wąwozów lub w ogóle bez wąwozów.

Erozja wietrzna (Wawer, Nowocień)

Metodyka wyznaczania użytków orných zagrożonych erozją wietrzną

Nasilenie erozji wietrznej zależy ściśle od odporności gleby na deflację, zależnej od zawartości frakcji piasku oraz aktualnej wilgotności, pokrycia terenu oraz siły i czasu działania wiatru (25). Z praktycznego punktu widzenia analizy ilościowe erozji wietrznej dla obszaru całego kraju są bardzo trudne do wykonania i zastosowania w praktyce zapobiegania erozji. Wymagają olbrzymiej mocy obliczeniowej oraz szczegółowych danych przestrzennych, dlatego też od lat stosuje się w szacowaniu zagrożenia erozją proste wskaźniki jakościowe. Jednym z takich wskaźników jest wskaźnik zagrożenia erozją wietrzną (tab. 1), opracowany przez Annę i Czesława Józefaciuków (16).

Wskaźnik ten bazuje na 3 typach danych:

- podatność gleb na erozję, uszeregowującą gleby w 5 klasach podatności;
- położenie terenu w rzeźbie;
- lesistość danej jednostki przestrzennej.

Metoda ta bardzo dobrze sprawdzała się w opracowaniach kartograficznych bazujących na mapach analogowych, gdzie wydzielano obszary form rzeźby terenu i na podstawie tych wydzielen określano lesistość poligonów mapy glebowo-rolniczej. Nowoczesne systemy GIS umożliwiają bezpośrednie nakładania na siebie różnych warstw informacji przestrzennej, włącznie z filtrowaniem obszarów w locie. Przystosowując wyżej wymienioną metodę do współczesnych możliwości systemów informatycznych, zmodyfikowano wyznaczanie wartości wskaźnik zagrożenia erozji wietrznej poprzez eliminację indeksu lesistości i uwarunkowań położenie jednostki przestrzennej w rzeźbie terenu.

Tabela 6

Wyznaczanie potencjalnego zagrożenia użytków rolnych erozją wietrzną

Grupa podatności gleb na erozję	Potencjalne zagrożenie erozją wietrzną Stopień zagrożenia
Piaski luźne drobnoziarniste (w tym wydymowe), mursze na torfach, mursze na podłożu mineralnym, gleby murszowate	5. erozja bardzo silna; dotycząca terenów rozwymdianych
Piaski luźne gruboziarniste, piaski gliniaste lekkie silnie pylaste, piaski słobogliniaste (różne), lessy i utwory lessowate	4. erozja silna, prowadząca do trwałych zmian morfologii gleb, tzn. do ubytku profilu wskutek deflacji lub do jego narastania w wyniku akumulacji eolicznej. Powoduje duże zanieczyszczenie atmosfery, zdzieranie lub zasypywanie upraw polowych, występowanie burz pyłowych i piaszkowych oraz „czarnych zim” (nawiewanie ziemi na śnieg). Na większych obszarach piasków sandrowych lub starych tarasach rzecznych mogą się tworzyć wydmy
Piaski gliniaste lekkie (z wyjątkiem silnie pylastych), gleby pyłowe zwykłe (z wyjątkiem wymienionych w wierszu powyżej)	3. erozja średnia, powodująca wyraźne zmniejszenie miąższości poziomu orno-próchnicznego. Oprócz zapylenia atmosfery może też powodować szkody w uprawach - odsłaniać system korzeniowy, uszkadzać mechanicznie lub zasypywać rośliny
Piaski gliniaste mocne (różne), gleby pyłowe ilaste	2. erozja umiarkowana. Zapoczątkowuje już ona proces redukowania miąższości poziomu orno-próchnicznego wskutek wywiewania cząstek mineralnych i organicznych. Powoduje też zapylenie atmosfery materiałem glebowym
Gliny i iły	1. erozja słaba powodująca tylko wywiewanie niewielkiej ilości cząstek glebowych i minimalnie degradująca glebę

Źródło: Józefaciuk i Józefaciuk, 1979 (16)

Najnowsze dane przestrzenne CORINE CLC 2012 umożliwiają wykluczenie lasów i użytków, których pokrycie roślinnością zapewnia wysoki poziom ochrony gleby przed deflacją i pozwalają skupić się na użytkach rolnych: gruntach ornych, sadach, plantacjach rzędowych, upraw rolno-leśnych itp. Tak zastosowane podejście do sposobów użytkowania pozwala uwzględnić również łąki i użytki zielone. Co prawda użytki te, dzięki gęstemu pokryciu gleby runią, nie podlegają bezpośrednio deflacji, jednak mogą ulegać transformacji do innych użytków rolnych, co przy wrażliwej na wywiewanie pokrywie glebowej również może doprowadzić do degradacji tych gleb. W tabeli 7 przedstawiono klasy użytkowania terenu wg CORINE CLC2012 z zaznaczonymi pogrubieniem użytkami, które zostały wzięte pod uwagę w niniejszym opracowaniu.

Tabela 7

Formy pokrycia terenu wyróżnione w bazie danych CORINE Land Cover (Wawer 2005).

Poziom pierwszy	Poziom drugi	Poziom trzeci
1 Tereny antropogeniczne	11 Zabudowa miejska	111 Zabudowa miejska zwarta 112 Zabudowa miejska luźna
	12 Tereny przemysłowe, handlowe i komunikacyjne	121 Tereny przemysłowe lub handlowe 122 Tereny komunikacyjne oraz tereny związane z komunikacją drogową i kolejową 123 Porty 124 Lotniska
	13 Kopalnie, wyrobiska i budowy	131 Miejsca eksploatacji odkrywkowej 132 Zwałowiska i hałdy 133 Budowy
	14 Miejskie tereny zielone i wypoczynkowe	141 Tereny zielone 142 Tereny sportowe i wypoczynkowe
2 Tereny rolne	21 Grunty orne	211 Grunty orne poza zasięgiem urządzeń nawadniających 212 Grunty orne stale nawadniane 213 Pola ryżowe
	22 Uprawy trwałe	221 Winnice 222 Sady i plantacje 223 Gaje oliwne
	23 Łąki i pastwiska	231 Łąki, pastwiska
	24 Obszary upraw mieszanych	241 Uprawy jednoroczne i trwałe 242 Złożone systemy upraw i działek 243 Tereny zajęte głównie przez rolnictwo z dużym udziałem terenów naturalnych 244 Tereny rolno-leśne
3 Lasy i ekosystemy seminaturalne	31 Lasy	311 Lasy liściaste 312 Lasu iglaste 313 Lasy mieszane
	32 Zespoły roślinności drzewiastej i krzewiastej	321 Murawy i pastwiska naturalne 322 Wrzosowiska i zakrzaczenia 323 Roślinność sucholubna (śródlądowa) 324 Lasy i roślinność krzewiasta w stanie zmian

Tabela 7 cd.

Poziom pierwszy	Poziom drugi	Poziom trzeci
	33 Tereny otwarte, pozbawione roślinności, lub z rzadkim pokryciem roślinnym	331 Plaże, wydmy, piaski 332 Odsłonięte skały 333 Roślinność rozproszona 334 Pogorzeliska 335 Lodowce i wieczne śniegi
4 Obszary podmokłe	41 Śródlądowe obszary podmokłe	411 Bagna śródlądowe 412 Torfowiska
	42 Przybrzeżne obszary podmokłe	421 Bagna słone (solniska) 422 Saliny 423 Osuchy
5 Obszary wodne	51 Wody śródlądowe	511 Cieki 512 Zbiorniki wodne
	52 Wody morskie	521 Laguny 522 Estuaria 523 Morza i oceany

Źródło: Wawer, 2005 (54)

Zmodyfikowany wskaźnik zagrożenie erozją wietrzną należy rozumieć jako potencjalne zagrożenie, tj. zagrożenie, jakim podlegałaby pokrywa glebowa, gdyby cała jej powierzchnia znalazłaby się pod uprawami ornymi.

W studium zagrożenia obszaru kraju wykorzystano następujące dane przestrzenne:

- Mapę glebowo-rolniczą w skali 1:25.000;
- CORINE Land Cover 2012 w skali referencyjnej 1:250.000 (poligony generalizowane do min. 25ha)
- Mapę podziału administracyjnego otrzymana z Centralnego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej (CODGiK).

Wyniki badań

Przeprowadzone badania wykazały (25), że ok. 36% obszaru Polski, w tym 51,8% użytków rolnych w najsilniejszych stopniach 3–5 jest zagrożonych erozją wietrzną, w stopniu silnym i bardzo silnym – 37,5%, średnim – 14,3%, a w stopniu słabym – 24,1% (rys. 4, tab. 8).

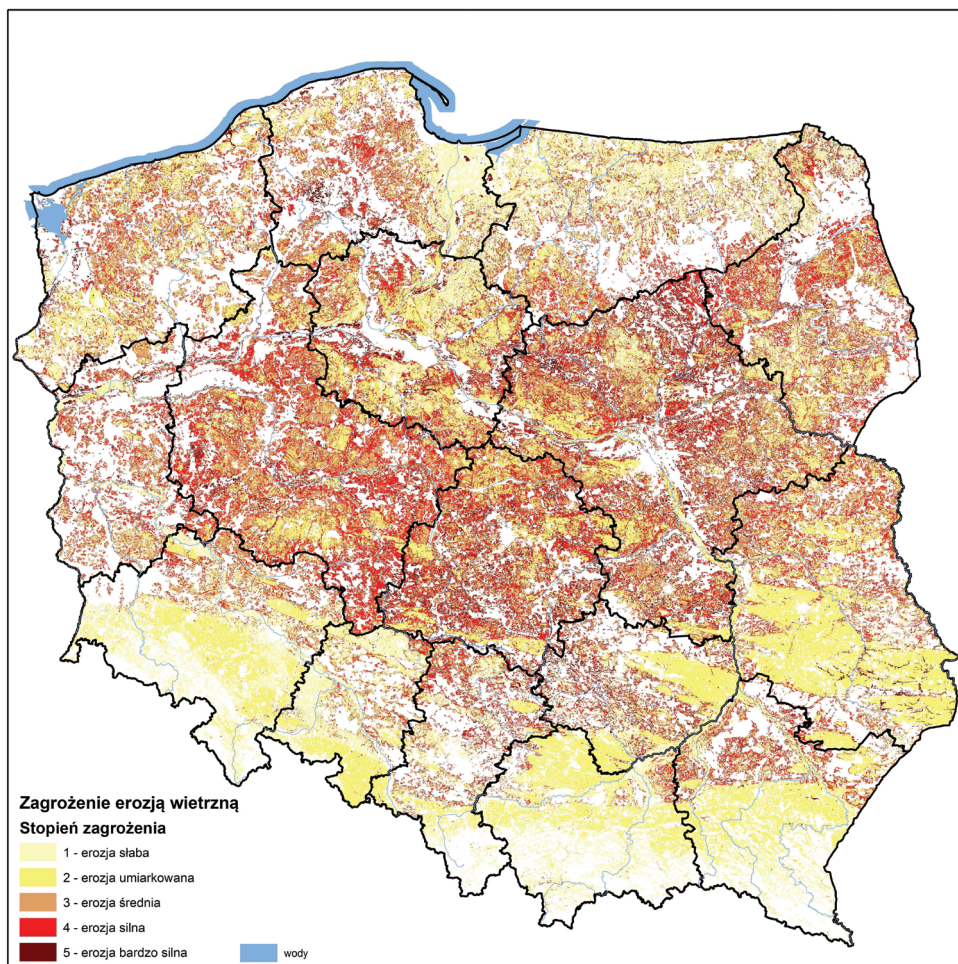
Najbardziej zagrożone erozją wietrzną są województwa: wielkopolskie – ok. 77,6% ogólnego obszaru, w tym dominuje erozja silna (51,4% obszaru) nad średnią (22,2% obszaru); łódzkie – ok. 70,2% ogólnego obszaru, w tym erozja silna (44,3% obszaru) i średnia (15,1% obszaru) oraz mazowieckie – ok. 70,1% ogólnego obszaru, w tym erozja silna (41,6% obszaru) i średnia (17,9% obszaru). Znacznie zagrożone erozją wietrzną w najsilniejszych stopniach 3–5 są również województwa: lubuskie w 64,4% – przeważa zagrożenie erozją silną (41,4% ogólnego obszaru); podlaskie w 58,3% – przeważa zagrożenie erozją silną (41,0% ogólnego obszaru); zachodniopomorskie w 56,5% – przeważa zagrożenie erozją silną (34,3% ogólnego obszaru); pomorskie w 54,5% – przeważa zagrożenie erozją silną (32,4% ogólnego obszaru); kujawsko-pomorskie w 52,5% – przeważa zagrożenie erozją silną (32,0% ogólnego obszaru).

Tabela 8

Zagrożenie erozją wietrzną w województwach w stopniach od 1 do 5 z wyróżnieniem zagrożenia w stopniach od 3 do 5 (25)

Województwo	Zagrożenie erozją wietrzną - stopnie																							
	UR		0			1			2			3			4			5			3-5			
	ha		ha	%		ha	%		ha	%		ha	%		ha	%		ha	%		ha	%		
Dolnośląskie	1259343		439347	34.9		125261	9.9		391887	31.1		100279	8.0		196567	15.6		6002	0.5		302848	24.0		
Kujawsko-pomorskie	1421647		228361	16.1		90964	6.4		355923	25.0		199657	14.0		455174	32.0		91568	6.4		746399	52.5		
Lubelskie	1927895		80047	4.2		221981	11.5		897866	46.6		213392	11.1		475489	24.7		39120	2.0		728001	37.8		
Lubuskie	762272		93976	12.3		89829	11.8		87829	11.5		143380	18.8		315658	41.4		31602	4.1		490640	64.4		
Łódzkie	1468426		32219	2.2		92668	6.3		313194	21.3		221073	15.1		650934	44.3		158338	10.8		1030345	70.2		
Małopolskie	894452		267827	29.9		148379	16.6		392188	43.8		29143	3.3		53703	6.0		3212	0.4		86058	9.6		
Mazowieckie	2864924		158188	5.5		216257	7.5		482440	16.8		513957	17.9		1192167	41.6		301915	10.5		2008039	70.1		
Opolskie	663461		249367	37.6		37718	5.7		199339	30.0		66044	10.0		102647	15.5		8345	1.3		177037	26.7		
Podkarpackie	887868		183766	20.7		53317	6.0		430384	48.5		44376	5.0		164038	18.5		11987	1.4		220402	24.8		
Podlaskie	1438026		150617	10.5		193479	13.5		255619	17.8		205231	14.3		588972	41.0		44107	3.1		838310	58.3		
Pomorskie	1167056		227509	19.5		148368	12.7		155397	13.3		202346	17.3		377960	32.4		55477	4.8		635783	54.5		
Świętokrzyskie	776739		90735	11.7		106379	13.7		276951	35.7		68769	8.9		177167	22.8		56737	7.3		302674	39.0		
Śląskie	641191		129103	20.1		103026	16.1		138390	21.6		67614	10.5		176710	27.6		26348	4.1		270671	42.2		
Warmińsko-mazurskie	1595297		500703	31.4		197536	12.4		258354	16.2		191980	12.0		412523	25.9		34202	2.1		638705	40.0		
Wielkopolskie	2521666		73327	2.9		186483	7.4		304752	12.1		560967	22.2		1295180	51.4		100956	4.0		1957103	77.6		
Zachodniopomorskie	1447427		156482	10.8		179019	12.4		294324	20.3		273381	18.9		495883	34.3		48338	3.3		817602	56.5		
UR	21737691		3061575	14.1		2190664	10.1		5234837	24.1		3101593	14.3		7130776	32.8		1018260	4.7		11250629	51.8		
Polska	31267900			9.8			7.0			16.7			9.9			22.8			3.3			36.0		

Źródło: Jozefaciuk i in., 2018 (25)



Rys. 4. Zagrożenie erozją wietrzną użytków rolnych w Polsce

Źródło: Józefaciuk i in., 2018 (25)

Najmniej zagrożone najsilniejszymi stopniami (3–5) erozji wietrznej są województwa: dolnośląskie – 24,0% ogólnego obszaru, w tym erozją silną 15,6%, a erozją w stopniu średnim 8%; podkarpackie – 24,8% ogólnego obszaru, w tym erozją silną 18,5%, a średnią 5%; opolskie – 26,7% ogólnego obszaru, w tym erozją silną 15,5%, a średnią 10%.

Szczegółowe mapy i dane tabelaryczne zagrożenia poszczególnymi typami erozji dla gmin, powiatów i województwa znajdują się w następujących monografiach, dostępnych za darmo na fanpage Puławskiego Ośrodka Badań Erozyjnych:

1. Józefaciuk A., Nowocień E., Wawer R., 2014. Erozja gleb w Polsce – skutki środowiskowe i gospodarcze, działania zaradcze. Monografie i rozprawy naukowe IUNG-PIB, nr 44, ss.: 263.

2. Józefaciuk A., Nowocien E., Wawer R., 2016. Rozwój, skutki i występowanie erozji wąwozowej w Polsce oraz metody zagospodarowania wąwozów. Monografie i rozprawy naukowe – 48, ISBN 978-83-7562-208-9, IUNG-PIB Puławy, 2016, ss: 376
3. Józefaciuk A., Nowocien E., Wawer R., 2018. Erozja wietrzna w Polsce - występowanie, skutki, działania zaradcze. Monografie i rozprawy naukowe – 57, ISBN 978-83-7562-286-7, IUNG-PIB Puławy, ss: 224.

Literatura

1. Bac S.: Przyczynek do badań nad zmianą położenia powierzchni ornych gruntów loesowych. Roczn. Nauk Rol. i Leś., Poznań, 1928, **19(3)**: 28.
2. Bac S.: Słowo o badaniach nad erozją gleb w Polsce. W: Procesy erozyjne i problemy ochrony gleb w Polsce. WSR Lublin, PWRI, 1968, **2**: 20-25.
3. Bennet H.H.: Elements of soil conservation. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. New York, Toronto, Londyn, 1955, ss: 256.
4. Czamara W.: Prognoza erozji powierzchniowej w zlewniach zbiorników wodnych zlokalizowanych na przedgórzu sudeckim. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, 1992, **271**: 79-89.
5. Dylikowa A.: Geografia Polski. Krainy Geograficzne. Państw. Zakład Wyd. Szkol., ss: 125.
6. Fatyga J.: Kształtowanie granic rolno-leśnej i darniowo-polowej w Sudetach w systemie ochrony gleby przed erozją wodną. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1973, **487**: 67-77.
7. Figuła K.: Wstępna charakterystyka zjawisk erozji na terenie kilku powiatów województwa krakowskiego. Roczn. Nauk Rol., 1955, **71-F-1**: 111-148.
8. Figuła K.: Erozja w terenach górskich. Wiad. Inst. Melior., 1960, **1(4)**: 190-197.
9. Figuła K.: Badania transportu rumowiska w ciekach górskich i podgórskich o różnej budowie geologicznej i użytkowaniu. Wiad. Inst. Melior., 1966, **6(3)**: 131-145.
10. Fischer 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, ss.: 259.
11. Froehlich W., Słupik J.: Importance of splash in erosion process within a small flysh catchment basin. Studia Geomorphologica Carpatho-Balcanica, 1980a, vol. **XIV**: 77-111.
12. Froehlich W., Słupik J.: Drogi polne jako źródło dostawy wody i zwierzeliny do koryta cieku. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1980b, **225**: 257-268.
13. Froehlich W.: Monitoring bed load transport using acoustic and magnetic devices, [w:] Jim Bogen and Des E. Walling (red.) Erosion and Sediment Transport Measurement in Rivers. Technological and Methodological Advances. Proceedings of the Oslo Workshop (19–21 June 2002), IAHS Publication, 2003, **283**: 201-210.
14. Gentile A. R. (Red.): Down to earth: Soil degradation and sustainable development in Europe -A challenge for the 21st century. EEA, 2000, **32**: 241-255.
15. Gerlach T.: Współczesny rozwój stoków w dorzeczu Górnego Grajczarka (Beskid Wysoki – Karpaty Zachodnie). Prac. Geogr., 1966, **52**, ss: 52.
16. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: Próba oceny zagrożenia gruntów w Polsce erozją wietrzną. Pam. Puł., **71**, 1979.: 12-21.
17. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A., Barbaś S., Budzyńska K.: Metoda opracowania mapy potencjalnej erozji wodnej gleb w Polsce. Roczn. Gleb., 1985, **XXXVI(1)**: 177-183.
18. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A.: Struktura zagrożenia erozją wodną fizjograficznych krain Polski. Pam. Puł., 1992a, **101**: 23-50.
19. Józefaciuk Cz., Józefaciuk A.: Gęstość sieci wąwozowej w fizjograficznych krainach Polski. Pam. Puł. 1992, **101**: 51-66.
20. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: Agrotechnika przeciwoerozyjna. Bibl. Monit. Srod., Warszawa, 1998a, ss: 89.
21. Józefaciuk A., Józefaciuk Cz.: Erozja i melioracje przeciwoerozyjne. Terminologia. BN-88/9100-07. Znowelizowana jako Pr PN-R-04152, 1998b, ss: 113.

22. Józefaciuk C., Józefaciuk A., Nowocień E., Wawer R.: Przeciwerozyjne zagospodarowanie zlewni wyżynnej potoku Grodarz z uwzględnieniem ograniczania powodzi. Wyd. IUNG, Monografie i Rozprawy Naukowe, 2002, **4**, ss: 65.
23. Józefaciuk A., Nowocień E., Wawer R.: Erozja gleb w polsce – skutki środowiskowe i gospodarcze, działania zaradcze. Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG-PIB, 2014, **44**, ss: 264.
24. Józefaciuk A., Nowocień E., Wawer R.: Rozwój, skutki i występowanie erozji wąwozowej w polsce oraz metody zagospodarowania wąwozów. Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG-PIB, 2016, **48**, ss: 374.
25. Józefaciuk A., Nowocień E., Wawer R.: Erozja wietrzna w Polsce. Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG-PIB, 2018, **57**, ss: 224.
26. Kondracki J.: Geografia Polski. Mezoregiony fizyczno-geograficzne. PWN, Warszawa, 1994, ss. 635.
27. Koreleski K., Żurek E.: Analiza potrzeb w zakresie przeciwerozijnego zabezpieczenia gruntów w Polsce. Roczn. AR w Poznaniu CCXCIV, Melioracje i Inżynieria Środowiska, 1997, **19**, cz. I: 177-184.
28. Kosturkiewicz A., Szafrński C., Fiedler M.: Agromelioracje jako czynnik ograniczający erozję wodną gleb terenów bogato rzeźbionych. Roczn. AR w Poznaniu CCLXVI, Melioracje i Inżynieria Środowiska, 1994, **14**: 281-293.
29. Maruszczak H.: Warunki geologiczno-geomorfologiczne rozwoju erozji gleb w południowej części województwa lubelskiego. Wiad. Inst. Melior., 1963, **4**: 19-44.
30. Maruszczak H.: Erozja wąwozowa we wschodniej części pasa wyżyn południowopolskich. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1973, **151**: 15-30.
31. Niewiadomski W.: Badania nad erozją gleb północy Polski (okres 1950-1967). PWRiL, Warszawa, 1968, **2**: 29-49.
32. Nowocień E.: Dynamika rozwoju wąwozów drogowych na obszarach lessowych. Pam. Puł., 1996a, **107**,: 101-111.
33. Nowocień E.: Umacnianie rowów i ścieków dróg rolniczych w terenach lessowych zagrożonych erozją. IUNG Puławy, 1996b, K(11/1): 313-319.
34. Nowocień E.: Badania nad planowaniem i projektowaniem wybranych elementów dróg rolniczych na wyżynnych obszarach chronionego krajobrazu. Pam. Puł., 1999a, **119**: 93-100.
35. Nowocień E.: Podstawy geometrycznego projektowania wybranych elementów dróg rolniczych na obszarach wyżynnych. Zesz. Nauk. AR Kraków, 1999b, **68**: 325-333.
36. Nowocień E.: Wstępne wyniki badań nad technologią utwardzania dróg rolniczych w terenach erodowanych na przykładzie gminy Wąwolnica. Pam. Puł., 1999c, **119**: 83-93.
37. Nowocień E.: Technologia utwardzania dróg rolniczych w terenach lessowych. Wytyczne. Wyd. IUNG. 1999d, ss: 22.
38. Nowocień E.: Wybrane zagadnienia erozji gleb w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy, 2008, **10**: 9-38.
39. Ostromecki J.: Erozja gleb jako zagrożenie melioracyjne. Gospodarka wodna, 1947, **4 i 5**: 1-20.
40. Prochal P.: Badania nad erozją gleb w terenach górskich. PWRiL, Warszawa, 1968, ss: 50-90.
41. Prochal P. (red.): Podstawy melioracji rolnych, t. 2. PWRiL, Warszawa, 1987, 264-342.
42. Rajda W., Ostrowski K., Kowalik T., Marzec J.: Erozja chemiczna w mikrozlewniach rolniczych na terenie podgórskim. Roczn. AR w Poznaniu CCLXVI, Melioracje i Inżynieria Środowiska, 1994, **14**: 139-152.
43. Reniger A.: Próba oceny nasilenia i zasięgów potencjalnej erozji gleb w Polsce. Roczn. Nauk. Rol., 1950a, **54**: 1-59.
44. Reniger A.: Zalesienia i zadrzewienia śródpolne jako czynnik ochrony gleb Polski przed erozją. Roczn. Nauk Rol., 1950b, **54(1)**, ss: 54.
45. Sasik J., Szewrański S., Żmuda R.: Rola zbiornika małej retencji wodnej w kształtowaniu denudacji odpływowej i chemizmu odpływu. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis 217, Agricultura, 2001, **87**: 209-212.
46. Stasik R., Szafrński C.: Zmiany w pokrywie glebowej erodowanych terenów Pojezierza Gnieźnieńskiego. Acta Agrophysica, 2005, **5(2)**: 447-454.
47. Starkel L.: Studia nad typologią i oceną środowiska geograficznego Karpat i Kotliny Sandomierskiej. Prace geogr., 1978, ss: 35.

48. Starkel, L.: Erozja gleb a gospodarka wodna w Karpatach. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1980, **235**: 103-118.
49. Szewrański Sz., Sasik J., Wawer R., Żmuda R.: Propozycje rolnośrodowiskowego zagospodarowania przestrzennego zlewni w aspekcie ochrony gruntów rolnych przed erozją wodną. Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 2008a, **2(40)**: 34-42.
50. Szewrański Sz., Szabla K., Wawer R., Żmuda R.: Ocena przedsięwzięć rolnośrodowiskowych w aspekcie ochrony gleb przed erozją wodną. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2008b, **526**: 235-242.
51. Szpikowski J.: Wzajemne relacje rozbryzgu i splukiwania jako przejaw zmienności erozji wodnej gleb na stokach o zróżnicowanym użytkowaniu rolniczym (Zlewnia Chwalimskiego Potoku, Górna Parsęta). Folia Univ. Agric. Stetin. 217 Agricultura, 2001, **87**: 221-226.
52. Wawer R.: Zastosowanie cyfrowego modelowania obszaru zlewni Grodarza dla celów zagospodarowania przeciwerozyjnego. Rozprawa doktorska. IUNG, 2003, ss: 91.
53. Wawer R., Nowocień E.: Application of Sinmap terrain stability model in Grodarz stream watershed. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. Environmental Development Series. 2003. **6(1)**: 33-42.
54. Wawer R.: Cyfrowy model zlewni jako podstawa do planowania melioracji przeciwerozyjnych w zlewniach rolniczych. Acta Agrophysica 2005, **115**, **5(1)**: 201-209.
55. Wawer R., Nowocień E., Budzyńska K., Podolski B.: Cyfrowa mapa podatności gleb użytków rolnych na erozję wodną powierzchniową. Skala referencyjna 1:500000. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, CCCLXXV, Rolnictwo, 2006, **65**: 223-227.
56. Wawer R., Nowocień E.: Mapa erozji wodnej aktualnej w oparciu o CORINE Land Cover 2000. Pam. Puławski, 2006, **142**: 537-546.
57. Wawer R., Nowocień E., Podolski B., Szewrański Sz., Żmuda R.: Analiza sieci dróg rolniczych pod kątem ochrony przed erozją wodną powierzchniową. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2008, **526**: 257-264.
58. Wawer R., Nowocień E., Podolski B., Kozyra J., Pudełko R.: Protective role of grassland against soil water erosion caused by extreme rainfall events as compared to black follow. Journal of Food Agriculture and Environment, 2013, **11(1)**: 1069-1071.
59. Wawer R., Podolski B., Nowocień E.: Analiza zmian użytkowania w zlewni potoku Grodarz w kontekście zagrożenia erozją wodną powierzchniową z wykorzystaniem systemów GIS i teledetekcji. Pam. Puł., 2004, **137**: 163-175.
60. Zachar D.: Soil erosion. Developments in soil science 10, Elsevier scientific publishing company, Amsterdam, Oxford, New York, 1982, ss: 450.
61. Ziemnicki S.: Zapobieganie i zwalczanie erozji na lessach. Rocz. Nauk rol., 1955, **54(1)**, ss: 155-188.
62. Ziemnicki S.: Zasięgi erozji gleb w południowej części województwa lubelskiego. Biul. Lub. TN, 1964, B **3-4**: 21-29.
63. Ziemnicki S. Ochrona gleb przed erozją. PWRiL, Warszawa, 1978, ss: 250.

Adres do korespondencji:

dr Rafał Wawer
Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel. 81 47 86 773
email: huwer@iung.pulawy.pl

