

## CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE WŁAŚCIWOŚCI SORPCYJNE POWIERZCHNIOWEJ WARSTWY GLEB WYKSZTAŁCONYCH NA ZBOCZACH DOLINY NARWI W OBRĘBIE OTULINY NARWIAŃSKIEGO PARKU NARODOWEGO

Agnieszka Wysocka-Czubaszek<sup>1</sup>, Krzysztof Micun<sup>1</sup>, Robert Czubaszek<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok, e-mail: a.wysocka@pb.edu.pl

### STRESZCZENIE

Celem badań była charakterystyka właściwości sorpcyjnych powierzchniowej warstwy gleb wykształconych w różnych częściach zboczy. Prace prowadzono na terenie strefy ochronnej Narwiańskiego Parku Narodowego, na 12 pojedynczych polach uprawnych, położonych na zboczach doliny Narwi. Powierzchniowa warstwa badanych gleb charakteryzuje się głównie uziarnieniem piasków gliniastych i glin piaszczystych. Odczyn tych utworów jest zróżnicowany, pH w wodzie wynosi od 4,83 do 7,85, a w KCl od 4,03 do 7,81. Pojemność sorpcyjna powierzchniowej warstwy badanych gleb jest dość mała i wynosi od 4,19 do 20,10 cmol(+) kg<sup>-1</sup>. W przypadku łagodnych zboczy, zbudowanych z utworów słabo podatnych na erozję, głównym czynnikiem przemieszczającym materiał glebowy po stoku są zabiegi agrotechniczne, co wpływa na niewielkie zróżnicowanie właściwości fizyko-chemicznych i uziarnienia powierzchniowych warstw gleb w różnym położeniu w rzeźbie, jednakże utwory położone u podnóża zboczy wykazują niższe pH i niższą pojemność sorpcyjną oraz wyższą kwasowość hydrolityczną, co wiąże się głównie z większym uwilgotnieniem.

**Słowa kluczowe:** kompleks sorpcyjny, erozja wodna, erozja uprawowa, dolina Narwi

### FACTORS AFFECTING THE SORPTION PROPERTIES OF THE SURFACE LAYER OF SOILS DEVELOPED ON THE SLOPES OF THE NAREW RIVER VALLEY WITHIN THE PROTECTION ZONE OF THE NAREW NATIONAL PARK

#### ABSTRACT

The aim of the study was to describe the sorption properties of the surface layer of soils formed in different parts of the slope. The study was carried out within the protection zone of the Narew National Park on 12 individual arable fields, located on the slopes of the valley of the Narew River. The surface layers of the studied soils are loamy sands and sandy loams. The pH<sub>H<sub>2</sub>O</sub> in these soils ranges from 4.83 to 7.85, and pH<sub>KCl</sub> ranges from 4.03 to 7.81. Sorption capacity of the surface layer of the studied soils is quite small, ranging from 4.19 to 20.10 cmol(+) kg<sup>-1</sup>. On gentle slopes composed of material weakly susceptible to erosion a major factor in moving soil material on the slope are agricultural practices, resulting in slight differences in physico-chemical properties and texture of the surface

layers of soil in different slope position. However material at the foot of the slopes has lower pH and sorption capacity and higher hydrolytic acidity, which is associated mainly with higher soil moisture.

**Keywords:** sorption complex, water erosion, tillage erosion, the Narew river valley.

## WSTĘP

Naturalne procesy erozyjne oraz uprawa, zwłaszcza prowadzona zgodnie z kierunkiem spadku powodują przemieszczanie materiału glebowego, co wywołuje zmiany w morfologii gleb i prowadzi do zmian typologicznych [Kaźmierowski 2001; Zgłobicki 2002; Podlasiński 2013]. Gleby w wyższych położeniach terenu charakteryzują się zmniejszoną miąższością lub całkowitym zmyciem części poziomów, natomiast w obniżeniach tworzą się gleby deluwialne [Geronditis i in. 2001; De Alba 2004; Podlasiński 2013; Świtoniak 2014]. Erodowany materiał podlega segregacji, frakcja piasku przemieszcza się na mniejszą odległość, tworząc stożki deluwialne, a frakcje iłu i pyłu często są splukiwane poza obręb pola ornego [Podlasiński 2005].

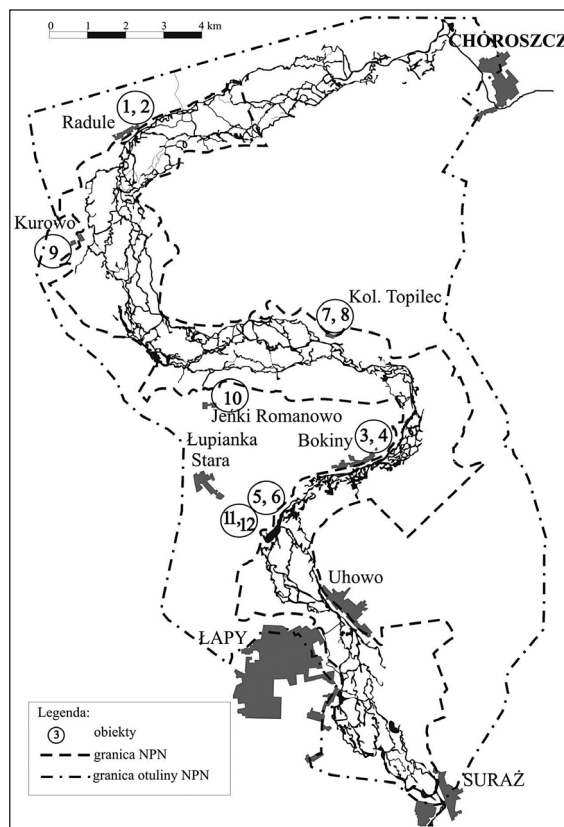
Kolejnym efektem przemieszczania materiału glebowego w wyniku erozji wodnej i uprawowej są zmiany właściwości fizyko-chemicznych zarówno gleb erodowanych jak i gleb deluwialnych [Bieniek, Wójciak 1998; Kosmas i in. 2001; Papiernik i in. 2009; Wysocka-Czubaszek 2012a]. Badania dotyczące erozji są najczęściej prowadzone na terenach silnie urzeźbionych [Roy 2001; Wiśniewski, Wojtasik 2014; Podlasiński 2013; Świtoniak 2014] albo zagrożonych erozją wodną ze względu na dużą podatność utworów [Pałys 1999; Rejman, Brodowski 1999; Zgłobicki 2002]. Jednakże, jak wykazały obserwacje terenowe oraz badania, na mało urozmaiconych terenach starogłacialnych również zachodzą procesy erozyjne modyfikujące pokrywę glebową [Wysocka-Czubaszek 2012a]. W dolinie Narwi ma to szczególne znaczenie, gdyż wzbogacanie gleb deluwialnych położonych w dolnej części zboczy w składniki biogenne, może powodować ich zwiększone przemieszczanie do doliny. Takie przemieszczanie fosforanów do płytkich wód gruntowych w przykrawędziowej strefie doliny zostało stwierdzone przez Wysocką-Czubaszek i Banaszuka [2001]. Na ten sposób migracji fosforu z gleb położonych u podnóża zbocza do sąsiadujących wód powierzchniowych wskazuje również Roy [2001]. W migracji fosforu duże znaczenie mają właściwości sorpcyjne, zwłaszcza najbardziej narażonej na wpływ powierzchniowy, powierzchniowej warstwy gleby. Celem badań była charakterystyka kompleksu sorpcyjnego powierzchniowej warstwy gleb wykształconych w różnych fragmentach zboczy.

## MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na 12 polach uprawnych położonych na zboczach doliny Narwi, na terenie otuliny Narwiańskiego Parku Narodowego (rys. 1), który obejmuje

najbardziej zabagnioną część doliny Narwi wraz z jej anastomozującym korytem. Mało urozmaicona powierzchnia wysoczyzny łagodnie pochyla się ku dolinie, w związku z czym zbocza doliny są najczęściej wydłużone i słabo nachylone. Otaczające dolinę wysoczyzny zbudowane są głównie z utworów piaszczystych i piaszczysto-gliniastych, z których wykształciły się przeważnie gleby rdzawe i płowe. W wypełnionej torfami dolinie występują głównie gleby torfowe i torfowo-murszowe. Na łagodnych wydłużonych zboczach doliny dominują grunty orne, natomiast bardziej strome zbocza są zadarnione lub zalesione [Banaszuk 1996]. Przeważa wzdłużstokowy układ pól, który determinuje orkę zgodnie ze spadkiem i wzmacnia zagrożenie erozyjne. Głównymi uprawami są mieszanki zbożowe, żyto i pszenżyto, z dużym udziałem ziemniaków i roślin pastewnych oraz wzrastającym udziałem kukurydzy.

Do badań wytypowano 12 pojedynczych pól (działek) uprawnych (1–12) na zboczach o nachyleniu od 2,5% do 5,3%. Długość badanych pól była różna i wynosiła od 96 do 420 m. W górnych częściach zboczy dominowały gleby płowe, z wyjątkiem pola 10 w okolicy Jeniek Romanowa i pola 12 koło Łupianki Starej, gdzie wystąpiła



Rys. 1. Lokalizacja obiektów badawczych

Fig. 1. Location of sampling sites

gleba rdzawa. W dolnych częściach zboczy, w większości przypadków wytworzyły się gleby deluwialne czarnoziemne [Wysocka-Czubaszek 2012a]. Na każdym polu pobrano próbki zbiorcze z powierzchniowej warstwy gleby, z górnej i dolnej części pola. Jedynie z 3 pól, ze względu na ich dużą długość, pobrano próbkę także z części środkowej. Na próbkę zbiorczą składały się próbki indywidualne pobierane z głębokości 0–5 cm w regularnych odstępach w prostokącie o wymiarach 20 m na 14 m. Z 8 pól, na których w okresie badawczym były uprawiane zboża jare i rośliny okopowe, dokonano 2-krotnego poboru próbek glebowych, na wiosnę po nawożeniu oraz jesienią po zbiorze plonów.

W przypadku zbóż ozimych (4 pola) próbki gleby pobrano 3-krotnie, jesienią po nawożeniu fosforem i potasem, wiosną po nawożeniu azotem i latem po zbiorze plonów. Następnie wyniki z poborów uśredniono. Dodatkowo pobrano 2 próbki ze świeżego osadu deluwialnego, ze stożków utworzonych po wiosennych roztopach. Łącznie badaniami objęto 29 próbek glebowych. W pobranym materiale oznaczono: skład granulometryczny, odczyn, kwasowość hydrolityczną oraz zawartość wymienionych kationów zasadowych. Oznaczenia wykonano ogólnie przyjętymi metodami [Ostrowska i in. 1991]. W analizach statystycznych wykorzystano nieparametryczny test Wilcoxon dla par wiązanych.

## WYNIKI I Dyskusja

Powierzchniowa warstwa badanych gleb charakteryzuje się uziarnieniem piasków gliniastych (16 próbek), glin piaszczystych (9 próbek) i piasków słabo gliniastych (2 próbki). Zawartość części szkieletowych w badanych glebach wynosi 1–16%. Zawartość frakcji piasku mieści się w przedziale 70–89%, frakcji pyłu od 6 do 20%, natomiast frakcji iłowej – w przedziale 4–11% (tab. 1).

W wielu przypadkach uziarnienie powierzchniowej warstwy utworów w górnej i dolnej części zbocza nie zmienia się, a zróżnicowanie w poszczególnych frakcjach w różnych położeniach na zboczu jest bardzo niewielkie. W takiej sytuacji nie obserwuje się również wyraźnej akumulacji drobniejszego materiału glebowego w niższych partiach zboczy. Spowodowane jest to prawdopodobnie przemieszczaniem materiału głównie w wyniku uprawy prowadzonej zgodnie ze spadkiem, podczas gdy spływ powierzchniowy ma mniejsze znaczenie. Świadczy o tym również uziarnienie świeżych osadów deluwialnych, które cechują się niższą zawartością frakcji piaszczystej i znacznie wyższą zawartością frakcji pyłu i łu. Wskazuje to na przemieszczanie w procesie erozji wodnej powierzchniowej głównie frakcji drobniejszej, co jednak nie znajduje odzwierciedlenia w uziarnieniu gleb deluwialnych na tym terenie. Wyliczone zgodnie z metodyką Koćmita [1988] proporcje frakcji granulometrycznych wykazały pewną akumulację cząstek glebowych w dolnych częściach zboczy. Większa wartość stosunku frakcji 0,02–0,002 do frakcji <0,002 w dolnej części zboczy świadczy o akumulacji frakcji pyłu

**Tabela 1.** Uziarnienie powierzchniowej warstwy badanych gleb  
**Table 1.** Grain-size distribution of surface layer of studied soils

Pole	Numer próbeki	Spadek zbocza w %	Procentowa zawartość frakcji o średnicy w mm:						Ogółem		
			1,0-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002	1,0-0,05	0,05-0,002	<0,002
Pole 12 (Łupianka St.)	12.g	2,5	79	10	2	3	1	5	89	6	5
	12.d		66	14	6	6	3	5	80	15	5
Pole 1 (Radule)	1.g	2,6	62	12	6	6	4	10	74	16	10
	1.d		62	15	6	6	3	8	77	15	8
Pole 2 (Radule)	2.g	2,6	61	13	7	6	4	9	74	17	9
	2.d		62	17	5	6	3	7	79	14	7
Pole 7 (Kol. Topilec)	7.g	2,7	76	9	2	6	1	6	85	9	6
	7.d		79	9	2	5	0	5	88	7	5
Pole 8 (Kol. Topilec)	8.g	2,7	72	10	5	3	3	7	82	11	7
	8.d		73	11	4	3	3	6	84	10	6
Pole 10 (Jeńki Romanowo)	10.g	2,7	76	11	4	3	1	5	87	8	5
	10.ś		67	12	6	6	3	6	79	15	6
	10.d		69	14	4	6	1	6	83	11	6
Pole 9 (Kurowo)	9.g	4,1	75	11	4	4	1	5	86	9	5
	9.d		71	14	5	4	1	5	85	10	5
Pole 3 (Bokiny)	3.g	4,8	60	12	8	6	6	8	72	20	8
	3.d		62	15	6	7	4	6	77	17	6
Pole 4 (Bokiny)	4.g	4,8	61	13	7	5	4	10	74	16	10
	4.d		60	15	7	7	3	8	75	17	8
Pole 5 (Łupianka St.)	5.g	5,1	68	11	6	6	3	6	79	15	6
	5.ś		58	12	8	8	4	10	70	20	10
	5.d		74	11	5	4	2	4	85	11	4
Pole 6 (Łupianka St.)	6.g	5,1	74	9	4	5	2	6	83	11	6
	6.ś		56	14	7	7	5	11	70	19	11
	6.d		75	11	4	3	1	6	86	8	6
Pole 11 (Łupianka St.)	11.g	5,3	63	9	8	7	2	11	72	17	11
	11.d		75	7	6	5	1	6	82	12	6
Świeże osady deluwialne	Del1	-	36	16	15	14	6	13	52	35	13
	Del2		42	21	13	9	3	12	63	25	12

**Oznaczenia:** g – górna część zbocza, ś – środkowa część zbocza, d – dolna część zbocza.

drobnego. Z kolei większe wartości ilorazu frakcji 0,1–0,02 i frakcji <0,02 oraz frakcji 0,1–0,02 do frakcji <0,002 w próbkach pobranych z dolnej partii zboczy wskazują na akumulację frakcji 0,1–0,02 (tab. 2). Różnice te są statystycznie istotne przy  $p < 0,05$ .

**Tabela 2.** Proporcje frakcji granulometrycznych powierzchniowej warstwy badanych  
**Table 2.** Ratio of granulometric fractions in surface layer of studied soils

Pole	Numer próbki	Spadek zbocza w %	Proporcje frakcji granulometrycznych		
			$\frac{0,1 - 0,02}{< 0,02} mm$	$\frac{0,02 - 0,002}{< 0,002} mm$	$r = \frac{0,1 - 0,02}{< 0,002} mm$
Pole 12 (Łupianka St.)	12.g	2,5	1,3	0,8	2,4
	12.d		1,4	1,8	4,0
Pole 1 (Radule)	1.g	2,6	0,9	1,0	1,8
	1.d		1,2	1,1	2,6
Pole 2 (Radule)	2.g	2,6	1,1	1,1	2,2
	2.d		1,4	1,3	3,1
Pole 7 (Kol. Topilec)	7.g	2,7	0,8	1,2	1,8
	7.d		1,1	1,0	2,2
Pole 8 (Kol. Topilec)	8.g	2,7	1,2	0,9	2,1
	8.d		1,3	1,0	2,5
Pole 10 (Jeńki Romanowo)	10.g	2,7	1,7	0,8	3,0
	10.ś		1,2	1,5	3,0
	10.d		1,4	1,2	3,0
Pole 9 (Kurowo)	9.g	4,1	1,5	1,0	3,0
	9.d		1,9	1,0	3,8
Pole 3 (Bokiny)	3.g	4,8	1,0	1,5	2,5
	3.d		1,2	1,8	3,5
Pole 4 (Bokiny)	4.g	4,8	1,1	0,9	2,0
	4.d		1,2	1,3	2,8
Pole 5 (Łupianka St.)	5.g	5,1	1,1	1,5	2,8
	5.ś		0,9	1,2	2,0
	5.d		1,6	1,5	4,0
Pole 6 (Łupianka St.)	6.g	5,1	1,0	1,2	2,2
	6.ś		0,9	1,1	1,9
	6.d		1,5	0,7	2,5
Pole 11 (Łupianka St.)	11.g	5,3	0,9	0,8	1,5
	11.d		1,1	1,0	2,2

**Oznaczenia:** g – górna część zbocza, ś – środkowa część zbocza, d – dolna część zbocza.

Z badań przeprowadzonych na Pomorzu Zachodnim wynika, że na wykształcenie osadów deluwialnych wpływa ich segregacja w czasie akumulacji u podnóża zbocza. Oznacza to, że osady najdrobniejsze, ze względu na łatwość transportu są wynoszone poza podnóża [Chudecka, Tomaszewicz 2004; Podlasiński 2005], co powoduje wzrost stosunku frakcji 0,1–0,02 do frakcji <0,002. Powierzchniowa warstwa gleb położonych na zboczach charakteryzuje się bardzo zróżnicowanym

**Tabela 3.** Odczyn powierzchniowej warstwy badanych gleb**Table 3.** Reaction of surface layer of studied soils

Pole	Numer próbki	Spadek zbocza w %	Utwór	pH	
				w H <sub>2</sub> O	w KCl
Pole 12 (Łupianka St.)	12.g	2,5	ps	7,09	6,68
	12.d		pg	5,85	4,72
Pole 1 (Radule)	1.g	2,6	gp	5,58	4,60
	1.d		gp	5,98	5,16
Pole 2 (Radule)	2.g	2,6	gp	5,56	4,54
	2.d		pg	5,65	4,67
Pole 7 (Kol. Topilec)	7.g	2,7	pg	7,12	7,02
	7.d		ps	5,15	4,11
Pole 8 (Kol. Topilec)	8.g	2,7	pg	7,04	7,04
	8.d		pg	5,18	4,20
Pole 10 (Jeńki Romanowo)	10.g	2,7	pg	5,74	4,77
	10.ś		pg	5,43	4,55
	10.d		pg	4,83	3,93
Pole 9 (Kurowo)	9.g	4,1	pg	6,40	6,09
	9.d		pg	4,89	4,03
Pole 3 (Bokiny)	3.g	4,8	gp	7,24	7,08
	3.d		pg	6,42	5,57
Pole 4 (Bokiny)	4.g	4,8	gp	7,05	6,76
	4.d		gp	6,81	6,61
Pole 5 (Łupianka St.)	5.g	5,1	pg	7,10	7,03
	5.ś		gp	6,41	5,90
	5.d		pg	5,20	4,19
Pole 6 (Łupianka St.)	6.g	5,1	pg	6,48	6,02
	6.ś		gp	6,94	6,65
	6.d		pg	5,20	4,18
Pole 11 (Łupianka St.)	11.g	5,3	gp	7,76	7,64
	11.d		pg	7,85	7,81
Świeże osady deluwialne	Del1	–	gl	7,19	7,07
	Del2		gl	7,16	7,03

**Oznaczenia:** g – górna część zbocza, ś – środkowa część zbocza, d – dolna część zbocza.

pH, wynoszącym w wodzie 4,83–7,85, a w KCl od 4,03 do 7,81 (tab. 3). Uzyskane dla badanych gleb wartości mają związek z ich położeniem na zboczu. W większości przypadków niższe pH stwierdzono w dolnej oraz środkowej jego części, co wiąże się ze słabym wysyceniem kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi i wysoką kwasowością hydrolytyczną. Jedynie na sąsiadujących ze sobą polach 1 i 2 koło Radul położonych na zboczu o nachyleniu 2,6%, pH jest podobne w próbkach z górnej



i dolnej części zbocza. Na zmianę odczynu gleb w zależności od położenia w rzeźbie wskazuje także wiele badań prowadzonych na terenach silniej erodowanych [Koćmit 1998; Bieniek 2001].

Kwaśny odczyn gleb deluwialnych może być związany z ich rolniczym wykorzystaniem. Zabiegi agrotechniczne przyczyniające się do szybszej mineralizacji materii organicznej oraz nawożenie nawozami azotowymi może powodować obniżenie pH. Badania prowadzone na glebach deluwialnych po 9-letnim okresie odłogowania wykazały, że po tym czasie nastąpił w nich wyraźny spadek kwasowości [Chudecka, Tomaszewicz 2004]. Odczyn świeżych osadów deluwialnych jest obojętny i zbliżony do odczynu powierzchniowej warstwy utworów położonych w górnych częściach zboczy. We wcześniejszych badaniach Wysocka-Czubaszek [2012a] stwierdziła, że podwyższone pH próbek pobranych z poziomów ornopróchnicznych (z głębokości 15–20 cm) gleb wykształconych na zboczach doliny Narwi jest związane z zasobnością skały macierzystej w węglan wapnia. Zróżnicowanie kwasowości w obrębie zbocza przejawiające się większym zakwaszeniem gleb położonych w dolnej jego części jest wynikiem prowadzonych zabiegów agrotechnicznych, jak również procesów glebowych związanych z blokowaniem wymiany jonowej w kompleksie sorpcyjnym słabo kwasowych wiązań grup karboksylowych i fenolowych przez trudno wymienny wodór [Bieniek 2001].

Pojemność sorpcyjna (T) powierzchniowej warstwy badanych gleb jest niewielka i w przypadku gleb wykształconych na zboczach wynosi od 4,19 do 20,10 cmol(+) kg<sup>-1</sup> (tab. 4). Najwyższą wartość T odnotowano w próbce pobranej z gliny piaszczystej z górnej części pola 11 koło Łupianki Starej. Pozostałe utwory z górnych części zboczy charakteryzują się pojemnością sorpcyjną w granicach 5,39-10,54 cmol(+) kg<sup>-1</sup>. Najniższe wartości, odpowiednio 4,19 i 4,48 cmol(+) kg<sup>-1</sup>, wystąpiły w próbkach pobranych z piasków gliniastych w dolnej części pól 5 i 6 (Łupianka Stara), które znajdują się na zboczu o nachyleniu 5,1%. Na pozostałych polach, utwory powierzchniowe położone w dolnych częściach zboczy cechują się pojemnością sorpcyjną od 4,90 do 6,76 cmol(+) kg<sup>-1</sup>.

Dość wysoką pojemnością sorpcyjną wynoszącą 12,78 cmol(+) kg<sup>-1</sup> charakteryzuje się piasek gliniasty ze środkowej części zbocza na polu 11 koło Łupianki Starej. Pojemność ta jest nieco wyższa od wartości uzyskiwanych w pozostałych próbkach z górnych partii zboczy. Natomiast wartość T dla glin piaszczystych ze środkowej części zbocza na polach 5 i 6 jest zbliżona do pojemności sorpcyjnej z utworów z górnych części zboczy. Próbka Del1 pobrana ze świeżych osadów deluwialnych odznacza się dużą pojemnością sorpcyjną 18,23 cmol(+) kg<sup>-1</sup>, podobną do wartości uzyskanej dla utworu z górnej części zbocza na polu 11. Wartość T w próbce Del2 wynosząca 8,96 cmol(+) kg<sup>-1</sup> jest znacznie niższa, ale podobna do pojemności sorpcyjnej powierzchniowych warstw gleb położonych w górnych częściach zboczy.

Wśród zasadowych składników kompleksu sorpcyjnego największy udział ma wapń wymienny, który stanowi od 14,0 do 92,7% wartości T, a jego zawartość wynosi

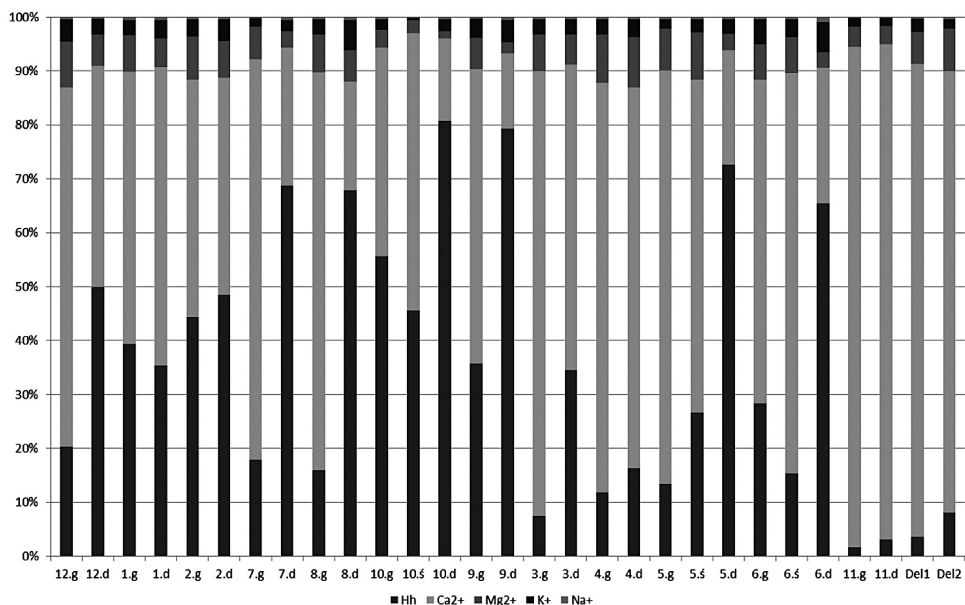


**Tabela 4.** Właściwości sorpcyjne powierzchniowej warstwy badanych gleb**Table 4.** Sorption features of surface layer of studied soils

Pole	Nr próbki	Spadek zbrocza w %	Kationy wymienne							V
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S	Hh	T=S+Hh	
			cmol(+) kg <sup>-1</sup>							
Pole 12 (Łupianka St.)	12.g	2,5	4,12	0,52	0,25	0,03	4,92	1,26	6,18	79,6
	12.d		2,52	0,36	0,18	0,02	3,08	3,06	6,14	50,2
Pole 1 (Radule)	1.g	2,6	3,49	0,48	0,19	0,04	4,2	2,74	6,94	60,5
	1.d		3,56	0,35	0,21	0,04	4,16	2,28	6,44	64,6
Pole 2 (Radule)	2.g	2,6	2,67	0,49	0,20	0,03	3,39	2,70	6,09	55,7
	2.d		2,22	0,37	0,22	0,03	2,84	2,67	5,51	51,5
Pole 7 (Kol. Topilec)	7.g	2,7	6,32	0,52	0,14	0,02	7,00	1,53	8,53	82,1
	7.d		1,26	0,15	0,10	0,03	1,54	3,37	4,91	31,4
Pole 8 (Kol. Topilec)	8.g	2,7	6,66	0,64	0,25	0,04	7,59	1,44	9,03	84,1
	8.d		1,06	0,31	0,29	0,03	1,69	3,56	5,25	32,2
Pole 10 (Jeńki Romanowo)	10.g	2,7	2,09	0,18	0,11	0,02	2,40	3,00	5,40	44,4
	10.ś		5,05	0,24	0,04	0,02	5,35	4,48	9,83	54,4
	10.d		0,82	0,07	0,12	0,02	1,03	4,36	5,39	19,1
Pole 9 (Kurowo)	9.g	4,1	3,28	0,35	0,21	0,02	3,86	2,14	6,00	64,3
	9.d		0,72	0,10	0,21	0,03	1,06	4,06	5,12	20,7
Pole 3 (Bokiny)	3.g	4,8	8,71	0,72	0,29	0,04	9,76	0,80	10,56	92,4
	3.d		3,55	0,35	0,17	0,03	4,10	2,16	6,26	65,5
Pole 4 (Bokiny)	4.g	4,8	5,59	0,69	0,20	0,03	6,51	0,87	7,38	88,2
	4.d		4,76	0,65	0,22	0,03	5,66	1,10	6,76	83,7
Pole 5 (Łupianka St.)	5.g	5,1	5,39	0,54	0,13	0,03	6,09	0,95	7,04	86,5
	5.ś		4,06	0,58	0,16	0,03	4,83	1,75	6,58	73,4
	5.d		0,89	0,13	0,11	0,02	1,15	3,04	4,19	27,4
Pole 6 (Łupianka St.)	6.g	5,1	3,29	0,36	0,26	0,03	3,94	1,56	5,50	71,6
	6.ś		5,65	0,51	0,24	0,04	6,44	1,18	7,62	84,5
	6.d		1,13	0,13	0,25	0,04	1,55	2,94	4,49	34,5
Pole 11 (Łupianka St.)	11.g	5,3	18,63	0,75	0,32	0,05	19,75	0,35	20,1	98,3
	11.d		11,73	0,45	0,18	0,03	12,39	0,39	12,78	96,9
Świeże osady deluwialne	Del1	-	15,97	1,10	0,44	0,06	17,57	0,66	18,23	96,4
	Del2		7,34	0,69	0,16	0,04	8,23	0,73	8,96	91,9

**Oznaczenia:** g – górna część zbrocza, ś – środkowa część zbrocza, d – dolna część zbrocza

0,72–18,63 cmol(+) kg<sup>-1</sup>. Znacznie mniejszy udział, bo jedynie 1,3–9,5% ma magnez wymienny, którego zawartość mieści się w przedziale 0,07–0,75 cmol(+) kg<sup>-1</sup>. Zawartość K<sup>+</sup> wynosi 0,04–0,32 cmol(+) kg<sup>-1</sup>, a sodu wymiennego – 0,02–0,05 cmol(+) kg<sup>-1</sup>. Ich udział w wartości T stanowi odpowiednio 0,4–5,6% i 0,2–0,9%. Badane gleby charak-



**Rys. 2.** Kationy wymienne w powierzchniowej warstwie gleb  
**Fig. 2.** Exchangeable cations in surface layer of studied soils

teryzują się zróżnicowaną kwasowością hydrolityczną, której wartości mieszczą się w przedziale od 0,35 do 4,48  $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$ , a udział w kompleksie sorpcyjnym waha się od 1,7% do 80,9% (rys. 2). W świeżych osadach deluwialnych, zwłaszcza w próbce Del1 zawartość wymiennego wapnia i magnezu jest wyższa od większości pozostałych przebadanych utworów, z kolei kwasowość hydrolityczna osadów jest jedną z najniższych.

Analizując zależność między pojemnością sorpcyjną powierzchniowej warstwy gleb a ich położeniem w rzeźbie terenu można stwierdzić, że przy większym nachyleniu jest ona wyższa w górnej części zboczy. Na najłagodniejszych zboczach, o nachyleniu od 2,5% do 2,7% jest już ona tylko nieznacznie niższa w dolnych częściach zboczy. Głównym składnikiem kompleksu sorpcyjnego w badanych glebach jest wapń oraz jony wodoru i glinu składające się na kwasowość hydrolityczną (Hh). Zmniejszanie się zawartości wapnia wymiennego zgodnie ze spadkiem terenu pociąga za sobą wzrost kwasowości hydrolitycznej (rys. 2). Jedynie powierzchniowa warstwa gleb na polu 1 położonym na zboczu o nachyleniu 2,6% charakteryzuje się podobną zawartością wapnia wymiennego i kwasowością hydrolityczną w górnej i dolnej części zbocza. Zawartość magnezu wymiennego również jest mniejsza w dolnej części zbocza w porównaniu z górną jego częścią. Zawartość potasu i sodu wymiennego nie różni się w górnej i dolnej części badanych zboczy.

Badania poziomu Ap w omawianych glebach na zboczach doliny Narwi wykazały, że poziomy ornopróchniczne gleb wykształconych w dolnych częściach zboczy charakteryzują się wyższą kwasowością hydrolityczną i niższym pH oraz mniejszą

pojemnością sorpcyjną, co jest związane z wyższym poziomem wód gruntowych i łatwiejszą migracją kationów zasadowych w głąb profilu [Wysocka-Czubaszek 2012a]. Podobne zależności między pojemnością sorpcyjną a położeniem gleb w rzeźbie stwierdzono na Pojezierzu Mazurskim. W glebach tych, również zauważono większe zróżnicowanie wymiennego wapnia i magnezu między glebami płowymi i brunatnymi położonymi na zboczu lub wierzcholinie a glebami deluwialnymi w obniżeniu, natomiast zawartość wymiennego sodu i potasu nie wykazywała takiego zróżnicowania [Bieniek 2001].

W związku z mechanizacją rolnictwa w ostatnich dziesięcioleciach stwierdzono zwiększenie natężenia erozji uprawowej, która na terenach o łagodnej rzeźbie przeważa nad erozją wodną [Van Oost i in. 2005]. Małe zróżnicowanie uziarnienia powierzchniowych warstw utworów w górnych i dolnych częściach zboczy, przy jednoczesnym występowaniu gleb deluwialnych u ich podnóży świadczy o ściąganiu materiału glebowego w trakcie uprawy. Pojemność sorpcyjna tej warstwy zależy wyraźnie od położenia w rzeźbie terenu i podobnie jak w głębszej części poziomu Ap jest mniejsza w dolnych częściach zboczy. Może mieć na to wpływ wyższy poziom wód gruntowych, ale także przemywanie tych utworów wodami erozyjnymi oraz stałe mieszanie poziomu Ap w czasie orki. Większa pojemność sorpcyjna utworów powierzchniowych w wyższych położeniach sprzyja akumulacji składników pokarmowych. Następnie, zasobny w biogeny materiał jest zmywany lub ściągany w dół zbocza i w warunkach zwiększonego uwilgotnienia i przemywania przy mniejszej pojemności sorpcyjnej i większym zakwaszeniu środowiska glebowego następuje zwiększona migracja łatwo rozpuszczalnych składników do wód gruntowych docierających do doliny lub do rzeki [Wysocka-Czubaszek 2012b].

## WNIOSKI

1. Powierzchniowa warstwa gleb wykształconych na łagodnych zboczach doliny Narwi charakteryzuje się niewielkim zróżnicowaniem uziarnienia, co świadczy o małym wpływie procesu erozji wodnej na tworzenie się gleb deluwialnych u ich podnóży.
2. Pojemność sorpcyjna powierzchniowej warstwy gleb zależy wyraźnie od położenia w rzeźbie terenu i jest mniejsza w dolnych częściach zboczy. Zróżnicowanie to jest wynikiem użytkowania rolniczego, wyższego poziomu wód gruntowych oraz przemywania osadów wodami erozyjnymi.
3. Większy stopień zakwaszenia gleb w dolnej oraz środkowej części zboczy wiąże się ze słabym wysyceniem kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi i wysoką kwasowością hydrolityczną.

## Podziękowania

Artykuł powstał w wyniku realizacji pracy statutowej S/WBiŚ/1/14.

## LITERATURA

1. Banaszuk H., 1996. Paleogeografia. Naturalne i antropogeniczne przekształcenia Doliny Górnej Narwi. Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok.
2. Bieniek B., 2001. Właściwości sorpcyjne erodowanych gleb gliniastych w krajobrazie moreny pagórkowatej. *Folia Univ. Agric. Stetin. 217 Agricultura* (87), 9–13.
3. Bieniek B., Wójciak H., 1998. Substancja organiczna w erodowanych glebach Pojezierza Mazurskiego. *Bibliotheca Fragm. Agron. 4B/98*, 251–258.
4. Chudecka J., Tomaszewicz T., 2004. Wpływ odlogowania na właściwości chemiczne gleb erodowanych w Dłusku (woj. zachodniopomorskie). *Roczniki Gleboznawcze LV* (4), 5–14.
5. De Alba S., Lindstrom M., Schumacher T.E., Malo D.D., 2004. Soil landscape evolution due to soil redistribution by tillage: a new conceptual model of soil catena evolution in agricultural landscapes. *Catena* 58, 77–100.
6. Gerontidis D.V., Kosmas C., Detsis B., Marathianou M., Zafirious T., Tsara M., 2001. The effect of moldboard plow on tillage erosion along a hillslope. *Journal of Soil and Water Conservation* 56(2), 147–15.
7. Kaźmierowski C., 2001. Szczegółowa kartografia zerodowanych gleb pływych w mikrozewni rolniczej na Pojezierzu Poznańskim. *Folia Univ. Agric. Stein. 217 Agricultura* (87), 87–92.
8. Koćmit A., 1988. Wpływ przyrodniczo-agrotechnicznych czynników na rozwój erozji wodnej w obrębie gleb uprawnych Pomorza Zachodniego. *Rozprawy 113, AR w Szczecinie*.
9. Koćmit A., 1998. Charakterystyka zmian w morfologii i właściwościach gleb uprawnych spowodowanych erozją wodną w obszarach młodoglacjalnych Pomorza. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 460, 531–557.
10. Kosmas C., Gerontidis St., Marathianou M., Detsis B., Zafriou Th., Van Muysen W., Govers G., Quine T.A., Van Oost K. 2001. The effect of tillage displaced soil on soil properties and wheat biomass. *J. Soil Till. Res.* 58, 31–44.
11. Ostrowska A. Gawliński S., Szczubiałka Z., 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Instytut Ochrony Środowiska. Warszawa.
12. Pałys S., 1999. Spływy roztopowe i procesy erozyjne na terenach lessowych w 1999 roku. *Acta Agroph.* 23, 107–113.
13. Papiernik S.K., Schumacher T.E., Lobb D.A., Lindstrom M.J., Lieser M.L., Eynard A., Schumacher J.A. 2009. Soil properties and productivity as affected by topsoil movement within an eroded landform. *Soil Till. Res.* 102, 67–77.
14. Podlasiński M., 2005. Metoda określania ilości erozyjnie przemieszczanego materiału na podstawie pomiaru stożków deluwialno-piaszczystych. *Acta Agroph.* 5(3), 711–721.
15. Podlasiński M., 2013. Wpływ denudacji antropogenicznej na zróżnicowanie pokrywy glebowej i jej przestrzenną strukturę w rolniczym krajobrazie morenowym. Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.
16. Rejman J., Brodowski R., 1999. Ocena natężenia erozji wodnej w uprawie buraka cukrowego na glebie lessowej. *Acta Agroph.* 23, 133–142.
17. Roy M., 2001. Zasoby fosforu i jego podatność na migrację w erodowanych glebach obszaru moreny czołowej na Pomorzu Zachodnim. *Folia Univ. Agric. Stetin 217 Agricultura* 87, 205–208.

18. Świtoniak M., 2014. Use of soil profile truncation to estimate influence of accelerated erosion on soil cover transformation in young morainic landscapes, North-Eastern Poland. *Catena* 116, 173–184.
19. Van Oost K., Van Muysen W., Govers G., Deckers J., Quine T.A. 2005. From water to tillage erosion dominated landform evolution. *Geomorphology* 72, 193–203.
20. Wiśniewski P., Wojtasik M., 2014. Zróżnicowanie właściwości gleb uprawnych oraz leśnych na erodowanych stokach. *Inżynieria Ekologiczna* 39, 198–208.
21. Wysocka-Czubaszek A., 2012a. Morphology and chemical properties of plough horizons of soils in various slope positions. *Polish Journal of Soil Science XLV/1*, 69–82.
22. Wysocka-Czubaszek A., 2012b. Ocena właściwości gleb deluwialnych położonych w dolinie Narwi. *Inżynieria Ekologiczna* 29, 236–245.
23. Wysocka-Czubaszek A., Banaszuk P., 2001. Zróżnicowanie chemizmu płytkich wód gruntowych w bagiennej dolinie Narwi na obszarze Narwiańskiego Parku Narodowego. *Zesz. Nauk. Polit. Białostockiej, Nauki Techn.* 135 Inż. Środ. 12, 187–195.
24. Zgłobicki W., 2002. Dynamika współczesnych procesów denudacyjnych w północno-zachodniej części Wyżyny Lubelskiej. *Wyd. UMCS. Lublin.*