



Charakterystyka chemiczna gleb i szaty roślinnej użytków zielonych w dolinie ujścia Warty

*Henryk Czyż, Ryszard Malinowski,
Teodor Kitczak, Adrian Przybyszewski*
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Szczecin

1. Wstęp

Tereny w strefach brzegowych cieków wodnych stanowią wartościowe obiekty przyrodnicze i rolnicze. Cechą charakterystyczną tych obszarów jest zróżnicowanie hydrologiczne i glebowe. Wody w zależności od szybkości przepływu, długotrwałości i częstotliwości wylewów, decydują o przestrzennym rozmieszczeniu osadów. Przytoczone czynniki mają istotny wpływ na budowę profilu glebowego, a także decydują o ich wartości i przydatności rolniczej [14].

Gleby aluwialne, występujące w dolinie Warty, porośnięte naturalną roślinnością, tworzą zbiorowiska o dużej bioróżnorodności, pełniąc ważną funkcję w krajobrazie. Odgrywają ważną rolę w krążeniu składników mineralnych stanowią ponad to barierę dla zanieczyszczeń chemicznych [7, 17]. Pozyskiwana biomasa, w zależności od składu florystycznego, może być wykorzystywana na cele paszowe [9, 13, 21]. Prowadzenie na tych terenach właściwej gospodarki łąkowo-pastwiskowej wymaga rozpoznania warunków hydrologicznych i glebowych. W ostatnich latach zwraca się większą uwagę na zanieczyszczenie chemiczne gleb dolinowych (hydrogenicznych i aluwialnych) oraz porastającą je roślinność [11, 15].

Celem badań było rozpoznanie typologiczne gleb terenu zalewowego doliny ujścia Warty oraz charakterystyka ich podstawowych właściwości chemicznych, ze szczególnym uwzględnieniem zanieczyszcze-

nia metalami ciężkimi. Ponadto określono skład chemiczny zbiorowisk roślinnych, występujących na poszczególnych madach rzecznych.

2. Materiały i metody

Badaniami objęto gleby i roślinność łąkową prawobrzeżnej części doliny rzeki Warty na odcinku Świerkocin-Kłopotowo. Obszar ten jest położony na terenie zalewowym, między wałem przeciwpowodziowym, a rzeką Wartą. Na analizowanym terenie wydzielono 6 obiektów badawczych różniących się warunkami siedliskowymi i szatą roślinną. Na obiektach badawczych wykonano odkrywki glebowe i pobrano próbki do badań laboratoryjnych. W tym samym czasie z każdego obiektu pobrano zbiorcze próby roślinne, które poddano analizie botaniczno-wagowej. W niniejszej pracy przedstawiono uproszczony skład florystyczny, natomiast szczegółową charakterystykę florystyczną zamieszczono w Roczniku Ochrona Środowiska (Annual Set of Environment Protection), w publikacji Czyża i in. [2]. W pobranym materiale glebowym oznaczono:

- skład granulometryczny – metodą Boycoussa-Cassagrande’a w modyfikacji Prószyńskiego (PTG 2008) – [19],
- odczyn – metodą potencjometryczną,
- właściwości sorpcyjne – metodą Kappena,
- straty podczas wyżarzania – przez wyżarzanie w temperaturze 550°C,
- węgiel organiczny oraz azot ogólny – za pomocą analizatora elementarnego (CHNS),
- zawartość przyswajalnego fosforu i potasu – metodą Egnera-Riehma, a przyswajalnego magnezu - metodą Schachtschabela,
- zawartość rozpuszczanych metali ciężkich (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, Mn, Fe) w HCl o stężeniu 1 mol·dm⁻³ – za pomocą spektrofotometru absorpcji atomowej Solaar 929,
- zawartość makroskładników (K, P, Mg, Ca, Na) i metali ciężkich (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, Mn, Fe) określano w próbach glebowych i roślinnych po zmineralizowaniu w mieszaninie stężonych kwasów HNO₃+HClO₄, – za pomocą spektrofotometru absorpcji atomowej Solaar 929, fosfor oznaczono kolorymetrycznie.

3. Omówienie wyników i dyskusja

Na obszarze Parku Krajobrazowego „Ujście Warty” występują mady rzeczne, które powstają pod wpływem wód rzeki Warty. Na skutek okresowego nanoszenia nowego materiału, gleby te charakteryzują się zróżnicowanymi właściwościami fizycznymi i chemicznymi. Zaliczane są one do tzw. mokradeł fluwiogenicznych, namuliskowych [3]. Cechą charakterystyczną tych mokradeł jest wyraźnie zaznaczona mikrorzeźba terenu.

W badaniach własnych na wydzielonym odcinku tarasu zalewowego doliny Warty, w pobliżu koryta rzeki dominowały osady aluwialne, wytworzone w powierzchniowej warstwie z glin piaszczystych, podścielonych na różnych głębokościach (tabela 1) piaskiem luźnym lub słabogliniastym. Stwierdzono także osady piaszczyste, z piasków słabogliniastych (tabela 1). Z wyżej wymienionych osadów wytworzyły się mady brunatne średnie, mady właściwe średnie i mady właściwe bardzo lekkie. W pasie środkowym, pomiędzy lustrem wody, a wałem ochronnym, stwierdzono warstwowane osady aluwialne o składzie granulometrycznym glin lekkich piaszczystych, pyłów ilastych, w sąsiedztwie których występują głębokie mady piaszczyste, wytworzone z piasku luźnego. Na tym obszarze wydzielono madę właściwą średnia i madę właściwą bardzo lekką. Najbardziej oddalone od koryta rzeki, w obniżeniach terenu, występują warstwowane, zwarte osady aluwialne, z których ukształtowała się mada próchnicza ciężka (tabela 1). Tak duże zróżnicowanie w składzie granulometrycznym osadów aluwialnych jest typowe dla dużych dolin rzecznych [12, 16].

Wszystkie analizowane gleby aluwialne charakteryzowały się dobrze zaznaczoną warstwową budową profilów, a miąższość poszczególnych warstw była różna i wahała się od 10 do 67 cm (tabela 1). Zawartość materii organicznej, w zależności od badanej mady i poziomu genetycznego wahała się w granicach od 0,2 do 11,4%, a średnio wynosiła 4,1%. Najzasobniejsza w materię organiczną okazała się mada próchnicza ciężka, która w powierzchniowym poziomie zawierała 11,4%, natomiast w poziomie glejowym (G) jedynie 3,0%. Najmniejszą zawartość materii organicznej stwierdzono w madzie właściwej bardzo lekkiej, ukształtowanej w pasie środkowym, między korytem rzeki, a wałem ochronnym, która zawierała w poziomie próchnicznym (A) 1,4% materii organicznej, a w poziomie skały macierzystej (C_{gg}) – 0,3%.

Tabela 1. Skład granulometryczny gleb (wg normy PTG 2008)**Table 1.** Texture of soils

Poziomy genetyczne	Miąższość [cm]	Udział (%) frakcji (mm) w częściach ziemistych			Grupa granulometryczna
		2,0–0,05	0,05–0,02	<0,002	
Mada właściwa średnia (obiekt 1)					
A	0–23	66	23	11	glina piaszczysta
C1gg	23–65	77	13	10	glina piaszczysta
C2gg	65–90	92	4	4	piasek słabogliniasty
Mada brunatna średnia (obiekt 2)					
Aa	0–21	65	24	11	glina piaszczysta
Bbr	21–32	84	8	8	piasek gliniasty
Cgg	32–80	93	5	2	piasek luźny
Mada właściwa bardzo lekka (obiekt 3)					
A	0–13	92	4	4	piasek słabogliniasty
Cgg	13–80	91	8	1	piasek słabogliniasty
Mada właściwa średnia (obiekt 4)					
A	0–19	57	28	15	glina lekka
Cgg	19–32	74	17	9	glina piaszczysta
IIG	32–50	14	61	25	Pył ilasty
Mada właściwa bardzo lekka (obiekt 5)					
A	0–10	95	1	4	piasek luźny
Cgg	10–75)	96	1	3	piasek luźny
Mada próchniczna ciężka (obiekt 6)					
Aa1	0–15	65	22	13	glina piaszczysta
A2	15–40	39	42	19	glina zwykła
G	40–60	58	20	22	glina piaszczysto-ilasta

W analizowanych glebach zawartość C_{org} w poziomach organicznych była zróżnicowana, a średnio wynosiła $31,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Największą koncentracją węgla organicznego odznaczała się mada rzeczna próchnicza ciężka, która w poziomie próchnicznym (Aa1) zawierała $62,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (tabela 2). Najmniejszą zawartością węgla organicznego ($6,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w poziomie próchnicznym odnotowano w madzie właściwej bardzo lekkiej, gdzie w całym profilu glebowym stwierdzono piasek luźny. Podobne zależności stwierdził Kawałko i in. [7] w badaniach prowadzonych w dolinie Jezierzycy.

Zawartość azotu ogólnego w glebach zależna jest od ilości i rodzaju substancji organicznej oraz kierunku jej rozkładu. W omawianych glebach doliny ujścia Warty zawartość azotu ogólnego w poziomach akumulacyjnych wahała się w granicach od $0,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (mada zbudowana z piasku luźnego) do $5,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (mada z dużym udziałem frakcji ziemistej – $0,05\text{--}0,002 \text{ mm}$ i poniżej). Badania wykazały małą ilość azotu ogólnego w poziomach oglejenia, wynoszącą średnio $0,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Zawartość azotu malała wraz z głębokością profilu, podobnie jak zawartość węgla. Według Sammela i Niedźwieckiego [22] wskaźnik C:N informuje o przebiegu procesów biologicznych, zachodzących w glebie. Według tych autorów, im stosunek C:N jest mniejszy, tym procesy te są intensywniejsze. W poziomach próchnicznych badanych gleb stosunek ten był zbliżony i wahał się od 9,4 do 11,4 (tabela 2).

Mady występujące na terenie doliny ujścia Warty charakteryzowały się zróżnicowaniem w stosunku do zawartości siarki. Największą koncentrację stwierdzono w poziomach próchnicznych. Najbardziej zasobna w ten pierwiastek była mada próchniczna ciężka (tabela 2). Zauważalna była prawidłowość polegająca na spadku koncentracji siarki wraz z głębokością profilu glebowego. Analizowane gleby nie wykazywały zasolenia. Stężenie soli wahało się od $0,0175$ do $1,05 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ NaCl (tabela 2).

Odczyn, mierzony w 1 M KCl , w badanych madach rzecznych doliny ujścia Warty zależał od charakteru profilu glebowego. Ogólnie pH w KCl wahało się w poziomie próchnicznym od 5,88 do 6,77, a tylko w madzie właściwej bardzo lekkiej, zbudowanej z piasku luźnego, stwierdzono odczyn silnie kwaśny (pH w KCl wynosiło 4,22). Podobne zależności wystąpiły przy określeniu pH w H_2O (tabela 3).

Tabela 2. Zawartość substancji organicznej, azotu i siarki ogólnej oraz zasolenie gleb

Table 2. Content of organic matter, total nitrogen and total sulphur as well as salinity of soils

Poziomy genetyczne	Straty na wyżarzaniu %	C organiczny [g·kg ⁻¹]	N ogólny [g·kg ⁻¹]	C:N	S %	Zasolenie [NaCl g·dm ⁻³]
Mada właściwa średnia (obiekt 1)						
A	7,4	39,9	3,5	11,4	0,045	0,35
C1gg	3,3	13,4	1,2	11,2	0,025	0,28
C2gg	0,7	1,7	0,2	8,5	0,006	0,14
Mada brunatna średnia (obiekt 2)						
Aa	7,2	35,0	3,2	10,9	0,0319	0,245
Bbr	1,6	6,5	0,6	10,8	n.o.	0,14
Cgg	0,2	0,7	0,07	10,0	n.o.	0,0175
Mada właściwa bardzo lekka (obiekt 3)						
A	2,1	9,4	0,9	10,4	0,0171	0,105
Cgg	0,9	3,1	0,4	7,8	0,0046	0,175
Mada właściwa średnia (obiekt 4)						
A	8,2	35,7	3,8	9,4	0,0767	1,05
Cgg	2,4	6,7	0,9	7,4	0,0299	0,315
IIG	6,8	22,6	2,2	10,3	0,0545	0,7
Mada właściwa bardzo lekka (obiekt 5)						
A	1,4	6,5	0,6	10,8	0,0129	n.o.
Cgg	0,3	1,0	0,1	10,0	n.o.	n.o.
Mada próchniczna ciężka (obiekt 6)						
Aa1	11,4	62,1	5,7	10,9	0,1041	0,77
A2	9,3	40,2	3,5	11,5	0,0722	0,35
G	3,0	11,2	0,7	16,0	0,0125	0,21

Tabela 3. Odczyn i właściwości sorpcyjne gleb
Table 3. Reaktion and sorption properties of soils

Poziomy genetyczne	pH		Właściwości sorpcyjne [cmol(+)·kg ⁻¹]			V [%]
	H ₂ O	KCl	Hh	S	T=Hh+S	
Mada właściwa średnia (obiekt 1)						
A	6,93	6,77	1,13	45,4	46,53	97,57
C1gg	7,13	7,02	0,83	17,0	17,83	95,34
C2gg	7,00	6,90	0,60	3,0	3,60	83,33
Mada brunatna średnia (obiekt 2)						
Aa	6,75	6,65	1,50	25,2	26,7	94,38
Bbr	6,73	6,63	0,90	7,6	8,50	89,41
Cgg	6,73	6,63	0,53	1,8	2,33	77,25
Mada właściwa bardzo lekka (obiekt 3)						
A	6,41	6,08	1,35	2,6	3,95	65,82
Cgg	6,81	6,48	0,68	1,9	2,58	73,64
Mada właściwa średnia (obiekt 4)						
A	6,03	5,88	3,30	23,6	26,90	87,73
Cgg	6,84	6,52	1,20	12,6	13,80	91,30
IIG	6,96	6,56	1,43	32,0	33,43	95,72
Mada właściwa bardzo lekka (obiekt 5)						
A	5,07	4,22	3,30	0,2	3,50	5,71
Cgg	5,63	4,71	1,05	0,4	1,45	27,59
Mada rzeczna próchniczna ciężka (obiekt 6)						
Aa1	6,30	6,00	2,63	23,8	26,43	90,05
A2	6,45	6,21	2,55	28,4	30,95	91,76
G	6,75	6,52	1,28	14,2	15,48	91,73

W przypadku kwasowości hydrolitycznej największe wartości tego wskaźnika (Hh) – $3,30 \text{ cmol (+)·kg}^{-1}$ odnotowano w poziomie próchnicznym mady właściwej średniej i bardzo lekkiej, ukształtowanych w środkowym pasie doliny, natomiast największą wartość – $1,13 \text{ cmol (+)·kg}^{-1}$ (tabela 3) stwierdzono w powierzchniowym poziomie mady właściwej średniej, ukształtowanej w pobliżu koryta rzecznego. W badanych madach kwasowość hydrolityczna malała wraz z głębokością profilu. Niedźwiecki i in. [16] zaobserwowali także spadek kwasowości hydrolitycznej wraz z głębokością profilu, prowadząc badania na madach w okolicy Sowna, w dolinie Iny.

Analizowane gleby różniły się pod względem zasobności w kationy zasadowe. Największą wartością, wyrażającą sumy kationów zasadowych, charakteryzowała się mada właściwa średnia w pobliżu koryta rzecznego, która zawierała w powierzchniowej warstwie aż $45,4 \text{ cmol (+)·kg}^{-1}$, a w poziomie C2gg – tylko $3,0 \text{ cmol (+)·kg}^{-1}$. Najmniejszą koncentrację kationów zasadowych stwierdzono w profilu glebowym zbudowanym z piasku luźnego (mada właściwa bardzo lekka). Średnio dla całego profilu suma kationów zasadowych wynosiła $0,3 \text{ cmol (+)·kg}^{-1}$ (tabela 3). Dla wszystkich analizowanych mad rzecznych stopień wysycenia kationami o charakterze zasadowym wynosił średnio 78,6% (największe w madzie średniej), przy korycie rzecznym, średnio – 92,1%, najmniejsze – w madzie właściwej bardzo lekkiej, zbudowanej z piasku luźnego, średnio tylko 16,6% (tabela 3). Jak wskazuje Niedźwiecki i in. [16] istotnie wpływa na to odczyn gleby, który w przypadku mady średniej miał charakter obojętny, a mady bardzo lekkiej – odczyn kwaśny.

Obecność makroelementów w glebie, nadaje jej określone właściwości chemiczne, a także zapewnia odpowiedni wzrost i rozwój roślin. W celu określenia zasobności badanych mad rzecznych porównywano uzyskane wyniki z liczbami granicznymi, ustalonymi przez IUNG [5]

Ogólnie badane gleby charakteryzowały się dużą zawartością fosforu ogólnego, zwłaszcza mada właściwa średnia, ukształtowana w pobliżu koryta rzecznego, która zawierała w poziomie próchnicznym $1,68 \text{ g·kg}^{-1}\text{s.m.}$, wyróżniała się ona także pod względem zawartości przyswajalnych form fosforu ($212,08 \text{ mg·kg}^{-1}\text{s. m.}$) (tabela 4).

Tabela 4. Zawartość makropierwiastków w glebach**Table 4.** Content of makroelements in soils

Poziomy Genetyczne	Rozpuszczalne w stężonych kwasach $\text{HClO}_4 + \text{HNO}_3$ [$\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$]					Przyswajalne [$\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$]		
	P	K	Ca	Mg	Na	P	K	Mg
Mada właściwa średnia (obiekt 1)								
A	1,68	1,70	9,90	1,49	0,18	212,08	25,07	29,08
C1gg	0,36	1,26	3,10	1,12	0,14	60,72	14,31	19,88
C2gg	0,28	0,44	26,94	0,27	0,08	113,86	8,66	0,14
Mada brunatna średnia (obiekt 2)								
Aa	0,79	1,75	3,02	1,54	0,16	119,68	29,07	62,55
Bbr	0,34	1,03	0,95	0,87	0,10	53,68	20,17	38,32
Cgg	0,22	0,43	0,57	0,35	0,07	34,32	7,771	8,06
Mada właściwa bardzo lekka (obiekt 3)								
A	0,25	0,59	0,81	0,43	0,09	34,32	17,17	21,59
Cgg	0,19	0,71	0,92	0,51	0,09	31,68	13,48	18,57
Mada właściwa średnia (obiekt 4)								
A	0,87	1,87	3,21	1,57	0,19	94,16	29,85	59,70
Cgg	0,34	1,35	2,24	1,02	0,16	41,36	20,07	35,82
IIG	0,74	4,52	4,48	2,67	0,34	36,08	45,35	64,70
Mada właściwa bardzo lekka (obiekt 5)								
A	0,20	0,43	0,23	0,25	0,07	27,28	7,80	4,57
Cgg	0,17	0,39	0,39	0,20	0,07	34,322	6,77	5,32
Mada próchniczna ciężka (obiekt 6)								
Aa1	0,39	4,50	3,24	1,56	0,17	68,64	63,14	115,0
A2	0,57	3,88	4,45	2,25	0,24	44,0	59,07	135,85
G	0,35	7,21	4,59	2,34	0,13	28,16	39,22	77,40

Analizowane mady, podobnie jak w przypadku fosforu, odznaczały się dużą zawartością potasu ogólnego, jednakże małym udziałem formy przyswajalnej. Największą koncentracją potasu ogólnego wyróżniała się mada próchniczna ciężka – $4,50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ formy ogólnej i $63,14 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$ – formy przyswajalnej, ukształtowana w pobliżu wału ochronnego. Badania prowadzone przez Malinowskiego [10] w obrębie polderu cedyńskiego wykazały, że mady znajdujące się pod użytkami zielonymi charakteryzowały się bardzo małą zawartością przyswajalnego potasu. Mada rzeczna próchniczna ciężka wyróżniała się także pod względem zawartości przyswajalnych form magnezu ($115,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$). Generalnie badane mady odznaczały się dużą zawartością magnezu ogólnego, przy małym udziale formy wymiennej. Charakteryzując badane gleby w kontekście zawartości wapnia należy stwierdzić, że mady średnie i ciężkie są bardziej zasobne w wapń, niż mady bardzo lekkie (tabela 4). Podobne wyniki uzyskał Orzechowski i in. [18] w badaniach mad żuławskich, tłumacząc to większą zawartością części spławianych i węgla organicznego, w przypadku mad cięższych. Zawartość form ogólnych sodu w wierzchnich warstwach badanych mad kształtowała się od $0,08 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ w madzie bardzo lekkiej, ukształtowanej z piasku luźnego, do $0,20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ – w madzie średniej. Bardzo mało sodu ($0,09 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) zawierała także mada bardzo lekka zlokalizowana w pobliżu koryta rzecznego (tabela 4). Forma przyswajalna sodu w tych glebach stanowiła niewielki udział jego form ogólnych (tabela 4).

W glebach występujących w zalewowych dolinach dużych rzek dość często odnotowuje się zanieczyszczenie metalami ciężkimi. Metale ciężkie nanoszone są wraz z zanieczyszczonymi osadami aluwialnymi.

Wyniki przeprowadzonych badań (tabela 5) wskazują iż poziom próchniczny charakteryzował się większą koncentracją metali ciężkich w stosunku do niżej występujących warstw w analizowanych w profilach. Jednak poziom ten nie stanowił zagrożenia dla środowiska przyrodniczego [6, 20]. W badanych madach ilości miedzi, niklu, cynku mieściły się w „0” stopniu zanieczyszczenia, a w przypadku kadmu i ołowiu w „I” stopniu zanieczyszczenia [6]. Tylko w przypadku powierzchni badawczej, reprezentowanej przez madę właściwą średnią (obiekt 1) zlokalizowaną przy korycie rzeki, najczęściej podlegającej zalewom, stwierdzono bardzo wysokie zanieczyszczenie warstwy próchnicznej (0–23 cm) kadmem – $12,84 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ („IV” stopień zanieczyszczenia) i podwyższone cynkiem – $259,60 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ („II” stopień zanieczyszczenia). Zasobność badanych mad rzecznych w metale ciężkie rozpuszczalne w HCl o stężeniu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$, była zróżnicowana, głównie w zależności od gatunku mady i jej lokalizacji (ta-

bela 6). Spośród badanych pierwiastków stwierdzono szczególnie duży procent rozpuszczalnego kadmu w jego ogólnej ilości (od 77% w madzie bardzo lekkiej – obiekt 3 do 97% w madzie brunatnej średniej – obiekt 2). Również znaczny udział formy rozpuszczalnej w ogólnej stwierdzono w przypadku miedzi (61–81%), cynku (17–88%) i manganu (58–99%). Tylko mada bardzo lekka (obiekt 5) charakteryzowała się małym udziałem form rozpuszczalnych w ogólnej zawartości metali ciężkich (Cd – 14%, Cu – 37, Zn – 31, Mn – 34%). Duża rozpuszczalność tych metali ciężkich wskazuje na możliwość ich pobrania przez roślinność łąkową. Jest to szczególnie istotne w przypadku obiektu, który w powierzchniowej warstwie jest znacznie zanieczyszczony kadmem. Na miejscowe znaczne zanieczyszczenie kadmem gleb aluwialnych doliny Wisły i Żuław wskazują w swoich badaniach Czarnowska i Turemka [1] oraz w Parku Narodowym „Ujście Warty” – Malinowski [11].

W pasie sąsiadującym z obecnym korytem rzeczny, gdzie gromadzony był w dużej ilości piasek, a obecnie obszar ten podlega częstym zalewom powierzchniowym, ukształtowały się trzy typy zbiorowisk roślinnych. Na madach – właściwej średniej i brunatnej średniej, szata roślinna została zaliczona do typu florystycznego – *Poa trivialis* (obiekt 1 i 2). W zbiorowisku roślinnym typu *Poa trivialis* I, na madzie właściwej średniej, stwierdzono bogaty gatunkowo udział roślin dwuliściennych. Ogólnie w zbiorowisku dominowały trawy, które stanowiły 75,4% runi (tabela 7). Dominantami były: *Poa trivialis* oraz *Rumex crispus*. Zbiorowisko typu *Poa trivialis* II, na madzie brunatnej średniej (obiekt 2), w odróżnieniu od poprzedniego, charakteryzowało się bardzo uproszczonym składem florystycznym, zdominowanym przez trawy, gatunkami wyróżniającymi się w tym zbiorowisku były: *Poa trivialis* (40,5%), *Poa palustris* (14,1%), *Festuca rubra* (11,7%) i *Agropyron repens* (10,6%). Na madzie właściwej bardzo lekkiej, zbudowanej z piasku słabo gliniastego, stwierdzono zbiorowisko typu *Poa pratensis* (obiekt 3). W zbiorowisku tym, trawy stanowiły 80%, zioła i chwasty 13,6%, rośliny motylkowate 3,5%, turzyce i sity 2,9% masy zbiorowiska, wyróżniały się *Poa pratensis* (34,9%), *Calamagrostis epigejos* (24,6%) i *Festuca rubra* (18,9%) – (tabela 7). Wyniki przedstawione w tabeli 8 wskazują, że biomasa pochodząca ze zbiorowiska typu *Poa pratensis* charakteryzowała się mniejszą zawartością makroelementów, w porównaniu do obu zbiorowisk typu wiechliny zwyczajnej, co stanowi odzwierciedlenie kształtowania się zawartości makroelementów w glebach, z których biomasa pochodzi.

Tabela 5. Zawartość form ogólnych metali ciężkich w glebach**Table 5.** Content of total heavy metals in soils

Poziomy genetyczne	Cd	Co	Cu	Ni	Pb	Zn	Mn	Fe
	[mg·kg ⁻¹]							
Mada właściwa średnia (obiekt 1)								
A	12,84	5,66	39,02	16,18	85,27	259,60	1756,50	21830
C1gg	0,18	3,70	4,99	6,24	40,49	17,60	274,90	10675
C2gg	0,17	2,29	1,40	3,25	30,74	n.o.	77,39	3577
Mada brunatna średnia (obiekt 2)								
Aa	1,54	4,33	13,79	9,89	60,80	88,17	348,35	17235
Bbr	0,07	2,82	2,81	4,16	22,47	22,26	174,60	7440
Cgg	0,07	2,23	0,79	2,48	23,95	11,12	70,46	2376
Mada właściwa bardzo lekka (obiekt 3)								
A	0,22	2,72	2,07	3,11	30,45	20,95	69,44	3074
Cgg	0,06	3,47	1,88	3,79	28,18	10,59	112,30	4057
Mada właściwa średnia (obiekt 4)								
A	2,65	7,12	14,95	15,26	69,49	96,63	314,10	17960
Cgg	0,15	6,32	4,34	8,85	37,70	22,80	578,40	12460
IIG	0,11	7,20	11,55	16,08	25,17	55,89	1514,0	36760
Mada właściwa bardzo lekka (obiekt 5)								
A	0,21	0,62	1,63	0,83	27,15	13,03	36,17	1941
Cgg	0,18	1,10	1,11	1,31	18,42	8,92	51,47	1659
Mada próchniczna ciężka (obiekt 6)								
Aa1	1,69	1,30	12,46	9,55	27,88	65,83	65,36	8250
A2	0,24	3,92	10,16	12,59	23,75	39,52	128,10	41880
G	0,02	2,40	1,76	5,15	15,66	16,43	115,40	19530

Tabela 6. Zawartość form wymiennych metali ciężkich w glebach
Table 6. Content of solvable heavy metals in soils

Poziomy genetyczne	Cd	Co	Cu	Ni	Pb	Zn	Mn	Fe
	[mg·kg ⁻¹]							
Mada właściwa średnia (obiekt 1)								
A	11,11	1,64	31,53	7,83	15,80	43,96	1195,80	11542
C1lgg	0,15	0,91	2,89	2,37	14,45	3,36	219,10	4209
C2gg	0,06	0,61	0,60	0,64	7,81	13,45	45,92	1700
Mada brunatna średnia (obiekt 2)								
Aa	1,50	1,84	10,31	4,03	43,87	52,78	344,20	7416
Bbr	0,02	0,93	1,88	1,33	9,56	17,07	111,22	3049
Cgg	0,04	0,74	0,78	0,47	7,92	5,80	31,37	749
Mada właściwa bardzo lekka (obiekt 3)								
A	0,17	0,87	1,40	0,65	11,82	10,03	49,07	1068
Cgg	0,02	0,88	1,05	1,02	9,15	3,27	57,37	1314
Mada właściwa bardzo lekka (obiekt 4)								
A	2,45	1,91	9,72	5,99	25,92	50,90	293,35	8412
Cgg	0,14	0,87	2,56	2,03	5,26	12,07	264,50	5747
IIG	0,03	1,79	6,08	4,88	19,13	16,32	745,40	12370
Mada właściwa bardzo lekka (obiekt 5)								
A	0,03	0,20	0,60	0,23	7,51	4,07	12,20	468
Cgg	0,05	0,40	0,39	0,31	2,94	7,26	20,85	463
Mada próchniczna ciężka (obiekt 6)								
Aa1	1,60	0,59	7,50	4,58	26,36	58,04	38,02	1051
A2	0,01	1,60	5,54	4,67	16,23	12,81	66,13	9446
G	n.o.	0,96	0,89	1,50	7,45	9,08	58,18	6416

W pasie środkowym doliny, między korytem rzeczonym a wałem ochronnym, w rynnowych obniżeniach terenu, z występującymi zastoi-skami wodnymi, ukształtowało się zbiorowisko typu *Phalaris arundinacea* (obiekt 4). Zbiorowisko to zlokalizowane było na madzie właściwej średniej. Podobnie jak w poprzednich zbiorowiskach dominującą grupą były trawy (84,6% masy zbiorowiska). W zbiorowisku tym wyróżniały się turzycy i sity, które stanowiły 10,1%, a były reprezentowane przez *Carex acutiformis*. Stwierdzono bardzo mały udział roślin z grupy zioła i chwasty (5,3%). Na występującym tu łąchu piaszczystym – mada właściwa bardzo lekka, w siedlisku suchym (obiekt 5), stwierdzono zbiorowisko typu *Festuca rubra* z *Corynephorus canescens*. W zbiorowisku tym nie stwierdzono turzyc i sitów oraz roślin motylkowatych, a zioła i chwasty stanowiły 15,2% (tabela 7). Zbiorowisko typu *Phalaris arundinacea* wyróżniało się pod względem zawartości magnezu, a szczególnie sodu (tabela 8). W biomacie zbiorowiska typu *Festuca rubra* z *Corynephorus canescens*, w odróżnieniu od poprzedniego zbiorowiska, stwierdzono bardzo małą ilość sodu i magnezu. Także zawartości P, K, Mg i Ca kształtowały się na niskim poziomie, w porównaniu do pozostałych zbiorowisk, występujących na badanym terenie (tabela 8). W siedlisku bardzo wilgotnym, na madzie próchnicznej ciężkiej, w sąsiedztwie wału ochronnego (obiekt 6) ukształtowało się zbiorowisko typu *Glyceria Maxima*. W zbiorowisku tym stwierdzono największy udział gatunków roślin z grupy zioła i chwasty (29,5%), natomiast najmniejszy udział traw (65,5%) – tabela 7. Zbiorowisko to wyróżniało się, podobnie jak gleba na tym obiekcie, największą zawartością fosforu i potasu (tabela 8). Analizując zawartość makroelementów, w kontekście norm dla dobrej paszy [4] należy stwierdzić, że ogólnie ruń łąkowa analizowanych typów zbiorowisk roślinnych charakteryzowała się niskim poziomem zawartości makroelementów, jedynie w próbach pochodzących ze zbiorowiska typu *Glyceria maxima* stwierdzono zbliżone do norm, zawartości fosforu i potasu, a w próbach ze zbiorowiska *Poa trivialis* I – tylko potasu (tabela 8). Bardzo duże zróżnicowanie dotyczyło zawartości sodu. W zbiorowiskach typu *Phalaris arundinacea* i *Poa trivialis* I koncentracja tego pierwiastka znacznie przewyższała wartość przyjętą za optymalną dla dobrej paszy (Falkowski i in. 1990). W przypadku zbiorowisk typu *Poa pratensis* oraz *Festuca rubra* z *Corynephorus canescens* poziom zawartości sodu był bardzo niski (tabela 8).

Tabela 7. Skład florystyczny (%) wybranych zbiorowisk roślinnych w zależności od warunków wilgotnościowych siedlisk

Table 7. Floristic composition (%) of selected plant communities in relation to moisture conditions of habitat

Wyszczególnienie	Obiekty*					
	1	2	3	4	5	6
	Zbiorowiska roślinne**					
	P.tr.I	P.tr.II	P.pr.	Ph.ar.	F.ru. z C.ca.	G. ma
Trawy	75,4	76,9	80,0	84,6	84,8	65,5
Turzyce i sity		1,9	2,9	10,1		5,0
Rośliny motylkowate	0,3		3,5			
Zioła i chwasty	24,3	21,2	13,6	5,3	15,2	29,5
Dominanty:						
<i>Agropyron repens</i>		10,6				
<i>Festuca rubra</i>		11,7	18,9		45,1	
<i>Glyceria maxima</i>						61,5
<i>Calamagrostis epigejos</i>			24,6			
<i>Corynephorus canescens</i>					36,9	
<i>Carex acutiformis</i>				10,1		
<i>Iris pseudoacorus</i>						10,3
<i>Phalaris arundinacea</i>				84,6		
<i>Poa pratensis</i>			34,9			
<i>Poa palustris</i>		14,1				
<i>Poa trivialis</i>	63,3	40,5				
<i>Rumex crispus</i>	11,7					

*/ podano w tabeli 1

**/ P.tr.I – *Poa trivialis* I; P.tr.II – *Poa trivialis* II; P.pr – *Poa pratensis*; Ph.ar – *Phalaris arundinacea*; F.ru.z C.ca – *Festuca rubra* z *Corynephorus canescens*; G.ma – *Glyceria maxima*

Tabela 8. Zawartość makroelementów w runi łąkowej (g kg^{-1})
Table 8. The content of macroelements of meadow sward (g kg^{-1})

Obiekty*	P	K	Mg	Ca	Na
1	2,068	51,320	1633	8480	4525
2	2,343	11,820	1239	4144	1175
3	1,815	9,590	886	3519	105,7
4	2,398	12,210	1325	4171	3644
5	1,727	9,939	541	3610	98,49
6	3,047	27,630	943	6660	889,1

*/ podano w tabeli 1

Tabela 9. Zawartość metali ciężkich w runi łąkowej (mg kg^{-1})
Table 9. Content heavy metals of meadow sward (mg kg^{-1})

Obiekty*	Cd	Co	Cu	Ni	Pb	Zn	Mn	Fe
1	0,79	0,70	4,95	0,57	9,61	23,23	18,86	54,84
2	0,77	3,79	5,61	2,19	32,96	29,81	28,71	101,50
3	0,52	4,08	4,22	2,83	36,17	25,53	25,39	48,51
4	0,47	4,07	6,10	3,19	40,01	39,70	51,70	72,64
5	0,69	0,76	4,65	0,99	8,10	41,28	104,40	107,90
6	0,46	2,79	5,96	2,26	31,60	38,35	111,10	140,40

*/ podano w tabeli 1

Analiza zawartości metali ciężkich w runi łąkowej wykazała ich zróżnicowanie zależnie od typu zbiorowiska, które powiązane było z warunkami siedliskowymi (tabela 9). O wartości paszowej runi łąkowej decyduje obok zawartości makropierwiastków zasobność w mikroelementy. We wszystkich badanych zbiorowiskach stwierdzono wysoką zawartość kobaltu, średnią i wysoką - żelaza, a niską (niedobór w paszy) miedzi i cynku (tabela 9). Natomiast zasobność w mangan kształtowała się od niskiej w zbiorowiskach: *Poa trivialis* na madzie brunatnej średniej, *Poa pratensis* na madzie właściwej bardzo lekkiej i *Poa trivialis* - na madzie właściwej średniej do zasobności średniej w zbiorowisku *Phalaris arundinacea* - na madzie właściwej średniej i zasobności wysokiej - w zbiorowiskach: *Glyceria Maxima*, na madzie próchnicznej ciężkiej oraz *Festuca rubra* z *Corynephorus*, na madzie właściwej bardzo lekkiej. Biorąc pod uwagę zawartości krytyczne metali ciężkich pod względem

przydatności paszowej (Kabata Pendias i in. 1993) stwierdzono przekroczenie zawartości kadmu i ołowiu w niektórych zbiorowiskach roślinnych. Nadmiar kadmu występował w zbiorowiskach – *Poa trivialis*, na madzie brunatnej średniej, *Poa pratensis*, na madzie właściwej bardzo lekkiej, *Festuca rubra* z *Corynephorus* na madzie właściwej bardzo lekkiej i *Poa trivialis* na madzie właściwej średniej. Natomiast ołowiu w zbiorowiskach: *Glyceria maxima* na madzie próchnicznej ciężkiej, *Poa trivialis* na madzie brunatnej średniej, *Poa pratensis* na madzie właściwej bardzo lekkiej i *Phalaris arundinacea* na madzie właściwej średniej. W badanych zbiorowiskach roślinnych nie stwierdzono przekroczenia zawartości krytycznej miedzi, niklu i cynku dla paszy.

4. Wnioski

1. W dolinie Ujścia Warty użytki zielone zlokalizowane są na glebach aluwialnych kwalifikujących je do mad rzecznych: próchnicznej ciężkiej, brunatnej średniej, właściwej średniej, właściwej bardzo lekkiej.
2. Różnorodność warunków siedliskowych dało odzwierciedlenie w ukształtowanych typach florystycznych: *Glyceria maxima*, *Phalaris arundinacea*, *Poa trivialis*, *Poa pratensis*, *Festuca rubra* z *Corynephorus cannescens*.
3. Właściwości chemiczne gleb wyrażały dużą zasobność form ogólnych makropierwiastków (P, K, Mg, Ca, Na, S), a spośród form przyswajalnych bardzo wysoką zawartość fosforu i od bardzo niskiej do wysokiej – magnezu w glebach zwięzłych oraz niską zawartość fosforu i magnezu - w glebach lekkich. Analizowane gleby posiadały naturalną zawartość metali ciężkich (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, Mn, Fe), tylko w wierzchniej warstwie mady próchnicznej ciężkiej stwierdzono duże zanieczyszczenie kadmem i podwyższone – cynkiem.
4. Wydzielone zbiorowiska trawiaste charakteryzowały się zróżnicowaną zawartością mikropierwiastków przy czym najzasobniejsze w P, K, Mg Ca i Na było zbiorowisko typu *Poa trivialis*, zlokalizowane na madzie właściwej średniej, a najuboższe w metale ciężkie były zbiorowiska typu: *Poa pratensis* oraz typu *Festuca rubra* z *Corynephorus cannescens*.
5. Oceniając biomasę w kontekście walorów paszowych, należy stwierdzić, że występujące przekroczenia zawartości kadmu i ołowiu w niektórych zbiorowiskach roślinnych ograniczają możliwości wykorzystania analizowanego obszaru jako potencjalnego paszowiska.

Literatura

1. **Czarnowska K., Turemka E.:** *Zawartość kadmu w glebach aluwialnych doliny Wisły i Żuław.* Roczniki Gleboznawcze, t. XLVIII, nr1/2: 31–38, (1997).
2. **Czyż H., Kitzak T., Sarnowski A.:** *Walory florystyczne, użytkowe i przyrodnicze użytków zielonych na tarasie zalewowym doliny Warty.* Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection), 14, 329–336 (2012).
3. **Dembek W., Oświt J.:** *Rozpoznanie warunków hydrologicznych zasilania siedlisk mokradłowych.* W: Hydrologiczne siedliska wilgotnościowe. Bibl.Wiedz. IMUZ 79: 15–38 (1992).
4. **Falkowski M., Kukułka I., Kozłowski S.:** *Właściwości chemiczne roślin łąkowych.* Wydawnictwo AR. Poznań 1990.
5. **Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa.** *Zalecenia nawozowe cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro i mikroelementów.* Seria P(44), Puławy: 26, 1990.
6. **Kabata-Pendias A., Motowicka-Terelak T., Piotrowska A., Tererak H., Witek T.:** *Ocena stopnia zanieczyszczenia gleb i roślin metalami ciężkimi i siarką.* Ramowe wytyczne dla rolnictwa IUNG Puławy, 20, 1993.
7. **Kawalko D., Jezierski P., Kaszubkiewicz J.:** *Właściwości fizykochemiczne gleb w lasach grądowych na terenie Parku Krajobrazowego „Dolina Jezierzycy.* Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych – IOŚ, nr 49: 278–287 (2011).
8. **Kondratiuk P., Kołos A., Grygorczuk I.:** *Użytek ekologiczny – forma ochrony mokradel śródpolnych.* Materiały seminaryjne IMUZ, 34: 103–108 (1995).
9. **Kozłowski S.:** *Wartość pokarmowa runi łąk trwałych.* Roczniki AR w Poznaniu, 284, Rolnictwo 47: 29–43, Poznań 1996.
10. **Malinowski R.:** *Przestrzenne rozmieszczenie gatunków mad cedyńskich oraz ich właściwości w zależności od sposobu użytkowania.* Szczecin, AR, rozpr. dokt. maszyn: 231, 2001.
11. **Malinowski R.:** *Zawartość metali ciężkich w glebach Parku Narodowego Ujście Warty.* Zeszyt Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych nr 31, Instytut Ochrony Środowiska w Warszawie: 40–45 (2007).
12. **Malinowski R.:** *Charakterystyka właściwości chemicznych wybranych gleb dolinowych Parku Narodowego „Ujście Warty”* Roczniki Gleboznawcze, 59 (3/4): 185–194 (2008).

13. **Mosek B.:** *Wpływ składu florystycznego zbiorowisk pastwiskowych dolin rzecznych Lubelszczyzny na ich wartość paszową. Zeszyty Naukowe AR im. H. Kołłątaja w Krakowie*, 368: 235–241 (2000).
14. **Niedźwiecki E.:** *Gleby napyłwowe w rolnictwie i ochronie środowiska w województwie szczecińskim. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, z. 412: 17–24 (1993).
15. **Niedźwiecki E., Protasowicki M., Trzaskoś M., Meller E., Malinowski R., Sammel A.:** *Zasobność gleb Międzyodrza w składniki mineralne a kład chemiczny porastającej je roślinności na przykładzie Polderu Widuchowskiego. Roczniki Gleboznawcze*, 55, 4: 93–101 (2004).
16. **Niedźwiecki E., Meller E., Malinowski R., Sammel A., Sobczyńska E.:** *Zróżnicowanie warunków siedliskowych i zbiorowisk roślinnych w dolinie Iny w okolicach Sowna. Cz. II – Właściwości chemiczne gleb i zawartość makroskładników w runi łąkowej. Woda Środowisko Obszary Wiejskie*, t. 10, z. 1 (29): 145–155 (2010).
17. **Okruszko H.:** *Siedliska hydrogeniczne, ich specyfika i zróżnicowanie. Wiadomości IMUZ Falenty*, 79: 5–14 (1992).
18. **Orzechowski M., Smólczyński S., Sowinski P.:** *Zasobność mad żuławskich w makroelementy ogólne i przyswajalne. Annales UMCS, Sec. E, t. 59, nr 3: 1065–1071 (2004).*
19. **Polskie Towarzystwo Gleboznawcze.** *Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych – PTG 2008. Roczniki Gleboznawcze* 60 (2); 5–16 (2009).
20. **Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002r.** w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. Dz. U 2002 r., nr 165, poz. 1359.
21. **Sabiniaz A., Kozłowski S.:** *Łąki Czerskie w aspekcie paszowym. Łąkarstwo w Polsce*, 12: 155–163 (2009).
22. **Sammel A., Niedźwiecki E.:** *Zawartość makro- i mikroelementów w glebach murszastych w obrębie Równiny Odrzańsko-Zalewowej. Woda Środowisko Obszary Wiejskie*, t. 6, z. 2 (18): 293–304 (2006).

Chemical Characteristics of Soils and Vegetation Cover of Grasslands in the Warta Estuary Valley

Abstract

Alluvial soils, which are found under the grasslands in the study area, are formed by erosive and sedimentation activity of waters from surface and river flows. These waters in river valleys, depending on the activity duration, flow speed and the frequency of overflows, determine the spatial distribution of

sediments, the variability of their mechanical composition, as well as the layers thickness, the content of organic matter and the diversity of the lay of alluvial material areas. The mentioned factors have significant influence on the structure of soil profile and on the elements circulation in the trophic chain: soil – water – plant – animal – human.

The aim of the study was the typological identification of soils in the floodplain of the Warta estuary valley, as well as the characterization of their basic physical and chemical features, with the special consideration to contamination with heavy metals. Moreover, the chemical content of the plant communities in the study area was described.

The studies were conducted in the Warta valley on the passage between Świerkocin and Kłopotowo, on grasslands which are part of the right flood terrace of the valley, between the water surface and the levee (floodbank).

Objects of varied habitat conditions and vegetation were isolated on the chosen area for the specific research. The characterization of soil conditions was performed according to the methods commonly used in pedology. Based on the description of morphological features of soil pits, the following subtypes of alluvial soils were distinguished: heavy humus, medium brown, actual medium, actual very light. Shaped plant communities were qualified to the following floristic types: *Glyceria maxima*, *Phalaris arundinacea*, *Poa trivialis*, *Poa pratensis*, *Festuca rubra* and *Corynephorus canescens*.

The analyzed soils were evaluated as rich in general forms: P, K, Mg, Ca, Na i S. Compacted soils were usually rich in absorbable phosphorus, the content of absorbable magnesium was from very low to high, while in very light soils the content of phosphorus and magnesium was low. Regardless of the soil type, the content of absorbable potassium found in all soil samples was very low. The analyzed soils had the natural content of heavy metals (Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, Mn, Fe), only in surface layer of heavy humus alluvial soil high contamination with cadmium and raised contamination with zinc were found.

Varied content of macroelements was found in the grassland sward of the individual study points. The richest in P, K, Mg, Ca and Na was the community of rough bluegrass (*Poa trivialis*), located on river actual medium alluvial soil in the vicinity of embankment and subject to the constant flooding of Warta. The poorest in the analyzed heavy metals were the communities of *Poa pratensis* and *Festuca rubra* with *Corynephorus canescens* on actual very light alluvial soil. Only in case of lead, high content in the sward of *Phalaris arundinacea* formed on actual medium alluvial soil near the water surface was found. As regards other heavy metals there was no excess of their content in the grassland sward of the studied area.