

- w przepławce dla ryb. [W:] Ochrona ichtiofauny w rzekach z zabudową hydrotechniczną. Monografia. Red. M. Mokwa i W. Wiśniewski. Dolnośląskie Wyd. Edukacyjne Wrocław, 156–164.
- Kubrak E., Kubrak J., 2010. Podstawy obliczeń z mechaniki płynów w inżynierii i ochronie środowiska. Wyd. SGGW Warszawa.
- Michalski A., 2004. Pomiary przepływu wody w kanałach otwartych. Oficyna Wyd. Politechniki Warszawskiej Warszawa.
- Panfil M.S., Jacobson R.B., 1999. Hydraulic modeling of in-channel habitats in the Ozark Highlands of Missouri: Assessment of habitat sensitivity to environmental change. U.S. Geological Survey, Columbia Environmental Research Center, USA, cerc.usgs.gov/rss/rfmodel.
- Parasiewicz P., 2007. The MesoHABSIM model revisited. River Res. Appl. 23(8), 893–903.
- Pilch E., 2011. Analiza warunków hydraulicznych przepływu wody w przepławkach dla ryb na podstawie modelowania numerycznego. Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki UR w Krakowie, maszynopis.
- Wiśniewski W., 2008. Migracje ryb – przyczyny, zagrożenia możliwości ochrony. [W:] Ochrona ichtiofauny w rzekach z zabudową hydrotechniczną. Monografia. Red. M. Mokwa i W. Wiśniewski. Dolnośląskie Wyd. Edukacyjne Wrocław, 9–19.

#### PHYSICAL AND NUMERICAL MODELLING OF WATER FLOW IN FISHLADER CLOSE TO NATURE

**Abstract.** In the paper results of numerical modelling of water flow conditions in fishladers close to nature which are bypass channels designed as a natural stream and with habitat elements were presented. The simulations results were compared with laboratory measurements of vertical distributions of velocity at different habitats which occur in natural streams: from pool to fast run and riffle. There were measured three components of velocity  $v_x$ ,  $v_y$  i  $v_z$  at characteristic points of longitudinal profile and cross-section: (1) at rapids, (2) inside and (3) outside turbulence zone for different bed configurations and size of bed material. The measured values were used to calculate velocity profiles, average velocities and characteristics of local flow conditions. This is an attempt to calculate a water flow parameters in nature base on laboratory measurements using similitude concept.

**Key words:** habitats for fish, three components of flow velocity, phenomena similitude

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 28.11.2011*



*Acta Sci. Pol., Formatio Circumiecus 10 (4) 2011, 31–50*

### KSZTAŁTOWANIE SIĘ WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH I CHEMICZNYCH OSADÓW ZBIORNIKA ROŹNOWSKIEGO Z MOŻLIWOŚCIĄ ZASTOSOWANIA ICH DO REKULTYWACJI

**Tomasz Komornicki**, Janusz Miczyński, **Krystyna Oleksynowa**  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

**Streszczenie:** W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących celowości eksploatacji osadów zgromadzonych w Zbiorniku Rożnowskim. Z trzech wykopów i wierceń pobrano próbki osadów, oznaczając następnie ich właściwości fizyczne i chemiczne. Celem owych badań było określenie przydatności osadów do wzrostu roślin oraz przypuszczalnego ciężaru metra sześciennego materiału do transportu, a także zawartości pierwiastków szkodliwych w osadach.

**Słowa kluczowe:** osady, Zbiornik Rożnowski, właściwości fizyczne, właściwości chemiczne, rekultywacja

#### WSTĘP

W związku z podejmowaną co jakiś czas dyskusją na temat celowości eksploatacji osadów zgromadzonych w Zbiorniku Rożnowskim wykonane zostały badania ich właściwości fizycznych i chemicznych z punktu widzenia ewentualnego wykorzystania ich w rekultywacji. Badania przeprowadzono w roku 1989, stanowią one jednak wciąż jedyny materiał z tego zakresu dotyczący osadów Zbiornika Rożnowskiego.

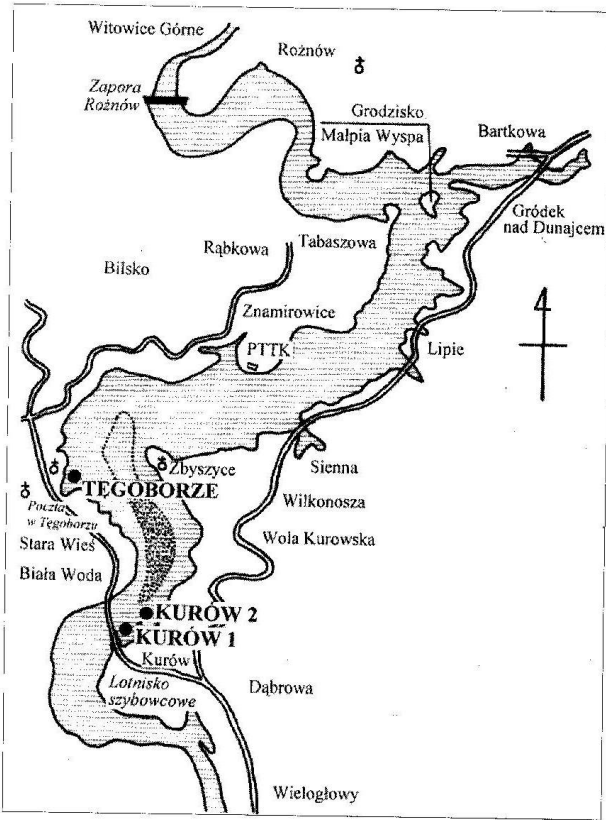
Ze względu na to, że badany materiał może zostać użyty do polepszania właściwości innych gleb poprzez domieszanie go do nich bądź też do rekultywacji słabszych gleb poprzez pokrycie ich warstwą takiego materiału odpowiedniej miąższości, wykonano oznaczenia różnych właściwości fizycznych i chemicznych pobranych próbek w celu otrzymania odpowiedzi na następujące pytania:

1. Jakie właściwości związane z ewentualnym wzrostem roślin mają badane próbki osadów rzecznych?
2. Z jaką ilością materiału każdej próbki można się liczyć i jaki może być przypuszczalny ciężar metra sześciennego materiału do transportu?
3. Czy materiał wykazuje tylko cechy pozytywne lub obojętne dla wzrostu roślin, czy też wykazuje cechy lub zawiera składniki, które mogą być szkodliwe?

Adres do korespondencji – Corresponding author: prof. dr hab. inż. Janusz Miczyński, Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail: rmmiczyn@cyf-kr.edu.pl.

## MATERIAŁ I METODY

W miejscowościach Kurów i Tęgorzrze (rys. 1), na brzegach górnej części Zbiornika Rożnowskiego, wykonano trzy wykopy i wiercenia. Z tych odsłoneń pobrano próbki, które odróżniały się makroskopowo od warstw nadległych lub podległych. Podział badanych trzech profilów na warstwy i głębokości w cm, w których pobrano próbki, zostały zebrane w tabelach z wartościami liczbowymi (tab. 2, 3, 4). Wyniki te (i ewentualne przeliczenia z nich wynikające) zostały omówione poniżej.



Rys. 1. Plan sytuacyjny obiektu badań  
Fig. 1. Situation plan of research area

Tabela 1. Skład granulometryczny i właściwości fizyczne materiałów z wykopów  
Table 1. Grain size distribution and physical properties of the materials from the pits

Miejscowość Locality	Głębokość Depth cm	Procentowa zawartość frakcji o średnicy Percentage concentration of fractions with diameter mm					Woda higroskopijna % wag. Hygroscopic % weight		Gęstość, G Density, G Mg · m <sup>-3</sup>	Gęstość, G <sub>n</sub> Bulk density, G <sub>n</sub> Mg · m <sup>-3</sup>	Porowatość nasypana % objętości Bulk porosity % volum.	G <sub>r</sub> + 33% wag. H <sub>2</sub> O G <sub>r</sub> + 33% weight H <sub>2</sub> O Mg · m <sup>-3</sup>
		1,0-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,006	0,006-0,002	<0,002	%				
Kurów I	0-7	4	8	28	27	16	17	1,77	2,52	1,02	34,7	1,36
	7-17	17	6	34	17	12	14	1,33	2,53	0,95	62,5	1,26
	17-25	41	36	10	6	2	5	0,49	2,50	1,23	50,8	1,64
	25-30	13	29	24	17	9	8	0,70	2,60	1,11	57,3	1,48
	30-90	30	32	19	9	4	6	0,65	2,40	1,25	47,9	1,66
	90-200	35	30	15	10	4	6	1,10	2,73	1,21	55,7	1,61
	200-220	73	16	4	1	1	5	0,15	2,49	1,33	46,6	1,77
	250-380	6	6	19	31	16	22	1,31	2,64	0,99	62,5	1,32
	500-550	6	10	17	28	16	23	1,85	2,24	1,09	51,3	1,45
	550-600	80	11	3	1	1	4	0,24	2,72	1,54	43,4	2,05
600-650	2	3	35	30	13	17	1,20	2,64	1,05	60,2	1,40	
Kurów II	0-5	6	3	7	45	19	20	2,56	2,38	1,07	55,0	1,42
	5-85	6	4	20	37	14	19	2,42	2,77	1,16	58,1	1,54
	85-115	65	21	8	2	1	3	0,49	2,21	1,43	34,4	1,90
	115-165	29	11	21	16	29	29	1,35	2,20	1,33	39,5	1,77
	165-175	14	12	22	20	10	22	1,37	2,70	1,25	53,7	1,66
Tęgorzrze	250-300	20	12	22	17	10	19	1,34	2,63	1,29	51,0	1,72
	>300	17	12	9	31	13	18	1,78	2,20	1,23	44,0	1,64
	0-12	2	3	13	37	22	23	2,19	2,25	0,97	56,9	1,29
12-55	9	6	26	30	12	17	1,88	2,45	1,10	55,1	1,46	
55-100	13	15	27	21	8	16	1,05	2,30	1,18	48,7	1,57	
100-160	19	23	17	17	6	18	1,35	2,40	1,33	44,6	1,77	
>200	26	13	21	15	5	20	0,64	2,21	1,33	39,8	1,77	

Należy wspomnieć, że w miarę osobnego traktowania odrębnych warstw w profilach lub ewentualnego ich uśredniania nie będzie brana pod uwagę praktyczna możliwość oddzielenia warstw od siebie lub ich dokładnego zmieszania: w skali technicznej, czyli w czasie prowadzenia wykopów w terenie może to stworzyć pewne trudności, mogą też powstać odchylenia od wyników spodziewanych na podstawie oznaczeń laboratoryjnych.

## WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

### Właściwości fizyczne

#### Uziarnienie (skład granulometryczny)

Oznaczenia wykonano areometryczną metodą Bouyoucosa-Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego powszechnie używaną w Polsce. W porównaniu z innymi metodami ta, którą zastosowano, może dawać pewne przesunięcia wyników na granicy frakcji piasku (1,0–0,1 mm) i pyłu grubego (0,1–0,05 mm) w razie małej zawartości piasku, jednak sądząc z danych liczbowych, w badanym materiale nie nastąpiły takie zniekształcenia wyników.

Nomenklatura grup granulometrycznych (gatunków) jest dostosowana do wymagań Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego i Normy Branżowej 78/99180-11, które różnią się od nazewnictwa przyjętego w gruntoznawstwie.

Badane próbki pod względem uziarnienia leżą w granicach zmienności, której można się spodziewać po aluwialach rzeki płynącej niezbyt prędko. Dlatego też, pomimo obecności nielicznych wkładek piaszczystych, nie ma praktycznie wcale frakcji szkieletowych, grubszych niż 1 mm (tj. kamieni i żwiru).

Tabela 2. Uziarnienie w profilu Kurów I  
Table 2. Texture in the Kurów I

Głębokość/Warstwy Depth/Layers cm	Piasek Sand	Pył Dust	Il Silt	Symbol Symbol
0–7	4	36	60	ip
7–17	17	40	43	gsp
17–25	41	46	13	płp
25–30	13	53	34	płg
30–90	30	51	19	płp
90–200	35	45	20	płp
200–220	73	20	7	psg
250–380	6	25	69	gc(p)
500–550	6	27	67	gcp
550–600	80	14	6	psg
600–650	2	38	60	ip

ip – il pylasty – clay dusty; gsp – glina średnio pylasta – sandy average silt; płp – pyl piaszczysty – dust sandy; psg – piasek słabo gliniasty – weakly loamy sand; gcp – glina ciężka pylasta – clay heavy silt; psg – piasek słabo gliniasty – weakly loamy sand

Dla uproszczenia przeglądu materiału liczbowego z tabeli 1 zsumowano zawartości procentowe pyłu (0,1–0,02 mm) i ilu (tzw. części splawialnych, mniejszych niż 0,02 mm).

W profilu Kurów I (tab. 2) warstwy 0–17 cm mają skład ilu lub gliny średniej pylastej, a warstwy 17–200 cm skład pyłu przeważnie piaszczystego. Po 20-centymetrowej wkładce piasku słabo gliniastego (200–220 cm) następuje warstwa (220)250–550 cm, a więc przeszło 3-metrowa, odpowiadająca glinie ciężkiej pylastej. Po niej znowu idzie 50-centymetrowa wkładka piasku słabo gliniastego, pod którą znajduje się dalsze 50 cm ilu pylastego.

Można więc powiedzieć, że w sensie uziarnienia w profilu Kurów I do odrzucenia nadawałyby się warstwy 200–220 cm i 550–600 cm. Nie są one przydatne do „wzmocnienia” gleby piaszczystej. Kiedy jednak można dokonać zmieszania całej warstwy 0–650 cm, wtedy uwzględniając objętość poszczególnych warstw i warstwek, otrzymuje się średnią ważoną zawartość frakcji piasku 21,2%, pyłu 32,1%, a ilu 46,7%, co odpowiada glinie średniej pylastej, może być zatem użyte do rekultywacji.

W profilu Kurów II (tab. 3) warstwy 0–85 cm mają skład gliny ciężkiej na pograniczu ilu. Potem następuje 30-centymetrowa wkładka piasku słabo gliniastego pylastego, po której przychodzi warstwa 115–300 cm składające się z gliny średniej lub ciężkiej pylastej. Ostatnia odsonięta warstwa 300–320 cm ma skład gliny ciężkiej.

W profilu Kurów II na podstawie samego uziarnienia należałoby odrzucić warstwę 85–115 cm jako zbyt lekką do poprawiania gleby piaszczystej przez mieszanie jej z warstwami powierzchniowymi.

Tabela 3. Uziarnienie w profilu Kurów II  
Table 3. Texture in the Kurów II

Głębokość/Warstwa Depth/Layer cm	Piasek Sand	Pył Dust	Il Silt	Symbol Symbol
0–5	6	10	84	i
5–85	6	24	70	gc/i
85–115	65	29	6	psgp
115–165	29	32	39	gsp
165–175	14	34	52	gcp
250–300	20	34	46	gsp
300–320	17	21	62	gc

i – il – silt; gc – glina ciężka – heavy clay; psgp – piasek słabo gliniasty pylasty – weakly loamy silty sand; gsp – glina średnio pylasta – sandy average silt; gcp – glina ciężka pylasta – clay heavy silt

Gdyby jednak chodziło o materiał do nasypu na powierzchnię, byłoby możliwe uproszczenie wydobywania przez zmieszanie wszystkich warstw 0–320 cm; wtedy średnie ważone (z uwzględnieniem objętości) dla frakcji wyniosą: piasku 21,1%, pyłu 29,6%, ilu zaś 49,3%, co odpowiada glinie średniej pylastej. Średnie zawartości frakcji są tu bardzo zbliżone do danych dla profilu Kurów I, co w terenie aluwialnym nie jest niczym niezwykłym (a z punktu widzenia użyteczności czyni oba profile niemal identycznymi).

Tabela 4. Uziarnienie w profilu Tęgoborze  
Table 4. Texture in the Tęgoborze

Głębokość/Warstwa, Depth/Layer cm	Piasek Sand	Pył Dust	łł Silt	Symbol Symbol
0-12	2	16	82	i
12-55	9	32	59	gsp
55-100	13	42	45	płi
100-160	19	40	41	gsp/płi
200-220	26	34	40	gsp

i - ilt - silt; płi - pył ilasty - clayey silt; gsp - glina średnio pylasta - sandy average silt

W profilu Tęgoborze (tab. 4) otrzymujemy następujący obraz: powierzchniowa warstwa 0-12 cm ma jeszcze skład gliny ciężkiej pylastej, a pozostałe warstwy 55-220 cm wahają się między pyłem ilastym a gliną średnią pylastą. Trzeba dodać, że te różnice w nazwie mają charakter formalny, gdyż różnice w zawartości frakcji nie są znaczne.

W profilu Tęgoborze można zaobserwować, że ze wzrostem głębokości rośnie powoli zawartość piasku, a maleje zawartość iltu. Różnice te nie dyskwalifikują żadnej z warstw jako materiału do ewentualnego wzmocnienia gleby piaszczystej przez mieszanie ze zbyt lekkim podłożem. Gdyby - podobnie jak przy poprzednich profilach - obliczyć tu średnią ważoną zawartość frakcji z uwzględnieniem objętości, to średnia owa wyniesie dla wszystkich warstw 0-220 cm po zmieszaniu 16,8% piasku, 35,9% pyłu oraz 47,3% iltu, co odpowiada glinie średniej pylastej podobnie jak w poprzednich profilach.

#### Gęstość „rzeczywista” i nasypowa porowatość

Do pomiaru gęstości objętościowej brakowało danych bezpośrednich, ponieważ podczas prac w terenie należałoby pobierać próbki o nienaruszonym układzie do specjalnych pojemników (np. cylindereków Kopecky'ego).

Dlatego też zmierzono tu gęstość nasypową. Suchą, rozdrobnioną i przesianą przez sito 1 mm glebę wsypywano po zważeniu do menzurki szklanej i przez długotrwałe pukanie dnem menzurki o zeszyt na stole doprowadzano do objętości możliwie najmniejszej, nie zmniejszającej się przy dalszym pukaniu. Naważkę w gramach dzielono przez objętość w  $\text{cm}^3$  (jest to liczbowo ta sama wielkość, co oficjalna jednostka gęstości  $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ).

Gęstość nasypowa wykazuje tendencję do wyższych wartości u gleb lekkich, a niższych u ciężkich. Zmniejszanie się gęstości jest oczywiście funkcją wzrostu porowatości. Do obliczenia porowatości w stanie gęstości nasypowej potrzebna jest gęstość „rzeczywista”, czyli gęstość fazy stałej gleby (objętość pozbawiona porów). Tę ostatnią oznaczono metodą piknometryczną (w kolbce miarowej  $100 \text{ cm}^3$ ), przy czym masę zważonej gleby pomniejszono o zawartość wody higroskopowej. Wyniki pomiarów znajdują się w tabeli 1.

Gęstość fazy stałej (tzw. rzeczywista) waha się wszędzie w granicach  $2,2-2,7 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ , co jest normalne dla gleb niepiaszczystych (dla których spotyka się wartości  $2,6-2,8 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ). Nieco wyższe są dane w profilu Kurów I, a nieco niższe w profilach Kurów II i Tęgoborze. Obliczone średnie ważone dla tych profili wynoszą odpowiednio  $2,50, 2,38$  i  $2,33 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Wartości gęstości nasypowej są oczywiście znacznie niższe, przy czym w profilu Kurów I dane wahają się od ok.  $1,0$  do  $1,54 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$  (dwa najwyższe wyniki odpowiadają wkładkom piaszczystym 200-220 i 550-600 cm); w profilu Kurów II wyniki mieszczą się w przedziale  $1,07-1,43 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$  (najwyższy wynik odpowiada wkładce piaszczystej 85-115 cm), a w profilu Tęgoborze w przedziale  $0,97-1,33 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ . Wyniki zbliżone do  $1,0 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$  można ocenić jako niskie, możliwe do osiągnięcia dopiero w stanie dużego spulchnienia przy uprawie. Średnie ważone gęstości nasypowej obliczone dla podanych wyżej profili wynoszą odpowiednio  $1,16, 1,27$  i  $1,23 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Na podstawie gęstości  $G$  i gęstości nasypowej  $G_n$  obliczono porowatość  $Por$  według wzoru:  $Por \% \text{ obj.} = 100 (G - G_n) : G$ .

Dla poszczególnych warstw porowatość (nie naturalna, lecz w stanie nasypowym) wynosi prawie wszędzie od 43 do 63% obj., a tylko w czterech przypadkach schodzi poniżej 40%. Porowatość 40-50% jest w glebach normalna, a wartości powyżej 50% są już raczej wysokie. Materiał świeżo przekopany i wysypywany na pojazd jest znacznie pulchniejszy niż przed wykopaniem, czyli jego porowatość jest większa niż „w złożu”. Obliczone średnie ważone można zestawzić jak w tabeli 5.

Próba wykorzystania tych danych do wyznaczenia przypuszczalnego ciężaru materiału przy przewozie może być przeprowadzona dwojako:

Tabela 5. Średnie ważone dla trzech profili.

Table 5. Weighted average for the three profiles.

Profil Profile	Gęstość, $G$ Density, $G$ $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$	Gęstość nasypowa, $G_n$ Bulk density, $G_n$ $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$	Porowatość, % obj. Porosity, % volume
Kurów I	2,50	1,16	58,4
Kurów II	2,38	1,27	46,6
Tęgoborze	2,33	1,23	47,2

1) wyobrażając sobie stan całkowitego nasycenia wodą jako obciążenie maksymalne, można porowatość w procentach objętości przekształcić na objętość wody w porach ( $10\% \text{ w } \text{m}^3 = 100 \text{ kg wody}$ ) i dodając tę wartość do  $G_n$ , otrzymać żadaną wielkość w  $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ ;

2) zakładając z góry pewną wielkość, np. 33% wag. zawartości wody w glebie, przemnożyć  $G_n$  przez 1,33 i otrzymać wynik w  $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Po przeanalizowaniu obu serii przeliczeń, podano tutaj tylko serię drugą. W pierwszej serii bowiem mamy do czynienia z materiałem zupełnie mokrym i płynnym, nienadającym się do przewozu, w drugiej serii natomiast materiał jest dość wilgotny - z taką zawartością wody można się praktycznie spotkać po deszczu, ale nie przekracza on jeszcze granicy płynności. Wyniki zamieszczono w tabeli 1.

Wszystkie gęstości objętościowe gleby zawierają 33% wag. wody i mieszczą się w przedziale  $1,3-2,0 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ , przy czym średnie ważone dla profilów Kurów I i II oraz Tęgoborze wynoszą odpowiednio  $1,54, 1,69$  i  $1,64 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$  (dla stanu po pełnym wymieszaniu materiału z całego profilu). Wielkości te mieszczą się w granicach normalnie spotykanych dla potrzeb przewozowych.

## Właściwości chemiczne

## Odczyn i zawartość węgla wapnia

Większość badanych próbek (tab. 6) zawiera węglan wapnia (oznaczenie  $\text{CaCO}_3$  metodą Scheiblera) w formie drobnoziarnistej, co należy uznać za korzystne zarówno dla odczynu gleby, jak i dla możliwości pobierania wapnia przez rośliny. W profilu Kurów I zakres wahań wynosi 2,27–6,79%  $\text{CaCO}_3$  (średnia ważona 4,58%). W profilu Kurów II tylko dwie wierzchnie warstwy zawierają węglan wapnia, w dolnych zaś (85–320 cm) można znaleźć tylko ślady  $\text{CaCO}_3$ ; gdyby uśrednić zawartość  $\text{CaCO}_3$  w całym profilu, strzymałoby się 0,59%, co nie jest jeszcze tak małą wartością, gdyż większość gleb Polski nie zawiera wcale tego związku. W profilu Tęgorborze węglan wapnia w ilościach 1,94–5,09% znajduje się w powierzchniowych warstwach 0–100 cm, niżej zaś nie ma go wcale lub występuje tylko śladowo; średnia ważona dla górnych 100 cm wynosi 3,93%, a po wymieszaniu wszystkich warstw 0–220 cm średnia owa powinna wynieść 1,79%  $\text{CaCO}_3$ .

Odczyn gleby, a więc pH mierzone w wodzie (metodą elektrometryczną z elektrodami szklaną i kalomelową) mieści się we wszystkich trzech profilach w granicach pH 7,5–8,1, co odpowiada odczynowi obojętnemu i słabo alkalicznemu. Jest to wielkość pozostająca w całkowitej zgodzie z omówioną wyżej zawartością węgla wapnia [Dobrzański i Zawadzki 1981]; zresztą to dość wysokie pH występuje nawet w próbkach niezawierających  $\text{CaCO}_3$ , sąsiadujących z innymi, w których on się znajduje. pH mierzone w roztworze KCl (według recepty Stacji Chemiczno-Rolniczych) jest z reguły o 0,2–0,8 jednostki pH niższe, co jest całkowicie poprawne. Natomiast w próbkach niezawierających  $\text{CaCO}_3$  różnica ta wzrasta do 0,7–1,3 jednostki pH. Należy wyjaśnić, że pH w KCl, jakkolwiek nie ma bezpośredniej styczności z rośliną, jest bardziej stałe w ciągu roku niż pH w wodzie, poza tym informuje o ewentualnej kwasowości wymiennej (im większa różnica  $\text{pH}/\text{H}_2\text{O} - \text{pH}/\text{KCl}$ , tym większa kwasowość) [Dobrzański 1970].

Ogólnie rzecz biorąc, w badanych próbkach nie stwierdzono nigdzie stanu, który wymagałby poprawy przez wapnowanie.

## Pojemność sorpcyjna i kationy wymienne

Kationy wymienne oznaczano metodą wypierania ich roztworem 1 M octanu amonu, następnie w przesączu oznaczano wapń i magnez kompleksometrycznie, a potas i sód fotokolorymetrycznie. Wymienny jon wodorowy oznaczano jako kwasowość hydrolytyczną  $Kh$  metodą Kappena z 0,5 M octanem wapnia.

Szczegółowe dane opracowano w następujący sposób: zesumowano jony wapnia, magnezu, potasu i sodu, otrzymując sumę zasad wymiennych  $S$ , dodano do niej  $Kh$  otrzymując całkowitą pojemność sorpcyjną  $T$  (dla kationów). Dzielać  $S$  przez  $T$  i mnożąc wynik przez 100, otrzymano wskaźnik nasycenia kompleksu sorpcyjnego przez kationy  $V$  (w procentach). Po zaokrągleniu wyników ujęto wszystko w przeglądową tabelę 7.

Kwasowość hydrolytyczna jest wszędzie niska i nie wskazuje na potrzebę wapnowania. W profilu Kurów I  $Kh$  najczęściej mieści się w zakresie 0,34–0,52  $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ , w profilu Kurów II 0,45–0,77  $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ , a w profilu Tęgorborze 0,26–0,77  $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

Suma zasad wymiennych  $S$  bywa niekiedy dość wysoka, co idzie w parze z zawartością iłu i próchnicy [Oleksynowa i in. 1972]. W profilu Kurów II zakres ten obniża

Tabela 6. Właściwości chemiczne materiału z wykopu  
Table 6. Chemical properties of the material from the pit

Miejscowość Locality	Głębokość Depth cm	pH	KCl	CaCO <sub>3</sub>	K <sub>n</sub>	mg · 100 g <sup>-1</sup> gleby mg · 100 g <sup>-1</sup> soil				C	Material organic materials	N ogólny total nitrogen	C:N	Przysswajalność mg · 100 g <sup>-1</sup> gleby Assimilate mg · 100 g <sup>-1</sup> soil	
						Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>					K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Kurów I	0–7	7,7	7,3	6,79	0,51	9,10	21,80	0,18	0,30	1,256	2,16	0,134	9,4	5,0	3,0
	7–17	7,9	7,6	5,26	0,65	16,10	2,90	0,32	0,32	1,940	3,34	0,200	9,7	15,0	14,0
	17–25	7,5	7,2	3,98	0,39	10,50	0,70	0,10	0,21	1,525	2,63	0,149	10,2	6,0	6,2
	25–30	7,9	7,4	3,98	0,45	11,20	1,93	0,19	0,32	1,065	1,84	0,108	9,8	7,0	6,0
	30–90	7,8	7,4	4,66	0,34	12,00	0,70	0,14	0,31	1,350	2,34	0,124	10,9	4,0	6,2
	90–200	8,0	7,5	4,15	0,34	11,38	1,90	0,12	0,28	0,769	1,31	0,169	8,6	4,0	3,0
	200–220	7,7	7,5	2,63	0,52	8,75	1,75	0,37	0,26	0,460	0,84	0,049	8,4	3,0	4,0
	250–380	8,1	7,4	5,67	0,25	13,30	1,75	0,32	0,29	1,540	2,64	0,211	8,7	13,0	4,5
	500–550	8,0	7,3	4,81	0,51	12,60	1,93	0,45	0,29	1,540	2,64	0,221	7,0	12,0	4,0
	550–600	8,0	7,7	2,27	0,32	16,45	2,45	0,08	0,26	0,430	0,74	0,038	11,3	3,0	4,0
600–650	8,1	7,4	5,93	0,51	14,53	n.o.	0,30	0,33	1,550	2,66	0,153	10,1	12,0	7,0	
Kurów II	0–5	7,4	7,0	0,87	0,90	17,15	1,41	0,42	0,37	2,230	3,84	0,193	11,5	13,0	5,0
	5–85	7,9	7,2	2,32	0,64	16,10	1,40	0,25	0,36	1,220	2,10	0,105	11,6	6,0	3,0
	85–115	7,9	7,1	0,00	0,45	3,50	2,84	0,06	0,14	0,210	0,35	0,019	11,0	2,0	1,5
	115–165	7,7	6,4	0,00	0,09	7,00	0,70	0,14	0,25	0,640	1,10	0,086	7,4	6,0	3,5
	165–175	7,7	6,6	0,00	0,77	9,10	1,40	0,19	0,29	0,834	1,44	0,115	7,2	6,0	śląd
Tęgorborze	250–300	7,8	6,4	śląd	0,77	7,35	1,23	0,17	0,24	0,480	0,82	0,057	7,4	6,0	śląd
	>300	7,9	7,2	0,00	0,51	12,35	1,05	0,15	0,26	0,675	1,16	0,086	7,8	4,0	śląd
	0–12	7,8	7,2	6,09	0,45	16,45	2,45	0,45	0,36	1,830	3,15	0,163	11,2	14,0	7,5
12–55	8,0	7,2	5,67	0,26	14,35	2,10	0,23	0,33	1,260	2,17	0,115	10,9	8,0	4,0	
55–100	8,0	7,3	1,94	0,81	14,46	1,29	0,16	0,29	1,130	1,95	0,124	9,1	6,0	3,8	
100–160	7,9	7,3	0,00	0,00	10,50	4,90	0,15	0,29	0,806	1,39	0,096	8,4	6,0	5,0	
>200	7,7	6,4	śląd	0,77	7,00	1,75	0,14	0,26	0,610	1,05	0,067	9,7	4,5	5,0	

Tabela 7. Pojemność sorpcyjna i kationy wymienne  
Table 7. Sorption capacity and exchangeable cations

Głębokość/Warstwy, cm Depth/Layers, cm	S	Kh	T	V, %
Kurów I				
0-7	31,4	0,5	31,9	98
7-17	19,5	0,7	20,2	97
17-25	11,5	0,4	11,9	97
25-30	13,6	0,5	14,1	97
30-90	13,2	0,3	13,5	97
90-200	23,7	0,3	24,0	99
200-220	10,8	0,5	11,3	95
250-380	15,7	0,2	15,9	98
500-550	15,3	0,5	15,8	97
550-600	19,2	0,3	19,5	98
600-650		0,5		
Kurów II				
0-5	19,4	0,9	20,3	96
5-85	18,1	0,6	18,7	97
85-115	6,5	0,5	7,0	94
115-165	8,1	0,1	8,2	99
165-175	10,9	0,8	11,7	93
250-300	9,0	0,8	9,8	92
300-320	13,8	0,5	14,3	96
Tęgoborze				
0-12	19,7	0,5	20,2	98
12-55	17,0	0,3	17,3	98
55-100	16,2	0,8	17,0	95
100-160	15,8	0,5	16,3	97
200-220	9,1	0,8	9,9	92

S – suma zasad wymiennych – sum base exchange; Kh – kwasowość hydrolytyczna – acidity hydrolytic;  
T – pojemność sorpcyjna – sorptive capacity; V – wskaźnik nasycenia – saturation index

się do 6–14 cmol · kg<sup>-1</sup>; w profilu Tęgoborze prawie wszystkie wartości S mieszczą się w przedziale 15–20 cmol · kg<sup>-1</sup>.

Wielkości te należy ocenić jako normalne i nieobniżające w niczym jakości materiału glebowego. Jeśli idzie o zawartość jonów wapnia, to mieści się ona przeważnie w przedziale 10–16 cmol · kg<sup>-1</sup>, podczas gdy zawartość jonów magnezu przeważnie leży w przedziale 1–3 cmol · kg<sup>-1</sup>; jest rzeczą normalną, aby wapnia było wyraźnie więcej niż magnezu, jednakże ewentualne przekroczenia tej reguły nie osiągają niepokojących rozmiarów. Zawartość jonów potasu waha się w granicach 0,06–0,45 cmol · kg<sup>-1</sup>, przy czym najczęstsze są (we wszystkich trzech profilach) wartości 0,10–0,25 cmol · kg<sup>-1</sup>. Dla sodu odpowiedni zakres wahań wynosi 0,21–0,36 cmol · kg<sup>-1</sup> (we wszystkich profilach). W 80% przypadków zauważyć można nieznaczną przewagę sodu nad potasem, co w glebach naturalnych zachodzi niezbyt często. Tu jednak można przypuszczać, że pewien wpływ na to ma woda rzeczna w terenie zamieszkałym (ścieki osiedli zawierają

z reguły sól ze soli kuchennej i środków piorących); ponadto różnice na korzyść sodu są niewielkie i nie mają znaczenia szkodliwego.

#### Zawartość substancji organicznej, węgla i azotu

Osady aluwialne (tab. 6), składające się przeważnie z materiału zmytego z powierzchni gleby, zawierają z reguły pewne ilości bezpostaciowej substancji organicznej, zwanej w glebie próchnicą (lub humusem). Zawartość jej w badanych próbkach nie jest specjalnie wysoka, ale przeważnie przekracza 1% (w glebie ornej o takim uziarnieniu można by oczekiwać około 2%). Najmniejsze jej ilości występują w próbkach określonych jako piaszczyste (Kurów I, 200–220 cm – 0,84%, 550–600 cm – 0,74%; Kurów II, 85–115 cm – 0,35%). Obniżona zawartość próchnicy w próbce Kurów II 250–300 cm nie jest związana z uziarnieniem.

Należy wyjaśnić, że zawartość węgla organicznego była oznaczana metodą dwuchromianową w modyfikacji Oleksynowej, a zawartość azotu metodą Kjeldahla. Przyjmując 58% za średnią (umowną) zawartość węgla w próchnicy, przemnaża się procentową zawartość węgla przez współczynnik 100 : 58 = 1,723, aby otrzymać zawartość próchnicy [Musierowicz 1956]. Zawartość ta zwykle jest skorelowana z zawartością frakcji iltu, a w szczególności iltu koloidalnego (mniejszej niż 0,002 mm). Dzieląc procent węgla przez procent azotu, otrzymuje się stosunek C : N [Musierowicz 1956], który jest miarą stopnia i warunków humifikacji i w polskich glebach uprawnych oscyluje wokół 10 : 1 (znacznie wyższe wartości C : N znaleźć można w kwaśnych glebach leśnych i torfowych).

Omówiona wyżej zawartość węgla organicznego może być oceniana jako dobra i niezbyt niska, co powinno ułatwić zarówno procesy mikrobiologiczne, jak i wzrost roślin oraz stworzyć dobre stosunki wodno-powietrzne. Jednakże ze względu na to, że duża część materiału pochodzi z głębokich części wykopu, wydaje się potrzebne pobudzenie rozwoju mikroorganizmów (także zwierzęcych) przez zasilenie nasypanej warstwy gleby, mającej tworzyć powierzchnię roli lub ogrodu przez zasianie łubinu (szczepionego Nitraginą) na zielony nawóz lub przynajmniej przez dodanie pewnej ilości kompostu. Ponadto w pierwszym (a może i drugim) roku uprawy może być potrzebne silniejsze niż normalnie nawożenie mineralne – również w celu pobudzenia rozwoju organizmów glebowych.

Wspomniane wyżej zabiegi oparte są na doświadczeniu przy rekultywacji zwalów kopalnianych. Z tych samych doświadczeń wynika, że należy unikać długiego składowania ziemi zawierającej próchnicę (nie przekraczać kilku miesięcy od jej wykopania), gdyż jakość próchnicy w niej zawartej pogarsza się, a jej ilość maleje.

Zawartość azotu w badanych próbkach jest całkowicie w normie, tak że obliczone wartości stosunku C : N leżą w zakresie 8–12 (w czterech przypadkach 7–8), co należy uznać za poprawne i niepowodujące trudności w użytkowaniu materiału jako podłoża dla roślin. Niższe wartości stosunku C : N wynikają z nieco wyższej zawartości azotu w stosunku do węgla.

#### Składniki przyswajalne

W celu zorientowania się co do ewentualnej potrzeby nawożenia oznaczono także zawartość potasu i fosforu w formie przyswajalnej dla roślin według metody Egnera-Riehna używanej w stacjach chemiczno-rolniczych. Ustalono wartości w mg · 100 g<sup>-1</sup>

(albo według oficjalnej skali w  $\text{cg} \cdot \text{kg}^{-1}$  [Kopaliński 1989]) gleby należy porównać z liczbami granicznymi. Na tej podstawie opracowano tabelę 8, gdzie liczba przypadków, w których oznaczone wartości mieszczą się w umownych granicach, daje wyobrażenie o zasobności gleby w składniki łatwo przyswajalne dla roślin.

Tabela 8. Zasobność gleby w składniki łatwo przyswajalne dla roślin  
Table 8. The components of the soil ingredients easily available to plants

Zawartość Contents	$\text{P}_2\text{O}_5$ $\text{cg}^{**} \cdot \text{kg}^{-1}$	$\text{K}_2\text{O}^*$ $\text{cg}^{**} \cdot \text{kg}^{-1}$	Częstotliwość Frequency	
			$\text{K}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$
Niska / Low	do 5	do 9	17	17
Średnia/ Average	6–10	10–15	6	5
Wysoka/ High	od 11	od 16	–	1

\* dla gleb o średnim uziarnieniu – for soils with average grain

\*\* centygram – centigramme =  $10^{-2} \text{g} = 10^{-5} \text{kg}$

Można więc większość warstw określić jako ubogie w przyswajalny potas i fosfor, a tylko niektóre jako średnio zasobne (gdzie nawożenie nie jest konieczne co roku). Notabene, ubóstwo gleb w fosfor jest w Karpatach znane (skały glebotwórcze są weń ubogie), tak że zaleca się uzupełnianie tego składnika przez nawożenie. W omawianym przypadku będzie potrzebne również nawożenie potasem oraz w miarę potrzeby azotem.

#### Skład mineralny próbek gleb (aluwiów)

Aby uzyskać wgląd w jakość substancji ilastych wchodzących w skład próbek, wykonano ich termiczną analizę różnicową przy użyciu węgierskiego aparatu Derivatograph (system Paulika i in. [1989]). Próbki do termoanalizy były przygotowane przez mycie rozcieńczonym HCl w celu usunięcia  $\text{CaCO}_3$  i ogrzewanie z perhydrolem w celu usunięcia substancji organicznej oraz przemywanie wodą destylowaną i wysuszenie.

Analiza termiczna była przeprowadzona w atmosferze powietrza, w zakresie temperatur od 20 do 1000°C przy szybkości ogrzewania próbki 10°C na minutę. Warunki analizy to naważka 400 mg, czułość: TG (termograwimetria) – 100 mg, DTA (termiczna analiza różnicowa) – 1/3, DTG (termograwimetria różnicowa) – 1/15 lub 1/10. Substancją wzorcową był wyprażony tlenek glinu (termicznie nieaktywny). Ponieważ w trakcie pracy okazało się, że termogramy próbek są do siebie podobne, ograniczono się do analiz na 7 próbkach, a mianowicie:

- nr 1 – Kurów I, 0–7 cm,
- nr 2 – Kurów I, 7–17 cm,
- nr 4 – Kurów I, 35–50 cm,
- nr 9 – Kurów I, 500–550 cm,
- nr 14 – Tegoborze, 55–100 cm,
- nr 21 – Kurów II, 165–175 cm,
- nr 23 – Kurów II, 300–320 cm.

Otrzymane derywatogramy (wykresów tu nie załączono) są kształtem bardzo do siebie zbliżone. Każda krzywa DTA charakteryzuje się dwoma istotnymi efektami termicznymi.

Pierwszy z nich to dość rozległy, kopulasty efekt egzotermiczny, widoczny w przedziale 200–440°C. Przyczyną jego powstania jest niewielka ilość organicznej substancji, która w tych temperaturach się spala (z czego wynika, że ogrzewanie próbki z perhydrolem nie było wystarczające). Reakcji spalania towarzyszy ciągły powolny ubytek masy próbek widoczny na krzywych TG. Maksimum efektu egzotermicznego przypada na temperaturę ok. 300°C (zob. tab. 9); poszczególne próbki różnią się między sobą wielkością amplitudy tego efektu. Jest ona największa dla próbek 1 i 2, a najmniejsza dla próbek 4 i 14. Na termogramie próbki 21 widać podwójny efekt egzotermiczny o słabych maksimach w temperaturach ok. 230 i 380°C, co wskazuje na dwuetapowe spalanie substancji organicznej.

Drugim efektem cieplnym występującym na termogramach wszystkich próbek jest mały, ostro zakończony efekt endotermiczny, widoczny w temperaturze 573°C. Jest to pik kwarcu, przechodzącego w tej temperaturze z odmiany alfa (niskotemperaturowej) w odmianę beta (wysokotemperaturową). Reakcja ta nie pociąga za sobą zmiany masy próbki. Zawartość tego składnika w badanym materiale jest duża.

Na termogramie każdej próbki na pik kwarcowy nakłada się niewielki efekt endotermiczny mający maksimum pomiędzy 530 a 560°C. Jest on słabo widoczny na krzywych DTA na skutek deformacyjnego wpływu efektu spalania substancji organicznej. To endotermiczne maksimum wiązać należy z obecnością substancji ilastej typu illitu, która w tym przedziale ulega dehydroksylacji. Reakcja ta pociąga za sobą straty wagowe widoczne na krzywych DTG i TG. Ubytek masy na krzywych DTG (niewielkie wychylenie w zakresie 420–700°C) jest bardzo mały, a dla próbek 4 i 21 wręcz nieczytelny.

Po wykonaniu analizy termicznej wszystkie próbki przybrały pomarańczowe zabarwienie. Ta barwa spieku świadczy o obecności związków żelaza, które nie wywołały efektów termicznych widocznych na derywatogramach.

Należy dodać, że na termogramach w początkowej części krzywych DTA występuje niewielki, mało istotny efekt endotermiczny z maksimum poniżej 100°C, związany z obecnością wilgoci. Pik ten jest słabo widoczny, zmniejszony efektem spalania substancji organicznej. Towarzyszący mu efekt ubytku masy jest widoczny na krzywych DTG do temperatury 200°C. Można sądzić, że w tym zakresie temperatur zachodzi również dehydratacja ilastego składnika próbek.

W tabeli 9 przedstawiono wyniki analizy termicznej dla poszczególnych próbek (straty wagowe i temperatury im odpowiadające).

Skład mineralny próbek wykrywalny metodą termiczną wygląda następująco. Poza kwarcem, którego obecność w glebach jest oczywista, jedynym wykrywalnym termicznie minerałem ilastym okazał się illit (kalcyt został usunięty przed analizą). Częstość przewaga ilościowa illitu w glebach Polski jest znana, a zawierają go w szczególności gleby Karpat. W aluwialnych rzecznym uzyskujemy dość dokładnie zmieszanie materiału z różnych części zlewni, a segregacja (zależna od prędkości przepływu wody) dotyczy ziaren grubszych, nieilastych, np. piasku i pyłu kwarcowego, oraz drobniejszych ilastych. Illit to minerał o przeciętnej wśród minerałów ilastych pojemności wodnej i sorpcyjnej. Jego ogólna zawartość w próbce nie jest ściśle określona, ale musi być mniejsza niż zawartość ilu koloidalnego (frakcji mniejszej niż 0,002 mm – tab.1).

Tabela 9. Straty wagowe i zakresy temperatur przy analizie termicznej  
Table 9. Weight loss and temperature ranges during thermal analysis

Nr próbki Sample No.	Wilgoć + dehydracja minerałów ilastych, % wag. Humidity + dehydration argillaceous minerals, % weight	Spalanie substancji organicznej, % wag. To burn organic substance, % weight	Dehydracja minerałów ilastych, % wag. Dehydration argillaceous minerals, % weight	Suma strat wagowych, % wag. Sum to loss in weigh, % weight
1	2,25 20-(70)-200°C*	1,50 200-(300)-440°C	3,25 440-(560)-1000°C	7,00
2	2,25 20-(90)-200°C	1,50 200-(310)-440°C	3,00 440-(560)-1000°C	6,75
4	1,00 20-(80)-200°C	1,00 200-(310)-440°C	2,25 440-(560)-1000°C	4,25
9	1,75 20-(90)-200°C	1,50 200-(300)-430°C	3,00 430-(530)-1000°C	6,25
14	1,50 20-(80)-200°C	1,25 200-(300)-440°C	2,25 440-(540)-1000°C	5,00
21	1,25 20-(90)-200°C	1,25 200-(230,350)-440°C	2,00 440-(550)-1000°C	4,50
23	2,00 20-(90)-200°C	1,25 200-(310)-420°C	3,00 420-(550)-1000°C	6,25

\* W nawiasie temperatura maksimum reakcji – In bracket temperature maximum reaction.

### Całkowity skład chemiczny masy próbek

W początkowej fazie badań użyto szybkiej metody spektrograficznej pozwalającej na określenie rzędu wielkości lub granic, w których mieści się rzeczywista zawartość składników. Wyniki zawiera tab. 10.

Na wstępie wymienionej tabeli podano zakresy zawartości tzw. mikropierwiastków, tj. takich, które występują w glebach i skałach w ilościach mniejszych (lub znacznie mniejszych) niż 1% i znajdujące się w suchej masie roślin również w małych ilościach.

Do mikropierwiastków potrzebnych dla roślin i zwierząt można zaliczyć żelazo, mangan, miedź, bor, cynk, molibden, kobalt, jod, chlor, fluor, niekiedy brom, wreszcie tzw. ultramikropierwiastki: chrom, lit i selen (znajdujące w roślinach w ilości 0,1–0,01 ppm). Do pierwiastków, które roślinom nie są do rozwoju konieczne, należą jod i fluor (konieczne dla zwierząt) i inne mikropierwiastki.

Należy podkreślić, że nie cała ilość pierwiastka podana w tabeli jest dla roślin dostępna, może bowiem występować w połączeniach nierozpuszczalnych (tak jest zwłaszcza z chromem, niklem, wanadem, wolframem, barem itp.).

Dlatego też podane liczby zostaną kolejno omówione przy jednoczesnym zestawieniu z danymi w podręczniku Kabata-Pendias i Pendias [1979].

- Miedź – do 50 ppm zawartość jest normalna, ponad 50 ppm zdarza się rzadko; przy pH powyżej 7 rozpuszczalność maleje.
- Cynk – do 100 ppm zawartość jest normalna.
- Ołów – zawartość do 100 ppm na ogół uważa się w Polsce za normalną, powyżej 100 ppm za nadmierną, pochodzącą ze skażeń przemysłowych; odczyn obojętny lub zasadowy i nawożenie fosforanami ograniczają przyswajalność.
- Kadm – ilości 1–2 ppm uważane są za normalne, powyżej za nadmierne, pochodzące ze skażeń przemysłowych.
- Arsen – w ilościach do 100 ppm może nie być szkodliwy.
- Chrom – zawartość do 100 ppm może być uważana za normalną, powyżej za nadmierną, zależy to jednak od stopnia utlenienia, gdyż chrom sześciowartościowy (jak w dwuchromianach) jest lepiej rozpuszczalny i 100 razy bardziej szkodliwy niż chrom trójwartościowy (zwykle obecny jako kation i słabo rozpuszczalny); w przypadku wód rzecznych może pochodzić ze ścieków garbarskich lub galwanizerni.
- Wanad – zawartość do 100 ppm uznaje się za normalną.
- Nikiel – w glebach gliniastych Polski zawartość do 100 ppm jest normalna (nikiel jest obecny przeważnie w minerałach trudno rozpuszczalnych).
- Molibden – zawartość 3–10 ppm jest normalna.
- Wolfram – ilości do 10 ppm są uważane za normalne, chociaż wyższe zawartości zdarzają się w skałach i glebach; na ogół występuje w połączeniach trudno rozpuszczalnych.
- Stront – przeważnie występuje w ilościach do paru tysięcy ppm; stront, zbliżony do wapnia, nie jest dla roślin wyraźnie toksyczny.
- Bar – z reguły występuje w połączeniach trudno rozpuszczalnych; zawartość 500–1000 ppm jest w glebach normalna.
- Lit – zawartość kilkuset ppm można uznać za wysoką, lecz normalną; ilości do 1000 ppm wydają się nadmierne i trudne do wytłumaczenia.



Tabela 10. Orientacyjne przedziały zawartości pierwiastków (całkowicie)  
Table 10. Approximate range of the element content (total)

Pierwiastek Element	Cu	Zn	Pb	Cd	As	Cr	V	Ni	Mo	W	Sr	Ba	Li
Kuroń I													
0-5	10 100	30 100 1000	300 1000	m100	m100	100 300	30 100	10 100	3 10	10 100	1000 10 000	100 1000	100 300
7-17	"	30 100	300 1000	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 300
7-25	"	m30	10 100	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 1000
5-30	"	m30	10 100	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 1000
30-90	"	m30	10 100	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 1000
90-200	"	m30	10 100	"	"	"	"	"	"	"	"	100 1000	1000 10000
200-220	"	m30	10 100	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 1000
220-380	"	30 100	300 1000	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 1000
380-550	"	30 100	300 1000	"	"	"	"	"	"	"	"	100 1000	1000 10000
550-600	"	m30	10 100	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 1000
600-650	"	30 100	300 1000	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 1000
Kuroń II													
0-5	10 100	m30 100	10 100	m100	m100	100 300	30 100	10 100	3 10	10 100	1000 10 000	100 1000	100 300
5-85	"	m30	300 1000	"	"	"	"	"	"	"	"	100 1000	300 1000

Acta Sci. Pol.

85-115	"	30 100	10 100	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 1000
115-165	"	m30	300 1000	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 1000
165-175	"	m30	300 1000	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 1000
175-300	"	m30	300 1000	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 1000
300-320	"	m30	300 1000	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 1000
Tęgohorze													
0-12	10 100	30 100	300 1000	m100	m100	100 300	30 100	10 100	3 10	10 100	1000 10 000	100 1000	100 300
12-55	"	m30	300 1000	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 300
55-100	"	m30	300 1000	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 300
100-160	"	m30	100	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 1000
160-220	"	m30	10	"	"	"	"	"	"	"	"	30 100	100 1000

\* - jak wyżej - above,  
m - mniej niż - less than; dwie liczby podają górną i dolną granicę zawartości - two numbers as lower limit and upper limit of contents; wszystkie dane w ppm = cz. na milion - all data parts per million.

Informacje dodatkowe - Additional information:

We wszystkich próbkach występowały Zr i Co, mniej niż 100 ppm. Inne pierwiastki (we wszystkich próbkach): Al 5-15%; Si, Ca i Fe więcej niż 1%; K 2-5%; Na 0,1-1,0%; Mg 0,2-1,0%; Ti 0,1-0,5%; Mn 0,10-0,15%.

In the all of samples presented Zr and Co, less than 100 ppm. Other elements (in the all of samples): Al 5-15%; Si, Ca i Fe more than 1%; K 2-5%; Na 0,1-1,0%; Mg 0,2-1,0%; Ti 0,1-0,5%; Mn 0,10-0,15%.

Dla porównania ze skalą w ppm: 0,1% = 1000 ppm; 0,01% = 10 ppm; 0,001% = 10 ppm.

Compare in ppm scale 0,1% = 1000 ppm; 0,01% = 10 ppm; 0,001% = 10 ppm.

Environ. Chem. 10 (4) 2011

- Cyrkon - zawartość do 100 ppm można uznać za normalną.
- Kobalt - za normalną w glebie można uznać zawartość do 35–50 ppm; związki kobaltu (podobnie jak żelaza, do którego kobalt jest zbliżony) przy odczynie obojętnym i alkalicznym są słabo rozpuszczalne.

Sumarycznie rzecz biorąc, wstępne wyniki podające zakresy zawartości różnych pierwiastków można zdaniem autorów uznać za normalne i niebudzące obaw, gdy chodzi o użycie materiału z wykopów do rekultywacji gleb, dla następujących składników: cynk, chrom, wanad, molibden, arsen, nikiel, stront, bar, cyrkon. Natomiast dokładniejszego zbadania w najbliższej przyszłości będzie wymagała zawartość ołowiu i kadmu, być może także miedzi, wolframu, litu i kobaltu.

Obecność pierwiastków wymienionych w zakończeniu tabeli 10 (a więc tzw. makropierwiastków, choć żelazo i mangan są w roślinie obecne jako mikropierwiastki) należy uznać za najzupełniej normalną i niebudzącą zastrzeżeń przy rekultywacji.

## PODSUMOWANIE

Oznaczono tu różne właściwości fizyczne i chemiczne warstw osadów (namulów) Dunajca pobranych z trzech wykopów lub wierceń w miejscowościach Kurów i Tęgorborze. Badania i interpretacje wyników przeprowadzono z punktu widzenia możliwości użycia materiału z wykopów do poprawienia właściwości gleb ornyc lub ogrodniczo przydatnych przez domieszczenie ich do warstwy onej bądź też do rekultywacji gleb małej wartości przez pokrycie ich warstwą osadu.

Badany materiał charakteryzuje się dobrymi właściwościami chemicznymi i fizycznymi. W podstawowej masie danych nie znaleziono czynników szkodliwych dla roślin – są one raczej pozytywne. Jednakże nie jest jeszcze ostatecznie rozstrzygnięta sprawa zawartości w nich ciężkich metali, takich jak ołów i kadm (a może niektórych innych); wymagają one osobnego badania i serii dokładniejszych oznaczeń.

## WNIOSKI

1. W związku z obecnością wkładek o różnym uziarnieniu zastosowano metodę obliczenia średnich ważonych przy uwzględnieniu miąższości warstw – w ten sposób ujęte profile Kurów I i II oraz Tęgorborze wykazują obecność 17–21% frakcji piasku, 30–36% pyłu i 47–49% iltu, co odpowiada glinie średniej pylastej (zbliżonej do gliny ciężkiej pylastej); jest to więc materiał przydatny do meliorowania gleb lekkich.
2. Na podstawie pomiarów gęstości i gęstości nasypowej obliczono:
  - a) porowatość w stanie gęstości nasypowej, która po uśrednieniu wynosi 47–58% obj.,
  - b) ciężar 1 m<sup>3</sup> materiału przy zawartości 33% wilgoci, który wynosi 1,5–1,7 t.
3. Większość próbek zawiera węglan wapnia, wszystkie zaś wykazują odczyn obojętny lub lekko alkaliczny, co jest cechą korzystną.
4. Pojemność sorpcyjna badanych próbek i zawartość poszczególnych kationów (Ca, Mg, K, Na) jest zbliżona do najczęściej w glebach spotykanej; kwasowość hydrolytyczna jest niska, nie ma więc potrzeby wapnowania materiału w najbliższym czasie.
5. Zawartość substancji organicznej przeważnie przekracza 1%, co jest częste w namulach rzecznych; jest to cecha korzystna. Zawartości węgla i azotu pozostają we

właściwym stosunku. Jednakże ze względu na przypuszczalną małą aktywność biologiczną materiału z głębokich wykopów należy po usypaniu nowej warstwy „gleby” dodać na powierzchni kompost ewentualnie obornik lub zasiać roślinę motylkową (szczepioną) na zielony nawóz oraz przez pierwsze dwa lata stosować powiększone nawożenie mineralne – aby przyspieszyć rozwój mikroorganizmów glebowych.

6. Zawartość przyswajalnych składników wskazuje, że w większości przypadków, a w mieszance wszędzie, będzie potrzebne nawożenie fosforowe i potasowe.
7. Po wykonaniu analizy termicznej stwierdzono w składzie mineralnym namulów obecność kwarcu (istnieje on jako piasek i pył w niemal każdej frakcji wielkości ziarna) oraz ok. 5–10% illitu, minerału iltastego często w Polsce spotykanego i najczęściej spośród minerałów iltastych występującego także w Karpatach; jego zdolności wchłaniania wody i powiększania pojemności sorpcyjnej gleby ocenić można jako średnie.
8. Przegląd zawartości wszystkich pierwiastków wykrywalnych spektroskopowo pozwala stwierdzić, że wśród makropierwiastków nie ma żadnych odchyśleń od normy, a wśród mikropierwiastków większość wykazuje zawartości będące w normie; zbyt wysoki w stosunku do norm wydaje się zakres wahań miedzi, chromu, ołowiu, kadmu, litu i kobaltu.

## PIŚMIENICTWO

- Dobrzański B., Zawadzki S., 1981. Gleboznawstwo. PWRiL Warszawa.
- Dobrzański B., 1970. Gleboznawstwo. Zajęcia praktyczne. PWN Warszawa.
- Oleksynowa K., Tokaj J., Jakubiec J., 1972. Przewodnik do ćwiczeń z gleboznawstwa i geologii. Red. T. Komornicki. Wyd. WSR Kraków.
- Musierowicz A., 1956. Gleboznawstwo ogólne. PWRiL Warszawa.
- Kopaliński W., 1989. Podręczny słownik wyrazów obcych. Oficyna Wyd. Rytm Warszawa.
- Paulik J., Paulik F., Erdey L., 1989. Derivatograf do badań termicznych różnicowych oraz termogravimetrycznych. Katedra Technologii Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych AGH Kraków.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 1979. Pierwiastki śladowe w środowisku biologicznym. Wyd. Geologiczne Warszawa.

## THE DEVELOPMENT OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE ROŻNÓW RESERVOIR SEDIMENTS AND THE POSSIBILITY OF USING THEM FOR RECLAMATION

**Abstract.** The work presents results of a research done on the usefulness of exploiting sediments accumulated in the Rożnów reservoir. Physical and chemical properties have been determined for samples taken from three pits and boreholes. The aim of the research was to investigate the possibility of using the sediments for plants growth, to measure the probable weight of one cubic metre of the material for transport, and also to determine the toxic elements content in the sediments.

**Keywords:** sediments, the Rożnów reservoir, physical properties, chemical properties, reclamation

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 28.11.2011