

MIROSLAW ORZECZOWSKI¹, SŁAWOMIR SMÓLCZYŃSKI¹, ANDRZEJ
WYRZYKOWSKI²

WŁAŚCIWOŚCI GLEB NA ZREKULTYWOWANYCH TERENACH PO EKSPLOATACJI PIASKU I ŻWIRU W KOPALNI „SARNOWO” W WOJEWÓDZTWIE MAZOWIECKIM

SOIL PROPERTIES OF RECLAIMED SITES OF SAND AND GRAVEL POST-MINE “SARNOWO” IN MAZOWIECKIE VOIVODESHIP

¹Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
w Olsztynie, ²Olsztyńskie Kopalnie Surowców Mineralnych Sp. z o.o.

Abstract: Physicochemical and soil water retention properties were measured for soils developed on sites reclaimed 20, 6, 3 and 2 years earlier. The depth of humus horizon varied from 18 to 22 cm and was a result of reclamation activities. The C/N ratio in humus horizons ranged 15.4 : 1 to 21.9 : 1. The time that passed since the end of reclamation activities has not have a significant impact on the chemical and water-physical properties as well as on the rate of soil formation processes. Water retention ability of examined soil was low and depended on the humic horizon. Total porosity is predominated by the macropores. In surface horizons A_{an}, water content at pF 2.0 as well as mesopores volume and content of water easily available for plants was higher than in subsurface horizons.

Key words: reclamation, Arenic Anthrosols, chemical and retention properties, C:N.

Słowa kluczowe: rekultywacja, gleby antropogeniczne piaszczyste, właściwości chemiczne i retencyjne, C:N.

WSTĘP

Eksploatacja kruszyw naturalnych metodą odkrywkową powoduje całkowite zniszczenie pokrywy glebowej, przekształcenia rzeźby terenu i zmiany stosunków wodnych. Największym przedsiębiorstwem wydobywczym w Polsce północno-wschodniej jest spółka „Olsztyńskie Kopalnie Surowców Mineralnych”, która posiada 13 zakładów na terenie województw warmińsko-mazurskiego, mazowieckiego i pomorskiego. Spółka przywiązuje dużą wagę do ograniczenia rozmiarów i skutków oddziaływania kopalni na środowisko, wyrazem czego jest uzyskanie certyfikatu zintegrowanego systemu

zarządzania jakością i środowiskiem na zgodność z wymaganiami norm PN-EN ISO 9001:2001 i PN-EN 14001:2005. Tereny po eksploatacji kruszyw, ze względu na piaszczysty charakter utworów, podlegają rekultywacji głównie w kierunku leśnym lub wodnym, rzadziej rolniczym.

Celem pracy było zbadanie właściwości chemicznych i powietrzno-wodnych gleb antropogenicznych wykształconych po eksploatacji piasku i żwiru oraz próba określenia tempa procesów glebotwórczych w zależności od czasu, jaki upłynął od momentu zakończenia zabiegów rekultywacyjnych.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na terenie zrehabilitowanych wyrobisk po eksploatacji kruszyw naturalnych (piasku i żwiru) we wsi Sarnowo w gminie Kuczbork Osada w województwie mazowieckim. Źłoże stanowiły osady piaszczysto-żwirowe pochodzenia wodnolodowcowego. W nadkładzie występowały przeważnie piaski gliniaste. Przed eksploatacją zdjęto poziom próchniczny, który złożono na przyrmach. W miarę kończenia eksploatacji poszczególne pola wykopów wypełniano odpadem poprodukcyjnym, a na powierzchni rozprowadzano warstwę substancji organicznej. Następnie zastosowano wapno w formie węglanowej oraz następujące dawki nawozów pod wysiew łubinu żółtego (czysty składnik) N-50 kg·ha⁻¹, P-70 kg·ha⁻¹, K-100 kg·ha⁻¹. Prace rekultywacyjne zakończono przyoraniem łubinu jako nawozu zielonego. Ustalono leśny kierunek rekultywacji (nasadzenia sosny), a tylko na części terenu – rolniczy.

Profile glebowe wykonano w miejscach, które różniły się czasem, jaki upłynął od zakończenia rekultywacji (20 lat – profil nr 1 i 2, 7 lat – profil nr 3 i 4, 5 lat – profil nr 5). Profil nr 6 wykonano w trzecim roku po rekultywacji na zwałowisku nadpoziomowym piasku odpadowego, na którym nie rozprowadzono warstwy próchnicznej. Punktowo, do dołków wypełnionych gliną piaszczystą, posadzono grochodrzew, wierzbę ostrolistną i rokitnik. Skarpy umocniono płotkami z faszyny.

Z poziomów wierzchnich (5–10 cm) i podpróchnicznych pobrano próbki gleby, w których oznaczono: skład granulometryczny metodą areometryczną Cassagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego, odczyn w H₂O i KCl metodą potencjometryczną, węgiel organiczny metodą Tiurina, azot ogólny metodą Kjeldahla, gęstość fazy stałej utworów mineralnych metodą kolb miarowych, gęstość objętościową przy użyciu cylindereków o pojemności 100 cm³, porowatość ogólną z wyliczenia na podstawie gęstości fazy stałej i objętościowej.

Właściwości retencyjne utworów glebowych określono metodą komór nisko- i wysokociśnieniowych. Oznaczono pojemności wodne ($W_{obj.}$) dla wartości ciśnienia 98,1 hPa (pF 2,0), 490,5 hPa (pF 2,7), 981,0 hPa (pF 3,0) i 15 547,9 hPa (pF 4,2). Zawartość porów glebowych uzyskano z wyliczenia: makropory (porowatość ogólna – $W_{obj.}$ przy pF 2,0), mezopory odpowiadające potencjalnej retencji użytecznej (PRU) ($W_{obj.}$ pF 2,0 – $W_{obj.}$ pF 4,2), efektywna retencja użyteczna (ERU) ($W_{obj.}$ pF 2,0 – $W_{obj.}$ pF 3,0), retencja drobnych kapilar (DKR) ($W_{obj.}$ pF 3,0 – $W_{obj.}$ pF 4,2), mikropory ($W_{obj.}$ przy pF 4,2).

WYNIKI I DYSKUSJA

Badane gleby w poziomach próchnicznych (Aan) wykazywały uziarnienie piasków gliniastych lekkich i piasków słabo gliniastych, natomiast w warstwach głębszych – piasków luźnych i słabo gliniastych (tab. 1).

TABELA 1. Skład granulometryczny badanych gleb – TABLE 1. Soil texture of the investigated soils

Nr profilu Profile No	Poziom genet. Genetic horizon	Głębokość Depth [cm]	Procentowa zawartość frakcji o średnicy [mm] Percentage of fraction in diameter [mm]											Utwór glebowy Soil texture**	
			>1,0	1,0-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	Σ 1,0-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	Σ 0,1-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	Σ < 0,002		Σ < 0,02
*Gleba antropogeniczna słabo wykształcona -- Anthropogenic soil weakly developed															
1.	Aan Can	5-10 40-45	13,4 0	18 0	33 54	29 43	80 97	2 0	7 1	9 1	5 1	4 0	2 1	11 2	pgl pl
Gleba antropogeniczna słabo wykształcona -- Anthropogenic soil weakly developed															
2.	Aan Can	5-10 40-45	35,3 0	18 2	38 52	31 42	87 96	1 0	3 2	4 2	4 0	1 1	4 1	9 2	ps pl
Gleba antropogeniczna słabo wykształcona – Anthropogenic soil weakly developed															
3.	Aan Can	5-10 35-40	27,6 20,5	23 18	42 43	20 29	85 90	4 1	4 2	8 3	4 2	0 0	3 5	7 7	ps ps
Gleba antropogeniczna słabo wykształcona – Anthropogenic soil weakly developed															
4.	Ap Can	5-10 35-40	22,0 33,0	20 23	38 22	23 41	81 96	4 4	6 3	10 7	5 2	1 1	3 4	9 7	ps ps
Gleba antropogeniczna słabo wykształcona – Anthropogenic soil weakly developed															
5.	Aan Can	5-10 30-35	25,4 11,2	12 24	22 38	34 30	68 92	6 3	11 2	17 5	5 1	2 0	8 2	15 3	pgl pl
Gleba antropogeniczna o niewykształconym profilu – Anthropogenic soil with not formed profile															
6.	(A)	5-10	13,8	41	31	19	91	3	1	4	3	0	2	5	pl

* – Systematyka gleb Polski [1989]; * – according to – WRB – Protic Arenosols; ** – textural groups – according to Polish Standard (BN-78/9180-11): pgl – piasek gliniasty lekki – light loam sand; pl – piasek luźny – loose sand; ps – piasek słabo gliniasty – slightly loamy sand

TABELA 2. Właściwości chemiczne badanych gleb
TABLE 2. Chemical properties of the investigated soils

Nr profilu Profile No	Poziom genetyczny Genetic horizon	Głębokość Depth [cm]	Utwór glebowy Soil texture	pH		C org. Org. C	N	Próchnica Humus	C : N	CaCO ₃ [%]
				H ₂ O	KCl					
Gleba antropogeniczna słabo wykształcona -- Anthropogenic soil weakly developed										
1.	Aan Can	5-10 40-45	pgl pl	7,5 8,6	7,3 8,0	10,5	0,48	18,1	21,9	0,84 4,56
Gleba antropogeniczna słabo wykształcona -- Anthropogenic soil weakly developed										
2.	Aan Can	5-10 40-45	ps pl	7,6 8,3	7,4 7,8	6,4	0,41	11,0	15,6	0,72 3,54
Gleba antropogeniczna słabo wykształcona – Anthropogenic soil weakly developed										
3.	Aan Can	5-10 35-40	ps ps	7,8 8,5	7,3 7,9	7,8	0,44	13,4	17,7	0,76 4,64
Gleba antropogeniczna słabo wykształcona – Anthropogenic soil weakly developed										
4.	Ap Can	5-10 35-40	ps ps	7,9 8,3	7,3 7,9	9,5	0,47	16,4	20,2	0,68 4,73
Gleba antropogeniczna słabo wykształcona – Anthropogenic soil weakly developed										
5.	Aan Can	5-10 30-35	pgl pl	7,7 8,1	7,3 7,7	4,0	0,26	6,9	15,4	0,93 5,10
Gleba antropogeniczna o niewykształconym profilu Anthropogenic soil with not formed profile										
6.	(A)	5-10	pl	8,6	8,2					7,34

Mięszkość poziomu próchnicznego w glebach antropogenicznych po 20 latach od zakończenia rekultywacji wynosiła od 18 do 20 cm, po 7 latach – 22 cm, po 5 latach – 18 cm. Gleby zlokalizowane na hałdzie piasku (profil 6) nie miały wykształconego poziomu próchnicznego. W 20-letnich drzewostanach sosnowych (profil 1) nagromadziła się 2–3 cm warstwa ściółki, natomiast po 7 latach od nasadzeń sosny (profil 3) warstwa ściółki nie wytworzyła się. Zróżnicowanie miąższości warstwy próchnicznej nie wykazuje związku z czasem trwania procesu glebotwórczego, lecz jest rezultatem stosowanych zabiegów rekultywacyjnych. Rolę prac rekultywacyjnych w przebiegu procesów glebotwórczych i kształtowaniu właściwości gleb powstających na obszarach pogórnicych w Konińskim Zagłębiu Węgla Brunatnego podkreślają Gilewska i Otręba [2005]. Gleby z wykształconym, antropogenicznym poziomem próchnicznym pod względem budowy morfologicznej są podobne do arenosoli. Wobec braku odpowiedniej jednostki w systematyce gleb Polski [Systematyka...1989] określono je zgodnie z propozycją Znamirowskiej-Karaś [2001] jako gleby antropogeniczne o słabo wykształconym profilu. Gleby z poziomem próchnicznym w stadium inicjalnym (profil 6) zaliczono do gleb antropogenicznych o niewykształconym profilu.

TABELA 3. Właściwości powietrzno-wodne i retencyjne badanych gleb
TABLE 3. Air water and retention properties of the investigated soils

Nr profilu Profile No	Poziom genet. Genetic horizon	Głębokość Depth [cm]	Utwór glebowy Soil texture	Gęstość fazy stałej Specific density	Gęstość objętoś. Bulk density	Porowatość ogólna Total porosity	pF			Makropory Macropores	Mezopory – Mesopores		
				[Mg · m ⁻³]	[% obj. – % vol.]	2,0	3,0	4,2	*PRU AWC		ERU RAWC	DKR SAWC	
Gleba antropogeniczna słabo wykształcona -- Anthropogenic soil weakly developed													
1.	Aan	5-10	pgl	2,597	1,439	44,6	12,0	7,9	4,3	32,6	7,7	4,1	3,6
	Can	40-45	pl	2,667	1,605	39,8	5,9	2,7	1,2	33,9	4,7	3,2	1,5
Gleba antropogeniczna słabo wykształcona -- Anthropogenic soil weakly developed													
2.	Aan	5-10	ps	2,614	1,528	41,5	9,3	5,1	3,1	32,2	6,2	4,2	2,0
	Can	40-45	pl	2,649	1,612	39,1	6,1	2,6	1,3	33,0	4,8	3,5	1,3
Gleba antropogeniczna słabo wykształcona – Anthropogenic soil weakly developed													
3.	Aan	5-10	ps	2,632	1,519	42,3	9,8	6,2	4,1	32,5	5,7	3,6	2,1
	Can	35-40	ps	2,685	1,593	40,7	7,8	4,8	2,9	32,9	4,9	3,0	1,9
Gleba antropogeniczna słabo wykształcona – Anthropogenic soil weakly developed													
4.	Ap	5-10	ps	2,614	1,582	39,5	11,9	7,4	4,2	27,6	7,7	4,5	3,2
	Can	35-40	ps	2,632	1,640	37,7	8,3	5,2	3,3	29,4	5,0	3,1	1,9
Gleba antropogeniczna słabo wykształcona – Anthropogenic soil weakly developed													
5.	Aan	5-10	pgl	2,649	1,534	42,1	15,8	8,2	5,1	26,3	10,7	7,6	3,1
	Can	30-35	pl	2,685	1,658	38,2	5,7	2,8	1,7	32,5	4,0	2,9	1,1
Gleba antropogeniczna o niewykształconym profilu – Anthropogenic soil with not formed profile													
6.	(A)	5-10	pl	2,667	1,664	37,6	5,2	2,3	1,4	32,4	3,8	2,9	0,9

*PRU – potencjalna retencja użyteczna – AWC – available water capacity; ERU – efektywna retencja użyteczna – RAWC – readily available water capacity; DKR – retencja drobnych kapilar – small pore water capacity

Najwyższą zawartość węgla w poziomach próchnicznych (Aan) miały gleby pod 20-letnim drzewostanem sosnowym (profil 1) oraz na glebach ornych po 7-letnim użytkowaniu (profil 4). W glebach po 5 latach od zakończenia rekultywacji zawartość węgla była 2,5-krotnie niższa (tab. 2). Może to świadczyć o pozytywnym wpływie wieloletnich siedlisk leśnych oraz zabiegów agrotechnicznych na procesy akumulacji próchnicy. Stachowski i Szafrąński [2006] podkreślają jednak, że wzrost ilości materii organicznej na obszarach pogórnicznych, zwłaszcza w pierwszych latach rekultywacji jest niewielki. Stosunek C:N, który jest wskaźnikiem aktywności biologicznej, w badanych glebach wynosił od 15,4 do 21,9 i nie wykazywał zależności od czasu, jaki upłynął od zakończenia zabiegów rekultywacyjnych (tab. 2). Podobne wartości C:N uzyskali Szopka i in. [2005] na zrehabilitowanych zwałowiskach KWB „Bełchatów”. Autorzy Ci stwierdzili jednak zawężanie się tego stosunku wraz z wiekiem nasadzeń, co wskazuje na pozytywne zmiany zachodzące w środowisku glebowym.

Odczyn odgrywa ważną rolę w procesie rekultywacji obszarów pogórnicznych [Szafrąński, Stachowski 2000]. W badanych glebach odczyn był zasadowy, co wynika z obecności CaCO_3 zastosowanego w trakcie rekultywacji. Wartości odczynu w 1M KCl w poziomach próchnicznych (Aan) wynosiły 7,3–7,4, natomiast w warstwach głębszych były o 0,3–0,7 jednostki wyższe (tab. 2). Zawartość CaCO_3 w poziomach Aan nie przekraczała 1%. W poziomach Can wahała się od 3,54 do 5,10% (tab. 2). Powyższe dane wskazują, że w omawianych glebach zachodzi proces dekalcytacji, któremu sprzyja piaszczyste uziarnienie utworów glebowych. Zmian odczynu i przemieszczania CaCO_3 w głąb profilu nie stwierdzono, natomiast w zrehabilitowanym od wielu lat gliniastym zwałowisku KBW w Koninie [Szafrąński, Stachowski 2000] największa zawartość węglanów i najwyższe wartości odczynu charakteryzowały najmłodsze gleby inicjalne (profil 6).

W badanych glebach antropogenicznych gęstość fazy stałej osiągała wielkości typowe dla piasków kwarcowych i wahała się od $2,597 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ do $2,685 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$. Natomiast gęstość objętościowa rzeczywista oscylowała od $1,439 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ do $1,664 \text{ Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ i większe wartości osiągała w poziomach podpróchnicznych niż poziomach powierzchniowych – Aan (tab. 3).

Gleby antropogeniczne wykształcone na terenie kopalni Sarnowo po 20, 7, 5 i 3 latach od zakończenia rekultywacji nie wykazywały znaczących różnic w porowatości ogólnej, rozkładzie porów glebowych i retencji wody glebowej (tab. 3). Spowodowane jest to dużym udziałem frakcji piasku (68–96%), która ma niekorzystne właściwości fizyczno-wodne i retencyjne, co utrudnia skuteczną rekultywację tych utworów. Natomiast w pogórnicznych osadach gliniastych korzystne zmiany we właściwościach fizycznych i zdolnościach retencyjnych, wskutek zabiegów rekultywacyjnych, stwierdzili Gilewska i Otremba [2000] oraz Szafrąński i Stachowski [2000].

Poziomy próchniczne (Aan) badanych gleb miały większą porowatość ogólną, retencję wody glebowej przy pF 2,0 oraz objętość wody ogólnie dostępnej dla roślin (PRU), w tym także wody łatwo dostępnej dla roślin (ERU) niż poziomy podpróchniczne (Can). Rozkład makro-, mezo- i mikroporów w charakteryzowanych glebach był niekorzystny, z wyraźną dominacją porów aeracyjnych. W poziomach Aan stosunek makro- do mezo- i mikroporów układał się jak 1:0,2(0,3):0,1(0,2), natomiast w poziomach Can objętość porów powietrznych była 4–6-krotnie większa niż łączna ilość mezo- i mikroporów (tab. 3).

WNIOSKI

1. Gleby wytworzone z piaszczystych osadów po eksploatacji kruszyw naturalnych zakwalifikowano do gleb antropogenicznych o słabo wykształconym profilu oraz do gleb antropogenicznych o niewykształconym profilu.
2. Zróżnicowanie odczynu i zawartości węgla wapnia w układzie profilowym wskazuje na proces dekalcytacji.
3. Szeroki stosunek C:N, niezależnie od czasu trwania procesów glebotwórczych, świadczy o powolnych przemianach w środowisku glebowym.
3. Właściwości powietrzno-wodne i retencyjne badanych gleb były uwarunkowane obecnością poziomu próchnicznego. Poziomy Aan miały większą porowatość ogólną, retencję wody glebowej przy pF 2,0 oraz objętość wody ogólnie i łatwo dostępnej dla roślin (PRU, ERU) niż poziomy głębsze. W glebach tych dominowały pory aeracyjne, a stosunek makro- do mezo- i mikroporów w poziomach Aan układał się jak 1:0,2 (0,3):0,1 (0,2).
4. W badanych glebach nie stwierdzono istotnego wpływu czasu, jaki upłynął od momentu zakończenia zabiegów rekultywacyjnych, na kształtowanie się właściwości chemicznych i fizyczno-wodnych oraz tempo przebiegu procesów glebotwórczych.

LITERATURA

- GILEWSKA M., OTREMBKA K. 2000: Właściwości fizyczne gleby powstałej z gruntów pogórnicych w procesie rekultywacji. *Rocz. AR Pozn. CCCXVII, Roln.* **56**: 357–365.
- GILEWSKA M., OTRĘBA K. 2005: Wpływ zabiegów rekultywacyjnych na tempo procesów glebotwórczych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **506**: 157–164.
- Klasyfikacja Zasobów Glebowych Świata (Word Reference Base for Soil Resources – WRB). 2003: Tłumaczenie i redakcja: Bednarek R., Charzyński P., Pokojska U. Toruń: 106 ss.
- STACHOWSKI P., SZAFRAŃSKI C. 2006: Wpływ rekultywacji rolniczej na właściwości gruntów pogórnicych. *Rocz. Glebozn.* **57** 1/2: 177–182.
- Systematyka gleb Polski. 1989: *Rocz. Glebozn.* **40**, 3/4: 150 ss.
- SZAFRAŃSKI C., STACHOWSKI P. 2000: Właściwości fizyczne, chemiczne i wodne gleb wytworzonych z gruntów pogórnicych. *Rocz. AR Pozn. CCCXVII, Roln.* **56**: 377–390.
- SZOPKA K., SZERSZEŃ L., RAJCHELT J. 2005: Oddziaływanie rekultywacji leśnej na kształtowanie się właściwości gleb na zwałowisku zewnętrznym po eksploatacji węgla brunatnego w KWB „Bełchatów”. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **506**: 479–484.
- ZAWADZKI S. 1973: Laboratoryjne oznaczanie zdolności retencyjnych utworów glebowych. *Wiad. IMUZ* **11**, 2: 11–31.
- ZNAMIROWSKA-KARAŚ I. 2001: Procesy glebotwórcze i glebowe zachodzące na terenach zdegradowanych geotechnicznie. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **478**: 391–397.

Dr inż. Mirosław Orzechowski
Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gleb, UWM Olsztyn
10-727 Olsztyn, Pl. Łódzki 3
e-mail: miroslaw.orzechowski@uwm.edu.pl