

## WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI GLEB ANTROPOGENICZNYCH SKŁADOWISKA POPIOŁÓW ELEKTROWNIANYCH

*Stanisława Strączyńska*<sup>1</sup>, *Stanisław Strączyński*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instytut Gleboznawstwa i Ochrony Środowiska Rolniczego,  
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

<sup>2</sup> Zakład Technik Uprawy Roli i Nawożenia w Jelczu-Laskowicach,  
Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

### Wstęp

Eksploatacja węgla brunatnego jako surowca energetycznego oddziałuje destrukcyjnie na środowisko przyrodnicze. Powstają różnego rodzaju wyrobiska, zwałowiska i składowiska odpadów uciążliwych dla otoczenia i szpecące krajobraz. Deponowane na składowiska popioły elektrowniane są bardzo podatne na erozję wietrzną i rozprzestrzeniają się w różnym nasileniu na znaczne odległości [MACIAK, LIWSKI i in. 1974; BENDER, GILEWSKA 2004].

W literaturze gleboznawczej dość szeroko przedstawiana była problematyka związana z rekultywacją terenów pogórnich [BENDER 1995; BENDER, GILEWSKA 2004; STRZYSZCZ 2004], mniej jest natomiast informacji dotyczących zagospodarowania odpadów paleniskowych [GILEWSKA, PRZYBYŁA 2001; GILEWSKA 2004].

Jednym ze sposobów zmniejszania uciążliwości deponowanych popiołów jest wprowadzanie roślinności zielonej lub gatunków lasotwórczych skutecznie wpływających na biologiczne ożywienie bezproduktywnych powierzchni [GILEWSKA 2004]. Tworzą się wówczas gleby antropogeniczne, industrioziemne.

Celem badań było określenie niektórych właściwości gleb antropogenicznych pod nasadzeniami *Pinus sylvestris* L. na składowisku popiołów elektrownianych.

### Obiekty i metodyka badań

Badania prowadzono na wyłączonej z eksploatacji części składowiska odpadów paleniskowych „Lubień” pochodzących ze spalania węgla brunatnego w Elektrowni w Bełchatowie. Obiekty (profile) zlokalizowano na płaskiej półce znajdującej się w obrębie obwałowania powstałego z deponowanych popiołów transportowanych na składowisko rurociągami w postaci pulpy. W wyniku hydraulicznego składowania następowało rozfrakcjonowanie popiołów, co doprowadziło do powstania warstw mających postać twardych łupków lub warstw popiołu rozluźnionego. Na wcześniej uformowane podłoże popiołowe wprowadzono róż-

nicowanej miąższości warstwy piasku i wytyczono poletka o powierzchni około 5 arów. Pierwsze trzy obiekty (1–3) umiejscowione były na wylewce z popiołu „miękkiego”, a trzy kolejne (4–6) na wylewce z popiołu „twardego”. Na obiektach 2 i 5 była 20 cm, na obiektach 3 i 6 40 cm warstwa piasku, a na obiektach 1 i 4 sam popiół. W 1995 roku na wydzielonych poletkach posadzono: *Pinus sylvestris* L., *Quercus rubra* L., *Betula pendula* BOTH, *Robinia pseudacacia* L. W niniejszej publikacji określono właściwości gleb tylko pod nasadzeniami *Pinus sylvestris*, jednego z gatunków drzewostanu docelowej rekultywacji leśnej składowiska popiołów elektrowniowych. Po dziewięciu latach trwania eksperymentu z wydzielonych w profilach (1–6) warstw pobrano próbki, w których oznaczono: uziarnienie, przyswajalne formy fosforu, potasu i magnezu, zawartość węgla organicznego, pH, CaCO<sub>3</sub> metodami powszechnie stosowanymi w badaniach chemiczno-rolniczych.

### Wyniki badań i dyskusja

Podczas badań terenowych stwierdzono, że analizowane profile charakteryzowały się wyraźnym warstwowaniem. Wydzielone warstwy popiołu (P1–4) różniły się barwą i stopniem zagęszczenia fazy stałej. Popiół o barwie popielatej i białej był zbity bądź zwięzły, a o barwie jasnoszarej poprzez ciemnoszarą do czarnej pochodzącej od domieszek niedopalonego węgla miał układ pulchny. Popioły analizowane przez MELLERA i in. [1999] miały również układ pulchny, a nawet bardzo pulchny. Warstwy piasku (W) o rdzawożółtej barwie, odznaczały się rozdzielnocząsteczkowym luźnym lub słabo scementowanym pulchnym układem.

Mimo, że w każdym profilu stan uwilgotnienia popiołu i piasku był świeży, korzenie sosny rozrastały się przede wszystkim w obrębie warstw zawierających niedopalony węgiel. Znajdowały się one także w silnie zapyłonych poziomach organicznych, skąd zapewne czerpały składniki: pokarmowe uwalniające się w procesie mineralizacji ściółki.

Z obserwacji drzewostanu wynikało, że warunki wzrostu i rozwoju *Pinus sylvestris* na porównywanych obiektach były zróżnicowane. Najkorzystniejsze wystąpiły na obiektach z popiołem pokrytym 40 cm warstwą piasku. Drzewa charakteryzowały się tam najwyższym wzrostem i stopniem zwarcia koron. Na obiektach z samym popiołem były one niższe oraz stwierdzono ubytki w drzewostanie.

Jak wynika z danych zamieszczonych w tabeli 1 skład granulometryczny popiołów występujących w profilach 1–3 (popioły „miękkie”) różnicował się od piasków luźnych poprzez piaski słabogliniaste i gliniaste, gliny lekkie pylaste do utworów pyłowych zwykłych. Warstwy popiołu „twardego” (profile 4–6) były mniej zróżnicowane, gdyż wykazywały one uziarnienie piasków luźnych często pylastych i piasków słabogliniastych. Tylko w profilu 6 jedną z warstw (P2) zaliczono do pyłu zwykłego. Materiał ziemisty (piasek) wprowadzony na poletka z popiołem „miękkim” miał uziarnienie piasku luźnego i piasku gliniastego mocnego, a na obiektach z popiołem „twardym” piasku słabogliniastego i gliniastego mocnego.

Zasobność popiołów i piasku w przyswajalne formy podstawowych składników pokarmowych zmieniała się od bardzo niskiej do niskiej w przypadku fosforu i potasu, co częściowo znalazło potwierdzenie w pracy GILEWSKIEJ [2004]. Zasobność popiołów w magnez była wysoka i bardzo wysoka, a piasek wykazywał niską

bądź średnią zasobność w ten składnik. W badaniach nad składem chemicznym różnych odpadów paleniskowych MACIAK i in. [1974] stwierdzili, że popioły z węgla brunatnego zawierają znacznie więcej wapnia i magnezu niż pochodzące z węgla kamiennego.

Popioły tworzące warstwy porównywanych profili charakteryzowały się także bardzo zróżnicowaną zawartością węgla organicznego. Najniższą jego zawartość stwierdzono na obiekcie 4 w warstwie P2 popiołu „twardego” ( $5,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), a najwyższą  $57,6 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  w warstwie P2 popiołu „miękkiego” na obiekcie 1. Zróżnicowanie zawartości węgla organicznego w poszczególnych warstwach popiołu dobrze ilustrują wyniki analiz z profilu 2 i 5, gdzie wahały się one w przedziale od  $14,1$  do  $42,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Różnice w zawartości węgla organicznego w porównywanych warstwach popiołu były zapewne spowodowane znajdującymi się w nich domieszkami niedopalonego węgla. Zwracano na to uwagę we wcześniejszych badaniach prowadzonych w tym rejonie przez STRĄCZYŃSKĄ i in. [2004].

Tabela 1; Table 1

Uziarnienie badanych utworów  
Texture of the investigated formations

Profil Profile	Warstwa Layer	Miąższość Depth (cm)	Zawartość (%) frakcji (mm) Content (%) of fractions (mm)			
			> 1	1-0,1	0,1-0,02	< 0,02
Popiół „miękki”; „Soft” ash						
1	P1	0-15	0	46	49	5
	P2	15-30	2	52	39	9
	P3	30-50	6	44	52	4
	P4	50-80	0	25	35	40
2	W	0-20	4	75	21	4
	P1	20-35	2	75	24	1
	P2	35-55	0	50	45	5
	P3	55-80	0	39	27	34
3	W	0-40	12	65	18	17
	P1	40-60	0	37	51	12
	P2	60-85	3	56	43	1
	P3	85-110	0	13	24	58
Popiół „twardy”; „Hard” ash						
4	P1	0-10	0	71	28	1
	P2	10-40	1	93	6	1
	P3	40-65	0	69	28	3
	P4	65-85	0	85	14	1
5	W	0-20	3	62	19	19
	P1	20-55	6	62	33	5
	P2	55-65	0	65	38	6
	P3	65-85	0	83	15	2
6	W	0-40	9	74	16	10
	P1	40-60	2	71	22	7
	P2	60-75	2	44	48	8
	P3	75-95	0	59	37	4

P1-P4 warstwy popiołu; ash layers  
W warstwy piasku; sand layers

Zawartość azotu ogółem w analizowanych warstwach popiołu była niska i wahała się w przedziale 0,1–1,0 g·kg<sup>-1</sup>. Stosunek węgla do azotu w badanych popiołach był natomiast bardzo szeroki i zróżnicowany (28–129), co świadczy o bardzo małym stopniu rozkładu materii organicznej znajdującej się w odpadach paleniskowych. Również GILEWSKA [2004] opisując właściwości odpadów paleniskowych podaje, że wyróżnia je ubogość w dostępne dla roślin związki azotu oraz szeroki stosunek C : N.

Tabela 2; Table 2

Wybrane właściwości badanych utworów  
Some selected properties of investigated formations

Profil Profile	Warstwa Layer	pH <sub>KCl</sub>	P	K	Mg	CaCO <sub>3</sub>	C org. Org. C	N og. Total N	C : N
			(mg·kg <sup>-1</sup> )			(g·kg <sup>-1</sup> )			
Popiół „miękki”; „Soft” ash									
1	P1	7,9	1,0	28,0	95,0	71,4	28,2	0,9	31
	P2	7,7	1,0	12,0	84,0	96,2	57,6	1,0	57
	P3	8,0	3,0	1,0	51,0	115,5	2,9	0,1	29
2	W	7,5	5,0	37,0	35,0	2,1	0,4	0,1	4
	P1	7,6	2,0	72,0	22,0	33,6	42,0	0,6	70
	P2	8,0	7,0	18,0	93,0	60,2	14,1	0,5	28
	P3	10,5	1,0	34,0	87,0	127,4	21,9	0,4	55
3	W	7,2	22,0	29,0	42,0	1,6	1,1	0,2	5
	P1	7,3	2,0	14,0	89,0	86,1	20,4	0,9	23
	P2	9,5	2,0	8,0	113,0	138,6	46,8	0,8	58
Popiół „twardy”; „Hard” ash									
4	P1	8,1	28,0	47,0	32,0	2,5	12,9	0,1	129
	P2	9,1	19,0	25,0	6,0	52,5	5,3	0,1	53
	P3	10,5	2,0	54,0	12,0	33,6	36,5	0,3	122
5	W	7,9	42,0	60,0	75,0	0,4	0,4	0,1	4
	P1	8,2	20,0	24,0	69,0	37,8	35,2	0,8	44
	P2	9,9	3,0	8,0	33,0	35,6	19,3	0,2	96
	P3	10,2	1,0	10,0	124,0	51,2	62,3	0,6	104
6	W	7,7	13,0	37,0	23,0	4,5	0,5	0,1	5
	P1	8,0	19,0	72,0	56,0	44,8	34,7	0,5	69
	P2	9,7	5,0	37,0	89,0	58,8	37,1	0,3	124

P1–P3 warstwy popiołu; ash layers

W warstwy piasku; sand layers

Wprowadzone na poletka warstwy piasku zawierały węgiel organiczny – 0,4–1,1 g·kg<sup>-1</sup>, azotu ogółem znajdowało się w nich w przedziale 0,1–0,2 g·kg<sup>-1</sup>, a stosunek C : N był bardzo wąski i wynosił 4–5.

Odczyn popiołów był zasadowy, gdyż pH przyjmowało wartości 7,2–10,5. Nieco mniejszymi na ogół wartościami pH charakteryzowały się powierzchniowe warstwy popiołu niż warstwy głębsze. Mogło to być spowodowane wpływem jonów wodorowych uwalnianych w procesie rozkładu materii organicznej w poziomach ściółki, a także opadem kwaśnych deszczy. Tak wysokie wartości pH w badanych warstwach popiołu były w dużym stopniu związane z obecnością wę-

glań oraz innych związków (tlenki metali, siarczany, chlorki) wapnia w odpadach paleniskowych. Zawartość węglanu wapnia była w nich bardzo zróżnicowana (35,0–138,6 g·kg<sup>-1</sup>) i wzrastała w większości przypadków w głąb profilu. Uwagę zwraca fakt, że występujące w podłożu profilów 1–3 popioły „miękkie” zawierały ponad dwa razy więcej węglanów niż popioły „twarde” w profilach 4–6. Odpady paleniskowe opisywane w pracach MACIĄKA i in. [1974], ANDRUSZCZAK i in. [1981], MELLERA i in. [1999], GILEWSKIEJ, PRZYBYŁA [2001] oraz GILEWSKIEJ [2004] były także alkaliczne i zawierały znaczne ilości węglanów. W warstwach piasku znajdującego się na poletkach odczyn był również zasadowy (pH 7,2–7,9), a zawartość węglanów wahała się w przedziale 0,4–4,5 g·kg<sup>-1</sup>. Być może z nawiewanych ze składowiska lotnych popiołów pokrywających cienką warstwą powierzchnię poletek wymywaniu ulegały jony wapnia, które wraz z przesiąkającą wodą opadową, zawierającą także jony innych pierwiastków, przemieszczały się do piasku, gdzie były sorbowane. Procesy takie opisywali w badaniach nad ługowaniem popiołów lotnych MATUSIEWICZ, JANOWICZ [1983] i stwierdzili, że roztwory wodne otrzymane po wymywaniu popiołów węgla brunatnych są silnie alkaliczne i mogą powodować zmiany odczynu środowiska glebowego. Autorzy ci wykazali też, że z popiołów o mniejszych średnicach wymywa się więcej jonów niż z cząstek o grubszym uziarnieniu.

Na podstawie przedstawionych danych można stwierdzić, że warunki siedliskowe na składowisku odpadów paleniskowych nie sprzyjały właściwemu rozwojowi sosny, co szczególnie zaznaczyło się na obiektach z samym popiołem.

### Wnioski

1. Uformowane z odpadów paleniskowych gleby antropogeniczne o niewykształconym profilu charakteryzowały się bardzo zróżnicowanym uziarnieniem oraz zmienną zawartością substancji organicznej.
2. Badane gleby odznaczały się alkalicznym odczynem oraz wykazywały niedobory azotu, fosforu i potasu.
3. Wprowadzony na składowisko popiołów elektrownianych piasek przyczynił się do poprawy warunków siedliskowych sprzyjających rozwojowi *Pinus sylvestris*.

### Literatura

ANDRUSZCZAK E., STRĄCZYŃSKI S., ŻURAWSKI H., PABIN J., KAMIŃSKA W. 1981. Właściwości fizyczne i chemiczne popiołów z hałdy Elektrociepłowni Czechnica na skład chemiczny roślin zasiedlających hałdę. Roczn. Glebozn. 32(2): 25–37.

BENDER J. 1995. Rekultywacja terenów pogórnich w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 418(1): 75–86.

BENDER J., GILEWSKA M. 2004. Rekultywacja w świetle badań i wdrożeń. Roczn. Glebozn. 55(2): 29–46.

GILEWSKA M. 2004. Rekultywacja biologiczna składowisk popiołowych z węgla brunatnego. Roczn. Glebozn. 55(2): 103–110.

GILEWSKA M., PRZYBYŁA C. 2001. Wykorzystanie osadów ściekowych do rekultywacji składowisk popiołowych. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 477: 217–222.

MACIAK F., LISKI S., BIERNACKA E. 1974. Właściwości fizyko-chemiczne i biologiczne utworów ze składowisk popiołów po węglu brunatnym i kamiennym. Roczn. Glebozn. 25(3): 29–46

MATUSIEWICZ M., JANOWICZ K. 1983. Fizykochemiczna charakterystyka popiołów lotnych węgla brunatnych Elektrowni „Konin” i badania nad ich ługowaniem. Arch. Ochr. Środ. 3–4: 59–81.

MELLER E., NIEDZWIECKI E., MELLER J. 1999. Właściwości popiołów ze spalania węgla kamiennego w Elektrowni „Dolna Odra” zgromadzonych na składowisku przyzakładowym. Fol. Univ. Agric. Stettin. 201, Agricultura 79: 167–178.

STRĄCZYŃSKA S., STRĄCZYŃSKI S., GAZDOWICZ W. 2004. Wpływ pokryw roślinnych na cechy morfologiczne i niektóre właściwości utworów obwałowania składowiska odpadów paleniskowych. Roczn. Glebozn. 55(2): 405–418.

STRZYSCZ. 2004. Bezglebowa metoda rekultywacji terenów przemysłowych w woj. Śląskim osiągnięcia i zagrożenia. Roczn. Glebozn. 55(2): 29–46.

**Słowa kluczowe:** popioły elektrowniane, składowisko, gleby antropogeniczne, *Pinus sylvestris*

### Streszczenie

Badania prowadzono na składowisku odpadów paleniskowych pochodzących ze spalania węgla brunatnego w Elektrowni w Belchatowie. Na wcześniej uformowane podłoże popiołowe wprowadzono zróżnicowanej miąższości warstwy piasku i posadzono sadzonki *Pinus sylvestris*. Badane gleby antropogeniczne charakteryzowały się bardzo zróżnicowanym uziarnieniem oraz zmienną zawartością substancji organicznej. Odznaczały się one także alkalicznym odczynem oraz wykazywały niedobory azotu, przyswajalnych form fosforu i potasu. Takie warunki siedliskowe nie sprzyjały właściwemu rozwojowi *Pinus sylvestris*, co szczególnie zaznaczyło się na obiektach z samym popiołem.

### SELECTED PROPERTIES OF ANTHROPOGENIC SOILS FORMED ON THE DUMP SITE OF POWER PLANT ASHES

Stanisława Strączyńska<sup>1</sup>, Stanisław Strączyński<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Soil Science and Agricultural Environment Protection, Agricultural University, Wrocław

<sup>2</sup> Department of Soil Cultivation and Fertilization Techniques, Institute of Soil Science and Plant Cultivation, Puławy

Key words: power plant ashes, dump site, anthropogenic soils, *Pinus sylvestris*