

ADAM KOĆMIT, JUSTYNA CHUDECKA, TOMASZ TOMASZEWICZ,
BERNARD RACZKOWSKI, MAREK PODLASIŃSKI

STAN ŻWIROWISKA W PIERWSZYM ROKU PO REKULTYWACJI POPIOŁAMI LOTNYMI

THE STATE OF GRAVEL HEAP IN FIRST YEAR AFTER RECLAMATION WITH FLY-ASHES

Katedra Erozji i Rekultywacji Gleb, Akademia Rolnicza w Szczecinie

Abstract: Former gravel heap, located in Szczecin, was reclaimed in 1998 by filling of hard coal ashes and soil materials on surface. Autumn the same year, plants were put into this object. The main aim of this work was assessment of object state in first year after reclamation (1999), especially: water erosion development, physical and chemical properties of materials used to reclamation and plant growth. After reclamation, object received shape of convex slope. The formed soils had unfavourable physical properties (high bulk density, low water permeability) and very differentiated fertility. It caused differentiated plant growth and development of water erosion processes.

Słowa kluczowe: rekultywacja, popioły, właściwości gleb, erozja wodna.

Key words: reclamation, ashes, soil properties, water erosion.

WSTĘP

Obiekt badań położony jest w południowej części Szczecina, w mezoregionie Wzgórza Bukowe [Kondracki 2000]. Stanowi go wyrobisko po eksploatacji żwiru, zrekultywowane w 1998 roku przez wypełnienie popiołami lotnymi ze spalania węgla kamiennego w Elektrowni Dolna Odra. Popioły przykryto materiałem glebowym (wg projektu określonym jako warstwa żyzna) o zróżnicowanej miąższości od 37 do 150 cm. Na zrekultywowanym obiekcie, jesienią tego samego roku (1998) wysiano mieszanek traw oraz dokonano nasadzenia krzewów i drzew.

Celem opracowania była ocena właściwości fizycznych i chemicznych materiału zastosowanego do odtworzenia gleb oraz ocena rozwoju erozji wodnej, a także stanu wzrostu i rozwoju roślin w pierwszym roku po zagospodarowaniu.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Na zrekultywowanej żwirowni, wiosną 1999 roku stworzono siatkę stałych punktów pomiarowych wykorzystaną do odwzorowania przebiegu żłobin erozyjnych i zlokalizowania

wierceń gleboznawczych. Na ok. 1,5-hektarowej powierzchni obiektu, wykonano 39 wierceń oraz 6 odkrywek glebowych do głębokości zalegania popiołu (od 37 do 150 cm).

Próbki materiału ziemnego i popiołu pozyskano do badań laboratoryjnych z odkrywek dwoma sposobami. Materiał o nienaruszonej strukturze, do oznaczeń właściwości fizycznych został pobrany do cylinderków metalowych o pojemności 100 cm³ (cylinderki Kopecky'ego), zaś próbki do oznaczeń chemicznych (bez zachowanej struktury) zgromadzono w woreczkach.

W próbkach oznaczono: skład granulometryczny metodą areometryczną Cassa-grande'a w modyfikacji Prószyńskiego, gęstość właściwą – piknometrycznie, gęstość objętościową i pojemność wodną kapilarną – metodą suszarkowo-wagową. Porowatość ogólną obliczono na podstawie gęstości właściwej i objętościowej. Z właściwości chemicznych oznaczono: pH w KCl – potencjometrycznie, zawartość węgla organicznego – metodą Tiurina, ilość przyswajalnych dla roślin składników: fosforu i potasu – metodą Egnera-Riehma oraz magnezu – metodą Schachtschabela. Ponadto oznaczono ogólną zawartość Zn, Cu, Mn – metodą ASA, stosując ekstrakt otrzymany w mieszaninie stężonych kwasów: HNO₃ (V) i HClO₄ (VII) w stosunku 1:1.

Przy wykorzystaniu siatki stałych punktów pomiarowych, wiosną 1999 roku odwzorowano przebieg żłobin erozyjnych, rejestrując ich długość, głębokość oraz szerokość w środkowej części ich przebiegu. Pomiaru te były podstawą do obliczenia objętości, a następnie masy zmytego erozyjnie materiału glebowego (przy uwzględnieniu danych o jego gęstości objętościowej).

W czerwcu 1999 roku wykonano 4 zdjęcia fitosocjologiczne roślin, które pojawiły się na obiekcie poza mieszanką traw zastosowaną w rekultywacji. Na planie obiektu zakreślono obszary zróżnicowanego wzrostu i rozwoju roślinności. Wykonano także plan wysokościowy nowo ukształtowanego zbocza. W kwietniu 2000 roku przeprowadzono pomiar infiltracji wody w warstwie nadkładu i popiołu metodą podwójnych pierścieni [WTF-Informationen 1989].

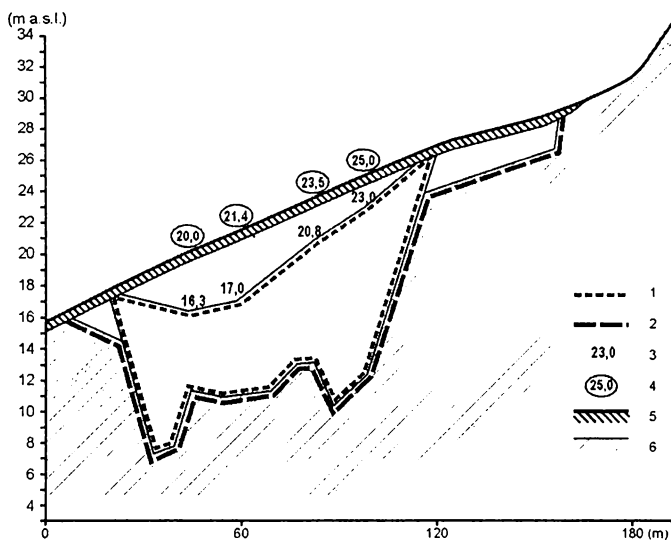
OMÓWIENIE WYNIKÓW

Wyrobisko usytuowane jest w terenie niskofalisto-pagórkowatym (morena czołowa spiętrzona) na zboczu o wystawie zachodniej i średnim spadku ok. 10%. Szkic wyrobiska i jego zrealizowane wypełnienie pokazano na rysunku 1, a aktualną hipsometrię na rysunku 2.

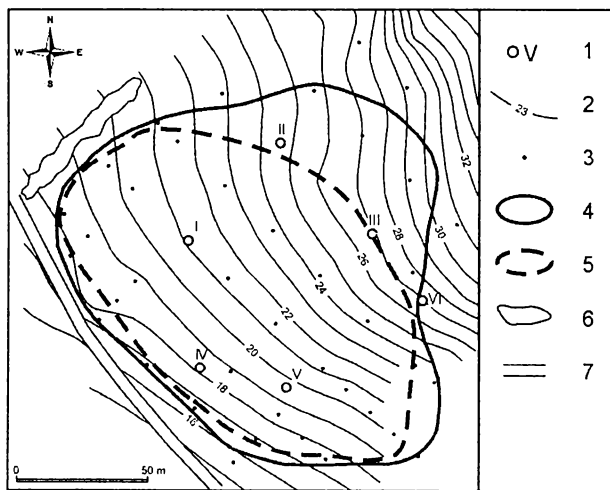
Warstwa przykrywająca popioły (nadkład) wykazuje mocno zróżnicowaną miąższość, a w jej obrębie zmienia się znacznie także grubość warstwy próchnicznej (rys. 3). Materiał próchniczny pozyskiwano z różnych źródeł: z cukrowni jako ziemię płuczkową, z miejsc rozbiórkowych terenu miejskiego i z obrzeży autostrady. Jakość zrealizowanych prac należy ocenić negatywnie, gdyż naruszają one zasady technicznego odtwarzania gleb, na które zwracają uwagę różni autorzy [Siuta 1978; Reszel i in. 1996; Maciak 1996].

ROZWÓJ EROZJI WODNEJ W 1. ROKU PO REKULTYWACJI

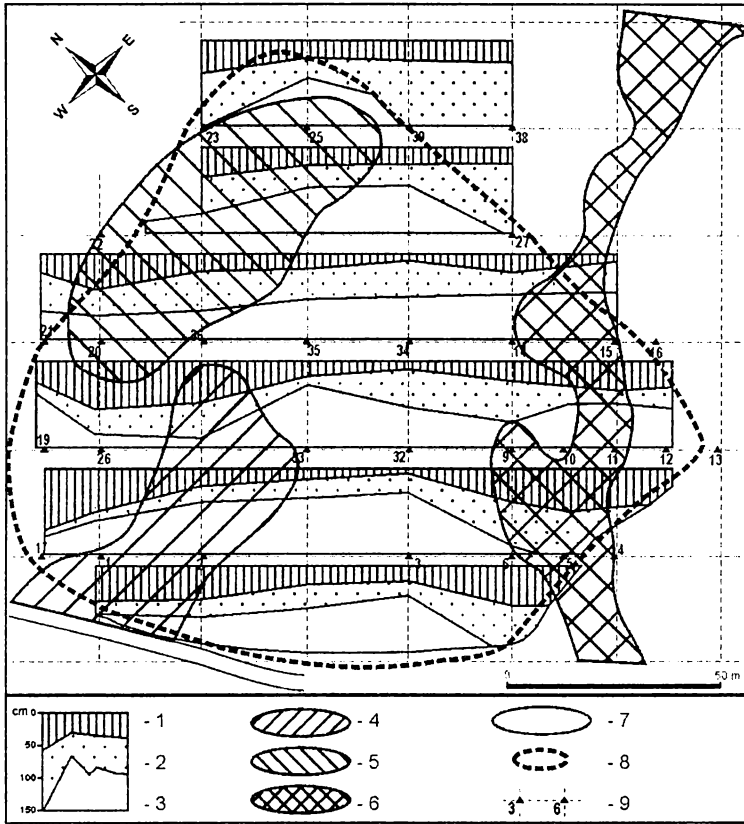
Wody z roztopów zimowych oraz wczesnowiosennych opadów atmosferycznych obficie spływając po świeżo zrehabilitowanym zboczu, doprowadziły do pojawienia się 34 żłobin erozyjnych (rys. 4). W linii ich przebiegu, na lokalnych spłaszczeniach zbocza (powstałych w wyniku nierównomiernie ukształtowanego spadku terenu), obserwowano miejsca koncentracji wód. Z miejsc tych – przy ograniczonym wsia-



RYSUNEK 1. Szkic wyrobiska po żwirze, planowane i zrealizowane jego wypełnienie w przekroju pionowym: 1 – wypełnienie wyrobiska wg projektu, 2 – wypełnienie wyrobiska zrealizowane przez wykonawcę, 3 – rzędna projektowana, 4 – rzędna stwierdzona na obiekcie po rekultywacji, 5 – warstwa powierzchniowa nad popiołem (w tym warstwa próchniczna), 6 – podłoże naturalne
 FIGURE 1. The draft of open cast after gravel exploitation, planned and realized its filling in vertical section: 1 – filling of open cast acc. project, 2 – filling of open cast realized by contractor, 3 – projected ordinate, 4 – ordinate found on object after reclamation, 5 – surface layer under ash (in this layer with humus), 6 – natural subsoil



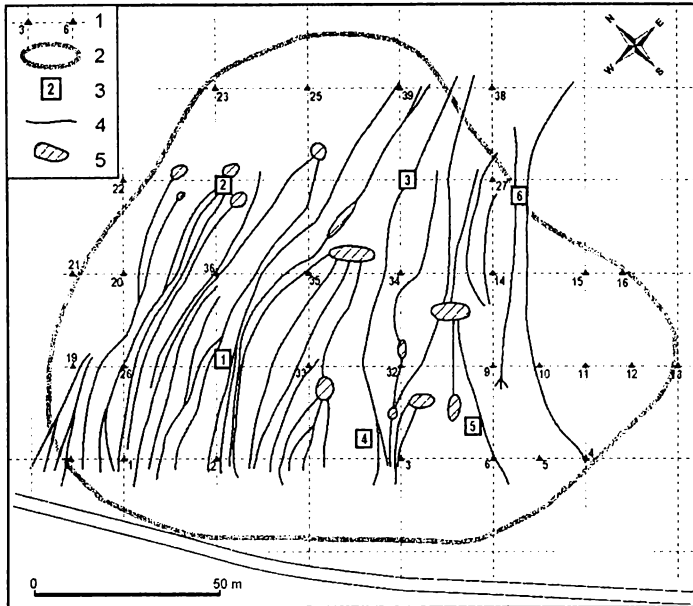
RYSUNEK 2. Hipsometria zreklamowanego obiektu w Szczecinie: 1 – odkrywki glebowe, 2 – izohipsy, 3 – punkty wierceń gleboznawczych, 4 – granica zewnętrzna obszaru wypełnionego popiołami, 5 – projektowany zasięg wypełnienia wyrobiska popiołami, 6 – zadrzewienia naturalne, 7 – ulica Mistrzowska
 FIGURE 2. The hypsometry of reclamation object in Szczecin: 1 – soil profiles, 2 – isohyps, 3 – places of soil boring, 4 – outer boundary of area filled by ashes, 5 – design range of open cast filling by ashes, 6 – natural afforestation, 7 – Mistrzowska street



RYSUNEK 3. Schemat budowy warstwy powierzchniowej w obrębie głębokości 0–150 cm na obiekcie po rekultywacji oraz stan wzrostu i rozwoju roślin: 1 – warstwa próchniczna, 2 – warstwa mineralna, 3 – warstwa popiołu, 4 – obszar bardzo bujnego rozwoju roślin (głównie trawy), 5 – obszar słabego rozwoju roślin (trawy + dwuliścienne), 6 – obszar bardzo słabego rozwoju roślin, 7 – obszar bujnego rozwoju roślin, 8 – granica zewnętrzna obszaru wypełnionego popiołami, 9 – linie siatki pomiarowej w terenie

FIGURE 3. The schema of surface layer build in range of the depth 0–150 cm on object after reclamation and state of plant growth and development: 1 – humus layer, 2 – mineral layer, 3 – ash layer, 4 – area of very good development of plants (mainly grasses), 5 – area of poor development of plants (grasses + dicotyledonous plants), 6 – area of very poor development of plants, 7 – area of good development of plants, 8 – outer boundary of area filled by ashes, 9 – lines of measurement grid

kaniu wody w grunt – formowały się strumienie spływu skoncentrowanego, doprowadzające do wykształcenia się żłobin. Ogólna ich objętość określona została na $2,9 \text{ m}^3$, co daje masę zmytego materiału równą $4,2 \text{ t}$. Oznacza to bardzo duże nasilenie procesów zmywu, gdyż w przeliczeniu na 1 ha masa ta wynosi $3,23 \text{ t}$. Bezpośrednią przyczyną wystąpienia erozji była duża ilość wody opadowej, która w krótkim okresie względnie szybko wypełniła pojemność warstwy nadkładu i nie mogła perkolować głębiej – w warstwę popiołu. Pomiaru w terenie wykazały duże dysproporcje w infiltracji wody w nadkład ($733\text{--}990 \text{ ml} \cdot \text{h}^{-1}$) i w popiół ($153 \text{ ml} \cdot \text{h}^{-1}$). Woda utrzymująca się w materiale nadkładowym doprowadziła go do konsystencji plastycz-



RYSUNEK 4. Rozwój erozji wodnej na obiekcie po okresie zimowym, w następnym roku po rekultywacji (1999): 1 – siatka stałych punktów pomiarowych i wiercenia gleboznawcze, 2 – granica zewnętrzna obszaru wypełnionego popiołami, 3 – odkrywki glebowe, 4 – przebieg żłobin, 5 – obszary koncentracji wód powierzchniowych

FIGURE 4. The development of water erosion on object after winter period, in the next year after reclamation (1999): 1 – grid of persistent measurement points and soil borings, 2 – outer boundary of area filled by ashes, 3 – soil profiles, 4 – course of erosion rills, 5 – area of surface water accumulation

nej, pólptynnej, bardzo podatnej na transport wodny po zboczu. Skutki takiego stanu uwilgotnienia, poza rozwojem erozji, dotyczyły także roślin. W takich warunkach nieukorzenione jeszcze krzewy i drzewa wywracały się pod własnym ciężarem przy silniejszych podmuchach wiatru. System korzeniowy nowo posadzonych roślin zamarł, rośliny nie rozpoczęły wegetacji i wyginęły.

W wyniku erozji ziemia próchnicza spłynęła poza obiekt w niższe partie terenu, w kierunku pobliskiej zabudowy, co wywołało gwałtowne reakcje mieszkańców, nagłośnione następnie przez miejscową prasę i radio.

Rzeczywistymi czynnikami powodującymi zagrożenie erozją wodną na badanym obiekcie, poza wspomnianymi już warunkami meteorologicznymi z wiosny 1999 roku, były:

- rzeźba terenu, tj. nadanie zrekultywowanej powierzchni formy zbocza wypukłego,
- niedostateczna ochrona gruntu przez słabo rozwinięte rośliny,
- właściwości samego gruntu zarówno w zasięgu nadkładu, jak i popiołu.

CHARAKTERYSTYKA MATERIAŁU ZASTOSOWANEGO DO ODTWORZENIA GLEBY

Warstwę próchniczną zrehabilitowanego obiektu stanowi materiał ziemny o zróżnicowanym uziarnieniu; najczęściej jest to piasek gliniasty mocny pylasty, rzadziej piasek gliniasty lekki i glina lekka. Miąższość tej warstwy zawierała się przeważnie w granicach 20–40 cm, przy skrajnych wartościach wynoszących 4–100 cm. Materiał w zasięgu całego profilu glebowego był warstwowany. W 27 punktach badawczych, poniżej warstwy próchnicznej stwierdzono piasek słabogliniasty, a w pozostałych 12 natrafiono na glinę lekką lub piasek gliniasty. Głębiej występowała warstwa popiołu, której obecność stwierdzano na zróżnicowanej głębokości od 37 do 150 cm, niekiedy głębiej poza profilem glebowym (rys. 3).

Właściwości fizyczne wykazały, że materiał próchniczny z warstwy 0–20 cm charakteryzuje się przeciętnie niską porowatością ($Po = 0,426 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$) i gęstością objętościową ($So = 1,48 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, tab.1). Głębiej (maksymalnie do 64 cm), porowatość materiału próchnicznego spadała do $0,394 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, przy średniej gęstości objętościowej kształtującej się na poziomie $1,57 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Zarówno utwory piaszczyste, jak i zwięźlejsze zalegające poniżej warstwy próchnicznej były silniej zagęszczone, o czym świadczą średnie wartości gęstości objętościowej ($So = 1,62\text{--}1,76 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$). Najwyższą porowatością charakteryzowały się popioły ($Po = 0,526 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$), jednakże w ich porowatości ogólnej dominowała porowatość kapilarna ($Pk = 0,486 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$), stanowiąca 92,4% porowatości ogólnej. Popioły wykazywały również niską gęstość objętościową ($So = 1,01 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$). Prawdopodobnie duża zdolność popiołów do przesychniania i twardnienia na styku z warstwą nadkładową pogarszała ich właściwości wodne. Podobną opinię wyrażał także Sobczak [1995].

Materiały ziemne użyte do rekultywacji charakteryzowały się przeważnie odczynem zasadowym (tab. 2), zaś popioły – wybitnie alkalicznym (pH_{KCl} do 9,3). Materiał próchniczny zawierał od 11,5 do $30,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ węgla organicznego (tab. 2), najczęściej jednak jego zawartość wahała się w przedziale 13,0–18,0 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, co wskazuje na antropogeniczne przekształcenia.

Uzyskane wyniki badań wykazały, że materiał próchniczny był zasobny w fosfor i potas przyswajalny dla roślin (zasobność średnia do wysokiej i bardzo wysokiej). Zawartość magnezu przyswajalnego wykazywała silne zróżnicowanie. W materiale z sąsiadujących warstw zmieniała się od zasobności niskiej do wysokiej (tab. 2). Bardzo duże różnice w zawartości wymienionych pierwiastków w sztucznie uformowanym profilu glebowym wskazywały na niejednorodność użytych do rekultywacji materiałów.

Materiał ziemny użyty do rekultywacji wykazywał cechy przekształceń antropogenicznych także w zakresie ilości cynku i miedzi. Ogólna zawartość tych pierwiastków w materiale z warstwy 0–40 cm odkrywki 5 (tab. 3) osiągnęła I stopień zanieczyszczenia według kryteriów opracowanych przez Kabatę-Pendias i in. [1995].

TABELA 1. Fizyczne właściwości materiałów zastosowanych w rekultywacji (wartości średnie)

TABLE 1. The physical properties of materials used to reclamation (medium values)

Określenie materiału Material definition	Średnie wartości – Medium values				Udział Pk w Po Participation of Pk in Po Po =100%
	gęstości – of density [g · cm ⁻³]		porowatości – of porosity [m ³ · m ⁻³]		
	S	So	Po	Pk	
I. Powierzchniowy, próchniczny: surface with humus – w strefie większego zgromadzenia korzeni, in zone of more roots cumulation, 0–20 cm – w warstwie głębszej, in deeper layer 20–64 cm	2,58	1,48	0,426	0,391	91,8
	2,59	1,57	0,394	0,359	91,1
II. Zwięzły, gliniasty Firm material, loamy	2,61	1,76	0,326	0,322	98,8
III. Luźny, piaszczysty Loose material, sandy	2,64	1,69	0,360	0,323	89,7
IV. Piaski gliniaste, Loamy sands	2,62	1,62	0,382	0,339	88,7
V. Popiół, Ash	2,13	1,01	0,526	0,486	92,4

S – gęstość właściwa, specific density; So – gęstość objętościowa, bulk density;
Po – porowatość ogólna, total porosity; Pk – porowatość kapilarna, capillary porosity

WZROST I ROZWÓJ ROŚLIN W 1. ROKU PO REKULTYWACJI

Jesienią 1998 roku, podczas prac rekultywacyjnych, wysiano na obiekt mieszankę następujących traw: życica trwała (*Lolium perenne*), kostrzewa łąkowa (*Festuca pratensis*), tymotka łąkowa (*Phleum pratense*), wiechlina łąkowa (*Poa pratensis*), kupkówka (*Dactylis glomerata*), stokłosa (*Bromus* sp.) z koniczyną białą (*Trifolium repens*). W dolnej części zbocza nasadzono krzewy i drzewa, które jednak się nie przyjęły.

Rozwój traw w sezonie wegetacyjnym 1999 roku był zróżnicowany. Według przyjętej 4-stopniowej skali oceny wzrostu i rozwoju roślin wyróżniono powierzchnie: a) bardzo słabego, b) słabego, c) bujnego oraz d) bardzo bujnego ich wzrostu i rozwoju (rys. 3).

W czerwcu rośliny były niskie (15 cm), a pokrycie gruntu nierównomierne. Zaobserwowano place nie porośnięte roślinnością, z odśloniętą całkowicie glebą. Przyczyny tak znacznego zróżnicowania stanu roślinności należy upatrywać w zmiennej zasobności warstwy próchnicznej. Zaobserwowano zbieżność bardzo słabego wzrostu i rozwoju roślin z obecnością ziemi silniej przekształconej antropogenicznie (obszar reprezentowany przez odkrywki 5 i 6). Materiał próchniczny wykazywał dużo domieszek

TABELA 2. Chemiczne właściwości materiałów użytych w rekultywacji
 TABLE 2. The chemical properties of materials used to reclamation

Określenie materiału Material definition	pH _{KCl}	C-org. [g·kg ⁻¹]	Składniki przyswajalne – The available elements [mg·kg ⁻¹ gleby – of soil]		
			P	K	Mg
I. Powierzchniowy, próchn. Surface with humus	7,02–8,48	11,5–30,4	19,0–136,0	85,0–473,0	28,0–107,0
II. Zwięzły, gliniasty Firm material, loamy	6,52–8,42		12,0–83,0	53,0–488,0	38,0–80,0
III. Luźny, piaszczysty Loose material, sandy	7,76–8,53		35,0–66,0	35,0–122,0	23,0–44,0
IV. Piaski gliniaste, Loamy sands	7,63–8,92		19,0–85,0	26,0–365,0	30,0–192,0
V. Popiół, Ash	8,41–9,30		84,0–120,0	143,0–286,0	142,0–222,0

antropogenicznych (gruz, szkło, porcelanę i inne), a przy odkrywce nr 5 wyczuwalny był zapach substancji ropopochodnych. W obszarze reprezentowanym przez odkrywkę 6 stwierdzono minimalną zawartość próchnicy lub jej brak.

Poza zastosowaną mieszanką traw, na obiekcie stwierdzono występowanie ruderalnych gatunków roślin. Najczęściej wśród nich występowały: gorczyca polna (*Sinapsis arvensis*), rumian polny (*Anthemis arvensis*), żywokost lekarski (*Symphytum officinale*), śláz (*Malva* sp.). Pojedynczo pojawiły się następujące gatunki: szczaw zwyczajny (*Rumex acetosa*), żmijowiec zwyczajny (*Echium vulgare*), pokrzywa zwyczajna (*Urtica dioica*), babka zwyczajna (*Plantago major*), nostryk biały (*Melilotus album*), tobołki polne (*Thlaspi arvense*) oraz wyka (*Vicia* sp.).

DYSKUSJA

Sposób zagospodarowania nowo odtworzonej powierzchni spadzistej na zboczu wyrobiska stwarzał znaczne utrudnienia w rekultywacji, spowodował też wyższe wymagania w stosunku do formowania rzeźby i technicznego odtworzenia profilu glebowego. Zastosowanie do wypełnienia materiału odpadowego ze spalania węgla kamiennego, o właściwościach znacznie odbiegających od parametrów naturalnego materiału skalnego [Gilewska 2004, Maciak i in. 1979, Maciak i in. 1976a, 1976b] spotęgowało te trudności. Istotnym zagadnieniem, poza właściwościami chemicznymi gruntu, stał się w tym przypadku obieg wód opadowych na rekultywowanym obiekcie: spływ powierzchniowy, infiltracja i perkolacja w gruncie. Cechą charakterystyczną wód opadowych na rekultywowanej powierzchni spadzistej będzie zawsze tendencja do dominacji spływu powierzchniowego nad infiltracją. Ta prawidłowość ujawniła się na omawianym obiekcie w pierwszym roku po rekultywacji.

W rekultywowanej warstwie gruntu istotnym parametrem okazała się pojemność wodna, cecha ta określała ilość wody, którą retencjonuje grunt. Przy płytkich warstwach mineralnych zalegających nad popiołem i przy dużym dopływie wody opadowej, wypięnienie pojemności wodnej nastąpiło szybko, a przy utrudnionej perkolacji w głąb gruntu nadwyżki wody spływały powierzchniowo.

W pierwszym roku po rekultywacji, niestaranne przygotowanie gruntu i spóźniony siew roślinności trawiastej osłabił jej wzrost i rozwój oraz spowodował wzrost zagrożenia erozyjnego. Jakość materiału i sposób ułożenia i sposobu warstw powierzchniowych, a także stosowane przed wysiewem roślin nawożenie odgrywały decydującą rolę w utrzymaniu się roślinności na rekultywowanej powierzchni. Podobny przebieg rekultywacji wykazały także badania prowadzone w Polsce przez Gilewską [2004] i w Niemczech przez Pittelkow [1995].

TABELA 3. Ogólna zawartość Zn, Cu i Mn w materiale próchnicznym użytym w rekultywacji

TABLE 3. The total content of Zn, Cu and Mn in humus material used to reclamation

Nr odkrywki i miąższość warstwy próchnicznej [cm] The soil profile No and thickness of humus layer [cm]	Zawartość ogólnych form metali ciężkich Total content of heavy metals [mg · kg ⁻¹ of soil]		
	Zn	Cu	Mn
I. 0-64	23,3-42,5	5,7-8,3	82,7-101,7
II. 0-20	32,8-38,3	5,1-7,0	94,7-110,3
III. 0-32	29,3-37,9	5,6-8,6	102,7-115,5
IV. 0-20	27,3-29,0	7,2-7,4	104,3-105,6
V. 0-40	166,1-169,5	26,8-30,1	144,0-174,0
40-50	39,1	8,2	98,3

Na zrekultywowanym obiekcie kształtowanie rzeźby było nieprawidłowe. Przy różnicy wysokości dolnej i górnej krawędzi omawianego zbocza osiągającej wartość 15 m należało w projekcie przewidzieć jego tarasowanie. Dla wzmocnienia ochronnej roli roślinności przed erozją wodną, w zasięgu powierzchni spadzistej (zbocza), prace w zakresie rekultywacji biologicznej należało rozpoczynać wcześniej, np. w połowie roku, tak aby wysiane rośliny mogły się lepiej ukorzenieć jeszcze przed nadejściem zimy. Siew jesienny był więc spóźniony.

Przeprowadzone obserwacje w kolejnych latach po rekultywacji wskazywały, że roślinność trawiasta rosła szybko i sukcesywnie wzmacniała swoją funkcję ochronną przed erozją wodną, a dodatkowo wykazywała pozytywne oddziaływanie fitoremediacyjne, w usuwaniu zanieczyszczeń organicznych. Należy się spodziewać także ich pozytywnego oddziaływania na rozwój procesów glebowych, co zaobserwowali w podobnych warunkach Czyż i in. [2004], Gos i Giś [1997], a także Maciak i in. [1979].

WNIOSKI

1. Przy rekultywacji małych wyrobisk, zlokalizowanych w zasięgu zbocza, należy zwrócić szczególną uwagę na kształtowanie rzeźby terenu. Przy większej różnicy wysokości konieczne jest wykonanie tarasów, jako elementu zapobiegającego erozji wodnej.

2. W rekultywacji biologicznej wspomnianego obiektu, dla prawidłowego i pożądanego rozwoju roślinności, niezbędne jest: dobre kształtowanie żyzności warstwy wierzchniej gruntu, odpowiednio wczesny termin siewu roślin oraz ich etapowe wprowadzanie. Jako pierwsza wprowadzana powinna być roślinność trawiasta, następnie w kolejnych latach krzewy bądź drzewa.
3. Wypełnianie wyrobisk popiołami, przykrytymi względnie płytką warstwą nadkładową, w warunkach powierzchni spadzistej, utrudnia przyszłe zagospodarowanie obiektu i tym samym wymaga bardziej dopracowanych projektów rekultywacyjnych.

LITERATURA

- CZYŻ H., KITCZAK T., STANKOWSKI S. 2004: Początkowy rozwój traw na podłożach z udziałem popiołów. Popioły z energetyki. Konferencja naukowa Zakopane 2004: 349–355.
- GILEWSKA M. 2004: Rekultywacja biologiczna składowisk popiołowych z węgla brunatnego. *Rocz. Glebozn.* 55,2: 103–110.
- GOS A., GIŚ W. 1997: Trwałe zadarnienie hałd popiołu i żużlu w aspekcie glebotwórczym. Trawy w procesie rekultywacji biologicznej terenów trudnych o różnych gruntach. Konferencja Naukowa Ustroń Jaszowiec 1997: 28.
- KABATA-PENDIAS A., PIOTROWSKA M., MOTOWICKA-TERELAK T., MALISZEWSKA-KORDYBACH B., FILIPIAK K., KRAKOWIAK A., PIETRUCH C. 1995: Podstawy oceny chemicznego zanieczyszczenia gleb. Metale ciężkie, siarka i WWA. PIOŚ, IUNG, *Bibl. Monitoringu Środowiska*, Warszawa: 1–27.
- KONDRACKI J. 2000: Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa: 45–51.
- MACIAK F., LIWSKI S., PRONCZUK J. 1976a: Rekultywacja rolnicza składowisk odpadów paleniskowych (popiołów) z węgla brunatnego i kamiennego. Cz. I. Wzrost roślinności na składowiskach popiołu w zależności od zabiegów agrotechnicznych i nawożenia. *Rocz. Glebozn.* 27, 4: 149–169.
- MACIAK F., LIWSKI S., BIERNACKA E. 1976b: Rekultywacja rolnicza składowisk odpadów paleniskowych (popiołów) z węgla brunatnego i kamiennego. Cz. III. Przebieg procesów glebotwórczych na składowiskach popiołu pod wpływem roślinności trawiastej i motylkowej. *Rocz. Glebozn.* 27, 4: 189–209.
- MACIAK F., LIWSKI S., JEŻEWSKI Z. 1979: Rekultywacja hałdy popiołu z węgla brunatnego Elektrowni Konin przez zadrzewienie i zakrzewienie. *Rocz. Glebozn.* 30, 3: 179–198.
- MACIAK F. 1996: Ochrona i rekultywacja środowiska. Wydawn. SGGW, Warszawa: 348 ss.
- PITTELKOW U. 1995: Untersuchungen in Modellgefäßen zur Begrünung von Halden im Thüringer Bergbauggebiet. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft* 76: 1357–1360.
- RESZEL R., RESZEL H., BARAN S. 1996: Przydatność ziemi z osadników cukrowni do rekultywacji gleb. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 437: 217–222.
- SIUTA J. 1978: Ochrona i rekultywacja gleb. PWRiL, Warszawa.
- SOBCZAK R. 1995: Rys historyczny i aktualna problematyka zalesień gruntów porolnych. W: *Problematyka zalesiania nieużytków i przebudowy drzewostanów. Postępy techniki w leśnictwie* 56: 26–32.
- WTF-Informationen (Anlage) 1989: Anleitung zur Bewertung der Erosionsgefährdung in Höchstertragsfruchtfolgen und Produktionsexperimenten. Forschungszentrum für Bodenfruchtbarkeit Müncheberg (maszynopis Instytutu FZB Müncheberg NRD).

Prof. dr hab. Adam Koćmit
 Katedra Erozji i Rekultywacji Gleb AR
 ul. Papieża Pawła VI nr 3, 71-442 Szczecin,
 e-mail: erozja@agro.ar.szczecin.pl