

OSADNIK WÓD BRUDNYCH BOGDAŁÓW JAKO OBIEKT EKOHYDROLOGICZNY

Mirosława Gilewska¹, Krzysztof Otremba¹, Waldemar Spychalski²

¹ Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji, Zakład Rekultywacji, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Brzozowa 51, 62-500 Konin, e-mail: katrekult@wp.pl

² Katedra Gleboznawstwa i Ochrony Gruntów, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Szydlowska 50, 60-656 Poznań

STRESZCZENIE

Osadniki wód kopalnianych to na ogół czasowe budowle hydrotechniczne związane z oczyszczaniem wód dołowych z zawiesiny mineralno-organicznej. Po zakończeniu eksploatacji węgla i odcięciu sztucznego zasilania podlegają, w zależności od uwarunkowań hydrologicznych i hydrotechnicznych, osuszeniu lub wykorzystywane są jako zbiorniki wodne. Osuszone osadniki podlegają najczęściej samoczynnej rekultywacji – renaturyzacji, stając się podobnie jak zbiorniki wodne obiektami ekohydrologicznymi. Z uwagi, że rolą osadników jest oczyszczanie wód brudnych za celowe uznano poznanie właściwości nagromadzonych w nim osadów i ich wpływu na kształtujące się zbiorowiska roślinne. Całą powierzchnię osadnika (16 ha) po dwóch latach od jego zamknięcia objęto badaniami gleboznawczymi i fitosocjologicznymi. Zróżnicowane warunki wilgotnościowe i glebowe powierzchni osadnika sprzyjały inwazji gatunków o różnych wymaganiach siedliskowych, kształtując nową jakość terenu poprzemysłowego i jego bioróżnorodność. Inwazja roślinności zielonej i drzewiastej wskazuje, że pomimo funkcji jaką pełnił osadnik w infrastrukturze kopalnianej, nagromadzony w nim materiał stanowi korzystne siedlisko dla rozwoju szaty roślinnej. Sądzić należy, że wynika to z dużej domieszki węgla brunatnego.

Słowa kluczowe: wody kopalniane, osadnik, bioróżnorodność, renaturyzacja, sukcesja olszy.

BOGDAŁÓW SEDIMENT TRAP OF DIRTY WATERS AS AN ECO-HYDROLOGICAL OBJECT

ABSTRACT

Sediment traps of dirty waters are, generally speaking, temporary hydrotechnical constructions associated with the purification of mine waters from mineral-organic suspensions. Once coal mining is finished and artificial supplies are cut off, such sediment traps – depending on hydrological and hydrotechnical conditions – undergo drainage or are utilised as water reservoirs. Drained sediment traps most commonly go through a period of self-generated reclamation – renaturalisation and become, similarly to water reservoirs, eco-hydrological objects. Bearing in mind the fact that the role of sediment traps is cleaning dirty waters, it seemed advisable to recognise the properties of sediments accumulated in them and to assess their impact on the arising plant communities. Two years after its closure, the entire area of the sediment trap (16 ha) was subjected to soil science and phytosociological investigation. Differentiated moisture content and soil conditions of the sediment tank surface were favourable for the settlement of various species characterised by differing site requirements which conferred a completely new quality to this post-industrial land and its biodiversity. The invasion of herbaceous and woody plants indicates that despite the function of sediment tank played earlier in the brown coalmine infrastructure, the material which was accumulated in it provided a favourable habitat for the development of plant cover. It may be assumed that it can be attributed to a significant admixture of brown coal.

Keywords: mine waters, sedimentation tank, biodiversity, renaturalisation, succession of alder.

WSTĘP

Średni wskaźnik zawodnienia złóż węgla brunatnego w rejonie Turka wynosi 16,52 m³ · Mg⁻¹ [Kasztelewicz 2004]. Odwadnianie odbywa

się za pomocą studni głębinowych sięgających do głębokości około 20 m poniżej poziomu zalegającego węgla. Są one ujęte w barierę pomp i tłoczą wodę na powierzchnię z podwęglowego poziomu wodonośnego, tworzonego przez piaski mioceń-

skie i stropowe, szczelinowe partie górnej kredy. Wody te zaliczane są do „czystych” i rurowymi oraz kanałami odprowadzane są do odbieralników, którymi są cieki powierzchniowe oraz zbiorniki retencyjne powstające w ramach rekultywacji wodnej wyrobisk poeksploatacyjnych.

Okolo 25% wód zaliczanych jest do wód brudnych. Są to wody opadowe spływające z poszczególnych poziomów wydobywczych i skarp oraz wody nie ujęte przez studnie głębinowe. Przejmują je pompownie spągowe usytuowane na dnie odkrywki i w celu redukcji zanieczyszczeń pompowane są do osadników ziemnych. Głównym zanieczyszczeniem wód brudnych jest zawiesina mineralno-organiczna – piasek i węgiel. Oczyszczanie tych wód polega na grawitacyjnej sedimentacji cząstek zawieszonych w wodzie. W osadnikach następuje poprawa parametrów jakościowych wody do ustalonych pozwoleniem wodnoprawnym.

Osadniki wód brudnych to na ogół czasowe budowle hydrotechniczne. Po zakończeniu eksploatacji węgla i odcięciu sztucznego zasilania ulegają, w zależności od uwarunkowań hydrologicznych i hydrotechnicznych, osuszeniu lub wykorzystywane są jako zbiorniki wodne. Osuszone osadniki podlegają najczęściej samoczynnej rekultywacji – renaturyzacji przekształcając się z obiektów przemysłowych w obiekty ekohydrologiczne. Przykładem jest osadnik wód brudnych Bogdałów należący do KWB Adamów.

Z uwagi, że rolą osadników było oczyszczanie wód brudnych, za celowe uznano poznanie właściwości nagromadzonych osadów i ich wpływu na restytucję zbiorowisk roślinnych.

MATERIAŁ I METODY

Osadnik wód brudnych Bogdałów zbudowany został pod koniec lat 70-tych XX wieku. W latach 1979–1989 kierowane były do niego wody z odwodnienia powierzchniowego odkrywki Bogdałów, a w latach 1987–2010 z odkrywki Koźmin. Łączną ilość skierowanych do niego wód oszacowano na 360 mln m³. Jest to osadnik dwukomorowy o powierzchni około 16 ha. Komory – dopływową i odpływową rozdziela grobla o długości około 500 m. Osadnik obwałowany jest nasypem o wysokości około 2,2 m co umożliwiło piętrzenie wody powyżej przyległego terenu.

Wprowadzenie wód do komory dopływowej odbywało się przez żelbetowe koryto o przekro-

ju prostokątnym, szerokości w dnie 1 m i spadku 2%. Cztery otwory prostokątne, o szerokości 1 m każdy, służyły wypływowi wody z koryta. W komorze odpływowej znajdowały się trzy mnichy umożliwiające odprowadzenie oczyszczonej wody z osadnika do odprowadzalnika – rzeki Kiełbaski. Osadnik otoczony jest użytkami rolnymi i terenami leśnymi.

Całą powierzchnię osadnika, po dwóch latach od jego zamknięcia (w roku 2012), objęto badaniami gleboznawczymi i fitosocjologicznymi. W obu komorach osadnika, w losowo wybranych miejscach, odkryto, opisano i wybrano reprezentatywne profile glebowe. Odkrycie profili glebowych do głębokości dna osadnika w większości przypadków było niemożliwe ze względu na podsiąkającą wodę. Dodatkowo wykonano szereg wierceń, umożliwiających określenie miąższości osadów.

Zamieszczone w pracy profile 1, 2 i 3 reprezentują komorę odpływową, natomiast profil 4 komorę dopływową. Z wyznaczonych poziomów pobrano do analiz próbki glebowe o naruszonej i nienaruszonej strukturze. W próbkach oznaczono podstawowe właściwości fizyczne i chemiczne. W pracy ograniczono się do analizy właściwości fizycznych, które oznaczono metodami ogólnie stosowanymi w gleboznawstwie [Mocek i Drzymała 2010]. Badania fitosocjologiczne skupiły się na określeniu składu gatunkowego, wieku i zagęszczenia sukcesji roślinnej.

WYNIKI BADAŃ I DISKUSJA

W osadniku, w ciągu ponad 30 lat, nagromadzonych zostało około 120 000 Mg osadów. Z przeprowadzonych badań wynika, że miąższość osadów była zróżnicowana i kształtowała się od 0,65 m w strefie przybrzeżnej do 3 m w strefie centralnej. Średnia miąższość osadów wynosiła 0,80 m. Powierzchnia komór osadnika, charakteryzowała się dużymi deniwelacjami. Wynikają one z różnej prędkości przepływu wody i związanej z tym zróżnicowanej sedimentacji zawiesiny. Ukształtowanie wpłynęło na różne uwilgotnienie powierzchni: od bardzo suchej, podatnej na erozję wietrzną, po nadmiernie uwilgotnioną, w tym także zabagnioną. W komorze odpływowej osadnika, w niewielkim powierzchniowo zagłębieniu, stagnowała woda. Głębokość tej niecki wynosiła około 3 m. Wokół zagłębienia powierzchnia była poprzecinana licznymi, układającymi się nieregul-

larnie, szczelinami tworząc poligony o wielkości od 20 do 30 cm².

Osad był nieregularnie warstwowy. Na przemian występowała warstwa piasku bądź piasku z większą lub mniejszą domieszką węgla brunatnego oraz warstwa węgla (tab. 1). Był to materiał glebowy o cechach anizotropowości, zróżnicowanej barwie od czarnej do szarej i dużej zawartości frakcji pylastej. W gleboznawstwie utwory, których geneza wiąże się z procesami sedymentacji zaliczane są do mułów.

Dno osadnika stanowią przemyte, białe zabarwione, zawodnione piaski luźne. Uziarnienie gruntów, jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 2, jest zróżnicowane zarówno w ukła-

dzie profilowym jak i powierzchniowym. Dno osadnika stanowią utwory rodzime o uziarnieniu piasków luźnych. Nad nimi zalegają utwory sedymentacyjne bogatsze we frakcje pyłu i łu koloidalnego. Zawartość frakcji piasku wynosi od 3,1 do 84,3%, frakcji pyłu od 14,5 do 84,4%. Najniższą zawartością frakcji pyłu charakteryzuje się profil 3. W próbkach glebowych pobranych z tego profilu najniższa jest również zawartość frakcji łu koloidalnego. W pozostałych profilach zawartość tej frakcji oscyluje od 4,3 do 13,3%. Różna zawartość poszczególnych frakcji plasuje te utwory w grupach granulometrycznych od gliny piaszczystej poprzez piasek gliniasty do pyłu ilastego.

Tabela 1. Budowa morfologiczna profili glebowych
Table 1. The some soil profile morphological structure

| Nr profilu | Morfologia | Warstwa [cm] |
|-------------------------|---|--------------|
| 1 (komora odpływowa) | Osad węglowy, świeży | 0–20 |
| | Piasek pylasty szary, wilgotny | 21–30 |
| | Osad węglowy, wilgotny | 31–54 |
| | Osad węglowy + piasek, wilgotny | 55–64 |
| | Piasek pylasty mokry | 65↓ |
| 2 (komora odpływowa) | Osad węglowy warstwowy węgiel/muł, mokry | 0–25 |
| | Osad węglowy zawodniony | 26–50 |
| | Osad spiaszczony zawodniony | 51–100 |
| 3 (komora odpływowa) | Osad spiaszczony suchy, popękany, poligony wielkości 5–10 cm ² suchy | 0–25 |
| | Osad spiaszczony, świeży | 26–50 |
| | Osad spiaszczony, świeży | 51–100 |
| 4 (komora dopływowa) | Zagęszczony osad, wilgotny | 0–25 |
| | Osad wilgotny o konsystencji plasteliny, wilgotny | 26–50 |
| | Osad plastyczny i mokry | 51↓ |

Tabela 2. Skład granulometryczny gruntów osadnika Bogdałów
Table 2. Texture composition of Bogdałów sediment tank soil

| Profil | Warstwa | Piasek | Pył | łł | Grupa granulometryczna |
|--------|---------|-------------------------|------------|--------|------------------------|
| | | Frakcja o średnicy w mm | | | |
| | | 2–0,005 | 0,05–0,002 | <0,002 | |
| 1 | 0–20 | 24,3 | 70,1 | 5,6 | pył gliniasty |
| | 21–30 | – | – | – | – |
| | 31–54 | 46,8 | 47,4 | 5,8 | głina piaszczysta |
| | 55–64 | 53,1 | 42,6 | 4,3 | głina piaszczysta |
| | 65↓ | 93,5 | 5,8 | 0,7 | piasek luźny |
| 2 | 0–25 | 7,9 | 83,7 | 8,4 | pył zwykły |
| | 26–50 | 5,1 | 81,6 | 13,3 | pył ilasty |
| | 51–100 | – | – | – | – |
| 3 | 0–25 | 71,2 | 27,0 | 1,8 | piasek gliniasty |
| | 26–50 | 78,4 | 19,6 | 2,0 | piasek gliniasty |
| | 51–100 | 84,3 | 14,5 | 1,3 | piasek gliniasty |
| 4 | 0–25 | 7,7 | 82,8 | 9,5 | pył zwykły |
| | 26–50 | – | – | – | – |
| | 51–75 | 3,1 | 84,4 | 12,5 | pył ilasty |

Gęstość fazy stałej analizowanych osadów (tab. 3) kształtuje się w przedziale od 2,07 do 2,63 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$ i jest w większości przypadków niższa od gęstości fazy stałej gleb mineralnych. Niska jest również gęstość objętościowa tych osadów. Waha się ona od 0,72 do 1,36 $\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$. Są to również wartości niższe niż spotykane w poziomach próchnicznych gleb mineralnych. Obniżenie obu gęstości spowodował znaczny udział substancji organicznej – pyłu węgla brunatnego. Efektem niskiej gęstości objętościowej jest wysoka porowatość ogólna, która oscyluje od 47,2 do 67,70%. Mały udział wśród porów mają pory duże składające się na porowatość niekapilarną. Kształtuje się ona w granicach 2,5 do 14,2%. W większości analizowanych próbek porowatość kapilarna przekracza 50%. Ten rozkład wielkości porów glebowych wskazuje, że to tworzywo glebowe charakteryzuje się dużą zdolnością do magazynowania wody. Ruch wody grawitacyjnej może być w nim utrudniony, podobnie jak wymiana powietrza glebowego.

W okresach suchych na powierzchni osadnika tworzą się poligony w wyniku zachodzących procesów kureczenia substancji organicznej – węgla brunatnego oraz frakcji iłu koloidalnego. Pył węgla brunatnego w tych warunkach nabiera właściwości hydrofobowych i czyni powierzchnię podatną na procesy erozyjne. Poprzez szczeliny i spękania woda opadowa będzie mogła przemieszczać się w głębsze warstwy profilu glebowego. W okresach o dużej wilgotności natomiast utrudniona będzie infiltracja wody w głąb profilu glebowego i może ona stagnować na powierzchni oraz powodować okresowe zawodnienie gruntu. O modyfikującym wpływie pyłu węgla brunatnego

na właściwości wodne, aczkolwiek w odniesieniu do innego tworzywa glebowego, donoszą Otremba i in. (2012).

W dwa lata po zamknięciu osadnika, powierzchnia komory dopływowej pokryła się zwartą szatą roślinną złożoną z roślinności drzewiastej i zielnej. Wśród roślinności zielnej były gatunki charakterystyczne dla terenów bagiennych; gromadnie występujący uczepek trójlistny (*Bidens tripartita* L.), wierzbownica kosmata (*Epilobium hirsutum*), pałka szerokolistna (*Typha latifolia*), trzcina pospolita (*Phragmites communis*). Skład tego zbiorowiska uzupełniał trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth). Krzewy reprezentowały: wierzba wiciowa (*Salix viminalis* L.) i rokitnik zwyczajny (*Hippophaë rhamnoides* L.), a drzewa olsza czarna (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). Występują one niejednokrotnie łąkowo tworząc trudne do penetracji gęste kępy utrudniające nawet pobieranie próbek glebowych. Dominująca olsza czarna (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.), tworzy gęstą szczytkę. Takie zagęszczenie olszy należy uznać za ewenement. Z reguły w warunkach naturalnych kiełkuje tylko 30–40% nasion olszy. Pierwsze trzy lata rozwoju tego gatunku uznawane są za okres krytyczny, w którym śmiertelność siewek jest bardzo wysoka [Suszka 1980].

Drzewostan olchowy jest zróżnicowany nie tylko gatunkowo lecz także wiekowo- od stadium siewki do populacji kilkuletnich. Roślinność zielna i drzewiasta sięga swoimi korzeniami w głąb gruntu silnie go przerasta tworząc obfite sploty rozłogowe, a tym samym tworzy skuteczną barierę ograniczającą migrację biogenów. Bogata pod względem gatunkowym i o dużej witalno-

Tabela 3. Właściwości fizyczne gruntów osadnika Bogdałów
Table 3. Soil physical properties of the Bogdałów sediment tank

| Profil nr | Warstwa | Gęstość fazy stałej [$\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$] | Gęstość objętościowa [$\text{Mg}\cdot\text{m}^{-3}$] | Porowatość | | |
|-----------|---------|---|--|------------|---------------|------------------|
| | | | | ogólna [%] | kapilarna [%] | niekapilarna [%] |
| 1 | 0-20 | 2,07 | 0,81 | 61,00 | 54,6 | 6,40 |
| | | 2,41 | 0,83 | 65,65 | 58,36 | 7,3 |
| | | 2,39 | 0,79 | 67,15 | 52,95 | 14,20 |
| | 20-40 | 2,42 | 1,32 | 45,45 | 42,45 | 3,0 |
| | | 2,42 | 1,28 | 47,2 | 44,7 | 2,5 |
| | | 2,64 | 1,36 | 48,4 | 38,4 | 10,0 |
| 2 | 0-20 | 2,15 | 0,82 | 61,75 | 49,75 | 12,00 |
| | | 2,63 | 0,92 | 65,05 | 59,95 | 5,10 |
| | | 2,56 | 0,83 | 67,70 | 60,65 | 7,05 |
| | 20-40 | 2,45 | 0,72 | 70,65 | 67,05 | 3,6 |
| | | 2,56 | 0,72 | 71,75 | 67,25 | 4,5 |
| | | 2,20 | 0,74 | 66,2 | 63,6 | 2,7 |

ści pokrywa roślinna wskazuje, że jest to siedlisko żyzne, służące szczególnie wegetacji olchy czarnej. Wszystkie rośliny pochodzą z nalotu i samoistnie dostosowały się do warunków siedliskowych.

Na drugiej części osadnika (komorze odpływowej) sukcesja roślinna nie była już tak bogata. Głównie reprezentowana była przez różne stadia rozwojowe olchy czarnej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.); od szyszeczek poprzez siewki do drzewek kilkuletnich. Zróżnicowana wiekowo była również sukcesja wierzby (*Salix* L.). Trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigejos* (L.) Roth.), uczepek trójlistny (*Bidens tripartita* L.), babka lancetowata (*Plantago lanceolata*), przymiotno kanadyjskie (*Erigeron canadensis*), podbiał pospolity (*Tussilago farfara*), rdest kolankowaty (*Polygonum lapathifolium*), to główne gatunki roślinności zielnej. Zróżnicowany był stopień pokrycia; obok powierzchni o dużym zagęszczeniu roślin, znajdowały się enklawy pozbawione szaty roślinnej bądź z pojedynczymi roślinami. Ten stan związany jest ze zróżnicowanym i znacznie dłuższym okresem stagnowania wody. Na całej powierzchni komory odpływowej znajdowały się muszle szczeżui pospolitej (*Anodonta anatina*). W strefie przybrzeżnej występują także fragmentarycznie martwe pnie i konary drzew.

Osadnik wód brudnych Bogdałów należy do obiektów przemysłowych. Już w trakcie jego eksploatacji, był miejscem bytowania wielu gatunków flory i fauny. Liczne muszle szczeżui pospolitej (*Anodonta anatina*) znajdujące się na dnie osadnika wskazują, że było to siedlisko korzystne także dla rozwoju tego gatunku. Małże traktowane są jako filtry wody zanieczyszczonej substancją organiczną i wykorzystywane są jako bioindykatory jakości wód. Ich obecność świadczy o dobrym stanie jakościowym wód. Badania Staniszewskiego i Jusika (2013) oparte głównie na wskaźnikach makrofitowych informują również o dobrej jakości wód kopalnianych zrzucanych do wód powierzchniowych. Osadnik był również korzystnym siedliskiem dla ichtiofauny, ptactwa a także bobrów, których ślady obecności są widoczne w formie ściętych drzew.

Po zaprzestaniu sztucznego zasilania, nastąpiło dość gwałtowne osuszenie osadnika, które negatywnie wpłynęło na faunę wodną. Większość powierzchni osadnika jednak bardzo szybko pokryła się samoczynnie szatą roślinną ułatwiającą integrację tej budowli hydrotechnicznej z otaczającym środowiskiem. Zróżnicowane wa-

runki wilgotnościowe i glebowe powierzchni osadnika sprzyjały inwazji gatunków o różnych wymaganiach siedliskowych, kształtując nową jakość terenu przemysłowego i jego bioróżnorodność. Ten etap ekspansji biologicznej można uznać za samoczynny proces rekultywacji nazywany renaturyzacją.

Inwazja roślinności zielnej i drzewiastej wskazuje, że pomimo funkcji jaką pełnił osadnik w infrastrukturze kopalnianej, nagromadzony w nim materiał stanowi korzystne siedlisko dla rozwoju szaty roślinnej. Sądzić należy, że wynika to z dużej domieszki węgla brunatnego, którego wartość nawozowa jest podnoszona w literaturze między innymi przez Nowosielskiego (1995), Kalembasę i Tenglera (2004). Zaletą węgla jest trwałość i oporność na rozkład mikrobiologiczny. Traktowany jest on również jako nośnik wielu pierwiastków. Jest bowiem elementem przyrody nieożywionej, który powstał w biolitycznym obiegu geomechanicznym pierwiastków [Matl i Wagner 1995] – 95% jego masy stanowią kwasy huminowe.

W świetle przedstawionych badań osuszony osadnik wód brudnych Bogdałów zaliczyć można do obiektów ekohydrologicznych. Szczególnie cenna dla restytucji układów przyrodniczych jest sukcesja spontaniczna olszy czarnej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn). W rekultywacji jest to gatunek zaliczany do roślin pionierskich i fitomelioracyjnych. Odznacza się, poprzez symbiozę z promieniowcami, zdolnością wiązania azotu z powietrza. Potrafi związać około 50 kg N·ha⁻¹ dynamizując tym samym wzrost drzewostanów i proces glebotwórczy. Jest to rodzimy gatunek lasotwórczy o dużej wartości użytkowej i krajobrazowej. Tworzy drzewostany czyste i mieszane.

WNIOSKI

1. Nagromadzony w osadniku Bogdałów materiał glebowych wykazywał cechy anizotropowości, zróżnicowaną barwę od szarej do czarnej i dużą domieszkę pyłu węgla brunatnego. Średnia miąższość osadów wynosiła 0,80m i jako materiał związany z procesami sedymentacji można go zaliczyć do mułów.
2. Nagromadzone w osadniku osady mają uziarnienie od gliny piaszczystej poprzez piasek gliniasty do pyłu ilastego. Ich właściwości fizyczne modyfikuje obecność pyłu węgla brunatnego.

3. Gwałtowne osuszenie osadnika spowodowało korzystne warunki dla wegetacji wielu gatunków roślin, w tym także bagiennych, kształtując jego nową jakość jako obiektu ekohydrologicznego.
4. Sukcesję spontaniczną można uznać za samoczynny proces rekultywacji nazywany renaturyzacją. Szczególnie cenna dla restytucji układów przyrodniczych jest sukcesja spontaniczna olszy czarnej (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn).

Podziękowania

Praca wykonana w ramach projektu badawczego Nr 62/2011/6W.

LITERATURA

1. Kalembasa S., Tenger S. 2000. Wykorzystanie węgla brunatnego w nawożeniu i ochronie środowiska. Monografie Akad. Podl. Siedlce, 52, ss. 175.
2. Kasztelewicz Z. 2004. Polskie górnictwo węgla brunatnego. Związek Pracodawców „Porozumienie producentów węgla brunatnego” w Bełchatowie. Górnictwo Odkrywkowe, 1–218.
3. Matl M., Wagner M. 1995. Węgiel brunatny. [W]: Stryszewski M. (red.) Eksploatacja węgla brunatnego i kopalni towarzyszących wraz z uwarunkowaniami techniczno-ekonomicznymi i korzyściami ekologicznymi. Monografia Centrum CPPGSMiE PAN, Kraków, 30–44.
4. Mocek A., Drzymała S. 2010. Geneza analiza i klasyfikacja gleb Polski. Wyd. Uniwersytetu przyrodniczego w Poznaniu, ss. 416
5. Nowosielski O. Węgiel brunatny jako podłoże i nawóz oraz surowiec do wytwarzania podłoża i nawozów. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln, z. 422, 87–92.
6. Otremba K., Kaczmarek Z., Gajewski P. 2012. Wpływ dodatku pyłu z węgla brunatnego na podstawie właściwości fizyczne i wodne poziomu uprawnego gleby powstającej z gruntów pogórnich KWB Konin. Annual Set The Environment Protection – Rocznik Ochrona Środowiska, 14, 741–751.
7. Staniszewski R., Jusik S. 2013. Wpływ zrzutu wód kopalnianych z odkrywki węgla brunatnego na jakość wód rzecznych. Annual Set The Environment Protection – Rocznik Ochrona Środowiska, 15, 2652–2665.
8. Suszka B. 1980. Rozmrażanie generatywne. [W]: Białobok S. (red.) Nasze drzewa leśne – Olsze *Alnus Mill.* Monografia popularnonaukowa PWN, Warszawa, 99–144.