

**KRZYSZTOF KLIMONT**  
**ZOFIA BULIŃSKA-RADOMSKA**  
Krajowe Centrum Roślinnych Zasobów Genowych  
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie

## Sukcesja roślin na terenach poeksploatacyjnych kopalni siarki „Jeziórko”

### Plant succession on post-mining area of the „Jeziórko” sulphur mine

Badano gatunki zdolne spełniać rolę pionierską w sukcesji naturalnej na bezglebowym podłożu wapna poflotacyjnego, zastosowanego do rekultywacji technicznej terenów poeksploatacyjnych kopalni siarki pozyskiwanej metodą otworową. Oceniano też dynamikę zmian gatunków zachodzącą w kolejnych latach prowadzenia eksperymentu. Wyniki badań wskazują, że w łanie kostrzewy trzcinowej porastającej wapno poflotacyjne wkraczają w pierwszej kolejności trawy: kupkówka pospolita (*Dactylis glomerata* L.), trzcinnik piaskowy (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth.) i perz właściwy (*Agropyron repens* (L.) P.B.) oraz motylkowate wieloletnie: koniczyna biała (*Trifolium repens* L.), lucerna sierpowata (*Medicago falcata* L.), koniczyna łąkowa (*Trifolium pratense* L.). Na terenach zniszczonych przez pożar następuje proces sukcesji wtórnej, maleje udział trzcinnika piaskowego i perzu właściwego na korzyść kostrzewy trzcinowej (*Festuca arundinacea* Schreb.) i wieloletnich gatunków roślin dwuliściennych. Następuje również zwiększenie udziału roślinności drzewiastej kosztem roślinności zielnej. Wśród drzew dominują gatunki wierzb (*Salix* sp.) i topól (*Populus* sp.) a kilka innych gatunków występuje pojedynczo.

**Słowa kluczowe:** rekultywacja, rośliny do rekultywacji, sukcesja roślinna, wapno poflotacyjne

The ability of some plant species to perform as pioneers in natural succession was studied on soilless substratum of post-flotation lime, which was applied for reclamation of the sulphur mine area damaged after use of the borehole mining method. The dynamics of changes in species participation was determined for the period of 2006–2009. The stand fertilized with sewage sludge and planted primarily with tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.) was settled by the grasses: orchard grass (*Dactylis glomerata* L.), wood small reed (*Calamagrostis epigeios* L.), couch grass (*Agropyron repens* L.) and perennial legumes: white clover (*Trifolium repens* L.), yellow alfalfa (*Medicago falcata* L.) and red clover (*Trifolium pratense* L.). Secondary succession was observed on the part of the area damaged by fire, with decreasing participation of wood small reed and couch grass, in advantage of tall fescue and some perennial dicots. The increase of participation of woody flora replacing the herbaceous species was noted. Among the trees dominated species of willow (*Salix* sp.) and poplar (*Populus* sp.).

**Key words:** reclamation, plants for reclamation, vegetal succession, post-flotation lime

## WSTĘP

Naturalna sukcesja roślinności na terenach poeksploatacyjnych kopalni siarki wydobywanej metodą otworową przebiega dosyć wolno, bowiem wykształcenie się nawet najprostszych zbiorowisk roślinnych wymaga odpowiedniego czasu. Analiza wkraczającej roślinności daje pogląd na warunki siedliskowe panujące na rekultywowanym podłożu i może być przydatna w zagospodarowywaniu tych powierzchni. Właściwości fizyczne bezglebowego podłoża wapna poflotacyjnego sprawiają, że nie jest ono dobrym podłożem dla szybkiego wznowienia życia biologicznego i procesów glebotwórczych, ale wprowadzenie do niego osadów ścieków komunalnych dynamizuje te procesy (Siuta, Jońca, 1997; Klimont i in., 2002; Klimont, Bulińska-Radomska, 2008). Do roślin najwcześniej wkraczających na bezglebowe podłoże wapna poflotacyjnego należą trawy, a wśród nich dominuje trzcinnik piaskowy, o czym wspomina Podyma (1999, materiały niepublikowane), z kolei o roślinności drzewiastej przydatnej na te tereny mówi Warzybok (2000). Na terenach przemysłowych o tempie rozwoju sukcesji naturalnej decydują: rodzaj podłoża, warunki klimatyczne oraz gatunki roślin z obrzeża terenów rekultywowanych.

Celem pracy jest charakterystyka gatunków roślin spełniających pionierską rolę w sukcesji naturalnej na bezglebowym podłożu wapna poflotacyjnego użytego do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych kopalni siarki wydobywanej metodą otworową, oraz określenie dynamiki zmian gatunkowych zachodzących w kolejnych latach badań.

## MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na terenie poeksploatacyjnym Kopalni Siarki „Jeziorko” koło Tarnobrzega, pokrytym wapnem poflotacyjnym będącym odpadem poprodukcyjnym z pobliskiej Kopalni Siarki „Machów” dostarczonym przy użyciu hydrotransportu. Zdeponowane na powierzchni ok. 50 ha odpady miały miąższość średnio 1,5 m (od 1 do 6 m). Według literatury (Gołda, 2007) twory te (wapno poflotacyjne) można zaliczyć do glin średnich pylastych zawierających następujące ilości frakcji: piasek — 39%, pył — 27% i części spławialne — 34% w tym 7% iłu koloidalnego, a pH około 7,3.

Wiosną 1995 roku bezglebowe grunty wapna poflotacyjnego nawieziono powierzchniowo osadami ścieków komunalnych w dawce  $250\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  i dokładnie z nim wymieszano oraz zastosowano nawożenie mineralne w ilości  $70\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $75\text{ kg P}_2\text{O}_5 \cdot \text{ha}^{-1}$  i  $100\text{ kg K}_2\text{O} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Na tak przygotowanym podłożu założono dwa doświadczenia. Na pierwszym doświadczeniu (I) na powierzchni 0,25 ha wysiano nasiona kostrzewy trzcinowej. Corocznie zeschniętą ruń kostrzewy ścinano i rozdrabniano późną jesienią po zakończeniu wegetacji. W pracy przedstawiono wyniki 4-letnich obserwacji prowadzonych w latach 2006–2009, które obejmowały rejestrowanie roślin naczyniowych oraz ich skalę pokrycia i towarzyskości wg Braun-Blanqueta, jak również przypisanie im odpowiednich wartości fitosocjologicznych celem określenia trwałości w runi kostrzewy trzcinowej oraz dynamiki zmian w monokulturze tego gatunku. Na drugim doświadczeniu (II) nie wysiewano nasion i nie sadzono żadnych roślin i pozostawiono bez żadnych zabiegów agrotechnicznych. W

prezentowanej pracy przedstawiono również wyniki obserwacji za lata 2006–2009, dotyczące składu botanicznego roślinności zielnej, jak i drzewiastej ze szczególnym uwzględnieniem zmian gatunkowych i liczebności osobników, jakie nastąpiły po pożarze terenów badawczych jesienią 2006 roku. Sukcesję badano zarówno na powierzchni obsianej i kontrolnej, a także podlegającej sukcesji spontanicznej. Badania prowadzono w pełni sezonu letniego, czyli w okresie lipca i sierpnia. W obydwu doświadczeniach określono w podłożu: pH, zawartość przyswajalnych P, K i Mg oraz materii organicznej. Wariant kontrolny stanowiło podłoże wapna poflotacyjnego bez nawożenia osadami ściekowymi i nawozami mineralnymi.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

Przebieg pogody w latach badań był zróżnicowany (tab. 1) i wpływał na wzrost i rozwój ocenianych gatunków roślin. Pierwszy rok badań (2006) był wyjątkowo ubogi w opady i upalny, szczególnie w miesiącach letnich sprzyjając zasychaniu i zaskorupianiu podłoża, co utrudniało vegetację roślin. Rok drugi (2007) był korzystniejszy od pierwszego, ale również ubogi w opady, szczególnie w miesiącach wiosennych. Korzystne warunki dla vegetacji roślin wystąpiły w ciepłym i obfitym w opady 2008 roku, natomiast czwarty, ostatni rok badań (2009) był chłodny, szczególnie w czerwcu i miesiącach jesiennych, skąpy w opady w momencie ruszenia vegetacji roślin (kwiecień) i bardzo obfity w opady w drugiej połowie września, października i listopadzie, co pozwoliło na dostateczne uwilgotnienie podłoża.

Tabela 1

**Suma opadów miesięcznych oraz średnia miesięczna temperatura powietrza w latach 2006-2009**  
**Monthly rainfall and mean air temperature in the years 2006-2009**

Miesiąc Month	Lata — Years							
	2006		2007		2008		2009	
	suma opadów sum of rainfall (mm)	temp. (°C)	suma opadów sum of rainfall (mm)	temp. (°C)	suma opadów sum of rainfall (mm)	temp. (°C)	suma opadów sum of rainfall (mm)	temp. (°C)
Styczeń — January	26,5	-7,8	48,0	2,7	29,4	0,4	18,9	-2,8
Luty — February	26,6	-3,5	22,1	-0,2	11,7	2,3	18,4	-0,8
Marzec — March	61,8	-0,4	26,5	6,8	45,8	3,8	66,4	2,2
Kwiecień — April	44,3	9,5	19,6	9,6	59,0	9,4	7,6	11,6
Maj — May	70,8	13,8	32,4	15,9	74,3	13,5	72,6	13,7
Czerwiec — June	62,1	17,5	53,4	19,0	29,4	18,2	89,2	16,4
Lipiec — July	15,1	22,3	103,8	19,4	99,4	18,8	71,7	20,0
Sierpień — August	10,2	17,9	58,3	19,2	31,0	18,9	57,8	18,7
Wrzesień — September	21,6	16,2	106,8	12,9	83,3	12,7	44,7	15,5
Październik — October	19,7	10,6	31,3	8,1	36,8	9,8	101,2	7,3
Listopad — November	41,3	5,3	20,6	1,0	19,2	5,0	48,7	5,4
Grudzień — December	18,4	2,6	10,1	-1,3	37,1	0,9	49,7	-1,1
RO	418,4	8,7	532,9	9,4	556,4	9,5	646,9	8,8

RO — Roczna suma opadów i średnia roczna temperatura powietrza; Annual amount of rainfall and average temperature

Tabela 2

**Zdjęcia fitosocjologiczne wykonane w lipcu i sierpniu metodą Braun-Blanqueta na bezglebowym podłożu wapna poflotacyjnego w latach 2006–2009**

**Phytosociological releve's made in July and August with the Braun-Blanquet method on soil-less substrate of post flotation lime (in the years 2006–2009)**

Gatunek rośliny Plant species	Lata — Years							
	2006		2007		2008		2009	
	ilościowość; towarzyskość abundance; sociability		ilościowość; towarzyskość abundance; sociability		ilościowość; towarzyskość abundance; sociability		ilościowość; towarzyskość abundance; sociability	
	I	II	I	II	I	II	I	II
<i>Festuca arundinacea</i> Schreb.	5.5	2.2	5.5	2.2	5.5	2.2	5.5	3.3
<i>Dactylis glomerata</i> L.	2.1	--	2.1	--	2.1	--	2.1	--
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth.	2.1	5.5	2.1	4.4	2.1	4.4	2.1	2.3
<i>Agropyron repens</i> (L.) P.B.	2.1	2.2	2.2	1.1	2.2	1.1	2.2	+1
<i>Sonchus arvensis</i> L.	2.1	+1	2.1	1.1	2.1	1.1	2.1	1.1
<i>Viola arvensis</i> Murr.	1.1	--	2.2	--	1.2	--	1.2	--
<i>Poa pratensis</i> L.	2.2	--	2.2	--	1.2	--	1.2	--
<i>Tripleurospermum inodorum</i> (L.) Schulz-Bip.	2.1	--	1.1	--	1.1	--	1.1	--
<i>Bromus mollis</i> L.	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	+1	1.1	--
<i>Taraxacum officinale</i> Web.	--	--	+1	2.1	+1	+1	+1	1.1
<i>Capsella bursa pastoris</i> (L.) Med.	--	--	--	--	+1	--	+1	--
<i>Erigeron canadensis</i> L.	--	--	--	--	+1	--	+1	--
<i>Linaria vulgaris</i> (L.) Mill.	--	--	--	--	+1	--	+1	--
<i>Lepidium ruderales</i> L.	--	--	--	--	+1	--	+1	--
<i>Tussilago farfara</i> L.	--	+1	--	1.1	+1	1.1	+1	2.1
<i>Trifolium repens</i> L.	--	+1	--	1.1	+1	+1	+1	2.1
<i>Poa annua</i> L.	--	--	--	--	--	--	+1	--
<i>Lotus corniculatus</i> L.	--	--	--	1.1	--	+1	+1	+1
<i>Anthyllis vulneraria</i> L.	--	--	--	--	--	--	+1	--
<i>Medicago falcata</i> L.	--	--	--	--	--	--	+1	--
<i>Plantago lanceolata</i> L.	--	--	--	--	--	--	+1	--
<i>Solidago virga-aurea</i> L.	--	--	--	--	--	--	--	+1
<i>Solidago canadensis</i> L.	--	--	--	--	--	--	--	+1
<i>Trifolium pratense</i> L.	--	--	--	--	--	+1	--	+1
<i>Trifolium arvense</i> L.	--	--	--	--	--	+1	--	+1
<i>Silene latifolia</i> Poir.ssp.alba (Mill.) Greuter&Burdet	--	--	--	--	--	+1	--	--
<i>Salix viminalis</i> L.	--	2.1	--	1.1	--	2.1	--	2.2
<i>Salix caprea</i> L.	--	2.1	--	1.1	--	1.1	--	2.1
<i>Salix pentandra</i> L.	--	2.1	--	1.1	--	1.1	--	2.1
<i>Salix purpurea</i> L.	--	2.1	--	1.1	--	2.1	--	2.2
<i>Populus alba</i> L.	--	1.1	--	2.2	--	2.2	--	2.2
<i>Populus nigra</i> L.	--	2.1	--	1.1	--	2.1	--	2.2
<i>Populus tremula</i> L.	--	2.1	--	2.2	--	2.2	--	2.2
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	--	1.1	--	1.1	--	1.1	--	2.1
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	--	+1	--	+1	--	+1	--	1.1
<i>Pinus sylvestris</i> L.	--	+1	--	--	--	+1	--	+1
<i>Quercus rubra</i> L.	--	--	--	--	--	+1	--	+1
<i>Quercus robur</i> L.	--	--	--	--	--	--	--	+1

I – Doświadczenie I; Experiment I

II – Doświadczenie II; Experiment II

Badania przeprowadzone w 2006 roku w łanie kostrzewy trzcinowej wykazały, że w miejscach, gdzie ustępuje ona z runi pojawiają się nowe gatunki traw jak i roślin dwuliściennych. Stwierdzono, że w pierwszym roku prowadzenia obserwacji występowało w runi 9 gatunków roślin, w tym 6 gatunków traw i 3 gatunki dwuliścienne, w tym 1 wieloletni (tab. 2). Dominującą rolę w jedenastym roku od zasiewu, a pierwszym roku badań miała nadal kostrzewa trzcinowa, ale w zwartej runi tego gatunku pojawiły się w znacznej ilości nowe gatunki traw, takie jak kupkówka pospolita, trzcinnik piaskowy, wiechlina łąkowa (*Poa pratensis* L.), perz właściwy, z dwuliściennych mlecze polny (*Sonchus arvensis* L.) i fiołek polny (*Viola arvensis* Murr.) a w mniejszej ilości maruna bezwonna (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Schulz. Bip.) i stokłosa miękka (*Bromus mollis* L.). W następnym roku badań, tj. 2007 stwierdzono dodatkowo obecność mniszka pospolitego (*Taraxacum officinale* Web.) a w 2008 sześć dalszych taksonów: tasznik pospolity (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Med.), przymiotno kanadyjskie (*Erigeron canadensis* L.), lnica pospolita (*Linaria vulgaris* (L.) Mill.), pieprzyca gruzowa (*Lepidium ruderalne* L.), podbiał pospolity (*Tussilago farfura* L.) i koniczyna biała. W czternastym roku od zasiewu, a czwartym prowadzenia obserwacji nad zmianami składu botanicznego zachodzącymi w łanie kostrzewy trzcinowej zastosowanej do rekultywacji biologicznej wapna poflotacyjnego użyźnionego osadem ściekowym stwierdzono, że zasiedla go 21 gatunków roślin, z czego 6 krótkotrwałych i 15 wieloletnich, w tym 7 gatunków traw i 4 gatunki wieloletnich roślin motylkowatych. W porównaniu z rokiem poprzednim skład botaniczny wzbogacił się o 5 taksonów, co świadczy o dużej dynamice zmian składu gatunkowego ładu kostrzewy trzcinowej, przybyły: wiechlina roczna (*Poa annua* L.), komonica zwyczajna (*Lotus corniculatus* L.), przelot pospolity (*Anthyllis vulneraria* L.), lucerna sierpowata, babka lancetowata (*Plantago lanceolata* L.).

Kostrzewa trzcinowa ze względu na bardzo silny system korzeniowy i małe wymagania pokarmowe bardzo dobrze nadaje się do rekultywacji gruntów bezglebowych (Góral, Sybilska, 2000), ale nawet w przypadku tego gatunku występują ubytki i wypadnięcia ze zwartej runi. W to miejsce wkracza kupkówka pospolita ze względu na silny system korzeniowy, a także trzcinnik piaskowy — roślina pionierska w sukcesji naturalnej wytrzymująca ekstremalne warunki siedliska, jak również perz właściwy, który ze względu na długie rozłogi sięgające w głąb podłoża jest przydatny do rekultywacji stanowisk bezglebowych. Z motylkowatych wieloletnich taką rolę pełnią: koniczyna biała, komonica zwyczajna i lucerna sierpowata, co jest zgodne z doniesieniami Górala (2001).

Powierzchnia drugiego doświadczenia została porośnięta roślinnością zielną i drzewiastą, która wkroczyła na ten teren w procesie naturalnej sukcesji (tab. 2). Obserwacje przeprowadzone latem 2006 roku wykazały, że zasiedlało go 7 gatunków roślinności zielnej, wśród nich dominował trzcinnik piaskowy, mniejszy udział stanowiła kostrzewa trzcinowa i perz właściwy, a pojedynczo występowały rośliny stokłosa miękkiej. Z dwuliściennych stwierdzono występowanie koniczyny białej, podbiału pospolitego i mlecze polnego. Z roślinności drzewiastej spotkano tutaj głównie gatunki wierzby: wiciowa (*Salix viminalis* L.), iwa (*Salix caprea* L.), pięciopęcikowa (*Salix pentandra* L.) i purpurowa (*Salix purpurea* L.) oraz topole: czarna (*Populus nigra* L.), biała (*Populus alba* L.) i osika (*Populus tremula* L.). Mniejszy udział stanowiła brzoza omszona (*Betula pubescens*

Ehrh.), odnotowano również pojedyncze osobniki sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris* L.). Niektóre osobniki topoli i brzozy osiągały nawet ponad 5 m wysokości. Jesienią omawianego roku po długotrwałej letniej suszy tereny doświadczenia podlegające sukcesji spontanicznej objął pożar, w wyniku którego spłonęła cała zeschnięta roślinność zielna, a część drzew uległa uszkodzeniu lub całkowitemu spaleni. Wiosną następnego roku (2007) pojawiły się intensywne odrosty trzcinnika piaskowego i kostrzewy trzcinowej, a następnie rozety mniszka pospolitego, podbiału pospolitego i mleczu polnego, a nieco później koniczyny białej i komonicy zwyczajnej. Następnie wyrosły młode pędy na zdrowych i częściowo opalonych drzewach wierzb i topól, a w maju i czerwcu po intensywnych opadach zaczęły kiełkować nasiona topoli białej i osiki, które bardzo gęsto pokryły podłoże, słabiej kiełkowały nasiona brzozy omszonej. Obserwacje z wiosny 2008 roku wykazały, istnienie nowych gatunków roślinności zielnej: koniczyny łąkowej (*Trifolium pratense* L.) i koniczyny polnej (*Trifolium arvense* L.), a w miejscach nie ocienionych lepnicy białej (*Silene latifolia* Poir. ssp. *alba* (Mill.) Greuter & Burdet). Znalaziono również pojedyncze osobniki sosny zwyczajnej i dębu czerwonego (*Quercus rubra* L.). W czwartym roku prowadzenia badań stwierdzono dalsze dynamiczne zmiany i sukcesję roślinności zielnej i drzewiastej, powoli ustępuje dominująca rola trzcinnika piaskowego i perzu właściwego na korzyść kostrzewy trzcinowej i dwuliściennych wieloletnich: mleczu polnego i podbiału pospolitego a w miejscach nasłonecznionych mniszka pospolitego, koniczyny białej i komonicy zwyczajnej, widoczne są również pojedyncze okazy nawłoci pospolitej (*Solidago virga-aurea* L.) i kanadyjskiej (*Solidago canadensis* L.). Wśród roślinności drzewiastej dominują tworząc skupiska wierzb i topole, nieco rzadziej występuje brzoza omszona i pojedyncze egzemplarze sosny zwyczajnej, dębu czerwonego i dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.). Tempo sukcesji roślinnej na bezglebowym podłożu wapna poflotacyjnego użyźnionego osadem ściekowym było dość intensywne w ostatnim roku badań, a w czternastym roku od pozostawienia go bez żadnych zabiegów pratotechnicznych. Zaobserwowano tam 12 gatunków roślinności zielnej, zdecydowaną większość stanowiły rośliny wieloletnie, a wśród nich trawy, oraz 12 gatunków drzew. W okresie wczesnowiosennym i wiosennym w czasie czteroletnich badań na powierzchni obsianej kostrzewą trzcinową wystąpiły takie gatunki jak rogownica pospolita (*Cerastium vulgare* L.) i gęsiówka piaskowa (*Arabis arenosa* (L.) Scop.) a na podlegającej sukcesji naturalnej tobołki polne (*Thlaspi arvense* L.) i tasznik pospolity (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Med.). Gatunki te nie pojawiły się już w lipcu i sierpniu. Porównując sukcesję na powierzchni obsianej kostrzewą trzcinową i podlegającej sukcesji spontanicznej obserwuje się wyraźne różnice w składzie gatunkowym i liczbie występujących gatunków roślin. Tereny podlegające sukcesji spontanicznej porastają 24 gatunki, przy czym połowę stanowi roślinność drzewiasta, a drugą część rośliny zielne. Z kolei powierzchnię obsianą zasiedla 21 gatunków roślinności zielnej, co wiąże się z corocznym koszeniem łąny kostrzewy. O szybkim tempie sukcesji roślinnej, ale w przypadku odłogowanych gruntów ornych mówi Kostuch (2003) stwierdzając jednocześnie, że jest ona szybsza w górach niż na niżu. Naturalna sukcesja na terenach poeksploatacyjnych siarki wydobywanej metodą otworową jest bardzo ważnym etapem w ich rekultywacji metodami biologicznymi, ponieważ są bardziej zdewastowane i trudniejsze dla prac rekultywacyjnych niż tereny po kopalniach

odkrywkowych (Levyk, Brzezińska, 2007). Wyniki badań Podymy (1995, materiały nie publikowane) i Górala (2001) wskazują, że trzcinnik piaskowy odgrywa rolę pionierską na gruntach bezglebowych wapna poflotacyjnego i na gruntach silnie zanieczyszczonych siarką rodzimą o pH 3,2–4,8. Gatunek ten potrafił tworzyć zwarte łany na miejscach nieocienionych i podobnie jak w niniejszych badaniach dominował zdecydowanie w zespole roślinności spontanicznej, a wyraźnie ustępował kiedy na opanowany obszar wkrczały drzewa. Trzcinnik piaskowy należy uznać za najbardziej ekspansywny gatunek ze względu na bardzo szeroki zasięg ekologiczny i łatwość rozprzestrzeniania się przez nasiona, co czyni go wszędobylskim. Z innych gatunków traw, które wkroczyły na ten teren w procesie sukcesji naturalnej i charakteryzowały się największym udziałem były kostrzewa trzcinowa i perz właściwy a z drzew wierzby i topole. Obydwa gatunki traw wymieniane są jako pionierskie do rekultywacji terenów przemysłowych osadników szlamów posodowych (Boroń i in., 2000), osadników popiołów elektrownianych (Tymińska-Zawora i in., 2003), składowisk popiołów paleniskowych (Klimont, Bulińska-Radomska, 2009). Na powierzchni obsianej kostrzewą trzcinową w pierwszych latach po siewie pojawiły się takie gatunki jak: wiechlina roczna, stokłosa miękka i trzcinnik piaskowy, natomiast na powierzchni nie obsianej: przymiotno kanadyjskie, pieprzycza gruzowa a następnie trzcinnik piaskowy, perz właściwy i kostrzewa trzcinowa (Podyma, 1996, 1997, 1998, materiały nie publikowane).

Ważnym zadaniem w procesie rekultywacji biologicznej gruntów bezglebowych jest inicjacja życia biologicznego i procesów glebotwórczych. Wprowadzenie do podłoża osadów ściekowych inicjuje życie biologiczne i aktywizuje procesy glebotwórcze w bezglebowym podłożu wapna poflotacyjnego, które wraz z porastającą roślinnością tworzy poziom organiczno-próchniczny z kompleksem sorpcyjnym gromadzącym przyswajalne formy P, K i Mg (Klimont i in., 2002; Klimont, Bulińska-Radomska, 2008). Analiza gruntu bezglebowego wykazała, że zawiera on wystarczającą ilość składników pokarmowych do prawidłowego wzrostu i rozwoju, przy czym większą ich zawartość odnotowano w podłożu pobranym spod roślinności porastającej doświadczenie I (tab. 3). Nawiezienie wapna poflotacyjnego osadami ścieków komunalnych wraz z porastającą spontanicznie roślinnością wpłynęło na niewielkie ale wyraźne obniżenie pH podłoża, zarówno w poziomie organiczno-próchnicznym jak i skale macierzystej (tab. 3), co wiązało się ze zmianami flory w kolejnych latach badań (tab. 2).

W przypadku rekultywacji, szczególnie gruntów przemysłowych, określenie aktywności życiowej drobnoustrojów glebowych jest ważnym testem diagnostycznym pozwalającym na ocenę środowiska glebowego (Gliński, Stępniewski, 1985; Filip, 2002). Z kolei Levyk i Brzezińska (2007) donoszą, że badania procesów biologicznych zachodzących w glebach obszarów pokopalnianych mogą przyczynić się do poznania związków między stadium sukcesji pierwotnej szaty roślinnej a fizycznymi, fizyczno-chemicznymi i biologicznymi właściwościami gleb powstających na terenach pokopalnianych i okazać się pomocne w przypadku rekultywacji biologicznej terenów pogórnicznych Kopalni „Jeziorko”.

Tabela 3

**Zawartość przyswajalnego P, K, Mg i materii organicznej w podłożu wapna poflotacyjnego (2006–2009)**

**Contents of assailable P, K, Mg and organic matter in the post-flotation lime (2006-2009)**

Doświad- czenie Experiment	Poziom glebowy Soil level	Cechy — Traits				
		pH w 1N KCl in 1N KCl	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg·kg <sup>-1</sup> gleby of soil	K <sub>2</sub> O mg·kg <sup>-1</sup> gleby of soil	Mg mg·kg <sup>-1</sup> gleby of soil	substancja organiczna organic matter g·kg <sup>-1</sup>
Kontrola Control	OA	7,25	22,0	19,5	14,5	11,0
	C	7,44	17,2	18,2	14,0	5,9
I	OA	7,13	95,2	106,2	24,7	33,6
	C	7,37	38,5	91,7	15,2	13,0
II	OA	7,09	61,5	76,5	17,0	18,5
	C	7,15	22,2	48,2	14,0	7,1

OA - Poziom organiczno-próchniczny; Organic humus level

C - Poziom skały macierzystej; Mother rock level

### WNIOSKI

1. Wapno poflotacyjne z kopalni siarki nawiezione osadem ścieków komunalnych okazało się dobrym podłożem do vegetacji kostrzewy trzcinowej oraz innych gatunków roślinności zielnej i drzewiastej wkraczających na ten teren po wydobyciu siarki metodą otworową.
2. W zwarty łan kostrzewy trzcinowej wysianej na podłożu wapna poflotacyjnego użyźnionego osadem ściekowym zaczynają wkraczać w pierwszej kolejności trawy z dużym udziałem kupkówki pospolitej, trzcinika piaskowego i perzu właściwego oraz dwuliścienne wieloletnie, w tym rośliny motylkowate.
3. Na podłożu wapna poflotacyjnego użyźnionego osadem ściekowym poddanemu sukcesji spontanicznej dominowały: trzcinik piaskowy, kostrzewa trzcinowa i perz właściwy, z dwuliściennych mleczy polny, fiołek polny i maruna bezwonna a z roślinności drzewiastej głównie gatunki wierzby, topoli oraz pojedyncze okazy brzozy omszonej i brodawkowatej oraz sosny zwyczajnej.
4. W wyniku sukcesji wtórnej mającej miejsce po pożarze z 2006 roku następuje zdecydowane zwiększenie udziału roślinności drzewiastej kosztem roślinności zielnej. Wśród drzew nadal dominują wierzby i topole, pojawiły się również dwa gatunki dębu (czerwony i szypułkowy) a z roślinności zielnej pięć gatunków, w tym dwa koniczyny, dwa nawłoci i lepnica biała.
5. Osady ściekowe oraz system korzeniowy porastającej roślinności zainicjowały proces tworzenia poziomu organiczno-próchniczego gromadzącego przyswajalne składniki pokarmowe i wodę.



LITERATURA

- Boroń K., Zając E., Klatka S. 2000. Rekultywacja terenu składowiska odpadów KZS „SOLVAY” w Krakowie. Inżynieria Ekologiczna 1, PTIE Baranów Sandomierski: 58 — 64.
- Filip Z. 2002. International approach to assessing soil quality by ecologically-related biological parameters. *Agricult. Ecosys. Environ.* 88: 169 — 174.
- Gliński I., Stępniewski W. 1985. Soil Aeration and its Role for Plants. CRS Press, Boca Raton, Floryda.
- Gołda T. 2007. Wykorzystanie szlamów poflotacyjnych rudy siarkowej do rekultywacji terenów poeksploatacyjnych w górnictwie otworowym siarki. Inżynieria Ekologiczna 19, PTIE Warszawa: 79 — 88.
- Góral S., Sybilska A. 2000. Przydatność polskich odmian hodowlanych (*Festuca arundinacea* Schreb.) do rekultywacji gruntów zdewastowanych. *Łąkarstwo w Polsce* 3, Poznań: 199 — 204.
- Góral S. 2001. Roślinność zielna w ochronie i rekultywacji gruntów. Inżynieria Ekologiczna 3, PTIE Bydgoszcz: 161 — 178.
- Klimont K., Góral S., Jońca M. 2002. Rekultywacyjna efektywność osadów ściekowych na podłożu wapna poflotacyjnego. *Biul. IHAR* 223/224: 415 — 425.
- Klimont K., Bulińska-Radomska Z. 2008. Przydatność wybranych gatunków roślin do rekultywacji podłoża wapna poflotacyjnego w różnych warunkach agrotechnicznych. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 1 (59): 99 — 108.
- Klimont K., Bulińska-Radomska Z. 2009. Badanie rozwoju wybranych gatunków do umacniania składowisk popiołów paleniskowych z elektrociepłowni. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 2/2009: 135 — 145.
- Kostuch R. 2003. Sukcesja roślinna na odłogowanych gruntach ornym. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie* t. 3 z. 2 (8): 57 — 78.
- Levyk V., Brzezińska M. 2007. Stan środowiska glebowego na terenie byłej Kopalni Siarki „Jaworów” (Ukraina) i „Machów” (Polska) w świetle aktualnych badań. *Acta Agrophisica* 10(1): 149 — 157.
- Siuta J., Jońca M. 1997. Rekultywacyjne działanie osadu ściekowego na wapnie poflotacyjnym w Kopalni Siarki „Jeziórko”. *Mat. konf. „Przyrodnicze użytkowanie osadów ściekowych”*, IOŚ Puławy-Lublin-Jeziórko 26–28 V 1997: 39 — 48.
- Tymińska-Zawora K., Krzaklewski W., Kowalik S., Wójcik J. 2003. Sukcesja spontaniczna roślinności na osadnikach popiołowych Zakładów Azotowych w Tarnowie. Inżynieria Środowiska, AGH Kraków t.8 z.1: 15 — 27.
- Warzybok W. 2000. Rekultywacja terenów górniczych Kopalni Siarki „Jeziorko”. Inżynieria Ekologiczna 1, PTIE Baranów Sandomierski: 23 — 26.