

## Wybrane aspekty rekultywacji rolniczej gruntów pogórnich Kopalń Węgla Brunatnego Konin i Adamów

Mirosława Gilewska<sup>1</sup>, Krzysztof Otremba<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Gleboznawstwa i Rekultywacji, Zakład Rekultywacji z siedzibą w Koninie, ul. Przemysłowa 120, 62-510 Konin, e-mail: [katrekult@wp.pl](mailto:katrekult@wp.pl)

### STRESZCZENIE

Praca prezentuje wyniki 40-letnich badań nad rekultywacją rolniczą gruntów pogórnich Konińsko-Tureckiego zagłębia węglowego. Rekultywacja prowadzona była zgodnie z koncepcją gatunków docelowych Bendera. Przedstawiono właściwości fizyczne i chemiczne gleb rozwijające się z gruntów pogórnich zawartość składników chemicznych rozpuszczalnych w wodzie, formy fosforu i potasu ilość metali ciężkich i plonowanie roślin. Produktowność gleby powstającej w wyniku eksploatacji węgla brunatnego uzależniona jest od budowy geologicznej i czynnika antropogenicznego decydującego o doborze i stosowaniu zabiegów rekultywacyjnych. Za najważniejszy zabieg rekultywacyjny uznawana jest naprawa chemizmu uwzględniająca wymagania pokarmowe roślin.

**Słowa kluczowe:** grunty pogórnice, rekultywacja rolnicza, koncepcja gatunków docelowych, gleby rozwijające się z gruntów pogórnich.

## The some aspects of agricultural reclamation the post-mining grounds of the Konin and Adamów Brown Coal Mines

### ABSTRACT

The paper presents the results of forty-years long of research on agricultural reclamation of post-mining areas of the Konin-Turkish coal basin. Reclamation was carried out in accordance with the concept of Bender's target species. Physical and chemical properties of soils developing from post-mining soils, chemical content of water-soluble substances, forms of phosphorus and potassium, the amount of heavy metals and crop yielding were presented. The productivity of the soil resulting from lignite exploitation depends on the geological structure and the anthropogenic factor that determines the selection and application of reclamation treatments. The most important reclamation treatment is the repair of chemism that takes into account the nutritional requirements of plants.

**Keywords:** post-mining grounds, agricultural reclamation, the concept of target species, developing soils from post-mining grounds.

### WSTĘP

W działaniach związanych z ochroną powierzchni ziemi ważną rolę odgrywa rekultywacja [Siuta 2000]. Rekultywacja jako dziedzina naukowa i działalność gospodarcza narodziła się w Polsce w połowie lat 50-tych ubiegłego wieku. Pierwsze badania związane były z litologią i właściwościami skał nadkładowych towarzyszących złożom eksploatowanych kopalni, technologią deponowania tych skał i metodami odtwarzania gleb na zwałowiskach [Skawina 1969]. W ciągu ponad sześćdziesięciu lat te badania ewoluowały

i rozszerzone zostały nie tylko o właściwości gruntów pogórnich, lecz również o właściwości gleb rozwijających się z tego materiału macierzystego, ilość i jakość wyprodukowanej biomasy [Bender Gilewska 1988, 2004, Gilewska 1991, Gilewska Otremba 2004, 2007, 2013, Krzaklewski 2017]. Te poprzemysłowe nieużytki przestały być kojarzone z krajobrazem zdewastowanym i uznawane za martwą oraz bezproduktywną skałę.

Obok tradycyjnych kierunków rekultywacji – leśnego i rolniczego zrodziły się nowe kierunki – wodna, rekreacyjna czy gospodarcza, utożsamiane częstokroć z rewitalizacją. Duży wkład w rozwój

tych badań wniosła Konińska Szkoła Rekultywacji, której inicjatorem był Bender [1979, 1995].

## KONCEPCJA GATUNKÓW DOCELOWYCH BENDERA (MODEL PAN)

Badania nad właściwościami skał nadkładowych oraz gruntów pogórnich prowadzone w latach 60-tych i 70-tych, były bardzo szczegółowe [Skawina 1969]. Dostrzegano przede wszystkim wady tych gruntów i ich ograniczoną przydatność nie tylko do rekultywacji rolniczej lecz również leśnej. Możliwość ich włączenia do produkcji leśnej upatrywano głównie poprzez pokrycie warstwą gleby (odtworzenie gleb).

Do utworów wadliwych, zaliczone zostały również, występujące w nadkładzie Konińsko-Tureckich złóż węgla brunatnego, gliny zwalowe. Te skały Bender zaliczył do potencjalnie produktywnych. Wady, które posiadają można ograniczyć a nawet wyeliminować a zalety wykorzystać [Bender 1979].

W połowie lat 70-tych XX wieku powstała koncepcja rekultywacji rolniczej i leśnej określana jako koncepcja gatunków docelowych Bendera lub Model PAN. Technologia rekultywacji biologicznej oparta na tej koncepcji zakłada wprowadzenie na grunty pogórnice, bezpośrednio po wyrównaniu powierzchni, (rekultywacji technicznej), roślin uprawnych lub gatunków lasotwórczych. Warunkiem ich prawidłowego rozwoju i wzrostu jest naprawa wadliwego chemizmu gruntu-skały. Jest ona możliwa poprzez nawożenie mineralne. Wielkość tego nawożenia jest uzależniona od właściwości fizykochemicznych, zdolności retencyjnej rekultywowanego gruntu, a przede wszystkim od wymagań pokarmowych roślin.

Drugim ważnym zabiegiem rekultywacyjnym jest naprawa właściwości fizycznych, która jest osiągana poprzez system uprawy mechanicznej stymulującej procesy wietrzenia i homogenizującej masy ziemnej będące konglomeratem glin zwalowych zlodowacenia Warty i Wisły, piasków czwartorzędowych, ilów poznańskich i sporadycznie piasków miocénskich. Skały te występują w nadkładzie eksploatowanych w Zagłębiu Konińsko-Tureckim złóż węgla brunatnego.

Spełnienie tych dwóch warunków stwarza możliwość skutecznego włączenia roślin uprawnych lub gatunków lasotwórczych w stymulację procesu glebotwórczego i kształtowanie produktywności tworzonej na gruntach pogórnich

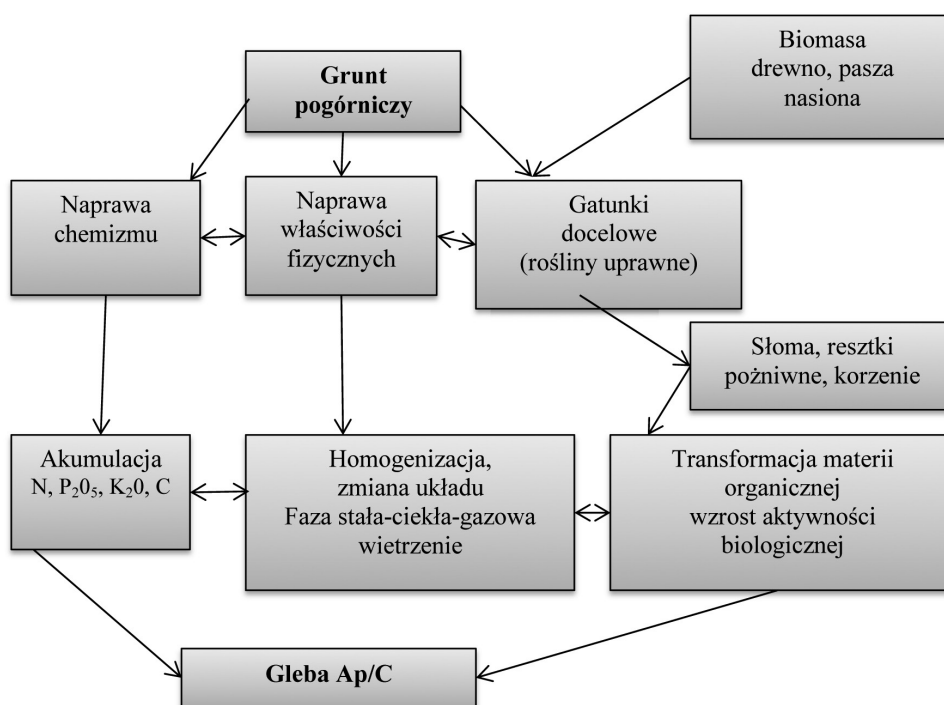
ekosystemów. Koncepcja zakłada, że roślina pionierską może być każda lub prawie każda roślina: zboża, rzepak, lucerna bądź gatunki lasotwórcze: dęby, jesion, modrzew, sosna. Określenie „prawie każda” użyto ponieważ nie wszystkie gatunki gwarantują stabilne plony oraz pożądany wzrost drzewostanów.

W tej koncepcji skała macierzysta – grunt pogórnicy – bezpośrednio po wykonaniu rekultywacji technicznej, wchodzi w uprawną fazę rozwoju. Poprzez system odpowiednio dobranych i zastosowanych zabiegów rekultywacyjnych, czynnik antropogeniczny – wiodący czynnik glebotwórczy w tej koncepcji – przystosowuje substrat glebowy do wymagań roślin uprawnych. Realizowane są dwa ważne cele gospodarcze jednocześnie – przekształcenie gruntu-skały w produktywną glebę oraz produkcji gospodarczo użytecznej biomasy. Już w pierwszych latach rolniczej rekultywacji plony roślin uprawnych są porównywalne z plonami uzyskanymi na glebach uprawnych trzecich klas bonitacyjnych [Bender Gilewska 1988].

W krótkim czasie – 10 lat – powstaje gleba o właściwościach korzystniejszych od tej z przed eksploatacji. Istotę koncepcji gatunków docelowych oddaje definicja: *Rekultywacja jest zespołem czynności inżynierskich i agrotechnicznych oraz procesach biogeochemicznych kształtujących nową i jednocześnie pożądaną strukturę biocenotyczną przemysłowej gleby. Jest to zorganizowane współdziałanie czynników abiotycznych i biotycznych umożliwiających w możliwie krótkim czasie i przy zaangażowaniu możliwie najmniejszych środków, wytworzenie z gruntu-skały produktywną glebę* [Gilewska 1991]. Graficzne przedstawienie koncepcji roślin docelowych Bendera ilustruje rysunek 1.

Praca badawcza nad uproduktywaniem gruntów pogórnich prowadzona była i jest nadal przez Konińską Szkołę Rekultywacji w pełnym cyklu – od założeń teoretycznych, poprzez doświadczenia polowe, analizy gruntów i roślin, opracowanie rozwiązań praktycznych i ich zastosowanie w praktyce rekultywacyjnej. Podstawą badań to założone 1978 roku na zwałowisku Pątnów pole doświadczalne obejmujące statyczne doświadczenia polowe w następujących układach:

- **Zróżnicowany system uprawy** – stosowane są dwa warianty: orka płytka na głębokość do 15 cm i orka głęboka do 25 cm. Na tych wariantach występują trzy kombinacje nawożenia mineralnego – 0 NPK, 1 NPK i 2 NPK.



Rys. 1. Schemat koncepcji roślin docelowych Bendera  
 Fig. 1. Scheme of concept ground reclamation by Bender

Uprawiane są przemiennie trzy gatunki roślin – rzepak ozimy, pszenica ozima i żyto ozime. Słoma i resztki roślinne są przyorywane.

- **System paszowo-zbożowy**, polegający na uprawie przez 4 kolejne lata lucerny z trawami, a następnie 2 lata pszenicy ozimej. Czynnikiem różnicującym jest nawożenie mineralne – 0 NPK, 1 NPK, 2 NPK.
- **Zbożowy**, w tym systemie stosowane jest zróżnicowane nawożenie azotowe – 100, 200 i 300 kg/ha. Nawożenie potasowo-fosforowe jest jednakowe dla wszystkich kombinacji i jest zgodne z prawem zwrotu. Słoma i resztki roślinne są corocznie przyorywane.
- **System rzepakowo-zbożowy**, w którym przemiennie uprawiane są: rzepak ozimy i zboża (pszenica ozima). Zróżnicowane nawożenie mineralne obejmuje trzy kombinacje nawozowe – 0 NPK, 1 NPK i 2 NPK. Słoma i resztki roślinne są corocznie przyorywane.
- **Wpływ poszczególnych makroelementów i ich połączeń** na plonowanie roślin i **System tempo procesu glebotwórczego**. badany jest w układzie: 0, NPK, N, P, K, NK, NP, PK.
- Ważnym, głównie z gleboznawczego punktu widzenia, jest następujący układ: **ugór czarny, ugór zielony, monokultura żyta, mono-**

**kultura lucerny z trawami, sukcesja naturalna (spontaniczna)**. W tym układzie stosowane trzy kombinacje nawożenia mineralnego – 0 NPK, 1 NPK, 2 NPK.

To jedyny w Europie w taki sposób zorganizowany obiekt badawczy. Jest on szczególnie cenny dla nauki, praktyki i celów dydaktycznych. Od blisko 40 lat śledzone są procesy glebotwórcze, plonowanie roślin w różnych warunkach agrotechnicznych. Badaniami ścisłymi objętych jest 30 kombinacji uprawowych i nawozowych. Część uzyskanych wyników badań zostanie przedstawiona w niniejszej pracy.

## WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNE I CHEMICZNE WIERZCHNIEJ WARSTWY GRUNTÓW POGÓRNICZYCH

Z repozytorium Zakładu Rekultywacji wynika, że wierzchnia, jednometrowa warstwa gruntów pogórnicych, na której zlokalizowane jest pole doświadczalne, zbudowana była ze skał, znajdujących się w nadkładzie odkrywki „Pątnów”: glin zwałowych szarych i żółtych, ilów poznańskich oraz piasków czwartorzędowych. Rozmieszczenie oraz zmieszanie skał nadkładu, w masie ziemnej zwałowiska, było losowe.

Dominowały, podobnie jak w nadkładzie, utwory spoiste – gliny zwałowe. Znacznie mniejszy udział w budowie wierzchniej warstwy zwałowiska miały iły poznańskie. W profilach widoczne były konglomeraty węgla brunatnego i okruchy kalcytu. Ich rozmieszczenie w masie ziemnej było również losowe.

Były to grunty zaliczone do glin lekkich bądź glin piaszczystych zawierające około 13% iłu koloidalnego. Ich gęstość objętościowa kształtowała się w przedziale od 1,56 do 2,04 Mg·m<sup>-3</sup>. Pomimo szerokiego przedziału pomiędzy wartością maksymalną, a minimalną, wartości średnie w poszczególnych poziomach nie były zróżnicowane i kształtowały się w granicach od 1,87 do 1,92 Mg·m<sup>-3</sup>. Gęstość ta jest większa od wartości uznanej za graniczną dla roślin uprawnych. Wysoka gęstość objętościowa a tym samym niska porowatość uznane zostały za wady tych gruntów.

Odczyn gruntów był zasadowy. PH wynosiło od 7,2 do 8,0 w H<sub>2</sub>O i od 6,8 do 7,6 w 1 M KCL. Zawartość węglanów wapnia kształtowała się w granicach 0,00–14,33%, a współczynnik zmienności od 11,69 do 31,34%. Szeroki przedział wartości, dotyczących zawartości CaCO<sub>3</sub>, spowodowany był zmieszaniem skał zasobnych w ten związek: glin zwałowych szarych i żółtych, ze skałami ubogimi w ten składnik, głównie iłami poznańskimi. Średnie zawartości węglanów wapnia w analizowanych poziomach kształtowały się jednak w bardzo wąskim przedziale (9,86 do 10,86%).

W szerokich granicach wartości liczbowych (0,12–1,09%) mieściła się zawartość węgla utleniającego. Był on obecny w przekroju całego profilu glebowego a jego średnia ilość dla poziomu wierzchniego wynosiła 0,37% a poziomów głębszych 0,42–0,44%. Był to efekt obecności wkładek węgla brunatnego w masie ziemnej. W glinie zwałowej szarej występuje domieszka węgla brunatnego, a spągowe partie iłów poznańskich są zawęglone. Obecnie ten węgiel jest określany jako węgiel geogeniczny. Z badań, prowadzonych na powierzchni pola doświadczalnego wynika, że zawartość azotu w gruntach wynosiła od 0,023 do 0,051%. Średnia zawartość azotu utrzymywała się na poziomie 0,028%, a stosunek C:N w przedziale od 17:1 do 33:1.

Grunty pogórnice były także ubogie w przyswajalne formy fosforu i ich ilość wynosiła od 0 do 6,6 mg·100 g<sup>-1</sup> Średnia zawartość fosforu

kształtowała się w granicach 0,73–1,89 mg·100 g<sup>-1</sup>. Grunty te zasobne były w przyswajalne formy potasu. Średnia zawartość tego makroelementu w analizowanych próbkach kształtowała się od 8,37 do 9,73 mg·100 g<sup>-1</sup>.

Pojemność sorpcyjna gruntów pogórnicznych wahała się od 4,51 do 23,73 me·100 g<sup>-1</sup>, a wartość średnia wynosiła 13 me·100 g<sup>-1</sup>. Stopień wysycenia zasadami był wysoki i mieścił się w przedziale od 93,5 do 97,2.

## WŁAŚCIWOŚCI GLEB ROZWIJAJĄCYCH SIĘ Z GRUNTÓW POGÓRNICZYCH

Dopływ energii w formie nawozów mineralnych, słomy i innych resztek roślinnych oraz uprawa mechaniczna wielokrotnie przyspieszają tempo procesów glebotwórczych i w ciągu 10 lat następuje przemiana gruntu-skały w ożywiony twór jakim jest gleba [Gilewska 1991, 2001, Gilewska Otremba 2004].

Geneza skały macierzystej, stosowane zabiegi rekultywacyjne i zachodzące pod ich wpływem procesy glebotwórcze, wywarły piętno na budowie morfologicznej gleb rozwijających się w procesie rekultywacji. Na obecnym etapie procesu glebotwórczego mają one uproszczoną budowę profilową Ap/C<sub>an</sub>. W nieciągłym litologicznie profilu glebowym, w którym przeważa glina zwałowa zlodowacenia Warty, wyróżnia się poziom próchniczny Ap o miąższości 20–28 cm. Z upływem lat poziom orny Ap tej gleby upodabnia się pod względem morfologicznym, fizycznym i chemicznym do poziomu ornego gleb płowych opadowo-glejowych wytworzonych z gliny zwałowej. Z badań Gilewskiej [1991, 1998] nad jakością próchnicy powstającej in situ w procesie rekultywacji, wynika że skład frakcyjny związków próchnicznych jest zbliżony do składu frakcyjnego próchnicy gleby płowej wytworzonej z glin zwałowych. Sposób spolimeryzowania drobin kwasów huminowych, jak i ich spektrogramy, były również podobne. Świadczy to o obecności identycznych grup funkcyjnych i podobny przebieg procesów humifikacji w glebach powstających, współcześnie i glebach płowych. Skład elementarny kwasów huminowych „młodej gleby” i gleby uprawnej wyraźnie różnicuje zawartość azotu Jest ona o połowę niższa, waha się od 2,6 do 2,9%. Stosunek C/N został zawężony do 11.



**Tabela 1.** Wybrane właściwości gleb rozwijających się z gruntów pogórnicych**Table 1.** Some properties on soil developed post mining grounds

Zawartość	Kombinacja nawozowa	System	
		rzepakowo-zbożowy	paszowo-zbożowy
Corg [g · kg <sup>-1</sup> ]	0 NPK	5,15	6,35
	1 NPK	7,01	8,00
	2 NPK	8,00	9,20
	Średnia	6,72	7,83
	NIR <sub>0,05</sub> dla:	S – 0,33; N – 0,26; S x N – 0,75;	
N ogółem [g · kg <sup>-1</sup> ]	0 NPK	0,92	0,66
	1 NPK	0,59	0,77
	2 NPK	0,72	0,85
	Średnia	0,58	0,76
	NIR <sub>0,05</sub> dla:	S – 0,33; N – 0,26; S x N – 0,06;	
P [mg · kg <sup>-1</sup> ]	0 NPK	28,60	27,15
	1 NPK	118,40	64,12
	2 NPK	140,10	78,65
	Średnia	95,4	56,64
	NIR <sub>0,05</sub> dla:	S – 5,53; N – 4,32; S x N – 12,48	
K [mg · kg <sup>-1</sup> ]	0 NPK	73,05	66,80
	1 NPK	122,85	90,00
	2 NPK	190,93	108,30
	Średnia	128,94	88,36
	NIR <sub>0,05</sub> dla:	S – 3,014; N – 2,46; S x N – 7,10	

**Tabela 2.** Zawartość wybranych składników chemicznych rozpuszczalnych w wodzie**Table 2.** Content the some chemical compounds in solutions of investigated soils

Płodozmian	Nawożenie	pH	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Cl <sup>-</sup>
		mg · dm <sup>-3</sup>								
Rzepakowo-zbożowy I	2 NPK	8,28	25,20	3,29	5,7	57,68	23,78	16,36	2,28	60,28
	1 NPK	8,26	20,55	2,97	8,5	57,30	18,35	11,62	1,89	55,85
	0 NPK	8,23	13,72	2,94	1,3	40,20	12,04	5,85	1,25	39,89
Paszowy	2 NPK	8,14	21,77	3,53	5,56	57,56	20,66	8,85	1,92	65,50
	1 NPK	8,20	18,75	4,21	5,95	55,15	18,53	10,34	1,43	68,56
	0 NPK	8,18	15,92	3,97	5,42	50,20	18,77	6,53	0,84	45,65
NIR <sub>α=0,05</sub>			4,2	0,8	r.n.	11,1	4,1	6,8	0,43	13,6

r.n. – różnica nie istotna.

Z danych zamieszczonych w tabeli 1 wynika, że od kombinacji nawozowej oraz systemu użytkowania, uzależniona jest akumulacja materii organicznej, zasobność w związki fosforu i potasu. Znaczący wzrost zawartości węgla organicznego odnotowano dla płodozmianu paszowego.

Kombinacja nawożenia mineralnego i system użytkowania wpływają także na wyraźny, statystycznie istotny, w poziomie Ap, wzrost stężenia rozpuszczalnych w wodzie takich składników jak K<sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> i Cl<sup>-</sup> (tab. 2). Największą ich koncentrację stwierdzono w glebie spod płodozmianu rzepakowo-zbożowego i kombinacji nawozowej 2 NPK. Stężenie kationów rozpusz-

czalnych w wodzie, niezależnie od płodozmianu, tworzyło szereg malejący Ca<sup>2+</sup>>K<sup>+</sup>>NH<sub>4</sub><sup>+</sup>>Na<sup>+</sup>>Mg<sup>2+</sup>, anionów Cl<sup>-</sup>>NO<sub>3</sub><sup>-</sup>>PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Podobne wyniki uzyskali [Spsychalski Gilewska 2008]

Całkowita zawartość fosforu (fosfor ogólny), a także rozkład w oznaczonych frakcjach przedstawiony w tabeli 3, zależne były od kombinacji nawozowych [Spsychalski i in 2005a]. Dominowały (80%) mineralne połączenia fosforu, a wśród nich przeważały (60%) połączenia fosforu z wapniem. Na kombinacji nawozowej 0 NPK Około 7% stanowiły trudno rozpuszczalne, mało dostępne dla roślin, związki fosforu z glinem i żelazem. Ich udział na kombinacjach 1 NPK i 2 NPK był wyż-

**Tabela 3.** Średnia zawartość poszczególnych form fosforu w glebie [mg P kg<sup>-1</sup> s.m. gleby]**Table 3.** Mean content of phosphor form in soil

Plodozmian	Nawożenie	P-lab.	P-Al	P-Fe	P-Ca	P-okl.	P-og.	P-org
Zawartość średnia								
Rzepakowo-zbożowy	2 NPK	41,65	127,01	29,74	544,47	18,80	915,60	153,93
	1 NPK	30,50	90,05	16,75	406,74	16,12	701,06	140,90
	0 NPK	7,47	18,54	8,56	218,11	13,85	324,04	57,51
Paszowy	2 NPK	32,17	85,91	31,62	485,73	26,73	860,91	198,75
	1 NPK	14,16	38,18	13,11	264,78	15,50	454,80	109,09
	0 NPK	9,08	11,97	9,17	182,79	12,42	334,19	108,76

szy i wynosił od 15–17%. Ilość form labilnych fosforu wzrastała wraz z kombinacją nawożenia mineralnego. Obecność fosforanów glinu i żelaza w glebach o odczynie zasadowym wskazuje, aczkolwiek pośrednio na zachodzące w obrębie glinokrzemianów, procesy wietrzenia. Jest to ważny proces z glebotwórczego punktu widzenia.

Ilość potasu [Spychalski i in. 2005b], również zwiększała się wraz ze wzrostem poziomu nawożenia, a udział poszczególnych jego form przedstawiał się następująco: K-H<sub>2</sub>O < K – Egner < K – wymienny < K-uwsteczniony < K zapasowy < K rezerwowy < K całkowity. Nawożenie mineralne spowodowało wzrost zawartości oznaczanych form potasu, a zwłaszcza występującego w roztworze glebowym.

W toku rekultywacji rolniczej obok zmian właściwości chemicznych następują zmiany właściwości fizycznych (tab. 4). Maleje gęstość objętościowa, wzrasta porowatość. Znacznie korzystniejszymi właściwościami charakteryzuje się gleba na kombinacjach z nawożeniem mineral-

nym (1 NPK i 2 NPK) [Gilewska Otremba 2004, 2008]. Udział brył i bryłek, charakterystyczny dla gruntów pogórnicych wyraźnie maleje [Gilewska 1995]. Zmniejsza również ich wielkość (tab. 4). Wartości liczbowe PRU i ERU, jak wynika z naszych badań [Gilewska Otremba 2004, Otremba i in. 2015], dla tych są jednak niższe od wartości charakterystycznych dla gleb uprawnych o tym samym uziarnieniu.

Badania nad składem chemicznym gleb powstających w procesie rekultywacji [Spychalski i in. 2008] dowiodły, że jest on wypadkową litologii skał nakładu i technologii robót górniczych decydujących o wymieszaniu i rozmieszczeniu w masie ziemnej utworów towarzyszących złożom węgla brunatnego. Dominuje w nich, podobnie, jak w glebach mineralnych wytworzonych z glin zwałowych i samych glinach, tlenek krzemu, a następny jest tlenek glinu. Zawierają znacznie więcej, w stosunku do gleb, a mniej w porównaniu z glinami, tlenków wapnia, fosforu i magnezu.

**Tabela 4.** Wybrane właściwości fizyczne gruntów pogórnicych i rozwijających się z nich gleb**Table 4.** Some physical properties post mining grounds and soil developed post-mining ground

Kombinacja	Poziom [cm]	Gęstość objętościowa [Mg m <sup>-3</sup> ]	Porowatość ogólna [%]	Porowatość kapilarna [%]	Porowatość niekapilarna [%]	Średnia ważona średnica agregatu (MWDa) [mm]
Grunt pogórnicy	0-25	1,87-1,92	32,19-33,74	26,91-29,72	3,74-4,98	-
Gleba 0 NPK	0-25 Ap	1,68-1,77	32,39-36,62	29,38-32,22	3,01-4,40	62,34
Gleba 1 NPK	0-25 Ap	1,63-1,72	34,92-38,09	31,54-34,29	3,38-3,81	44,64
Gleba 2 NPK	0-25 Ap	1,54-1,61	43,50-45,35	38,80-42,50	2,55-4,70	36,00

**Tabela 5.** Całkowita zawartość metali w badanych glebach**Table 5.** Total metal content in the studied soils

Wartości	Cu	Zn	Mn	Cr	Cd	Pb	Ni	Co	Fe	Al
	mg · kg <sup>-1</sup>									%
Min.	7,95	29,23	216,28	23,45	0,05	10,50	12,45	3,73	1,208	2,51
Max	12,95	55,50	257,50	31,43	0,55	14,00	16,50	6,65	1,537	3,57
Średnia	9,22	40,66	232,73	27,0	0,31	12,57	14,65	4,68	1,397	3,08
Tło	7,1	30,0	289,0	27,0	0,18	9,8	10,2	4,0		

Całkowita zawartość: Cu, Zn, Mn, Cd, Pb, Ni, Co, Fe, Al., za wyjątkiem Fe, Al, Cr, była niska i nie odbiegała od tła geochemicznego (tab. 5). Ilość glinu była silnie skorelowana z zawartością żelaza, niklu i chromu. Wysoką zawartość glinu można wiązać ze składem mineralogicznym.

Analiza składu mineralogicznego dowiodła, że głównym minerałem ilastym w analizowanych glebach jest smektyt i illit. Obecne są także minerały mieszano-pakietowe; illit – smektyt a także kaolinit, chloryt, kalcyt, kwarc i skalenie [Otremba Gilewska 2013].

Przedstawione powyżej właściwości wskazują, że gleby powstające w procesie rekultywacji gruntów pogórnich KWB Konin i KWB Adamów są lepsze od gleb występujących na tych obszarach przed eksploatacją węgla.

## PLONOWANIE ROŚLIN

Dowodem potwierdzającym słuszność koncepcji gatunków docelowych, obok przedstawionych wyżej właściwości gleb powstających w procesie rekultywacji, jest ich produktywność mierzona wielkością plonów. Przedstawione w tabeli 6, dane dotyczą plonów roślin uzyskiwanych w warunkach pola doświadczalnego na przestrzeni 36 lat. Już w pierwszych latach, plony zbóż na kombinacjach nawozowych 1 NPK i 2 NPK wynosiły średnio 28 dt ha<sup>-1</sup>, rzepaku były nieco niższe. Na kombinacji nawozowej 0 NPK (na której nie wykonano naprawy chemizmu) plony rzepaku w pierwszych i dalszych latach były zerowe. Plony zbóż natomiast powoli wzrastały. W bardzo szerokim przedziale wartości liczbo-

wych (13–47 dt ha<sup>-1</sup>) mieściły się plony rzepaku i pszenicy na kombinacjach 1 i 2 NPK.

Na szczególną uwagę zasługuje plonowanie lucerny. Na kombinacji bez nawożenia średni plon lucerny wynosił 65 dt ha<sup>-1</sup>. Na kombinacjach z nawożeniem mineralnym był o 40% wyższy. Te plony są wyższe od uzyskiwanych na glebach uprawnych. Z wielkością plonów wiąże się ilość substancji organicznej wprowadzanej do gruntu a następnie gleby w formie słomy resztek poźniowych i korzeniowych. Jest to jedyne źródło dla powstawania związków próchnicznych [Bender Gilewska 2004; Gilewska, Otremba 2007b]

Lucerna jest rośliną wieloletnią i wielokośną wyróżniającą się głębokim i silnym systemem korzeniowym oraz symbiozą z bakteriami brodawkowymi. Jest podstawą najczęściej stosowanej w rolniczej praktyce rekultywacyjnej sytemu paszowego nazywanego również płodozmianem paszowym. O jego wykorzystaniu zdecydowały cechy biologiczne lucerny, jej wartość paszowa a także właściwości gruntów pogórnich. Jej uprawa umożliwia naprawę chemizmu i właściwości fizycznych gruntu na drodze biologicznej.

W siewie czystym lub w mieszance z trawami lucerna jest na ogół pierwszą rośliną wprowadzana na grunty pogórnice. W rolniczej praktyce rekultywacyjnej, obok płodozmienu paszowego stosowane są: płodozmienu zbożowy – oparty na uprawie czterech zbóż ozimych, płodozmienu rzepakowo – zbożowy i konserwacja – polegająca na ekstensywnej i wieloletniej uprawie lucerny.

Ważnym dla plonowania roślin, obok poziomu nawożenia mineralnego, jest ilość i rozkład opadów, a także przebieg temperatury w okresie wiosenno-letniej wegetacji [Gilewska, Otremba 2008].

**Tabela 6.** Plonowanie roślin w procesie rolniczej rekultywacji gruntów pogórnich (dt ha<sup>-1</sup>)

**Table 6.** Yield of crops in proces agricultural reclamation post mining grounds

Roślina	Kombinacja nawozowa	Rok rekultywacji				Średnie	Nir <sub>Fa=0.05</sub>
		1	10	20	36		
Rzepak ozimy	0NPK	0,0	0,0	0,4	0,2	1,3	0,48
	1 NPK	21,0	13,0	16,5	15,5	12,7	
	2 NPK	27,8	17,0	21,5	16,2	14,9	
Pszenica ozima	0NPK	0,0	3,6	6,5	4,1	8,1	0,49
	1 NPK	27,0	23,0	47,0	33,5	34,2	
	2 NPK	31,2	23,5	37,3	39,0	38,3	
Żyto ozime	0NPK	0,0	3,0	4,1	10,2	7,7	0,41
	1 NPK	22,0	24,0	28,3	12,9	22,0	
	2 NPK	22,1	28,0	24,0	29,0	27,0	
Lucerna z trawami	0NPK	26,0	44,0	88,0	80,0	65,2	1,20
	1 NPK	52,0	72,0	124,0	120,0	87,4	
	2 NPK	58,0	79,0	131,0	130,0	94,0	

## PODSUMOWANIE

Rekultywacja rolnicza w Konińsko-Tureckim Zagłębiu Węgla Brunatnego, jest kierunkiem dominującym i obejmuje obszar 6500 ha gruntów pogórnich. Jest ona realizowana według technologii opracowanej przez Bendera. Jej efektywność uzależniona jest od czynnika antropogenicznego decydującego o doborze i stosowaniu zabiegów rekultywacyjnych. Wydobyte i deponowane na zwałowiskach zewnętrznych i wewnętrznych, pochodzące z różnych epok geologicznych, skały nadkładu, są przekształcane w ciągu około 10 lat w nowe gleby. Te gleby, jak już wcześniej podkreślono, są lepsze niż gleby występujące na tych terenach przed eksploatacją, których materiałem macierzystym były głównie utwory piaszczyste.

Obszary górnicze kopalni Konin i Adamów są jedynymi w Polsce, na których przestrzennie dominuje krajobraz rolniczy, a w strukturze zasiewów przeważa lucerna.

## BIBLIOGRAFIA

- Bender J. 1979. Rekultywacja obszarów pogórnich na modelu Kopalni Konińskiego Zagłębia Węglowego. Komitet PAN „Człowiek i Środowisko”, Warszawa, 156-184.
- Bender J. 1995. Rekultywacja terenów pogórnich w Polsce. ZPPNR, 418, 76-85.
- Bender J., Gilewska M. 1988. Rekultywacja w ujęciu aktów prawnych badań naukowych i gospodarczej praktyki. Zeszyty Naukowe AGH Kraków Sozologia i Sozotechnika, 26, 53-68.
- Bender J., Gilewska M. 2004. Rekultywacja w świetle badań i wdrożeń. Roczniki Gleboznawcze, LV, 2, 29-46.
- Gilewska M. 1991. Rekultywacja gruntów pogórnich na przykładzie KWB „Konin”. Roczn. AR w Poznaniu, 211, ss. 59.
- Gilewska M. 1995. Wpływ zabiegów rekultywacyjnych na kształtowanie agregatowej struktury gruntów pogórnich. Zesz. Prob. Nauk Roln., 418, 703-707.
- Gilewska M. 1998. Właściwości próchnicy wytworzonej w procesie rekultywacji gruntów pogórnich. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 460, 153-166.
- Gilewska M. 2001. Zasady rolniczej rekultywacji gruntów pogórnich. Zeszyty Naukowe Politechniki Zielonogórskiej nr 125, Inżynieria Środowiska 11, 85-90.
- Gilewska M. Otremba K. 2004. Właściwości gleb formowanych z gruntu pogórnich. Roczniki Gleboznawcze, LV, 2, 111-121.
- Gilewska M., Otremba K. 2007a. Jakość biomasy uzyskanej na glebie rozwijającej się z gruntów pogórnich. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego, Wydziału Inżynierii Łądowej i Środowiska, 135, 29-36.
- Gilewska M., Otremba K. 2007b. Organizacja przestrzeni produkcyjnej na gruntach pogórnich na przykładzie Kopalni Węgla Brunatnego „Konin”. Górnictwo Odkrywkowe, 5-6, 232-235.
- Gilewska M., Otremba K. 2008. Wpływ paszowego systemu użytkowania na właściwości fizyczne gleb rozwijających się z gruntów pogórnich. Zesz. Prob. Post. Nauk. Roln., 526, 163-170.
- Gilewska M., Otremba K. 2008. Wpływ warunków meteorologicznych na plonowanie zbóż ozimych uprawianych na glebach rozwijających się z gruntów pogórnich. Roczniki Gleboznawcze, LIX, 2, 56-61.
- Gilewska M., Otremba K. 2013. Seed quality of rapeseed plants obtained from cultivation on post mining areas in the region of Konin. Annual Set The Environment Protection, 15, 505-514.
- Krzaklewski W. 2017. Podstawy rekultywacji leśnej. Wydawn. UR Kraków, ss: 213.
- Otremba K., Gilewska M. 2013. Skład mineralogiczny gruntów pogórnich i gleb rozwijających się z tego materiału macierzystego. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego, 150, 34-42.
- Otremba K., Gilewska M., Mocek A., Owczarzak W., Gajewski P., Kaczmarek Z. 2015. Physical and water properties of soils developing from post-mining materials of Konin brown coal mine. Fresenius Environmental Bulletin, 24(4), 1227-1231.
- Siuta J. 2000. Ochrona powierzchni ziemi – stan i niezbędne działania. Inżynieria Ekologiczna, 1, 158-183.
- Skawina T. 1969. Rezultaty badań nad modelem rekultywacji terenów pogórnich w Polsce. Zesz. Nauk. AGH nr 212.
- Spychalski W., Mocek A., Gilewska M. 2005a. Zawartość form fosforu w glebach wytworzonych z gruntów pogórnich. W: Gworek B. (red.) Obieg pierwiastków w przyrodzie. Tom III. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, 120-126.
- Spychalski W., Mocek A., Gilewska M. 2005b. Potassium forms in soils formed from postmining lands. Nawozy i Nawożenie, 3(24), 231-241.
- Spychalski W., Gilewska M. 2007. Pierwiastki śladowe w glebach wytworzonych z gruntów pogórnich. Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 33, 108-113.
- Spychalski W., Gilewska M., Otremba K. 2008. Uziarnienie i skład chemiczny gleby wytworzonej z osadów pogórnich KWB Konin. Roczniki Gleboznawcze, LIX, 2, 20-206.