

ZALESIENIA JAKO METODA REKULTYWACJI TERENÓW BEZGLEBOWYCH W GÓRNICTWIE WĘGLA BRUNATNEGO W POLSCE

Jerzy Wójcik¹, Wojciech Krzaklewski^{2*}

¹ Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

² Uniwersytet Rolniczy, al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków

* Autor korespondencyjny: wkrzak@ar.krakow.pl

STRESZCZENIE

W artykule omówiono wybrane metody zalesiania terenów bezglebowych w górnictwie odkrywkowym węgla brunatnego w Polsce oraz przedstawiono wstępną ocenę ich efektywności. W praktyce rekultywacyjnej stosowano trzy metody zalesienia: „gatunków pionierskich”, „biodynamiczną” i „gatunków głównych”. Różnią się one udziałem w składzie gatunkowym zalesień gatunków fitomelioracyjnych głównie z rodzaju olsza oraz zakresem stosowania nawożenia mineralnego, zwłaszcza azotowego. Ocenę efektywności tych metod oparto na wynikach ilościowych badań zawartości węgla organicznego i azotu ogólnego w poziomach próchnicznych inicjalnych gleb powstających na terenach pogórnicznych pod zalesieniami. Czynniki te można uznać za najbardziej dynamiczne wskaźniki przekształcania „surowych” utworów w glebę. Tempo ich zmian, w przypadku rekultywacji leśnej, zależy przede wszystkim od udziału w składzie zalesień olszy.

Słowa kluczowe: rekultywacja, zwałowiska, metody zalesienia, metoda gatunków pionierskich, metoda biodynamiczna, metoda gatunków głównych

AFFORESTATION AS A METHOD OF RECLAMATION OF SOILLESS LAND IN BROWN COAL MINING IN POLAND

ABSTRACT

The article discusses selected methods of afforestation of soilless areas in open brown lignite mining in Poland and presents an initial assessment of their effectiveness. In the reclamation practice, three methods of afforestation were applied: „pioneer species”, „biodynamic species” and „main species”. They differ in their share in the species composition of afforestation of phytomelioration species, mainly of the alder type, and the scope of mineral fertilization, in particular nitrogen fertilization. The assessment of the effectiveness of these methods based on the results of quantitative studies of the organic carbon content and total nitrogen in the humus levels of initial soils formed in post-mining areas under afforestation. These factors can be considered the most dynamic indicators of transforming fallow lands into the soil. The rate of their transformation, in the case of forest reclamation, depends mainly on the share in the composition of afforestation of the alder.

Keywords: reclamation, dumping grounds, methods of afforestation, pioneer species method, biodynamic method, main species method

WPROWADZENIE

Eksploatacja odkrywkowa węgla brunatnego powoduje daleko idące zmiany w krajobrazie, jego pierwotne funkcje zostają zakłócone. Zada-

niem rekultywacji jest, po zakończonej eksploatacji, naprawa tych zakłóceń. Biologiczna rekultywacja gruntów pogórnicznych, dla leśnego kierunku zagospodarowania, jest procesem inicjowanym i stymulowanym przez zespół zabiegów,

mających na celu wprowadzenie i zapewnienie dobrego wzrostu zalesień, w których wymiana między szatą roślinną a glebą prowadzi do intensywnego rozwoju procesów glebotwórczych, a w konsekwencji do powstania leśnego ekosystemu.

Podstawowym zadaniem zalesień rekultywacyjnych jest działanie glebotwórcze i przeciwerozryjne, a główny efekt, w postaci inicjalnej gleby, uzyskuje się dzięki dostawie znacznej ilości biomasy próchnicznej oraz azotu i innych niezbędnych biogenów. Bez tych czynników nie może być mowy o racjonalnej rekultywacji (Skawina 1958).

Szacuje się, że przemysł wydobywczy górnictwa węgla brunatnego w Polsce zajął po 1945 r. około 37 500 ha powierzchni (gruntów rolnych - około 60%, leśnych - około 30 % oraz innych - 10%). Dotychczasowe polskie i europejskie rozwiązania przy tworzeniu na obszarach pogórnicznych nowych krajobrazów pierwszeństwo dawały nowym lasom. Z ogólnego arealu terenu zajętego przez to górnictwo około 13 000 ha zrehabilitowano, w tym dla kierunku leśnego ok. 5800 ha, dla rolnego ok. 5200 ha, dla wodnego ok. 1400 ha, specjalnego ok. 700 ha, rekreacyjne ok. 200 ha. Około 5000 ha gruntów nieprzeznaczonych oddano do zagospodarowania bez rekultywacji. Aktualnie około 19000 ha znajduje się nadal pod działalnością przemysłową. Leśny kierunek rekultywacji dominował i dominuje w kopalniach Turów, Bełchatów, Babina (Przyjaźń Narodów) koło Łęknicy. Natomiast w okręgu Konin-Turek zdecydowanie dominuje kierunek rolny (około 5200 ha) a zalesieniami objęto około 3000 ha (Kasztelewicz 2018).

Zorganizowane pionierskie zalesienia oparte na podstawach naukowych, podjęto w Polsce w latach pięćdziesiątych ubiegłego wieku (Skawina, Greszta 1959). Wprawdzie znacznie wcześniej wykonywano już pierwsze próby wprowadzenia roślinności na powierzchnie nieużytków poprzemysłowych, jednak nie miały one charakteru zorganizowanych badań. Intensywny rozwój przemysłu wydobywczego i związana z tym uciążliwość dla otoczenia, niekiedy rozległych obszarów spowodowały podjęcie prac rekultywacyjnych jeszcze przed wejściem w życie pierwszych aktów prawnych w tym zakresie. Ich celem była likwidacja bądź ograniczenie uciążliwości i poprawa estetyki krajobrazu. Wiodącą rolę w organizacji i prowadzeniu badań w tym zakresie odegrała krakowska szkoła rekultywacji prof. T. Skawiny przy współpracy różnych jednostek naukowych (m.in. IPIŚ PAN w Zabrze,

Politechniki Wrocławskiej) i branżowych (m.in. Poltegor Wrocław, IUNG Puławy, IBL, IKŚ). Uzyskane wyniki dały podstawę do opracowania założeń naukowych i wytycznych dla praktycznej działalności w odniesieniu do rekultywacji w większości gałęzi przemysłu wydobywczego w Polsce oraz stanowiły fundament dla sformułowania pierwszych aktów prawnych. W dalszym okresie nastąpiła specjalizacja ośrodków badawczych wynikająca z obejmowania rekultywacją terenów bezglebowych o bardzo zróżnicowanych właściwościach (Żułowski 1988). Ośrodki badawcze, jak również jednostki wykonujące rekultywację oraz przejmujące tereny do zagospodarowania, prezentują często odmienne podejście do metod uproduktywnienia surowych gruntów poprzemysłowych, niekiedy bardzo różnorodnych pod względem aktywności glebotwórczej. Stąd rezultaty osiągnięte w wyniku długoletnich badań odnoszą się z reguły tylko do konkretnej grupy terenów i określonej metody rekultywacji. Pomimo kilkudziesięcioletniej historii rekultywacji leśnej terenów bezglebowych w górnictwie odkrywkowym w Polsce oraz dużego arealu gruntów przekazanych do zagospodarowania, w dostępnej literaturze przedmiotu nadal występuje niedobór opracowań dotyczących kompleksowej oceny wpływu stosowanych metod rekultywacji na stopień rozwoju głównych komponentów ekosystemów leśnych powstających na terenach pogórnicznych.

CEL I METODYKA

Celem niniejszego opracowania jest omówienie najczęściej stosowanych w praktyce rekultywacyjnej w Polsce metod zalesiania oraz próba wstępnej oceny ich efektywności. Powierzchnie doświadczalne, założone przed laty przez różne ośrodki badawcze na licznych zwałowiskach górnictwa odkrywkowego, pozwalają obecnie, po odpowiednio długim okresie wzrostu wprowadzonych zalesień, na wstępną ocenę efektów zastosowanych metod.

Prezentowaną w pracy ocenę efektywności metod rekultywacji leśnej oparto na wynikach ilościowych oznaczeń węgla organicznego i azotu ogólnego w warstwie 0÷10 cm poziomów próchnicznych inicjalnych gleb tworzących się na wybranych zwałowiskach kopalń węgla brunatnego. Każdy z tych składników był analizowany na poziomie zawartości ogólnej metodami

powszechnie stosowanymi w gleboznawczych analizach laboratoryjnych (Lityński i inni 1976). Na podstawie zawartości Corg i Nog oraz gęstości objętościowej utworów glebowych wyliczono zapas tych pierwiastków w ocenianej warstwie.

Uzyskane wyniki odniesiono do powszechnie stosowanych w publikacjach naukowych z zakresu rekultywacji wskaźników, w przypadku próchnicy do klasyfikacji Siuty (1982), a w przypadku N do klasyfikacji Gołdy (Gołda 2007). Do oceny wzrostu drzew stosowano ogólnie przyjęte w Polsce metody pomiaru pierśnicy i wysokości oraz wyliczania zapasu i zadrzewienia (Grochowski 1973). Natomiast do oceny różnorodności dendrologicznej w zalesieniach na zwałowisku i w lasach gospodarczych wykorzystano stosowane w badaniach ekologicznych wzór Shannona (Krebs 1996).

DIAGNOZA STANU SIEDLISKA

Utwory nadkładu z których powstają zwałowiska w górnictwie węgla brunatnego są bardzo zróżnicowane. Nadkład każdej kopalni prezentuje inne właściwości, co przenosi się na właściwości utworów deponowanych w wierzchnich warstwach zwałowisk (tab. 1). W związku z tym rekultywacja leśna terenów bezglebowych w górnictwie odkrywkowym węgla brunatnego w Polsce realizowana była i jest na utworach reprezentujących szerokie spektrum właściwości fizycznych i chemicznych (Skawina 1970, Bender 1995, Gilewska 1991, Krzaklewski 2001, Węgorzek 2003, Kowalik, Wójcik 2004). Wpływa to na warunki siedliskowe, w których realizowane jest zalesienie. Trafne rozpoznanie tych warunków decyduje o efektach rekultywacji. Chodzi złasz-

Tabela 1. Wybrane właściwości utworów budujących tereny do rekultywacji w kopalniach węgla brunatnego w Polsce i prognozowany potencjalny typ siedliskowy lasu (Krzaklewski 2017)

Nazwa kopalni	Przeważające utwory nadkładu	Wybrane właściwości utworów						Potencjalny typ siedliskowy lasu
		Przeważający gatunek gleby* na zwałowisku	Wartości pH w KCl	Składniki przyswajalne dla roślin [mg/100g]			Zawartość [%]	
				K ₂ O	Mg	P ₂ O ₅		
Turów	trzeciorzędowe ility kaolinowe z domieszką piasków i żwirów	głina ciężka (rzadziej gлина średnia)	4,0 – 6,5	8 – 40	10 – 50	0,1 – 2,0	0	Lwyż.św. LMwyż św BMwyż św
	przerosty węgla	j.w.	2,5–3,5	5 – 15	5 – 15	0,1 – 0,8	0	po neutralizacji BMwyżśw; LMwyżśw. rzadziej Lśw
Konin	czwartorzędowe gliny zwałowe i piaski; trzeciorzędowe ility poznańskie i piaski	głina średnia piasek gliniasty	7,0 – 7,8	12 – 20	5--15	0,5 – 5,0	0 – 15	Lśw rzadziej LMśw - BMśw
Adamów	czwartorzędowe piaski oraz gliny zwałowe i trzeciorzędowe ility poznańskie	piasek gliniasty gлина lekka lub średnia	6,7 – 7,8	10 – 15	5 – 17	2 – 5	0 – 8	LMśw - BMśw rzadziej Lśw.
	trzeciorzędowe piaski rzadziej ility poznańskie	piasek luźny gлина średnia lub ciężka	3,0 – 3,5	3 – 8	4 – 12	0,5 – 1,5	0 - 15	po neutralizacji Bśw. lub BMśw rzadziej LMśw
Łęknica	dominacja trzeciorzędowych piasków zasiarczonych i zawęglonych fitotoksycznych	j.w.	2,4 – 3,2	1,5 – 4,5	2,5 – 4,0	0,2 – 0,7	0	po neutralizacji Bśw-BMśw rzadziej LMśw
Bełchatów	dominacja czwartorzędowych i trzeciorzędowych piasków rzadziej czwartorzędowych glin i mułków oraz trzeciorzędowych iltów	piaski słabo gliniaste i gliniaste gliny rzadziej mułki i ility	6,5 – 8,2	2 – 17	2,5 – 9,0	0,1 – 4,0	0 – 4	BMśw – LMśw rzadziej Lśw
	trzeciorzędowe piaski rzadziej ility poznańskie nadmiernie zasiarczone	przewaga piasków gliniastych rzadziej glin ciężkich lub średnich	3,0 – 3,5	3 – 6	1,5 – 2,5	0,1 – 2,0	0	po neutralizacji Bśw - BMśw rzadziej LMśw

* wg BN-78/9180-11.

cza o ocenę aktualnego stanu siedliska, a w dalszej perspektywie również potencjalnego.

Każdy obiekt pogórnicy, a nawet jego części, różnią się istotnie między sobą i wymagają odrębnej oceny warunków siedliskowych jako podstawy do rekultywacji biologicznej i zalesienia (tab. 1). Prace nad metodami diagnozowania siedliska na takich terenach pierwsi w Polsce podjęli: Skawina (1958, 1969), Greszta, Skawina (1965), Skawina, Trafas (1971), Strzyszczyński, Harabin (1978) i Krzaklewski (1979). W celu klasyfikacji utworów nadkładu dla potrzeb rekultywacji, w górnictwie węgla brunatnego opracowano już na początku lat siedemdziesiątych punktową klasyfikację przydatności rekultywacyjnej gruntów (Skawina, Trafas 1971). Przydatność tę wyraża liczba bonitacyjna gruntu LB, której wartość określa suma punktów czterech wskaźników: litologicznego (ustalonego na podstawie składu ziarnowego), wapniowego (zawartości węglanów), sorpcji BM (błękitu metylenowego) i spoistości gruntów. Na podstawie sumy punktów grunt zalicza się do odpowiedniej klasy przydatności do rekultywacji (Skawina, Trafas 1971).

Krzaklewski (1988) zaproponował prostą i taną metodę informującą o stopniu trudności rekultywacji biologicznej. Jest to metoda wykorzystująca podatność utworów na zarastanie (szybkość zarastania) przez roślinność z sukcesji. Zarastanie to pokrycie terenu roślinnością z sukcesji >50%. Na tej podstawie wydzielono trzy grupy terenów:

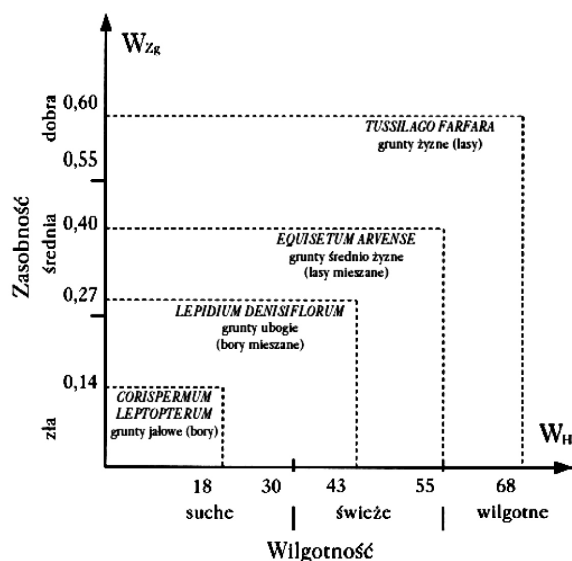
- I – zarastające bardzo wolno lub nie zarastające, brak na tych terenach roślinności samorzutnej przez co najmniej 10 lat, biologiczna rekultywacja jest bardzo trudna;
- II – zarastające wolno, samorzutne zarastanie nie występuje przez 5 lat, biologiczna rekultywacja jest trudna;
- III – zarastające szybko, samorzutne zarastanie występuje nie później niż po 2 latach od ukształtowania obiektu do rekultywacji, biologiczna rekultywacja jest łatwa.

Rozwijając ten podział można dla konkretnych grup powierzchni dobierać szczegółowe metody oceny aktualnych warunków rekultywacji biologicznej. W grupie I i II stosować można metody wyłącznie gleboznawcze (metoda kartograficzno-glebowa (Skawina, Trafas 1971; Gołda 2007), a w grupie III metody fitosocjologiczno-glebowe (Krzaklewski 1977, 1988). Metoda fitosocjologiczno-glebowa polega na opracowaniu

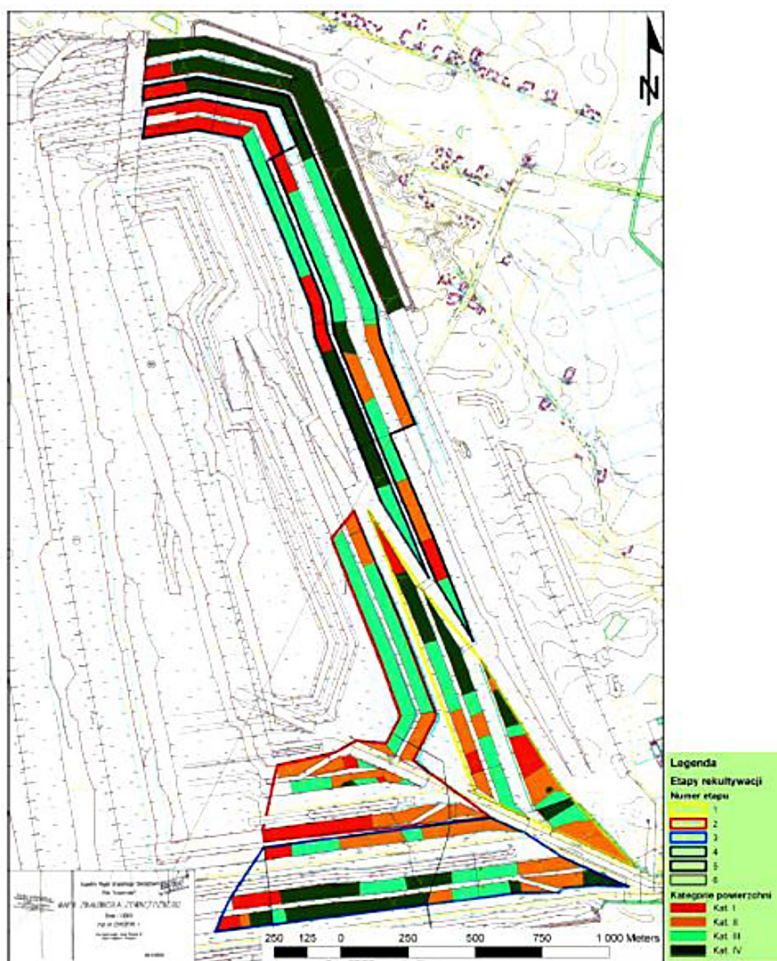
mapy roślinności z sukcesji według kryteriów: stopnia pokrycia powierzchni przez roślinność i gatunków panujących. Następnie do oceny stopnia żyzności gruntów pod gatunkami panującymi stosuje się uproszczony wskaźnik żyzności $W_z = W_{zg} \cdot W_H$, gdzie: W_H – umowny wskaźnik efektywnej wilgotności gruntów, jako ilość wody dostępnej dla roślin, W_{zg} – uproszczony wskaźnik zasobności gruntu określony na podstawie laboratoryjnych analiz gruntów i wyliczany ze wzoru (według Puchalski, Prusinkiewicz 1975). Według wartości uproszczonego wskaźnika żyzności W_z szereguje się gatunki panujące i na podstawie wskaźnika zasobności W_{zg} i efektywnej wilgotności W_H opracowuje się siatkę żyzności gruntów przypisując panującym gatunkom roślin odpowiednie siedliska (rys. 1).

Metodą tą oceniono stan siedliska na południowo-wschodnich zboczach zwałowiska zewnętrznego Kopalni „Adamów” (Krzaklewski 1979). Inną metodą w grupie wykorzystującej sukcesję jest metoda inicjalnych stadiów zarastania (Krzaklewski 1988). Wyróżnione na mapie obiektu zasięgi stadiów zarastania w połączeniu z charakterystyką właściwości inicjalnych gleb stanowią dobrą podstawę do oceny stopnia trudności rekultywacji biologicznej i doboru zabiegów (rys. 2).

Ideą prezentowanych metod jest możliwość przeprowadzenia, na podstawie uzyskanych wyników na konkretnym obiekcie, „myślowej rekonstrukcji przebiegu sukcesji” i prognozowania



Rys. 1. Siatka żyzności gruntów wraz z siedliskowymi typami lasu wyróżnionymi na podstawie występowania panujących gatunków roślin. Zwałowisko zewnętrzne KWB „Adamów” (Krzaklewski 1979)



Rys. 2. Kategorie powierzchni wyróżnione, dla potrzeb rekultywacji biologicznej realizowanej dla kierunku leśnego, na podstawie właściwości gruntów oraz stanu roślinności. Kategoria I – pokrycie roślinnością < 25% lub brak roślinności, utwory nadmiernie zakwaszone; Kat. II – pokrycie roślinnością 25–50%, utwory jałowe; Kat. III – pokrycie roślinnością 50–75% utwory średnio żyzne, przewaga piasków gliniastych; Kat. IV - pokrycie roślinnością >75% utwory żyzne, gliny lekkie do glin ciężkich.

przypuszczalnych przemian zbiorowisk roślinnych (sukcesji), a na tej podstawie przewidywanie potencjalnych siedlisk, co dla gospodarki leśnej ma pierwszorzędne znaczenie. Metody te po raz pierwszy zastosowano w Polsce i według dostępnej literatury nie były stosowane za granicą. Obecnie w Niemczech podejmowane są próby opracowania programów komputerowych analizujących i prognozujących przemiany zbiorowisk roślinnych na terenach pogórnicznych na podstawie inicjalnych stadiów sukcesji (tzw. ciągi sukcesyjne) w konkretnych warunkach siedliskowych.

Najogólniej biorąc w górnictwie węgla brunatnego w Polsce o warunkach zalesienia decyduje przyjęta gospodarka nadkładem. W zależności od tego powstają różne warunki siedliskowe. Determinuje to stosowanie trzech strategii postępowania na terenach przeznaczonych dla leśnego kierunku rekultywacji: różnorodności przyrod-

niczej, gospodarczej (w tym plantacyjnej) i mieszanej (połączenie dwóch poprzednich) (Pietrzykowski Krzaklewski 2014):

- **Strategia różnorodności przyrodniczej** – warstwa glebotwórcza zwałowisk jest budowana z rozmaitych utworów nadkładu (z wyłączeniem utworów fitotoksycznych) metodą nieselektywnego zwałowania. Zalesienie realizować można w części standardowo (nasadzenia sztuczne), w części przez sukcesję i standardowo lub wyjątkowo wyłącznie przez sukcesję (wolną lub kierowaną).
- **Strategia gospodarcza (w tym plantacyjna)** – warstwa glebotwórcza zwałowisk jest homogeniczna, budowana z najżyźniejszych utworów nadkładu metodą selektywnego lub kierowanego zwałowania.
- **Strategia mieszana** – połączenie obu powyższych wariantów.

W Polsce dotychczas z dobrym efektem realizowana była i nadal jest, na przeważającej powierzchni zwałowisk górnictwa węgla brunatnego, strategia bioróżnorodności przyrodniczej (zwłaszcza bioróżnorodności dendrologicznej i siedliskowej). Fakt ten ma ogromne znaczenie dla stabilności zalesień na zwałowiskach.

METODY ZALESIENIA

Metody zalesiania terenów pogórnicznych ulegały w ostatnich kilkudziesięciu latach szybkiej ewolucji. Było to wynikiem dynamicznego rozwoju badań naukowych nad tym problemem, w tym licznych doświadczeń terenowych, do czego skłaniał szybki ubytek rolnej i leśnej przestrzeni produkcyjnej (Skawina, Greszta 1959, Skawina 1968, Krzaklewski 1988). Jak już wspomniano najczęściej w polskiej praktyce rekultywacyjnej stosowano i obecnie stosuje się trzy metody zalesienia: „gatunków pionierskich” „biodynamiczną” i „gatunków głównych”.

Metoda gatunków pionierskich (z przedplonem gatunków pionierskich)

Koncepcja gatunków pionierskich uwzględnia zapoczątkowaną jeszcze w latach 30 XX wieku przez Heusona (Heuson 1928) metodę rekultywacji leśnej, zgodnie z którą jako przedplon stosuje się fitomelioracyjną roślinność zielną i drzewiastą, zakładając jej wymianę w późniejszym okresie na docelową. Ta metoda zalesienia określana jest jako metoda gatunków „pionierskich”, z różnymi modyfikacjami, zależnymi od specyfiki powierzchni na różnych obiektach. W Polsce w latach 60. i 70. ubiegłego stulecia była ona główną metodą rekultywacji leśnej większości zwałowisk przemysłu wydobywczego (Skawina i Greszta 1959, Skawina 1969, Greszta i Morawski 1972, Krzaklewski 1988). Z uwagi na brak wypracowanych metod technicznego formowania zwałowisk, rola biologicznej rekultywacji sprowadzała się do celowego wykorzystania funkcji, jaką mogą pełnić poszczególne zbiorowiska roślinne w poprawie stateczności obiektu, procesie odtworzenia gleby i eliminacji innych szkodliwych zjawisk, a w następnej kolejności dopiero funkcji produkcyjnej (Skawina 1969).

Metoda gatunków pionierskich uwzględnia fazę przedplonu, odtwarzającą niejako naturalne inicjalne stadium sukcesji. Metoda ta okazała

się z różnych względów w wielu przypadkach w pełni skuteczna, zwłaszcza na gruntach jałowych. Wydaje się coraz pewniejsze, że udatność zalesień docelowych na utworach ubogich jest osiągnięta wtedy, kiedy są one poprzedzone fazą przedplonu (Krzaklewski 2017). Jest to mocny argument przemawiający za uwzględnieniem w zalesieniach rekultywacyjnych gatunków pionierskich.

Omawiana metoda polega na wprowadzaniu wyłącznie gatunków uznawanych za pionierskie – fitomelioracyjne. Do tej grupy należą m.in.: olsza szara, olsza czarna i wierzby. Celem ich jest poprawa niekorzystnych warunków siedliskowych oraz spełnienie szeroko rozumianej funkcji glebochronnej. Nasadzenia te mają charakter przedplonu i po odegraniu swojej roli powinny zostać przebudowane w kierunku składów gatunkowych zgodnych z potencjalnym siedliskiem. W zależności od ich kondycji przebudowa może mieć charakter totalny lub też postępujący stopniowo za rozpadającymi się pionierskimi zalesieniami. Czas rozpoczęcia przebudowy zależy od kilku czynników, głównie właściwości biologicznych gatunków fitomelioracyjnych oraz substratu glebowego w jakim przyszło im wzrastać. Najczęściej proces ten powinien rozpocząć się już w wieku około 20–25 lat. Wszystkie gatunki stosowane w tej metodzie zalesień mają dobre i bardzo dobre właściwości odroślowe. Z jednej strony jest to wada, gdyż usunięte stwarzają w początkowym okresie konkurencję dla gatunków głównych wprowadzanych w ramach przebudowy, z drugiej jednak zaletą, ponieważ przez długi jeszcze czas spełniają swoją fitomelioracyjną funkcję, rosnąc w formie krzewiastej na międzyrzędach gatunków głównych.

Metoda biodynamiczna

Ten sposób postępowania wywodzi się ze „szkoły krakowskiej” prof. T. Skawiny (Skawina 1969). Stanowi on model pośredni pomiędzy metodą „gatunków pionierskich”, a metodą „gatunków docelowych”. Odpowiednio dobrane zabiegi agrotechniczne (obróbka mechaniczna i poprawa właściwości chemicznych gruntu) przygotowują utwór do pełnienia funkcji skały macierzystej odtwarzanych w procesie rekultywacji gleb. Natomiast rolę głównego czynnika w tym procesie powierza się wielogatunkowemu zestawowi roślinności drzewiastej i zielnej, uwzględniającemu obok gatunków głównych (docelowych) także gatunki fitomelioracyjne, biocenotyczne i pomocni-

cze. Jednym z podstawowych założeń tej metody jest jak najszybsze uzyskanie pełnego zwarcia koron drzew, co silnie stymuluje rozwój wewnętrznego środowiska, a tym samym intensyfikuje procesy glebotwórcze. W metodzie tej podstawową rolę odgrywają fitomelioryjne gatunki drzew należące przede wszystkim do rodzaju olsza (*Alnus sp.*), a z roślin zielnych łubin trwały (*Lupinus polyphyllus*). Ich zdolność do wiązania poprzez bakterie symbiotyczne wolnego azotu stanowi istotny czynnik dynamizujący wzrost drzew i rozwój gleby. Natomiast duże wymagania olszy w stosunku do wilgotności gleby sprawiają, że po okresie kilkunastu lub kilkudziesięciu lat w warunkach opadowo-retencyjnej gospodarki wodnej samoistnie ustępuje ona ze składu zalesień, co stwarza warunki dla swobodnego rozwoju gatunków docelowych. Aktualnie przyjmuje się, że udział gatunków docelowych w tej metodzie zależy głównie od jakości siedlisk i stopnia zagrożenia erozją. W korzystnych warunkach może on osiągać nawet 60%. Liczne doświadczenia praktyczne wskazują, że przy dużych powierzchniach zwałowisk oraz ograniczonych możliwościach pielęgnacji (zabezpieczenie przed zwierzyną, konkurencja ze strony roślinności zielnej) metoda biodynamiczna daje dobre efekty. Potwierdzają to rezultaty dotychczas prowadzonych 40-letnich badań nad tą metodą na zboczach zwałowisk kopalni węgla brunatnego (Krzaklewski 1996, Wójcik 2007, 2009). Również w innych krajach liczni naukowcy podkreślają korzystny wpływ olszy na procesy rozwoju ekosystemów leśnych, zwłaszcza w trudnych warunkach siedliskowych (Dimitrowsky 1976).

Metoda „gatunków głównych”

Preferowana przez tzw. „szkołę poznańską” prof. J. Bendera (Bender 1995, Gilewska 1991) i nazywana modelem PAN, kładzie główny nacisk na wprowadzanie już na początku gatunków docelowych. Poprzedza je obróbka mechaniczna gruntu służąca poprawie jego właściwości fizycznych oraz modyfikacja jego chemizmu na drodze wysokiego nawożenia mineralnego. Według założeń, metoda ta ma dać szybkie efekty w postaci drzewostanów zbudowanych z wartościowych gatunków gospodarczych. Niewątpliwy wpływ na wybór tej metody rekultywacji leśnej mają korzystne warunki siedliskowe wynikające bądź z tworzenia wierzchniej warstwy zwałowisk z utworów potencjalnie żyznych lub rekultywacji

płaskich powierzchni zwałowisk wewnętrznych. Nie bez znaczenia jest również uwzględnianie postulatów leśnictwa, preferującego wprowadzanie dużych biogrup gatunków produkcyjnych, co ułatwia pielęgnację upraw. Koncepcja „gatunków docelowych”, opracowana została głównie z myślą o rekultywacji rolniczej. Natomiast jej pełne zasady w rekultywacji leśnej, zwłaszcza na skarpach zwałowisk, możliwe są do wykonania tylko w ograniczonym zakresie. Trudno jest również jednoznacznie przewidzieć reakcję roślin drzewiastych na wysokie nawożenie, zwłaszcza azotowe. Założeniem metody jest dążenie do szybkiego uzyskania drzewostanów docelowych już na początku procesu rekultywacji. Czy jest to słuszne, w chwili kiedy procesy siedliskowe są jeszcze słabo rozwinięte i istnieje duża niepewność co do ich przebiegu, pozostaje nadal otwartym pytaniem. Dorobek naukowy w zakresie efektów zastosowania tej metody w Polsce jest bowiem dotychczas słabo udokumentowany.

Z uwagi na brak zobiektywizowanych, przeprowadzonych według jednolitej metodyki badań, trudno jest jednoznacznie stwierdzić, realizacja której metody rekultywacji leśnej jest bardziej właściwa. Brak takiej oceny sprawia, że planowanie zabiegów rekultywacyjnych oparte jest przede wszystkim na doświadczeniu zawodowym projektantów i intuicyjnym prognozowaniu przebiegu procesów siedliskotwórczych (Wójcik, Krzaklewski 1999).

PRZYJĘTE KRYTERIA OCENY EFEKTYWNOŚCI METOD REKULTYWACJI LEŚNEJ

Jak wcześniej wspomniano rekultywacja leśna terenów bezglebowych w górnictwie odkrywkowym węgla brunatnego w Polsce realizowana była i jest na utworach reprezentujących szerokie spektrum właściwości fizycznych i chemicznych (Skawina 1970, Gilewska 1991, Krzaklewski 1988, 2017 Kowalik, Wójcik 2004, Wójcik 2007, Pietrzykowski 2010). Badania prowadzone dotychczas na tych terenach obejmują między innymi studia gleboznawcze, fitosocjologiczne, w tym problematykę diagnozy siedlisk leśnych, ocenę dynamiki wzrostu i zapasu drewna wprowadzonych gatunków drzew (Krzaklewski 1996, 2017). Problematyka zmian zachodzących w glebach i drzewostanach na terenach rekultywowanych jest szeroko dokumentowana również w literaturze zagranicznej (Katzur i inni 1999).

Badania dotyczące rozwoju procesów glebotwórczych ogniskują się przede wszystkim na aspekcie ilościowej oceny procesu próchnicotwórczego w inicjalnych glebach (Gilewska 1991, Kowalik, Wójcik 2004, Wójcik, Krzaklewski 2007, 2009). Jednocześnie liczni badacze sygnalizują, że zasięg po kilkudziesięciu latach wzrostu zalesień, dotyczy najczęściej warstwy 0÷20 cm, a więc głównie strefy akumulacji materii organicznej (Wysocki 1988, Katur i inni 1999, Wójcik 2009).

Uwzględniając istniejący w dostępnej literaturze dorobek naukowy w tym zakresie można stwierdzić, że do najbardziej miarodajnych wskaźników oceny procesów zachodzących na terenach rekultywowanych w kierunku leśnym należy dynamika kształtowania się w glebie zawartości C_{org} i N_{og} . Są to najbardziej wyraziste wykładniki procesu próchnicotwórczego prowadzącego do dynamicznego przekształcania „surowych”, bezpróchnicznych utworów w glebę. Azot glebowy (w formach dostępnych dla roślin) jest pochodzenia głównie organicznego, stąd ilość i jakość materii organicznej w glebie jest także wyznacznikiem ilości i dostępności azotu, należącego do grupy najważniejszych składników biogennych. W inicjalnej fazie rekultywacji surowy grunt zawiera zaledwie śladowe ilości tego składnika i to w formach na ogół silnie związanych, niedostępnych dla roślin (Wójcik 2009).

OCENA AKUMULACJI WĘGLA ORGANICZNEGO I AZOTU OGÓLNEGO NA WYBRANYCH OBIEKTACH GÓRNICZWA WĘGLA BRUNATNEGO W POLSCE

Wyniki badań akumulacji węgla organicznego i azotu ogólnego w warstwie 0÷10 cm poziomów próchnicznych inicjalnych gleb przedstawiono na przykładzie wybranych obiektów pogórnich reprezentujących różne właściwości deponowanych w wierzchnich warstwach zwałowisk utworów, jak również okres, jaki upłynął od zakończenia prac rekultywacyjnych. Do badań porównawczych wybrano fragmenty powierzchni zalesianych metodą biodynamiczną oraz fragmenty jednogatunkowych nasadzeń gatunków głównych (docelowych). Prezentowane na wykresach wartości są średnią arytmetyczną wyliczoną z wyników uzyskanych dla 3 powtórzeń dla każdego rozpatrywanego wariantu.

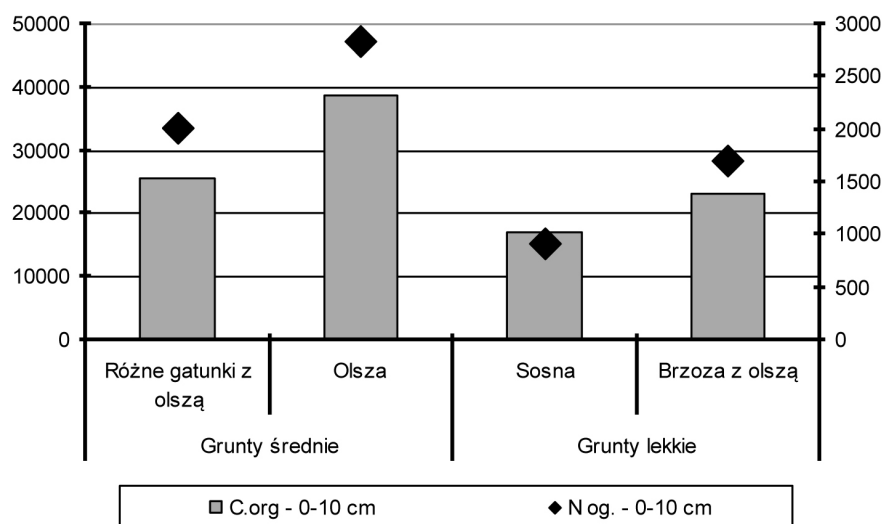
Zwałowisko zewnętrzne Kopalni Węgla Brunatnego „Adamów”

Zwałowisko zewnętrzne KWB „Adamów” tworzą utwory nadkładu, które zdejmowane były w trakcie budowy odkrywki złoża węgla brunatnego. Wśród nich przeważały: czwartorzędowe piaski luźne, (około 45% udziału), czwartorzędowe gliny zwałowe (około 35%) oraz trzeciorzędowe ility poznańskie (około 20%). Utwory te były deponowane nieselektywnie, w efekcie czego na powierzchni zwałowiska występuje mieszanina utworów o przeważającym składzie ziarnowym piasków gliniastych i glin, wykazujących na ogół lekko alkaliczny odczyn. Objęty badaniami fragment zwałowiska zalesiono metodą biodynamiczną, tj. gatunkami fitomielioracyjnymi (79% olsza czarna i szara) oraz gatunkami głównymi (20% modrzew europejski, jawor, dąb czerwony) i biocenotycznymi (1% jarząb pospolity) (Krzaklewski 1979).

Przeprowadzone po 25 latach wzrostu zalesień badania wykazały największą akumulację materii organicznej i azotu w poziomie próchnicznym (0÷10 cm) na powierzchniach zalesionych wyłącznie olszą (Wójcik, Krzaklewski 1999, 2007). Na utworach o składzie granulometrycznym utworów średnich (udział cząstek <0,02 mm 21–35%) zgromadzona materia organiczna zawierała średnio 38 740 kg C_{org} na 1 ha i 2834 kg N_{og} na 1 ha. W tej samej kategorii utworów na powierzchniach, gdzie rosły w osłonie olszy gatunki główne (klon jawor, dąb czerwony, modrzew europejski) zapas tych pierwiastków był niższy i kształtował się na poziomie odpowiednio: 25 567 kg C_{org} i 2015 kg N_{og} . Z kolei w kategorii utworów lekkich akumulacja węgla i azotu w zalesieniach brzozy z olszą wyniosła 23300 kg C_{org} i 1500 kg N_{og} i była wyższa niż w jednogatunkowych zalesieniach sosny zwyczajnej (o około 36% C_{org} i około 85% N) (rys. 3).

Zwałowisko zewnętrzne PGE Kopalni Węgla Brunatnego „Turów”

W przypowierzchniowych warstwach tego obiektu zdecydowanie dominują trzeciorzędowe ility kaolinitowe (około 90% udziału). Według nomenklatury gleboznawczej (BN-78/9180-11) w większości można je zakwalifikować do podgrupy granulometrycznej – gliny ciężkiej (51–80% frakcji <0,02 mm). Z uwagi na skład granulometryczny oraz brak strukturalności utwory te można uznać za nadmiernie zagęszczone. Większość z nich wykazuje również stosunkowo duże zakwaszenie,



Rys. 3. Zapas węgla organicznego i azotu ogólnego w kg/ha w warstwie 0–10 cm inicjalnych powierzchni badawczych na zwałowisku zewnętrznym kopalni węgla brunatnego Adamów

będące skutkiem domieszki zawartego w lignitach zsiarczonego węgla organicznego oraz pirytów i markazytów. Zawartość siarki waha się w nich od 0,07% do 0,6%, osiągając wartości maksymalne około 1%. Powstające w wyniku procesu jej utleniania produkty, tj. kwas siarkowy oraz siarczany glinu i żelaza działają destrukcyjnie na właściwości gruntu sprawiając, że z czasem wykazują one duże, często fitotoksyczne (pH w KCl < 3,0) zakwaszenie (Wójcik, Krzaklewski 2009). Nadmierna zwięzłość oraz silnie zakwaszenie powodują, że uproduktywnienie tych utworów wymaga zastosowania zabiegu neutralizacji oraz intensywnych zabiegów agrotechnicznych i fitomelioracyjnych. W ramach zalesień zwałowiska zewnętrznego stosowana była metoda biodynamiczna.

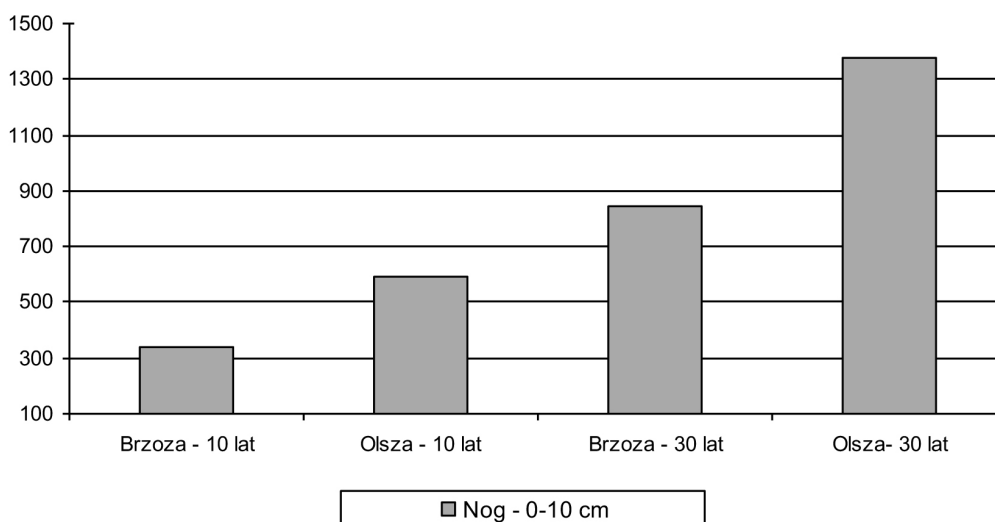
Z uwagi na domieszkę węgla lignitowego, w prowadzonej na tym obiekcie ocenie oparto się jedynie na zawartości azotu ogólnego. Porównanie akumulacji tego pierwiastka w poziomach próchnicznych gleb (0–10 cm) pod jednogatunkowymi zalesieniami złożonymi z brzozy brodawkowatej i olszy czarnej wskazuje na wyższe tempo przebiegu tego procesu pod olszą. Wyraźnie zauważalne jest to już w zalesieniach 10-letnich, gdzie zasoby azotu wyniosły 589 kg/ha i były o około 75% większe niż w glebie pod brzozą. Natomiast w glebie kształtującej się pod 30-letnimi zalesieniami olszy zasoby tego pierwiastka wyniosły 1379 kg/ha i były o około 64% większe niż pod brzozą. Jednocześnie w porównaniu do omówionych powyżej obiektów z kopalni „Adamów”, obserwowane jest generalnie niższe tempo akumulacji tego pierwiastka. Jest to niewątpliwie efektem skrajnie nie-

korzystnych właściwości gruntu, jakie występują na zwałowisku kopalni „Turów”, a które ograniczają tempo procesów glebotwórczych (rys. 4).

Zwałowisko zewnętrzne kopalni Bełchatów (Góra Kamięńsk)

Zwałowisko zewnętrzne nadkładu odkrywkowej kopalni węgla brunatnego KWB Bełchatów, zwane Górą Kamięńsk, zbudowane jest głównie z przemieszanych ze sobą utworów czwartorzędowych i trzeciorzędowych. Czwartorzęd reprezentują piaski i piaski ze żwirami, wśród których występują mułki, gliny zwałowe i ropy. Utwory trzeciorzędowe to głównie piaski przemieszane z mułkami i ropy. Na około 10% powierzchni zwałowiska występowały zawęglone i zsiarczone piaski trzeciorzędowe, wykazujące nadmierne zakwaszenie (Krzaklewski i inni 1997). Prace rekultywacyjne na zwałowisku obejmowały zabiegi agrotechniczne w tym: neutralizację utworów nadmiernie zakwaszonych, wysiew nasion mieszanki traw oraz roślin motylkowatych (metodą awio- i hydroobsiewu), nawożenie mineralne NPK oraz zalesienie metodą biodynamiczną i częściowo gatunków pionierskich.

Przeprowadzone na przedmiotowym obiekcie badania po 20 i 30 latach wzrostu zalesień rekultywacyjnych złożonych z olszy czarnej oraz gatunków docelowych: brzozy brodawkowatej i sosny zwyczajnej, wykazały większą akumulację materii organicznej i azotu w poziomie próchnicznym (0 - 10 cm) inicjalnych gleb na powierzchniach zalesionych olszą. Wyraźnie zauważalne jest to już w zalesieniach 20-letnich, gdzie zasoby węgla organicznego

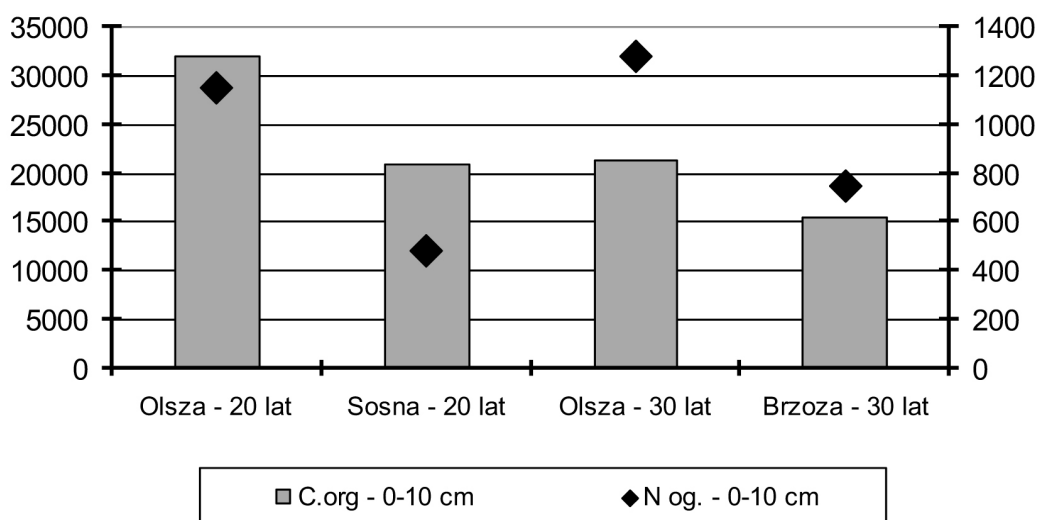


Rys. 4. Zapas azotu ogólnego (kg/ha) w warstwie 0÷10 cm gleb powierzchni badawczych na zwałowisku zewnętrznym PGE kopalni węgla brunatnego „Turów”, kg/ha

pod olszą kształtowały się na poziomie 32 t/ha (ok. 55 t/ha materii organicznej), a azotu wyniosły 1147 kg/ha. Na powierzchni z sosną zapas węgla organicznego był o około 35%, a azotu o ok. 58% niższy niż w glebie pod olszą. Natomiast w glebie kształtującej się pod 30-letnimi zalesieniami olszy zasoby węgla organicznego wyniosły ok. 21,3 t/ha (ok. 36 t/ha materii organicznej) i były o około 28% wyższe niż pod brzozą. Podobnie sytuacja kształtowała się w przypadku azotu, gdzie w glebie pod olszą stwierdzono zapas tego pierwiastka na poziomie 1279 kg/ha, natomiast pod brzozą był on o ok. 41 % niższy. (rys. 5). Wraz ze wzrostem wieku zalesień obserwowany jest ubytek zawartości węgla organicznego oraz wzrost zawartości azotu w poziomie próchnicznym gleb. Związane jest to najprawdopodobniej z

większym zaawansowaniem na powierzchniach starszych procesu humifikacji materii organicznej.

W tabeli 2 przedstawiono średnie wartości charakteryzujące przebieg procesu próchnicotwórczego w inicjalnych glebach powstających na zwałowiskach kopalń węgla brunatnego w Polsce (Wójcik, Krzaklewski 1999). Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że proces próchnicotwórczy zdecydowanie bardziej dynamicznie przebiega w zalesieniach złożonych w przewadze, bądź z dużym udziałem olszy. Pozwala to w krótszym okresie, niż w zalesieniach złożonych wyłącznie z gatunków docelowych, osiągnąć poziom zawartości materii organicznej w glebie, który uznawany jest za kryterium udanej rekultywacji (Siuta 1982).



Rys. 5. Zapas materii organicznej i azotu ogólnego w warstwie 0 - 10 cm gleb powierzchni badawczych na zwałowisku zewnętrznym kopalni Bełchatów (Górze Kamieński) [kg/ha]

Tabela 2. Roczny przyrost $C_{org.}$ i $N_{og.}$ na ha na podstawie wyników badań gleb w 25-letnich rekultywacyjnych zalesieniach na zwałowisku górnictwa odkrywkowego węgla brunatnego (Wójcik, Krzaklewski 1999)

Akumulacja [t/ha]	Metody zalesień		
	pionierska z olszą	biodynamiczna z olszą	gatunków głównych
Węgla organicznego	> 2 t	1,5 - 2,5 t	0,5 - 1,0 t
Azotu	80 - 130 kg	40 - 80	25 - 40 kg
Stosunek węgla do azotu	20 - 30	15 - 25	25 - 30

ZDOLNOŚCI PRZYROSTOWE WYBRANYCH GATUNKÓW DRZEW I RÓŻNORODNOŚĆ DENDROLOGICZNA NA ZWAŁOWISKU ZEWNĘTRZNYM PGE KOPALNI BĘŁCHATÓW

Wypadkową działania kompleksu czynników siedliskowych występujących na zwałowiskach, jak również trafności doboru metod rekultywacji jest produktywność drzewostanów, czyli całkowita ilość biomasy wyprodukowana na określonej powierzchni. Pośrednim elementem tej oceny mogą być cechy biometryczne drzew, lub miąższość wyprodukowanego drewna (Pietrzykowski 2010). Wzrost drzew w określonym wieku zależy bowiem od jakości siedliska i wymagań względem niego poszczególnych gatunków. Analiza wzrostu drzew może być również dobrym kryterium oceny przyjętych metod rekultywacji.

W tabeli 3 zamieszczono średnie wartości wybranych cech drzewostanów na zwałowisku zewnętrznym Kopalni Bełchatów zwanym Góra Kamięński, w porównaniu do cech drzewostanów w lasach gospodarczych, wyliczone na podstawie planu urządzania lasu dla Nadleśnictwa Bełchatów na lata 2007–2016. Na podstawie tych danych można stwierdzić zdecydowanie wyższy udział siedlisk żyznych oraz gatunków liściastych w składzie zalesień na zwałowisku. Jeśli chodzi o zdolności wzrostowe drzewostanów zaznaczają się porównywalne wartości przeciętnego przyrostu rocznego i tylko nieznacznie wyższa wartość przeciętnej zasobności drzewostanów w lasach nadleśnictwa (Pieniak i inni 2018).

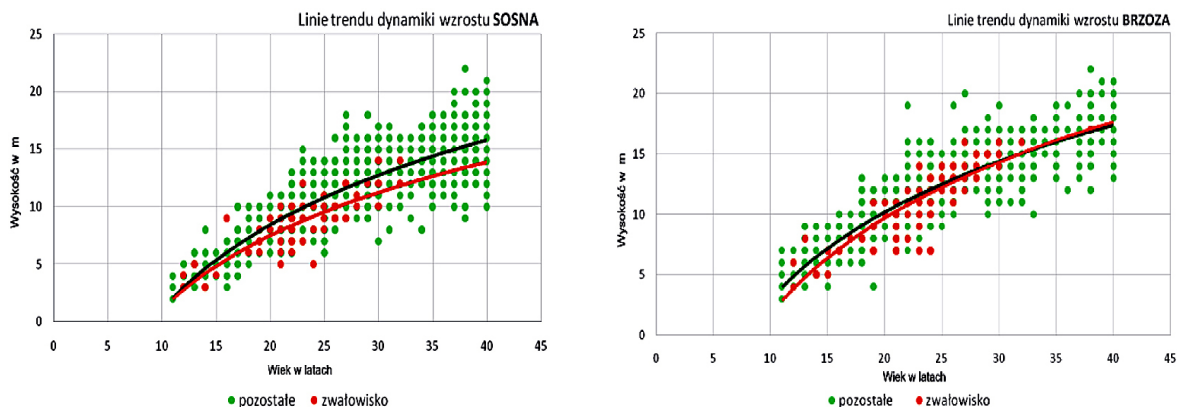
Dynamika wzrostu 2 głównych gatunków drzew (sosny i brzozy) na zwałowisku jest nieco słabsza niż w pozostałych lasach nadleśnictwa Bełchatów (rys. 6). Wykazana tendencja wzrostowa nie powinna zaskakiwać, na zwałowisku powstaje bowiem pierwsze, pionierskie stadium lasu, rozwijającego się w specyficznych warunkach. W miarę postępu rozwoju procesów siedliskotwórczych może to ulec zmianie.

Prowadzone sukcesywnie na zwałowisku badania wskazują na dobrą dynamikę wzrostu zalesień. Świadczą o tym m.in. badania przeprowadzone na powierzchni doświadczalnej w 30 - letnim drzewostanie, gdzie dominowała olsza czarna (*Alnus glutinosa*), miejscami sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris*) oraz wierzba biała (*Salix alba*) i topola osika (*Populus tremula*). Zasobność drzewostanów olszowych na przedmiotowej powierzchni wynosiła średnio 169 (maksymalnie 299 m³/ha, minimalnie 23 m³/ha), a z sosną zwyczajną średnio 155 m³/ha. Dla olszy czarnej *Alnus glutinosa* bonitacja wzrostowa wyniosła III, natomiast dla sosny i topoli osiki była wyższa i wynosiła II. Wskaźnik zadrzewienia na badanych powierzchniach był bardzo zróżnicowany. Najwyższą jego wartość odnotowano na powierzchni z dominacją olszy - 2,17, natomiast najniższą (Wz=0,23) na powierzchni gdzie dominowała topola osika (Sobota 2016).

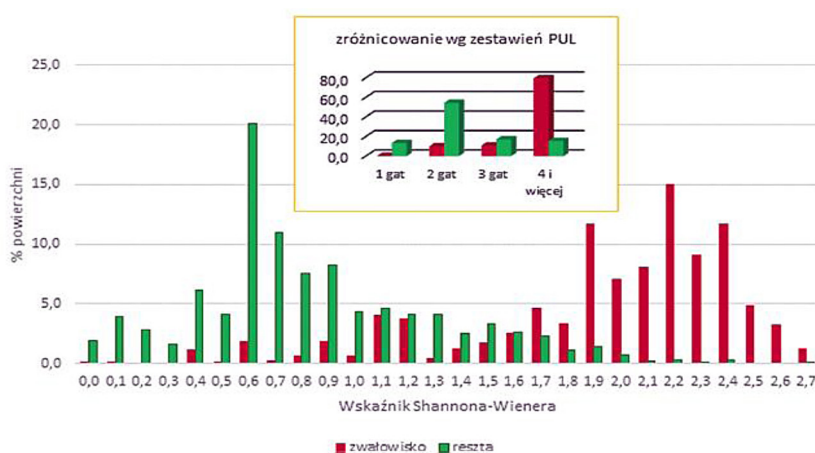
Dla drzewostanów na zrekultywowanym dla leśnego zagospodarowania zwałowisku zewnętrznym kopalni Bełchatów (Górze Kamięński) i poza nim w lasach gospodarczych nadleśnictwa Bełchatów wykonano ocenę różnorodności dendrologicznej (rys. 7). Drzewostany na zwałowisku ze-

Tabela 3. Porównanie wybranych cech drzewostanów na zwałowisku KWB Bełchatów oraz w drzewostanach gospodarczych nadleśnictwa Bełchatów

Dane	Udział % siedlisk borowych	Udział % gatunków iglastych	Średni wiek [lat]	Przeciętna zasobność [m ³ /ha]	Przeciętny przyrost roczny [m ³ /ha]	Przeciętna powierzchnia wydzielenia [ha]
Zwałowisko	25,0	32,9	25	94,8	6,7	14,18
Lasy Nadleśnictwa	73,0	67,4	21	105,2	6,6	1,97



Rys. 6. Dynamika wzrostu sosny zwyczajnej i brzozy na zwałowisku zewnętrznym Kopalni Bełchatów (Pieniak i inni 2018)



Rys. 7. Porównanie zróżnicowania gatunkowego drzewostanów na Górze Kamięńsk i w lasach gospodarczych Nadl. Bełchatów określonego wskaźnikiem Shannona-Wienera i wg planu urządzania lasu (Pieniak i inni 2018)

wnętrznym charakteryzują się ponad dwukrotnie większym, w porównaniu do lasów gospodarczych nadleśnictwa Bełchatów zróżnicowaniem gatunkowym, co jednoznacznie wyraża wartość wskaźnika Shannona-Wienera (Pieniak i inni 2018). Wskazuje to na fakt, że metody zastosowane w ramach rekultywacji biologicznej realizowanej dla leśnego kierunku pozwoliły na uzyskanie drzewostanów o silnie rozbudowanej strukturze. Duża różnorodność dendrologiczna drzewostanów na zwałowisku powoduje, że są one bardziej stabilne a więc bardziej odporne na zagrożenia zarówno biotyczne jak i abiotyczne, co ma duże znaczenie dla powstającego ekosystemu leśnego.

PODSUMOWANIE

W wyniku działalności górnictwej, przy wydobywaniu węgla brunatnego powstają wielkoobszarowe odsłonięcia (wyrobiska) i zwałowiska, na których istnieją całkowicie nowe warunki do powstawania

gleb i sukcesji roślin. Rekultywacja leśna terenów bezglebowych górnictwa węgla brunatnego w Polsce realizowana była i jest na utworach reprezentujących bardzo dużą zmienność właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych. Rekultywacja ta była i jest prowadzona głównie w warunkach mozaiki siedliskowej przy dużym zróżnicowaniu gatunkowym wprowadzanych drzew, co zapewnia warunki stabilności zalesień. Kierunek rozwoju zbiorowisk roślinnych oraz przemian gleb na tych terenach jest ciągle badany i nie jest do końca przewidywalny. Diagnoza warunków siedliskowych stanowi podstawę projektowania rekultywacji leśnej i oceny jej efektów. Musi ona uwzględniać lokalne uwarunkowania w tym przede wszystkim jakość warstwy glebotwórczej. Stan siedliska najlepiej oceniać metodą podatności na zarastanie, a w przypadku świeżo powstałego obiektu metodą glebową, natomiast potencjalny stan siedliska najpewniej prognozować przy pomocy klasy przydatności gruntów do rekultywacji wyznaczanej metodą T. Skawiny (Skawina, Trafas 1971).

Pomimo kilkudziesięcioletniej historii rekultywacji leśnej terenów bezglebowych w górnictwie odkrywkowym w Polsce oraz dużego areału gruntów przekazanych do rekultywacji i zagospodarowania, w dostępnej literaturze przedmiotu nadal występuje niedobór opracowań dotyczących kompleksowej oceny wpływu dotychczas stosowanych metod rekultywacji na stopień rozwoju głównych komponentów ekosystemów leśnych powstających na terenach pogórnich. W polskiej praktyce rekultywacyjnej na terenach pogórnich górnictwa węgla brunatnego stosowano i obecnie stosuje się najczęściej strategię bioróżnorodności gatunkowej, tzw. metodę „biodynamiczną”. Rzadziej aktualnie wykorzystywana jest metoda „gatunków pionierskich”, stosowana w niekorzystnych warunkach siedliskowych oraz metoda „gatunków głównych”, stosowana zwykle w przypadku bardzo korzystnych warunków siedliskowych. Wymienione metody różni brak, bądź udział w składzie gatunkowym zalesień gatunków fitomelioracyjnych i głównych („klimaksowych”). Z uwagi na brak dostatecznej ilości badań przeprowadzonych według jednolitej metodyki, dających możliwość porównań uzyskanych wyników, trudno jest jednoznacznie stwierdzić, realizacja której metody rekultywacji leśnej jest bardziej właściwa. Brak takiej oceny sprawia, że planowanie zabiegów rekultywacyjnych oparte jest przede wszystkim na doświadczeniu zawodowym projektantów i lokalnych uwarunkowaniach.

Uwzględniając istniejący w dostępnej literaturze dorobek naukowy w zakresie kryteriów oceny rekultywacji leśnej można stwierdzić, że do najbardziej miarodajnych wskaźników oceny procesów zachodzących na terenach rekultywowanych należy dynamika kształtowania się w glebie zawartości C_{org} i N_{og} . Są to najbardziej wyraziste wykładniki procesu próchnicotwórczego prowadzącego do dynamicznego przekształcania „surowych”, bezpróchnicznych utworów w glebę. Prezentowane w niniejszej pracy wyniki wykazują, że akumulacja próchnicy na badanych obiektach reprezentujących pionierską i biodynamiczną metodę zalesień rekultywacyjnych, była wysoka i sięgała nierzadko ponad 40 t/ha/10 cm, a roczny przyrost azotu ogólnego mieścił się w zakresie wysokiej i średniej aktywności glebotwórczej (Gołda 2007). Parametry te, przy uwzględnieniu stałości innych czynników siedliskotwórczych, zależą głównie od składu zalesień rekultywacyjnych. Uzyskane wyniki badań akumulacji węgla organicznego i azotu w poziomach próchnicznych powstających gleb na wybranych obiektach pogórnich górnictwa węgla brunatne-

go wskazują, że najkorzystniejsze tempo przebiegu tego procesu ma miejsce w glebach kształtujących się pod samą olszą i w zalesieniach wprowadzanych metodą biodynamiczną. Uzyskane wyniki potwierdzają więc znane już wyjątkowe walory fitomelioracyjne olszy, która powinna być uwzględniana w odpowiednim udziale (20–40%) w składzie zalesień rekultywacyjnych. Pozwoli to uzyskać po 20–25 latach ilość próchnicy na 1 ha w warstwie 20 cm wymaganą dla gruntów dobrze zrehabilitowanych. Prezentowane w niniejszej pracy wyniki wykazują również, że drzewostany na zwałowiskach charakteryzują prawidłowym wzrostem oraz większą, w porównaniu do lasów gospodarczych, różnorodnością dendrologiczną. Różnorodność ta stanowi fundament stabilności wprowadzonych zalesień.

LITERATURA

1. Bender J. 1995. Rekultywacja terenów pogórnich w Polsce. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych i Leśnych, z. 418.
2. Dimitrowsky K. 1976. Znaczenie upraw zakładanych na glebach zdewastowanych i ich przebudowa leśna o wielocelowych funkcjach. Leśnictwi, nr 7. Praga.
3. Gilewska M. 1991. Rekultywacja biologiczna gruntów pogórnich na przykładzie KWB „Konin”. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, z. 211. Poznań.
4. Gołda T. 2007. Inicjalne procesy glebotwórcze zachodzące w szlamach poflotacyjnych w wyniku upraw rekultywacyjnych i wieloletniego użytkowania rolnego, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków.
5. Greszta J., Morawski S. 1972. Rekultywacja nieużytków przemysłowych. PWRiL Warszawa.
6. Grochowski J. 1973. Dendrometria. PWRiL Warszawa.
7. Heusohn R. 1928. Aufforstung von Halden im Industriegebiet. Der deutsche Forstwirt 10(5), 26-27.
8. Kasztelewicz Z. 2018. Raport o stanie branży węgla brunatnego w Polsce i w Niemczech wraz z diagnozą działań dla rozwoju tej branży w I połowie XXI wieku.
9. Katur J., Böcker L., Stähr F. 1999. Humus und Bodenentwicklung in Kippen-Förstökosystemen. Der Wald, nr 25. Finsterwalde.
10. Kowalik S., Wójcik J. 2004. Właściwości chemiczne gleb industrioziemnych użytkowanych rolniczo i leśnie na zrehabilitowanym zwałowisku Kopalni Siarki „Machów”. Roczn. Glebozn. T. LV, nr 2, 239÷249.
11. Krebs Ch. J. 1996. Ekologia. Eksperymentalna analiza rozmieszczenia i liczebności. Warszawa, Wydawnictwo Naukowe PWN.

12. Krzaklewski W. 1979. Fitosocjologiczna metoda oceny warunków rekultywacji i zagospodarowania leśnego nieużytków, na przykładzie skarp zwałowiska Kopalni Węgla Brunatnego „Adamów”. *Archiwum Ochrony Środowiska* nr 3 – 4.
13. Krzaklewski W. 1988. Wybrane metodyczne aspekty planowania i realizacji leśnej rekultywacji na przykładzie górnictwa odkrywkowego. *Zeszyty naukowe AGH w Krakowie. Sozologia i Sozotechnika*, z. 26.
14. Krzaklewski W., Mikłaszewski A. 1996. Rekultywacja zwałów nadkładu w górnictwie węgla brunatnego w Polsce. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej* nr 79. Wrocław.
15. Krzaklewski W., Kowalik S., Wójcik J. 1997. Rekultywacja utworów toksycznie kwaśnych w górnictwie węgla brunatnego. *Wydawnictwo MONOS*, Kraków.
16. Krzaklewski W. 2001. Rekultywacja obszarów pogórnicznych i przemysłowych [W:] *Przemiany środowiska naturalnego a ekorozwój*. GEOSFERA. Kraków, 2001, 85-104.
17. Krzaklewski W., Pietrzykowski M. 2007. Diagnoza siedlisk na terenach po-górnicznych rekultywowanych dla leśnictwa, ze szczególnym uwzględnieniem metody fitosocjologiczno-glebowej. *Sylwan* CLI 151 (1).
18. Krzaklewski W. 2017. *Podstawy rekultywacji leśnej*. Wyd. Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.
19. Lityński T., Jurkowska H., Gorlach E. 1976. *Analiza chemiczno-rolnicza. Przewodnik metodyczny do analizy gleby i nawozów*. PWN. Warszawa.
20. Pieniak D., Krzaklewski W., Wójcik J. 2018. Próba oceny efektywności rekultywacji leśnej zwałowiska zewnętrznego kopalni Bełchatów (Góry Kamieńskie). *Węgiel Brunatny – dziś i w przyszłości. Monografia AGH w Krakowie, WGiG*, 289-298.
21. Pietrzykowski M. 2010. *Analiza i optymalizacja metod klasyfikacji siedlisk i kryteriów oceny rekultywacji leśnej na wybranych terenach pogórnicznych w Polsce*. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie.
22. Pietrzykowski M., Krzaklewski W. 2014. *Rekultywacja – współdziałanie technologii i ekologii*. W: Sierpień D. (red.) *Węgiel brunatny – szanse i zagrożenia. Monografia. Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszca w Krakowie*, s. 333-343.
23. Puchalski T., Prusinkiewicz Z. 1975. *Ekologiczne podstawy siedliskoznawstwa leśnego*. PWRiL Warszawa.
24. Siuta J. 1982. *Ochrona ziemi. Ludowa Spółdzielnia Wydawnicza*. Warszawa.
25. Skawina T. 1958. Przebieg rozwoju procesów glebotwórczych na zwałowiskach kopalnictwa węglowego. *Roczniki Gleboznawcze, dodatek do tomu 7*.
26. Skawina T., Greszta J. 1959. Wyniki doświadczeń nad przydatnością niektórych drzew i krzewów dla biologicznego zagospodarowania zwałów kopalnianych – część I. *Komitet ds. Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego przy Prezydium PAN, Komisja Gleboznawczo-Górnicza, Biuletyn* 22. Warszawa.
27. Skawina T., Bojarski Z. 1968. *Rekultywacja w działalności górniczej. Ochrona Terenów Górniczych*, nr 3.
28. Skawina T. 1969. *Rezultaty badań nad modelem rekultywacji terenów pogórnicznych w Polsce. Zeszyty Naukowe AGH nr 212. Geodezja*, z. 12. Kraków.
29. Skawina T. 1970. *Możliwości wykorzystania selektywnego zwałowania dla celów rekultywacji. Górnictwo Odkrywkowe*, nr 4.
30. Skawina T., Trafas M. 1971. *Zakres wykorzystania i sposób interpretacji wyników badań geologicznych dla potrzeb rekultywacji. Ochrona Terenów Górniczych*, nr 16.
31. Sobota D. 2016. *Dynamika zmian wybranych charakterystyk roślinnych i glebowych w zalesieniach rekultywacyjnych na wschodnim fragmencie Góry Kamieńskiej. Praca mgr, Wydział Leśny UR Kraków*.
32. Strzyszczyński Z. 1982. *Oddziaływanie przemysłu na środowisko i możliwości jego rekultywacji. Ossolineum*, Wrocław.
33. Węgorek T. 2003. *Zmiany niektórych właściwości materiału ziemnego i rozwój fitocenozy na zwałowisku zewnętrznym Kopalni Siarki w wyniku leśnej rekultywacji docelowej. Rozprawy Naukowe AR w Lublinie. Wydawnictwo AR w Lublinie*.
34. Wójcik J., Krzaklewski W. 1999. *Kształtowanie się cech inicjalnej gleby w toku leśnej rekultywacji zwałowiska zewnętrznego KWB „Adamów”. Zeszyty Naukowe AR w Krakowie*.
35. Wójcik J., Krzaklewski W. 2007. *Akumulacja materii organicznej w inicjalnych glebach na zwałowisku zewnętrznym kopalni węgla brunatnego „Adamów”. Roczniki Gleboznawcze, t. LVIII, nr 3/4, 151-159*.
36. Wójcik J., Krzaklewski W. 2009. *Forestation as the Method of the Remediation of Soiless Areas of the Lignite Mine Turów. Mineral Resources Management, t. 25, z. 3*.
37. Wysocki W. 1988. *Metody rekultywacji dla intensywnego zagospodarowania terenów pogórnicznych. Dziś i jutro rekultywacji i zagospodarowania terenów pogórnicznych. Zeszyty naukowe AGH w Krakowie. Sozologia i Sozotechnika* z. 26.
38. Żuławski C. 1988. *Postulaty dla biologicznej rekultywacji na tle dotychczasowych osiągnięć w zagospodarowaniu terenów pogórnicznych. Zeszyty naukowe AGH w Krakowie. Sozologia i Sozotechnika*, z. 26.