

**Recenzja pracy doktorskiej Pana mgr Wojciecha Mizery, pt.  
„Metoda rekultywacji obiektów unieszkodliwiania odpadów wydobywczych  
z flotacji rud miedzi”**

Przedstawiona do oceny praca zawiera 140 stron, na które, obok tekstu, składają się:

- umieszczone w tekście 2 rysunki, 10 tabel, 5 kolorowych fotografii, 158 pozycji literaturowych oraz
- 4 załączniki :
  - I - zawiera dokumentację fotograficzną złożoną z 94 kolorowych fotografii;
  - II - „Dane surowe” (11 stron tabel , podających koncentracje niektórych pierwiastków w badanym materiale z różnych okresów wegetacyjnych);
  - III - „Wykresy zbiorcze wyników analiz z okresów opróbowań I – III” (42 wykresy) ;
  - IV – „Dziennik wyjazdów i rejestr prac wykonanych na obiekcie”

Doktorant postawił sobie za cel opracowanie, w oparciu o przeprowadzone przez Niego badania i analizy dotychczasowych koncepcji, niskonakładowej metody rekultywacji nieczynnych składowisk odpadów z przeróbki rud miedzi. Postawiony cel jest dwudzielny. W części naukowej celem jest :

- zminimalizowanie niekorzystnego oddziaływania nieczynnych składowisk odpadów flotacyjnych na otoczenie, przez stabilizację powierzchni tych zbiorników i zahamowanie procesów erozyjnych i eolicznych,
  - określenie przydatności odpadów mineralnych z górnictwa dla celów rekultywacyjnych ,
  - wytypowanie grup odpadów , których cechy sprzyjają przeprowadzeniu optymalnej rekultywacji,
  - weryfikacja słuszności koncepcji wprowadzenia odpadów, jako dodatków poprawiających fizyko-chemiczne właściwości podłoża i wspomagających procesy glebotwórcze,
  - przeprowadzenie trzyletnich badań terenowych (trzy sezony wegetacyjne), na wytypowanym obiekcie, w celu potwierdzenia słuszności przyjętych założeń,
  - weryfikacja efektywności koncepcji w warunkach polowych,
- a w części aplikacyjnej :
- opracowanie kompleksowej metody rekultywacji zbiorników odpadów flotacyjnych LGOM , uwzględniającej redukcję kosztów potencjalnej rekultywacji, a przez to optymalizację wyników finansowych KGHM,
  - praktyczne przetestowanie możliwości wykorzystania odpadów wydobywczych w pracach rekultywacyjnych.

Przedmiot badań eksperymentalnych, stanowiło nieczynne składowisko (Obiekt Unieszkodliwiania Odpadów Wydobywczych) „Wartowice” Nr 3 użytkowane niegdyś przez byłą kopalnię „Konrad” w Iwinach koło Bolesławca (z tzw. „starego zagłębia”). Autor uznał je za reprezentatywne dla innych tego typu zbiorników odpadów flotacyjnych, należących do KGHM „Polska Miedź” SA (dalej, w skrócie, KGHM). Chciałbym zapoznać się z zestawem kryteriów, którymi kierował się Autor, uznając ww obiekt jako reprezentatywny. Wprawdzie, w dalszej części pracy umieszczony jest rozdział „3.4 Kryteria wyboru lokalizacji obiektu doświadczalnego” ale jest on raczej krótkim opisem zbiornika „Wartowice” nr 3 i wskazaniem lokalizacji poletek doświadczalnych, niż zestawem kryteriów wyboru obiektu reprezentatywnego. Pan mgr Mizera zakłada także, że realizacja ww celów pracy może stanowić podstawę do opracowania kompleksowej i uniwersalnej metody rekultywacji tego typu obiektów w LGOM.

Praca w części ogólnej prezentuje różne aspekty zagospodarowania odpadów flotacyjnych, pochodzących z historycznej i obecnej działalności produkcyjnej KGHM . Autor włącza się w wielowątkową dyskusję, zmierzającą ku znalezieniu „złotego środka”. Pogodziłby on, m.in., kwestie środowiskowe a także obecne (rekultywacja lub inna forma zabezpieczenia różnych ekosfer przed wpływem zdeponowanych odpadów) i przyszłe szanse technologiczne (możliwe w przyszłości wykorzystanie pierwiastków zawartych w tych odpadach). Pomógłby również rozwiązać dylematy ekonomiczne (np. optymalizacja kosztów rekultywacji) oraz prawne (np. jednoznaczność interpretacji przepisów). Do niektórych z ww aspektów, poruszanych przez Doktoranta w przedłożonej rozprawie odniosę się w dalszych częściach tej recenzji.

W części wstępnej ocenianej pracy, Autor przedstawił także motywy własne oraz stymulowane poglądami innych badaczy , które kierowały Nim gdy decydował o podjęciu takiej tematyki, a mianowicie:

- brak efektywnego, kompleksowego rozwiązania problemu rekultywacji tego typu obiektów, spełniającego w satysfakcjonujący sposób, zarówno kryteria ekonomiczne jak i prawne;
- aspekty środowiskowe związane głównie z (1) odpowiedzialnością za szkody i koniecznością minimalizacji ich wpływy na środowisko oraz z (2) degradacją krajobrazu;
- przeciwdziałanie wyłączeniu gruntów z produkcji roślinnej a przez to także zmniejszaniu wolumenu CO<sub>2</sub> pochłanianego przez florę (konwersja przemysłowych nieużytków w tereny o akceptowalnej funkcji społeczno-użytecznej ) ;
- potencjał wdrożeniowy dla opracowywanej koncepcji rekultywacji, wynikający z dużych powierzchni do wykorzystania w tym celu (w

samym LGOM ok. 25 km<sup>2</sup>) wraz z możliwością zastosowania tego rozwiązania do innych rodzajów składowisk.

W załączonym do pracy przeglądzie literatury tematu, Doktorant zamarkował genezę odpadów flotacyjnych, związanych z funkcjonowaniem krajowego przemysłu miedziowego a także odniósł się do sposobów i lokalizacji ich gromadzenia. W dalszej części pracy (rozdział 3.3.1) Pan mgr Mizera przedstawił charakterystykę fizykochemiczną odpadów flotacyjnych ze zbiornika „Wartowice” nr 3. Następnie Autor odniósł się do dotychczasowych opracowań podejmujących różne aspekty działań rekultywacyjnych, ze szczególnym uwzględnieniem tych, które traktują o terenach zdegradowanych nagromadzonymi, „miedziowymi” odpadami flotacyjnymi. W tej części pracy Doktorant cytował wyniki publikacji i raportów wykonywanych przez różne instytucje w ramach zleceń KGHM oraz CBPM „Cuprum” (dalej Cuprum) a także działań własnych. Przedstawiona została również ewolucja poglądów na temat sposobów i kierunków rekultywacji terenów składowisk odpadów flotacyjnych.

W podrozdziale 2.3 zatytułowanym „Ocena aktualnego stanu wiedzy w podjętej tematyce” zaniepokoiło mnie następujące sformułowanie Autora :

*„Rozwiązanie powinno być funkcjonalne, mają zostać poznane jego podstawowe mechanizmy, a działania mają odnieść pozytywny skutek dla przedsiębiorcy, co przełoży się na pożądaną i decydującą dzisiaj efekt ekonomiczny. **Wartością dodaną będzie poprawa stanu środowiska.**”*

Trudno się zgodzić z takim stwierdzeniem, zwłaszcza mając na uwadze środowiskowe cele rekultywacji. Celem zasadniczym tych zabiegów jest **poprawa stanu środowiska** a pozostałe aspekty są wartością dodaną.

W zaprezentowanym przeglądzie literatury Doktorant odniósł się do dotychczasowych poglądów na temat optymalnego rekultywowania zdegradowanych odpadami flotacyjnymi składowisk LGOM, tworząc w ten sposób punkt referencyjny dla badań, które podjął i metody, którą zaproponował.

Ciekaw też jestem co Autor miał na myśli, pisząc na str. 32 o metodach wzbogacania chemicznego w wyraźnym kontekście do odpadów flotacyjnych z przemysłu metali nieżelaznych. W procesach wzbogacania rud siarczkowych do koncentratów, mamy raczej do czynienia ze zjawiskami fizycznymi na powierzchni minerałów siarczkowych, wykorzystywanymi przez ksantogeniany.

Praca ma charakter interdyscyplinarny co może powodować, iż czytelnik zmuszany będzie do częstego zaglądania do jeszcze innych materiałów źródłowych, dlatego też należy mu to ułatwić poprzez bardziej szczerze serwowanie odnośników do takich źródeł wiedzy. Np., jeśli Autor rozważa aspekty tworzenia się gleby, wychodząc z nieglebowych komponentów (odpady flotacyjne, inne odpady wydobywcze i z przemysłu chemicznego) to bardzo

pouczającym byłoby ,obok tabeli obrazującej skład użytych odpadów, pokazanie przeciętnego składu gleby. Takie zestawienie ilustrowałoby długość i uciążliwość drogi do przebycia aby stadium warstwy glebowej osiągnąć. Pan mgr Mizera przytacza fakty i wyniki z innych opracowań ale czasami brakuje mi Jego głębszej analizy i interpretacji tych przytoczeń. Np. gdy wspomina o dobrych wynikach rekultywacji z użyciem nadkładu na skałach bazaltowych aż prosi się aby rzec ,a w tym przypadku napisać ,o własnościach jakie mają utwory luźne, tworzące się w czasie wietrzenia tych skał wylewnych. Wartość niejednej gleby została znacząco poprawiona poprzez dodanie do niej takich materiałów.

W rozdziale poświęconym aspektom prawnym obowiązku przeprowadzenia rekultywacji na uwagę zasługuje wieloznaczność sytuacji w odniesieniu do historycznych działań. Nadmienić jednak należy, iż obecnie w każdej nowo rozpoczynanej aktywności gospodarczej, która degraduje teren ,ZAWSZE na przedsiębiorcę nakładany jest obowiązek przywrócenia stanu zbliżonego do pierwotnego. Dotyczy to rekultywacji w całej rozciągłości. Nawet jeśli obecne prawo nie jest zbyt precyzyjne to wspomnianego obowiązku nie da się już ominąć. Teraz każda działalność gospodarcza, mogąca zawsze znacząco oddziaływać na środowisko (a do tej kategorii zalicza się deponowanie odpadów ,operacje górnicze i wzbogacania ) wymaga uzyskania decyzji o uwarunkowaniach środowiskowych przedsięwzięcia (DUŚ), uzgadnianej z Regionalnym Dyrektorem Ochrony Środowiska i opiniowanej przez Państwowego Powiatowego Inspektora Sanitarnego. RDOŚ nie uzgodni takiej decyzji bez nałożenia obowiązku rekultywacji zmienionego terenu. W przedłożonym raporcie oceny oddziaływania na środowisko planowanego przedsięwzięcia projekt programu rekultywacji musi być uwzględniony aby taki raport mógł być w ogóle rozpatrywany. Ponadto już od początku działalności gospodarczej przedsiębiorcy górniczego musi być sukcesywnie zasilany rachunek, z którego środki mają charakter celowy, na przeprowadzenie rekultywacji zdegradowanego terenu w kierunku uwzględnionym w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego. Co więcej, w ramach kompetencji stanowienia prawa lokalnego, radni gminy mogą wymagać od przedsiębiorcy, który aplikuje o DUŚ, ustanowienie jeszcze innych zabezpieczeń, w tym finansowych. Wolą aplikanta jest czy się na to zgodzi. W przypadku stawów osadowych LGOM sprawa jest o tyle klarowna, że KGHM jest właścicielem tych zbiorników i nie są to szkody „historyczne” (tzn. przejęte przez Skarb Państwa, w którego imieniu działa Starosta), nieistniejącego już (lub będącego w stadium likwidacji) zakładu. Obecny status tych stawów możnaby określić mianem „ stanem równowagi metastabilnej”. Gminy nie naciskają na właściciela, który corocznie wnosi znaczące sumy podatkowe do kasy gminy, wodociąguje wioski, uczestniczy w realizacji innych zadań własnych tej jednostki samorządu terytorialnego. KGHM , nie wydając środków na rekultywację wspomnianych terenów, nie obciąża dodatkowo

swojego budżetu na cele nieprodukcyjne i może to logicznie wytłumaczyć chęcią wykorzystania w przyszłości zgromadzonych odpadów, traktując je jako potencjalny zasób. Uwypuklenie tego aspektu może być pomocne w dobie dyskusji o „circular economy”. To tylko kwestia czasu, kiedy procesy wzbogacanie i hydrometalurgii (np. ekstrakcja rozpuszczalnikami, elektrochemiczne wydzielanie) osiągną wystarczającą dojrzałość aby wykorzystywać substancje zawarte w dzisiaj deponowanych odpadach. W przypadku zbiornika w Gilowie dochodzi jeszcze jeden aspekt a mianowicie, trzymanie w rezerwie zapasowego miejsca deponowania odpadów w sytuacji gdyby nie było to możliwe w zbiorniku „Żelazny Most”. Dzisiaj zamknięcie składowiska automatycznie powiązane jest z obowiązkiem jego zrehabilitowania.

Doktorant wskazuje, i słusznie, na potrzebę stworzenia klarownego, jednoznacznego prawa, regulującego problematykę rekultywacji terenów zdegradowanych.

W części „szczegółowej” pracy Pan mgr Mizera prezentuje wyniki swoich badań i interpretację tychże rezultatów. Zwieńczeniem dzieła ma być kompleksowa koncepcja rekultywacji terenów zmienionych przez zdeponowane odpady flotacyjne, powiązane z polskim przemysłem miedziowym. W rozdziale 3.3 Autor stwierdza, iż „Odpady zgromadzone w obiektach „Starego Zagłębia” posiadają nieco odmienny skład petrograficzny w stosunku do odpadów flotacyjnych z bieżącej produkcji z rejonu Lubina.”. To stwierdzenie należy poszerzyć także o piaskowcowe odpady z rejonu Rudnej. W interpretowaniu obserwowanych zjawisk, zachodzących lub mogących zachodzić, w odpadach stosowanych przez Autora w pracach rekultywacyjnych, brakuje mi geochemicznego podejścia (i do tego w przyszłości Pana mgr Mizere namawiam). Np., rozważając wpływ alkalicznego pH na mobilność pierwiastków aż prosi się o skorzystanie z bogatej literatury, zawierającej wykresy E-pH dla bardzo wielu elementów tablicy okresowej Mendelejewa w środowisku wodnym. Na wykresach tych widać obszary stabilności poszczególnych jonów i ich związków w zależności od warunków elektrochemicznych i kwasowości a także od obecności innych jonów w roztworze wodnym. Podobne rozważania można zastosować rozpatrując warunki wodne i wymianę gazową w glebie (s.49). Warunki utleniające lub redukujące mają przemożny wpływ na dostępność składników odżywczych dla roślin. Także siła jonowa roztworów wodnych (szczególnie duża przy zasoleniu – też s.49) ma wpływ na aktywność innych jonów w roztworach. Tak więc posługiwanie się potencjałem elektrochemicznym, kwasowością, aktywnościami jonów (stężeniami) może być bardzo pomocnym narzędziem interpretacji obserwowanych zjawisk i może pomóc w optymalizowaniu procesu badawczego.

Co oznacza „(fot. W. Mizera)” (s.52), bo jeśli fotografię to żadna nie jest tam załączona.

Kolejna duża część pracy to rozdział 3.5 („Proponowane własne ekologiczno-techniczne rozwiązanie zagospodarowania (rekultywacji) składowisk odpadów flotacyjnych”), w którym Autor przedstawił założenia niezbędne dla stworzenia bezglebowej metody rekultywacji zbiorników odpadów flotacyjnych. Wśród najważniejszych znalazły się :

- poprawa warunków powietrzno-wodnych odpadów flotacyjnych poprzez wzbogacenie podłoża innymi materiałami ulepszającymi strukturę odpadów,
- minimalizacja wpływu chemicznego podłoża (metali ciężkich) lub taka jego modyfikacja, aby zapewnić możliwość funkcjonowania procesów glebotwórczych (w tym obiegu materii) i w następstwie, wytworzenie podłoża, na którym możliwy będzie trwały wzrost roślinności,
- inicjowanie rozwoju ściółki zamieszkiwanej przez mikroflorę, grzyby i inne drobne organizmy saprofityczne (aktywność drobnoustrojów w strefie korzeniowej ,wzrost ilości bakterii i grzybów symbiotycznych) ,
- operowanie odczynem podłoża,
- okresowe dostarczanie mikro- (Fe, Zn) i makroelementów (N, P) poprzez nawożenia lub użycie odpadów zawierających takie pierwiastki .

W tym miejscu trzeba napomknąć o tym, że wraz z rosnącą masą substancji organicznej oraz zwiększającą się ilością mikroorganizmów, należy liczyć się z uruchomieniem większej ilości pierwiastków metalicznych z odpadów. Procesy enzymatyczne związane są z wytwarzaniem ligandów chemicznych, które poprzez kompleksowe związki metaloorganiczne (np. chelatowe) mogą mobilizować metale oraz zmieniać ich toksyczne działanie.

Autor opracowania, zgodnie z zasadami sztuki, przedstawia zarys części technicznej i biologicznej rekultywacji oraz zabiegów przygotowujących podłoże. Te ostatnie mają być wykonane z użyciem odpadów z przemysłu mineralnego (odpady żwiru i skał, odpadowe piaski i iły, gleba i ziemia), kierując się ich dostępnością, krótkim ich transportem oraz opłacalnością ekonomiczną. Do tej grupy odpadów Doktorant zaliczył:

1. Nadkład i odpady piasku z nieczynnej kopalni piasku „Jurków” w Iwinach;
2. Skałę płoną z drążenia szybu KI/KII w Iwinach;
3. Nadkład z Kopalni Wapienia „Podgrodzie” w Raciborowicach;
4. Fosfogips z nieczynnych Zakładów Chemicznych „Wizów” S.A. z m. Łąka

oraz przedstawił ich charakterystykę w tab. 3.5. Analizując zawartość tej tabeli, uwagę moją przykuła niska wartość pH (4,3) odczynu wodnego nadkładu nad wapieniami i marglami kopalni „Podgrodzie”.

Zastanawia mnie także dostępność takich materiałów dla prac rekultywacyjnych. O ile odpady z Iwin (pozycje 1 i 2) są chyba łatwo osiągalne o tyle pozycje 3 i 4 nie są powiązane z KGHM i trudniejsze do zdobycia.

Zwłaszcza dostępność fosfogipsów z Wizowa może być pod znakiem zapytania. Materiał ten zawiera nawet do ok. 0.7 % pierwiastków ziem rzadkich z grupy cerowej oraz, niestety, także pewną ilość Th. Ten skład fosfogipsów powoduje, że, z jednej strony, mogą być one interesującym substratem dla hydrometalurgicznej technologii odzysku lantanowców (zwłaszcza gdyby udało się wykorzystać resztę po odzysku ziem rzadkich do produkcji materiałów budowlanych), z drugiej zaś, ze względu na ponadnormatywną promieniotwórczość, ich zastosowanie jest znacząco ograniczone. *Suma summarum* jest zainteresowanie tym odpadem i należy liczyć się z tym, iż nie będzie on tak łatwo dostępny.

Lokalizacja poletek doświadczalnych w zbiorniku „Wartowice” nr 3 wydaje się optymalna.

Na str. 57 zamieszczona jest informacja o „małej koncentracji przyswajalnych form metali ciężkich”. Przyjmuję ją jako intuicyjne przypuszczenie Autora, ponieważ do tego stwierdzenia nie dołączona jest żadna analiza specyacyjna, która by je uwiarygodniała.

Na tej samej stronie mowa jest także o „dużej zawartości miedzi i ołowiu rozpuszczalnego”. Chciałbym wiedzieć w jakiej formie występują te metale, zwłaszcza ołów, aby uzasadnić wspomnianą rozpuszczalność. Nawiasem mówiąc, również i tu bardzo pomocne byłyby diagramy E – pH.

Pan mgr Mizera założył 20 mikropoletek o powierzchni 4 m<sup>2</sup> każde, oddzielonych pasami gruntu wyłączanego z siewu. Na wierzchnią warstwę odpadów, wprowadził dodatek wybranych odpadów mineralnych w dwóch wariantach ilościowych – w dawce pojedynczej (10 kg każdy) i podwójnej (20 kg każdy). Do badań, z racji właściwości fizyko-chemicznych oraz ukierunkowania na maksymalne wykorzystanie odpadów w metodzie, użyto dwóch rodzajów mieszanek głównych:

- piasek, fosfogips, nadkład, odpadowe: FeSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub>
- piasek, fosfogips, nadkład, odpadowe: FeSO<sub>4</sub>, ZnSO<sub>4</sub>, skała płonna

Testy z dodatkiem skały płonnej wydzielono, ze względu na dużą zawartość metali w jej składzie. W założeniach miało to umożliwić obserwację wpływu dodatku na wzrost i skład chemiczny roślin.

Do kontroli pozostawiono próbę „0” – pozbawioną dodatków.

Następnie odpady mineralne wymieszano z wierzchnią (10 centymetrową) warstwą podłoża (odpad flotacyjny) a następnie taką powierzchnię zasilano podstawowymi składnikami pokarmowymi (N, P, K, Mg).

Roślinność testowano w czterech powtórzeniach, wg określonego schematu.. Do badań wytypowano rośliny jednoroczne motylkowe oraz trawy kępkowe, odporne na trudne warunki siedliskowe (lucerna siewna, koniczyna czerwona, koniczyna biała, trawy oraz mieszaninę wszystkich roślin), mając na uwadze duże przyrosty masy, rozbudowane systemy korzeniowe, sprzyjające zatrzymywaniu wody i poprawie warunków powietrznych podłoża.

Powyższe prace są metodycznie poprawne i stwarzają duże prawdopodobieństwo osiągnięcia rezultatów i wyciągnięcia konstruktywnych wniosków.

Doktorant zaproponował, dla faz siewnej i powykonawczej, przewidziane zabiegi agrotechniczne, sposób i rodzaj nawożenia a także wysiew traw i ich mieszanek w technologii hydroobsiewu. Zarówno sposób postępowania jak i użyty sprzęt nie budzą moich wątpliwości.

W ramach badań Pan mgr Mizera posługiwał się:

- oceną wizualną hodowanych roślin,
- analizą parametrów charakteryzujących wzrost roślin i rozwój procesów glebotwórczych podłoża,
- analizą statystyczną zebranych wyników i ich interpretacją.

Prace terenowe prowadzone były w latach 2013 – 2015 i mają swoje odbicie w dzienniku obserwacji i dokumentacji fotograficznej.

Pobór prób obejmował:

- podłoże (jednorazowo, celem oceny warunków żywieniowych podłoża),
- materiał roślinny (trzykrotnie, z uwzględnieniem utrudnień wynikających z warunków meteorologicznych).

Wg opinii Autora, „próby pobierano zgodnie z obowiązującymi metodykami”.

Badania Doktoranta skoncentrowane były na:

- poprawie właściwości fizycznych podłoża (zwłaszcza stosunków wodno-powietrznych odpadów, w tym pojemności wodnej podłoża),
- minimalizacji wpływu na testowane gatunki roślin takich zjawisk jak nasłonecznienie, przesuszanie, erozja wodna i eoliczna,
- lepszej dostępności dla roślin makro – i mikroelementów (właściwe nawożenie, zmniejszenie negatywnego oddziaływania na roślinność substancji fitotoksycznych podłoża),
- właściwym odczynie podłoża (ograniczenie wymywania metali ciężkich z odpadów),
- zwiększeniu liczebności pożądaných mikroorganizmów, biorących udział w procesach glebotwórczych oraz podwyższeniu aktywności metabolicznej tych organizmów,
- aspektach środowiskowych i ekonomicznych (wykorzystanie odpadów mineralnych w celu poprawy struktury podłoża ;redukcja kosztów operacyjnych).

Zasygnalizowane wyżej badania chemiczne i mikrobiologiczne mgr Mizera prowadził, korzystając z uznanych technik analitycznych i instrumentalnych stosowanych w naukach o ziemi, chemicznych, biologicznych, rolniczych i gruntoznawczych. Badania te wykonano w laboratoriach:



- Zakładu Biologii i Ekologii Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej
- Katedry Żywienia Roślin Wydziału Przyrodniczo-Technologicznego Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu.

W mojej ocenie zarówno zakres badań, jak i dobrane techniki badawcze, zastosowane do uzyskania wyników, a także wiarygodność laboratoriów, w których przeprowadzono te oznaczenia, nie budzą wątpliwości.

Zebrane wyniki oznaczeń pozwoliły Doktorantowi na przygotowanie serii wykresów, których analiza, wraz z terenowymi obserwacjami makroskopowymi, przyczyniły się do interpretacji zachowania się roślin na różnych podłożach oraz do opisu rozwoju procesów glebotwórczych.

Wyniki uzyskane w ramach badań laboratoryjnych, terenowych oraz z przeglądu literatury fachowej, pozwoliły Autorowi skonstruować macierz logiczną, którą zastosował do oceny zaproponowanej metody rekultywacji. Wspomniana macierz uwzględnia główne wymogi środowiskowe, ekonomiczne, planistyczne i prawne.

Opis obliczeń, prowadzących do wypełnienia wspomnianej macierzy liczbami, jest niejasny i wymaga bardziej klarownego przedstawienia. Poniżej zamieszczam drogę dochodzenia do zbiorczej oceny, tak jak ja to zrozumiałem.

Przygotowano zestaw kryteriów i subkryteriów, którym przypisano określone wagi (wyrażone pewną ilością punktów) przeliczone na wagę znormalizowaną (waga danego kryterium podzielona przez sumę wag wszystkich kryteriów), będącą oceną ważności danego kryterium. Stopień spełnienia kryterium zawiera się w zakresie od 0 do 1. Znormalizowaną wagę poszczególnych kryteriów mnoży się przez stopień spełnienia danego kryterium, w celu uzyskania oceny jednostkowej danego kryterium, Zbiorczą ocenę metody rekultywacji uzyskuje się poprzez zsumowanie jednostkowych ocen kryteriów i wymnożenie tej sumy przez 100%.

Doktorant założył, że efekty realizacji metody można uznać za opłacalne, jeżeli uzyska ona ocenę  $\geq 70\%$ . Obliczenia wykonane na bazie przedstawionej macierzy dają w rezultacie „zbiorczą ocenę” o wartości 78,2% co wskazywałoby na zasadność jej realizacji. W obliczeniach zamieszczonych w tab. 3.8, liczba będąca sumą stopni spełnienia kryteriów jest błędna (jest 9,1 winno być 10,35). Jeśli jest ona wyliczona to pewnie służy jakiemuś celowi. Chętnie dowiedziałbym się jakimu.

Kierując się konstatacją o prawdopodobieństwie sukcesu we wdrożeniu proponowanej metody rekultywacji, Pan mgr Mizera przedstawia jej schemat, uwzględniający:

- uprawę i nawożenie przedsięwzięte,
- wysiew traw i ich mieszanek,
- zakres i czasokres niezbędnych prac agrotechnicznych w fazie powykonawczej,
- terminy uprawowe,
- dobór maszyn i sprzętu,

po czym przechodzi do naświetlenia aspektów ekonomicznych tej metody (wariant 2) oraz do kosztowej analizy porównawczej z metodą „tradycyjną” (wariant 1). Porównanie to prowadzi Pana mgr Mizerę do konkluzji, iż proponowana przez Niego podejście jest bardziej uzasadnione.

O ile sama konstrukcja macierzy i sposób wypełnienia jej treścią są logiczne, o tyle prawidłowość wyciąganych wniosków zależy od wiarygodności poczynionych założeń. W mojej ocenie, przyjęte przez Autora dane wyjściowe są zbliżone do realnych.

Ocenianą pracę wieńczy 14 wniosków, (w tekście jest ich 13, ponieważ cyfra „4” została omyłkowo użyta dwa razy), które, moim zdaniem, są prawidłowe choć niektóre z nich inaczej bym sformułował.

W tekście jest kilka innych niejasności, które warto byłoby wytłumaczyć, np.: str. 54 „(N,P)33,mn”; str. 55 „scenariusz drugi (b) postępowania” (nigdzie wcześniej nie było o nim mowy); „zasada zrównoważoności” (zasada zrównoważonego rozwoju?); str.78 „mikoryza” – dotąd wiązałem ją z grzybami; str.95 „mulcz makulaturowy” we wnioskach, choć w całej pracy o nim nie wspomniano.

Praca napisana jest w miarę poprawnym językiem, chociaż Autor nie ustrzegł się błędów stylistycznych i tzw. „literówek”. Nie wszystkie symbole i skróty umieszczone w tekście oraz na wykresach zostały wystarczająco objaśnione. Doktorant ma tendencję do budowania długich zdań z wieloma zdaniami wtrąconymi. Taka maniera nie ułatwia czytania a czasami prowadzi do nienależytego pojmowania przekazywanych treści. Jeśli praca znajdzie, w przyszłości, swoje odbicie w materiałach publikowanych będzie wymagała wielu przeróbek redakcyjnych.

Przedłożona rozprawa łamie większość dotychczasowych poglądów związanych z rekultywacją terenów zdegradowanych odpadami flotacyjnymi przemysłu miedziowego. Praca proponuje **oryginalną** bezglebową metodę prowadzenia takich zabiegów naprawczych, w tym z hydroobsiewem, idącą ku zadarnianiu powierzchni składowisk zamiast zalesianiu ich. Wybór takiego podejścia poprzedzony jest analizą macierzy skomponowanej z uwzględnieniem wystarczającej ilości i jakości kryteriów. *Novum* jest także dobranie mieszanki

różnych odpadów, pochodzących z najbliższej okolicy, celem znaczącego zredukowania wpływu podłoża na tworzącą się z czasem warstwę glebową. **Indywidualną cechą tego opracowania** jest także dobór mieszanek roślin, poprawiających warunki wodno-powietrzne, dostępność odżywczych makroelementów oraz aktywność mikrobiologiczną, w tworzącej się glebie na tak nieprzyjaznym procesom glebotwórczym podłożu jak miedziowe odpady flotacyjne. Praca zawiera potencjalny wsad do ewentualnej oferty skierowanej do KGHM, której przyjęcie i realizacja mogłyby przyczynić się do pozytywnego i bardziej ekonomicznego rozwiązania problemu rekultywacji 25 km<sup>2</sup> zbiorników zdegradowanych odpadami flotacyjnymi, znajdujących się we władaniu spółki.

Biorąc powyższe pod uwagę, rzec można, iż **rozprawa stanowi oryginalne rozwiązanie zarówno problemu naukowego jak i aplikacyjnego.**

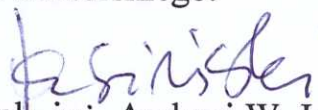
Praca jest opracowaniem interdyscyplinarnym o dużym ładunku utylitarnym. Dzieło to traktuje o problemach z wielu dyscyplin naukowych, lecz dedykowane jest głównie sprawom związanym z przemysłem wydobywczym, a w zasadzie temu co po eksploatacji górniczej i uzyskaniu koncentratów, pozostaje.

**Prezentowana rozprawa może być zaklasyfikowana jako opracowanie z zakresu specjalności „Sozologia Górnicza”, która z kolei jest elementem dyscypliny naukowej „Górnictwo i Geologia Inżynierska”.**

Wykonana przez Pana mgr Mizerę praca doktorska, obowiązki, które codziennie wykonuje w swoim miejscu pracy a także tematyka naukowo-badawcza jaką uprawia, pracując dla przemysłu górniczo-hutniczego, **dostatecznie świadczą o ogólnej wiedzy teoretycznej Doktoranta a także o jego umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w dyscyplinie „Górnictwo i Geologia Inżynierska”.**

Mimo wielu uwag, które zasygnalizowałem powyżej, przedstawioną do recenzji pracę uważam za wartościową i wnoszącą wkład w praktyczne pojmowanie sozologii górniczej oraz posiadającą znaczące aspekty utylitarne, które pozwolą na lepsze wykonywanie działań rekultywujących zdegradowane tereny i lepsze wykorzystanie odpadów przemysłowych, w tym wydobywczych.

Uważam, iż praca doktorska Pana mgr Mizery spełnia wymogi stawiane przepisami oraz wnoszę o dopuszczenie Doktoranta do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

  
Prof. dr hab. inż. Andrzej W. Jasiński

Warszawa, 19 marca 2017