

Dr hab. inż. Krzysztof Wodarski, prof. PŚ

Zabrze, 22.03.2025 r.

Wydział Organizacji i Zarządzania

Politechnika Śląska w Gliwicach

**Recenzja rozprawy doktorskiej
mgr inż. Aleksandra Frejowskiego,
nt.**

**"Metoda oceny możliwości wykorzystania infrastruktury oraz zasobów
kopalń węgla kamiennego po zakończeniu eksploatacji"**

1. Aktualność poruszanego problemu badawczego

Tematyka rozprawy doktorskiej jest niezwykle aktualna i ma duże znaczenie w kontekście zachodzących zmian klimatycznych, transformacji energetycznej oraz polityki dekarbonizacji Unii Europejskiej. W Polsce wciąż funkcjonują kopalnie węgla kamiennego, jednak ich zamykanie staje się nieuniknione w związku z realizacją celów Europejskiego Zielonego Ładu. Unia Europejska dąży bowiem do osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 roku. Stopniowe wygaszanie górnictwa i poszukiwanie nowych funkcji dla terenów pogórnich to jedno z kluczowych wyzwań dla polskiej gospodarki. W Polsce od wielu lat trwa proces wygaszania kopalń, a władze rządowe i samorządowe oraz sektor prywatny poszukują efektywnych sposobów zagospodarowania infrastruktury pokopalnianej. Ponowne wykorzystanie infrastruktury górniczej wpisuje się w model gospodarki cyrkularnej, zmniejszając negatywne skutki ekonomiczne i środowiskowe zamykania kopalń. Infrastruktura kopalń może być zaadaptowana do magazynowania energii, produkcji wodoru, geotermii czy budowy parków przemysłowych. Polska może czerpać doświadczenia z innych krajów europejskich. W krajach takich jak Wielka Brytania, Niemcy czy Francja przeprowadzono podobne procesy transformacyjne, co pozwala na analizę najlepszych praktyk.

Dlatego podjęty przez Autora temat nie tylko wpisuje się w globalne trendy, ale także dotyka problematyki lokalnych społeczności, które bez właściwej strategii mogą doświadczyć negatywnych skutków gospodarczych i społecznych likwidacji górnictwa.

2. Strona formalna pracy

Rozprawa została napisana zgodnie z akademickimi standardami, jest czytelna, przejrzysta i dobrze zorganizowana. Spis treści jest dobrze skonstruowany i pozwala na łatwą orientację w treści. Każdy rozdział rozpoczyna się klarownym wprowadzeniem do omawianego zagadnienia, a kończy podsumowaniem kluczowych wniosków. Praca zawiera liczne ilustracje, tabele i schematy, które pomagają zrozumieć przedstawiane treści.

Tekst jest poprawny językowo i terminologicznie. Autor posługuje się precyzyjnym językiem naukowym, unikając nieścisłości i nadmiernego subiektywizmu. Przejrzystość i spójność formalna to mocne strony rozprawy, ułatwiające czytelnikowi zrozumienie poruszanych zagadnień. Można jednak napotkać takie sformułowania jak „ilość zdarzeń”, zamiast „liczba zdarzeń”. Ale to niewielkie uchybienia językowe znalezione w pracy.

W spisie literaturowym znajduje się 241 pozycji literaturowych. Literatura została dobrze dobrana i uwzględnia zarówno aspekty historyczne, jak i najnowsze badania w zakresie transformacji energetycznej. We właściwy sposób praca odnosi się do licznych opracowań na temat zamykania kopalń i ich przekształceń, a także do aktów prawnych, dyrektyw unijnych oraz dokumentów dotyczących polityki energetycznej. Drobnym mankamentem jest, że w spisie literatury, akty prawne nie zostały osobno wymienione.

3. Omówienie treści rozdziałów pracy

Rozprawa składa się z 10 rozdziałów i wniosków. We wstępie Autor przedstawia genezę problemu, uzasadnia jego znaczenie i wskazuje zakres pracy.

W rozdziale 2. Autor wskazuje cele pracy. Celem naukowym jest opracowanie metody pozwalającej na ocenę możliwości wykorzystania infrastruktury i zasobów czynnych kopalń węgla kamiennego do celów gospodarczych po zakończeniu podziemnej eksploatacji. Natomiast celem utylitarnym określenie potencjału czynnych kopalń do ich funkcjonowania w innych działach gospodarki niż wydobywanie węgla po zakończeniu eksploatacji. Są to na przykład cele energetyczne, w tym produkcja i magazynowanie energii odnawialnej oparte na gospodarce obiegu zamkniętego z uwzględnieniem obowiązujących regulacji prawnych UE w tym zakresie. Autor w bardzo przyjazny dla czytelnika za pomocą rysunków przedstawił logikę pracy. Na rysunku 2.1 przedstawiono założenia pracy. Na rysunku 2.2 przedstawiono algorytm realizacji pracy, natomiast na rysunku 2.3 schemat uzyskanych celów oraz podjętych w tym zakresie działań. Należy jednak zauważyć, że „problem badawczy” przedstawiony na

rys. 2.1. stanowią w istocie pytania badawcze. Nie są to pojęcia tożsame. Problem badawczy bowiem to centralne zagadnienie, które praca doktorska ma na celu rozwiązać lub zbadać. Stanowi on rdzeń całego procesu badawczego, a jego odpowiednie sformułowanie jest kluczowe dla przeprowadzenia rzetelnych i wartościowych badań. Problem badawczy został sformułowany pod rys. 2.3. i „dotyczy ograniczenia skutków procesu likwidacji kopalń węgla kamiennego dla gospodarki i lokalnej społeczności Górnego Śląska”. Pytania badawcze na rys. 2.3. są bardziej konkretne i precyzyjne niż problem badawczy. Są to pytania, które Badacz postawił sobie w celu zbadania problemu badawczego.

Rozdział 3. dostarcza kontekstu historycznego i regulacyjnego dotyczącego zamykania kopalń oraz restrukturyzacji sektora węglowego w Polsce. Obejmuje szczegółowe omówienie procesu transformacji górnictwa węgla kamiennego w Polsce, uwzględniając zmiany prawne, organizacyjne oraz gospodarcze, które miały miejsce w sektorze węglowym na przestrzeni ostatnich dekad. Podrozdział 3.1. opisuje wpływ zmian gospodarczych i politycznych na sektor węglowy w Polsce, począwszy od lat 90. XX wieku. Autor koncentruje się na najważniejszych ustawach i programach restrukturyzacyjnych wdrażanych w polskim górnictwie. Omawia wpływ tych regulacji na proces zamykania kopalń oraz podejmuje próbę oceny ich skuteczności. Podkreśla także (i słusznie), że choć restrukturyzacja zmniejszyła liczbę kopalń, to często brakowało długofalowej wizji zagospodarowania ich infrastruktury po zamknięciu. Podrozdział 3.2. z kolei przedstawia dane statystyczne dotyczące zamykania kopalń w Polsce oraz analizuje wybrane przypadki likwidacji kopalń i ich dalsze wykorzystanie. Autor zauważa, że proces zamykania kopalń w Polsce w wielu przypadkach nie był skoordynowany z planem transformacji gospodarczej regionów górniczych co doprowadziło do społecznych i gospodarczych problemów. Autor koncentruje się na aspektach prawnych i technicznych, ale stosunkowo mało miejsca poświęca społeczno-ekonomicznym konsekwencjom zamykania kopalń, np. skutkom dla lokalnego rynku pracy, migracji ludności czy problemom społecznym (bezrobocie, marginalizacja regionów). Choć w pracy wymieniono mechanizmy osłonowe (np. programy osłonowe dla górników, fundusze unijne), brakuje szczegółowej oceny ich skuteczności oraz przykładów ich wdrożenia w praktyce. Szkoda, bo Główny Instytut Górnictwa był tym ośrodkiem naukowym, który prowadził bardzo wiele projektów badawczych poruszających ten problem. Warto również wskazać, że przedstawione przykłady (np. muzeum w Wałbrzychu, centrum handlowe w Katowicach) są interesujące, ale nie podjęto analizy ekonomicznej opłacalności tych przedsięwzięć i ich wpływu na lokalną gospodarkę.

Warto było również wspomnieć o innych projektach zagospodarowania terenów pogórnich, jak np. projekt Nowe Gliwice, czy Kopalnia Zabytkowa Guido w Zabrzu.

Reasumując, rozdział 3. stanowi solidną i szczegółową analizę procesu transformacji górnictwa w Polsce, szczególnie pod kątem regulacji prawnych oraz statystyk dotyczących zamykania kopalń. Mimo powyższych uwag, rozdział 3 stanowi mocny fundament teoretyczny dla dalszych badań nad możliwościami zagospodarowania infrastruktury pogórnich, szczególnie pod kątem wyzwań energetycznych.

Rozdział 4. przedstawia analizę transformacji sektora górnictwa w krajach Europy Zachodniej. Obejmuje on studia przypadków likwidacji kopalń w: Wielkiej Brytanii, Francji i Belgii, Niemczech i Hiszpanii. Celem rozdziału było ukazanie, jak różne kraje europejskie radziły sobie z zamykaniem kopalń węgla kamiennego i jak adaptowały pokopalnianą infrastrukturę do nowych zastosowań. Rozdział dobrze wpisuje się w kontekst Europejskiego Zielonego Ładu i strategii sprawiedliwej transformacji. W rozdziale zawarto interesujące przykłady technologii adaptujących kopalnie do nowych funkcji. Ponadto Autor zestawia różne podejścia krajowe, co pozwala wyciągnąć wnioski dotyczące najbardziej efektywnych strategii. Chociaż rozdział koncentruje się na doświadczeniach europejskich, brakuje odniesienia do analizy kosztów wdrożenia różnych modeli oraz ich efektywności ekonomicznej. Autor wskazuje potencjalne technologie, ale nie analizuje szczegółowo przeszkód w ich wdrożeniu (np. koszty, brak regulacji prawnych, bariery infrastrukturalne). Mógłby również dodać więcej informacji na temat źródeł finansowania adaptacji infrastruktury kopalnianej. Rozdział 4. jest wartościowym elementem pracy doktorskiej, ponieważ dostarcza obszernej analizy doświadczeń europejskich w zakresie zamykania kopalń i adaptacji ich infrastruktury. Mimo powyższych uwag, rozdział 4. stanowi podstawę dla dalszych badań nad zagospodarowaniem terenów pogórnich.

Kolejny rozdział 5. pracy doktorskiej przedstawia zastosowane w rozprawie metody badawcze oraz analityczne. Celem tej części jest określenie podejścia metodycznego do oceny potencjalnych scenariuszy zagospodarowania zamykanych kopalń węgla kamiennego w Polsce. Rozdział 5. składa się z kilku podrozdziałów, z których każdy przedstawia wykorzystaną metodę badawczą i analityczną: badania eksperckie metodą Delphi, analizę strukturalną, analizę morfologiczną, analizę wielokryterialną. Ponadto przedstawiono wybór modelu biznesowego oraz wskaźnikową analizę wybranego modelu biznesowego. Każdy z tych podrozdziałów szczegółowo opisuje zastosowaną metodologię, wyjaśniając zarówno sposób gromadzenia danych, jak i sposób ich analizy oraz interpretacji wyników.

Rozdział 5. stanowi solidne zaplecze metodyczne dla przeprowadzonych badań i analiz. Autor stosuje zaawansowane metody badawcze, które pozwalają na obiektywną ocenę możliwych scenariuszy zagospodarowania terenów pokopalnianych. Warto jednak podkreślić, że każda metoda badawcza ma swoje wady i ograniczenia, jednak autor nie poświęca temu tematowi miejsca w rozdziale 5. Wydaje się, że przydatne byłoby wskazanie potencjalnych słabych stron.

Rozdział 6. przedstawia potencjalne kierunki zagospodarowania infrastruktury kopalń po zakończeniu eksploatacji. Rozdział ten składa się z kilku kluczowych sekcji (podrozdziałów), a mianowicie: określenie kryteriów kluczowych dla opracowania scenariuszy wykorzystania infrastruktury kopalń, analizę morfologiczną scenariuszy zagospodarowania kopalń, przegląd wybranych modeli biznesowych oraz ocenę modeli biznesowych pod kątem ich zgodności z polityką klimatyczną UE. Celem tej części pracy było opracowanie modeli biznesowych, które pozwolą na efektywne wykorzystanie potencjału zamykanych kopalń węgla kamiennego, minimalizując jednocześnie skutki ekonomiczne, społeczne i środowiskowe tego procesu.

Z uwagi na kluczowy charakter tego rozdziału, wymaga on szerszego omówienia. Na podstawie przeprowadzonych obszernych badań metodą ekspercką, określono 10 kryteriów kluczowych dla opracowania scenariuszy wykorzystania infrastruktury kopalń. Wyniki analizy strukturalnej wskazują, że wyłonione kryteria mają decydujące znaczenie dla planowania przyszłego wykorzystania kopalń węgla kamiennego. Podział na trzy grupy: część podziemną, powierzchniową oraz otoczenie kopalni, pozwala na kompleksowe uwzględnienie różnych aspektów funkcjonowania tych obiektów. Kryteria te obejmują zarówno uwarunkowania techniczne, jak i czynniki ekonomiczne i społeczne, m.in.: dostępność zasobów geotermalnych, możliwość składowania energii, infrastruktura powierzchniowa i podziemna, a także wpływ na środowisko i społeczności lokalne. W tym wypadku Autor zastosował analizę wpływów bezpośrednich i pośrednich, opracowując macierz zależności między kryteriami. Następnie wykorzystał technikę analizy morfologicznej do zbudowania scenariuszy transformacji terenów pokopalnianych. Przedstawione zostały potencjalne kierunki zagospodarowania tych terenów, m.in.: ekoparki przemysłowe, czyli przestrzenie dla przedsiębiorstw związanych z zieloną gospodarką, magazynowanie energii oznaczające instalacje bazujące na OZE i technologiach magazynowania, podziemne elektrownie szczytowo-pompowe, produkcja wodoru z wykorzystaniem istniejącej infrastruktury, a także centra danych i infrastruktura IT - oznaczające adaptację kopalń na potrzeby przetwarzania danych.

W tym etapie badań, z wykorzystaniem metody eksperckiej i spotkań burzy mózgów (nota bene ta metoda heurystyczna nie została wskazana w rozdziale 5.), dokonano podziału scenariuszy na dwie grupy: akcje i mikroakcje, co wynikało z różnego poziomu zaawansowania i/lub możliwości implementacji wybranych technologii/scenariuszy. Dla oceny scenariuszy (akcji oraz mikroakcji) zdecydowano się na przeprowadzenie badań z zastosowaniem dwóch uzupełniających się metod – metody morfologicznej (opracowanie i ocena scenariuszy) i metody wielokryterialnej (wybór scenariuszy). Na podstawie wyników analizy morfologicznej określono główne modele biznesowe, takie jak: ekopark przemysłowy połączony z wirtualną elektrownią, magazynowanie energii (sole stopione, akumulatory), a także wykorzystanie wodoru jako podstawowego źródła energii dla regionu. Każdy z tych modeli oceniono pod względem, technologicznej wykonalności i zgodności z polityką UE. Wykorzystano tutaj wskaźniki gotowości technologicznej (TRL), aby ocenić poziom dojrzałości analizowanych modeli. Przeanalizowano możliwość finansowania poszczególnych modeli biznesowych w ramach Europejskiego Zielonego Ładu i funduszy unijnych, a także podkreślono konieczność integracji infrastruktury pokopalnianej z lokalną strategią rozwoju energetyki odnawialnej.

Rozdział 6. stanowi jedną z najmocniejszych części rozprawy, ponieważ przedstawia praktyczne modele biznesowe dla zagospodarowania zamykanych kopalń. Autor wykorzystuje kilka narzędzi analitycznych, w tym analizę morfologiczną i metodę Delphi. Zaprezentowane modele biznesowe są spójne z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu, a opracowanie macierzy zależności pozwala lepiej zrozumieć wpływ różnych czynników na proces transformacji. Przedstawiono różne ścieżki adaptacji infrastruktury kopalń, co zwiększa użyteczność praktyczną pracy. Jednak modele biznesowe są oceniane pod kątem technologii i zgodności z polityką UE, ale brakuje szczegółowej analizy kosztów wdrożenia. Warto byłoby oszacować potencjalne koszty inwestycyjne i czas zwrotu dla poszczególnych scenariuszy. W tej części pracy wspomniano o konieczności zgodności z regulacjami prawnymi, ale nie przeprowadzono szczegółowej analizy barier administracyjnych. Można by przeanalizować, jakie przepisy mogą utrudnić wdrożenie poszczególnych scenariuszy. Należy również wskazać, że transformacja kopalń wiąże się z koniecznością przekwalifikowania pracowników sektora górniczego, ale temat ten został potraktowany pobieżnie. Interesujące byłoby dodać analizę wpływu poszczególnych modeli biznesowych na zatrudnienie i rynek pracy. Mimo tych uwag, rozdział 6 dostarcza cennych wniosków dla decydentów i inwestorów zainteresowanych transformacją terenów pogórnich.

Rozdział 7. koncentruje się na finalnej selekcji najbardziej perspektywicznych modeli biznesowych dla zagospodarowania zamykanych kopalń. Jego celem jest przeprowadzenie analizy porównawczej oraz wskazanie najbardziej obiecujących rozwiązań zgodnych z polityką klimatyczną Unii Europejskiej i zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym. Rozdział ten jest kluczowym punktem rozprawy, ponieważ zawiera konkretną analizę porównawczą i uzasadnienie wyboru optymalnych modeli biznesowych. Rozdział ten porusza następujące problemy: poziom gotowości technologicznej (TRL) dla wybranych modeli biznesowych, ocenę kluczowych kryteriów technicznych, zgodność z taksonomią UE, synergię środowiskowa kopalni, integracja sektorów i gospodarka o obiegu zamkniętym, a finalnie ocenę i uzasadnienie wyboru modelu biznesowego.

Autor wykorzystał system TRL (Technology Readiness Level), do określenia dojrzałości technologicznej różnych modeli biznesowych. Wskaźnik ten oznacza, że modele o wysokim TRL są gotowe do wdrożenia, natomiast te o niższym TRL wymagają dalszych badań i rozwoju. W szczególności przeanalizowano: ekoparki przemysłowe cechujące się wysoką gotowością technologiczną (TRL 8-9), produkcja wodoru i magazynowanie energii w solach stopionych, o średniej gotowości (TRL 6-7) oraz małe reaktory jądrowe, o niskiej gotowości (TRL 3-4). Każdy model biznesowy został oceniony według kluczowych kryteriów technicznych, takich jak efektywność wykorzystania infrastruktury kopalń, potencjalny wpływ na środowisko oraz możliwość skalowalności. Kryteria te były wcześniej określone w ramach analizy strukturalnej i morfologicznej (rozdziały 5 i 6). Modele biznesowe zostały ocenione pod kątem zgodności z taksonomią UE, która określa zasady klasyfikacji zrównoważonych inwestycji. Największą zgodność wykazano dla ekoparków przemysłowych i magazynowania energii. Projekty związane z produkcją wodoru i magazynowaniem energii w solach stopionych spełniają większość wymogów taksonomii, ale wymagają dalszej certyfikacji. Autor ocenił potencjał synergii modeli biznesowych z istniejącą infrastrukturą kopalnianą. Okazało się, że największy potencjał synergii wykazano dla ekoparków przemysłowych i wirtualnych elektrowni, które mogą integrować różne źródła OZE i wykorzystać istniejące zasoby. Natomiast najmniejszy poziom synergii stwierdzono w przypadku małych reaktorów jądrowych, które wymagałyby budowy zupełnie nowej infrastruktury. Następnie analizowane modele oceniono pod kątem możliwości współpracy z innymi sektorami, w tym przemysłem energetycznym, technologicznym i transportowym. Największy potencjał integracyjny wykazały modele produkcji wodoru i ekoparków przemysłowych, które mogą współpracować z przemysłem chemicznym i transportem. W końcowej analizie porównawczej najwyższe

oceny uzyskały: ekoparki przemysłowe, ze względu na dużą synergię, wysoką gotowość technologiczną i zgodność z polityką UE, następnie wirtualna elektrownia połączona z magazynowaniem energii, jako stabilne źródło energii odnawialnej, a także produkcja wodoru, jako obiecująca technologia, ale wymagająca dalszych badań i wsparcia finansowego.

Podobnie jak w poprzednich rozdziałach Autor analizuje gotowość technologiczną i zgodność z polityką UE, ale brakuje dokładnych danych finansowych dotyczących inwestycji i potencjalnych zwrotów. Warto byłoby przedstawić szacunkowe koszty wdrożenia poszczególnych modeli oraz potencjalne źródła finansowania. Ponadto nie przeprowadzono szczegółowej analizy bariery prawnych i regulacyjnych, które mogą utrudniać realizację wybranych modeli biznesowych. Praca skupia się na aspektach technologicznych i gospodarczych, ale brakuje głębszej analizy społecznych skutków wdrażania wybranych modeli, np. zatrudnienia i konieczności przekwalifikowania pracowników.

Rozdział 8. koncentruje się na ilościowej ocenie wybranego modelu biznesowego pod kątem jego efektywności ekonomicznej, technologicznej oraz wpływu na środowisko. Celem tej części pracy było przedstawienie mierzalnych efektów wdrożenia modelu biznesowego oraz jego wpływu na otoczenie ekonomiczne i środowiskowe. Zastosowano zestaw wskaźników zgodnych z wytycznymi Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego i Funduszu Spójności. Oceniane aspekty obejmują: wskaźniki technologiczne, czyli stopień gotowości technologicznej (TRL), wskaźniki środowiskowe, takie jak emisja CO₂, czy ograniczenie zużycia surowców, a także wskaźniki ekonomiczne, oznaczające potencjalne oszczędności i przychody.

Ocena środowiskowa uwzględnia analizę cyklu życia (LCA) i wpływ na ekosystem lokalny. Wprowadzono ocenę potencjalnych redukcji emisji gazów cieplarnianych i zużycia zasobów naturalnych. Wyniki sugerują, że przekształcenie kopalń w ekoparki przemysłowe może istotnie ograniczyć emisję CO₂ oraz zwiększyć efektywność gospodarowania zasobami. Z kolei przeprowadzona analiza potencjalnych przychodów i oszczędności wynikających z wdrożenia modelu ekoparku przemysłowego wskazuje, że w analizie należy uwzględnić wpływ na rozwój regionalny oraz potencjalne efekty mnożnikowe. W rozdziale 8. dokonano analizy stopienia niezależności energetycznej regionów przy wdrożeniu modelu ekoparków. Wprowadzono wskaźniki oceniające stabilność dostaw energii i potencjalne ryzyko związane z nowymi technologiami. Z prac analitycznych wynika, że modele oparte na OZE i magazynowaniu energii mogą zmniejszyć zależność regionu od importowanych paliw

kopalnych. Model biznesowy oceniono również pod kątem jego potencjału do wspierania gospodarki o obiegu zamkniętym. Wskaźniki obejmują: efektywność wykorzystania zasobów (np. recykling materiałów), możliwość synergii z innymi gałęziami przemysłu oraz redukcję ilości odpadów poprodukcyjnych.

Silną stroną rozdziału 8. Jest kompleksowa analiza wskaźnikowa, przy zastosowaniu wielu różnych mierników umożliwia szeroką ocenę modelu biznesowego. Ponadto analiza wskaźników jest zgodna z wytycznymi funduszy UE, co zwiększa praktyczne zastosowanie wyników badań oraz uwzględnia kluczowy aspekt niezależności energetycznej, co jest istotne w kontekście transformacji energetycznej. Ważne jest również, że Autora charakteryzuje podejście interdyscyplinarne, czyli łączy elementy ekonomiczne, technologiczne i środowiskowe, co zwiększa wartość naukową rozdziału. Jednak analiza ekonomiczna koncentruje się na wskaźnikach ogólnych, ale nie zawiera szczegółowego kosztorysu wdrożenia różnych wariantów modelu biznesowego. Warto byłoby dodać oszacowanie kosztów początkowych oraz prognozowany czas zwrotu inwestycji. Ponadto praca nie uwzględnia dokładnej analizy ryzyka ekonomicznego, np. potencjalnych przeszkód prawnych i administracyjnych, które mogą utrudnić wdrożenie modelu.

Rozdział 8. stanowi kluczową część rozprawy, ponieważ dostarcza wskaźnikowej oceny wybranego modelu biznesowego. Analiza opiera się na mierzalnych kryteriach, co pozwala na lepsze zrozumienie potencjalnych korzyści i wyzwań związanych z wdrożeniem modelu.

Przedstawione w rozdziałach 6, 7 i 8 badania i analizy dotyczące wykorzystania potencjału likwidowanych kopalń wskazały kierunki ich rozwoju. W rozdziale 9. przedstawiono prognozę żywotności kopalni, w których będzie możliwe wdrożenie opracowanych modeli biznesowych. Przeprowadzone analizy pozwolą również na ogólną ocenę potencjału wydobywczego dla produkcji węgla kamiennego dla potrzeb energetyki. Wydaje się, że analiza przeprowadzona w rozdziale 9. uzupełnia wcześniej prowadzone badania. Jej przeprowadzenie wynika z faktu, że opublikowane wcześniejsze prognozy eksploatacji węgla kamiennego różnią się znacznie, a różnice te wynikają ze sposobu podejścia do określania żywotności kopalń, przez między innymi wykonanie prognozy dla wybranej kategorii rozpoznania zasobów z uwzględnieniem średniego wydobycia lub uwzględnieniem zasobów nieudostępniionych czy znajdujących się w polach rezerwowych. Zaproponowana przez Autora dysertacji prognoza żywotności kopalń węgla kamiennego, oprócz aspektów związanych ze złożem uwzględnia również bezpieczeństwo prowadzenia eksploatacji związanej z jej skrzepowaniem z powodu dużych głębokości oraz występowania zagrożeń naturalnych. Autor założył, że analizuje sytuację

bieżącą kopalń, bez uwzględniania udostępniania nowych zasobów przez rozcinanie pól rezerwowych, głębienie lub budowę nowych szybów, czy budowę nowych poziomów wydobywczych. Dlatego do analiz kopalń opracowano kryteria związane z założonymi aspektami oceny, które podzielono na dwie grupy: 1) kryteria związane ze skrzepowaniem eksploatacji; 2) Kryteria związane z jakością zasobów i poziomem skomplikowania dostępu do nich. W procesie wyboru kryteriów przeprowadzono dwie rundy badania Delphi. W pierwszej rundzie, po analizie literatury i wstępnym zdefiniowaniu potencjalnych kryteriów, eksperci – zarówno praktycy, jak i naukowcy – ocenili zaproponowane kryteria oraz zgłosili dodatkowe sugestie, uwzględniając swoje doświadczenia i wiedzę. Po analizie ich odpowiedzi wyniki zostały zsyntetyzowane, a lista kryteriów została uzupełniona i skorygowana. W drugiej rundzie eksperci ponownie przeanalizowali zmodyfikowaną listę, co pozwoliło na osiągnięcie konsensusu dotyczącego finalnego zestawu kluczowych kryteriów. Dzięki temu procesowi udało się wypracować kryteria, które były zarówno merytorycznie uzasadnione, jak i praktyczne w zastosowaniu.

Prognozowanie żywotności kopalń przeprowadzono dla wytypowanych 16 kopalń węgla kamiennego zlokalizowanych na obszarze GZW. Kopalnie wybrano, biorąc pod uwagę takie czynniki jak: w kopalni eksploatuje się węgiel energetyczny, nie uwzględniono kopalni prywatnych, w kopalniach wieloruchowych rozpatrywano osobno każdy z ruchów wydobywczych. Przedstawiona wynikowa prognoza żywotności 16 kopalń pokazuje, że istnieje potencjał podjęcia działań dla wykorzystania infrastruktury kopalń dla innych celów gospodarczych. W kopalniach o potencjalnie długim okresie prowadzenia eksploatacji, z uwagi na wielkość zasobów, występują trudne warunki związane z zagrożeniami naturalnymi. Wysokie skrzepowanie eksploatacji w tych kopalniach będzie znacząco ograniczać możliwość długoletniej eksploatacji. Z drugiej strony kopalnie, w których zagrożenia naturalne nie powodują znaczącego skrzepowania eksploatacji, nie posiadają udostępnionych zasobów w ilości pozwalającej na projektowanie perspektywicznej, długoletniej eksploatacji, bez konieczności znacznych inwestycji finansowych.

Pracę doktorską kończy podsumowanie badań i wnioski końcowe.

4. Uwagi do pracy

Po lekturze pracy doktorskiej, można stwierdzić, że Autor we właściwy sposób dobrał metodykę badań. Praca pokazuje interdyscyplinarne podejście do opracowania metody oceny możliwości wykorzystania infrastruktury oraz zasobów kopalń węgla kamiennego po

zakończeniu eksploatacji, łącząc technologię, ekonomię, ekologię i problemy społeczne. Silną stroną pracy jest podbudowa części empirycznej analizą wykorzystania infrastruktury kopalń w wybranych krajach UE. Podczas lektury pracy nasunęły mi się pewne uwagi o charakterze ogólnym, często dyskusyjnym.

1. Podstawowym problemem, na który należy zwrócić uwagę, jest brak weryfikacji metody oceny możliwości wykorzystania infrastruktury oraz zasobów kopalń węgla kamiennego, które w możliwie najbliższym czasie będą kończyły eksploatację złóż. Brak tej części pracy powoduje, że rozważania i prowadzone badania przez Autora są skierowane na opracowanie samej metody określenia potencjału czynnych kopalń do ich funkcjonowania w innych działach gospodarki niż wydobywanie węgla po zakończeniu eksploatacji. Czy Doktorant planuje wykorzystać opracowaną przez siebie metodę w praktyce? Czy już podjęto próbę przeprowadzenia weryfikacji metody w warunkach rzeczywistych?
2. Należy stwierdzić, że w Polsce istnieje więcej przykładów wykorzystania infrastruktury oraz zasobów po zlikwidowanych kopalniach węgla kamiennego, aniżeli wskazał Autor. Analiza tych przykładów (np. Nowe Gliwice, Kopalnia zabytkowa Guido) na pewno wzbogaciłaby materiał faktograficzny w pracy oraz pozwoliłaby na zobrazowanie istniejących dobrych i złych praktyk.
3. W pracy zabrakło rozważań dotyczących efektywności ekonomicznej projektów zagospodarowania terenów pokopalnianych. Czy Doktorant prowadził takie badania? Jeżeli tak, to proszę o przedstawienie tych rozważań w trakcie publicznej obrony. Brak jest również pogłębionej analizy finansowania transformacji. Tutaj warto byłoby również szczegółowo omówić źródła finansowania takich projektów (np. fundusze UE, partnerstwa publiczno-prywatne).
4. W pracy mało miejsca poświęcono analizie skutków społecznych zagospodarowania infrastruktury i zasobów likwidowanych kopalń. Autor porusza temat, ale można by pogłębić analizę wpływu transformacji na zatrudnienie i rozwój regionalny.
5. Brak w pracy pogłębionej szczegółowej analizy uwarunkowań prawnych związanych z wykorzystaniem infrastruktury oraz zasobów likwidowanych kopalń węgla kamiennego. Ten aspekt bardzo wpływa na możliwości prowadzenia stosownych projektów.
6. W ramach pytań szczegółowych, chciałbym zapytać o reprezentatywność próby badawczej w badaniach w wykorzystaniem metody Delphi.

5. Podsumowanie

Rozprawa mgr inż. Aleksandra Frejowskiego jest kompleksowym i wartościowym opracowaniem dotyczącym zagospodarowania infrastruktury pokopalnianej. Autor wykazuje się szeroką wiedzą, stosuje zaawansowane metody analityczne i przedstawia realistyczne scenariusze transformacji. Do najważniejszych zalet pracy można zaliczyć:

- interdyscyplinarne podejście (techniczne, ekonomiczne, środowiskowe),
- rzetelna analiza doświadczeń międzynarodowych,
- stosowanie zaawansowanych metod badawczych,
- praktyczne rekomendacje dla polityki energetycznej.

Oryginalność opracowanej metody, stanowi to, że przedstawia spójną teoretycznie, metodę oceny możliwości wykorzystania infrastruktury oraz zasobów kopalń węgla kamiennego po zakończeniu eksploatacji. Oprócz charakterystycznego dla prac badawczych omówienia zagadnień będących przedmiotem dociekań naukowych, praca zawiera wyniki własnych badań, które czynią pracę użyteczną w zakresie doskonalenia dotychczasowej praktyki zagospodarowania terenów po zlikwidowanych kopalniach.

Praca może być użyteczna zarówno dla naukowców, jak i dla decydentów politycznych oraz przedsiębiorców poszukujących sposobów na zagospodarowanie terenów pogórnich. Praca powinna zostać opublikowana w formie monografii naukowej. Gorąco zachęcam do tego Autora. Warto jednak kontynuować badania nad praktycznymi aspektami wdrażania zaproponowanych modeli biznesowych. W szczególności należy dążyć do zweryfikowania opracowanej metody na wybranych przykładach kopalń. Praca stanowi oryginalne i ważne osiągnięcie naukowe mgr inż. Aleksandra Frejowskiego.

Na podstawie przeprowadzonych wstępnych badań, Doktorant samodzielnie sformułował problem naukowy oraz wyznaczył cel badawczy i cel użytkowy. Dla osiągnięcia celu pracy oraz rozwiązania problemu badawczego, opracował model badawczy, dobrał metody badawcze oraz przeprowadził cały proces badawczy. Na podstawie osiągniętych wyników badań Doktorant sformułował poprawnie wnioski, które odnoszą się zarówno do części badawczej pracy jak i pozwalają na zastosowanie wyników pracy w praktyce. W rozwiązaniu problemu badawczego Doktorant wykazał się odpowiednią wiedzą w dyscyplinie naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka.

Recenzowana praca doktorska spełnia wymagania pracy naukowej. Ma wyważoną objętość, właściwy i logiczny układ oraz poprawnie dobrany materiał ilustracyjny i bibliograficzny. Uwagi recenzenta, które dotyczą sfery redakcyjnej pracy, nie umniejszają jej wartości naukowej.

W podsumowaniu stwierdzam, że recenzowana praca doktorska mgr inż. Aleksandra Frejowskiego nt.: „Metoda oceny możliwości wykorzystania infrastruktury oraz zasobów kopalń węgla kamiennego po zakończeniu eksploatacji” odpowiada warunkom określonym w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Wnoszę o dopuszczenie tej pracy do publicznej obrony.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a long, sweeping horizontal stroke followed by a series of smaller, connected loops and a final upward tick.