

Katowice, 25.02. 2022 r.

Dr hab. inż. Dorota Burchart, prof. PŚ  
Politechnika Śląska,  
Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej  
ul. Krasińskiego 8, Katowice  
email: dorota.burchart@polsl.pl

## **RECENZJA**

### **Rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Kordiana Rudzińskiego pt. „Model systemu gospodarowania użytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym (ZSEE)”**

Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Barbara Białecka, natomiast promotorem pomocniczym jest dr inż. Mariusz Kruczek

#### **1. Podstawa opracowania recenzji**

Podstawą opracowania recenzji jest Pismo Pana prof. dr hab. inż. Stanisława Pruska, Dyrektora Głównego Instytutu Górnictwa z dnia 16 grudnia 2021 roku, dotyczące wykonania recenzji przedmiotowej rozprawy.

#### **2. Celowość podjęcia tematu**

Przedłożona mi do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr inż. Kordiana Rudzińskiego dotyczy zagadnień związanych z gospodarką odpadami. Prawidłowe zagospodarowanie zużytych sprzętów elektrycznych i elektronicznych pozwala na uniknięcie negatywnego wpływu na wiele kategorii szkód na środowisko, w tym ograniczenie emisji gazów cieplarnianych oraz ograniczenie wyczerpywania minerałów, metali oraz paliw kopalnych. Sprzęt elektryczny i elektroniczny zawiera w swoim składzie metale, pierwiastki ziem rzadkich, tworzywa sztuczne i inne materiały ropopochodne, minerały i materiały niemetaliczne. Część z nich powoduje że po użytkowaniu zużytego sprzętu staje się on odpadem niebezpiecznym. Zużyte sprzęty elektryczne i elektroniczne mogą stanowić zagrożenie zarówno dla środowiska, jak i człowieka. W systemie zarządzania użytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym istotne są kwestie związane z zawartością substancji niebezpiecznych, co stanowi główny problem w gospodarce odpadami oraz kwestie związane z niewystarczającym recyklingiem, co powoduje utratę cennych zasobów naturalnych – dlatego tak istotna jest implementacja gospodarki o obiegu zamkniętym, której założeniem jest minimalizowanie ilości wytwarzanych odpadów poprzez ponowne użycie, recykling i wdrożenie pełnego odzysku, w tym przede wszystkim traktowanie odpadów jako potencjalnego źródła surowców wtórnych. Celowe jest więc opracowanie modelu gospodarowania użytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym oraz stworzenie na jego podstawie informatycznego systemu wspomagającego gospodarowanie użytym sprzętem. Problem podjęty w niniejszej pracy obejmuje istotne aspekty związane z ideą zrównoważonego rozwoju.

Na podstawie przeglądu literatury Autor pracy stwierdził, że problematyka związana z gospodarowaniem użytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym jest niedostatecznie przedstawiona w dostępnej literaturze oraz brakuje modelu gospodarowania użytym

sprzętem elektrycznym i elektronicznym, uwzględniającego parametry jakościowe i ilościowe zużytych sprzętów elektrycznych i elektronicznych, interesariuszy systemu zbiórki zużytego sprzętu oraz procesy logistyczne wraz z kanałami komunikacyjnymi. Wykazał również, że na rynku krajowym brakuje aplikacji przeznaczonej do wspomaganie zarządzania zużyтым sprzętem elektrycznym i elektronicznym, która w sposób kompleksowy realizowałaby potrzeby konsumentów.

W Polsce do tej pory stosowane sposoby gospodarowania zużyтым sprzętem elektrycznym i elektronicznym cechują się niską skutecznością, co stanowiło uzasadnienie potrzeby stworzenia systemu wspomaganie zbiórki zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Właśnie tym zagadnieniom Doktorant poświęcił swoją rozprawę doktorską.

Podjęcie przez Doktoranta tematu należy uznać za celowe i potrzebne z punktu widzenia dalszych badań uwzględniających priorytety polityki Unii Europejskiej w dziedzinie ochrony środowiska, koncepcję zrównoważonego rozwoju, jak i wytyczne gospodarki o obiegu zamkniętym. Wybór tematu rozprawy uważam za w pełni uzasadniony z naukowego punktu widzenia, a także ze względu na perspektywy użytkarne.

### **3. Ogólna charakterystyka rozprawy**

Przedstawiona mi do recenzji praca obejmuje 163 strony. Zawiera 56 rysunków oraz 36 tabel umieszczonych w tekście. Wykaz literatury zamieszczony w rozprawie obejmuje 269 zacytowane pozycje literaturowe (publikacje, akty prawne i strony internetowe), w tym 81 pozycji anglojęzycznych. Zakres prac badawczych wykonanych przez Doktoranta jest obszerny. Praca składa się z następujących rozdziałów merytorycznych:

Rozdział 1 zawiera wprowadzenie do istoty gospodarowania zużyтым sprzętem elektrycznym i elektronicznym.

Rozdział 2 obejmuje uzasadnienie podjęcia tematu pracy, w tym również genezę problemu, cel i zakres pracy oraz metodykę badań.

Rozdział 3 zawiera przegląd literatury, w tym: różne aspekty związane z gospodarką zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego. Przedstawiono stan wiedzy w zakresie gospodarowania zużyтым sprzętem elektrycznym i elektronicznym, w tym:

- przegląd aspektów środowiskowych,
- charakterystykę systemu postępowania ze zużyтым sprzętem elektrycznym i elektronicznym oraz interesariuszy systemu zbiórki,
- ocenę skuteczności systemu zbiórki zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego,
- identyfikację systemów informatycznych wspomagających zbiórkę zużytego sprzętu.

Kolejna część pracy obejmuje część badawczą i stanowi zasadniczą część rozprawy, gdzie przedstawione są analizy własne Doktoranta. Ta część pracy składa się z czterech rozdziałów (Rozdział 4 - Rozdział 8): analiza założeń dla systemu zbiórki zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego, identyfikacja problemów i potrzeb techniczno-technologicznych oraz potrzeb informacyjnych związanych z wdrożeniem systemu zbiórki, opracowanie modelu oraz prototypowego systemu informatycznego wspomaganie zbiórki zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego.

Rozdział ostatni „Podsumowanie i wnioski” zawiera opis najważniejszych dokonań, wnioski wynikające z przeprowadzonych prac. Na końcu pracy przedstawione zostały: załączniki, spis tabel, spis rysunków oraz wykaz literatury.

Analiza systemu zagospodarowania zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego była już przedmiotem analiz przedstawionych w literaturze, jednakże uwzględnienie tak szerokiego zakresu analiz, w tym opracowanie modelu oraz systemu informatycznego wspomagania zbiórki zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego jest podejściem nowym i stanowi oryginalne osiągnięcie pracy. Treść rozprawy jest zgodna z jej tematem. Tytuły rozdziałów i podrozdziałów dają syntetyczny pogląd na zawarte w nich treści. Kolejne rozdziały tworzą układ właściwy dla rozprawy naukowej. Przyjęty cel rozprawy został osiągnięty. Przedłożona praca spełnia wymagania przyjęte dla prac doktorskich. Ogólnie oceniam rozprawę doktorską Pana mgr inż. Kordiana Rudzińskiego pozytywnie.

#### **4. Ocena merytoryczna rozprawy**

Doktorant przyjął następujący cel pracy: opracowanie modelu systemu gospodarki zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym na przykładzie danych zebranych na terenie województwa lubelskiego oraz stworzenie prototypowego systemu wspomagającego zbiórkę zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego.

Cel pracy sformułowano prawidłowo. Postawiony w pracy cel jest ważny przede wszystkim z uwagi na jego znaczenie z punktu widzenia wytycznych gospodarki o obiegu zamkniętym oraz dla ograniczenia odpadów zgodnie z wytycznymi Komisji Europejskiej. Problemem badawczym była identyfikacja, analiza i ocena wpływu czynników technicznych, technologicznych oraz logistycznych warunkujących prawidłową i skuteczną gospodarkę zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym.

Doktorant przedstawił zakres pracy jaki zrealizował, aby osiągnąć postawiony cel: analiza obecnego systemu gospodarki zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym, analiza czynników mających wpływ na niską skuteczność zbiórki zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego w Polsce, analiza i ocena procesów techniczno-logistycznych gospodarki odpadami, identyfikacja systemów informatycznych wspomagających procesy zbiórki odpadów elektrycznych i elektronicznych, założenia dla budowy systemu, opracowanie prototypowego systemu, weryfikacja i walidacja oraz przedstawienie kierunków rozbudowy narzędzia.

Zakres pracy można uznać za wystarczający. Realizacja zakresu pracy umożliwiła osiągnięcie wytyczonych celów oraz dostarczyła oryginalną wiedzę w analizowanym obszarze badawczym. Biorąc pod uwagę następujące elementy pracy: dobór tematu, cel pracy jak również zastosowane metody i uzyskane wyniki, wyrażam przekonanie, że rozpatrywany problem naukowy został rozwiązany poprawnie i samodzielnie.

Rozdziały 4 – 8 to najważniejsze części rozprawy. Stanowią one wynik samodzielnej pracy Doktoranta. Doktorant zrealizował szeroki zakres prac związanych z opracowaniem modelu systemu zagospodarowania zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego, a następnie narzędzia informatycznego.

W celu analizy stanu aktualnego systemu gospodarki zużyтым sprzętem elektrycznym i elektronicznym Doktorant wykorzystał następujące techniki badawcze: ankietę, wywiad ekspercki, obserwację i analizę dokumentów. Na podstawie swoich badań wykazał, że system zbiórki zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego w Polsce charakteryzuje się niską skutecznością. W oparciu o badania ankietowe Doktorant uzyskał wiele istotnych danych odnośnie systemu zbierania zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego z perspektywy gospodarstw domowych.

Do najważniejszych osiągnięć Doktoranta o charakterze poznawczym i metodycznym można zaliczyć:

- określenie aspektów środowiskowych związanych z zużyciem sprzętu elektrycznego i elektronicznego w oparciu o krytyczny przegląd literatury,
- analiza systemów gospodarowania zużyтым sprzętem w krajach rozwiniętych uwzględniając różne aspekty,
- identyfikację czynników wpływających na ilość zbieranego zużytego sprzętu w oparciu o przegląd literatury,
- analiza organizacji systemu postępowania z zużyтым sprzętem w Polsce oraz ocena skuteczności zbiórki zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego,
- opracowanie założeń do budowy prototypowego systemu wspomagającego zbiórkę zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego w oparciu o badania własne, w tym badania ankietowe oraz wywiady eksperckie,
- identyfikację i uszeregowanie potrzeb technicznych i informacyjnych związanych z wdrożeniem systemu zbiórki zużytego sprzętu,
- opracowanie modelu wspomagającego zbiórkę zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego,
- stworzenie prototypowego systemu informatycznego do wspomaganie zbiórki zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego, składającego się z aplikacji przeznaczonej dla konsumentów oraz oprogramowania dedykowanego firmom zajmującym się zbieraniem zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego.

Prezentowana część teoretyczna i krytyczny przegląd literatury stanowią cenny materiał naukowy do dalszych prac związanych z problemem postępowania z zużyтым sprzętem elektrycznym i elektronicznym, uwzględniając wytyczne gospodarki o obiegu zamkniętym. Na podstawie przeprowadzonej oceny treści rozprawy doktorskiej stwierdzam, że sformułowane przez Doktoranta cele zostały zrealizowane, potwierdzając słuszność przyjętych założeń. Zakres zrealizowanych prac stanowi oryginalny dorobek Doktoranta a uzyskane wyniki analiz dostarczają ważnych wniosków, które mogą być przydatne przede wszystkim do wspomaganie gospodarowania zużyтым sprzętem. Treść rozprawy dowodzi, że Doktorant dobrze znajduje się w przedmiotowej problematyce. Stwierdzam brak istotnych uchybień w tym zakresie i oceniam znajomość przedmiotu zagadnienia przez Doktoranta, w tym jej przygotowanie zawodowe i naukowe - pozytywnie.

Uzyskane wyniki mają znaczenie zarówno naukowe, jak również są one cennym materiałem z punktu widzenia utylitarne, szczególnie w pracach związanych z gospodarką odpadami.

## 5. Uwagi krytyczne

Użyte w rozprawie terminy i wyrażenia są w większości poprawne i zgodne z aktualnie obowiązującym słownictwem w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych. Poniżej przedstawiam uwagi, które uznaję za drobne lub mają charakter porządkowy. Uwagi te stanowią przyczynek do podjęcia pogłębionej dyskusji naukowej dotyczącej gospodarki zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym.

Podczas lektury ocenianej rozprawy doktorskiej nasunęły mi się następujące uwagi i pytania, które przedstawiam poniżej i proszę Doktoranta o wyjaśnienie tych kwestii podczas publicznej obrony:

1. W pracy wykonano przegląd rozwiązań w zakresie gospodarowania zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym w różnych krajach - w jaki sposób można poprawić tak niski poziom zbierania i gospodarki zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym w Polsce uwzględniając doświadczenia innych krajów?
2. Realizowany temat pracy wiąże się z koncepcją gospodarki o obiegu zamkniętym, jednak w pracy zabrakło nawiązania do tej koncepcji w odniesieniu do możliwości wykorzystania jej w gospodarowaniu zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym - proszę Doktoranta o wyjaśnienie w jaki sposób praca realizuje cele gospodarki o obiegu zamkniętym.
3. W pracy wielokrotnie pojawiło się pojęcie „cykl życia produktu” oraz „cykl życia sprzętu elektrycznego oraz elektronicznego” – proszę Doktoranta o doprecyzowanie czy wiąże się to z „analizą cyklu życia” czy też marketingowym ujęciem „cyklu życia produktu.” (s.8, s.20, s.46, s.47)
4. W pracy Doktorant stwierdził, że „kluczowym czynnikiem usprawnienia funkcjonowania sieci zbiórki zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego w województwie lubelskim jest przeprojektowanie systemu w taki sposób, aby koszty zbierania były jak najniższe” (s.98), jednak brak w pracy rozwinięcia tej kwestii.
5. W budowanej aplikacji nie skupiono się na szacowaniu korzyści środowiskowych związanych z przyjęciem konkretnego modelu zbiórki, przedstawiono jedynie wybrane aspekty.
6. Badania dotyczące postaw konsumentów stanowią duży wkład Doktoranta w analizę problemów zbiórki zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego, jednak nie jest jasno określone czy wyniki badań ankietowych wpłynęły na elementy zastosowane w projektowanym systemie wspomagającym zbiórkę sprzętu.
7. Doktorant stwierdził, że istotną kwestią w procesie zbiórki zużytego sprzętu elektrycznego i elektronicznego jest wybór środka transportu. Wykazał, że odpowiednie do przewozu zużytego sprzętu będą samochody dostawcze. W pracy podano, że według szacunków w polskich warunkach pojazdy elektryczne emitują 29% mniej ekwiwalentu CO<sub>2</sub> w całym cyklu życia w stosunku do pojazdów o napędzie spalinowym, co zostało określone zgodnie z raportem organizacji europejskiej „Transport and Environment”. Należy podkreślić, że już od kilku lat analizy emisji gazów cieplarnianych w cyklu życia pojazdów w warunkach krajowych, w tym elektromobilności oraz pojazdów wodorowych są wykonywane w Polsce i prezentowane w publikacjach naukowych, dlatego należało uwzględnić dane krajowe.
8. Odnośnie wniosków wysuniętych w pracy: pierwszy wniosek jest niezrozumiały i w mojej opinii nie wynika z analiz własnych. Wniosek odnośnie emisji pojazdów nie

wynika z badań własnych tylko z przeglądu literatury. Wniosek odnośnie modelowania procesowego jest zbyt ogólny – nie odnosi się bezpośrednio do rezultatów osiągniętych w pracy. We wnioskach brak jest odniesienia do wyników badań ankietowych czy wywiadów, które przeprowadził Doktorant. Brakuje również wniosków związanych z opracowanym modelem i narzędziem służącym do gospodarowania użytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym

9. W pracy przedstawiono proponowane kierunki rozbudowy narzędzia, co jest cennym elementem pracy. Dobrze by było również przedstawić listę działań w kierunku poprawy systemu gospodarowania użytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym.

#### Uwagi szczegółowe i redakcyjne

Praca została zredagowana dość starannie. Napisana jest zwięzłym językiem. Jednak Doktorant nie uniknął pomyłek i błędów redakcyjnych. Podczas czytania nasunęło mi się niewiele uwag. Zauważyłam także niewiele błędów formalnych i drukarsko-redakcyjnych. Przedstawiam poniżej ważniejsze z nich:

- praca zawiera wykaz skrótów, co ułatwia czytelnikowi lekturę rozprawy, jednakże w wykazie brakuje kilku skrótów, jak: LREE i HREE, BDE, EAR, EPA, WEEE,
- obowiązuje układ SI, a w wielu przypadkach w rozprawie zamieszczono "tony", a powinno być "Mg",
- w pracy pojawia się „wyprodukowanych odpadów” – a powinno być „wytwarzanych odpadów” (s.8)
- rozdział – podejście procesowe w zarządzaniu (s.57-60) – zbyt szeroki opis
- w rozdziale „Wyniki badań ankietowych” - w mojej opinii w tytułach rysunków „zestawienie odpowiedzi i nr pytania” – należało podać treść pytania.
- w recenzowanej rozprawie brak jest wielokrotnie znaków interpunkcyjnych w zdaniach,
- występują literówki: „praz” powinno być „oraz” (s.21), „na nasadzie” zamiast „na zasadzie” (s.21), „ze względu niską” – brakuje „na” (s.15), „głównym problem” powinno być „główny problem” (s.20), „korkiem” powinno być „krokiem” (s.59),
- w pracy pojawia się stwierdzenie: „określono ilość gazów cieplarnianych” – powinno być „określono emisje gazów cieplarnianych”
- odnośnie wykazu literatury pewien niedosyt może budzić niewielka liczba publikacji prezentujących krajowy dorobek w zakresie analizy emisji gazów cieplarnianych, emisji ditlenku węgla zarówno technologii produkcji energii elektrycznej oraz transportu w Polsce z ostatnich lat.

Nieliczne usterki stylistyczne i błędy literowe zaznaczyłam w dostarczonym egzemplarzu pracy i z tego powodu nie będę ich zamieszczać w tym miejscu. Przytoczone powyżej uwagi mają w większości charakter dyskusyjny lub mówią jedynie o niedociągnięciach i w niczym nie pomniejszają wartości naukowej wyników osiągniętych przez Doktoranta, natomiast mogą być pomocne w trakcie dalszej pracy naukowej oraz uwzględnione przy przygotowaniu publikacji naukowych. Biorąc pod uwagę ocenę rozprawy doktorskiej stwierdzam, że zasadne jest prowadzenie dalszych badań w tym zakresie.

Podsumowując tytuł rozprawy jest adekwatny do treści rozprawy. Geneza tematu i uzasadnienie celowości jego podjęcia wynika z dokonanego przeglądu istniejącego stanu wiedzy. Pomimo przedstawionych powyżej uwag, strukturę merytoryczną i układ recenzowanej pracy uznaję za właściwe.

## 6. Podsumowanie i wnioski końcowe

Podjęcie tematu badawczego rozprawy doktorskiej uważam za celowe i prawidłowo uzasadnione. Doktorant posiada odpowiednie przygotowanie dla rozwiązywania postawionych problemów teoretycznych, co w pełni wykazał w przedmiotowej rozprawie. Za największe osiągnięcie Doktoranta uważam opracowanie modelu systemu gospodarki zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym oraz budowa prototypowego systemu informatycznego wspomagającego jego zbiórkę.

Doktorant w pracy przedstawił oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

**Stwierdzam, że przedstawiona mi do recenzji rozprawa doktorska Pana mgr inż. Kordiana Rudzińskiego pt. „Model systemu gospodarowania zużytym sprzętem elektrycznym i elektronicznym (ZSEE)” przygotowana pod opieką promotora - prof. dr hab. inż. Barbarę Białecką oraz promotora pomocniczego - dr inż. Mariusza Kruczka, spełnia wszystkie warunki i wymagania stawiane rozprawom doktorskim w rozumieniu Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. W związku z powyższym wnoszę o przyjęcie recenzowanej rozprawy doktorskiej przez Radę Naukową Głównego Instytutu Górnictwa w dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka, i dopuszczenie jej do publicznej obrony.**

*Dawid Burchart*