



Białystok, 18 września 2023 roku

dr hab. inż. Katarzyna HALICKA, prof. PB

Wydział Inżynierii Zarządzania

Politechnika Białostocka

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Marka SZKUDLARKA

pt. *Model ergonomicznego balansowania linii montażowej w produkcji pojazdów użytkowych*

### 1. Podstawa opracowania recenzji

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgra inż. Marka SZKUDLARKA zatytułowana *Model ergonomicznego balansowania linii montażowej w produkcji pojazdów użytkowych* (dziedzina: nauki społeczne, dyscyplina: nauki o zarządzaniu i jakości). Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Marcin Butlewski, prof. PP.

Recenzja została opracowana na zlecenie Pani Dziekan Wydziału Inżynierii Zarządzania Politechniki Poznańskiej – dr hab. Hanny WŁODARKIEWICZ-KLIMEK, prof. PP z dnia 24 lipca 2023 roku (nr WIZ-08/176/2023) w związku z powołaniem mnie Uchwałą nr 103/2020-2024 Rady Dyscypliny Naukowej Nauki o Zarządzaniu i Jakości Politechniki Poznańskiej na recenzenta przedmiotowej rozprawy doktorskiej.

Recenzja stanowi element postępowania o nadanie mgr. inż. Markowi SZKUDLARKOWI stopnia naukowego doktora nauk społecznych w dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości.

### 2. Charakterystyka ogólna rozprawy

Recenzowana rozprawa mieści się w szeroko rozumianej problematyce ergonomicznego balansowania linii montażowej. Przedmiotem badań Pana mgr. inż. Marka SZKUDLARKA jest proces balansowania linii montażowej samochodów użytkowych ze szczególnym uwzględnieniem ochrony pracownika przed obciążeniem i uciążliwością pracy. Poruszana w dysertacji problematyka jest

umiejscowiona w naukach o zarządzaniu i jakości, w subdyscyplinie: zarządzanie jakością: systemowe zarządzanie jakością/środowiskiem/bezpieczeństwem (poziom operacyjny) oraz zarządzanie produkcją, usługami i technologią (poziom funkcjonalny)<sup>1</sup>.

Uzasadniając wybór problematyki badawczej Autor wskazał m.in. następujące przesłanki:

- „W przemyśle 5.0 istotną rolę odgrywać będą obszary społeczne, takie jak: bezpieczeństwo pracy, ergonomiczne warunki pracy, zróżnicowane i zajęcia stymulujące poznawczo.” (s. 13).
- „Przemysł automotive stosuje głównie metodę MTM EAWS do prognozowania, oceniania i redukcji obciążeń biomechanicznych na stanowisku pracy. Metoda nie uwzględnia indywidualnych dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego pracowników (opiera się na wartościach porównawczych i standardowych danych).” (s. 14).
- „Pracownicy linii montażowych są narażeni na wysokie ryzyko obrażeń podczas obsługi maszyn używanych w fabrykach. Możliwe jest wystąpienie poważnych urazów nawet w wyniku użytkowania maszyny zgodnie z zaleceniami (pracownicy linii montażowych są narażeni na wysokie ryzyko uszkodzenia kończyn podczas obsługi szybko poruszających się maszyn. (...) Kontrola zagrożeń dla zdrowia w miejscu pracy zmniejsza częstość występowania chorób i wypadków związanych z pracą oraz poprawia zdrowie i morale siły roboczej, prowadząc do zmniejszenia absencji i zwiększenia wydajności pracowników.” (s. 15-16).

Uwzględniając powyższe, Autor zauważa potrzebę opracowania modelu ergonomicznego balansowania linii produkcyjnej przy uwzględnieniu obciążenia i uciążliwości pracy (s. 19). Zaprezentowane przez Autora przesłanki mają charakter praktyczny, aplikacyjny.

Zaproponowany tytuł opiniowanej rozprawy *Model ergonomicznego balansowania linii montażowej w produkcji pojazdów użytkowych* odpowiada jego treści i jednoznacznie określa rozważany problem i zakres badań podjętych przez Autora.

Temat ma cechy dysertabilności, to znaczy jest oryginalny i istotny z punktu widzenia aktualnych trendów badawczych.

---

<sup>1</sup> Komitet Nauk Organizacji i Zarządzania PAN, Subdyscypliny w Naukach o Zarządzaniu i Jakości 2.0; [https://knoiz.pan.pl/images/stories/pliki/pdf/Subdyscypliny\\_nauk\\_o\\_zarządzaniu\\_i\\_jakoci.pdf](https://knoiz.pan.pl/images/stories/pliki/pdf/Subdyscypliny_nauk_o_zarządzaniu_i_jakoci.pdf), [data wejścia: 12.09.2023].

### 3. Struktura pracy

Recenzowana rozprawa liczy 254 strony, z czego 215 stron stanowi tekst zasadniczy. Struktura pracy obejmuje cztery rozdziały zatytułowane kolejno: 1. *Istota balansowania linii montażowej*, 2. *Wybrane aspekty do ergonomicznego balansowania linii montażowych*, 3. *Badania własne*, 4. *Model ergonomicznego balansowania linii montażowej*.

Struktura recenzowanej rozprawy w większości jest prawidłowa, w sensie zasadności prezentowanych treści. Dwa pierwsze rozdziały o charakterze teoretyczno-przeglądowym stanowią, z jednej strony, wprowadzenie do podjętego przez Autora tematu badawczego, z drugiej podstawę do badań własnych Autora, których wyniki zawarto w rozdziale trzecim i czwartym. We wstępie pracy przedstawiono uzasadnienie podjęcia tematu, cel i zakres pracy, a w rozdziale drugim szczegółowo omówiono procedurę przeglądu literatury.

Moje zastrzeżenie budzi nierównomierne rozłożenie treści w poszczególnych podrozdziałach. Przykładowo, podrozdział 1.1 obejmuje 26 stron, a podrozdział 1.2 zaledwie 4 strony.

Literatura przedmiotu liczy 240 pozycji. W pracy odwoływano się zarówno do publikacji zagranicznych jak i polskich. Literatura przedmiotu jest zgodna z tematyką rozprawy doktorskiej.

### 4. Luka badawcza, problem badawczy, cele i hipotezy badawcze oraz ich oryginalność

Przeprowadzone przez mgr. inż. Marka SZKUDLARKA studia literaturowe pozwoliły na zdefiniowanie luki badawczej zdefiniowanej jako „Brak propozycji modeli ergonomicznego balansowania linii produkcyjnej w produkcji pojazdów użytkowych ze szczególnym uwzględnieniem indywidualnych wskaźników zdrowia pracowników i rotacji opartej na zrównoważonym obciążeniu poszczególnych grup mięśni” (s. 17-18). Autor podejmowany obszar ergonomicznego balansowania linii montażowej umiejscowił „na styku trzech ważnych obszarów takich jak: zapewnienie wyrównanej i ustabilizowanej produkcji, utrzymania wysokiej produktywności i organizacji pracy, która uwzględnia ochronę pracownika przed nadmiernym obciążeniem i uciążliwością pracy” (s. 18).

Na stronie 16 dysertacji Autor sformułował trzy problemy badawcze. W mojej opinii nie są to problemy badawcze, ponieważ:

**Problem badawczy 1:** brak modeli balansowania linii montażowej dostosowanych do specyfiki pojazdów użytkowych – bardzo podobnie brzmi sformowana przez Autora luka badawcza;

**Problem badawczy 2:** niewystarczające praktyczne modele równoważenia linii montażowej, które uwzględniałyby indywidualne podejście do pracownika i obciążenie poszczególnych partii mięśni – jest to właściwie fragment/element luki badawczej;

**Problem badawczy 3:** brak informacji w zakresie ważności czynników podczas ergonomicznego balansowania linii montażowej oraz projektowania rotacji pracowników – stwierdzenie to nie ma charakteru naukowego.

W mojej opinii podane na stronie 16 problemy badawcze są zbędne, ponieważ Autor na stronie 20 sformułował poprawnie pytania badawcze. A problemy badawcze jak najbardziej mogą być podane w postaci pytań. Autor wskazał następujące pytania badawcze:

1. W jaki sposób równoważyć obciążenie pracą przy występującym rozrzucie czasu?
2. Jakie są najważniejsze czynniki decydujące o ergonomicznym zbalansowaniu linii montażowej?
3. Jakie są kluczowe czynniki wpływające na planowanie rotacji pracowników?
4. W jaki sposób środki techniki (egzoszkielety) wpływają na możliwość planowania rotacji pracowników?
5. Jak włączać do oceny biomechanicznej czynności o niskiej wariantowości a wysokim stopniu obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego?
6. W jaki sposób organizować rotację pracowników, aby uwzględnić równomierne obciążenie poszczególnych partii mięśni?

Głównym celem rozprawy doktorskiej było opracowanie modelu ergonomicznego balansowania linii produkcyjnej przy uwzględnieniu obciążenia i uciążliwości pracy.

Cel główny został doprecyzowany poprzez 5 celów szczegółowych:

- Ustalenie ważności czynników podczas balansowania linii montażowej i przy projektowaniu rotacji.
- Opracowanie koncepcji dotyczących integracji grupy pracowników z ograniczeniami zdrowotnymi.
- Opracowanie algorytmu rotacji pracowników z uwzględnieniem obciążenia poszczególnych partii mięśni.
- Badanie możliwości ponownego podziału czynności montażowych na niezbalansowanej ergonomicznie linii montażowej.

- Zbadanie przydatności i akceptowalności środków techniki przez pracowników produkcji.

Pytania badawcze, cel główny oraz cele szczegółowe zostały poprawnie sformułowane. Pożądanym rozwiązaniem byłoby powiązanie szczegółowych pytań badawczych (problemów badawczych) z celami szczegółowymi pracy, a celów pracy ze strukturą pracy. Zidentyfikowane przez Autora cele charakteryzują się oryginalnością.

W mojej opinii w recenzowanej pracy jest nieprawidłowa kolejność: celów pracy oraz pytań badawczych. Uważam, że początkowo w rozprawie należy zidentyfikować lukę badawczą – co zostało przez Autora poprawnie wykonane. Następnie należało sformułować problemy badawcze, np. w postaci pytań badawczych (pytania zostały prawidłowo sformułowane) a dopiero później należało sformułować cele. Odpowiedzią na pytania badawcze jest osiągnięcie celów rozprawy.

Na podkreślenie zasługuje zaprezentowanie w sposób klarowny i przejrzysty metodyki prac nad doktoratem (Rysunek 2, s. 21). Autor do każdego pytania przyporządkował odpowiednie etapy badawcze i powiązał je z narzędziami badawczymi oraz z rezultatami prac. Poza tym Autor powiązał także strukturę dysertacji (poszczególne rozdziały) wraz z etapami badawczymi (Rysunek 3, s. 24).

Bardzo dobrą praktyką jest też syntetyczne podsumowanie poszczególnych rozdziałów.

## 5. Ocena merytoryczna rozprawy

Ocenę merytoryczną rozprawy dokonałam analizując zakres merytoryczny treści poszczególnych rozdziałów pracy. Zachowuję numerację podaną przez Autora.

W rozdziale 1 Autor początkowo zaprezentował podstawowe pojęcia związane z balansowaniem linii montażowej. Następnie przedstawił wybrane metody heurystyczne, które zapewniają odpowiednie zrównoważenie linii montażowej. Nie bardzo wiadomo, dlaczego akurat te metody zostały opisane. Autor jedynie podał, że są to metody „najważniejsze”. Poza tym niektóre z metod zostały zaprezentowane szczegółowo, podano ich wady i zalety (np. Metoda Rangowanych Wąg Pozycyjnych, Metoda Kottas-Lau) a część z nich jest opisana lakonicznie (np. Metoda Kilbridge & Wester, Metoda Powiązanych Działań). W mojej opinii początkowo należałoby zaprezentować klasyfikacje tych metod, a następnie podać kryterium wyboru i omówić w ten sam sposób te wybrane.

W dalszej części Autor szczegółowo opisał arbitralnie wybrany system analityczny MTM jako narzędzie wspomagające balansowanie linii montażowej. Tutaj również nie zostało wytłumaczone,

dla czego ten system został opisany, czy są inne zbliżone systemy, o podobnych funkcjonalnościach, jeśli tak to jakie? Jakie są różnice między tymi systemami? W podrozdziale 1 zatytułowanym *Mierniki do oceny zbalansowania linii montażowej* Autor skoncentrował się przede wszystkim na produktywności. Jakie inne metody, oprócz produktywności, które mogą być wykorzystywane w celu zbadania zbalansowania linii montażowej? Jakie są różnice, zalety i ograniczenia tych metod? Dalej Autor w podrozdziale *Czynniki niepożądane w organizacji pracy ludzkiej na linii montażowej* skoncentrował się przede wszystkim na zagadnieniu marnotrawstwa (muda). W ostatniej części rozdziału Autor opisał sposoby przedstawiania zbalansowania linii na przykładzie wykresów Yamazumi. Omówił również problem rotacji pracowników w zagadnieniu balansowania linii. Treści prezentowane w tym rozdziale są bardzo ciekawe i ściśle związane z tematem dysertacji. Jednak nie są one ze sobą logicznie powiązane. Autor „przeskakuje” z jednego obszaru na drugi, widoczny jest brak płynnego przejścia między poszczególnymi podrozdziałami. W mojej opinii brakuje w tym rozdziale solidnego przeglądu literatury w kontekście balansowania linii montażowej. Autor powinien dokonać przeglądu baz takich jak SCOPUS, IEEE, Web of Science poprzez wyszukiwanie słów kluczowych takich jak np. „balancing” and „assembly line”. Następnie należało przedstawić wyniki tych analiz w przejrzystej formie, np. w tabeli, czy też na rysunku i szczegółowo omówić wybrane publikacje z tego zakresu.

Rozdział 2 dotyczy ergonomicznego balansowania linii montażowej. Autor początkowo przedstawił rotację na stanowiskach pracy w kontekście zmian demograficznych. Dalej dokonał przeglądu metod oceny ryzyka ergonomicznego możliwych do wykorzystania w zakresie balansowania linii produkcyjnej. W mojej opinii tą część dysertacji należałoby uporządkować. Autor część metod wymienia w tabeli 2 (OWAS, RULA, LMM, OCRA, EWAS, IAD-BkB). Jednak w dalszej części pracy opisuje tylko wybrane metody z tabeli 2 i oprócz tego dodatkowe (np. NIOSH, REBA, RIS SCORE. Jaki jest klucz wyboru metod? Dlaczego w Autor opasuje inne metody niż te podane w tabeli? Zdecydowanie brakuje też syntetycznego porównania tych metod. W dalszej części rozdziału 2 Autor koncertuje się na ochronie pracownika przed nadmiernym obciążeniem i uciążliwością pracy. Następnie Autor prezentuje zastosowanie egzoszkieleatów i robotów w celu odciążenia układu mięśniowo-szkieletowego. Podobnie jak w rozdziale 1 uważam, że prezentowane treści są bardzo ciekawe i ściśle związane z tematem dysertacji. Jednak nie są one ze sobą logicznie powiązane, brakuje płynnego przejścia pomiędzy kolejnymi podrozdziałami.

W rozdziale 3 zaprezentowane są badania własne Autora. Początkowo Autor przedstawił metodykę badania. Dalej szczegółowo opisał kolejne badania dotyczące: rozrzutu czasu; ważności czynników podczas ergonomicznego balansowania linii; rotacji pracowników na linii montażowej; zastosowania egzoszkieleatów, zastosowania algorytmu rotacji pracowników; wywiady z ekspertami do spraw zdrowia. Każde z badań opatrzone jest szczegółowymi wnioskami oraz podsumowaniem. W mojej opinii jest to bardzo wartościowy materiał badawczy. Sposób przygotowania tego rozdziału świadczy o bardzo dużej dojrzałości badawczej Autora. Do rozdziału 3 nie mam żadnych krytycznych uwag i zastrzeżeń.

Rozdział 4 dotyczy autorskiego modelu ergonomicznego balansowania linii montażowej. Początkowo zaprezentowano założenia tego modelu. Dalej szczegółowo opisano autorski model. Autorski model jest bardzo przemyślany, struktura modelu przejrzysta, kolejne elementy są logiczne i zrozumiałe. Należałoby go jednak dopracować graficznie – tak aby był bardziej czytelny i atrakcyjny graficznie (np. na całej stronie, orientacja strony pozioma, bardziej czytelna czcionka). Dalej Autor dokonał weryfikacji modelu.

Do najważniejszych osiągnięć naukowych z przeprowadzonego postępowania badawczego należy zaliczyć:

- precyzyjnie sformułowane cele i pytania badawcze;
- dobrze przygotowana i zaprezentowana metodyka badawcza;
- szereg przeprowadzonych badań dotyczących: rozrzutu czasu; ważności czynników podczas ergonomicznego balansowania linii; rotacji pracowników na linii montażowej; zastosowania egzoszkieleatów, zastosowania algorytmu rotacji pracowników; wywiadów z ekspertami do spraw zdrowia;
- autorski model ergonomicznego balansowania linii montażowej;
- precyzyjnie opisany i przeprowadzony proces weryfikacji autorskiego modelu;
- szczegółowe i klarownie przedstawienie zastosowania autorskiego modelu (rysunek 29);
- precyzyjna i czytelna odpowiedź na postawione pytania badawcze;
- jasny i klarowny sposób prezentowania wyników badań własnych;
- umiejętność analizy i wnioskowania.



Do słabych stron przeprowadzonego przez mgr. inż. Marka Szkudlarka postępowania badawczego należy zaliczyć:

- słabe umiejscowienie podjętej problematyki w kontekście studiów literatury krajowej i zagranicznej;
- brak płynnego przejścia między poszczególnymi podrozdziałami co powoduje, że prezentowane treści nie zawsze tworzą logiczną i spójną całość.

Podczas publicznej obrony rozprawy doktorskiej proszę odnieść się do pytania:

1. Jakie są ograniczenia i słabości, wady autorskiego modelu ergonomicznego balansowania linii montażowej?
2. Czy zastosowanie przez przedsiębiorstwa autorskiego modelu ergonomicznego balansowania linii montażowej wymaga specjalistycznej wiedzy, metod, narzędzi, specjalnej komórki w organizacji?

## 6. Ocena rozprawy pod względem techniczno-redakcyjnym

Pod względem techniczno-redakcyjnym praca została napisana poprawnie, estetycznie i logicznie.

W pracy występuje wiele rysunków i tablic, ale są one przedstawione w bardzo czytelny sposób. Autor odnosi się też bezpośrednio w tekście rozprawy do wszystkich tablic i rysunków. Do każdego rysunku i tablicy odwołuje się bezpośrednio w tekście, na przykład poprzez sformułowania typu: „... zostały przedstawione schematycznie na rysunku X”, „W tabeli X zostały porównane...” lub poprzez podanie numeru rysunku czy numeru tablicy na końcu zdania.

Zauważone przeze mnie błędy o charakterze językowym mają charakter jednostkowy.

## 7. Wniosek końcowy

Mimo wskazanych drobnych niedociągnięć rozprawa spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim, jest poprawna pod względem formalnym i merytorycznym. Za najistotniejsze walory poznawcze recenzowanej pracy należy uznać:

- ważność podjętej tematyki badawczej;
- przeprowadzanie gruntowych badań literaturowych z zakresu: balansowania linii montażowej,





systemów analitycznych MTM, mierników do oceny zbalansowania linii montażowej, czynników niepożądanych w organizacji pracy ludzkiej na linii montażowej, metod oceny ryzyka ergonomicznego;

- własne badania, których celem było opracowanie modelu ergonomicznego balansowania linii produkcyjnej przy uwzględnieniu obciążenia i uciążliwości pracy;
- weryfikacja modelu ergonomicznego balansowania linii montażowej;
- zastosowanie szerokiego i zróżnicowanego wachlarza metod badawczych takich jak: obserwacja, badanie opinii ekspertów, badanie ankietowe, eksperyment, symulacje oraz studium przypadku.

Autor rozprawy podjął się rozwiązania oryginalnego problemu naukowego, dotychczas nierozpoznanego w literaturze przedmiotu.

Za istotny, a tym samym oryginalny walor naukowy recenzowanej rozprawy doktorskiej należy uznać podjętą przez Autora próbę zbudowania modelu ergonomicznego balansowania linii produkcyjnej przy uwzględnieniu obciążenia i uciążliwości pracy.

Recenzowana rozprawa Pana mgr. inż. Marka SZKUDLARKA spełniła wymagania stawiane rozprawom doktorskim zgodnie obowiązującymi w tym zakresie przepisami prawnymi, w zakresie wykazania się przez Kandydata ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie naukowej nauki o zarządzaniu i jakości oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Recenzowana praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Uwzględniając fakt, że Pan mgr inż. Marek SZKUDLAREK podjął się aktualnej i ważnej problematyki naukowej oraz zrealizował przyjęte cele rozprawy, wnoszę o dopuszczenie do kolejnych etapów postępowania o nadanie stopnia naukowego doktora nauk społecznych w dyscyplinie nauki o zarządzaniu i jakości.

*Katarzyna Halicka*

dr hab. inż. Katarzyna Halicka, prof. PB