

Dr hab. inż. Arkadiusz Gola, prof. uczelni  
Politechnika Lubelska  
Wydział Mechaniczny  
Katedra Informatyzacji i Robotyzacji Produkcji  
ul. Nadbystrzycka 36  
20-618 Lublin

Lublin, 18.10.2023 r.

## **RECENZJA**

rozprawy doktorskiej mgr inż. Marka Szkudlarka

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

(recenzja wykonana na podstawie pisma Dziekana Wydziału Inżynierii Zarządzania – dr hab. Hanny Włodarkiewicz-Klimek, prof. PP nr WIZ-08/176/2023 z dnia 24 lipca 2023 r.).

### **1. Obszar problemowy rozprawy – ocena celowości podjęcia tematu pracy**

Współczesne wymagania o charakterze środowiskowym i społecznym nakładają na organizatorów produkcji konieczność zmiany paradygmatu projektowania procesów wytwórczych, ukierunkowanych dotąd wyłącznie na aspekty związane z ich efektywnością, krótkim czasem realizacji zadań produkcyjnych oraz niskimi kosztami wytwarzania. W świetle wyżej wymienionych aspektów coraz większego znaczenia nabierają aspekty związane z tzw. zrównoważoną produkcją oraz uwzględniające możliwości, potrzeby i ograniczenia pracowników (w tym ich obciążenie i komfort wykonywanej pracy). O ile sam problem balansowania linii montażowej jest znany i dyskutowany w literaturze od wielu lat, to w znacznej większości realizowane badania i proponowane rozwiązania ukierunkowane były na cele związane z efektywnością realizowanych procesów (takie jak np. m.in. minimalizacja taktu produkcji, maksymalizacja stopnia wykorzystania posiadanych zdolności produkcyjnych).

Podjęcie się przez Autora opracowania modelu balansowania linii montażowej z uwzględnieniem aspektów jej ergonomiczności, w sposób jednoznaczny określam jako aktualny, ważny i potrzebny. Mimo postępującego poziomu automatyzacji i robotyzacji

procesów wytwórczych (zwłaszcza w branży *automotive*), stanowiącego kluczowe założenia tzw. rewolucji Przemysłu 4.0 i Przemysłu 5.0, znaczna część operacji montażowych (ze względu na ich specyfikę) nadal jest (i będzie) realizowana w sposób manualny – co stanowi wyzwanie w zakresie prawidłowej organizacji tego typu procesu. Biorąc pod uwagę fakt starzejącego się społeczeństwa oraz m.in. wymagań w zakresie adaptacji osób z ograniczeniami fizycznymi i intelektualnymi, uwzględnienie aspektów związanych z ograniczeniami zdrowotnościowymi pracowników w organizacji procesów produkcyjnych jest bez kierunku właściwym i potrzebnym.

W świetle powyższego uważam, że podjęty przez Autora problem badawczy jest bez wątpienia ważny i wpisuje się w aktualne potrzeby i kierunki badań w zakresie organizacji i zarządzania produkcją.

## **2. Ocena struktury i zakresu pracy**

Praca (wraz z załącznikami) liczy 254 strony i obejmuje swoim zakresem streszczenia (w języku polskim, angielskim i niemieckim), wprowadzenie, 4 rozdziały, podsumowanie spis bibliografii, spisy tabel, rysunków i wykresów oraz cztery załączniki: arkusz do obserwacji rozrzutu czasu na linii montażowej (załącznik 1), kwestionariusz badań ankietowych do oceny czynników ergonomicznego bilansowania (załączniki 2), kwestionariusz badań ankietowych do oceny czynników przy rotacji pracowników i oceny obciążenia części ciała (załącznik 3) oraz scenariusz wywiadów dla potrzeb oceny czynników pracy przy rotacji pracowników (załącznik 4).

Pierwsze dwa rozdziały mają charakter teoretyczny i obejmują swoim zakresem przegląd literatury oraz ważniejsze informacje z zakresu problematyki balansowania linii montażowej. W szczególności w rozdziale pierwszym przedstawiono istotę problemu balansowania linii montażowej, zaprezentowano system analityczny MTM jako narzędzia wspomagającego balansowanie linii montażowej, dokonano charakterystyki ważniejszych mierników wykorzystywanych do oceny zbalansowania linii oraz czynników niepożądanych w organizacji pracy ludzkiej na liniach montażowych. Dopełnienie rozdziału stanowi charakterystyka narzędzia w postaci wykresu Yamazumi oraz możliwości jego wykorzystania dla potrzeb diagnostyki zbalansowania linii montażowej, a także problematyka rotacji pracowników w zagadnieniu balansowania linii. Rozdział drugi został poświęcony znaczeniu rotacji pracowników w kontekście zmian demograficznych, przeglądowi metod oceny ryzyka ergonomicznego możliwych do wykorzystania w zakresie balansowania linii produkcyjnej,

a także problematyce ochrony pracowników przed nadmiernym obciążeniem i uciążliwością pracy oraz możliwości zastosowania egzoszkieleatów i robotów w celu odciążenia układu mięśniowo-szkieletowego.

W rozdziale trzecim dokonano charakterystyki metodyki badań oraz wyników badań dotyczących problematyki rozrzutu czasu, ważności czynników podczas ergonomicznego balansowania linii, rotacji pracowników na linii montażowej, zastosowania egzoszkieleatów, ustalania ograniczeń do modelu ergonomicznego balansowania linii oraz zastosowania algorytmu rotacji pracowników. Rozdział czwarty poświęcony został przedstawieniu założeń opracowanego modelu ergonomicznego balansowania linii montażowej a także jego weryfikacji.

Uzasadnienie podjęcia tematu, problem badawczy, zidentyfikowana luka badawcza, zakres i cel pracy, przedmiot badań, pytania badawcze oraz krótka charakterystyka metodyki pracy badawczej zostały zamieszczone we wprowadzeniu do pracy. Podsumowanie pracy obejmuje swoim zakresem syntezę informacji dotyczącą możliwości zastosowania i ograniczeń opracowanego modelu, koncepcje integracji grupy pracowników z poważnymi ograniczeniami zdrowotnymi, wnioski końcowe oraz kierunki dalszych badań.

Taki sposób przedstawienia treści nie budzi większych zastrzeżeń (układ pracy stanowi logiczną i przejrzystą strukturę, ułatwiającą czytanie pracy oraz zrozumienie kolejnych etapów realizacji zdefiniowanego celu). Niedosyt budzi tylko brak wykazu użytych w pracy symboli i skrótów, które ułatwiły by zrozumienie wielu kwestii poruszonych w treści pracy. Dyskusyjnym wydaje się również zamieszczenie słownika pojęć stosowanych w rozprawie – jako części wprowadzenia. Wydaje się, że bardziej odpowiednim rozwiązaniem było by zamieszczenie takiego słownika w końcowej części pracy.

### **3. Ocena oryginalności i wartość merytoryczna rozprawy**

#### **3.1. Ocena merytoryczna rozprawy**

Oceniana rozprawa ma charakter analityczno-projektowy i wypełnia lukę w zakresie istniejących modeli naukowych dedykowanych do równoważenia linii montażowej. Wartością dodaną zaprezentowanego rozwiązania jest integracja czynników o charakterze ekonomicznym z czynnikami ergonomicznymi uwzględniającymi możliwość zrównoważonego obciążenia różnych części ciała pracowników wykonujących prace montażowe. Na bazie szerokiego przeglądu literatury (obejmującego aż 233 pozycje literatury) Autor zidentyfikował lukę badawczą oraz opracował model koncepcyjny uwzględniający obiektywną i subiektywną ocenę

obciążenia biomechanicznego. Wspierając się środowiskiem PyCharm Community Edition zaimplementował opracowany model koncepcyjny, tworząc „gotowe” narzędzie możliwe do wykorzystania w warunkach przemysłowych.

W sposób pozytywny należy ocenić bardzo szeroki zakres zrealizowanych prac badawczych z wykorzystaniem zróżnicowanych metod i narzędzi badawczych (tj. obserwacje bezpośrednie, badania ankietowe i wywiady z ekspertami, eksperyment oraz studium przypadku), a także sposób interpretacji uzyskanych wyników – wskazujący w jednoznaczny sposób na istniejące potrzeby w zakresie balansowania linii montażowych z uwzględnieniem uwarunkowań ergonomicznych.

Praca ma charakter interdyscyplinarny i wpisuje się w obszary badawcze: „organizacja i zarządzanie produkcją” oraz „ergonomia, bezpieczeństwo pracy, kształtowanie środowiska pracy”, stanowiące przedmiot zainteresowania *Inżynierii produkcji* będącej na pograniczu dyscyplin naukowych *Inżynieria mechaniczna* i *Nauki o zarządzaniu i jakości*. Choć, według obowiązujących przepisów *Inżynieria produkcji* jest formalnie częścią dyscypliny *Inżynieria mechaniczna*, przypisanie niniejszej pracy do dyscypliny naukowej *Nauki o zarządzaniu i jakości* jest poprawne – Autor w swojej pracy skupił się bowiem na aspektach zarządzania procesowego oraz zarządzania zasobami – co jest bliższe naukom o zarządzaniu i jakości.

Od strony merytorycznej pracę oceniam w sposób jednoznacznie pozytywny. Zaproponowany przez Autora model ergonomicznego balansowania linii montażowej w produkcji pojazdów użytkowych został opisany w sposób kompleksowy, a sposób jego implementacji szczegółowo przedstawiony w końcowej części pracy. Zaprezentowana praca stanowi zarówno rozwiązanie problemu naukowego, jak – co jest również bardzo istotne – charakteryzuje się wysokim potencjałem wdrożeniowym.

### **3.2. Ocena oryginalności pracy**

Biorąc pod uwagę całokształt opiniowanej pracy, poziom jej oryginalności uznaję jako wysoki. Niewątpliwie oryginalnym elementem pracy, stanowiącym rozwiązanie zdefiniowanego problemu naukowego jest zaproponowany przez Autora trójpoziomowy model ergonomicznego balansowania linii montażowej umożliwiający (obok możliwości uzyskania rozwiązania w postaci zbalansowanej linii montażowej z uwzględnieniem ograniczeń fizycznych pracowników i istniejących obciążeń na poszczególnych stanowiskach montażowych):

- mapowanie obszarów wszystkich zadań roboczych i skoncentrowanie wysiłków na rzecz szybkiego przeprojektowania krytycznych stanowisk pracy,
- zapewnienie sprzyjających ergonomicznych warunków pracy na linii montażowej,
- zarządzanie dokumentacją dotyczącą oceny warunków pracy,
- możliwość stosowania modelu w dowolnej firmie zajmującej się produkcją pojazdów użytkowych,
- określenie ergonomicznych mierników efektywności wdrożeń w przedsiębiorstwach w kontekście równoważenia proergonomicznego linii produkcyjnych,
- identyfikację elementów (bądź etapów wdrożeń), które mają wpływ na kształtowanie metody proergonomicznego równoważenia linii montażowej.

Ważnym, pozytywnym elementem oceny pozostaje ukierunkowanie opracowanej metodyki na przedsiębiorstwa funkcjonujące w konkretnej branży (procesy montażowe w różnych branżach charakteryzują się bowiem dużą specyfiką i opracowanie rozwiązania uniwersalnego dedykowanego dla różnych branż było by rozwiązaniem niewłaściwym, uniemożliwiającym osiągnięcie zakładanych celów).

### 3.3. Uwagi krytyczne

Mimo, iż praca jest napisana w sposób zrozumiały i na dobrym poziomie merytorycznym Autor pracy nie ustrzegł się pewnych błędów, do których należy zaliczyć:

- Brak odnośników do materiałów źródłowych (np. w przypadku charakterystyki metod balansowania linii montażowej zamieszczonych w rozdziale 1).
- Brak wyjaśnienia większości oznaczeń skrótów oraz symboli wykorzystanych w formułach zaprezentowanych w rozdziale 1 oraz rozdziale 3.
- Stosowanie „skrótów myślowych”, które „wypaczają” znaczenie przekazywanych informacji (np. charakteryzując metodę maksymalnego stopnia nasycenia (str. 34-35) Autor podaje, iż jej zaletą jest to, że *„metodologia pozwala uzyskać jedno rozwiązanie, które okazuje się optymalne, ponieważ jej celem jest zminimalizowanie współczynnika opóźnienia”*, podczas gdy w kolejnym wierszu to, że wadą to, iż *„nie pozwala wyznaczyć jednego rozwiązania”*).
- Pobieżny sposób opisu poszczególnych etapów weryfikacji opracowanego modelu (o ile same badania, jak również opracowany model zostały opisane w sposób bardzo szczegółowy, o tyle sama weryfikacja została przedstawiona w sposób bardzo ogólny).

- Wielokrotne zamieszczanie tych samych pozycji bibliograficznych w spisie literatury (np. poz. 64 i 65, poz. 89 i 90, poz. 95 i 96, poz. 105 i 106, poz. 119 i 120, poz. 192 i 193 oraz poz. 199 i 200).

Ponadto lektura treści pracy skłania do sformułowania następujących pytań i uwag o charakterze dyskusyjnym lub wymagających dodatkowych wyjaśnień:

1. Na stronach 12-13 zawarto stwierdzenie, iż „...dotychczas istniejące systemy wspomagania równoważenia pracy nie sprawdzają się, ponieważ nie uwzględniają indywidualnego podejścia i obciążenia poszczególnych partii mięśni.” W świetle powyższego pojawiają się pytania: „Co Autor rozumie pod stwierdzeniem „nie sprawdzają się”? Czy nie jest to zbyt „daleko idąca” teza? Czy są jakieś wyniki badań, które pozwoliłyby potwierdzić jej słuszność?”
2. W ramach zdefiniowanego problemu badawczego (str. 16) wskazano, iż dostrzega się „brak modeli balansowania linii montażowej dostosowanych do specyfiki pojazdów użytkowych”. Czy na pewno w literaturze nie ma tego typu modeli (wydaje się bowiem, że opracowanych zostało wiele modeli balansowania linii projektowych)? Bardzo proszę o wyjaśnienie/rozwińcie tej kwestii.
3. W pracy Autor posługuje się pojęciem „rozzutu czasu”. Wydaje się, iż tego typu stwierdzenie jest pewnego rodzaju skrótem myślowym, który wymaga wyjaśnienia (niestety w zamieszczonym słowniku brakuje wyjaśnienia tego pojęcia).
4. Na stronie 23 Autor stwierdza, iż „eksperyment z zastosowaniem egzoszkieletu pozwolił na analizę wpływu zasobów technicznych na poziom optymalnego ergonomicznego balansowania linii...”. Czy na pewno przeprowadzone eksperymenty to umożliwiły? Po zapoznaniu się z treścią pracy wydaje się, że stwierdzenie to jest nieco „na wyrost”.
5. Przy charakterystyce metody rangowanych wag pozycyjnych Hendelzona-Birnie’go (str. 29) wskazano, iż jej wadą jest to, że „metodologia ta zapewnia jedno rozwiązanie, które nie jest najlepszym”. Skąd wiadomo, że rozwiązanie otrzymane tą metodą „nie jest najlepszym”?
6. Charakteryzując metodę odwróconych wag pozycyjnych (str. 29-30), Autor zawarł stwierdzenie: *Wówczas sekwencję przypisania rozpoczyna się nie od pierwszej, lecz od ostatniej pikiety*. Co w tym kontekście oznacza słowo „pikieta”?
7. Na stronie 55 zawarto „zagadkowe” sformułowanie: „Czas jest jednym z bardziej istotnych elementów przy kształtowaniu i wprowadzaniu produktu. Roztropne gospodarowanie tym czynnikiem rozpoczyna się już na etapie rozwoju produktu. Jest on ściśle powiązany z kwestią finansową w przedsiębiorstwie – im więcej czasu upłynęło, tym droższe staje się

*znalezienie ponownego rozwiązania*”. Co ono oznacza? Bardzo proszę o wyjaśnienie (uszczegółowienie) tej kwestii.

8. Na stronie 55 zawarto sformułowanie: *„Co więcej: zdolności produkcyjne są wykorzystywane do oceny popytu i presji inflacyjnej*”, które nasuwa na myśl pytanie: *„W jaki sposób zdolności produkcyjne wykorzystywane są do oceny popytu i presji inflacyjnej?* Bardzo proszę o wyjaśnienie tej kwestii.
9. Na stronie 61 zawarto niejasne sformułowanie: *„Przyczyny tak znacznych rozbieżności między przewidywaniami obecnych modeli a obiektywnie stwierdzonymi tendencjami w zakresie ryzyka są na razie niejasne, ale mogą wynikać z dodatkowych, jeszcze nie zidentyfikowanych czynników, które należy uwzględnić w modelach, i/lub możliwości, że ryzyko nie jest liniowo związane z czujnością i wydajnością w zadaniach laboratoryjnych*”. Co w tym kontekście oznacza *„czujność i wydajność zadań laboratoryjnych*? Podobnie na stronie 63 widnieje sformułowanie, iż *„W rezultacie procesy i linie technologiczne ulegają izolacji, a ich produktywność zauważalnie wzrasta*”. Co to w praktyce oznacza?
10. Badanie ankietowe dotyczące rotacji pracowników na linii montażowej zostały wykonane w dwóch firmach (Volkswagen Group Services w Niemczech oraz dużej firmie produkującej samochody użytkowe na terenie Polski) na łącznej grupie 27 respondentów. Czy taką grupę badawczą można uznać za reprezentatywną? Jeśli tak to na jakiej podstawie?
11. W ramach wniosków ze zrealizowanych prac badawczych (str. 106) stwierdzono, iż *„Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że najskuteczniejszą metodą walki z rozrzutem czasu jest wprowadzenie sekwencjonowania wariantów...”*. Na jakiej podstawie sformułowano taki wniosek? Czy można stwierdzić z całkowitą pewnością, że jest to metoda „najskuteczniejsza”? Co w takim wypadku rozumie się pod pojęciem „skuteczności”?
12. W tabeli 4 na stronie 111 przedstawiono „ranking środków zaradczych w celu redukcji rozrzutu czasu” dzieląc je na pozytywne (oznaczone kolorem zielonym) i negatywne (oznaczone kolorem czerwonym). Brakuje jednak wyjaśnienia na jakiej zasadzie dokonano tej klasyfikacji (np. Na jakiej podstawie określono, że zastosowanie bufora z podmontowanymi częściami charakteryzuje się „wysokim kosztem”?).
13. Na stronie 112 zawarto informację, iż badania dotyczące ważności czynników podczas ergonomicznego balansowania linii zostały przeprowadzone w formie „wywiadu nieformalnego”. Co to oznacza?

14. Przy wyborze najważniejszych czynników ergonomicznego balansowania linii przyjęto kryterium średniej arytmetycznej powyżej 4,0 oraz sumy punktów od wszystkich ekspertów powyżej 92. Na jakiej podstawie zostały przyjęte akurat takie wartości?
15. W ramach wniosków z badań przedstawionych na stronie 149 zawarto stwierdzenie, iż *„zastosowanie egzoszkieleatów rozszerza możliwość przydzielania stanowisk osobom z niepełnosprawnościami, które do tej pory nie mogły pracować na wszystkich stanowiskach pracy”*. Biorąc pod uwagę zakres zrealizowanych prac badawczych wydaje się, iż tego typu wniosek jest zbyt ogólny i nie do końca potwierdzony przedstawionymi w pracy wynikami.
16. Na rysunku 15 (strona 156) zamieszczono layout linii montażowej wykorzystanej do realizacji eksperymentów symulacyjnych. Brakuje jednak wyjaśnienia dotyczącego źródła pochodzenia tej linii (Czy jest to odwzorowanie linii rzeczywistej – czy też jest to rozwiązanie teoretyczne?) a także informacji w jaki sposób zostały ustalone wartości obciążeń na poszczególnych stanowiskach.
17. Jak wynika z informacji przedstawionych na stronie 157 *„napisany program... za pomocą algorytmów ustala najkorzystniejszą rotację pracowników w danym teamie przy uwzględnieniu zaplanowanych restrykcji”*. Co w tym kontekście oznacza „najkorzystniejsza rotacja wyników”? Jakie kryteria (funkcja/funkcje celu) brane są pod uwagę przy wyznaczeniu tej wartości?

### 3.3. Uwagi szczegółowe

W ogólnej ocenie praca została przygotowana starannie, a prezentowane treści ilustrowane są umiejętnie rysunkami, tabelami i wykresami. Autor posługuje się językiem właściwym dla prac naukowych (jedynym zastrzeżeniem w tym zakresie jest zamienne stosowanie formy bezosobowej – również w trzeciej osobie (np. „Autor stworzył...” – s. 4, s. 104, „Autor definiuje...” – s. 19.) i formy osobowej (np. „...znajdujemy...” – s. 34, „...Dlatego możemy...” – s. 48, „metodę MTM możemy zastosować...” – s. 56, „Możemy zdefiniować maksymalną jej wartość.” – s. 171), zamienne stosowanie czasu przeszłego i przyszłego (np. „...wyznaczono skalę z punktacją...”, „Posłużą one do opracowania...” – s. 118) oraz – dosyć często pojawiających kolokwializmów i tzw. skrótów myślowych np. „...liderzy przedsiębiorstw muszą ciężko pracować nad zaangażowaniem pracowników” - s. 58, „Większą optymalizację pracy zapewnią roboty podłączone do chmury...” – s. 96., „Nic bardziej błędnego.” – s. 105, „...po rozwiązaniu problemu partia takich samochodów może zostać

wpuszczona od razu na linię... - s. 109, „...czynnik 1 i 2 mają wspólne litery...” – s. 115, „...zgodność ocen wystawianych przez sędziów była przeciętna.” – s. 125, s. 129, „Czy w odczuciu pracowników linii produkcyjnej stanowiska żółte (potencjalnie krytyczne) lub zielone (niekrytyczne) są cięższe od tych wycenionych jako czerwone (krytyczne)? – s. 136 (pytanie 12 ankiety), „I tu właśnie zaczyna się sensowne wykorzystanie egzoszkieleatów” – s. 150, „przy założeniu, że każdy pracownik po godzinach zmienia swoje stanowisko pracy.” – s. 163, co raczej nie powinno mieć miejsca w tego typu opracowaniach). Niestety w pracy pojawia się również bardzo duża ilość błędów o charakterze stylistycznym i gramatycznym, których przykładami są np.:

- błędy stylistyczne i gramatyczne:

- s. 3 – „Autor stworzył...”,
- s. 31 – „Wstępne przetworzenie finalizuje pojedynczy przydział zadań, co odbywa się począwszy od końca linii montażowej”,
- s. 32 – „W efekcie konieczne jest wdrożenie narzędzia pozwalającego na weryfikację słuszności linii”,
- s. 32 - ... *del*weloper tej metody...”, „...z myślą o wyważaniu linii montażowych...”, „...mógł generować akceptowalne salda linii.”, „...program NULISP został w pełni interaktywny...”,
- s. 33 – „...i właściwie rozdzielać je w przypadku załamania się równowagi.”,
- s. 34 – „...a stacje mają małe nasycenie.”,
- s. 37 – „...aby uniknąć ugrzęźnięcia w perspektywie lokalnej...”, „... a następnie intensyfikacją w dobrych obszarach.”, „...czynności te można umieścić w centrum roboczym.”,
- s. 46 – „Oba artykuły oceniają ryzyko...”,
- s. 48 – „Problemem równoważenia linii montażowej jest znalezienie przypisania zadań...”,
- s. 51 – „Jednak wykorzystanie jej stanowi pobudkę dla problemu...”,
- s. 57 – „W celu oceny dobroci zbalansowanie linii montażowej...”,
- s. 67 – „Wykres Yamazumi to diagram ułożonych w stos słupków.”,
- s. 68 – „Należy również pamiętać o długiej drodze do komponentu.”
- s. 68 – „Sukces w zastosowaniu wykresów Yamazumi może wynikać z tego, że można stosować je na tablicach magnetycznych, które są dostępne i znajdują się w pobliżu

*linii montażowych, tym samym wizualizując obciążenia i proces montażu pozwala na bieżąco prześledzić go w kolejnych sekwencjach”*,

- s. 69 – *„Czas ten (robocizna bądź maszyna) poświęca na wykonanie pracy...”*,
- s. 71 – *„Kwestionowanie obecnego procesu... w celu dodania większej wartości można zaszcześcić...”*,
- s. 71 – *„Posiadanie możliwości, gdzie w procesie występują marnotrawne działania...”*,
- s. 76 – *„Właściwie przeprowadzony proces ułatwi ustalenie optymalnej struktury i wielkości zatrudnienia dzięki zapewnieniu podmiotowi kompetentnych pracowników”*,
- s. 78 – *„2. Wybrane aspekty do ergonomicznego balansowania linii montażowych”*,
- s. 79 – *„Wiele firm umożliwia swoim pracownikom na długą aktywność zawodową”*,
- s. 95 – *„Dziś najtrudniejszym wyzwaniem jest wykrywać i oceniać...”*,
- s. 106 – *„Każdy z wariantów został wyceniony czasowo...”*,
- s. 126 – *„pracownicy są sceptycznie nastawieni na wyniki tej metody...”*,
- s. 131 – *„Część pracowników może nigdy się nie rotować.”*,
- s. 137 (pytanie nr 14 ankiety) – *„Czy pracownik pracuje przez dwie rotacje teamu po sobie samym na tym samym stanowisku?”*,
- s. 146 – *„Pracownik nosi mechaniczny system wspomagający jak drugą parę nóg.”*

Ponadto w pracy znajdują się również (nieliczne) powtórzenia i błędy edytorskie, jak np.:

- powtórzenia:
  - s. 5. – *„...który uwzględnia...”*; *„Każdy z nich uwzględnia...”*,
  - s. 57 – *„O ile inwestycje w poprawę produktywności łatwo udowodnić..., to inwestycje w poprawę ergonomii jest już trudniej udowodnić.”*
  - s. 67 – *„...należy zaprojektować system produkcyjny lub system produkcyjny w taki sposób...”*,
  - s. 108 – *„W przypadku zabudowy części z niskim procentem zabudowy...”*,
  - s. 187 – *„...ale prowadziłyby do lepszego, bardziej optymalnego zrównoważenia.”*
- błędy o charakterze edytorskim:
  - s. 27 – jest: *„... jest działaniem mającą na celu...”*, powinno być: *„...jest działaniem mającym na celu...”*,
  - s. 30 - jest: *„...odpowiada mniej więcej czasowi zagregowanego.”*, powinno być: *„...odpowiada mniej więcej czasowi zagregowanemu.”*,

- s. 46 – jest: „...mierzony za pomocą współczynnik...”, powinno być: „...mierzony za pomocą współczynnika...”,
- s. 50 – jest: „Wyposażenie każdej stacji, w którego skład...”, powinno być: „Wyposażenie każdej stacji, w której skład...”,
- s. 55 - jest: „Już na etapie projektowanie...”, powinno być: „Już na etapie projektowania...”,
- s. 57 - jest: „Inwestycję...”, powinno być: „Inwestycja...”,
- s. 73 - jest: „Jak wskazują Weise i Bruder, do rotacja pracy...”, powinno być: „Jak wskazują Weise i Bruder, rotacja pracy...”,
- s. 92 - jest: „...działania dla tego typy pracy...”, powinno być: „...działania dla tego typu pracy...”,
- s. 92 - jest: „...działania dla tego typy drgań...”, powinno być: „...działania dla tego typu drgań...”,
- s. 94 - jest: „Wśród ważnych czynniki w środowisku pracy...”, powinno być: „Wśród ważnych czynników w środowisku pracy...”,
- s. 94 - jest: „...ponieważ wpływają na zdrowie i bezpieczeństwo oraz pozytywne samopoczuciem pracowników.”, powinno być: „...ponieważ wpływają na zdrowie i bezpieczeństwo oraz pozytywne samopoczucie pracowników.”,
- s. 110 – jest: „Najlepszym sposobem na minimalizację rozrzut czasowego...”, powinno być: „Najlepszym sposobem na minimalizację rozrzutu czasowego...”,
- s. 117 – jest: „...które wpływają na ergonomiczne balansowania linii.”, powinno być: „...które wpływają na ergonomiczne balansowanie linii.”,
- s. 121 – jest: „...o najwyższym stopniu zagrożenia biomechanicznym pozwala na...”, powinno być: „...o najwyższym stopniu zagrożenia biomechanicznego pozwala na...”,
- s. 162 – jest: „Pracownicy 5, 7, 8, 9 maja dolegliwości...”, powinno być: „Pracownicy 5, 7, 8, 9 mają dolegliwości...”,
- s. 166 – jest: „...prace na stanowiskach obciążających ciężko dana część ciała,...”, powinno być: „prace na stanowiskach obciążających ciężko daną część ciała,...”,
- s. 173 – jest: „...prace zgodnych z ustawami i normami BHP,”, powinno być: „...prace zgodne z ustawami i normami BHP,”,
- s. 173 – jest: „- subiektywna ocenę ergonomisty...”, powinno być: „- subiektywną ocenę ergonomisty...”,

- s. 1187 – jest: „*Ohano sklasyfikował...*”, powinno być: „*Ohno sklasyfikował...*”;
- s. 196 – jest: „*W drugi etapie...*”, powinno być: „*W drugim etapie...*”.

W niektórych miejscach brakuje również znaków interpunkcyjnych (przecinki) oraz nie usunięto tzw. „sierot” na końcach wierszy.

#### **4. Podsumowanie i wniosek końcowy**

Biorąc pod uwagę całokształt ocenianej pracy stwierdzam, iż recenzowana rozprawa doktorska mgr. inż. Marka Szkudlarka stanowi oryginalne rozwiązanie problemu z obszaru organizacji i zarządzania produkcją, wykazuje ogólną wiedzę Kandydata w dyscyplinie „Nauki o zarządzaniu i jakości” oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Jako oryginalne rozwiązanie problemu naukowego uznaję opracowany, trójpoziomowy model ergonomicznego balansowania linii montażowej w produkcji pojazdów użytkowych.

Po zapoznaniu się z treścią pracy stwierdzam, iż Doktorant wykazał się znajomością literatury z zakresu tematyki objętej przedmiotem rozprawy, umiejętnością praktycznego wykorzystania dotychczasowych zdobyczy nauki dla potrzeb rozwiązania realnych problemów z zakresu balansowania linii montażowych, uwzględniających aspekty ergonomiczne. Zauważone w rozprawie doktorskiej nieprawidłowości oraz wskazane w punktach 3.2 i 3.3 niniejszej recenzji uwagi nie mają zasadniczego znaczenia dla wysokiej wartości merytorycznej pracy. Dlatego też rozprawa w całości może być oceniona pozytywnie.

Konkludując uważam, że opiniowana praca spełnia warunki stawiane przez Ustawę z dnia 20 lipca 2018 *o stopniach i tytule naukowym* (Dz.U. z 2018, poz. 1668) w dyscyplinie „Nauki o zarządzaniu i jakości” i wnioskuję o jej dopuszczenie do publicznej obrony.

*Arkadiusz Gola*