

Poznań 10.06.2019 r.

dr hab. inż. Krzysztof Bieńczyk  
prof. nadzw. Politechniki Poznańskiej  
ul. Hugona Kołtataja 138  
61-421 Poznań



### Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Pawła Lelenia pt.:

**„Wpływ podatności transportowej na dobór multimodalnych technologii transportu produktów szybko psujących się.”**

Opinia została opracowana na zlecenie prof. dr hab. inż. Marianny Jacyny Dziekana Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej (umowa o dzieło: 1160/00149/19).

Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Mariusz Wasiak, prof. uczelni.

#### 1. Zawartość rozprawy

Recenzowana rozprawa obejmuje 229 stron i została podzielona na 8 rozdziałów i wstęp. Dodatkowo zawarto streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz ważniejszych oznaczeń, spis tabel, spis rysunków i bibliografię obejmującą 143 pozycje.

W treści rozprawy zawarto:

1. Wstęp, gdzie podano wprowadzenie w zakres tematyczny rozprawy.
2. Charakterystykę produktów szybko psujących się i ich podatności transportowej, obejmuje przegląd definicji podatności transportowej sformułowanej przez różnych autorów. Istnieje duża trudność w wyznaczeniu podatności transportowej w sensie ilościowym. W

rozprawie przyjęto w sposób arbitralny, iż dla produktów szybko psujących się trwałość nie przekracza 185 dni. Do przewozu żywności szybko psującej musi być wykorzystywany specjalistyczny tabor. W trakcie transportu występują narażenia mechaniczne, które dzieli się na:

- narażenia statyczne, związane głównie z piętrzeniem ładunku,
- narażenia dynamiczne powodowane zmianą kierunku jazdy, nagłymi przyspieszeniami, wibracjami pochodzącymi od silnika czy nierówności drogi.

Wśród produktów szybko psujących się pochodzenia roślinnego wyróżnia się owoce i warzywa oraz ich przetwory a także kasze i mąki.

Na podatność transportową świeżych owoców i warzyw mają wpływ temperatura oraz jej wahania, wilgotność względna, dojrzałość fizjologiczna itd. Bardzo istotne jest również przygotowanie owoców i warzyw do transportu o czym bardzo często się zapomina tzn. schłodzenie w możliwie jak najkrótszym czasie po zbiorze do wymaganej temperatury przechowywania i transportu (realizowane jest to w komorach próżniowych).

Do produktów szybko psujących się pochodzenia zwierzęcego zalicza się mięso i jego przetwory, tłuszcze zwierzęce, mleko i jego przetwory oraz jaja. Doktorant analizując mechanizmy psucia się produktów pochodzenia zwierzęcego nie dokonuje podziału na produkty znajdujące się w stanie zamrożenia i produkty głęboko zamrożone oraz na produkty nie będące w stanie zamrożonym lub głęboko zamrożonym, tak jak jest to przyjęte w Umowie o międzynarodowych przewozach szybko psujących się artykułów żywnościowych i o specjalnych środkach transportu przeznaczonych do tych przewozów (ATP).

Następnie Doktorant omawia podstawowe cechy produktów szybko psujących się istotne ze względu na ich podatność transportową:

- odporność mechaniczną,
- wymagania temperaturowe,
- wilgotność powietrza,

- skład atmosfery,
- wydzielanie etylenu,
- wymiary, kształt i masa.

Autor rozprawy wskazuje również na znaczenie czasu transportu.

### 3. Wybrane technologie transportu multimodalnego.

W początkowej części Doktorant przedstawia klasyfikację środków transportu do przewozu żywności szybko psującej się według Umowy ATP. Należy w tym miejscu zauważyć, iż w obecnie obowiązującej Umowie ATP wyróżnia się pięć a nie cztery grupy pojazdów. Brak grupy pojazdów chłodzonych mechanicznie i ogrzewanych oraz w grupie pojazdów ogrzewanych wyróżnia się cztery klasy a nie jak podano w tabeli 1 tylko dwie klasy. W dalszej części rozdziału Autor scharakteryzował transport multimodalny oraz jego szczególny przypadek transport intermodalny. Transport intermodalny realizowany w kontenerach czy też nadwoziach wymiennych jest rekomendowany do przewozu produktów o niskiej podatności transportowej. Rozwój transportu intermodalnego napotyka wiele barier, szczególnie po stronie transportu kolejowego.

4. Celem pracy jest opracowanie metody doboru technologii transportu multimodalnego dla produktów szybko psujących, przy uwzględnieniu współczynnika podatności transportowej ładunku oraz wielogałęziowych technologii transportowej. Autor rozprawy sformułował następującą tezę „Identyfikacja współczynników podatności transportowej ładunków szybko psujących się oraz ich użycie w metodzie doboru technologii transportu multimodalnego dla tych ładunków pozwala na wdrożenie efektywnej i bezpiecznej technologii ich transportu”.
5. Model doboru multimodalnej technologii transportu produktów szybko psujących się obejmuje:
  - założenia do modelu,
  - specyfikację elementów modelu,

- charakterystykę produktów szybko psujących się,
- postaciach transportowych ładunków,
- środki pracy obejmujące urządzenia załadunkowe i środki przewozowe,
- kategorie pracy ludzkiej,
- trasy przemieszczenia,
- zadania przewozowe,
- technologię transportu multimodalnego,
- zmienne decyzyjne,
- ograniczenia,
- funkcje kryterium.

6. Współczynnik podatności transportowej produktów szybko psujących się. Autor zaproponował osiemnaście cząstkowych współczynników podatności, przyjmujących wartości z przedziału  $\langle 0, 1 \rangle$ . Im wyższa wartość współczynnika tym podatność transportowa większa. Cząstkowe współczynniki podatności transportowej stanowią składowe wektora podatności transportowej, wyrażającego podatność transportową w sposób ilościowy.

W rozprawie podano zależności umożliwiające wyznaczenie wartości następujących współczynników cząstkowych podatności ze względu na:

- maksymalną temperaturę powietrza w bezpośrednim otoczeniu ładunku,
- minimalną temperaturę powietrza w bezpośrednim otoczeniu ładunku,
- wahania temperatury powietrza w bezpośrednim otoczeniu ładunku,
- maksymalną wilgotność powietrza w bezpośrednim otoczeniu ładunku,
- minimalną wilgotność powietrza w bezpośrednim otoczeniu ładunku,
- wahania wilgotności powietrza w bezpośrednim otoczeniu ładunku,
- wydzielanie etylenu,

- wrażliwość ładunku na etylen,
- konieczność stosowania modyfikowanej atmosfery w bezpośrednim otoczeniu ładunku,
- uszkodzenia mechaniczne spowodowane oddziaływaniami statycznymi,
- uszkodzenia mechaniczne spowodowane oddziaływaniami dynamicznymi,
- dopuszczalny czas transportu ładunku,
- maksymalny wymiar ładunku,
- wartość wymiaru uprzywilejowanego,
- wykorzystanie ładowności,
- masę sztuki ładunku lub opakowania jednostkowego wraz z ładunkiem,
- objętość sztuki ładunku lub opakowania jednostkowego wraz z ładunkiem,
- wartość ładunku.

7. Podatnościowa metoda doboru multimodalnych technologii transportu produktów szybko psujących się.

W zadaniu optymalizacyjnym uwzględnione jest 19 kryteriów cząstkowych – 18 związanych z podatnością transportową i 1 związane z kosztami transportu. Nie wszystkie kryteria cząstkowe są istotne dla niektórych grup produktów, przez co ulega zmniejszeniu wymiar wektora współczynników podatności transportowej. W zależności od uwzględnionych współczynników podatności Autor sformułował pięć zadań optymalizacyjnych. Następnie przedstawił algorytmy metody oraz zaproponował dwie metody wielokryterialnej oceny wariantów:

- metodę punktową,
- metodę MAJA,

8. Implementacja metody doboru multimodalnych technologii transportu produktów szybko psujących się została wykonana w języku obliczeniowym VBA.

9. Przykłady zastosowania metody doboru multimodalnych technologii transportu produktu szybko psujących się, stanowi praktyczne pokaz wykonanego przez Doktoranta programu obliczeniowego. W rozprawie przedstawiono dobór technologii, transportu dla:

- owoców klimakterycznych,
- produktów pakowanych w opakowania gazoszczelne.

10. Wnioski końcowe rozprawy Doktorat podzielił na wnioski odnoszące się do:

- rozważań teoretycznych
- działań praktycznych zrealizowanych w dysertacji.

## **2. Cel i zakres pracy**

Doktorant na podstawie analizy źródeł literaturowych w rozdziale trzecim podał cel pracy „opracowanie metody doboru technologii transportu multimodalnego dla ładunków szybko psujących się, przy uwzględnianiu współczynników podatności transportującej ładunków oraz wielogłęziowych technologii transportu”. Mając na uwadze cel rozprawy Doktorant uporządkował wiedzę dotyczącą technologii transportu produktów szybko psujących się, opracował metodę wyznaczania podatności transportacji produktów szybko psujących się, zbudował model doboru multimodalnych technologii transportu oraz dokonał jego implementacji komputerowej. Działanie programu zilustrował na przykładach obliczeniowych. Poprzez realizację wyżej wymienionego zakresu pracy doktorskiej w pełni zrealizował cel swojej rozprawy.

## **3. Ocena merytoryczna pracy**

Autor w rozprawie podjął bardzo istotny problem multimodalnych technologii transportu produktów szybko psujących się. Produkty szybko psujące się to głównie żywność i leki. W przypadku żywności obszary jej wytwarzania znajdują się w znacznej odległości od miejsc jej konsumpcji np. banany, owoce cytrynowe, wołowina.

Doktorant doboru technologii transportu postanowił dokonać w oparciu o kryterium płatności transportowej. W tym celu dokonał parametryzacji składowych wektorami podatności.

Wektor składa się z 18 składowych wyspecyfikowanych przez Doktoranta. Opracowanie procedury wyznaczenia składowych stanowi znaczny wkład do rozwoju wiedzy nad organizacją przewozem ładunków szybko psujących się. Należy podkreślić, iż jest to nowatorski koncepcja

Każda nowatorska koncepcja musi być doskonała jak każdy prototyp. Poniższe uwagi mają na celu pomóc Autorowi w udoskonaleniu opracowanej metody. Jest to zadanie bardzo istotne gdyż polscy transportowcy są liczącym graczem na unijnym rynku transportowym. Proponuje w ramach doskonalenia „prototypu”- uwzględnić wymagania w sformułowane w przyjętych, przez Polskę aktach prawnych np: Umowa ATP, która żywność szybko psującą dzieli na :

- żywność znajdującą się w stanie zamrożonym lub głęboko zamrożonymi,
- żywność nieznajdującą się w stanie zamrożonym lub głęboko zamrożonym.

W Umowie ATP określone są temperatury przewozu:

- żywność znajdującą się w stanie zamrożonych lub głęboko zamrożonymi,
- wybranych produktów nie będących w stanie zamrożonym lub głęboko zamrożonym,
- wahania temperatury powietrza, cyrkulacyjnego w przestrzeni ładunkowej, powodowane odszranianiem parownika mogą spowodować przyrost temperatury ładunku o 3°C ale tylko na powierzchni ładunku,
- procedury doboru technologii transportu muszą uwzględnić możliwości techniczne środka transportu, praktycznie w środkach transportu drogowego dokładności utrzymania temperatury powietrza w przypadku pracy w trybie modulacji wynosi  $\pm 0,8^{\circ}\text{C}$ , a w trybie włącz/wyłącz dokładności utrzymania temperatury cyrkulującego powietrza jest znacznie niższa,
- w środkach transportu drogowego aktualnie brak jest możliwości kontroli: wilgotności względnej, składu atmosfery i zawartości etylenu.

Warto również przeanalizować współzależność między składowymi wektora podatności, przykładowo lody konsumpcyjne cechują się dużą podatnością na obciążenia statyczne, gdy są

transportowane w temperaturze określonej w Umowie ATP (-20°C), jednakże w temperaturze powyżej -14°C pod naciskiem mogą tracić swój kształt.

Doprecyzowanie wymaga również pojęcie bezpieczeństwa, ponieważ w różnych dokumentach jest odmiennie rozumiane.

Proponuję również używać pojęć stosowanych w dokumentach normatywnych, zastępując naładunek określeniami stosowanymi np. w Umowie ADR; załadunek i napełnienie w odniesieniu do cystern.

Główne osiągnięcia Doktoranta to przede wszystkim:

- opracowanie metody doboru technologii multimodalnego transportu produktów szybko psujących się w oparciu o podatność transportową ładunku,
- przygotowanie narzędzia obliczeniowego umożliwiającego określenie wartości składowych wektora podatności transportowej,
- wykonanie komputerowej implementacji opracowanej metody wraz z jej przetestowaniem,
- zebranie i usystematyzowanie wiedzy dotyczącej transportu żywności szybko psującej się.

Należy w tym miejscu podkreślić duży nakład pracy Doktoranta przy realizacji rozprawy. Praca ma charakter interdyscyplinarny, obejmuje wiedzę z transportu, przechowalnictwa oraz metod optymalizacji, stanowi doskonały punkt startowy do dalszego rozwoju wiedzy w zakresie transportu produktów szybko i łatwo psujących się.

#### **4. Wartość użyteczna pracy**

Zaproponowana w rozprawie procedura doboru technologii multimodalnego transportu produktów szybko psujących wymaga dostarczenia wielu informacji o przemieszczanym produkcie, dlatego też może być wykorzystana przy transporcie dużej masy ładunku na duże odległości np. bananów. Ponieważ potencjalne straty mogą być bardzo duże i warto ponieść znaczący nakład pracy na etapie organizacji przewozu, aby ich unikać.



Natomiast gdy masa przemieszczanych ładunków nie będzie zbyt duża, należy zastanowić się nad możliwością uproszczenia procedury poprzez redukcję wymiaru wektora podatności. Przy redukcji wektora należałoby uwzględnić możliwości sprzętu dostępnego na rynku usług transportowych.

W utylitarnej wersji komputerowej implementacji procedury warto temperaturę wyrażać w skali Celsjusza a nie Kelwina, gdyż stopnie Celsjusza są lepiej wyczuwalne przez użytkownika i dzięki temu będzie można uniknąć przypadkowych błędów.

Uzasadnione jest również rozważeniem możliwości przygotowania specjalnej modyfikacji programu dla transportu intermodalnego, który Doktorant wskazuje jako bardzo przydatny do przemieszczenia produktów szybko psujących się.

#### **5. Uwagi końcowe**

Prezentowana rozprawa doktorska napisana jest rzeczowo i w sposób zrozumiały. Podane uwagi krytyczne mają charakter dyskusyjny i powinny być inspiracją dla Doktoranta do dalszych analiz teoretycznych i badań eksperymentalnych dotyczących nowatorskich rozwiązań w zakresie realizacji multimodalnych technologii transportu ładunków szybko psujących się. Uwagi te nie pomniejszają wartości opiniowanej pracy, którą oceniam wysoko.

#### **6. Wniosek do Rady Wydziału Transportu Politechniki Warszawskiej**

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska jest wartościową pracą naukową. Doktorant wykazał się umiejętnością formułowania problemów badawczych i rozwiązywania ich przy użyciu właściwych metod naukowych. Wykazał się także umiejętnością wykorzystania istniejącej wiedzy z zakresu transportu, przechowalnictwa i metod optymalizacji.

Wnioskuje o przyjęcie pracy mgr inż. Pawła Lelenia jako rozprawy doktorskiej spełniającej wymagania **Ustawy o stopniach i tytułach naukowych** i jej dopuszczenia do publicznej obrony. Praca ta stanowi znaczące osiągnięcie Autora i jest istotnym wkładem do poszukiwania optymalnych rozwiązań w zakresie doboru multimodalnych technologii transportu ładunków szybko psujących się.

*K. Binczak*