

Politechnika Śląska
Dyscyplina Nauki o Zarządzaniu i Jakości

mgr inż. Paweł Górniok

**Modelowanie zrównoważonych przepływów ładunków na
obszarach zurbanizowanych**

Autoreferat pracy doktorskiej

Promotor:

dr hab. inż. Katarzyna Dohn, prof. PŚ

Promotor pomocniczy:

dr inż. Edyta Przybylska

SPIS TREŚCI AUTOREFERATU

1.	Wprowadzenie.....	3
2.	Cele pracy oraz pytania badawcze	4
3.	Procedura badawcza.....	6
4.	Model zrównoważonych przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych.....	7
5.	Analiza scenariuszowa z elementami analizy wrażliwości kluczowych zmiennych opracowanego modelu zrównoważonych przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych.....	14
6.	Wnioski końcowe.....	17

1. Wprowadzenie

Logistyka może odgrywać i odgrywa znaczącą rolę w dobie narastającego globalnego problemu, jakimi są przyspieszające procesy cieplarniane, wzrost zanieczyszczeń środowiska naturalnego oraz pogłębiające się dysproporcje w sferze społecznej oraz gospodarczej. Rosnąca emisja gazów cieplarnianych oraz bezustanna eksploatacja nieodnawialnych surowców energetycznych pogłębia nierównowagę w sferze społecznej, środowiskowej oraz gospodarczej, co szczególnie widoczne jest na obszarach silnie zurbanizowanych, charakteryzujących się bardzo dużą intensywnością przepływów ładunków. Wydaje się, że logistyka jest jedną z kluczowych dyscyplin mogących przyczynić się nie tylko do wyhamowania wyżej wymienionych efektów szkodliwych dla środowiska, społeczeństwa czy też gospodarki, ale poprzez integrację z nowoczesnymi technologiami z różnych dziedzin, doprowadzić może do wzrostu tempa prac i badań mających na celu całkowite zatrzymanie lub też odwrócenie niekorzystnych trendów obserwowanych obecnie w skali globalnej.

Najbardziej dotknięte problematyką zanieczyszczenia środowiska naturalnego, w tym również powietrza, są regiony najmocniej zurbanizowane. Z danych statystycznych wynika, że na przykładzie Polski największą całkowitą emisję dwutlenku węgla w 2018 r. odnotowano w województwach: mazowieckim (17% krajowej emisji tego gazu) oraz łódzkim i śląskim (po ok. 15%). Najmniejsza emisja CO₂ charakteryzowała województwa: podlaskie (ok. 1%) oraz warmińsko-mazurskie i lubuskie (po ok. 2% krajowej emisji dwutlenku węgla). Głównym antropogenicznym źródłem emisji dwutlenku węgla są procesy spalania paliw, z których w 2018 r. pochodziło 92% całkowitej emisji CO₂. W kategorii tej największy udział stanowiło – podobnie jak w poprzednich latach – spalanie paliw w: przemyśle energetycznym (48%), transporcie (19%)¹. Można zaobserwować zatem, że transport będący podstawą wszystkich procesów logistycznych jest wymieniany jako drugi w kolejności, po przemyśle energetycznym, sprawca zanieczyszczeń powietrza oraz efektu cieplarnianego, co bezpośrednio przekłada się na jakość oraz długość życia mieszkańców tych obszarów.

Intensywność przepływu ładunków na obszarach zurbanizowanych może być różna w zależności od różnych czynników. Do takich czynników należeć mogą: wielkość miasta, rodzaj przewożonego ładunku, dostępna infrastruktura transportowa oraz popyt na towary i usługi. Na ogół większe miasta cechują się wyższym poziomem przepływów ładunków, ponieważ charakteryzują się większą koncentracją działalności gospodarczej i większą liczbą mieszkańców. Podobnie jak miasta z dobrze rozwiniętą infrastrukturą transportową, różnych gałęzi transportu, taką jak: porty, lotniska, autostrady i koleje, wykazują tendencję do wyższych przepływów ładunków. Należy również podkreślić, że na intensywność przepływu ładunków może mieć wpływ także rodzaj przewożonego ładunku. W miastach, w których dominuje sektor produkcyjny lub przemysłowy, można identyfikować większe przepływy ładunków związanych z surowcami, wyrobami gotowymi i sprzętem przemysłowym. Natomiast miasta z przeważającym sektorem handlu detalicznego mogą charakteryzować się wyższym poziomem przepływów ładunków związanych z towarami konsumpcyjnymi i produktami spożywczymi.

Skuteczne zarządzanie tymi czynnikami ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia wydajnego i zrównoważonego transportu towarów na obszarach miejskich. Szeroko rozumiana logistyka i związana z nią infrastruktura ma znaczący wpływ na rozwój poszczególnych regionów. W związku z faktem, że końcowi odbiorcy finalnych produktów statystycznie zamieszkują najczęściej obszary najbardziej zurbanizowane, to tam właśnie wzrost intensywności procesów logistycznych jest zjawiskiem nieuniknionym. Szczególnie dotyczy to

¹ Ochrona środowiska 2020, <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/srodowisko-energia/srodowisko/ochrona-srodowiska-2020,1,21.html> [dostęp 21.08.2021 r.], s. 89.

obszarów zarówno już tych rozwiniętych, jak i dopiero rozwijających się. Naturalnie im bardziej zurbanizowany obszar, tym bardziej jest on narażony na negatywne wpływy spowodowane transportem, w związku z czym konieczna wydaje się optymalizacja procesów logistycznych związanych z realizacją procesów transportowych na tych obszarach.

Ze „Strategii Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 r.” wynika, że w części obszarów zurbanizowanych ruch samochodów i pojazdów ciężarowych powinien być ograniczany m.in. poprzez budowę obwodnic. Rozwijana będzie również infrastruktura paliw alternatywnych, by zapewnić możliwość wykorzystania w szerszym zakresie pojazdów napędzanych takim paliwem w ruchu miejskim. Promowane będzie wykorzystanie pojazdów zeroemisyjnych w połączeniach ostatniej mili, w ramach przewozów towarowych w miastach².

Obecnie coraz bardziej powszechne stają się w dużych aglomeracjach strefy zeroemisyjne, które coraz bardziej rozszerzają swoje obszary wychodząc poza ścisłe centra miast. Pojazdy z tradycyjnymi silnikami spalinowymi przestają być akceptowalnym środkiem transportu zarówno osób, jak i towarów, co wpływa na konieczność ponownego przeprojektowania nie tylko infrastruktury transportowo-energetycznej, ale całej koncepcji logistyki przepływów towarowych na tych obszarach. Koniecznym jest również weryfikacja sposobów, w jaki przepływy ładunków realizowane są zarówno w obrębie obszarów zurbanizowanych oraz w jaki sposób te towary są na tych obszarach konsolidowane, dekonsolidowane oraz dostarczane do miejsc docelowych.

2. Cele pracy oraz pytania badawcze

Biorąc pod uwagę powyższe rozważania podstawowy problem badawczy dysertacji dotyczy **modelowania przepływów ładunków uwzględniających założenia zrównoważonego rozwoju na obszarach zurbanizowanych**. Dla tak postawionego problemu badawczego sformułowano następujące pytania badawcze:

- P1:** Jaka jest istota przepływów towarowych uwzględniających założenia zrównoważonego rozwoju?
- P2:** Jakie są determinanty zrównoważonych przepływów towarowych?
- P3:** Jaka jest struktura przestrzenna przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych?
- P4:** Jakie elementy infrastruktury punktowej umożliwiają realizację zrównoważonych przepływów towarowych na obszarach zurbanizowanych?
- P5:** Jaka rolę pełnią interesariusze przepływów towarowych na obszarach zurbanizowanych?
- P6:** Jakie dostępne technologie powinny zostać wykorzystane do osiągnięcia założeń zrównoważenia przepływów towarowych na obszarach zurbanizowanych?
- P7:** Jaka jest wrażliwość zmiennych wejściowych zaproponowanego modelu na efekt zrównoważenia przepływów towarowych na wybranym obszarze zurbanizowanym?

W oparciu o powyższe pytania badawcze sprecyzowano cel główny dysertacji i cele szczegółowe. **Celem głównym jest opracowanie modelu zrównoważonych przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych.**

² Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku, <https://www.gov.pl/web/infrastruktura/projekt-strategii-zrownowazonego-rozwoju-transportu-do-2030-roku2> [dostęp 27.01.2021 r.], s. 110-111.

Obok celu głównego sformułowano następujące **cele szczegółowe**:

Cele teoriopoznawcze:

1. Badanie teorii przepływów ładunków uwzględniających założenia zrównoważonego rozwoju.
2. Poznanie wielowymiarowego konstruktów przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych.
3. Identyfikacja determinantów zrównoważonych przepływów ładunków.
4. Określenie struktury przestrzennej przepływów towarowych na obszarach zurbanizowanych.
5. Identyfikacja elementów infrastruktury punktowej do realizacji zrównoważonych przepływów ładunków.

Cele użytkowe:

1. Ocena roli interesariuszy zrównoważonych przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych.
2. Weryfikacja determinantów zrównoważonych przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych.
3. Konceptualizacja modelu zrównoważonych przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych.
4. Ocena wrażliwości zaproponowanego modelu zrównoważonych przepływów ładunków na wybranym obszarze zurbanizowanym.

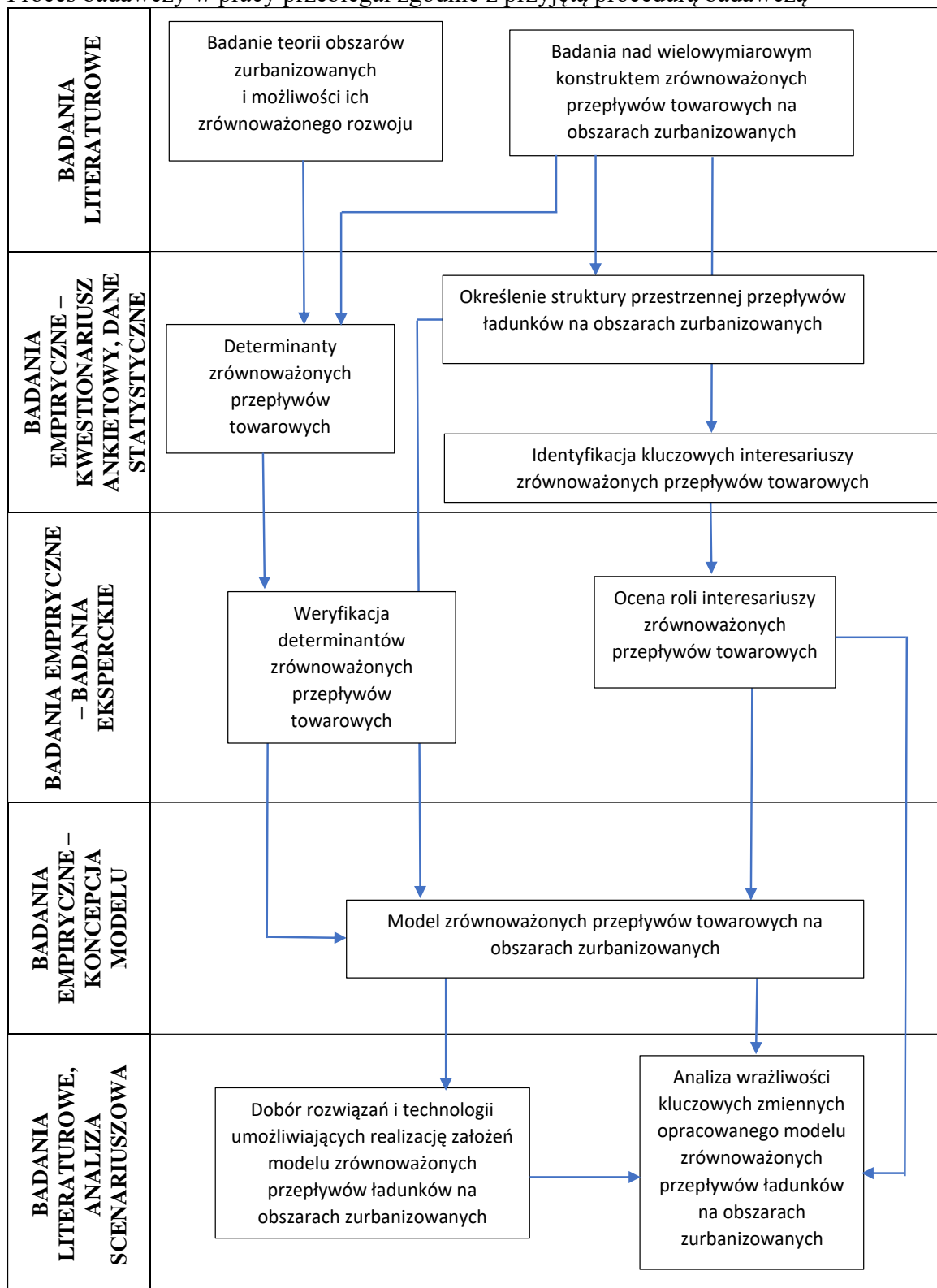
W pracy została poddana rozważaniom następująca **teza pracy**:

Zaproponowany model przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych, uwzględniający założenia zrównoważonego rozwoju oraz wykorzystanie efektywnych technologii poprzez dobór różnych ich kombinacji, pozwala na opracowanie trzech scenariuszy zastosowania modelu uwzględniających:

- prognozowaną wielkość wydatków, która musi zostać poniesiona przez kluczowych interesariuszy,
- wybranych efektów ekonomicznych (przychody/koszty),
- wybranych efektów środowiskowych (zużycie paliw kopalnych) i
- wybranych efektów społecznych (emisja CO₂) stanowiących ich pochodną.

3. Procedura badawcza

Proces badawczy w pracy przebiegał zgodnie z przyjętą procedurą badawczą



Rysunek 1. Schemat procesu badawczego przyjętego w dysertacji.

Źródło: opracowanie własne.

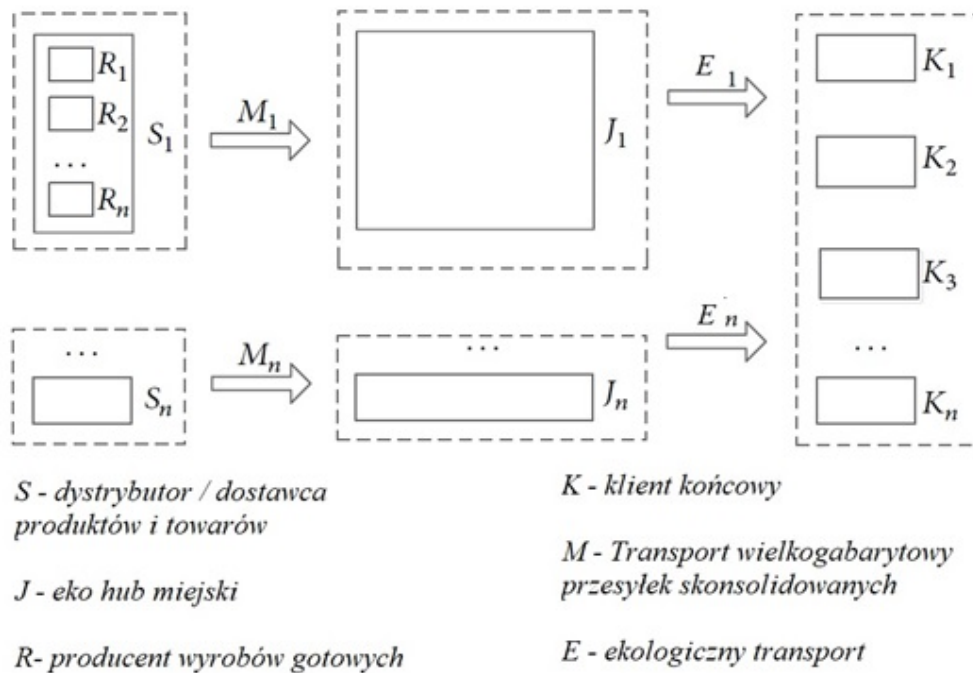
4. Model zrównoważonych przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych

Literatura przedmiotu wskazuje, że w porównaniu z transportem indywidualnym i publicznym, miejski transport towarowy w niewielkim stopniu jest przedmiotem działań modelowych, co wynika głównie z braku dostępnych danych oraz złożoności schematów tras dostaw i związanych z nimi procesów decyzyjnych. Przedstawione w rozprawie podejście do modelowania składa się z zależności między podażą a popytem na transport ładunków, po którym następuje procedura minimalizacji kosztów związanych z tworzeniem układu przepływów, w celu oszacowania liczby i rodzajów miejskich hubów logistycznych oraz liczby pojazdów miejskiego transportu towarowego, zarówno w przypadku dostaw między firmami, jak i dostaw do klientów indywidualnych. Podejście to wymaga stosunkowo niewielu danych wejściowych, w porównaniu z innymi istniejącymi modelami i może stanowić pierwszy krok w kierunku włączenia modeli dostaw towarów do ogólnego planowania transportu miejskiego. Analizując zaś transport ładunków na obszarach zurbanizowanych, można również wprowadzić podział uwzględniający sposób jego organizacji ze względu na podmiot wykonujący przewóz. Podział ten jest istotny podczas doboru metody badania struktury przewozów, wskazuje bowiem głównego posiadacza danych. Ładunki w miastach mogą być przewożone przez³:

- odbiorców końcowych – przewozy są wykonywane samodzielnie przez odbiorców przemieszczających się z własnej siedziby do miejsc, w których nabywane są towary,
- dostawców usług logistycznych (operatorzy logistyczni, przewoźnicy, dystrybutorzy hurtownicy itp.), zaopatrujących odbiorców końcowych.

Zaproponowana struktura modelu (rys. 2) uwzględnia założenia, w których ze względu na specyfikę dostaw oraz wysyłek producenci wyrobów gotowych **R** oraz dystrybutorzy i dostawcy **S**, nie są zlokalizowani w zasięgu zrównoważonych przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych. Stanowią oni jednak istotne ogniwa układu, które umożliwiają funkcjonowanie zrównoważonych przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych spoza tych obszarów. Konsolidują produkty różnych producentów i dostarczają je do obszarów zurbanizowanych transportem wielkogabarytowym z centrów logistycznych do miejskich ekohubów **J**. W miejskich hubach następuje dekonsolidacja oraz przygotowywanie produktów do dostaw poszczególnym klientom **K**, za pomocą ekologicznych środków transportu **E**. Założono przy tym, że trasy, po których przemieszczać się będą ekologiczne środki transportu powinny stanowić specjalnie wybrany układ ulic, w celu ułatwienia dostępu do punktów przeładunkowych oraz zmniejszenia wpływu na komunikację miejską oraz środowisko.

³ F. Russo, A. Comi, A classification of city logistics measures and connected impacts. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, Vol. 2, No. 3, 2010, p. 6355-6365.



Rysunek 21. Model przepływów towarowych zrównoważonych przepływów towarowych na obszarach zurbanizowanych.

Źródło: Opracowanie własne.

Struktura analityczna modelu, uwzględniająca przedstawione wcześniej założenia, obejmuje następujące fazy:

- *określenie struktury łańcucha dostaw*, której celem jest optymalizacja procedur decyzyjnych w łańcuchu dostaw, które obejmują lokalizację zakładu, wybór technologii, produkcję wyrobów i alokację popytu w oparciu o zrównoważenie kosztów ekonomicznych, wpływu na środowisko oraz wyników społecznych,
- *miarę wymiaru gospodarczo-ekonomicznego*,
- *miarę oddziaływania na środowisko*,
- *miarę wymiaru społecznego*.

Badanie wymiaru gospodarczo-ekonomicznego zaproponowanej struktury modelu zrównoważonych przepływów towarowych na obszarach zurbanizowanych oparto na obliczeniu sumy kosztów inwestycyjnych netto projektowanych przepływów. Pod uwagę wzięty został całkowity koszt utworzenia zrównoważonych przepływów towarowych na obszarze zurbanizowanym U dla przepływów ostatniej mili. Obejmuje on koszty założenia (budowy) obiektów infrastruktury punktowej lub adaptacji istniejących obiektów, koszty wynikające z zastosowania technologii OZE do zasilania infrastruktury punktowej, koszty inwestycyjne stworzenia infrastruktury do magazynowania energii wykorzystywanej następnie do realizacji procesów logistycznych oraz transportu ostatniej mili, z wykorzystaniem ekologicznych środków transportu, z przeznaczeniem na zasilanie innych procesów logistycznych.

$$\min f_1(x) = \sum_{j \in J} kcb_j Y_j + \sum_{j \in J} kt_{ze} + \sum_{j \in J} kt_{peo} + \sum_{j \in J} kt_{me} + \sum_{j \in J} kt_{ej} X_j \quad (1)$$

j – potencjalna lokalizacja ekohubu $j \in J$,

kcb_j – koszt całkowity budowy magazynu z przeznaczeniem na ekohub j w PLN,

kt_{ze} – koszt technologii ograniczania zużycia energii w ekohubie,

kt_{peo} – technologia produkcji energii z OZE na ekohub j w PLN,

kt_{me} – koszt technologii ograniczania emisji pojazdów, (infrastruktura do ładowania samochodów zeroemisyjnych),

kt_{ej} – koszt zakupu ekologicznego środka transportu,

Y_j – zmienna binarna gdzie wartość 1 oznacza nieistnienie magazynu z przeznaczeniem na ekohub, 0 oznacza jego występowanie,

X_j – ilość pojazdów elektrycznych niezbędna do zaspokojenia potrzeb obszaru U ,

S_j – czas użyteczności środka transportu w okresie swojej eksploatacji, przy czym $S_j > 5$ lat.

Wymiar środowiskowy przeanalizowano z wykorzystaniem wytycznych z raportowania zrównoważonego rozwoju, które są wykorzystywane do ilościowej oceny wyników. Wymiar środowiskowy zazwyczaj bazuje na emisji CO₂ lub ekwiwalencie emisji CO₂. Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu (IPCC) proponuje metodę śladu węglowego jako typowe podejście, a niektóre koncepcje uwzględniają również poza obliczeniem zużycia energii, emisji dwutlenku węgla czy energochłonność, koncepcje takie, jak system handlu uprawnieniami do emisji⁴ i zielonej reputacji⁵.

Na potrzeby realizacji procesu badawczego uwzględniono wybrane determinanty środowiskowe wpływające na zrównoważone przepływy na obszarach zurbanizowanych, a następnie przeliczono emisję gazów w odniesieniu do współczynnika GWP⁶:

- zużycie energii przed i po wykorzystaniu technologii energooszczędnych w obiektach infrastruktury punktowej (zużycie energii z sieci przed i po wykorzystaniu technologii energooszczędnych z zastosowaniem pomp ciepła oraz systemów fotowoltaicznych),
- emisja dwutlenku węgla CO₂, metanu CH₄ i tlenek diazotu N₂O przed i po wykorzystaniu technologii wpływających na redukcję emisji (emisja przed i po, zastosowaniem samochodów elektrycznych),
- zyski wynikające z produkcji energii ze źródeł odnawialnych (OZE).

$$\min f_2(x) = \sum_{u \in U} Z_{eae} * K_e + \sum_{u \in U} E_{aee} * kt - \sum_{u \in U} P_{ozae} * K_e - \sum_{u \in U} K_{ozae} * K_e \quad (2)$$

Ograniczenia:

$$\sum_{u \in U} Z_{eae} < \sum_{u \in U} Z_{ebe}$$

$$\sum_{u \in U} E_{ebe} > \sum_{u \in U} E_{eae}$$

⁴ F. Wang, X. Lai, N. Shi, A multi-objective optimization for green supply chain network design. Decision Support Systems, Vol. 51, No. 2, 2011, pp. 262-269.

⁵ A. Tognetti, P.T. Grosse-Ruyken, S.M. Wagner, Green supply chain network optimization and the trade-off between environmental and economic objectives. International Journal of Production Economics, Vol. 170, No. 1, 2015, pp. 385-392.

⁶ ang. Global Warming Potential – Współczynnik ocieplenia globalnego, oznacza miarę wskazującą szacunkowy wpływ 1 kg czynnika chłodniczego stosowanego w cyklu sprężania par na tworzenie efektu cieplarnianego, wyrażany w kg równoważników CO₂ w okresie 100 lat.

$$\sum_{u \in U} Pozea > \sum_{u \in U} Pozeb$$

$$\sum_{u \in U} Kozea > \sum_{u \in U} Kozeb$$

Zebe – zużycie energii ze źródeł konwencjonalnych przed wdrożeniem założeń zrównoważonych przepływów ładunków,

Zae – zużycie energii ze źródeł konwencjonalnych po wdrożeniu założeń zrównoważonych przepływów ładunków,

Ke – koszt energii w kWh – średnia cena energii elektrycznej w poprzednim kwartale,

u – potencjalny obszar zurbanizowany założeń zrównoważonych przepływów ładunków *U*,

Ebe – emisja CO₂ i jej ekwiwalent przed wdrożeniem założeń zrównoważonych przepływów ładunków,

Eae – emisja CO₂ i jej ekwiwalent po wdrożeniu założeń zrównoważonych przepływów towarowych,

Kt – koszt emisji tony CO₂ średnia cena za emisję z poprzedniego kwartału,

P_{OZEB} – produkcja energii ze źródeł odnawialnych przed wdrożeniem założeń zrównoważonych przepływów ładunków,

P_{OZea} – produkcja energii ze źródeł konwencjonalnych po wdrożeniu założeń zrównoważonych przepływów ładunków,

Ke – koszt energii w kWh – średnia cena energii elektrycznej w poprzednim kwartale,

K_{OZEB} – konsumpcja energii wyprodukowanej ze źródeł odnawialnych przed wdrożeniem założeń zrównoważonych przepływów ładunków,

K_{OZea} – konsumpcja energii wyprodukowanej ze źródeł odnawialnych po wdrożeniu założeń zrównoważonych przepływów ładunków.

Badając składniki kosztów funkcjonowania przepływów ładunków, przed procesem i po procesie ich zrównoważenia na obszarach zurbanizowanych funkcja (2) powinna być minimalizowana.

Wymiar społeczny jest zawsze w pewnym zakresie powiązany zarówno z wymiarem gospodarczym oraz środowiskowym, jako że właśnie równowaga między tymi dwoma wymiarami często warunkuje pozytywne wyniki w wymiarze społecznym. W związku z tym odzwierciedla on bezpośrednio korzyści dla ostatecznych uczestników przepływów ładunków, dlatego też musi on uzasadniać, akceptować wyniki uzyskane w trakcie analizy determinantów środowiskowych oraz gospodarczo ekonomicznych.

Wzrost kosztów w początkowym okresie równoważenia przepływów ładunków musi być na tyle niski, aby społeczne ich determinanty rekompensowały go w określonej perspektywie czasu.

Koszty zewnętrzne w wymiarze społecznym powstają, gdy działalność społeczna lub gospodarcza jednej grupy użytkowników dróg ma wpływ na inną grupę użytkowników i kiedy ten wpływ nie jest w pełni uwzględniony lub zrekompensowany przez pierwszą grupę osób. Innymi słowy koszty zewnętrzne transportu nie są zazwyczaj ponoszone przez użytkownika transportu, a zatem nie są brane pod uwagę przy podejmowaniu przez nich decyzji transportowych. Koszty zewnętrzne transportu odnoszą się do różnicy między kosztami społecznymi (tj. wszystkimi kosztami ponoszonymi przez społeczeństwo w związku z zapewnieniem i użytkowaniem infrastruktury transportowej, tzw. MSC – Marginal Social Cost) a prywatnymi kosztami transportu (tj. kosztami ponoszonymi bezpośrednio przez użytkownika transportu, tzw. MPC – Marginal Private Cost). Dlatego też główne koszty zewnętrzne transportu w wymiarze społecznym można podzielić na dwie grupy: te, które wpływają na innych użytkowników transportu, czyli zatłoczenie i ryzyko wypadku, oraz te,

które wpływają na osoby spoza sieci transportowej, takie jak hałas i emisje⁷. Te dwie kategorie nazywane są odpowiednio wewnątrz- i międzysektorowe. Skutki zatłoczenia to przede wszystkim strata czasu spędzonego na oczekiwaniu lub spowolnieniu ruchu, natomiast emisje i hałas mają konsekwencje zarówno dla środowiska, jak i dla zdrowia społeczeństwa. W związku z tym, nakładając cenę lub podatek równy różnicy między MSC a MPC, maksymalizuje się korzyści dla społeczeństwa, a w idealnych warunkach osiąga się względne optimum, w którym żaden użytkownik transportu nie może być w lepszej sytuacji bez szkody dla innego.

Aby dokonać szczegółowych obliczeń kosztów krańcowych, należy uwzględnić specyfikę poszczególnych gałęzi transportu. W transporcie drogowym przyjmuje się, że koszt krańcowy jest wyższy od średniego kosztu jednostkowego, ponieważ każdy dodatkowy samochód generuje koszty dla wszystkich dotychczasowych użytkowników drogi⁸.

Nawiązując do przedstawionych założeń w procesie badawczym wymiar społeczny wyrażono wzorem (3) uwzględniając:

- poziom komfortu mieszkańców uzależniony od minimalizacji poziomu hałasu generowanego przez pojazdy transportowe,
- poziom komfortu mieszkańców uzależniony od wzrostu bezpieczeństwa wynikającego ze stosowania zasad eko-drivingu,
- zdrowie oraz minimalizacja zachorowalności z powodu chorób wynikających z zanieczyszczenia powietrza.

W ten sposób wyrażone kryterium powinno być maksymalizowane, ale uwzględniać wartości minimalne poszczególnych kategorii kosztów (tab. 1).

$$\max f_3(x) = \frac{w^{Cc} \cdot C_c + w^{Ca} \cdot C_a + w^{Cp} \cdot C_p + w^{Cn} \cdot C_n}{w^{Cc} + w^{Ca} + w^{Cp} + w^{Cn}} \quad (3)$$

gdzie:

C_c – poziom kosztu kongestii znormalizowany według wzoru:

$$C_c = \frac{C_c^{max} - C_{cn}}{C_c^{max} - C_c^{min}} \quad (4)$$

gdzie:

C_c^{max} – maksymalna wartość zakresu zmienności kosztu kongestii, wyrażona w skali bezwzględnej,

C_c^{min} – minimalna wartość zakresu zmienności kosztu kongestii, wyrażona w skali bezwzględnej,

C_{cn} – wartość zakresu zmienności kosztu kongestii, wyrażona w skali bezwzględnej dla n- tego wariantu zrównoważonych przepływów towarowych,

C_a – poziom kosztu wypadków znormalizowany według wzoru:

$$C_a = \frac{C_a^{max} - C_{an}}{C_a^{max} - C_a^{min}} \quad (5)$$

gdzie:

⁷ K. Button, The rationale for road pricing: standard theory and latest advances. Research in Transportation Economics, Vol. 9, 2004, pp. 3-25.

⁸ K. Ozbay, B. Bartın, J. Berechman, Estimation and Evaluation of Full Marginal Costs of Highway Transportation in New Jersey. Journal of Transportation and Statistics, Vol. 4, No 1, 2001.

C_a^{max} – maksymalna wartość zakresu zmienności kosztu wypadków, wyrażona w skali bezwzględnej,
 C_a^{min} – minimalna wartość zakresu zmienności kosztu wypadków, wyrażona w skali bezwzględnej,
 C_{an} – wartość zakresu zmienności kosztu wypadków, wyrażona w skali bezwzględnej dla n- tego wariantu zrównoważonych przepływów towarowych,

C_p – poziom kosztu zanieczyszczeń znormalizowany według wzoru:

$$C_p = \frac{C_p^{max} - C_{pn}}{C_p^{max} - C_p^{min}} \quad (6)$$

gdzie:

C_p^{max} – maksymalna wartość zakresu zmienności kosztu zanieczyszczeń, wyrażona w skali bezwzględnej,
 C_p^{min} – minimalna wartość zakresu zmienności kosztu zanieczyszczeń, wyrażona w skali bezwzględnej,
 C_{pn} – wartość zakresu zmienności kosztu zanieczyszczeń, wyrażona w skali bezwzględnej dla n-tego wariantu zrównoważonych przepływów towarowych,

C_n – poziom kosztu hałasu znormalizowany według wzoru:

$$C_n = \frac{C_n^{max} - C_{nn}}{C_n^{max} - C_n^{min}} \quad (7)$$

gdzie:

C_n^{max} – maksymalna wartość zakresu zmienności kosztu hałasu, wyrażona w skali bezwzględnej,
 C_n^{min} – minimalna wartość zakresu zmienności kosztu hałasu, wyrażona w skali bezwzględnej,
 C_{nn} – wartość zakresu zmienności kosztu hałasu, wyrażona w skali bezwzględnej dla n-tego wariantu zrównoważonych przepływów towarowych.

W^{Cc} – waga kosztu kongestii,

W^{Ca} – waga kosztu wypadków,

W^{Cp} – waga kosztu zanieczyszczeń,

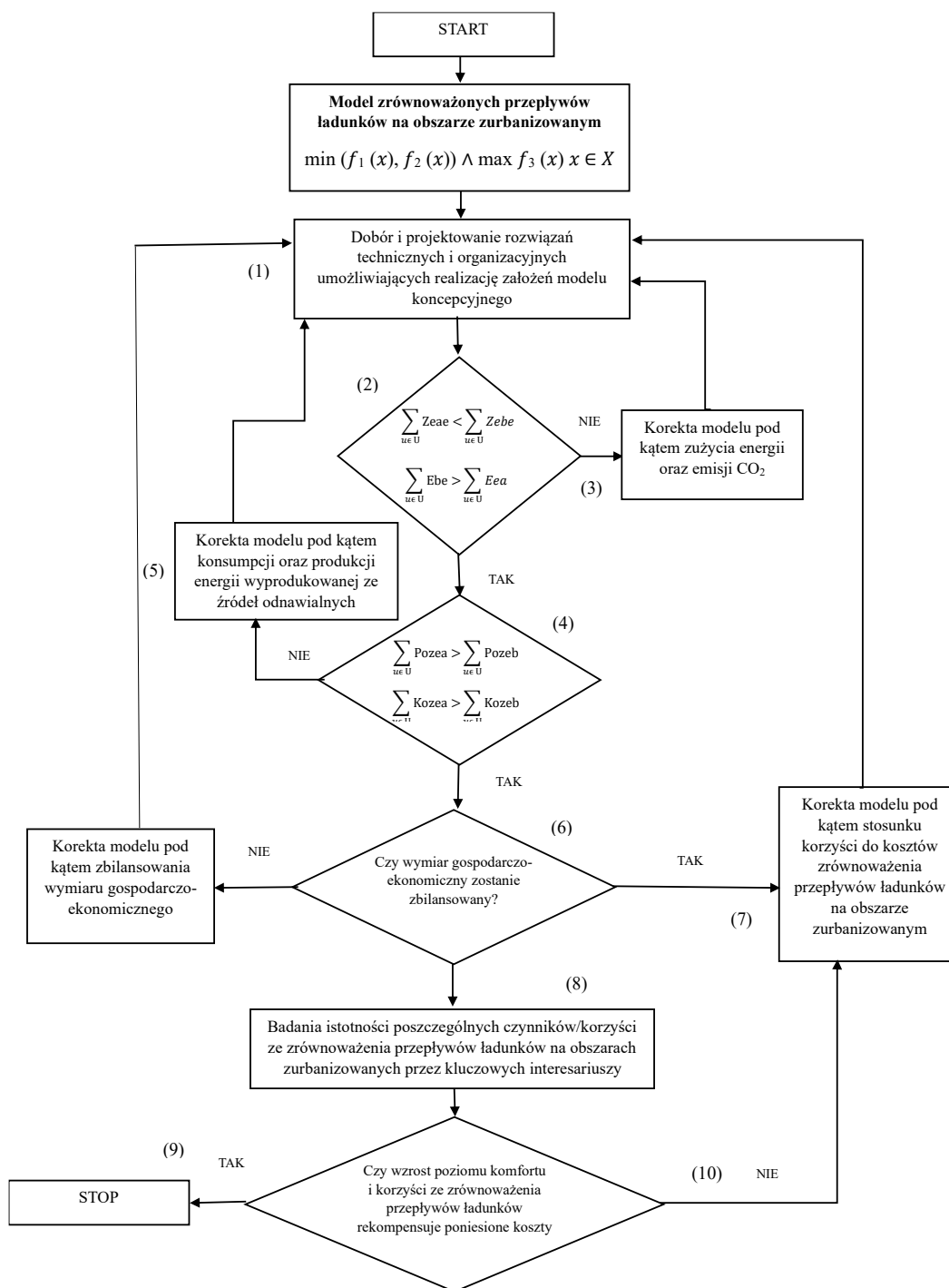
W^{Cn} – waga kosztu hałasu.

Wagi mają charakter eksperymentalny i ustalane będą na podstawie badań ankietowych wśród kluczowych interesariuszy zrównoważonych przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych, w zależności od preferencji danego interesariusza.

Przyjęto, że równanie (8) opisuje opracowany model zrównoważonych przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych. W równaniu x jest wektorem zmiennych decyzyjnych, a X reprezentuje wybrany obszar zurbanizowany. Wymiar ekonomiczny, środowiskowy i społeczny są reprezentowane odpowiednio przez $f_1(x)$, $f_2(x)$ i $f_3(x)$.

$$\min (f_1(x), f_2(x)) \wedge \max f_3(x) \quad x \in X \quad (9)$$

Aby uzyskać rozwiązania kompromisowe dla kluczowych interesariuszy pomiędzy wszystkimi wymiarami zaproponowanego modelu zrównoważonych przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych, na rys. 3 przedstawiono opracowany **schemat blokowy algorytmu optymalizacji wielopoziomowej** zaproponowanego modelu przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych, oparty na podejściu iteracyjnym.



Rysunek 3. Schemat blokowy algorytmu optymalizacji wielopoziomowej zaproponowanego modelu przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych

Źródło: opracowanie własne.

5. Analiza scenariuszowa z elementami analizy wrażliwości kluczowych zmiennych opracowanego modelu zrównoważonych przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych

Zrównoważenie przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych wymaga tworzenia i modernizacji infrastruktury niezbędnej do realizacji tych przepływów. Wpływa to pozytywnie na kwestie społeczne, środowiskowe oraz ekonomiczne lecz może okazać się nieadekwatne w stosunku do ponoszonych kosztów, zwłaszcza w warunkach dynamicznie zmieniającego się otoczenia oraz warunków rynkowych.

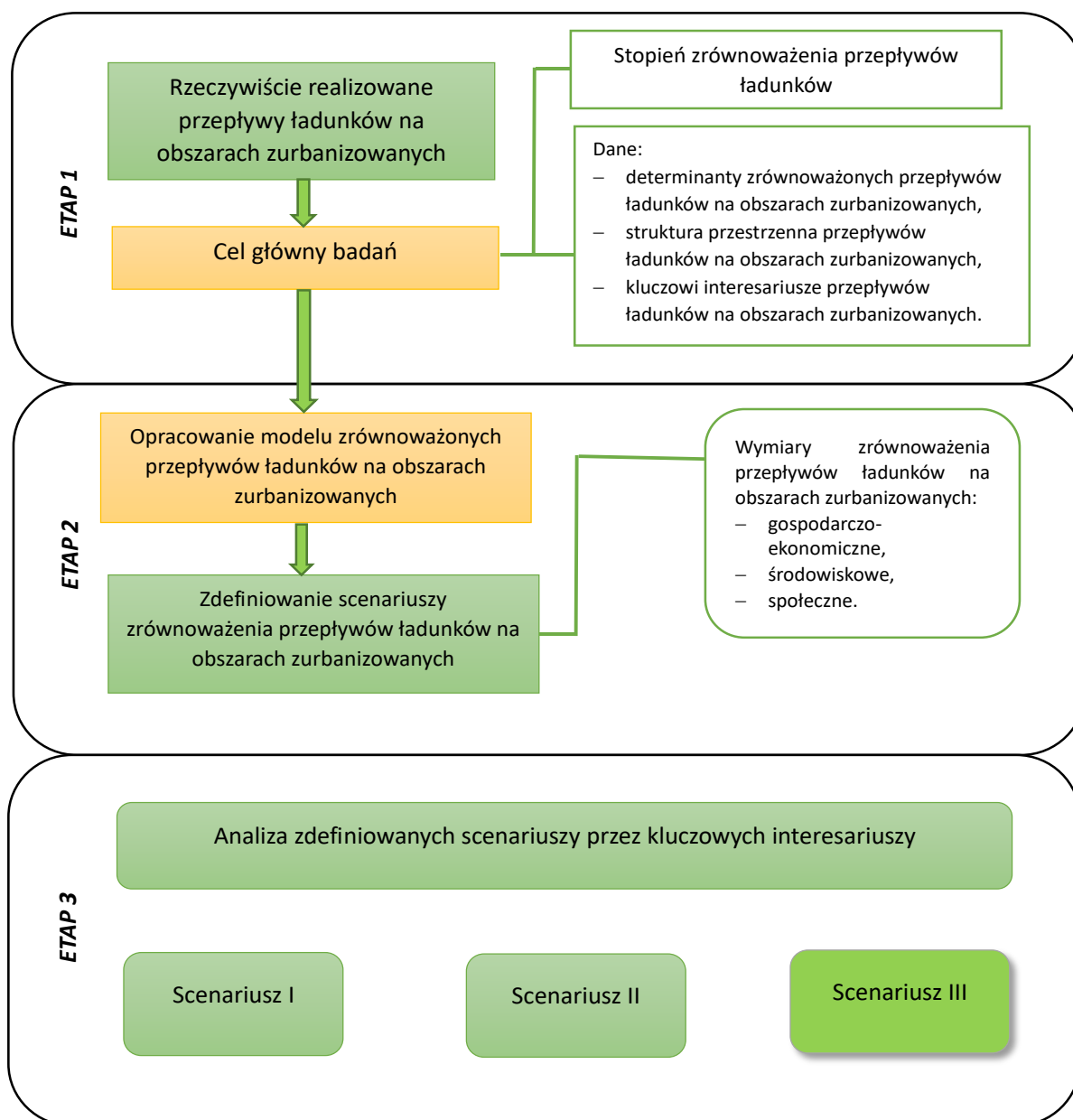
W powyższym aspekcie dużą rolę odgrywają modele analityczne pozwalające na badanie interakcji między wybranymi rozwiązaniami. Na potrzeby realizacji założeń dysertacji przeprowadzono analizę scenariuszową opartą na analizie wrażliwości kluczowych zmiennych opracowanego modelu.

Badanie weryfikuje, w jakim stopniu przekształcenie klasycznego ujęcia przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych w zrównoważone przepływy ładunków, wpłynie na czynniki w wymiarze gospodarczo-ekonomicznym, środowiskowym oraz społecznym zrównoważenia, tj. kosztów ekonomicznych, zużycia energii czy emisji CO₂.

Narzędziem, które zostało wykorzystane w celu przeprowadzenia analizy scenariuszowej z elementami analizy wrażliwości zrównoważonej przepływu ładunków na obszarach zurbanizowanych jest system do analizy porównawczej projektów wykorzystujących założenia zrównoważonego rozwoju RETScreen Expert.

System RETScreen⁹ umożliwia ekspertom i osobom decyzyjnym szybką identyfikację, ocenę i optymalizację techniczną oraz finansową wykonalności potencjalnych projektów, która umożliwia planowanie, wdrażanie, monitorowanie i raportowanie projektów opartych na niskoemisyjnych założeniach zrównoważonego rozwoju.

⁹ Oprogramowanie pozwala na wszechstronną identyfikację, ocenę i optymalizację technicznej i finansowej wykonalności potencjalnych projektów dotyczących odnawialnej energii oraz wydajności energetycznej; jak również pomiarów i weryfikacji rzeczywistej wydajności zakładów przemysłowych, a także identyfikację oszczędności energetycznych / możliwości produkcyjnych (Clean Energy Solutions Center: Financial Analysis with RETScreen).



Rysunek 4. Schemat analizy scenariuszowej.

Źródło: Opracowanie własne.

Na potrzeby badań budowy modelu zrównoważonych przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych przyjęto trzy rodzaje scenariuszy:

sc = 1 – scenariusz realny (przy stabilnych czynnikach gospodarczych przewiduje umiarkowane inwestycje w infrastrukturę wpływającą na zrównoważenie przepływów ładunków),

sc = 2 – scenariusz optymistyczny (przy stabilnych czynnikach gospodarczych przewiduje wysokie inwestycje w infrastrukturę wpływającą na zrównoważenie przepływów ładunków),

sc = 3 – scenariusz pesymistyczny (przy stabilnych czynnikach gospodarczych przewiduje brak inwestycji oraz działań mających wpływ na zrównoważenie przepływów ładunków).

Dla każdego scenariusza rozważane są inne warianty inwestycyjne wpływające pośrednio lub bezpośrednio na opisywane wcześniej aspekty społeczne, środowiskowe oraz gospodarcze.

Zgodnie z rys. 5 dla wszystkich scenariuszy przyjęto realną produkcję energii elektrycznej z systemów fotowoltaicznych w warunkach polskich na poziomie 1000MWh / 1MWp, przy dziennym zapotrzebowaniu pojazdów elektrycznych na poziomie 50kWh, 250 dni / rok (przy złożeniu pracy pojazdów od poniedziałku do piątku).

	Jednostka	Lokalizacja danych klimatycznych		Lokalizacja obiektu		Źródło (zasób)	
Szerokość geograficzna		50,2		50,2			
Długość geograficzna		19,0		19,0			
Strefa klimatyczna		5A - Chłodny - Wilgotny					
Poziom n.p.m.	m	284		297			Ziemia+NASA
Temperatura obliczeniowa - ogrzewanie	°C	-12,3					Ziemia - Mapa
Temperatura obliczeniowa - chłodzenie	°C	27,2					Ziemia
Amplituda temperatury gruntu	°C	20,5					NASA

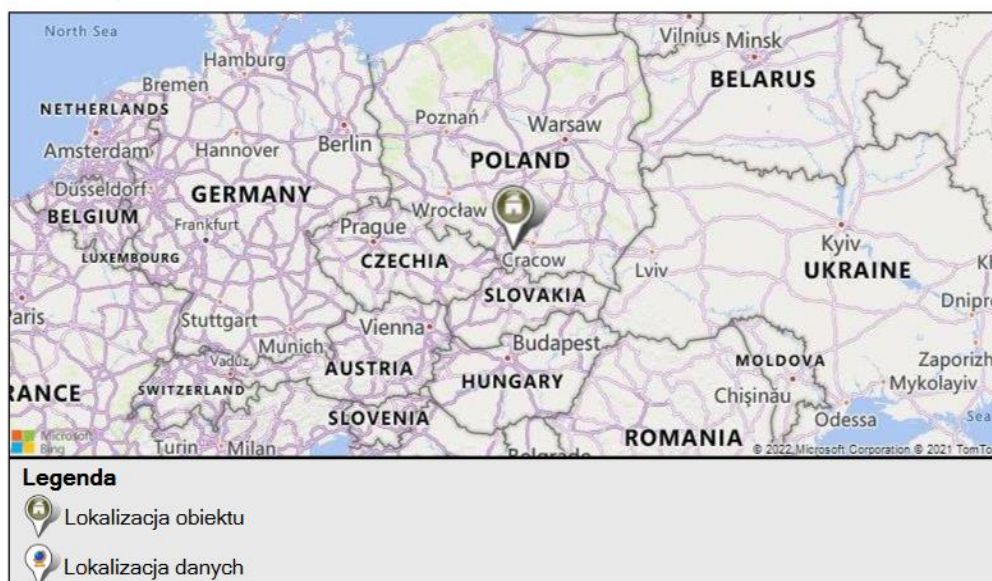
Miesiąc	Temperatura powietrza	Wilgotność względna	Opady	Dzienne promieniowanie słoneczne - poziome		Ciśnienie atmosferyczne	Prędkość wiatru	Temperatura gruntu	Stopnie dni - ogrzewanie	Miesięczne stopnie dni - chłodzenie
	°C	%		kWh/m ² /d	kPa			m/d	°C	18 °C
Styczeń	-1,7	82,1%	45,26	1,02	98,0	3,3	-4,7	611	0	
Luty	-0,6	78,5%	40,32	1,77	97,9	3,3	-3,1	521	0	
Marzec	3,1	73,9%	50,22	2,75	97,8	3,2	1,5	462	0	
Kwiecień	8,6	68,7%	51,90	3,73	97,6	2,7	7,8	282	0	
Maj	13,8	69,7%	82,46	4,90	97,8	2,5	13,6	130	118	
Czerwiec	16,3	72,6%	92,10	4,77	97,8	2,4	16,9	51	189	
Lipiec	18,4	72,4%	97,03	4,85	97,8	2,2	19,4	0	260	
Sierpień	17,9	74,4%	75,95	4,35	97,9	2,1	19,1	3	245	
Wrzesień	13,5	79,4%	67,20	2,96	97,9	2,3	13,7	135	105	
Październik	9,0	81,5%	48,05	1,77	98,1	2,6	8,0	279	0	
Listopad	3,4	84,7%	51,90	1,00	97,9	2,9	1,9	438	0	
Grudzień	-0,3	85,3%	47,74	0,79	98,0	3,3	-3,1	567	0	

Rysunek 5. Dane klimatyczne dla przybliżonej lokalizacji ekohubu w centralnej części woj. śląskiego.

Źródło: opracowanie własne – z wykorzystaniem oprogramowania RETScreen Expert.

Biorąc pod uwagę przeciętną dopuszczalną trasę elektrycznych samochodów dostawczych w realizacji przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych, przyjęto koncepcyjnie obszar funkcjonowania pojedynczego „ekohubu miejskiego”, zlokalizowanego w centralnej części woj. śląskiego. Pojedynczy „ekohub” może obejmować swoim zasięgiem obszar do 35 km w linii prostej, co stanowi blisko 5-krotny dystans możliwy do przejechania przez pojazdy elektryczne brane pod uwagę w badaniach.

Lokalizacja



Rysunek 6. Przybliżona lokalizacja „ekohubu” w centralnej części woj. śląskiego.

Źródło: opracowanie własne – z wykorzystaniem oprogramowania RETScreen Expert.

W badanych przypadkach możliwe scenariusze przyszłości opracowane zostały dla okresu czasu odnoszącego się do efektów osiągniętych w przedziale piętnastu lat.



The screenshot displays the 'Informacje o obiekcie' (Object Information) window in RETScreen Expert. On the left, there is a form with the following fields: 'Typ obiektu' (Transport), 'Typ' (Pojazdy drogowe), 'Opis' (EKO HUB), 'Opracowane dla' (Politechnika Śląska), 'Opracowane przez' (Paweł Górniok), 'Nazwa obiektu' (EKO HUB), 'Adres' (Zabrze), 'Miejscowość' (Zabrze), 'Prowincja/kraj' (śląsk), and 'Kraj' (Polska). On the right, there is a 3D architectural rendering of the 'EKO HUB' building, a modern structure with a curved driveway and greenery. A small 'Poziom n.p.m.' label is visible at the bottom right of the image.

Rysunek 7. Wizualizacja „ekohubu” . zlokalizowanego w centralnej części woj. śląskiego.

Źródło: opracowanie własne – z wykorzystaniem oprogramowania RETScreen Expert.

Wykorzystując narzędzie analityczne RETScreen Expert przeprowadzono szczegółową analizę możliwych scenariuszy wraz z analizą wrażliwości przy założeniu 100%, 50% oraz 25% intensywności działań zmierzających do zrównoważenia przepływów ładunków wybranego obszaru zurbanizowanego. W każdym z wariantów uwzględniono prognozowaną wielkość wydatków, która musi zostać podjęta oraz wybranych efektów ekonomicznych (przychody/ koszty) oraz środowiskowych (zużycie paliw kopalnych) i społecznych (emisja CO₂) stanowiących ich pochodną. W badanym scenariuszu przyjęto istnienie obiektu budowlanego o powierzchni 20000 m², który po przeprowadzeniu modernizacji może pełnić rolę „ekohubu” dla określonego obszaru. W analizie pominięto koszty budowy lub zakupu budynku w związku z faktem, że koszt ten ma charakter quasi stały. Jakikolwiek projekt realizujący zadania przepływów ładunków na określoną skalę będzie musiał ponieść koszty inwestycyjne polegające na zakupie, dzierżawie gruntów oraz obiektów budowlanych bez względu na to, czy będzie zgodny z założeniami zrównoważenia, czy też nie.

We wszystkich scenariuszach przy uwzględnieniu średniej ceny emisji CO₂ na poziomie 80-84 EUR/tonę uzyskano dodatnie przepływy finansowe z tytułu już samej redukcji kosztów emitowanych zanieczyszczeń. Stanowi to jeden z kluczowych atrybutów rozwiązań charakterystycznych dla opracowanego modelu zrównoważonych przepływów ładunków. Dzięki wdrożeniu rozwiązań mających wpływ na zrównoważenie przepływów ładunków obszaru zurbanizowanego uzyskano wymierne korzyści zarówno ze względu na oszczędność konsumpcji paliwa, energii elektrycznej, jak i ograniczenie emisji GHG. Analizując wszystkie trzy scenariusze zauważyć można bezwzględny liniowy wzrost pozytywnych wpływów zastosowania technologii wpływających na zrównoważenie przepływów ładunków, na obszarach zurbanizowanych, które będzie ograniczała maksymalna ilość poszczególnych jej uczestników oraz ewentualne wielkości budżetów dostępne do wykorzystania.

6. Wnioski końcowe

Po przeprowadzonych badaniach sformułowano następujące wnioski, które zaprezentowano w następujących obszarach:

- Wnioski ogólne.
- Wnioski utylitarne.
- Wnioski związane z kierunkiem dalszych badań.

Wnioski o charakterze ogólnym

1. Przepływy ładunków na obszarach zurbanizowanych pełnią bardzo istotną rolę wpływając na społeczne, ekonomiczne i środowiskowe aspekty funkcjonowania tych obszarów. Większość aktualnie realizowanych przepływów wykształciło się w sposób chaotyczny, bez uwzględniania zasad zrównoważonego rozwoju. Równowaga pomiędzy kwestiami społecznymi, gospodarczymi oraz środowiskowymi jest zachwiana ze względu na brak jednolitej strategii obszarów zurbanizowanych oraz tym, że różne podmioty, bez wzajemnej koordynacji są odpowiedzialne za organizację i realizację tych przepływów.
2. W ostatnich latach odnotowuje się wzrost świadomości tego, że zastosowanie idei zrównoważonego rozwoju w organizacji i realizacji przepływów ładunków staje się koniecznością. Coraz większe oczekiwania beneficjentów oraz uczestników przepływów ładunków, szczególnie na obszarach zurbanizowanych spowodowały, że przepływy te powinny nie tylko spełniać swoje zadania operacyjne, ale również powinny być realizowane z poszanowaniem zrównoważenia środowiska społecznego, środowiska naturalnego przy jednoczesnej wysokiej efektywności ekonomicznej. Istotnymi elementami wspierającymi zrównoważenie przepływów ładunków są dostępne i coraz powszechniej stosowane nowoczesne technologie energooszczędne wykorzystujące odnawialne zasoby energetyczne.
3. Spodziewane w najbliższym czasie coraz bardziej powszechne podziały miast na strefy, do których dostęp mają wybrane grupy pojazdów sprawiają, że problematyka zrównoważenia przepływów ładunków nabiera coraz większego znaczenia. Ma również kluczowy wpływ na kompleksowe podejście do kształtowania oraz modernizowania obszarów zurbanizowanych w odniesieniu do funkcjonalności, atrakcyjności i konkurencyjności tych obszarów dla uczestników mieszkających lub funkcjonujących zawodowo na tych obszarach.
4. Podstawowym zadaniem zrównoważonych przepływów ładunków jest zaspokojenie potrzeb załadowców i odbiorców, z uwzględnieniem równowagi w zakresie środowiskowym, społecznym oraz gospodarczym. Istotne jest stosowanie takich rozwiązań, które nie zachwieją bilansu i nie wpłyną znacznie na pogorszenia się wymienionych zakresów.
5. Zagadnienia dotyczące ochrony środowiska, ekologii oraz nowoczesnych technologii energetycznych stanowią w ostatnich latach coraz częściej tematykę podejmowaną przez wielu autorów różnych dyscyplin naukowych. Powodem, dla którego ciągle szukane są nowe modele i technologie, m. in. w produkcji oraz magazynowaniu energii, a także w technologiach transportowych je wykorzystujących, są gwałtowne zmiany klimatyczne i środowiskowe napędzające ciągły rozwój i rozpowszechnianie nowoczesnych technologii. Autorzy zwracają uwagę na integrację działań różnych dziedzin z założeniami koncepcji zrównoważonego rozwoju, również logistyki.
6. W kontekście nowych modeli i technologii produkcji oraz magazynowania energii obserwuje się w ostatnich latach dynamiczną popularyzację rozwiązań bazujących na odzysku i wykorzystaniu naturalnych źródeł energetycznych. Koncepcje te znalazły zastosowanie nie tylko w sektorze produkcyjnym i transportowym. Magazyny, jako elementy infrastruktury punktowej wraz upływem lat także rozpoczęły wprowadzanie rozwiązań koncertujących się na realizacji założeń polityki zrównoważonego rozwoju. Obecnie eko-innowacyjność może być rozpatrywana, jako czynnik skorelowany z gwarantem osiągnięcia sukcesu przez organizacje. Coraz więcej inwestorów jest zainteresowanych rozwiązaniami proekologicznymi, których celem jest nie tylko eliminacja kosztów, ale także wprowadzenie odpowiednich praktyk wspierających zrównoważone ekosystemy.

7. W kształtowaniu zrównoważonych przepływów ładunków bardzo istotną rolę odgrywają dostawy „ostatniej mili” jako dostawy intensywnie realizowane w silnie zurbanizowanych i zagęszczonych obszarach. Znaczne natężenie transportu na takich terenach w obecnej postaci bardzo negatywnie wpływa na wiele aspektów życia obniżając jego jakość. Wielu producentów samochodów dostawczych, jako rozwiązanie tego problemu oferuje pojazdy elektryczne, które w połączeniu z odpowiednią infrastrukturą umożliwiającą produkcję, magazynowanie oraz ładowanie tych pojazdów, co może stanowić rozwiązanie tego problemu i znacząco wpłynąć na zrównoważenie przepływów towarowych danego obszaru.

Wnioski o charakterze utylitarnym

1. Na podstawie analizy literatury zidentyfikowano lukę badawczą, w oparciu o którą sformułowano problem badawczy, odnoszący się do modelowania przepływów ładunków uwzględniających założenia zrównoważonego rozwoju na obszarach zurbanizowanych. Problem badawczy ukształtowało 7 pytań badawczych, na podstawie których sprecyzowano cele szczegółowe oraz cel główny dysertacji, którym było opracowanie modelu zrównoważonych przepływów ładunków na obszarach zurbanizowanych.
2. Na podstawie badań eksperckich wyłoniono grupy interesariuszy, mogących wywierać bezpośredni wpływ na przepływy towarowe na obszarach zurbanizowanych. Analiza ankiet skierowanych do uczestników przeprowadzonych warsztatów wykazała, że negatywne skutki oraz koszty odczuwalne w początkowym okresie dążenia do zrównoważenia przepływów ładunków powinny zostać zrekompensowane w określonej perspektywie czasu. Istotny dla uczestników warsztatów okazał się zarówno poziom komfortu mieszkańców uzależniony od minimalizacji poziomu hałasu generowanego przez pojazdy, jak i wzrost bezpieczeństwa wynikającego ze stosowania zasad eko-drivingu oraz kwestie zdrowotne, obejmujące zachorowalność wynikającą z zanieczyszczenia powietrza.
3. Wykorzystując bazę danych Głównego Urzędu Statystycznego z 2020 roku oszacowano intensywność przewozów w transporcie krajowym według stref odległości, co uwidocznilo skalę, jaką odgrywają dostawy ostatniej mili na obszarach zurbanizowanych. Następnie zwrócono uwagę na koszty zanieczyszczeń powietrza na podstawie określenia efektów zewnętrznych wyrażonych w formie ilościowej, przypisując im nie tylko wartości ekonomiczne, ale mające odzwierciedlenie w kwestii środowiskowej czy społecznej wpływając bezpośrednio, np. na zdrowie oraz komfort życia mieszkańców.
4. Opracowany model przepływu ładunków na obszarach zurbanizowanych zakłada konsolidację ładunków, a następnie dostarczanie ich do obszarów zurbanizowanych transportem wielkogabarytowym z centrów logistycznych do miejskich ekohubów, w których zakłada się dekonsolidację oraz przygotowywanie dostaw do miejsc docelowych zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju, uwzględniając aspekty wymiaru gospodarczo-ekonomicznego, środowiskowego oraz społecznego. Zaproponowany model zakłada ciągłe doskonalenie poprzez opracowany algorytm. Algorytm zakłada możliwości bilansowania wymiaru gospodarczo – ekonomicznego w odniesieniu wyznaczenia stosunku korzyści do kosztów jego zastosowania, wymiaru środowiskowego w zakresie zużycia energii, emisji CO₂, czy też konsumpcji i produkcji energii wyprodukowanej ze źródeł odnawialnych oraz wymiaru społecznego.
5. Zastosowanie opracowanego modelu zrównoważonych przepływów ładunków może przyczynić się do uporządkowania przepływu ładunków pomiędzy otoczeniem a odbiorcami zlokalizowanymi w obrębie obszaru zurbanizowanego. Zastosowanie

rozwiązań usprawniających przepływ ładunków na obszarach zurbanizowanych, dzięki wykorzystaniu nowoczesnych technologii energetycznych, w rezultacie prowadzić może m.in. do:

- a. ograniczenia kongestii w ruchu międzymiastowym i w centrach miast,
 - b. zmniejszenia degradacji infrastruktury drogowej,
 - c. ograniczenia kosztów środowiskowych związanych z redukcją nadmiernej emisji spalin i innych zanieczyszczeń związanych z eksploatacją pojazdów.
6. Wykorzystując narzędzie analityczne RETScreen Expert, przeprowadzono analizę możliwych scenariuszy dążenia do zrównoważenia przepływów towarowych na obszarze zurbanizowanym wraz z elementami analizy wrażliwości. Analizę wrażliwości przeprowadzono w oparciu o trzy scenariusze: realistyczny, optymistyczny i pesymistyczny. W zależności od wybranego scenariusza udowodniono, że możliwe jest osiągnięcie zrównoważenia przepływów towarowych przy wykorzystaniu powszechnie dostępnych technologii docelowo osiągając zadowalające rezultaty.

Wnioski związane z kierunkiem dalszych badań

Uzyskane wyniki analiz oraz wnioski wyciągnięte na podstawie wieloetapowych badań pozwalają stwierdzić, że problem badawczy został rozwiązany, a cele pracy w pełni zrealizowane. Niewątpliwie temat ten jest istotnym zagadnieniem naukowym w dyscyplinie nauk o zarządzaniu i jakości, wnoszącym w dotychczasową wiedzę kolejne wnioski. Dodatkowo opracowany model zrównoważonych przepływów ładunków może posłużyć interesariuszom logistyki miejskiej na podejmowanie decyzji odnośnie realizacji przepływów umożliwiających minimalizację szkodliwych skutków transportu towarowego na obszarach zurbanizowanych. Jednak opracowany model powinien zostać bardziej uszczegółowiony o dodatkowe charakterystyki, zarówno zastosowanych środków transportowych, jak i oczekiwań klientów, co do potrzeb w zakresie realizowanych usług. Ze względu na swoją złożoność obszary zurbanizowane wymagają dokładnego scharakteryzowania wszystkich elementów, które mogą wpłynąć na zrównoważone przepływy ładunków. Kluczowe mogą okazać się zasoby finansowe tych obszarów, umiejętności organizacyjne władz oraz liczba małych przedsiębiorstw lokalnych. Autor zatem widzi dalsze możliwości związane z przeprowadzeniem badań w przyszłości, które będą mogły bazować na rezultatach uzyskanych w pracy.