

# USPRAWNIENIE PRZEWOZU TOWARÓW TRANSPORTEM DROGOWYM W PROCESIE DYSTRYBUCJI MATERIAŁÓW DREWNOPOCHODNYCH

DOI: 10.24136/atest.2018.317

Data zgłoszenia: 30.08.2018. Data akceptacji: 25.09.2018.

*W artykule omówiony został problem bezpieczeństwa materiałów drewnopochodnych podczas transportu. Zaprezentowano trzy metody optymalizacji procesu transportu materiałów. Zaproponowano optymalne trasy przejazdu wyznaczone przy wykorzystaniu metody najbliższego sąsiada, algorytmu Little'a oraz systemu GPS.*

## WSTĘP

Znaczenie transportu i związanych z nim usług w dzisiejszych czasach jest bardzo ważne. Jest to związane bezpośrednio ze stale rozwijającą się gospodarką. Rozwój transportu jest ściśle zależny od rozwoju gospodarczego. Należy jednak pamiętać o tym, że transport ma swój duży wpływ właśnie na ten rozwój. Można zatem przedstawić stwierdzenie, że gospodarka nie mogłaby dostatecznie dobrze funkcjonować bez transportu ale bez gospodarki silnie rozwijającej się nie miałyby sensu organizowanie tylu przewozów transportowych.

Warto zwrócić szczególną uwagę na ciągły rozwój jakości usług transportowych. Przedsiębiorstwa transportowe stoją przed bardzo ciężkim zadaniem i stale starają się usprawnić procesy związane z dostarczaniem i przewożeniem ładunków do swoich kontrahentów. Bardzo ważnym elementem jest optymalizacja kosztów związanych z transportem. Im większe oszczędności tym lepsza sytuacja ekonomiczna firmy, a co za tym idzie możliwość inwestowania w dalszy rozwój i polepszanie jakości świadczonych usług oraz pozyskiwanie nowych klientów. Firmy stale szukają innowacyjnych sposobów na radzenie sobie z przedstawionym problemem.

Praca ma za zadanie przedstawić przykłady rozwiązania problemu optymalizacji procesu transportu na przykładzie materiałów drewnopochodnych, dostarczanych do lokalnych stolarzy wytwarzających meble, a co za tym idzie poprawę jakości funkcjonowania przedsiębiorstwa transportowego dążącego do dalszego rozwoju.

## 1. TRANSPORT I BEZPIECZEŃSTWO PODCZAS TRANSPORTU ŁADUNKU

Transport jest działalnością, której głównym zadaniem jest odpłatne lub nieodpłatne świadczenie usług polegających na przemieszczeniu osób oraz dóbr materialnych z miejsca nadania do miejsca odbioru wraz z wykonywaniem szeregu usług pomocniczych, które są połączone bezpośrednio z tymi usługami [5].

Transport obsługuje najważniejsze działy gospodarki w szczególności: budownictwo, przemysł wydobywczy i przetwórczy, rolnictwo, leśnictwo, handel oraz łączność [3].

Transport w gospodarce rozpatruje się jako:

- dawcę, który umożliwia wymianę dóbr i usług. Przewozi surowce, materiały, półfabrykaty do zużycia produkcyjnego (w przemyśle, budownictwie) oraz gotowe produkty przeznaczone do konsumpcji osobistej,

- biorcę, obsługiwanego przez pozostałe działy gospodarki. Realizacja inwestycji transportowych bez produkcji takich działów, jak przemysł, leśnictwo, budownictwo itd., byłaby niemożliwa [6].

Transport samochodowy scharakteryzowany jest przez szereg cech ekonomicznych oraz techniczno - eksploatacyjnych, co wiąże się z tym, że transport ten odznacza się spośród innych gałęzi transportu wieloma cechami. Pierwszą bardzo ważną cechą jest punktualność oraz terminowość wykonywanych zleceń działającą na ściśle opracowanym harmonogramie. Kolejnym atutem jest duża elastyczność podróży, czyli obsługa różnych poziomów potrzeb nie ponosząc przy tym dodatkowych nakładów finansowych. Na trasach krótkich oraz średnich szczególnie znaczenie ma szybkość przewozu. Następną cechą wyróżniającą transport samochodowy jest nieograniczona dostępność do podstawowych środków pracy a co za tym idzie podstawienie taboru w dowolne miejsce. Ostatnią cechą opisującą transport jest wysoka operatywność usługowa, czyli dyspozycyjność dużej liczby środków transportowych [1].

W procesie transportowym najważniejszą rzeczą jest aby dostarczyć towar do odbiorcy w stanie nienaruszonym. Kierowca ma obowiązek tak zabezpieczyć ładunek aby chronić go przed jakimikolwiek uszkodzeniami i dostarczyć w ilości takiej jaką przyjął do przewozu. Do oceny jakości takiej usługi można posłużyć się formułą 6W, która ma sześć bardzo ważnych kryteriów do spełnienia. Według tej formuły odbiorca powinien otrzymać:

- zamówiony przez siebie towar tzw. towar właściwy,
- w odpowiedniej ilości,
- w określonym terminie,
- w wyznaczone miejsce,
- o ustalonych kosztach,
- właściwej jakości [2].

Wymienione kryteria można ogólnie nazwać bezpieczeństwem jakościowym i ilościowym ładunków. Bezpieczeństwo jakościowe powinno zagwarantować dostarczenie ładunku w stanie takim jakim został nadany. Natomiast bezpieczeństwo ilościowe to działania mające na celu zapewnienie niezmienności masy, objętości czy liczby sztuk [4].

Podczas transportu ładunek może ulec uszkodzeniu na każdym etapie. Począwszy od niewłaściwego zapakowania ładunku (czyli ukształtowanie jednostki transportowej) oraz błędy kierowcy przy załadunku i rozładunku przez nieodpowiednie, niedostatecznie dobre zabezpieczenie przewożonego ładunku na pojeździe. Niezwykle istotnym czynnikiem mającym wpływ na bezpieczeństwo ładunków jest zespół warunków bezpośrednio na siebie wpływających, takich jak: rodzaj nadwozia, ogólny stan nawierzchni drogowych czy też technika jazdy i umiejętności kierowcy [4].

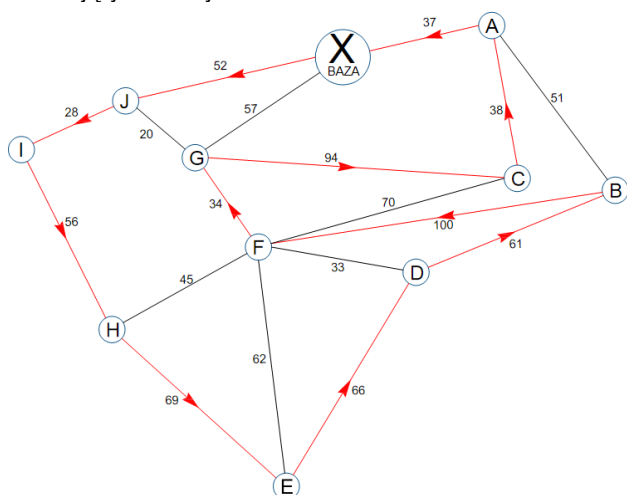
Zadanie transportowe jest więc bardzo złożonym zagadnieniem. Posiadając podstawową wiedzę na temat transportu i procesu transportowego można z dużym powodzeniem planować transport

ładunków do klienta. Bardzo ważne jest odpowiednie dobranie środka transportu do przewożonego ładunku. Osoby odpowiedzialne za planowanie zadania transportowego powinny wybrać odpowiednią trasę przejazdu korzystając z jednego z modeli kursów, delegować odpowiedzialnego kierowcę posiadającego wiedzę na temat bezpiecznego zabezpieczenia i przewożenia ładunków oraz dbającego o powierzony mu środek transportu. Szczęgotnego znaczenia wiedza ta nabiera podczas transportu np. wyrobów drewnopochodnych, których wszelkie uszkodzenie dyskwalifikują je do użycia w dalszej obróbce. Wszystkie te czynniki składają się na dążenie do świadczenia usługi transportowej najwyższej jakości. Firmy transportowe cały czas starają się obniżyć ponoszone koszty w celu powiększania swojego kapitału co pozwala na dalszy ich rozwój. Bardzo duże znaczenie ma tutaj optymalizacja trasy przejazdu w celu zmniejszenia ponoszonych środków finansowych.

## 2. USPRAWNIE NIE PRZEWOZU MATERIAŁÓW

Podstawowym zadaniem do zrealizowania jest ulepszenie procesu przewozu materiałów drewnopochodnych przewożonych cyklicznie do lokalnych producentów mebli. Bardzo ważnym elementem w transporcie jest to, aby wszystkie poniesione koszty przewozu były jak najniższe a jednocześnie żeby efektywność tego przewozu była jak najlepsza. Dynamicznie rozwijający się rynek wymusił na właścicieli analizowanego przedsiębiorstwa rozwinięcie działalności tak pod względem wielkości i różnorodności przewozów, jak również zwiększenie ilości pojazdów transportowych.

Przewóz materiałów drewnopochodnych przez przedsiębiorstwo, przeważnie w postaci płyt wiórowych, płyt MDF czy HDF, jest jednym ze stałych zleceń, które realizowane są przez firmę średnio raz w tygodniu. Materiały transportowane są za pomocą ciągnika siodłowego z doczepianą naczepą. Towar w analizowanym przypadku rozwożony jest do dziesięciu odbiorców jednym środkiem transportu, na który mieści się maksymalnie trzydzieści trzy europalety lub inna liczba palet o nieznormalizowanych wymiarach. Na rys. 1 zaprezentowano jedną z tras pokonywaną cyklicznie przez pojazd dostarczający materiały do odbiorców.



Rys. 1. Miejscowości docelowe oraz trasa przejazdu pojazdu

Przebieg aktualnej trasy do poszczególnych punktów dostaw został ustalony przez kierującego pojazdem. Wybrał on następującą kolejność dostaw:

BAZA - J - I - H - E - D - B - F - G - C - A - BAZA.

Łączna długość trasy wybranej przez kierowcę wynosi 635 km. Nie wiadomo jest czy ścieżka wybrana przez kierującego pojazdem jest najbardziej korzystna dla firmy. W celu wskazania optymalnej trasy realizacji nieodzownym jest podjęcie odpowiednich kroków. Pierw-

szy sposób usprawnienia działań firmy to wykonanie optymalnego planu przewozu ładunków znajdując najkrótszą możliwą trasę. W celu wyznaczenia najkrótszej trasy przewozu materiałów drewnopochodnych wykorzystano dwie metody:

- metoda najbliższego sąsiada,
- algorytm Little'a.

Dodatkowo wykorzystano dostępną aplikację wykorzystującą system GPS do wyznaczenia optymalnej trasy przejazdu samochodu transportującego materiały drewnopochodne do odbiorców.

### 2.1. Metoda najbliższego sąsiada

Wykorzystanie metody najbliższego sąsiada umożliwia znalezienie możliwie najkrótszej trasy odwiedzając każdego z odbiorców. Wyznaczenie najkrótszej trasy wiąże się ze zmniejszeniem kosztów podróży. W teorii grafów wierzchołkom są przypisane miasta, natomiast linie łączące poszczególne wierzchołki przedstawiają możliwe połączenie (trasy przejazdu) między miastami. Będą to drogi bez jakichkolwiek ograniczeń dla samochodów ciężarowych (np: tonażowych, nacisk na oś czy też wysokościowych jeśli chodzi o wiadukty). Przy krawędziach symbolizujących drogi (rys. 1) podano również odległości między poszczególnymi odbiorcami (miastami). W tabeli 1 zestawione zostały odległości pomiędzy poszczególnymi wierzchołkami.

Tab. 1. Długość tras pomiędzy punktami/odbiorcami

	X	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
X	0	37	88	75	124	153	91	57	136	80	52
A	37	0	51	38	112	170	108	94	153	117	89
B	88	51	0	22	61	127	92	116	137	168	140
C	75	38	22	0	83	132	70	94	115	142	114
D	124	112	61	83	0	66	33	67	78	115	87
E	153	170	127	132	66	0	62	96	69	125	116
F	91	108	92	70	33	62	0	34	45	82	54
G	57	94	116	94	67	96	34	0	79	48	20
H	136	153	137	115	78	69	45	79	0	56	84
I	80	117	168	142	115	125	82	48	56	0	28
J	52	89	140	114	87	116	54	20	84	28	0

Sposób poszukiwania najkrótszej trasy metodą najbliższego sąsiada został przedstawiony w tabeli 2. Najkrótsze możliwe połączenia pomiędzy poszczególnymi miastami zostały zaciemnione.

Tab. 1. Długość tras pomiędzy punktami/odbiorcami

X=0	A=37	B=96	C=75	D=158	E=398	F=191	G=225	H=329	I=273	J=245
X-A									I-H	
X-G	A-C		C-B	D-F				H-E		
X-J	A-B	B-D	C-F	D-E		F-E				J-I
		B-F	C-G			F-H	G-J			
						F-G				

Algorytm postępowania jest następujący: Z punktu bazowego X z czterech możliwych połączeń wybieramy najkrótszą trasę czyli X-A wynoszącą 37 km. Następnie z miasta A dostępne są trzy połączenia. Należy odrzucić miasta, w których kierowca już był, czyli w tym przypadku miasto X i wybieramy najkrótszą trasę A-C (38km). Kolejnym odwiedzanym miastem jest miasto C, z którego mamy do wyboru cztery kolejne połączenia. Jedno z tych połączeń C-A nale-

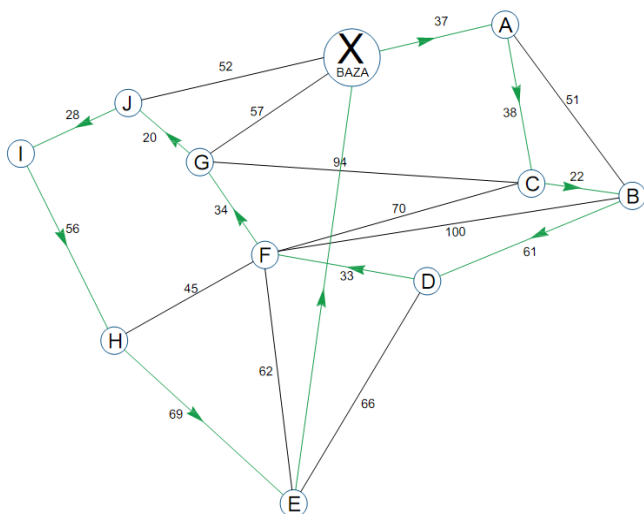
zy wyeliminować ponieważ miasto A zostało odwiedzone. Całą procedurę powtarzamy do momentu odwiedzenia wszystkich miast. Kolumna, w której nie jest zakreślona żadna z wartości (miasto E) jest to kolumna przedstawiająca ostatniego odwiedzanego odbiorcę. W pierwszym wierszu do kolejnych odwiedzanych miast (kolumn) dodaje się liczbę kilometrów przebytych z poszczególnych miast. Dla kolumny miasta odwiedzanego jako ostatnie otrzymuje się długość trasy wynoszącej 398 km. Najkrótsza trasa wyznaczona przy pomocy metody najbliższego sąsiada przedstawia się następująco:

X - A - C - B - D - F - G - J - I - H - E.

Do otrzymanej trasy należy jednak doliczyć powrót do miasta początkowego X, zatem cała trasa kształtuje się następująco:

X - A - C - B - D - F - G - J - I - H - E - X.

Na rysunku 2 zaprezentowano przebieg trasy wyznaczonej metodą najbliższego sąsiada wraz z drogą powrotną do bazy przez miejscowości F i G.



**Rys.2.** Kolejność przejazdu pojazdu po usprawnieniu-metoda najbliższego sąsiada

Długość całkowita trasy wraz z powrotem do bazy (X) wynosi 551 km, czyli jest o 84km krótsza (przed usprawnieniem było to 635km).

## 2.2. Algorytm Little'a

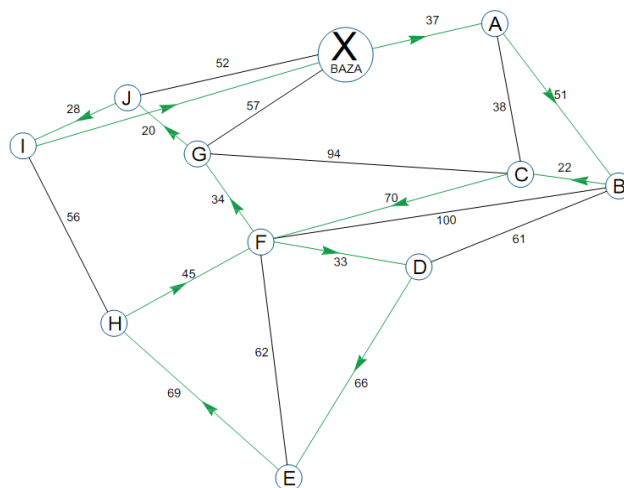
Algorytm Little'a jest kolejną zastosowaną do usprawnienia metodą poszukiwania najkorzystniejszej dla przedsiębiorstwa transportowego trasy przewozu materiałów drewnopochodnych. Metoda jest oparta o algorytm polegający na zastosowaniu ograniczeń oraz podziałów. Najkrótsza trasa jest wyznaczana w taki sposób, że każde z miast może zostać odwiedzone tylko jeden raz.

Wyjściową składową do znalezienia optymalnej trasy przy pomocy metody z użyciem algorytmu Little'a jest tabela 1 przedstawiająca odległości pomiędzy odbiorcami z wyznaczonymi wartościami minimalnymi w poszczególnych wierszach. Każdy kolejny wiersz należy przeanalizować i znaleźć najmniejszą wartość odległości przewozu. Kolejnym krokiem jest odjęcie znalezionej wartości od każdej wartości w danym wierszu, a następnie podobne działania należy przeprowadzić dla każdej wartości w danej kolumnie. Następnym etapem jest odnalezienie wartości minimalnych z poszczególnych kolumn i wierszy. Wartość 0 uwzględniana jest tylko w przypadku, w którym występuje co najmniej dwa razy. Ze wszystkich wartości minimalnych kolumn oraz wierszy należy znaleźć wartość maksymalną. Następnie tabelę należy skrócić o kolumnę w której występu-

je wartość 0 km. Kolejne kroki należy wykonywać aż do momentu otrzymania macierzy 2 na 2. Po wykonaniu wszystkich kroków najkrótsza trasa przewozu materiałów drewnopochodnych wyznaczona zostaje na podstawie kolejno skracanych kolumn i wierszy: Punktem początkowym jest miejscowość X, zatem trasa prezentuje się następująco:

X - A - B - C - D - E - H - F - G - J - I - X

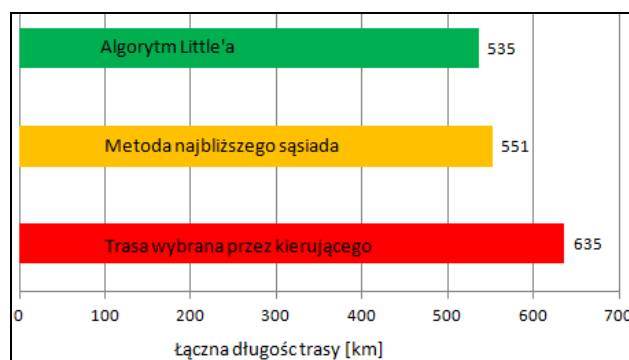
Na rysunku 3 zaprezentowano schemat trasy wyznaczonej metodą Little'a, wraz z powrotem do bazy (przez miejscowość J).



**Rys.3.** Kolejność przejazdu pojazdu po usprawnieniu-algorytm Little'a

Całkowita długość trasy wraz z powrotem do bazy (X) obliczona zgodnie z algorytmem Little'a wynosi 535 km, czyli jest o 100km krótsza (przed usprawnieniem było to 635km).

Na rysunku 4 przedstawiono porównanie długości trasy początkowej oraz wyznaczonej za pomocą metody najbliższego sąsiada oraz albyrtmu Little'a.



**Rys.4.** Porównanie długości trasy początkowej z wyznaczoną za pomocą metody najbliższego sąsiada oraz albyrtmu Little'a

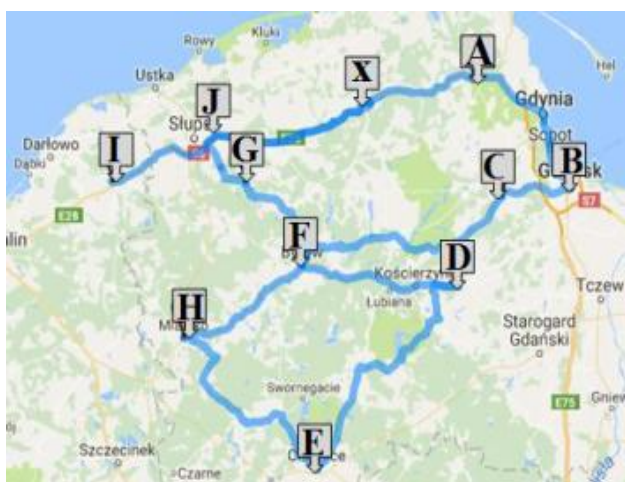
Najbardziej korzystna okazała się więc trasa wyznaczona za pomocą metody Little'a.

## 2.3. System GPS

Bardzo przydatnym oraz ułatwiającym pracę jest korzystanie z programów, które powstały z myślą o firmach transportowych. Jednym z tych urządzeń jest program GPS, który pozwala na stałą kontrolę oraz możliwość łatwiejszego komunikowania się z kierowcą. System ten jest montowany w samochodach ciężarowych we wnętrzu kabiny. Dzięki korzystaniu z tego urządzenia spedytor ma możliwość stałego kontrolowania kierowcy, może bez większego problemu określić miejsce, w którym dany kierowca się znajduje.

Istnieje wiele różnych aplikacji, za pomocą których możemy wytyczać trasy, a także mamy szczegółowy podgląd wszystkich pojazdów (możemy sprawdzić bieżące czynności pojazdu, można zobaczyć stan paliwa, prędkość z jaką dany pojazd się porusza, stan silnika, nacisk na oś ciągnika).

W analizie wykorzystano jedną z dostępnych aplikacji i na jej podstawie została wygenerowana trasa jaką w analizowanym przypadku powinien poruszać się kierowca transportujący ładunek. Na rys. 5 zaprezentowano wygenerowaną przez system trasę przejazdu przewoźnika z miejsca początkowego X, odwiedzając kolejno wszystkie miejscowości.



Rys.5. Trasa przejazdu pojazdu wygenerowana przy wykorzystaniu systemu GPS

Wygenerowana przy użyciu programu trasa przejazdu pokrywa się z trasą wyznaczoną przy wykorzystaniu algorytmu Little'a.

## PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki optymalizacji trasy przewoźnika materiałów drewnopochodnych, przeprowadzone przy pomocy wybranych metod (metodą najbliższego sąsiada oraz metodą Little'a) pozwalają na wysunięcie następujących wniosków:

1. Usprawnienie trasy przewoźnika ładunków do dziesięciu odbiorców realizowana jednym środkiem transportu przez jednego kierowcę ma bardzo duży wpływ na usprawnienie procesu spedycyjno-transportowego firmy. Obecna trasa wyznaczona przez kierowcę wynosi 635km. Zmiana trasy przy wykorzystaniu zaproponowanych metod optymalizacji trasy może wpłynąć na zmniejszenie ponoszonych kosztów.

2. Wyznaczona trasa przejazdu przy wykorzystaniu metody najbliższego sąsiada może skrócić się do długości 551km.
3. Wykorzystanie algorytmu Little'a pozwala na skrócenie długości trasy przejazdu do 535 km.
4. Trasa wyznaczona przy wykorzystaniu systemu GPS pokrywa się z trasą wyznaczoną przy wykorzystaniu algorytmu Little'a. Przy zakupie systemu zarządzającego transportem GPS przedsiębiorstwo transportowe ma możliwość nie tylko na znaczne obniżenie kosztów i czasu wykonywania zadania transportowego ale również posiada pełną kontrolę nad wszystkimi środkami transportowymi.

## BIBLIOGRAFIA

1. Korczak J., 2013, Logistyka, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, 82-83
2. Korzeniowski A., Skrzyżczek M., Szyszka G., Opakowania w systemach logistycznych, Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań 1996
3. Małek P., Ekonomika transportu. PWE, Warszawa 1969
4. Prochowski L., Żuchowski A., 2009, Technika transportu ładunków, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, 25, 39-42
5. Rydzkowski W., Wojewódzka-Król K., 2005, Transport, Wydawnictwo Naukowe PWN, 1-4, 25-30, 38-48
6. Szczepaniak T. (red.), Transport i spedycja międzynarodowa, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1985

### Improving road transport of goods in the process of distribution of wood-based materials

*The article covers the problem of safety of wood-based materials during transport. There are three ways to improve the material transport process. Optimal routes have been proposed, on the basis of the nearest neighbour method, the Little algorithm and the GPS system.*

Autorzy:

Dr inż. **Wiesław Szada-Borzyszkowski** – Politechnika Koszalińska, Zamiejscowy Wydział Przemysłu Drzewnego; wieslaw.szada-b@tu.koszalin.pl

Mgr inż. **Monika Szada-Borzyszkowska** – Politechnika Koszalińska, Wydział Mechaniczny; monika.szada-borzyszkowska@tu.koszalin.pl