

## Planowanie tras z wykorzystaniem narzędzia Solver, jako zadanie logistyczne w małej firmie

### 1. Wprowadzenie

Podjęcie decyzji we współczesnej organizacji jest procesem rozwiązywania złożonych problemów, z których dużą grupę stanowią logistyczne zagadnienia optymalizacyjne. Zasada racjonalności działania ekonomicznego wymaga od decydentów respektowania reguły, że każda decyzja powinna spowodować maksymalizację korzyści. Obszary optymalizacji procesów logistycznych rozwiązywalnych przy użyciu metod z zakresu badań operacyjnych obejmują zagadnienia, wśród których można wymienić<sup>1</sup>:

- **problemy alokacji środków produkcji:** optymalny przydział surowców, zdolności produkcyjnej maszyn oraz dysponowanego czasu pracy ludzi pomiędzy poszczególne wyroby (produkty), jakie może produkować firma (kryterium optymalizacji: maksymalizacja zysku);
- **zagadnienia transportowe**<sup>2</sup>: optymalizacja przewozów towarów między różnymi dostawcami i odbiorcami z uwzględnieniem punktów przeładunkowych (kryterium optymalizacji: minimalizacja łącznego kosztu przewozu towaru);
- **problemy komiwojażera:** komiwojażer ma za zadanie odwiedzić określoną liczbę  $n$ -klientów i wrócić do bazy tak, aby cała jego podróż była jak najkrótsza (kryterium optymalizacji: minimalizacja długości drogi w sieci łączącej wszystkie węzły);
- **zarządzanie zapasami surowców:** gospodarka zapasami i obliczanie optymalnej partii zapasów towarów, materiałów oraz wyliczenie zapasu buforowego (kryterium optymalizacji: minimalizacja kosztów działalności przedsiębiorstwa);
- **zagadnienia wymiany**<sup>3</sup>: ustalenie optymalnego momentu wymiany pracującego środka trwałego na nowy (teoria odnowy) w przedsiębiorstwie, wyważenie pomiędzy kosztami eksploatacji i amortyzacji (kryterium optymalizacji: minimalizacja kosztów działalności firmy);
- **problemy przydziału zadań** do wykonania w taki sposób, aby osiągnąć np. najkrótszy łączny czas wykonania zadania (kryterium optymalizacji: minimalizacja czasu realizacji przedsięwzięć przy posiadanych środkach).

Celem niniejszego opracowania nie jest opisywanie klasycznych modeli optymalizacyjnych, lecz zaprezentowanie możliwości wykorzystania do ich rozwiązywania powszechnie dostępnego narzędzia informatycznego, jakim jest Solver. Etapy postępowania i pracy z tym narzędziem zostaną omówione na przykładzie tzw. problemu komiwojażera (ang. *Traveling Salesman Problem, TPS*). Do wybrania tego tematu przyczyniły się przesłanki nikłej obecności tego zagadnienia w literaturze.

Ponadto z uwagi na fakt, iż wielkość przedsiębiorstwa oraz specyfika jego działalności determinują zakres i charakter procesów i czynności logistycznych<sup>4</sup> niniejsze zagadnienie opracowano na przykładzie małej firmy. Jej specyfikę i uwarunkowania realizowanych procesów transportowych przedstawiono w kolejnym punkcie.

---

<sup>1</sup> Por.: Z. Binek, *Informatyka w zarządzaniu*, Vizja Press & IT, Warszawa 2007, s. 211-212.

<sup>2</sup> Zagadnienie poruszone w: L. Reszka, *Solver jako narzędzie rozwiązywania logistycznych problemów optymalizacyjnych*, w: *Roczniki Naukowe WSB w Toruniu* nr 10, Toruń 2011, s. 321-336.

<sup>3</sup> Zagadnienie poruszone w: L. Reszka, *Optymalizacja harmonogramu wymiany sprzętu jako zadanie logistyczne*, w: *Zeszyty Naukowe UG* nr 42, pod redakcją M. Chaberka i L. Reszka, Gdańsk 2012, s. 189-196.

<sup>4</sup> Sołtysik M., *Zarządzanie logistyczne*, AE Katowice, Katowice 2003, s. 13.

## 2. Specyfika przedsiębiorstwa i realizowanych procesów transportowych

Analizowana firma należy do sektora małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP). Jest to mała firma kurierska, która świadczy usługi logistyczne na rzecz podmiotów medycznych. Firmy zaliczane do sektora MŚP stanowią ilościowo dominującą grupę nie tylko w polskiej gospodarce (99,8% wszystkich firm w Polsce<sup>5</sup>), ale i unijnej. W skład tej grupy wchodzi zarówno przedsiębiorstwa bardzo małe (mikro), małe jak i średnie. Niezależnie od rodzaju prowadzonej działalności (produkcyjnej, handlowej czy usługowej) podmioty należące do sektora MŚP (w odróżnieniu od dużych organizacji) posiadają pewne cechy wspólne, które znacząco wpływają na ich logistykę. Należy wśród nich wymienić:

- ograniczony kapitał własny i ograniczony dostęp do kapitału obcego,
- większą podatność na negatywne skutki konkurencji,
- tendencje do poszukiwania niszy rynkowej zamiast nastawienia na wzrost udziału w rynku,
- ograniczony dostęp do technologii/systemów informatycznych lub ich całkowity brak.

Z drugiej zaś strony fundamentalną zaletą tych małych firm z punktu widzenia zachodzących w nich procesów logistycznych jest niewątpliwie duża elastyczność umożliwiająca dostosowanie się do indywidualnych wymagań każdego klienta. W małych firmach udział logistyki w tworzeniu tzw. wartości dla klienta, może przejawiać się np. w możliwości zindywidualizowanej obsługi, niezawodności, nawiązywaniem dobrych i partnerskich kontaktów oraz szybkim czasem reakcji na potrzeby klienta.

Wszystkie wymienione powyżej cechy charakteryzują i dobrze opisują analizowane przedsiębiorstwo. Ta mała firma kurierska od wielu lat świadczy usługi transportowe na rzecz laboratorium medycznego mającego swoją siedzibę w Gdyni. Jej zadaniem jest (dwa razy w tygodniu) odebranie materiałów przeznaczonych do analizy laboratoryjnej z punktów medycznych zlokalizowanych w 9 miastach północno-zachodniej Polski. W rozważanym przypadku planuje się trasy przejazdów kurierów w sposób intuicyjny bazujący na wieloletnim doświadczeniu. Taki sposób postępowania, chociaż czasami może być skuteczny, niestety nie gwarantuje wykorzystania dostępnych zasobów w sposób optymalny.

Kurierzy przed wyjazdem na trasę otrzymują listy lokalizacji, które muszą obsłużyć. Kolejność poszczególnych punktów na liście jest zupełnie przypadkowa. Tylko od kierowcy zależy sposób uszeregowania miejscowości i odebranie wszystkich przesyłek w jak najkrótszym czasie. Praca kierowców, którzy nie mają wystarczającego doświadczenia często bywa męcząca i niepotrzebnie się przeciąga w czasie. Dodatkowo wybranie nieodpowiedniej trasy przejazdu skutkuje zawyżonymi kosztami transportu firmy kurierskiej.

Jak już wcześniej wspomniano niezależnie od skali działalności przedsiębiorstwa musi ono kierować się zasadą, aby podejmowane decyzje były racjonalne i efektywne oraz finalnie powodowały maksymalizację korzyści. Dodatkową przesłanką skłaniającą do pilnej poprawy aktualnego podejścia planowania tras w analizowanej firmie jest to, że w grupie przedsiębiorstw małych trudno odnotować tzw. korzyści skali. Z tego powodu tym bardziej w rozwiązywaniu problemów logistycznych małych podmiotów należy położyć główny nacisk na poszukiwanie rozwiązań optymalnych. Dobrym, tanim i prostym w użyciu narzędziem dla firmy, która nie posiada żadnego wsparcia informatycznego realizowanych procesów jest łatwo dostępny Solver.

## 3. Solver, jako narzędzie optymalizacji procesów logistycznych

Narzędzie Solver jest jednym z najbardziej zaawansowanych narzędzi analitycznych MS Excel<sup>6</sup> i jednocześnie jednym z prostszych w obsłudze. Można z niego korzystać po jednokrotnym zainstalowaniu. Solver wykorzystywany jest do rozwiązywania jednokryterialnych zadań optymalizacyjnych, w których liczba zmiennych decyzyjnych nie przekracza 200. Jego zastosowanie

<sup>5</sup> Dane pochodzą z *Raportu o stanie sektora małych i średnich przedsiębiorstw w Polsce (2011 r.)*.

<sup>6</sup> Solver może również być dostępny w ramach tzw. oprogramowania open source, np. OpenSolver.

wymaga zapisania modelu matematycznego w obszarze roboczym arkusza kalkulacyjnego. Model optymalizacji składa się z trzech elementów:

- **komórki celu** (funkcja celu) - jest to komórka w modelu arkusza, która w wyniku zastosowania Solvera ma przyjąć wartość minimalną, maksymalną lub ustaloną w postaci liczby rzeczywistej;
- **komórek zmiennych** (zmiennie decyzyjne) – są one komórkami zawierającymi poszukiwane wartości, które są zmieniane iteracyjnie i podstawiane przez dodatek Solver do funkcji celu, dopóki nie zostanie znalezione rozwiązanie optymalne;
- **komórek ograniczeń** (mogą być zastosowane w stosunku do wartości komórki celu i komórek zmienianych) – wprowadzone warunki ograniczające stanowią formułę w komórce arkusza, której wartość musi mieścić się w określonych granicach lub osiągać wartości docelowe.

Dodatek Solver umożliwia analizowanie problemów optymalizacji typu: liniowego, nieliniowego, całkowitoliczbowego i binarnego. Należy podkreślić, że narzędzie to jest stale rozwijane i ulepszone. W stosunku do wersji poprzednich<sup>7</sup>, w programie Excel 2010 użytkownik ma możliwość wskazania właściwej metody rozwiązania problemu optymalizacyjnego. Może wybrać z spośród następujących metod<sup>8</sup>:

- **metody LP Simpleks** służącej do rozwiązywania problemów optymalizacji o charakterze liniowym (komórka celu i komórki ograniczeń są tworzone przez dodawanie wyrażen typu [komórka zmiennej]\*[stała]);
- **metody nieliniowej GRG** – komórka celu i/lub niektóre komórki ograniczeń zawierają funkcje nieliniowe i są wyliczane przy użyciu takich operacji jak np. mnożenie, dzielenie, potęgowanie komórek zmiennych czy stosowanie funkcji wykładniczych i trygonometrycznych;
- **metody ewolucyjnej** – komórka celu i/lub niektóre komórki ograniczeń zawierają funkcje nieliniowe odwołujące się do komórek zmiennych.

Ta rozbudowana funkcjonalność jest szczególnie ważna, gdy model w arkuszu jest bardzo złożony i obliczenia mogłyby zająć wiele czasu. Wskazanie właściwej metody w oknie programu (zgodnie z podanym opisem powyżej) znacznie przyspiesza proces rozwiązywania zadania.

Po określeniu komórki celu, komórek zmiennych i warunków ograniczających można rozpocząć rozwiązywanie problemu. Solver wyszuka wszystkie rozwiązania dopuszczalne<sup>9</sup> i wybierze z nich to, które zapewnia najlepszą zdefiniowaną wartość komórki celu, czyli rozwiązanie optymalne.

W dalszej części opracowania zostaną omówione wszystkie etapy pracy z narzędziem Solver mające na celu rozwiązanie problemu optymalnego doboru tras w analizowanej firmie kurierskiej.

### 3.1. Propozycja rozwiązania problemu wyboru tras

Zagadnienie rozpatrywane na potrzeby firmy kurierskiej należy do problemów optymalizacyjnych, a do jego rozwiązania należy zastosować tzw. problem komiwojażera. Rozwiązanie problemu komiwojażera dotyczy wyznaczenia najkrótszej trasy przejazdu pomiędzy pewną liczbą punktów w taki sposób, aby każdy punkt został odwiedzony przez kierowcę tylko jeden raz. Problem komiwojażera związany jest z tzw. cyklem Hamiltona w grafie, tzn. takim cyklem, w którym każdy z wierzchołków danego grafu wystąpi dokładnie jeden raz. Komiwojażer musi odwiedzić  $n$  lokalizacji i finalnie wrócić do punktu, z którego wyruszył pokonując jak najkrótszą drogę. W prezentowanym przypadku kurier musi dotrzeć do 9 miast i na koniec dojechać do bazy w Gdyni. Należy wyznaczyć, zatem taką trasę (rysunek 1), aby całkowita długość drogi do przejechania była jak najmniejsza (aby zminimalizować koszty transportu i jednocześnie osiągnąć najkrótszy czas pracy kierowcy). Znalezienie właściwego cyklu Hamiltona jest zadaniem trudnym obliczeniowo,

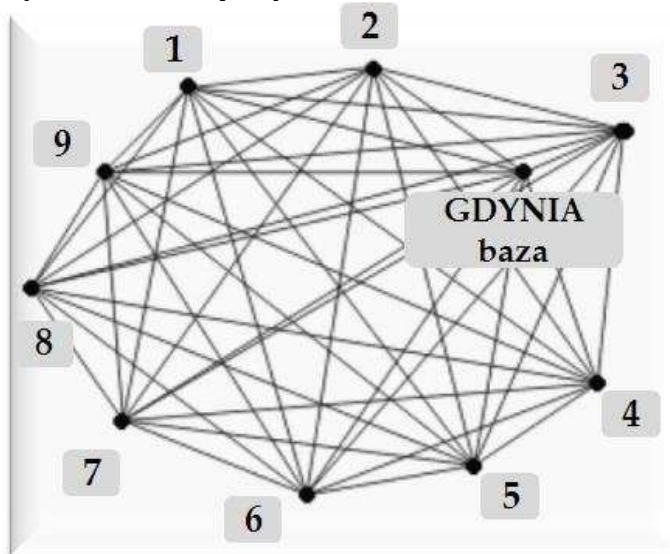
<sup>7</sup> Więcej: L. Reszka, op. cit. s. 323.

<sup>8</sup> Wayne L. Winston, *Microsoft Excel 2010 Analiza i modelowanie danych biznesowych*, APN Promise, Warszawa 2011, s. 250.

<sup>9</sup> Rozwiązaniem dopuszczalnym nazywamy każdą specyfikację komórek zmiennych, która spełnia podane w modelu ograniczenia.

ponieważ w grafie pełnym składającym się z 10 wierzchołków, liczba cykli Hamiltona wynosi 9!, czyli 362 880. Gdyby kurier miał do odwiedzenia jeszcze tylko jedną dodatkową miejscowość, niż w prezentowanym przypadku to liczba ta wzrosłaby do 3 628 800. W przypadku 25 miejscowości to aż 15 511 210 043 330 985 984 000 000 różnych wariantów wybrania kolejnych lokalizacji podczas realizacji zadania. Obrazuje to wyraźnie jak wiele możliwości uszeregowania tras można zaproponować i wskazuje dobitnie, że realizacja tego zadania dotychczasową metodą (bez wsparcia informatycznego) byłaby nie tylko trudna i czasochłonna, ale czasami wręcz niemożliwa. Dodatkowo nie dawałaby też pewności, co do wybrania optymalnego rozwiązania z punktu widzenia założonych kryteriów.

Rysunek 1: Graf pełny



Źródło: Opracowanie własne.

Dzięki nowemu i ulepszonemu dodatkowi Solver w programie Excel 2010 bardzo łatwo można rozwiązać tego typu zagadnienie. W tym celu należy rozpocząć od stworzenia w arkuszu kalkulacyjnym tabeli 1 zawierającej odległości między miastami, które musi odwiedzić firma kurierska.

Tabela 1: Odległości między miastami

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Lp.	Gdynia	Kościerzyna	Bydgoszcz	Poznań	Toruń	Bytów	Ślupsk	Szczecin	Koszalin	Piła	
2	1	Gdynia	0	61,76	173,09	280,83	182,37	84,62	105,88	312,58	171,08	209,43
3	2	Kościerzyna	61,76	0	120,99	221,47	141,41	35,23	79,07	259,36	128,65	147,68
4	3	Bydgoszcz	173,09	120,99	0	117,68	44,95	132,15	176,88	252,97	184,95	92,36
5	4	Poznań	280,83	221,47	117,68	0	143,14	217,6	249,36	212,94	223,33	91,22
6	5	Toruń	182,37	141,41	44,95	143,14	0	161,14	208,59	297,62	225,53	136,36
7	6	Bytów	84,62	35,23	132,15	217,6	161,14	0	48,32	228,62	93,62	134,82
8	7	Ślupsk	105,88	79,07	176,88	249,36	208,59	48,32	0	216,5	68,79	160,41
9	8	Szczecin	312,58	259,36	252,97	212,94	297,62	228,62	216,5	0	148,34	161,76
10	9	Koszalin	171,08	128,65	184,95	223,33	225,53	93,62	68,79	148,34	0	132,76
11	10	Piła	209,43	147,68	92,36	91,22	136,36	134,82	160,41	161,76	132,76	0

Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 1 Gdyni losowo przypisano numer 1, Kościerzynie 2, Bydgoszczy 3, Poznaniowi 4, itd. Przypisanie do liczb od 1 do 10 kolejnych do odwiedzenia miast będzie wykorzystane do obliczenia długości trasy przejazdu.

Aby wykonać model zadania trzeba równocześnie przyjąć, że dowolna sekwencja liczb od 1 do 10 będzie wskazywała kolejność odwiedzanych miast. Należy, zatem utworzyć drugą tabelę. W arkuszu kalkulacyjnym (tak jak pokazano w tabeli 2) wpisano w kolumnie B sekwencję liczb od 1 do 10. Stanowią one komórki zmienne i będą wartościami poszukiwanymi w taki sposób, aby uzyskać jak najkrótszą całkowitą długość trasy. MS Excel wyliczy ją automatycznie za pomocą wprowadzonej funkcji SUMY(C17:C26) i wyświetli w komórce C29. Należy podkreślić, iż wartość komórki C29 równa całkowitej długości trasy jest jednocześnie komórką celu, która w naszym przypadku musi dążyć do minimum.

**Tabela 2: Komórki zmienne i komórka celu.**

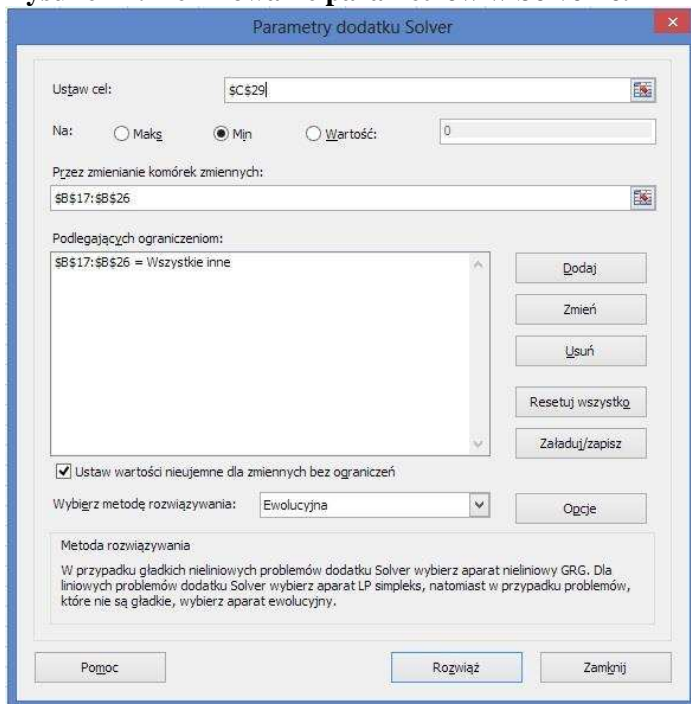
	B	C	D
16	<b>KOLEJNOŚĆ</b>	<b>ODLEGŁOŚĆ</b>	<b>MIASTO</b>
17	1	209,43	Gdynia
18	2	61,76	Kościerzyna
19	3	120,99	Bydgoszcz
20	4	117,68	Poznań
21	5	143,14	Toruń
22	6	161,14	Bytów
23	7	48,32	Słupsk
24	8	216,5	Szczecin
25	9	148,34	Koszalin
26	10	132,76	Piła
27			
28			
29	<b>Całk. dł. trasy</b>	<b>1360,06</b>	<b>km</b>
30			

Źródło: opracowanie własne.

W tabeli 2 przedstawiono kolejność występowania miast w takiej samej chronologii, jaką zdefiniowano w tabeli 1. Aby Solver mógł dokonać optymalizacji trasy przejazdu kierowcy należy w komórkach C17:C26 wprowadzić funkcję INDEKS. Składnia tej funkcji ma postać  $INDEKS(tablica\_odległości; nr\_wiersza; nr\_kolumny)$ . Aby ją wykonać, Excel z tabeli 1 pobierze wartość komórki wyznaczonej z przecięcia podanego numeru wiersza i numeru kolumny, czyli innymi słowy odczyta z tabeli wartość odległości między wskazanymi miastami. Tak ustalona formuła wyznaczająca odległość między kolejnymi miastami, stanowi gwarancję szybkiego obliczenia optymalnej trasy do przejechania przez kuriera. Jak wynika z tabeli 1 aktualnie wynosi ona 1 360,06 km i jej długość jest efektem przypadkowego uszeregowania miast przed uruchomieniem obliczeń w Solverze.

W toku dotychczasowych działań zdefiniowano komórkę celu (C29) i komórki zmienne (B17:B26). W kolejnym kroku należy określić ograniczenia i wszystko to wprowadzić do arkusza Excel za pomocą okna *Parametry dodatku Solver* przedstawionego na rysunku 2.

**Rysunek 2: Definiowanie parametrów w Solverze.**



Źródło: opracowanie własne.

Wskazana Solverowi komórka celu musi zmierzać do minimum z uwagi na fakt, iż kryterium optymalizacji jest minimalizacja długości drogi w sieci łączącej wszystkie węzły. W praktyce najefektywniejszymi sposobami rozwiązania tego typu zadań są algorytmy genetyczne<sup>10</sup>, algorytmy mrówkowe i metody heurystyczne. Z tego powodu konieczne jest wybranie metody ewolucyjnej, jako metody rozwiązania zadania. Ponadto należy jeszcze w miejscu definiowania ograniczeń wskazać komórki zmienne i zaznaczyć Dif (z ang. *all different*). Ustawienie tej opcji (Dif = Wszystkie inne) powoduje, że w przypadku 10 komórek zmiennych Excel przypisze do tych komórek wartości ze zbioru 1, 2, 3, ..., 10 i, co istotne, każda z tych wartości wystąpi tylko jeden raz, bez powtórzeń. Ma to kluczowe znaczenie dla prawidłowości rozwiązania niniejszego problemu decyzyjnego.

Po dokonaniu wyżej wymienionych zapisów i ustawieniu *Szybkości mutacji*<sup>11</sup> na 0,5 (wskazujemy w opcjach metody ewolucyjnej) otrzymujemy wynik optymalizacji trasy przejazdu kuriera zaprezentowany tabeli 3.

<sup>10</sup> Idea algorytmów genetycznych (ewolucyjnych) opiera się na teorii ewolucji Darwina. W praktyce oznacza to, że algorytmy te bazują na statystycznej zbieżności rozwiązań podlegających losowym modyfikacjom. Pojawiające się w literaturze coraz bardziej wyspecjalizowane mechanizmy ewolucyjne powodują, że metody te stanowią silniejszą konkurencję dla dotychczas stosowanych metod optymalizacji.

<sup>11</sup> Mutacja wprowadza do genotypu losowe zmiany. Jej zadaniem jest wprowadzanie różnorodności w populacji, czyli zapobieganie (przynajmniej częściowe) przedwczesnej zbieżności algorytmu. Mutacja zachodzi z pewnym przyjętym prawdopodobieństwem. Powinno być ono niskie, ponieważ zbyt silna mutacja przynosi efekt odwrotny do zamierzonego: zamiast subtelnie różnicować dobre rozwiązania - niszczy je.

**Tabela 3: Rezultat obliczeń w Solverze.**

	B	C	D
16	<b>KOLEJNOŚĆ</b>	<b>ODLEGŁOŚĆ</b>	<b>MIASTO</b>
17	6	48,32	Bytów
18	2	35,23	Kościerzyna
19	1	61,76	Gdynia
20	5	182,37	Toruń
21	3	44,95	Bydgoszcz
22	4	117,68	Poznań
23	10	91,22	Piła
24	8	161,76	Szczecin
25	9	148,34	Koszalin
26	7	68,79	Słupsk
27			
28			
29	<b>Całk. dł. trasy</b>	<b>960,42</b>	<b>km</b>
30			

Źródło: opracowanie własne.

W wyniku obliczeń uzyskano minimalną długość trasy wynoszącą 960,42 km. Natomiast, aby zinterpretować, w jakiej kolejności odwiedzać miasta należy poruszać się w pętli wylistowanych miast. Należy rozpocząć od wiersza z liczbą 1 (Gdynia, z siedzibą firmy), a następnie wybrać kolejne miasta na liście w dół lub w górę. Kierowca, zatem może wyjechać z Gdyni, a następnie dotrzeć do Kościerzyny, Bytowa, Słupska, Koszalina, Szczecina, Piły, Poznania, Bydgoszczy i Torunia. Trasę tę pokazano na rysunku 3. Kurier może też wybrać drogę w odwrotnej pętli tzn. Gdynia, Toruń, Bydgoszcz, Poznań, Piła, Szczecin, Koszalin, Słupsk, Bytów i Kościerzyna. Wybrane przez Solvera rozwiązanie gwarantuje takie uszeregowanie przejazdów z miasta do miasta, aby osiągnąć minimalną długość trasy przejazdu i należy je zinterpretować, jako znalezienie cyklu Hamiltona spełniającego warunki zawarte w zadaniu optymalizacyjnym.

**Rysunek 3: Wizualizacja trasy przejazdu kuriera na mapie.**



Źródło: opracowanie własne.

#### 4. Podsumowanie

Biorąc pod uwagę powtarzającą się cykliczność pokonywanych tras w analizowanym przypadku można powiedzieć, że zaprezentowane w niniejszym opracowaniu obliczanie optymalnego wyznaczenia szlaku przejazdu z wykorzystaniem Solvera wdaje się być rozwiązaniem bardzo poprawiającym funkcjonowanie firmy. Jak starano się dowieść, Solver to narzędzie bardzo proste w użyciu i jednocześnie dostarczające optymalnych rozwiązań problemów decyzyjnych w rekordowo krótkim czasie. Warty podkreślenia jest również, że aplikacyjność i możliwości (do 200 zmiennych decyzyjnych) tego narzędzia są bardzo szerokie, a omówiony przypadek stanowi tylko uproszczoną próbę zobrazowania potencjału Solvera. Wprowadzanie zmian do tabeli odwiedzanych miast w razie pozyskania nowych rynków nie wymaga dużego wysiłku i z pewnością przewyższa korzyści, jakie może osiągnąć firma ze wsparcia informatycznego.

Reasumując, lekceważenie lub niewłaściwie rozwiązywanie problemów logistycznych małych podmiotów skutkuje obniżeniem ich pozycji konkurencyjnej, zwłaszcza w kontekście rywalizacji na rynkach niszowych. Dokonanie niewielkim wysiłkiem zmian i ulepszeń funkcjonowania działalności logistycznej może sprzyjać uzyskiwaniu przewagi konkurencyjnej dzięki redukcji zbędnych kosztów, strat czasu i poprawie wizerunku firmy.

#### Literatura

1. Binek Z., *Informatyka w zarządzaniu*, Vizja Press & IT, Warszawa 2007.
2. PARP, *Raport o stanie sektora małych i średnich przedsiębiorstw w Polsce*, 2011 r.
3. Reszka L., *Solver jako narzędzie rozwiązywania logistycznych problemów optymalizacyjnych*, w: Roczniki Naukowe WSB w Toruniu nr 10, Toruń 2011.
4. Reszka L., *Optymalizacja harmonogramu wymiany sprzętu jako zadanie logistyczne*, w: Zeszyty Naukowe UG nr 42, pod redakcją M. Chaberka i L. Reszka, Gdańsk 2012.
5. Sołtysik M., *Zarządzanie logistyczne*, AE Katowice, Katowice 2003.
6. Winston Wayne L., *Microsoft Excel 2010 Analiza i modelowanie danych biznesowych*, APN Promise, Warszawa 2011.



## **Streszczenie**

Celem niniejszego opracowania jest zaprezentowanie sposobu szybkiego rozwiązywania logistycznych problemów optymalizacyjnych przez zastosowanie łatwo dostępnego i taniego narzędzia, jakim jest Solver wchodzący w skład pakietu MS Office (dodatek arkusza kalkulacyjnego Excel). Zadanie to wykonano na przykładzie małej firmy kurierskiej, która prowadzi swoją działalność bez żadnego wsparcia informatycznego. W pracy przedstawiono charakterystykę tej firmy i specyfikę realizowanych procesów transportowych, a następnie z wykorzystaniem Solvera opracowano rozwiązanie problemu wytyczenia szlaku przejazdu kuriera w taki sposób, aby osiągnąć jak najkrótszą całkowitą długość trasy, a tym samym zminimalizować koszty transportu.

**Słowa kluczowe:** logistyka, optymalizacja, problem komiwojażera

## **Route planning with the use of Solver tool, as a logistic task in a small company**

### **Abstract**

The aim of this paper is to present the method of quick solving logistic optimization problems by using easily available and inexpensive Solver tool which is included in MS Office (Excel spreadsheet add-on). This task was carried out on the example of a small courier company, which operates without any computer program support. This paper shows the characteristics of the company and the specificity of their transport operations. Then the solution to the problem of marking the courier route was devised with the use of Solver tool. This resulted in achieving the shortest total length of the route and minimizing transport costs at the same time.

**Key words:** logistics, optimization, Traveling Salesman Problem - TPS