

# PROJEKT ZESPOŁOWY

---

## PROJEKT SYSTEMU DO DYSTRYBUCJI PALIW PŁYNNYCH

---

*Autorzy:*

Tomasz BARTNIK  
Jakub CHRZANOWSKI  
Alexander DYSZY  
Aleksandra GRZELAK

*Prowadzący:*

dr hab. inż. C. SMUTNICKI

17 czerwca 2015 r.

## Spis treści

<b>1. Cel projektu</b>	2
<b>2. Założenia projektowe</b>	2
<b>3. Koncepcja rozwiązania</b>	2
3.1. Strategia wyboru cystern	2
3.2. Strategia wypełniania komór cystern paliwem.	2
3.3. Ograniczenie związane z maksymalnym czasem pracy kierowcy	3
3.4. Inne algorytmy użyte w realizacji rozwiązywania problemu	3
3.5. Dalszy rozwój algorytmu	3
<b>4. Użyte narzędzia</b>	3
<b>5. Szczegółowy opis rozwiązania</b>	3
<b>6. Opis techniczny oprogramowania</b>	4
6.1. Architektura	4
6.2. Baza danych	4
6.3. Aplikacja www	5
6.4. Wizualizacja tras	6
6.5. Interfejs użytkownika	6
6.5.1. Logowanie	6
6.5.2. Zgłoszenia	6
6.5.3. Flota	8
6.5.4. Dodawanie zgłoszeń	10
6.5.5. Przeliczanie tras	10
6.5.6. Podgląd ścieżek	10
6.5.7. Panel administracyjny	10
<b>7. Uwagi i wnioski</b>	11
<b>Spis tabel</b>	13
<b>Spis rysunków</b>	13
<b>Spis schematów</b>	13
<b>Literatura</b>	13

## 1. Cel projektu

Zadanie polegało na zaprojektowaniu systemu do dystrybucji paliw płynnych za pomocą floty cystern samochodowych w oparciu o zasoby paliw zgromadzone w jednej centralnej bazie (magazynie).

## 2. Założenia projektowe

Dostęp do systemu jest realizowany za pomocą standardowej przeglądarki. Zamówienia na paliwa (ich rodzaj i ilość), kategorie cystern dostępne w bazie transportowej, odległości transportowe, ograniczenia czasu pracy kierowców, etc., są kolekcjonowane w bazie danych serwera zaś zarządzanie nimi odbywa się poprzez aplikację webową. Zamówienia są składane on-line przez lokalne stacje paliw i realizowane wg przyjętego scenariusza obsługi. Algorytm optymalizacyjny jest uruchamiany na serwerze.

System zawiera 4 moduły:

- o baza danych z aplikacją serwera plus webowa aplikacja zamówień na dostarczenie paliw,
- o algorytm optymalizacji tras cystern i polityki ich ładowania/rozładowania,
- o interfejs graficzny systemu,
- o system wizualizacji mapy transportowej.

## 3. Koncepcja rozwiązania

Algorytm realizujący postawione zadanie rozwiązuje dwa cele. Optymalizuje dobór cystern wraz z rozmieszczeniem paliwa w ich komorach według wybranego kryterium, minimalizuje ilość użytych pojazdów oraz dąży do minimalizacji czasu pracy cystern, a tym samym kosztów zużytego paliwa. Podczas rozwiązywania problemu brany pod uwagę jest także maksymalny czas pracy kierowcy.

Polityka realizacji zamówień działa w systemie sesyjnym. To znaczy, że zamówienia nadchodzące danego dnia uszeregowane zostają o ustalonej godzinie dnia następnego. Zamówienia pojawiające się po owej godzinie podlegają szeregowaniu następnego dnia.

### 3.1. Strategia wyboru cystern

Pod uwagę brane były dwie strategie wyboru cystern. Pierwsza, tzw. Biggest-Tank-First polega na wybieraniu do obsługi zamówienia zawsze cysterny o największej pojemności. Takie podejście ma na celu zminimalizowanie ilości użytych pojazdów kosztem wydłużenia trasy jaką pojazd musi przebyć. Drugą strategią jest strategia Fittest-Tank-First, opierająca się o próby doboru takich cystern, których pojemności są jak najbardziej zbliżone do rozmiaru zamówienia. Stosując tą strategię zmniejszamy sumaryczną odległość przebytą przez pojedynczą cysternę jednocześnie zwiększając ilość użytych do wykonania zleceń pojazdów. W niniejszym projekcie zdecydowano się na przyjęcie strategii pierwszej, a więc Biggest-Tank-First.

### 3.2. Strategia wypełniania komór cystern paliwem.

Podczas napełniania komór cystern brane są pod uwagę różne czynniki. W przypadku, gdy ilość zamówionego paliwa jest większa od pojemności rozpatrywanej komory, wówczas komora ta zostanie napełniona, a pozostała część zamówionego paliwa przekazana zostanie do kolejnej komory. Jeśli podczas wyboru komory dla danej ilości paliwa pojemność tej komory jest większa niż ilość paliwa, wówczas poszukiwany jest zbiornik mniejszy, o pojemności jak najbardziej zbliżonej do rozmiaru rozpatrywanego zamówienia. Pozwala to uniknąć wypełniania dużych komór małymi ilościami paliwa, co ma wpływ na koszty transportu, a także jego bezpieczeństwo.

### 3.3. Ograniczenie związane z maksymalnym czasem pracy kierowcy

Odległości między punktami rozlewu paliwa określone są czasem potrzebnym do przebycia drogi między nimi. Podczas realizacji poprzednio opisanych zadań przeprowadzana jest estymacja czasu potrzebnego do zrealizowania zadania. Realizowane jest to w następujący sposób. Podczas wyboru cysterny do zrealizowania zadania wyliczany jest pozostały czas możliwej pracy kierowcy owego pojazdu na podstawie z góry ustalonego maksymalnego czasu dziennej pracy oraz przybliżonego czasu wykonania zadań już do cysterny przydzielonych. W przypadku wyznaczenia sumarycznego czasu pracy przekraczającego maksymalny, cysterna nie jest brana pod uwagę do tego zamówienia.

### 3.4. Inne algorytmy użyte w realizacji rozwiązywania problemu

Do wyznaczenia najkrótszych tras pomiędzy węzłami użyto algorytm Dijkstry.

Realizuje on operacje szukania najkrótszych ścieżek w grafie. Użyty graf jest ważonym grafem nieskierowanym. Działanie tego algorytmu stanowi również podstawę do estymacji "w locie" czasu wykonania kolejnego nałożonego na cysternę zadania. Wynikowy czas jest nie większy niż rzeczywisty czas realizacji.

### 3.5. Dalszy rozwój algorytmu

W przypadku dalszego rozwoju opisanego wyżej algorytmu należałoby zaopatrzyć go w możliwość doboru cystern według drugiego kryterium. Ponadto dodatkową minimalizację kosztów transportu paliwa można uzyskać rozwiązując problem plecakowy dla każdej cysterny, po wykończeniu jej pozostałego czasu pracy. Po odzyskaniu dodatkowego czasu związanego z kolejną optymalizacją trasy cysterny, pojazd mógłby zostać przywrócony do kolejki cystern rozpatrywanych w realizacji zamówień. Spowodowałoby to jednak gwałtowny wzrost złożoności obliczeniowej algorytmu i jego modyfikacja w tym kierunku byłaby sensowna jedynie w przypadku stosunkowo niewielkiej ilości punktów obsługiwanych przez system.

## 4. Użyte narzędzia

Do stworzenia aplikacji internetowej wraz z bazą danych użyto platformy DJANGO, dostępnej na licencji BSD<sup>1</sup>. Pozwala ona na tworzenie złożonych stron internetowych, opartych na bazie danych. Opiera się na wzorcu projektowym podobnym do model-widok-kontroler (model-view-template). Pozwala na oddzielenie logiki aplikacji (widok), logiki biznesowej (model), wyglądu (szablon) oraz bazy danych.

Jako system zarządzania bazą danych został wybrany SQLITE. System ten przetrzymuje bazę danych w jednym pliku binarnym. SQLite obsługuje zapytania zagnieżdżone, klucze obce, transakcje, przechowywanie baz danych w pamięci RAM komputera, co przyspiesza działanie bazy.

Do wizualizacji trasy cystern użyto skryptu napisanego przy pomocy Google API, pozwalającego na komunikację z serwisami Google, w tym przypadku Google Maps. Pozwala to na osadzenie mapy na stronie i wizualizacji tras przejazdu pomiędzy miastami.

## 5. Szczegółowy opis rozwiązania

### Organizacja danych wejściowych

1. Zamówienia (Orders) - zamówienie złożone na kilka różnych rodzajów paliwa traktowane jest jak kilka różnych zamówień. Z punktu widzenia algorytmu znaczenie mają takie parametry zamówienia jak ilość zamówionego paliwa i destynacja.
2. Cysterny (Tanks) - Głównymi parametrami cystern mającymi znaczenie w pracy algorytmu są sumaryczna pojemność, rozkład komór, maksymalny/pozostały czas pracy, oraz tzw, lokalizacja. Ten ostatni parametr stanowi podstawę do estymacji czasu wykonania potencjalnego zadania. Przyjmuje się, że komory w cysternie posortowane są nierosnąco.

---

<sup>1</sup> dostępne w Internecie: <https://www.djangoproject.com/>

3. Węzły (Nodes) - Punkty rozlewu paliwa mające ścisły związek z zamawiającymi. Przedstawione są za pomocą grafu nieskierowanego z wagami odpowiadającymi czasowi przebycia drogi między poszczególnymi węzłami.  
Ideę działania algorytmu opisuje algorytm 1.

---

**Algorytm 1** Algorytm wyboru zbiorników oraz cystern do realizacji zadań.

---

Posortuj *zamówienia* po ilości paliwa nierosnąco.

Posortuj *cysterny* według kryterium Biggest-Tank-First niemalejąco.

**Dopóki** istnieją nie zrealizowane zamówienia: **wykonaj:**

  wybierz największe nieobsłużone zamówienie *order*,      (1)

  wybierz cysternę *tank* najlepiej odpowiadającą kryterium,      (2)

**Jeżeli** *tank* posiada komory *cells* niezapełnione **oraz** pozostały czas pracy jest mniejszy bądź równy od czasu realizacji zamówienia *order* **to:**

**Jeżeli** *order* jest niezrealizowane (lub jest tylko częściowo),      (3) **to:**

      wybierz największą niezapełnioną komórkę cysterny *cell*

**Jeżeli** pojemność *cell* jest mniejsza bądź równa od rozmiaru zamówienia *order* **to:**

        wypełnij komorę *cell* częścią zamówienia *order*

**Koniec.**

**Jeżeli** *tank* nie posiada wolnych komór **to:**

        idź do (2)

**W przeciwnym wypadku:**

        idź do (3)

**Koniec.**

**W przeciwnym wypadku:**

      idź do (1)

**Koniec.**

**W przeciwnym wypadku:**

    idź do (2)

**Koniec.**

**Koniec.**

---

## 6. Opis techniczny oprogramowania

### 6.1. Architektura

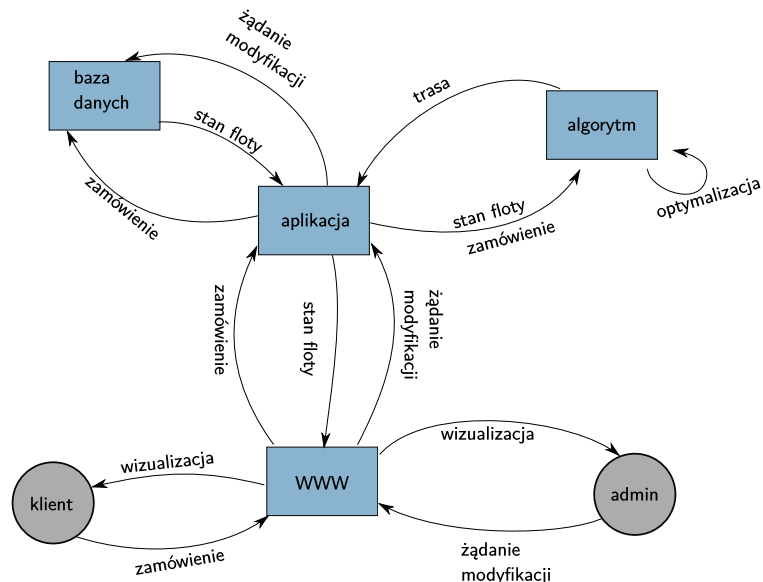
Architektura systemu jest modułowa. System składa się z interfejsu WWW, aplikacji zarządzającej, bazy danych oraz algorytmu optymalizacyjnego.

Przepływ informacji w systemie został przedstawiony na obrazku 1. Użytkownik poprzez interfejs WWW ma możliwość wglądu w stan realizacji zamówień, trasę i załadunku cystern. Jednocześnie poprzez stronę może składać nowe zamówienie. Żądania użytkownika są kierowane do aplikacji, która je obsługuje. Nowe zamówienie jest zapisywane w bazie danych. Z bazy jest pobierana informacja o pozostałych zamówieniach i stanie floty cystern. Te informacje przekazywane są poprzez aplikację do algorytmu optymalizującego, który na tej podstawie wylicza załadunek i optymalną trasę cystern. Nowy stan jest uaktualniany w bazie i wizualizowany użytkownikowi. Administrator ponadto ma możliwość pełnego wglądu do bazy danych i jej modyfikacji.

### 6.2. Baza danych

Baza danych oparta jest o modele:

- o *Paliwo*
  - typ paliwa (np. Pb95),
- o *Kontener*



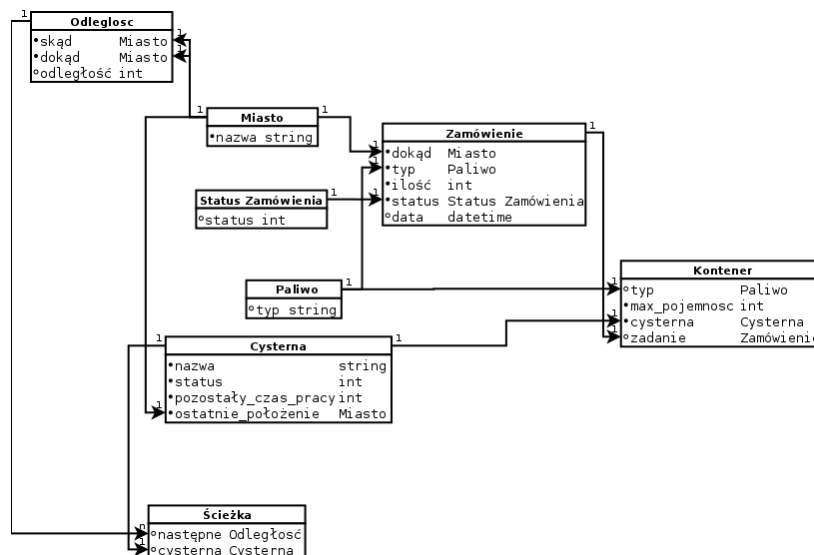
Schemat 1. Przepływ informacji w systemie.

- typ paliwa jaki jest wewnątrz (jeżeli jest)
- maksymalna pojemność
- do której cysterny należy
- przydzielone zamówienie (jeżeli jest)
- *Cysterna*
  - nazwa cysterny,
  - status (czy jest w trasie)
  - pozostały czas pracy,
  - ostatnie odwiedzone miasto,
- *Miasto*
  - nazwa miasta
- *Zamówienie*
  - miasto docelowe,
  - zamówione paliwo
  - ilość paliwa
  - status realizacji
  - data złożenia zamówienia
- *Status zamówienia*
  - gotowe / w trakcie realizacji / zrealizowane
- *Odległość*
  - miasto początkowe
  - miasto końcowe
  - odległość między nimi
- *Ścieżka*
  - cysterna,
  - miasta do odwiedzenia (odległość),

### 6.3. Aplikacja www

Aplikacja bazuje na widokach (logika aplikacji) oraz szablonach (uzupełnianych przez aplikację). Widoki odpowiadają podstronom w aplikacji, są to:

- Index – strona główna,
- Flota – pobranie z bazy wszystkich cystern, wyświetlenie ich użytkownikowi, podanie linku do szczegółowego widoku z każdej cysterny,



Schemat 2. Baza danych w aplikacji.

- szczegółowy widok cysterny – pobranie informacji ze strony, która cysterna została wybrana, pobranie z bazy danych informacji i wyświetlenie jej użytkownikowi
- o Złóż zamówienie – wyświetlenie formularza i opcji wyboru miast, paliw, pobranie od użytkownika formularza zamówienia, sprawdzenie jego poprawności i zapisanie poprawnego formularza w bazie,
- o Zamówienia – pobranie z bazy informacji o zamówieniach, podanie linków do widoku szczegółowego
  - szczegółowy widok zamówienia – pobranie informacji ze strony, które zamówienie zostało wybrane, pobranie informacji z bazy danych dotyczącego zamówienia oraz cystern, które je realizują

## 6.4. Wizualizacja tras

Do wizualizacji trasy wykorzystana została funkcjonalność dostarczana przez Google Maps.

Na podstawie wpisów z bazy danych, w szablonie strony generowany jest JavaScript umożliwiający wizualizację tras przejazdu cystern.

## 6.5. Interfejs użytkownika

Po uruchomieniu aplikacji na serwerze, należy wpisać odpowiedni adres w przeglądarkę. Powinna pojawić się strona główna (rys.1).

Nie będąc zalogowanym, można przejść do zakładki: składnie zamówień, przegląd zamówień, przegląd cystern oraz do panelu logowania (rys.1a).

W przypadku zalogowanych użytkowników możliwe jest również przejście do panelu zarządzania i przegląd tras cystern oraz wylogowanie (rys. 1b).

### 6.5.1. Logowanie

Aby zabezpieczyć system przed niepożądanym dostępem, konieczne jest posiadanie uprawnień przy dokonywaniu modyfikacji systemu, w tym też uruchamianie algorytmu optymalizującego. W przypadku przejścia na taką stronę (np. poprzez wpisanie adresu) bez uwierzytelnienia, pojawi się okno logowania (rys. 2).

### 6.5.2. Zgłoszenia

W zakładce *Zgłoszenia*, można zobaczyć listę zamówień (rys. 3a). Po kliknięciu w id zamówienia (data złożenia zamówienia), przechodzi się w szczegóły zamówienia, gdzie wyświetlane są: gdzie ma

## Cistern

Witamy w systemie zarządzania zamówieniami

Zamówienia można składać w zakładce złożenie zamówienia, można też śledzić stan zamówienia oraz trasę, którą będzie transportowane zamówienie.

Informujemy, że zamówienia w danym dniu są zbierane do godziny 12:00. Zamówienia złożone później zostaną zrealizowane w dniu następnym.



a) Widok strony głównej użytkownika niezalogowanego.

## Cistern

Witamy w systemie zarządzania zamówieniami

Zamówienia można składać w zakładce złożenie zamówienia, można też śledzić stan zamówienia oraz trasę, którą będzie transportowane zamówienie.

Informujemy, że zamówienia w danym dniu są zbierane do godziny 12:00. Zamówienia złożone później zostaną zrealizowane w dniu następnym.



b) Widok strony głównej po autoryzacji.

Rys. 1. Strona główna.

## Logowanie

Proszę zalogować się do systemu.

Nazwa  
użytkownika

Hasło

Zaloguj

Rys. 2. Widok logowania.



być dostarczone zamówienie, data, ilość i typ paliwa oraz cysterny obsługujące zlecenie (rys. 3b). Po kliknięciu w nazwę cysterny można przejść do szczegółów cysterny.

Index	Flota	Złóż zamówienie	Zamówienia	Trasy	zaloguj się
-------	-------	-----------------	------------	-------	-------------

## Przegląd zamówień

Tu można zobaczyć historię wszystkich zamówień.

Data zamówienia	Dokąd	Typ paliwa	Ilość	Stan realizacji
12.06.2015, 23:20	Bielany Wrocławskie	Pb95	3000	w realizacji
12.06.2015, 23:20	Środa Śląska	ON	4000	w realizacji
12.06.2015, 23:21	Jelcz-Laskowice	Pb98	6000	przyjęty do realizacji

a) Przeglądanie zamówień.

Index	Flota	Złóż zamówienie	Zamówienia	Trasy	zaloguj się
-------	-------	-----------------	------------	-------	-------------

## Zamówienie

Do:	Środa Śląska
Typ paliwa:	ON
Ilość:	4000
Data zamówienia:	June 12, 2015, 11:20 p.m.

Lista cystern obsługujących zamówienie

Nazwa	Ładunek / Max	Status	Miasto	Odległość	Pozostały czas pracy
C2	7000 / 8000	w trasie	Wrocław	0 km	8 h

b) Szczegóły zamówienia.

Rys. 3. Przeglądanie zgłoszeń.

### 6.5.3. Flota

W zakładce *Flota*, pokazane są wszystkie cysterny, wraz z informacją czy realizuje ona zamówienie, pojemność całkowita i pojemność załadunku (rys. 4a). Po kliknięciu w nazwę cysterny, wyświetlane są szczegóły dotyczące cysterny: przegląd wszystkich kontenerów na paliwo wraz z zamówieniami jakie są im przydzielone, pojemność kontenera oraz typ przewożonego paliwa. Pokazana jest też trasa cysterny oraz podgląd cysterny (rys. 4b).

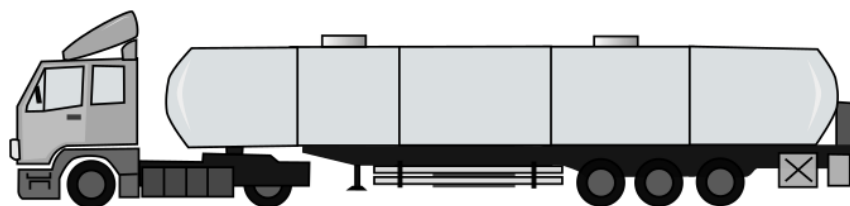
## Flota

Widoczne tu są wszystkie pojazdy dostawcze.  
Można tu zapoznać się z ich trasami,  
zamówieniami, które realizują oraz załadunkiem.

Nazwa	Ładunek / Max	Status	Miasto	Odległość	Pozostały czas pracy
C1	0 / 8000	gotowy	Wrocław	0 km	8 h
C2	7000 / 8000	w trasie	Wrocław	0 km	8 h
C3	0 / 7000	gotowy	Wrocław	0 km	8 h
C4	0 / 5000	gotowy	Wrocław	0 km	8 h
C5	0 / 5000	gotowy	Wrocław	0 km	8 h
C6	0 / 2000	gotowy	Wrocław	0 km	8 h

a) Przeglądanie floty.

## Cysterna C2



Typ paliwa	Ładowność	Załadowany	Zamówienie
ON	2000	tak	12.06.2015, 23:20
ON	2000	tak	12.06.2015, 23:20
Pb95	2000	tak	12.06.2015, 23:20

b) Szczegóły cysterny.

Rys. 4. Przeglądanie cystern.

#### 6.5.4. Dodawanie zgłoszeń

W celu dodania zgłoszenia, należy przejść w zakładkę *Złóż zamówienie*. Pojawia się formularz zgłoszeniowy, w którym należy wybrać miejsce docelowe, typ paliwa i ilość (rys. 5). Po pomyślnym przyjęciu zgłoszenia pojawia się komunikat i użytkownik przekierowywany jest na stronę główną.

Rys. 5. Formularz zamówienia.

#### 6.5.5. Przeliczanie tras

W przypadku, gdy użytkownik jest zalogowany, ma możliwość również ręcznego przeliczania tras. Należy przejść w zakładkę *Zarządzanie* i potwierdzić przeliczenie trasy (rys. 6). Po przeliczeniu tras cystern, użytkownik zostanie przekierowany na stronę główną.

Rys. 6. Ręczne uruchomienie przeliczania tras.

#### 6.5.6. Podgląd ścieżek

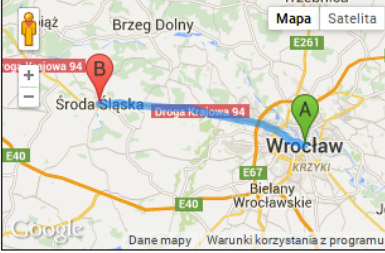
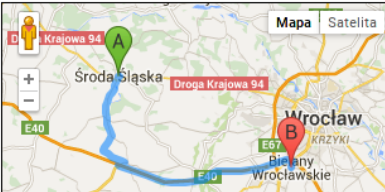
Zalogowany użytkownik ma możliwość również wglądu w obliczone trasy. W tym celu należy przejść w zakładkę *Trasy*. Wyświetlą się szczegóły zaplanowanych tras (rys. 7).

#### 6.5.7. Panel administracyjny

Aby mieć możliwość wglądu oraz modyfikacji zawartości bazy danych, należy przejść do *Panelu administracyjnego*. Po wpisaniu w adres przeglądarki adresu oraz zalogowaniu się (rys. 8a), można zobaczyć listę modeli bazy (rys. 8b). Po wybraniu modelu, widoczna jest lista obiektów (rys. 8c), jest możliwość dodania, modyfikacji lub usunięcia obiektu (rys. 8d).

## Przegląd ścieżek

Tu można zobaczyć trasy cystern.

Cysterna	Skąd	Dokąd	Mapa
C2	Wrocław	→ Środa Śląska	
C2	Środa Śląska	→ Bielany Wrocławskie	

Rys. 7. Podgląd tras cystern.

## 7. Uwagi i wnioski

Zaprojektowany system pozwala na zarządzanie zamówieniami. System jest elastyczny, daje możliwość rozszerzenia floty o kolejne cysterny, oferty o kolejne paliwa, przyłączenie kolejnych dostawców. Optymalizowany jest koszt w postaci ilości cystern wożących paliwo, przy jednoczesnym zachowaniu ograniczenia czasu pracy kierowcy.

W przypadku dalszego rozwoju systemu należałoby dodać moduł obsługujący sygnał GPS z cystern, pozwalający na śledzenie cysterny w czasie rzeczywistym.

## Django administration

Username:

admin|

Password:

•••••

Log in



a) Okno logowania administratora.

b) Lista modeli w bazie danych.

## Django administration

Welcome, admin. View site / Change password / Log out

Home > Cistern > Cisterns

### Select cistern to change

Add cistern +

Action:

-----

Go

0 of 6 selected

<input type="checkbox"/>	Name	Status	Capacity	Max capacity
<input type="checkbox"/>	C6	Ready	0	2000
<input type="checkbox"/>	C5	Ready	0	5000
<input type="checkbox"/>	C4	Ready	0	5000
<input type="checkbox"/>	C3	Ready	0	7000
<input type="checkbox"/>	C2	Busy	7000	8000
<input type="checkbox"/>	C1	Ready	0	8000

6 cisterns

c) Przykładowa lista obiektów (cysterny).

## Django administration

Welcome, admin. View site / Change password / Log out

Home > Cistern > Cisterns > C2

### Change cistern

History

Name:	C2
Status:	Busy
Remaining time:	8
Last location:	Wroclaw
Distance from:	0

Type	Max capacity	Order	Delete?
ON 2000	2000	2015-06-12T23:20:59.899287	<input type="checkbox"/>
ON 2000	2000	2015-06-12T23:20:59.899287	<input type="checkbox"/>
Pb95 2000	2000	2015-06-12T23:20:46.253069	<input type="checkbox"/>
Pb95 1000	1000	2015-06-12T23:20:46.253069	<input type="checkbox"/>
None 1000	1000	-----	<input type="checkbox"/>

d) Szczegółowy widok obiektu (cysterna).

## Spis tabel

## Spis rysunków

1	Strona główna. . . . .	7
2	Widok logowania. . . . .	7
3	Przeglądanie zgłoszeń. . . . .	8
4	Przeglądanie cystern. . . . .	9
5	Formularz zamówienia. . . . .	10
6	Ręczne uruchomienie przeliczania tras. . . . .	10
7	Podgląd tras cystern. . . . .	11
8	Panel administracyjny. . . . .	12

## Spis schematów

1	Przepływ informacji w systemie. . . . .	5
2	Baza danych w aplikacji. . . . .	6

## Literatura

- [1] M. Bartecki, *System zarządzania dystrybucją paliw*.
- [2] G. B. Dantzig, J. H. Ramser, *The truck dispatching problem*, Management Science, 1959
- [3] B. I. Golden, A. A. Assad, *Vehicle Routing: Methods and Studies*, North Holland, Amsterdam, 1988