

# **Zaawansowane Bazy Danych i Hurtownie Danych**

## **Detekcja zdarzeń ciągłych w decyzyjnym systemie strumieniowej hurtowni danych**

### **Skład sekcji:**

Dzierżęga Michalina

Kruk Katarzyna

Sołtys Wojciech

### **Grupa dziekańska:**

BDIS1

# Spis treści

1. Założenia .....	3
2. Analiza generowanych danych.....	4
3. Budowa aplikacji.....	6
4. Opis działania .....	8
5. Testowanie i uruchamianie.....	14
6. Podsumowanie .....	19

## 1. Założenia

W poprzednim semestrze celem pracy było rozszerzenie modułu umożliwiającego generowanie danych pochodzących ze stacji paliw o możliwość symulacji błędów. Po dodaniu tej funkcjonalności należało wykonać moduł analizujący generowane dane w czasie rzeczywistym pod względem wycieków paliwa ze zbiorników.

W tym semestrze celem pracy było rozszerzenie tej aplikacji o zaburzanie wycieków, podłączenie do bazy danych, generowanie wykresu kumulatywnej wariancji oraz udoskonalenie detekcji wycieków paliwa.

Wyróżniane zostały dwa podstawowe źródła danych, które są bezpośrednio związane z charakterem pracy stacji:

- zbiornik paliwa - przechowuje paliwo
- dystrybutor paliwa - zlicza ilość sprzedanego paliwa

Projekt został napisany w języku *Java*.

## 2. Analiza generowanych danych

Dane pierwotne są generowane losowo, zaś wartości wtórne obliczane są na podstawie wygenerowanych danych pierwotnych oraz współczynników stałych.

Aplikacja generuje następujące dane:

- pomiary zbiornika paliwa

Numer	Opis	Typ danych	Objaśnienie
1	Identyfikator zbiornika	Wartość pierwotna	Unikalny numer zbiornika paliwa
2	Stempel czasowy	Wartość pierwotna	Czas w którym został wykonany pomiar
3	Objętość brutto	Wartość pierwotna	Objętość paliwa w bieżącej temperaturze
4	Objętość netto	Wartość wtórna	Objętość paliwa w temperaturze bazowej
5	Temperatura	Wartość pierwotna	Aktualna temperatura paliwa w zbiorniku

Objętość netto jest przeliczona przy pomocy objętości brutto w następujący sposób:

$$V_n = V_b * \left(1 + \frac{T - T_{ref}}{T_{ref}}\right)$$

gdzie,

$V_n$  - Objętość netto

$V_b$  - Objętość brutto

$T_{ref}$  – temperatura referencyjna

$T$  – aktualna temperatura paliwa

- pomiary z pistoletów

Numer	Opis	Typ danych	Objaśnienie
1	Identyfikator pistoletu	Wartość pierwotna	Każdy pistolet ma przypisany unikalny numer
2	Identyfikator zbiornika	Wartość pierwotna	Każdy zbiornik ma przypisany unikalny numer
3	Stempel czasowy	Wartość pierwotna	Czas w którym został wykonany pomiar
4	Objętość (surowa)	Wartość pierwotna	Objętość wylanego paliwa pobrana bezpośrednio z liczydła pistoletu
5	Objętość brutto	Wartość wtórna	Objętość paliwa z uwzględnieniem współczynnika kalibracji
6	Objętość netto	Wartość wtórna	Objętość paliwa w temperaturze bazowej
7	Temperatura	Wartość wtórna	Aktualna temperatura paliwa

Objętość brutto jest wartością wtórną która została przeliczona przy pomocy surowej wartości objętości paliwa i współczynnika kalibracji:

$$V_b = V_s * K$$

gdzie

$V_b$  - Objętość brutto

$V_s$  - Objętość surowa

$K$  - Współczynnik kalibracji, wynosi 0.999.

Temperatura nie pochodzi bezpośrednio z dystrybutora, tylko dla ułatwienia analizy została dodana do danych dystrybutora. Jedynym miejscem, gdzie mierzona jest temperatura jest zbiornik.

### 3. Budowa aplikacji

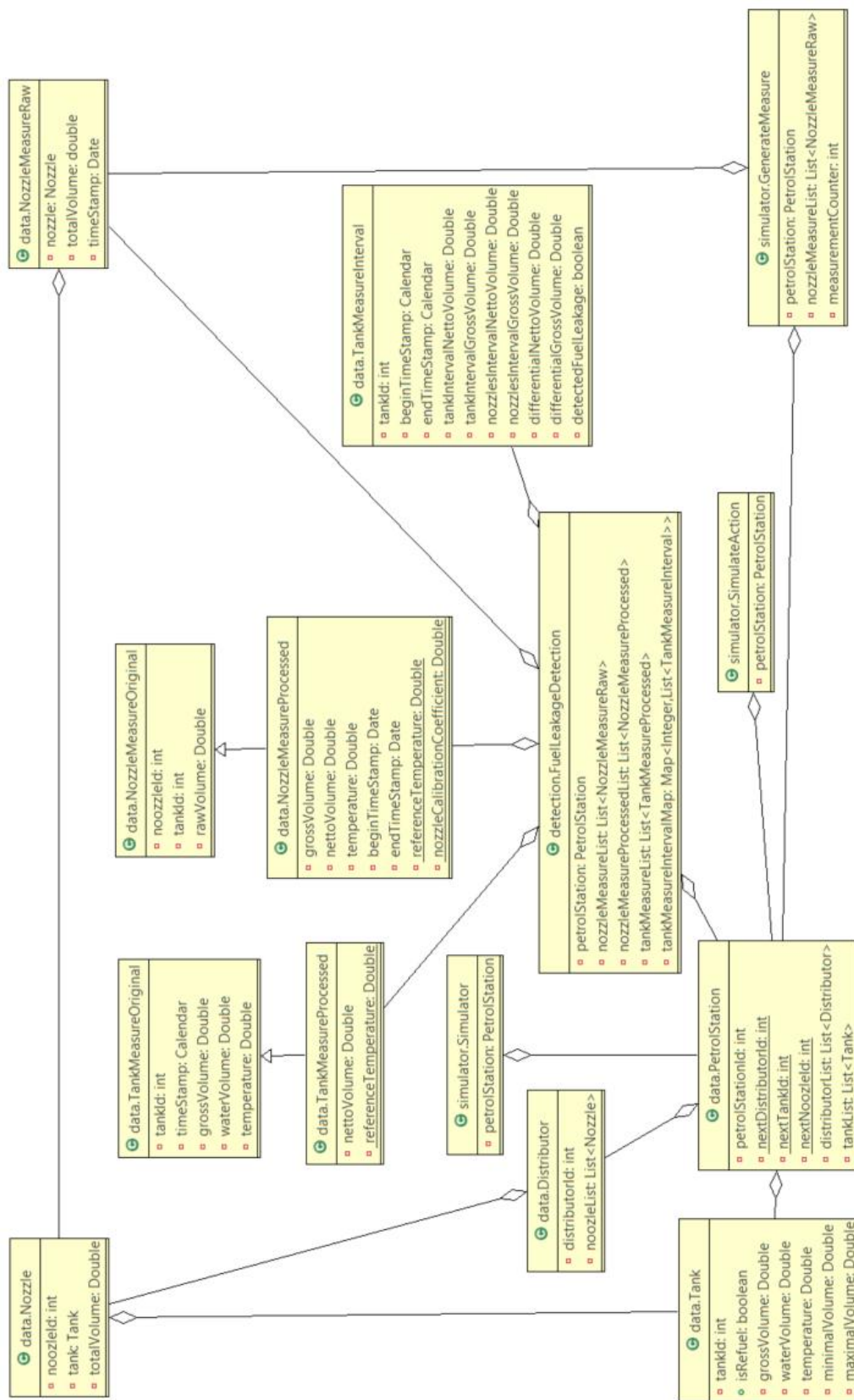
Ważniejsze klasy aplikacji

- **Simulator.java**  
Klasa odpowiedzialna za uruchamianie symulatora stacji paliw
- **Klasy znajdujące się w pakiecie *src.data***  
Klasa przechowujące dane o pomiarach
- **FuelLeakageDetection.java**  
Klasa odpowiedzialna za wykrywanie wycieków paliwa
- **CumulativeVarianceGraph.java**  
Klasa rysująca wykres kumulatywnej wariancji
- **GenerateMeasure.java**  
Klasa generująca pomiary
- **SimulateAction.java**  
Klasa odpowiedzialna za symulowanie zdarzeń
- **SimulatorConfig.java**  
Klasa w której ustawiane są parametry symulacji. (Rysunek 1)

simulator.SimulatorConfig
<ul style="list-style-type: none"><li>◦ <u>streamType: StreamType</u></li><li>◦ <u>tankMeasureFilePath: String</u></li><li>◦ <u>nozzleMeasureFilePath: String</u></li><li>◦ <u>nozzleCalibrationCoefficient: Double</u></li><li>◦ <u>tankMinimalVolume: Double</u></li><li>◦ <u>tankMaximalVolume: Double</u></li><li>◦ <u>measurePeriod: Integer</u></li><li>◦ <u>actionPeriod: Integer</u></li><li>◦ <u>detectionFuelLeakagePeriod: Integer</u></li><li>◦ <u>addVolumeCoefficient: Double</u></li><li>◦ <u>addTemperatureCoefficient: Double</u></li><li>◦ <u>minusTemperatureCoefficient: Double</u></li><li>◦ <u>refuelVolumeCoefficient: Double</u></li><li>◦ <u>addTemperatureProbability: Double</u></li><li>◦ <u>addWaterProbability: Double</u></li><li>◦ <u>distributorRefuelProbability: Double</u></li><li>◦ <u>nozzleRefuelProbability: Double</u></li><li>◦ <u>addWaterVolumeValue: Double</u></li><li>◦ <u>fuelLeakageSimulation: boolean</u></li><li>◦ <u>fuelLeakageVolume: Double</u></li><li>◦ <u>fuelDetectionLeakageVolume: Double</u></li><li>◦ <u>minNumbersOfPeriodsToDetectContinuousFuelLeakage: int</u></li></ul>

**Rysunek 1** Klasa SimulatorConfig.java

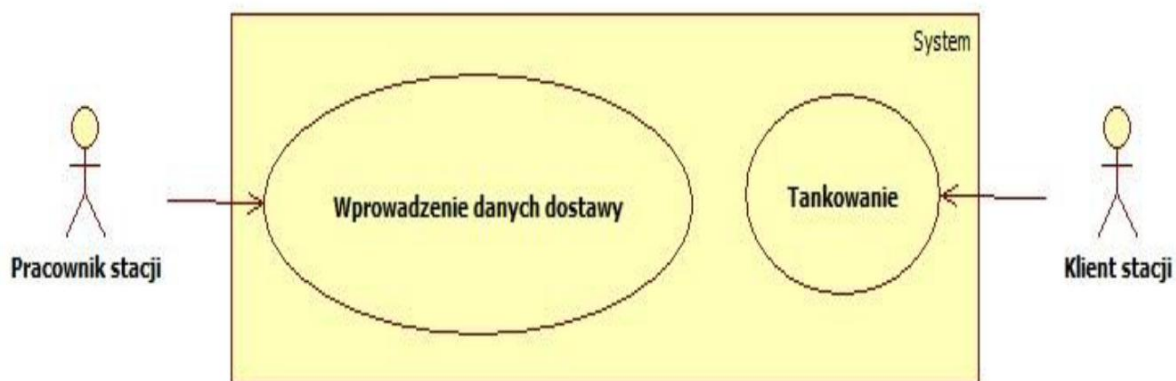
Poniżej przedstawiony został diagram klas, pokazujący związki pomiędzy poszczególnymi komponentami oraz ich atrybuty. (Rysunek 2)



### Rysunek 2 Diagram klas

## 4. Opis działania

W systemie zasymulowane zostały dwa główne zdarzenia losowe przedstawione na poniższym diagramie przypadków użycia. (Rysunek 3)



**Rysunek 3** Diagram przypadków użycia

Pierwszym etapem działania aplikacji jest utworzenie obiektów reprezentujących zbiorniki paliwa oraz dystrybutory.

Jako stan początkowy paliwa w zbiornikach przyjęto wartość równą połowie sumy maksymalnej objętości zbiornika i minimalnej objętości zbiornika, parametry te są określone w klasie *SimulatorConfig.java*. Podczas symulacji zostały ustawione następująco:

```
tankMinimalVolume = Double.valueOf(10);
tankMaximalVolume = Double.valueOf(100);
```

W określonych odstępach czasu następuje losowe generowanie stanów paliwa w zbiornikach oraz danych pomiarowych pochodzących z pistoletów.

Sprzedaż paliwa (tankowanie samochodu przez klienta stacji) symulowana jest w losowych odstępach czasu. Tankowanie powinno występować znacznie częściej niż dostawy paliwa oraz przynajmniej kilkadziesiąt razy w okresie między dostawami danego typu paliwa. Symulacja tankowania zwiększa objętość zmierzonego paliwa pobranego przez pistolet w danym okresie lub okresach pomiarowych.

Dostawa paliwa (dolanie paliwa do zbiornika) następuje w przypadku, jeśli objętość paliwa w zbiorniku spadnie poniżej określonego minimalnego progu (*tankMinimalVolume* w klasie *SimulatorConfig.java*) lub też w losowych odstępach czasu. Przypadkowa dostawa paliwa rozumiana jest jako wprowadzenie przez pracownika stacji zadeklarowanej objętości paliwa, które zostanie dolane do zbiornika. Zwiększanie poziomu paliwa powinno trwać więcej niż jeden odstęp pomiarowy, aby dane były bardziej realne (przypuszczalnie, dolewanie paliwa trwa kilkanaście minut). Podczas dostawy paliwa do zbiornika możliwa jest sprzedaż paliwa (tankowanie).



Dostawa paliwa przewiduje uzupełnienie paliwa dopóki objętość paliwa w zbiorniku nie osiągnie wartości określonej w parametrze `tankMaximalVolume`. Założono że objętość dolewane paliwa (`addVolumeCoefficient`) na jeden przebieg czasowy (`actionPeriod`) jest znacznie większa od objętości sprzedawanego paliwa (`refuelVolumeCoefficient`). Parametry te zostały określone następująco:

```
addVolumeCoefficient = 0.01;  
refuelVolumeCoefficient = 0.005;  
actionPeriod = 300;
```

Wycieki paliwa symulowane są poprzez zmniejszanie aktualnej objętości paliwa w zbiorniku o objętość wycieku w jednym przebiegu czasowym.

Objętość pojedynczego wycieku oscyluje wokół wartości określonej parametrem `fuelLeakageVolume` (maksymalny wyciek paliwa wynosi 115% wartości określonej parametrem `fuelLeakageVolume`, a minimalna 85%). Objętość ta wyznaczana jest za pomocą wzoru:

$$V_l = \frac{k * f}{100}$$

gdzie

$V_l$  – Wartość pojedynczego wycieku

$k$  – Losowa wartość z przedziału <85;115>

$f$  – Wartość określona parametrem `fuelLeakageVolume`

Występowanie wycieku paliwa określa parametr `fuelLeakageSimulation`. Podczas symulacji wycieków paliwa parametry te zostały określone następująco:

```
fuelLeakageSimulation = true;  
fuelLeakageVolume = 0.02;
```

Przy każdym wygenerowanym pomiarze następuje dodanie wartości netto do listy odpowiednio dla zbiornika jak i pistoletu. Po każdym pomiarze paliwa w zbiorniku odbywa się również analiza zmian zachodzących w zbiorniku jak i pistolecie w celu wykrywania wycieków paliwa ze zbiornika.

Jako zmiany zachodzące w zbiorniku rozumie się różnicę (zmienna `tankIntervalGrossVolume` w klasie `TankMeasureInterval.java`) wcześniejszego i bieżącego pomiaru, w przypadku pistoletu jest to suma (zmienna `nozzlesIntervalGrossVolume` w klasie `TankMeasureInterval.java`) bieżącego i poprzedniego pomiaru sprzedanego paliwa. Detekcja wycieków paliwa odbywa się następująco: od wartości zmiennej `tankIntervalGrossVolume` (czyli różnicy kolejnych pomiarów ze zbiornika) odejmowana jest wartość zmiennej `nozzlesIntervalGrossVolume` (czyli suma kolejnych pomiarów z pistoletów), następnie otrzymany wynik (zmienna `differentialGrossVolume`) porównywany jest z współczynnikiem tolerancji, określonym przez parametr `fuelDetectionLeakageVolume`.

W przypadku gdy wartość zmiennej `differentialGrossVolume` jest większa od współczynnika tolerancji, sygnalizowany jest pojedynczy wyciek paliwa ze zbiornika.

Po wykryciu pojedynczego wycieku, sprawdzana jest ciągłość tego zdarzenia poprzez analizowanie poprzednich pomiarów.

Ilość analizowanych pomiarów określana jest w klasie *SimulatorConfig.java* poprzez parametr *minNumbersOfPeriodsToDetectContinuousFuelLeakage*.

Jeśli co najmniej 75% analizowanych pomiarów wskazuje na wyciek paliwa, jest on klasyfikowany jako ciągły.

Podczas symulacji wycieków paliwa parametry te zostały określone następująco:

```
fuelDetectionLeakageVolume = 0.001;  
minNumbersOfPeriodsToDetectContinuousFuelLeakage = 8;
```

Wykrycie ciągłego wycieku można na bieżąco obserwować na wykresie przedstawiającym kumulatywną wariancję w zależności od czasu. Kolejne pomiary umieszczane na wykresach to suma błędów (wycieków), dla danego zbiornika paliwa.

Aplikacja umożliwia dostosowanie wyglądu wykresów według preferencji użytkownika. Możliwe jest również zapisanie wykresu do pliku *\*.png*, *\*.pdf* i *\*.svg*. Do tworzenia wykresów wykorzystywana jest biblioteka *JFreeChart*.

Generowane dane oraz wyniki analizy standardowo wypisywane są na konsoli, oraz zapisywane są do plików o rozszerzeniu *\*.csv*. Dane pochodzące z pistoletów, znajdują się w pliku *NozzleMeasures.csv*, dane ze zbiorników w pliku *TankMeasures.csv* natomiast dane dotyczące detekcji w pliku *TankIntervalMeasure.csv*.

Istnieje również możliwość zapisywania tych danych do bazy opartej na silniku MySQL. Aby wybrać taką opcję zapisu należy zmienić parametr *streamType* w klasie *SimulatorConfig.java*

```
streamType = StreamType.DATABASE;
```

lub

```
streamType = StreamType.CSV_LABELS;
```

Poniżej przedstawiony został skrypt tworzący bazę oraz schemat bazy danych (Rysunek 4).

```
-- phpMyAdmin SQL Dump  
-- version 4.1.14  
-- http://www.phpmyadmin.net  
--  
-- Host: 127.0.0.1  
-- Generation Time: 02 Maj 2015, 16:43  
-- Server version: 5.6.17  
-- PHP Version: 5.5.12  
  
SET SQL_MODE = "NO_AUTO_VALUE_ON_ZERO";  
SET time_zone = "+00:00";  
  
/*!40101 SET @OLD_CHARACTER_SET_CLIENT=@@CHARACTER_SET_CLIENT */;  
/*!40101 SET @OLD_CHARACTER_SET_RESULTS=@@CHARACTER_SET_RESULTS */;  
/*!40101 SET @OLD_COLLATION_CONNECTION=@@COLLATION_CONNECTION */;  
/*!40101 SET NAMES utf8 */;  
  
--  
-- Database: `zbdihd`  
--  
--  
-----  
--
```

```

-- Struktura tabeli dla tabeli `fuel_leakage_detections`
--
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `fuel_leakage_detections` (
  `fld_id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `fld_tank_id` int(11) NOT NULL,
  `fld_begin_timestamp` datetime NOT NULL,
  `fld_end_timestamp` datetime NOT NULL,
  `fld_tank_interval_netto_volume` decimal(20,15) NOT NULL,
  `fld_tank_interval_gross_volume` decimal(20,15) NOT NULL,
  `fld_nozzles_interval_netto_volume` decimal(20,15) NOT NULL,
  `fld_nozzles_interval_gross_volume` decimal(20,15) NOT NULL,
  `fld_differential_netto_volume` decimal(20,15) NOT NULL,
  `fld_differential_gross_volume` decimal(20,15) NOT NULL,
  `fld_detected_fuel_leakage` tinyint(1) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`fld_id`),
  KEY `fld_tank_id` (`fld_tank_id`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_polish_ci AUTO_INCREMENT=352 ;
--
-- Struktura tabeli dla tabeli `fuel_types`
--
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `fuel_types` (
  `ft_id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `ft_name` varchar(255) COLLATE utf8_polish_ci NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`ft_id`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_polish_ci AUTO_INCREMENT=4 ;
--
-- Zrzut danych tabeli `fuel_types`
--
INSERT INTO `fuel_types` (`ft_id`, `ft_name`) VALUES
(0, 'PB95'),
(1, 'PB98'),
(2, 'ON');
--
-- Struktura tabeli dla tabeli `nozzles`
--
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `nozzles` (
  `nozzle_id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `nozzle_tank_id` int(11) NOT NULL,
  `nozzle_calibration_coefficient` decimal(4,3) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`nozzle_id`),
  KEY `nozzle_tank_id` (`nozzle_tank_id`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_polish_ci AUTO_INCREMENT=12 ;
--
-- Zrzut danych tabeli `nozzles`
--
INSERT INTO `nozzles` (`nozzle_id`, `nozzle_tank_id`, `nozzle_calibration_coefficient`) VALUES
(0, 0, '0.999'),
(1, 1, '0.999'),
(2, 2, '0.999'),
(3, 0, '0.999'),
(4, 1, '0.999'),
(5, 2, '0.999'),
(6, 0, '0.999'),
(7, 1, '0.999'),
(8, 2, '0.999'),
(9, 0, '0.999'),
(10, 1, '0.999'),
(11, 2, '0.999');
--
-- Struktura tabeli dla tabeli `nozzles_measures`
--
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `nozzles_measures` (
  `nm_id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `nm_nozzle_id` int(11) NOT NULL,
  `nm_tank_id` int(11) NOT NULL,
  `nm_begin_timestamp` datetime NOT NULL,
  `nm_end_timestamp` datetime NOT NULL,
  `nm_raw_wolume` decimal(20,15) NOT NULL,
  `nm_gross_volume` decimal(20,15) NOT NULL,
  `nm_netto_volume` decimal(20,15) NOT NULL,

```

```

`nm_temperature` decimal(20,15) NOT NULL,
PRIMARY KEY (`nm_id`),
KEY `nm_nozzle_id` (`nm_nozzle_id`,`nm_tank_id`),
KEY `nm_tank_id` (`nm_tank_id`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_polish_ci AUTO_INCREMENT=121 ;

--
-- Struktura tabeli dla tabeli `tanks`
--
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `tanks` (
  `tank_id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `tank_fuel_type_id` int(11) NOT NULL,
  `tank_min_volume` decimal(5,2) NOT NULL,
  `tank_max_volume` decimal(5,2) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`tank_id`),
  KEY `tank_fuel_type_id` (`tank_fuel_type_id`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_polish_ci AUTO_INCREMENT=5 ;

--
-- Zrzut danych tabeli `tanks`
--
INSERT INTO `tanks` (`tank_id`, `tank_fuel_type_id`, `tank_min_volume`, `tank_max_volume`) VALUES
(0, 0, '10.00', '100.00'),
(1, 1, '10.00', '100.00'),
(2, 2, '10.00', '100.00');

--
-- Struktura tabeli dla tabeli `tank_measures`
--
CREATE TABLE IF NOT EXISTS `tank_measures` (
  `tm_id` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `tm_tank_id` int(11) NOT NULL,
  `tm_timestamp` timestamp NOT NULL,
  `tm_gross_volume` decimal(20,15) NOT NULL,
  `tm_netto_volume` decimal(20,15) NOT NULL,
  `tm_water_wolume` decimal(20,15) NOT NULL,
  `tm_temperature` decimal(20,15) NOT NULL,
  PRIMARY KEY (`tm_id`),
  KEY `tm_tank_id` (`tm_tank_id`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_polish_ci AUTO_INCREMENT=292 ;

--
-- Ograniczenia dla zrzutów tabel
--

--
-- Ograniczenia dla tabeli `fuel_leakage_detections`
--
ALTER TABLE `fuel_leakage_detections`
  ADD CONSTRAINT `fld_tank_id` FOREIGN KEY (`fld_tank_id`) REFERENCES `tanks` (`tank_id`) ON DELETE
  CASCADE ON UPDATE CASCADE;

--
-- Ograniczenia dla tabeli `nozzles`
--
ALTER TABLE `nozzles`
  ADD CONSTRAINT `nozzle_tank_fk` FOREIGN KEY (`nozzle_tank_id`) REFERENCES `tanks` (`tank_id`) ON
  DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE;

--
-- Ograniczenia dla tabeli `nozzles_measures`
--
ALTER TABLE `nozzles_measures`
  ADD CONSTRAINT `nm_nozzle_fk` FOREIGN KEY (`nm_nozzle_id`) REFERENCES `nozzles` (`nozzle_id`) ON
  DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE,
  ADD CONSTRAINT `nm_tank_id` FOREIGN KEY (`nm_tank_id`) REFERENCES `tanks` (`tank_id`) ON DELETE
  CASCADE ON UPDATE CASCADE;

--
-- Ograniczenia dla tabeli `tanks`
--
ALTER TABLE `tanks`
  ADD CONSTRAINT `tank_fuel_fk` FOREIGN KEY (`tank_fuel_type_id`) REFERENCES `fuel_types` (`ft_id`) ON
  DELETE NO ACTION ON UPDATE NO ACTION;

```

```
--
-- Ograniczenia dla tabeli `tank_measures`
--
ALTER TABLE `tank_measures`
  ADD CONSTRAINT `tm_tank_fk` FOREIGN KEY (`tm_tank_id`) REFERENCES `tanks` (`tank_id`) ON DELETE
  CASCADE ON UPDATE CASCADE;

/*!40101 SET CHARACTER_SET_CLIENT=@OLD_CHARACTER_SET_CLIENT */;
/*!40101 SET CHARACTER_SET_RESULTS=@OLD_CHARACTER_SET_RESULTS */;
/*!40101 SET COLLATION_CONNECTION=@OLD_COLLATION_CONNECTION */;
```



Rysunek 4 Schemat bazy danych

## 5. Testowanie i uruchamianie

Aplikacja została przetestowana pod względem poprawności generowanych danych, symulacji wycieków, sprzedaży paliwa, dostawy paliwa do zbiorników oraz detekcji wycieków.

Przed rozpoczęciem symulacji należy ustawić odpowiednie parametry w klasie *SimulatorConfig.java*, domyślnie ustawione są one następująco:

```
streamType = StreamType.DATABASE;

tankMeasureFilePath = "TankMeasures.csv";
nozzleMeasureFilePath = "NozzleMeasures.csv";
tankIntervalMeasureFilePath = "TankIntervalMeasures.csv";
nozzleCalibrationCoefficient = 0.999;

tankMinimalVolume = Double.valueOf(10);
tankMaximalVolume = Double.valueOf(100);

// intervals of actions in millisecond
measurePeriod = 3000;
actionPeriod = 1000;
detectionFuelLeakagePeriod = 1000;

addVolumeCoefficient = 0.01;
addTemperatureCoefficient = 0.01;
minusTemperatureCoefficient = 0.01;
refuelVolumeCoefficient = 0.005;

addTemperatureProbability = 0.5;
addWaterProbability = 0.3;

distributorRefuelProbability = 0.2;
nozzleRefuelProbability = 0.2;

addWaterVolumeValue = 0.001;

fuelLeakageSimulation = true;
fuelLeakageVolume = 0.02;
fuelDetectionLeakageVolume = 0.001;
minNumbersOfPeriodsToDetectContinuousFuelLeakage = 8;

/**
 * Database settings
 */
databaseUrl = "localhost";
databaseUser = "root";
databasePassword = "root";
databaseName = "zbdihd";
```

Podczas testowania zastosowano powyższe ustawienia.

Po uruchomieniu aplikacji rozpoczyna się symulacja stacji paliw a generowane dane wyświetlane są na konsoli i zapisywane są do bazy danych / w plikach *NozzleMeasures.csv*, *TankMeasures.csv* oraz *TankIntervalMeasures.csv*.

Poniżej przedstawiono fragment wyników symulacji z wyciekiem paliwa oraz jego detekcją oraz otrzymany wykres (Rysunek 5 i Rysunek 6).

2015-06-11 21:13:46 : 2015-06-11 21:13:47 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume: 0.017601718716818412
2015-06-11 21:13:47 : 2015-06-11 21:13:48 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume: 0.019688936512773605
2015-06-11 21:13:48 : 2015-06-11 21:13:49 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume: 0.018799999999998818
2015-06-11 21:13:49 : 2015-06-11 21:13:51 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume: 0.018799999999998818
2015-06-11 21:13:51 : 2015-06-11 21:13:52 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume: 0.01929678834748129
2015-06-11 21:13:52 : 2015-06-11 21:13:53 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume: 0.022599999999997067
2015-06-11 21:13:53 : 2015-06-11 21:13:54 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume: 0.017800000000001148
2015-06-11 21:13:53 : 2015-06-11 21:13:54 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume: 0.021000000000000796
2015-06-11 21:13:54 : 2015-06-11 21:13:55 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume: 0.020266040771010185
2015-06-11 21:13:54 : 2015-06-11 21:13:55 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume: 0.020800000000001262
CONTINUOUS FUEL LEAKAGE DETECTED IN TANK NUMBER 2 DURING 8 PERIODS FROM 2015-06-11 21:13:46 TO 2015-06-11 21:13:55
2015-06-11 21:13:55 : 2015-06-11 21:13:56 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume: 0.018691052050452697
2015-06-11 21:13:55 : 2015-06-11 21:13:56 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume: 0.021737019199350394
2015-06-11 21:13:56 : 2015-06-11 21:13:57 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume: 0.021844859416928243
2015-06-11 21:13:56 : 2015-06-11 21:13:57 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume: 0.018000000000000682
2015-06-11 21:13:57 : 2015-06-11 21:13:58 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume: 0.019599999999996953
2015-06-11 21:13:57 : 2015-06-11 21:13:58 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume: 0.018615929765748544
2015-06-11 21:13:58 : 2015-06-11 21:13:59 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume: 0.018799999999998818
2015-06-11 21:13:58 : 2015-06-11 21:13:59 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume: 0.01710015743942811
2015-06-11 21:13:59 : 2015-06-11 21:14:00 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume: 0.022527013202649743
2015-06-11 21:13:59 : 2015-06-11 21:14:00 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume: 0.018281749136698416

-----  
2015-06-11 21:14:00 : 2015-06-11 21:14:01 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.01905771973417575  
-----  
2015-06-11 21:14:00 : 2015-06-11 21:14:01 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.02020000000000266  
-----  
2015-06-11 21:14:01 : 2015-06-11 21:14:02 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.018599999999999284  
-----  
2015-06-11 21:14:02 : 2015-06-11 21:14:03 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.021999999999998465  
-----  
CONTINUOUS FUEL LEAKAGE DETECTED IN TANK NUMBER 0 DURING 8 PERIODS FROM 2015-06-11 21:13:55 TO 2015-06-11 21:14:03  
-----  
2015-06-11 21:14:03 : 2015-06-11 21:14:04 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.021599999999999397  
-----  
2015-06-11 21:14:04 : 2015-06-11 21:14:05 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.018200000000000216  
-----  
2015-06-11 21:14:05 : 2015-06-11 21:14:06 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.021000000000000796  
-----  
2015-06-11 21:14:06 : 2015-06-11 21:14:07 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.01724862831565993  
-----  
2015-06-11 21:14:07 : 2015-06-11 21:14:08 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.019426981004264612  
-----  
2015-06-11 21:14:08 : 2015-06-11 21:14:09 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.020879473530622236  
-----  
2015-06-11 21:14:09 : 2015-06-11 21:14:10 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.019453324467597982  
-----  
2015-06-11 21:14:10 : 2015-06-11 21:14:11 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.018682000926556724  
-----  
CONTINUOUS FUEL LEAKAGE DETECTED IN TANK NUMBER 0 DURING 8 PERIODS FROM 2015-06-11 21:14:03 TO 2015-06-11 21:14:11  
-----  
2015-06-11 21:14:11 : 2015-06-11 21:14:12 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.018687463503389276  
-----  
2015-06-11 21:14:12 : 2015-06-11 21:14:13 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.019799999999996487  
-----  
2015-06-11 21:14:13 : 2015-06-11 21:14:14 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.017400000000000208  
-----  
2015-06-11 21:14:14 : 2015-06-11 21:14:15 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.017687789275677962  
-----  
2015-06-11 21:14:15 : 2015-06-11 21:14:16 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.017317601253935708  
-----  
2015-06-11 21:14:16 : 2015-06-11 21:14:17 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.02006746105716266  
-----  
2015-06-11 21:14:17 : 2015-06-11 21:14:18 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.02080058971073782  
-----  
2015-06-11 21:14:17 : 2015-06-11 21:14:18 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.020000000000003126  
-----  
2015-06-11 21:14:18 : 2015-06-11 21:14:19 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.017400000000000208  
-----  
CONTINUOUS FUEL LEAKAGE DETECTED IN TANK NUMBER 0 DURING 8 PERIODS FROM 2015-06-11 21:14:11 TO 2015-06-11 21:14:19



-----  
2015-06-11 21:14:18 : 2015-06-11 21:14:19 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.018889841883837397  
-----

2015-06-11 21:14:19 : 2015-06-11 21:14:20 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.022199999999998  
-----

2015-06-11 21:14:19 : 2015-06-11 21:14:20 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.0227999999999966  
-----

2015-06-11 21:14:20 : 2015-06-11 21:14:21 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.020699142483424082  
-----

2015-06-11 21:14:20 : 2015-06-11 21:14:21 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.018892819126844346  
-----

2015-06-11 21:14:21 : 2015-06-11 21:14:22 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.0180747034115825  
-----

2015-06-11 21:14:21 : 2015-06-11 21:14:22 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.01800000000000682  
-----

2015-06-11 21:14:22 : 2015-06-11 21:14:23 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.01919999999997885  
-----

2015-06-11 21:14:22 : 2015-06-11 21:14:23 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.01740000000000208  
-----

2015-06-11 21:14:23 : 2015-06-11 21:14:24 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.022481319035991335  
-----

2015-06-11 21:14:23 : 2015-06-11 21:14:24 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.022888136240181614  
-----

2015-06-11 21:14:24 : 2015-06-11 21:14:25 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.020802498680559153  
-----

2015-06-11 21:14:24 : 2015-06-11 21:14:25 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.01705492459666491  
-----

2015-06-11 21:14:25 : 2015-06-11 21:14:26 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.01919999999997885  
-----

2015-06-11 21:14:26 : 2015-06-11 21:14:27 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.022483412551285067  
-----

CONTINUOUS FUEL LEAKAGE DETECTED IN TANK NUMBER 0 DURING 8 PERIODS FROM 2015-06-11 21:14:19 TO 2015-06-11 21:14:27  
-----

2015-06-11 21:14:27 : 2015-06-11 21:14:28 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.0176077857643626  
-----

2015-06-11 21:14:28 : 2015-06-11 21:14:29 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.022199999999998  
-----

2015-06-11 21:14:29 : 2015-06-11 21:14:30 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.019654867056808446  
-----

2015-06-11 21:14:30 : 2015-06-11 21:14:31 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.017000000000003013  
-----

2015-06-11 21:14:31 : 2015-06-11 21:14:32 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.01863815592089075  
-----

2015-06-11 21:14:32 : 2015-06-11 21:14:33 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.02045643608978285  
-----

2015-06-11 21:14:33 : 2015-06-11 21:14:34 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.02139999999999864  
-----

2015-06-11 21:14:34 : 2015-06-11 21:14:35 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.019047863673472762  
-----

-----  
CONTINUOUS FUEL LEAKAGE DETECTED IN TANK NUMBER 0 DURING 8 PERIODS FROM 2015-06-11 21:14:27 TO 2015-06-11 21:14:35  
-----

2015-06-11 21:14:35 : 2015-06-11 21:14:36 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.020000000000003126  
-----

2015-06-11 21:14:36 : 2015-06-11 21:14:37 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.0187094915530749  
-----

2015-06-11 21:14:37 : 2015-06-11 21:14:38 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.020600000000001728  
-----

2015-06-11 21:14:38 : 2015-06-11 21:14:39 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.021599999999999397  
-----

2015-06-11 21:14:39 : 2015-06-11 21:14:40 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.021599999999999397  
-----

2015-06-11 21:14:40 : 2015-06-11 21:14:41 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.02004817356503641  
-----

2015-06-11 21:14:41 : 2015-06-11 21:14:42 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.020600000000001728  
-----

2015-06-11 21:14:41 : 2015-06-11 21:14:42 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.017071165459024276  
-----

2015-06-11 21:14:42 : 2015-06-11 21:14:43 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.018215641734876366  
-----

CONTINUOUS FUEL LEAKAGE DETECTED IN TANK NUMBER 0 DURING 8 PERIODS FROM 2015-06-11 21:14:35 TO 2015-06-11 21:14:43  
-----

2015-06-11 21:14:42 : 2015-06-11 21:14:43 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.022892838608296148  
-----

2015-06-11 21:14:43 : 2015-06-11 21:14:44 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.017800000000001148  
-----

2015-06-11 21:14:43 : 2015-06-11 21:14:44 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.021799999999999893  
-----

2015-06-11 21:14:44 : 2015-06-11 21:14:45 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.02020000000000266  
-----

2015-06-11 21:14:44 : 2015-06-11 21:14:45 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.020666045037976796  
-----

2015-06-11 21:14:45 : 2015-06-11 21:14:46 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.021666255122800432  
-----

2015-06-11 21:14:45 : 2015-06-11 21:14:46 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.018680287000125903  
-----

2015-06-11 21:14:46 : 2015-06-11 21:14:47 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.019176053725373537  
-----

2015-06-11 21:14:46 : 2015-06-11 21:14:47 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.0197999999999996487  
-----

2015-06-11 21:14:47 : 2015-06-11 21:14:48 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.0225999999999997067  
-----

2015-06-11 21:14:47 : 2015-06-11 21:14:48 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.017411483613361207  
-----

2015-06-11 21:14:48 : 2015-06-11 21:14:49 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.020150297028302733  
-----

2015-06-11 21:14:48 : 2015-06-11 21:14:49 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.021816572559810957  
-----

2015-06-11 21:14:49 : 2015-06-11 21:14:50 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.017600000000001614

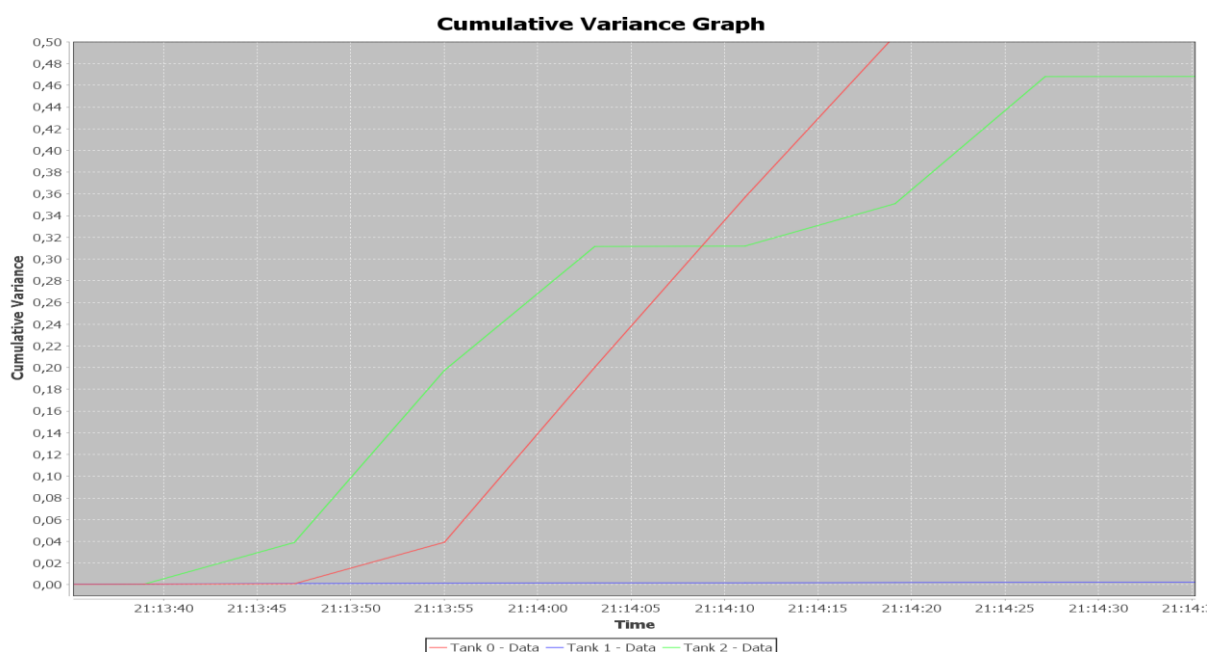
2015-06-11 21:14:49 : 2015-06-11 21:14:50 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.017000000000003013

2015-06-11 21:14:50 : 2015-06-11 21:14:51 - single fuel leakage detected in tank 0 of volume:  
0.021632100321115108

CONTINUOUS FUEL LEAKAGE DETECTED IN TANK NUMBER 0 DURING 8 PERIODS FROM 2015-06-11 21:14:43 TO 2015-06-11 21:14:51

2015-06-11 21:14:50 : 2015-06-11 21:14:51 - single fuel leakage detected in tank 2 of volume:  
0.020800000000001262

CONTINUOUS FUEL LEAKAGE DETECTED IN TANK NUMBER 2 DURING 8 PERIODS FROM 2015-06-11 21:14:43 TO 2015-06-11 21:14:51



**Rysunek 5** Wykres kumulatywnej wariancji (godzina 21:14:35)

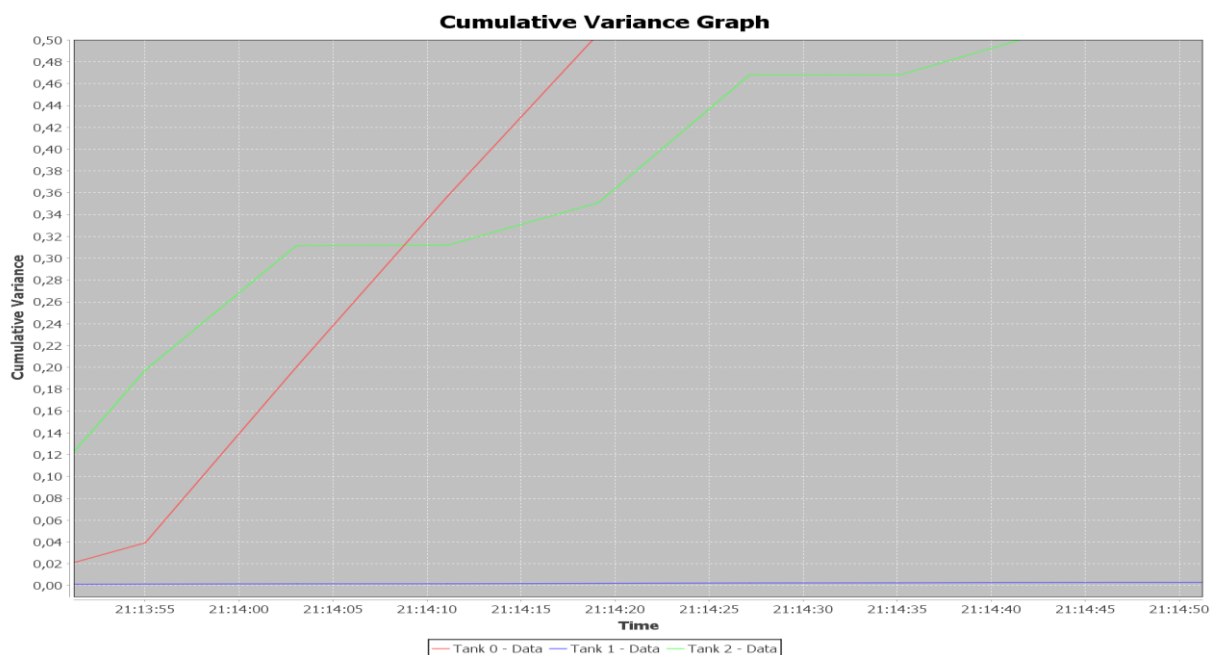
Na podstawie wykresu można zauważyć, że w zbiornikach 0 i 2 występuje wyciek paliwa. Wykres przedstawia kumulatywną wariancję, co należy interpretować następująco:

- jeśli funkcja jest rosnąca mamy do czynienia z wyciekiem paliwa
- jeśli funkcja jest stała wyciek paliwa nie występuje

W zbiorniku 0 występuje stały wyciek paliwa o czym świadczy rosnąca funkcja na wykresie.

Zbiornik 1 podczas trwania symulacji nie wystąpił wyciek paliwa – funkcja stała.

W zbiorniku 2 możemy zauważyć nieco ciekawszy przypadek a więc wyciek paliwa który kilkakrotnie zostaje przerywany. Wycieki paliwa klasyfikowane są jako ciągłe kiedy 6 z 8 pomiarów wskazuje na wyciek paliwa. Co 8 pomiarów kumulatywna wariancja zostaje zwiększona o sumę wycieków z tych pomiarów.



**Rysunek 6** Wykres kumulatywnej wariancji (godzina 21:14:50)

Dokładniejsze informacje możemy odczytać z danych w formie tekstowej jednak wykresy pozwalają na szybką i prawidłową ocenę występującej sytuacji.

## 6. Podsumowanie

Symulator stacji paliw został zrealizowany zgodnie z założeniami. Umożliwia generowanie danych pierwotnych pochodzących ze zbiorników paliw i pistoletów oraz ich analizę. Generowane dane uwzględniają sprzedaż, wycieki oraz dostawy paliwa.

W ubiegłym semestrze, generator danych został rozbudowany o następujące funkcjonalności:

- Możliwość zdefiniowania dowolnej ilości zbiorników paliwa
- Możliwość zdefiniowania dowolnej ilości pistoletów
- Możliwość symulacji wycieków paliwa (wraz z możliwością definiowania jego intensywności)
- Detekcja zdarzeń ciągłych (wykrywanie wycieków paliwa)

W tym semestrze zostały wykonane następujące zadania:

- Możliwość zaburzania wycieków
- Możliwość zapisywania danych do bazy danych
- Możliwość rysowania wykresu kumulatywnej wariancji
- Poprawa detekcji wycieków paliwa

Dzięki przetwarzaniu danych strumieniowych możliwe jest szybkie wykrycie wycieków paliwa co jest bardzo istotne w przypadku stacji paliw. W rzeczywistej stacji paliw zależności jakie zachodzą pomiędzy zbiornikami paliw, pistoletami, temperaturą itd. są o wiele bardziej skomplikowane niż te które założono w projekcie, a więc ich analiza również.