

ISS-EWATUS

Grant Agreement number: **619228**

Project Acronym: **ISS-EWATUS**

Project Full Title: **Integrated Support System for Efficient Water Usage and Resources Management**

Funding Scheme: Collaborative project

Name, title and organization of the scientific representative of the project's coordinator:

Dr Wojciech Froelich, Dr Ewa Magiera, University of Silesia, Poland

Tel: +48 510294043

Fax: +48 32 2918283

E-mail: wojciech.froelich@us.edu.pl, ewa.magiera@us.edu.pl,

Project website address: <http://issewatus.eu>

Consortium Consisting of:

Organization Name	Short Name	Country
UNIWERSYTET SLASKI	US	Poland
INSTYTUT EKOLOGII TERENOW UPRZEMYSLOWIONYCH	IETU	Poland
Rejonowe Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Sosnowcu Spółka Akcyjna	RPWiK	Poland
LOUGHBOROUGH UNIVERSITY	LU	United Kingdom
BRUNEL UNIVERSITY	BU	United Kingdom
UNIVERSIDAD PABLO DE OLAVIDE	UPO	Spain
CENTRE FOR RESEARCH AND TECHNOLOGY HELLAS	CERTH	Greece
Dimotiki Epixirisi Ydreusis - Apoxeutesis Skiathou	DEYASK	Greece
DOTSOFT OLOKLIROMENES EFARMOGES DIADIKTIOY KAI VASEON DEDOMENON AE	DOTSOFT	Greece
STICHTING VU-VUMC	VU/VUmc	Netherlands

Spis treści

Streszczenie.....	7
1. Wstęp.....	9
2. Monitoring	14
2.1. Zużycie (pobór) wody przez odbiorców	14
2.2. Zużycie wody (pobór) w strefach obejmujących większą liczbę wodomierzy	19
2.3. Monitoring źródeł wody	24
2.4. Monitoring ciśnienia.....	29
2.5. Monitoring pracy regulatorów ciśnienia	33
2.6. Alarmy	36
3. Zarządzanie systemem	39
3.1. Tworzenie geowęzła	39
3.2. Przeglądanie i usuwanie geowęzłów	41
3.3. Tworzenie stref	44
3.4. Przeglądanie i usuwanie stref.....	49
3.5. Przeglądanie stref i wodomierzy	51
4. Zarządzanie danymi (kontrola ciągłości danych)	53
4.1. Sprawdzanie i uzupełnianie brakujących danych.....	54
4.2. Sprawdzanie i wstawianie brakujących danych dla okresów pośrednich	56
5. Przeglądanie i edycja danych zgromadzonych w bazie dla poszczególnych urządzeń w sieci wodociągowej	58
5.1. Dane dotyczące zużycia wody w sieci	58
5.2. Dane urządzeń monitorujących ciśnienie.....	59
5.3. Dane urządzeń regulujących ciśnienie w sieci	60
5.4. Dane z monitoringu źródeł wody	61
5.5. Eksport danych.....	62
6. Algorytmy prognozowania zapotrzebowania na wodę.....	65
6.1. Algorytmy predykcji wielowymiarowych szeregów czasowych	66
6.2. Algorytmy predykcji jednowymiarowych szeregów czasowych.....	71
6.3. Optymalizacja źródła zasilania w wodę.....	72
7. Profile przepływu i ciśnienia w oparciu o model EPANET	75

Rewizja dokumentu

Wersja	Autor / Autorzy	Partner	Opis wersji	Data
01	Konstantinos Kokkinos	CERTH	Pierwsza wersja	25.09.2016
02	Konstantinos Kokkinos	CERTH	Końcowa wersja do recenzji	22.11.2016
02.1	Elpiniki Papageorgiou	CERTH	Recenzja	1.12.2016
02.3	Konstantinos Kokkinos	CERTH	Rozwinięcie wstępu	7.12.2016
03	Konstantinos Kokkinos	CERTH	Dodanie opisu modułu optymalizacji źródeł zaopatrzenia w wodę	19.12.2016

Wersja polska: Rafał Ulańczyk, Piotr Cofałka, IETU, 28.02.2017

Skróty	Opis (polskie tłumaczenie skrótów w nawiasie)
API	Application Programming Interface (Interfejs programistyczny aplikacji)
ArcGIS	Oprogramowanie Arc GIS Server firmy ESRI
AVAIL	Availability (Dostępność)
JSON	Format wymiany danych komputerowych JavaScript Object Notation
AJAX	Technika tworzenia aplikacji internetowych - Asynchronous JavaScript And XML
DSS	Decision Support Systems (System wspomagania decyzji)
FR	Functional Requirements (Wymagania funkcjonalne)
GUI	Graphical User Interface (Graficzny interfejs użytkownika)
ICT	Information and Communications Technology (Technologie informacyjne i komunikacyjne)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instytut Inżynierów Elektryków i Elektroników)
IIS	Zbiór usług internetowych Internet Information Server
HCI	Wzajemne oddziaływanie pomiędzy człowiekiem a komputerem, zachodzące poprzez interfejs użytkownika - Human Computer Interface
ISS	Integrated Support Systems (Zintegrowany system wspomagania)
HDD	Nośnik danych Hard Disk Drive (napęd dysku twardego)
OGC	Organizacja międzynarodowa Open GIS Consortium
POFOD	Probability of failure on demand (Prawdopodobieństwo awarii przy żądaniu usługi)
SOS	Standard zatwierdzony przez OGC na potrzeby usług wyszukiwania i pobierania danych - Sensor Observation Service
SRS	Software Requirement Specification (specyfikacja wymagań dla oprogramowania)
Std.	Standard
TSI	Tourism Seasonality Index (indeks sezonowości ruchu turystycznego)
UML	Unified Modelling Language (Zunifikowany język modelowania)
UR	User Requirements (Wymagania użytkowników)
SR	System Requirements (Wymagania systemu)

WaterML	Język modelowania - Water Modelling Language
WDS	Water Distribution System (System dystrybucji wody)
WFS	Standard udostępniania danych wektorowych - Web Feature Service
WMS	Standard internetowego serwisu do tworzenia i udostępniania map - Web Map Service
WWTP	Waste Water Treatment Plant (Oczyszczalnia ścieków)

Streszczenie

Niniejszy dokument jest instrukcją poprawnego zarządzania siecią wodociągową poprzez system wspomaganie decyzji, mający postać aplikacji sieciowej. Aplikacja ta jest jednym z wyników projektu o nazwie „Zintegrowany system wspomagający efektywne wykorzystanie i zarządzanie zasobami wodnymi” (ISS-EWATUS: Integrated Support System for Efficient Water Usage and Resources Management), który finansowany był ze środków Siódmego Programu Ramowego Wspólnoty Europejskiej w zakresie badań, rozwoju technologicznego i demonstracji.

Instrukcja opracowana została w trzech językach (pozostałe to Grecki i Angielski), tak aby spełnić wymagania projektu, a zarazem oczekiwania przedsiębiorstw, dla których system wspomaganie został opracowany, i które brały udział w jego testowaniu. Instrukcja w wersji elektronicznej dostępna będzie również na stronie internetowej www.issewatus.certh.gr, która służy do obsługi systemu wspomaganie decyzji.

Celem opracowania instrukcji było upowszechnienie wyników projektu ISS-EWATUS. Instrukcja kierowana jest głównie do ekspertów pracujących dla przedsiębiorstw odpowiedzialnych za zaopatrzenie w wodę, do osób używających różnych metod monitoringu sieci wodociągowych, a także do pracowników jednostek naukowych, którzy bazując na wynikach projektu rozwijać będą własne badania w dziedzinach nauk powiązanych z gospodarką zasobami wodnymi.

Struktura dokumentu zgodna jest ze strukturą samej aplikacji oraz z potrzebami użytkowników, które opisano w raporcie 4.1 projektu, zatytułowanym “Wymagania funkcjonalne systemu wspomaganie decyzji i modelu czasowo-przestrzennego” (Functional Requirements of the DSS and Spatiotemporal Model). Instrukcja zawiera odrębny rozdział poświęcony urządzeniom do monitoringu pracy sieci wodociągowej, stosowaniu stref sieci wodociągowych w systemie i alarmom (usterkom) zgłaszanym przez użytkowników sieci wodociągowej. Instrukcja zawiera też wskazówki, w jaki sposób administrować strefami, na które podzielona jest sieć wodociągowa oraz jak dzielić sieć na strefy bazując na grupowaniu urządzeń pomiarowych, zainstalowanych u odbiorców wody. Odrębne części instrukcji opisują poszczególne usługi sieciowe dostępne w systemie (np. uwzględnienie w systemie danych meteorologicznych lub danych socjo-ekonomicznych).

Specjalną uwagę poświęcono możliwościom wizualizacji danych i administracji danymi oraz powiązaniu systemu z bazą danych w celu gromadzenia i edycji danych. Wszystkie funkcje opisane zostały w odrębnych sekcjach dokumentu.

Najważniejszą funkcją systemu jest zarządzanie ciśnieniem w sieci wodociągowej w celu minimalizacji wycieków wody przy jednoczesnym spełnieniu wymagań użytkowników sieci. W tym celu zastosowany został szereg technik opartych o sztuczną inteligencję, które mają za zadanie

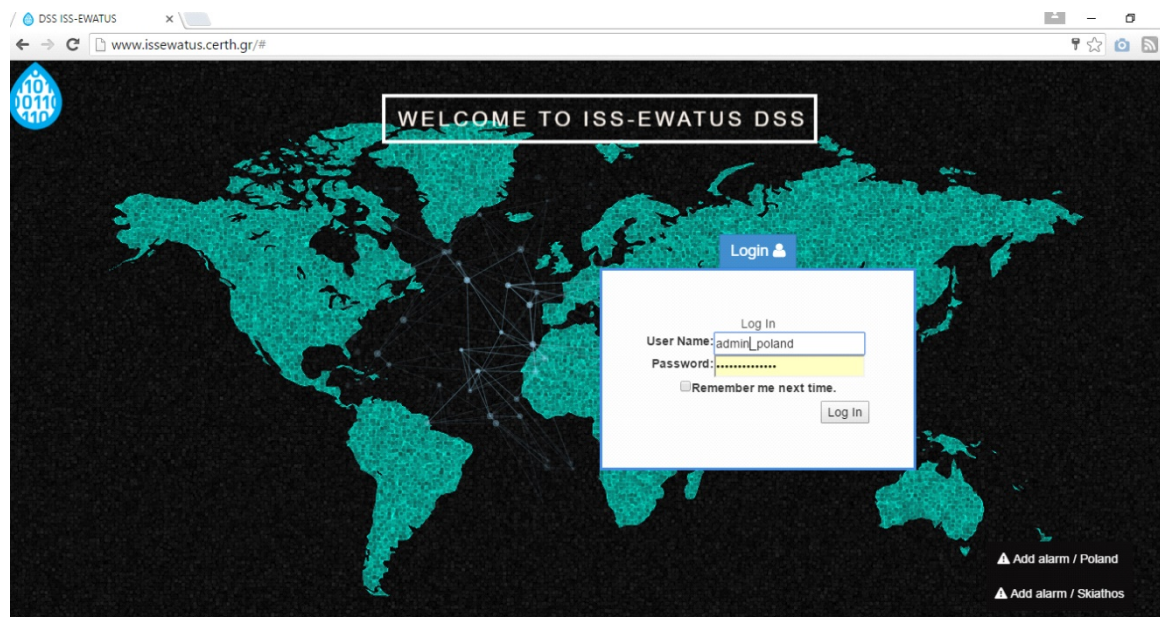
prognozowanie zapotrzebowania na wodę. Ta metoda w powiązaniu z prognozą ciśnienia wykonaną za pomocą modeli hydraulicznych, czyni system wspomagania decyzji solidnym narzędziem, które pozwolić ma na osiągnięcie wyżej wspomnianego celu (minimalizacja strat wody). Dlatego, w niniejszym dokumencie w szczególności opisano techniki zintegrowane w celu prognozowania zapotrzebowania na wodę oraz w celu prognozowania optymalnego ciśnienia, pozwalającego na redukcję wycieków.

1. Wstęp

System wspomagania decyzji ISS-EWATUS jest aplikacją sieciową, dostępną poprzez większość przeglądarek internetowych. Zbudowana jest ona w oparciu o najnowsze technologie aby zapewnić szybką, niezawodną i płynne korzystanie ze wszystkich usług, jakie oferuje. W celu dostępu do aplikacji użytkownik musi odwiedzić stronę internetową i podać dane logowania, które pozwolą na dostęp do głównych modułów systemu wspomagania decyzji. Użytkownicy mogą posiadać różne uprawnienia, które przypisane są do ich konta, i które pozwalają na korzystanie z wybranych funkcji.

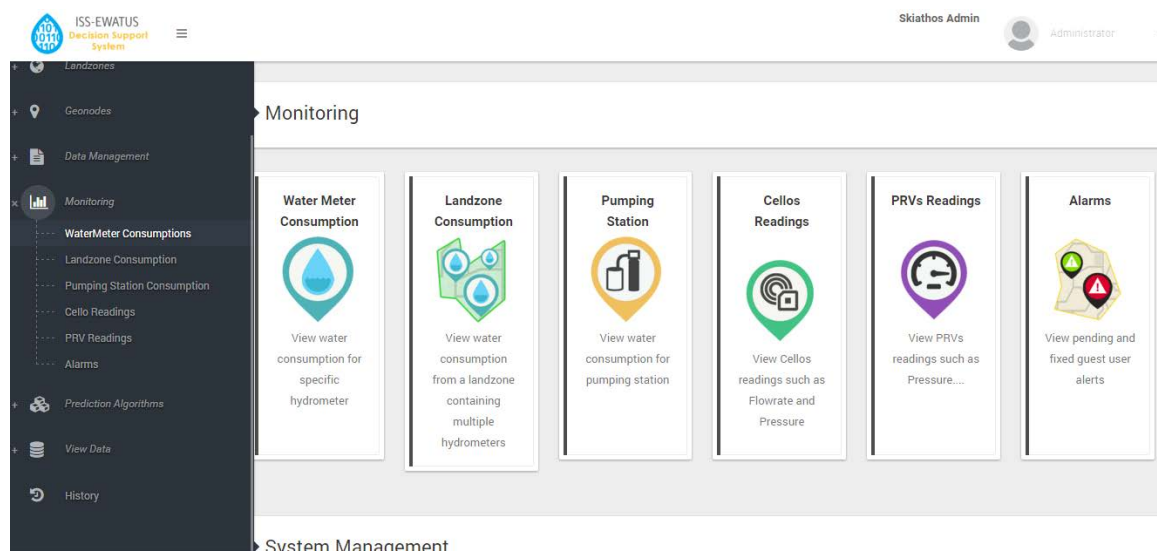
Konto „Gościa” pozwala jedynie na wprowadzanie informacji o alarmach / awariach sieci wodociągowej, natomiast konto „Administradora” pozwala na pełen dostęp do systemu z uwzględnieniem zarządzania systemem, monitoringu sieci wodociągowej i symulacji.

Administratorem jest ekspert z przedsiębiorstwa zarządzającego siecią wodociągową. Posiada on nie tylko dostęp do wszystkich funkcji opisanych w niniejszej instrukcji, ale także do konfiguracji usług dostępnych w systemie, a także do głównej bazy danych obsługującej system i do wybranych usług czasowo-przestrzennej bazy danych. W systemie funkcjonuje także konto administratora głównego (superadmin), który może zarządzać kontami użytkowników oraz dodatkowymi funkcjami obsługiwanymi przez system. Poniżej przedstawiono okno logowania w którym podać należy dane, otrzymane od zespołu administrującego system wspomagania decyzji.



Rysunek 1.1: Okno startowe systemu wspomagania decyzji ISS-EWATUS

Gdy administrator z określonego przedsiębiorstwa loguje się do systemu, przekierowywany jest do odpowiedniego katalogu sieciowego na podstawie przypisanej do konta roli użytkownika i miasta. Strony dla wszystkich użytkowników i miast mają taką samą formę wizualną i takie same właściwości nawigacji. W tym miejscu warto podkreślić, że wszystkie strony zaprojektowano z wykorzystaniem technik zapewniających elastyczność systemu i możliwość jego uruchomienia na różnych typach urządzeń i w różnych przeglądarkach internetowych (responsive web design). W górnej części strony znajduje się nagłówek pozwalający na wylogowanie się z systemu, zmianę hasła oraz otwarcie lub ukrycie bocznego okna nawigacji po systemie. Boczne okno nawigacji (Rysunek 1.2) znajduje się zawsze w lewej części ekranu i może być rozwinięte lub ukryte dając łatwy dostęp do głównych funkcji i stron systemu, do których użytkownik posiada uprawnienia. Strona domowa systemu składa się odnośników do poszczególnych modułów (funkcji) systemu (np. monitoring, zarządzanie systemem, algorytmy prognozowania, symulacje itp.). Odnośniki te mają postać graficznych przycisków z krótkim opisem modułów i stanowią one alternatywny sposób poruszania się po systemie. Każda funkcja systemu dostępna poprzez jego interfejs graficzny jest opisana w kolejnych rozdziałach instrukcji.



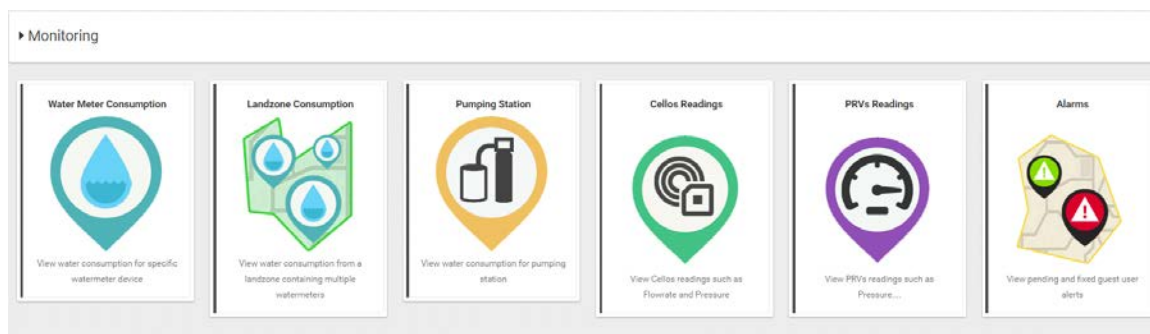
Rysunek 1.2: Podstawowa struktura systemu: graficzne odnośniki do poszczególnych funkcji oraz okno nawigacji z lewej strony

Zarówno główne okno aplikacji, jak i boczne okno nawigacji podzielone są na 5 podstawowych części, które odpowiadają podziałowi funkcji dostępnych w systemie wspomagania decyzji. Pięć głównych funkcji systemu to:

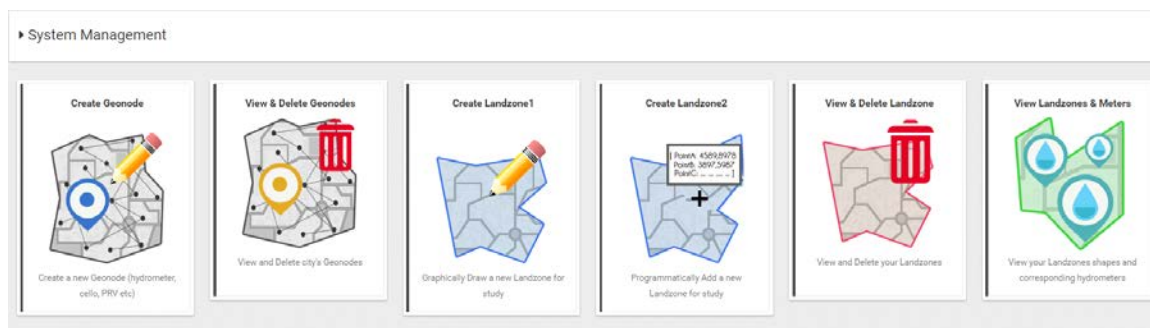
- Monitoring
- Zarządzanie systemem
- Zarządzanie danymi
- Uruchamianie algorytmów prognozowania
- Przeglądanie i edycja bazy danych

Podstawowe funkcje systemu zgodne są z potrzebami funkcjonalnymi, które uzgodniono z

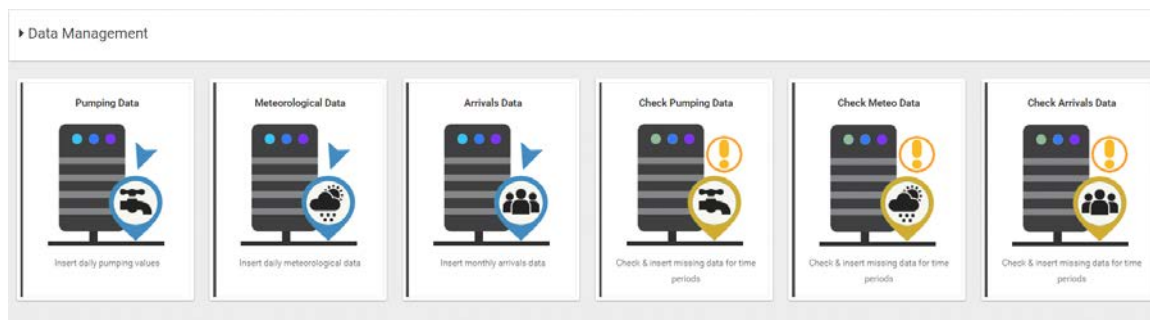
użytkownikami testującymi system, i które opisano w szczegółach w raporcie nr 4.1 projektu ISS-EWATUS. Części okna aplikacji, poświęcone pięciu funkcjom systemu przedstawiono na poniższych rysunkach (Rysunek 1.3 – Rysunek 1.7).



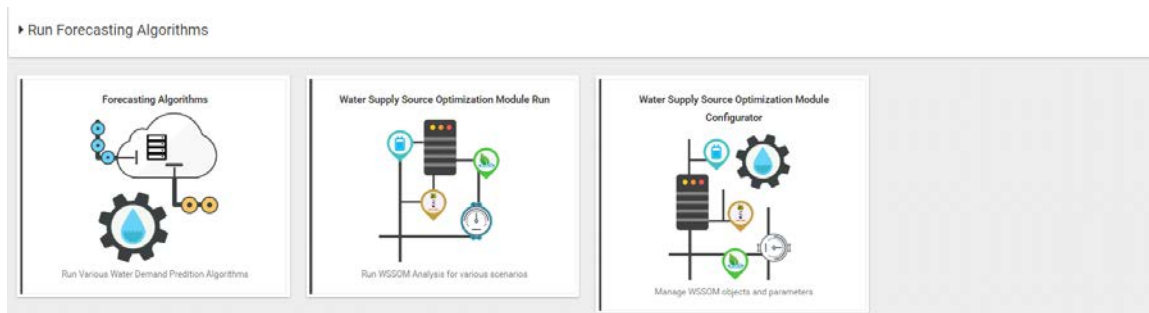
Rysunek 1.3: *Odnosiniki do poszczególnych części systemu związanych z funkcją monitoringu sieci wodociągowej*



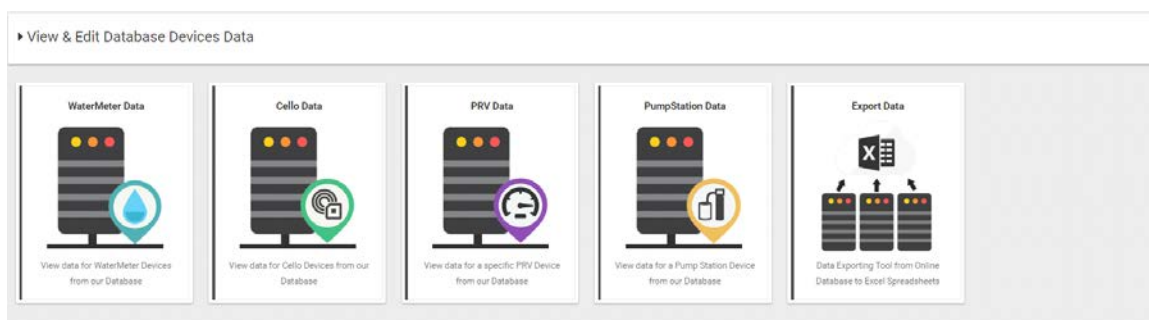
Rysunek 1.4: *Odnosiniki do poszczególnych części systemu związanych z funkcją zarządzania siecią wodociągową*



Rysunek 1.5: *Odnosiniki do poszczególnych części systemu związanych z funkcją zarządzania danymi*



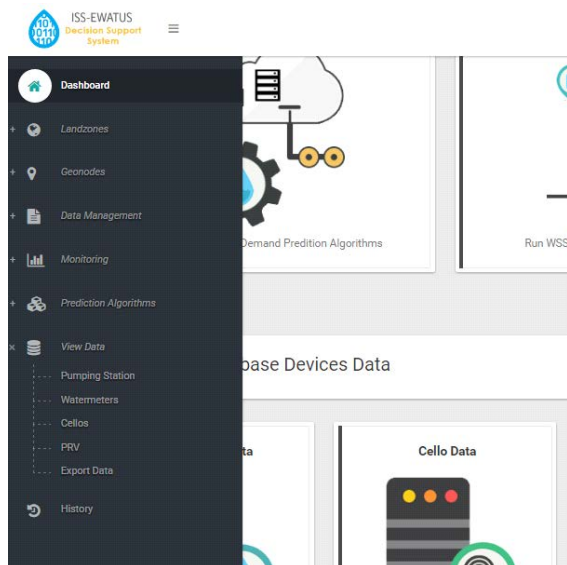
Rysunek 1.6: *Odnosiniki do poszczególnych części systemu związanych z funkcją prognozowania zużycia wody i ciśnienia w sieci wodociągowej*



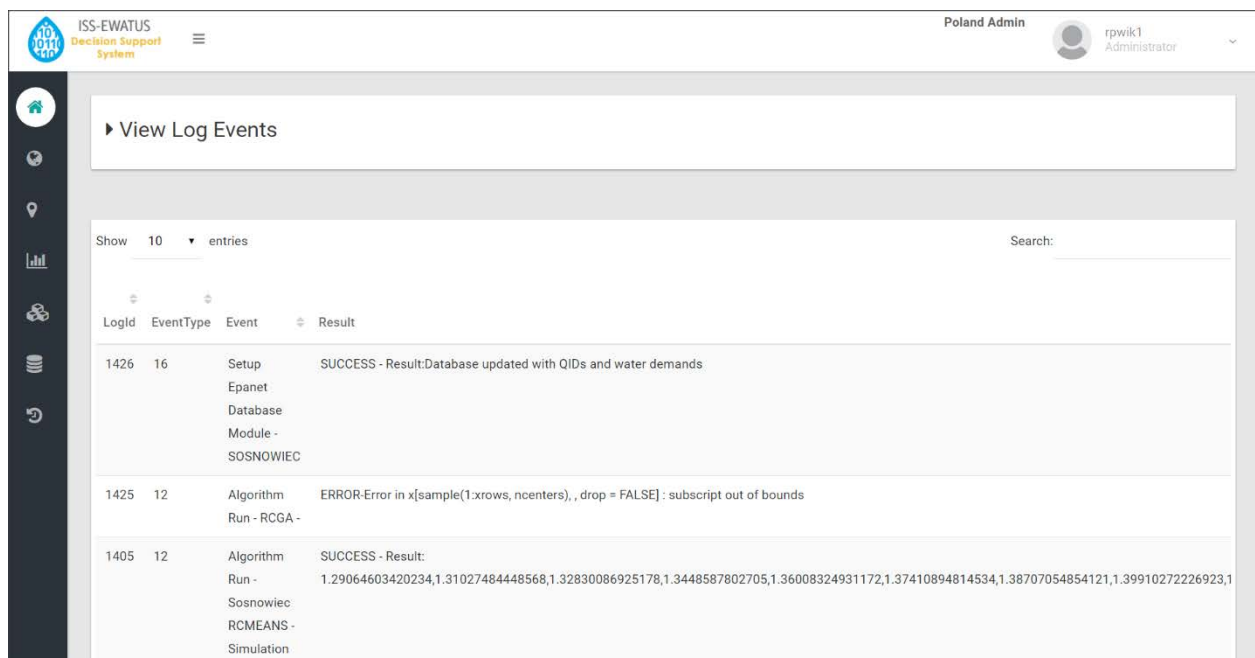
Rysunek 1.7: *Odnosiniki do poszczególnych części systemu związanych z funkcją przeglądania i edycji bazy danych*

Każda z wymienionych wyżej kategorii stanowi odrębny rozdział niniejszej instrukcji. W rozdziałach tych przedstawione zostały szczegółowe opisy poszczególnych funkcji systemu.

W celu uzupełnienia opisu nawigacji po systemie wspomnieć należy, że boczne okno nawigacji pozwala na rozwinięcie każdej pozycji i wyświetlenie bardziej szczegółowych funkcji systemu (Rysunek 1.8). W porównaniu do głównego okna aplikacji, boczne okno zawiera dodatkowo pozycję („History”) pozwalającą na wyświetlenie historii operacji wykonywanych w systemie wspomaganie decyzji (Rysunek 1.9).



Rysunek 1.8: Szczegółowa lista funkcji w bocznym oknie nawigacji



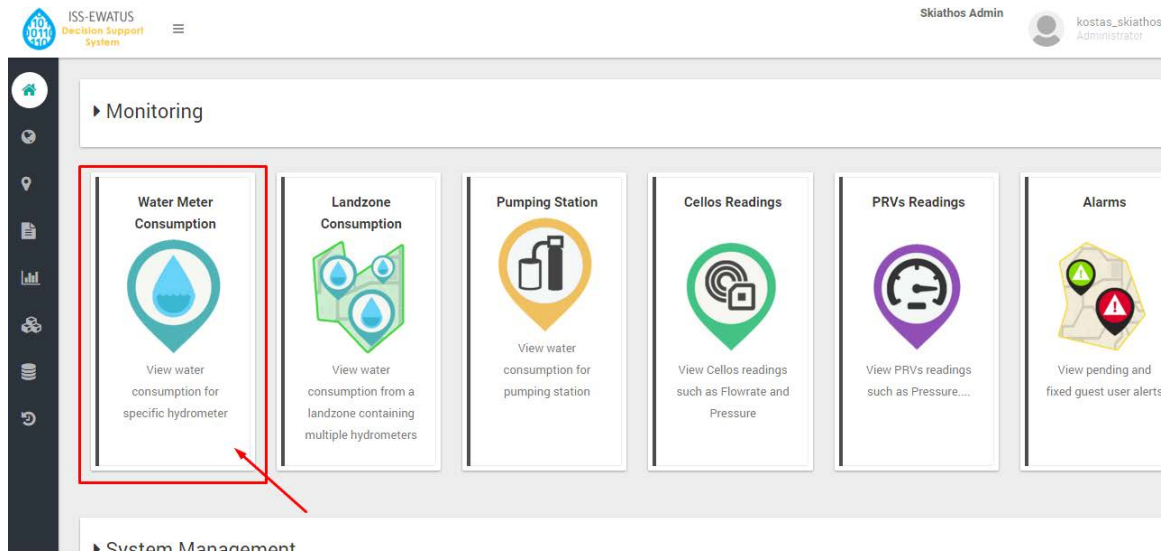
Rysunek 1.9: Okno z historią operacji wykonanych w systemie (uruchamiane funkcją „History” z bocznego okna nawigacji)

2. Monitoring

Jedną z podstawowych funkcji, jakie system oferuje użytkownikom jest monitoring informacji o systemie wodociągowym. Dane monitoringowe gromadzone są w zdalnej bazie czasowo-przestrzennej i pochodzić mogą z różnych urządzeń, których pomiary automatycznie bądź okresowo zapisywane są do bazy danych. Do urządzeń monitoringowych zaliczyć można liczniki wody (przepływomierze), urządzenia do pomiaru ciśnienia wody, urządzenia do pomiaru wody dopływającej do sieci (np. pomiar w ujęciu lub studni zakupowej) oraz urządzenia sterujące ciśnieniem w sieci (różnego rodzaju zawory). Na podstawie danych z urządzeń pomiarowych i innych danych z systemów SCADA, administrator systemu wspomagania decyzji może monitorować stan sieci dla określonych okresów, może eksportować wyniki w formie graficznej (różne typy wykresów i formaty plików) oraz eksportować dane do arkuszy kalkulacyjnych (np. programu MS Excel). Poniżej przedstawione zostały różnego rodzaju dane monitoringowe w systemie wspomagania decyzji.

2.1. Zużycie (pobór) wody przez odbiorców

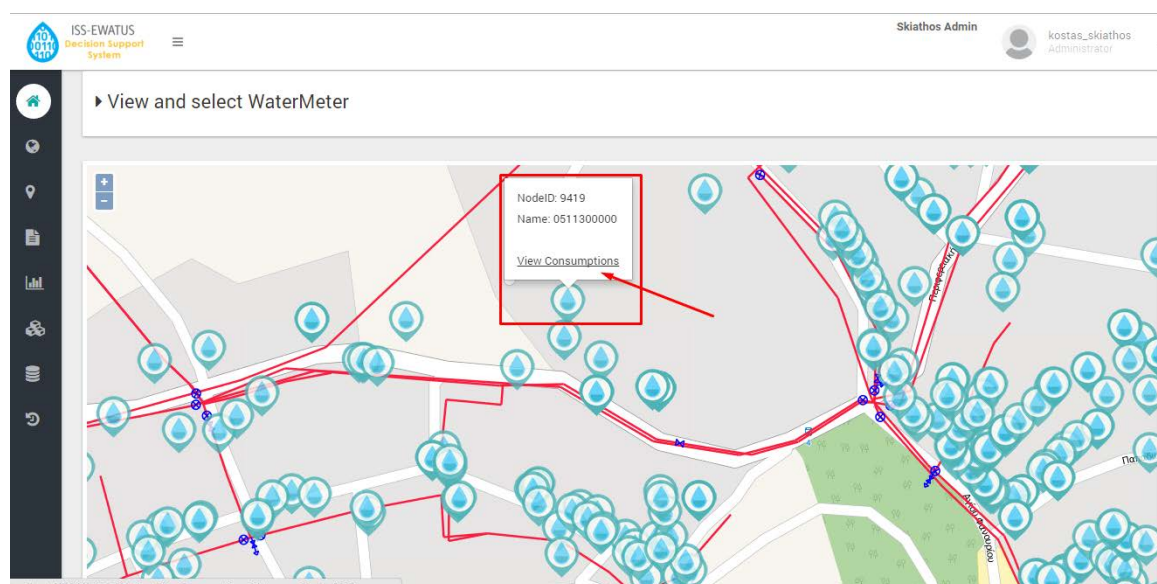
Aplikacja pozwala na monitorowanie odczytów ze wszystkich wodomierzy zainstalowanych w sieci oraz ze wszystkich okresów rozliczeniowych, które znajdują się w bazie danych. Użytkownik może uruchomić tą funkcję systemu korzystając z bocznego okna nawigacji lub z głównego okna aplikacji (Rysunek 2.1).



Rysunek 2.1: Wybór funkcji monitoringu zużycia wody (odczyty wodomierzy)

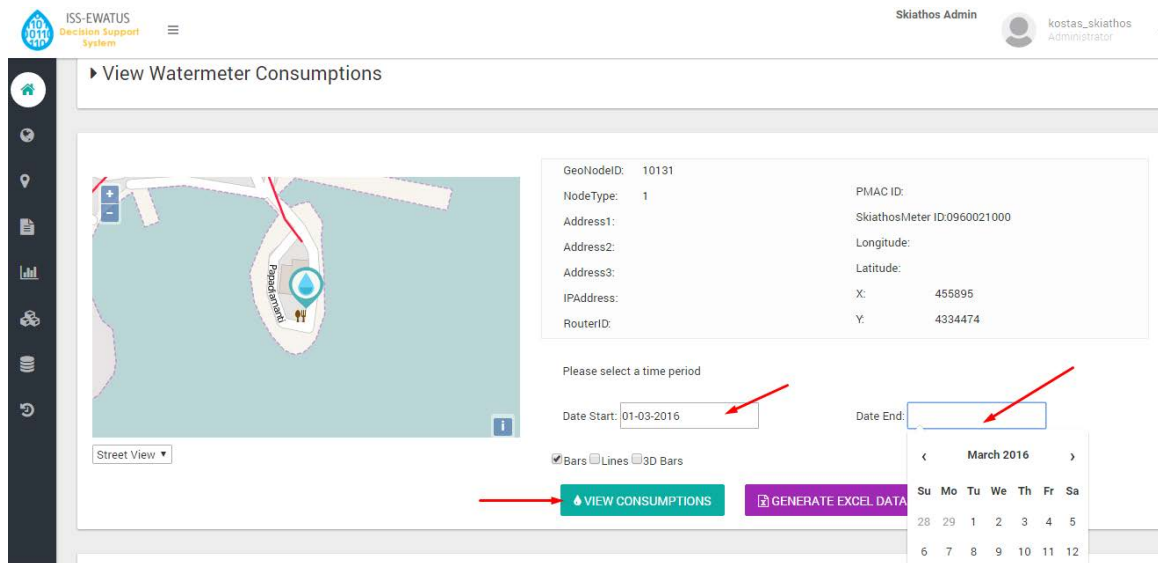
Po wyborze tej funkcji systemu, użytkownik przekierowany zostaje na stronę umożliwiającą wybór poszczególnych wodomierzy. Główną część okna aplikacji zajmuje mapa, która prezentuje lokalizację punktów pomiaru zużycia wody (wektorowa warstwa GIS) oraz podkład w postaci mapy OpenStreetMap lub zdjęć satelitarnych (źródło: Microsoft® Bing™ Maps). Użytkownik może swobodnie przesuwać oraz

przybliżać lub oddalać wyświetlany na mapie obszar korzystając z kursora i rolki myszy lub z innego urządzenia wskazującego. Po zaznaczeniu na mapie wybranego wodomierza, pojawia się okno z podstawowymi informacjami o punkcie monitoringu. Ze względu na wymagania systemowe, jakie ustalono z użytkownikami testującymi, dane osobowe nie są prezentowane w systemie. Najważniejsze z prezentowanych informacji, to kody pozwalające przedsiębiorstwu (użytkownikowi) na identyfikację poszczególnych wodomierzy oraz powiązanie ich z danymi, gromadzonymi w bazie. System może być dostosowany do prezentowania innej lub większej liczby informacji (na przykład dane osobowe, informacje o aktywności/nieaktywności wodomierza, informacje o rachunkach, historia zużycia wody itp.) jeżeli będzie to wymagane przez przedsiębiorstwo korzystające z aplikacji. Okno wyboru wodomierzy przedstawione jest poniżej (Rysunek 2.2).

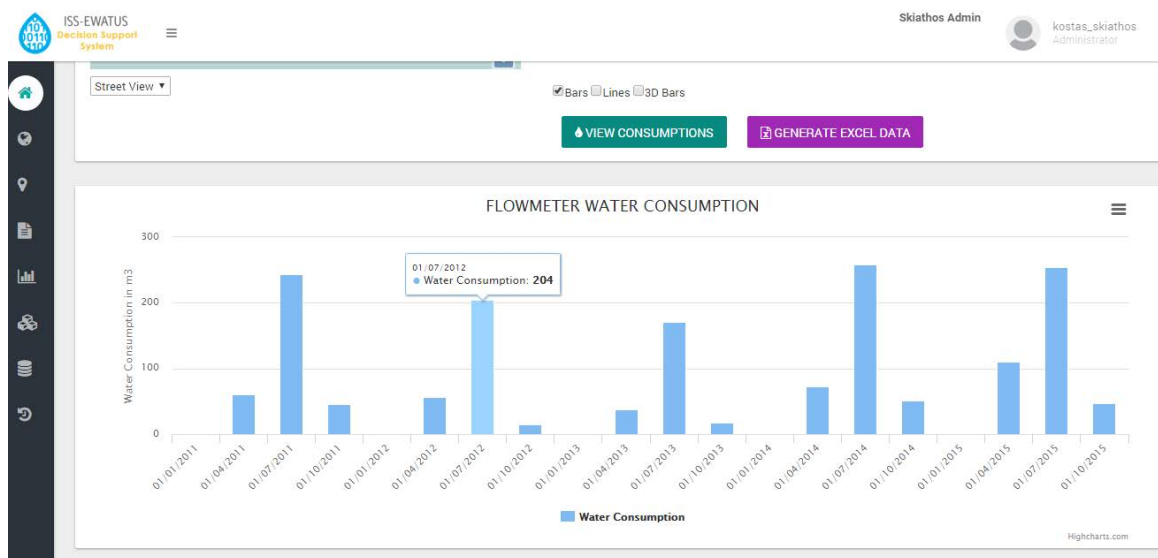


Rysunek 2.2: Wybór wodomierza poprzez przeglądarkę typu GIS (geograficzny system informacji) w celu dalszej analizy lub raportowania danych o zużyciu wody

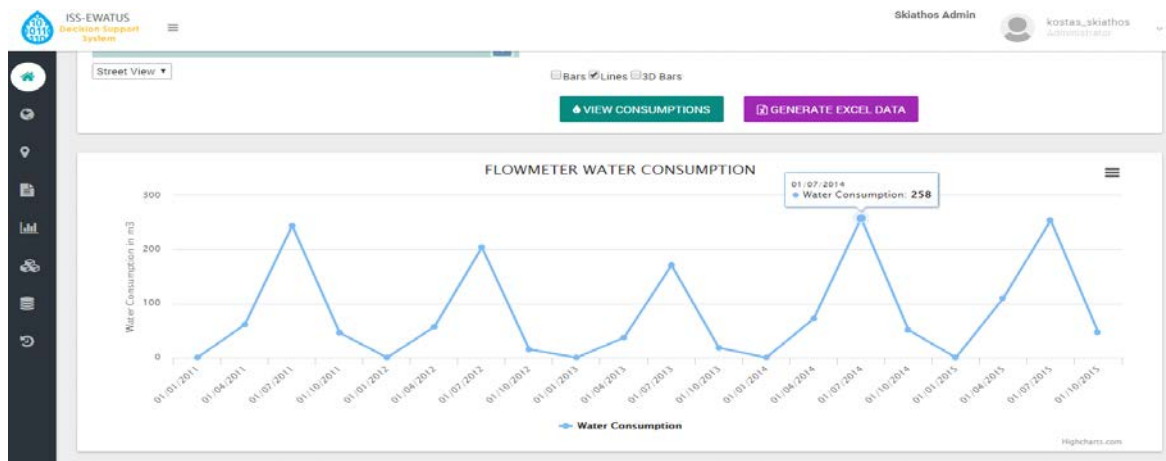
Po dokonaniu wyboru punktu monitoringu (wodomierza), pojawia się strona prezentująca na mapie wybrany wodomierz oraz dane zgromadzone dla niego w czasowo-przestrzennej bazie (m.in. współrzędne punktu monitoringowego). Okno to zawiera również formularze, pozwalające na wybranie danych o zużyciu wody dla określonego przedziału czasu. Pozostawienie pustych komórek formularza, spowoduje pobranie z bazy wszystkich danych, zgromadzonych dla punktu monitoringu. Wprowadzenie do formularza jedynie początkowej daty spowoduje pobranie wszystkich danych zgromadzonych od tej właśnie daty. Wszystkie pobierane dane są domyślnie prezentowane w postaci liniowego wykresu. Użytkownik ma jednak możliwość zmiany formy wykresu (wykresy liniowe i kolumnowe 2D i 3D) i ta możliwość odnosi się do wszystkich danych monitoringowych prezentowanych w systemie. Prezentacja danych następuje po wybraniu opcji „VIEW CONSUMPTIONS”. Wykres generowany jest po stronie klienta i pojawia się w dolnej części ekranu. Pierwsza część okna prezentującego dane dla wybranych wodomierzy (lokalizacja i podstawowe informacje o punkcie monitoringu) przedstawiona jest na rysunku 2.3. Na rysunkach 2.4 (a), (b) i (c) przedstawiono natomiast różne formy prezentowania danych monitoringowych (w tym przypadku odczytów wodomierzy).



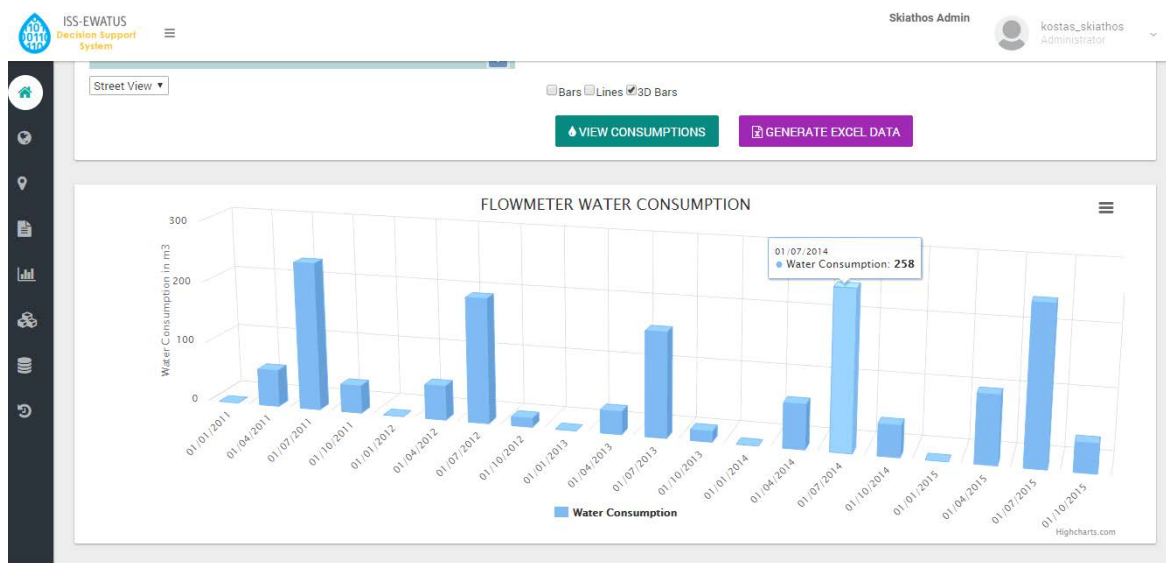
Rysunek 2.3: Okno prezentujące wybrany punkt monitoringu zużycia wody i pozwalające na pobranie oraz wizualizację danych monitoringowych



Rysunek 2.4 (a): Prezentacja danych monitoringowych (odczyty wodomierzy) za pomocą wykresu kolumnowego



Rysunek 2.4 (b): Prezentacja danych monitoringowych (odczyty wodomierzy) za pomocą wykresu liniowego

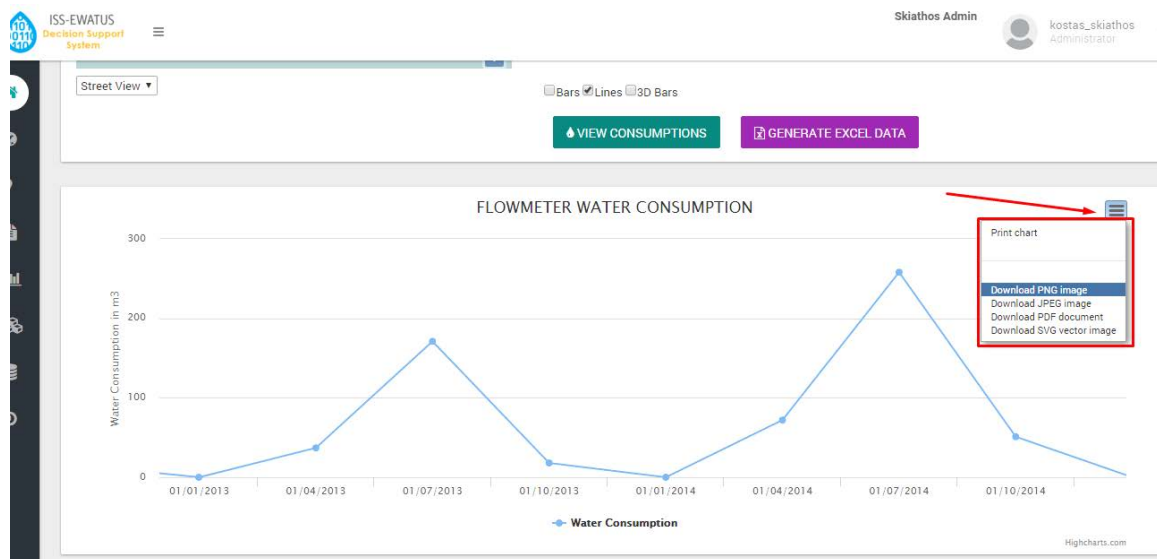


Rysunek 2.4 (c): Prezentacja danych monitoringowych (odczyty wodomierzy) za pomocą trójwymiarowego wykresu kolumnowego

Jednostką wyświetlania informacji o zużyciu wody jest metr sześcienny [m³]. Zatrzymanie kursora nad punktem lub kolumną wykresu spowoduje wyświetlenie informacji o dacie rozpoczynającej okres rozliczeniowy oraz o ilości wody zużytej w danym okresie (Rysunki 2.4 (a) – (c)).

Przytrzymanie klawisza myszy i przeciągnięcie kursora nad obszarem wykresu spowoduje skrócenie lub wydłużenie okresu, dla którego prezentowane są dane. Funkcja ta jest szczególnie przydatna w przypadku prezentowania danych monitoringowych, pochodzących z urządzeń o dużej częstotliwości pomiarów, na przykład pomiarów ciśnienia lub przepływu wody, dokonywanych automatycznie do 10 lub 15 minut.

W górnej, prawej części obszaru wykresu znajduje się przycisk pozwalający na wydrukowanie wykresu lub wyeksportowanie go i zapisanie w różnych formatach (PNG, SVG, PDF, JPG) na komputerze użytkownika (rysunek 2.5).



Rysunek 2.5: *Możliwość zapisania i wydrukowania wykresu prezentującego dane monitoringowe*

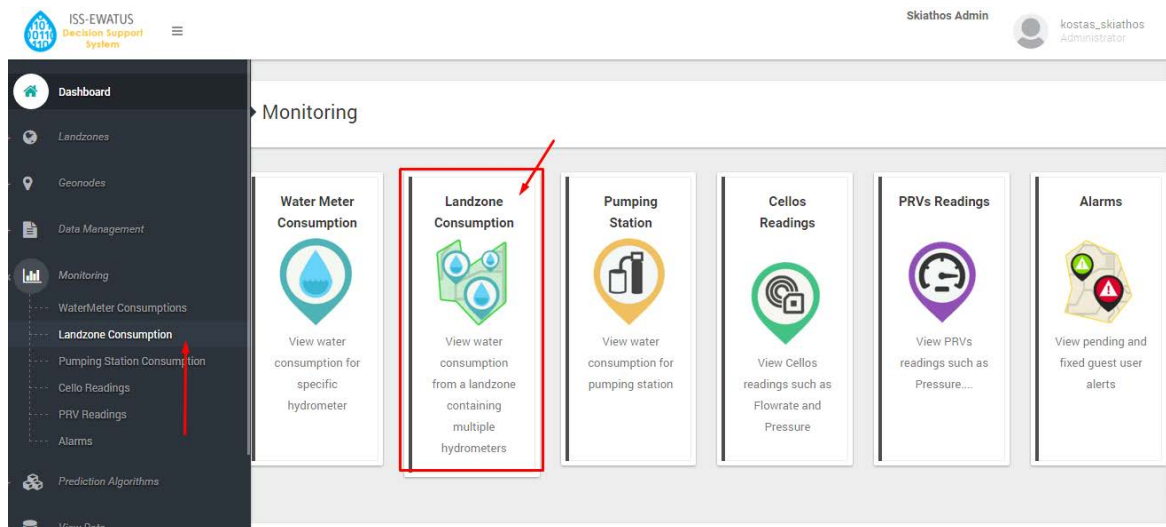
Dodatkową, bardzo użyteczną funkcją aplikacji jest możliwość zapisania danych, prezentowanych na wykresie, w postaci pliku programu MS Excel. Eksport danych do pliku następuje poprzez wybranie przez użytkownika funkcji „GENERATE EXCEL DATA” (Rysunek 2.6). Arkusz zawierający dane pojawi się wówczas ponad obszarem wykresu, a dodatkowo plik może być zapisany w komputerze użytkownika, we wskazanym przez niego miejscu.

Date	Consumption
1/1/2011	0
1/4/2011	61
1/7/2011	244
1/10/2011	46
1/1/2012	0
1/4/2012	57
1/7/2012	204
1/10/2012	15
1/1/2013	0
1/4/2013	37
1/7/2013	171
1/10/2013	18
1/1/2014	0
1/4/2014	72
1/7/2014	258
1/10/2014	51
1/1/2015	0
1/4/2015	110
1/7/2015	254
1/10/2015	47

Rysunek 2.6: Dane monitoringowe eksportowane za pomocą aplikacji do arkusza kalkulacyjnego programu EXCEL

2.2. Zużycie wody (pobór) w strefach obejmujących większą liczbę wodomierzy

Administratorzy systemu oraz eksperci będący pracownikami przedsiębiorstwa i zarazem użytkownikami systemu mogą monitorować za pomocą aplikacji zużycie wody przez odbiorców znajdujących się w określonych przez użytkownika obszarach (nazywanych dalej strefami). Aplikacja pozwala na graficzne podzielenie obszaru analiz (obszaru objętego siecią wodociągową) na strefy, dla których, na podstawie lokalizacji przestrzennej, użytkownik może agregować dane dotyczące zużycia wody. W celu uruchomienia tej funkcji użytkownik powinien wybrać odpowiednią pozycję z bocznego okna nawigacji lub z głównego okna aplikacji, tak jak przedstawiono na rysunku 2.7.



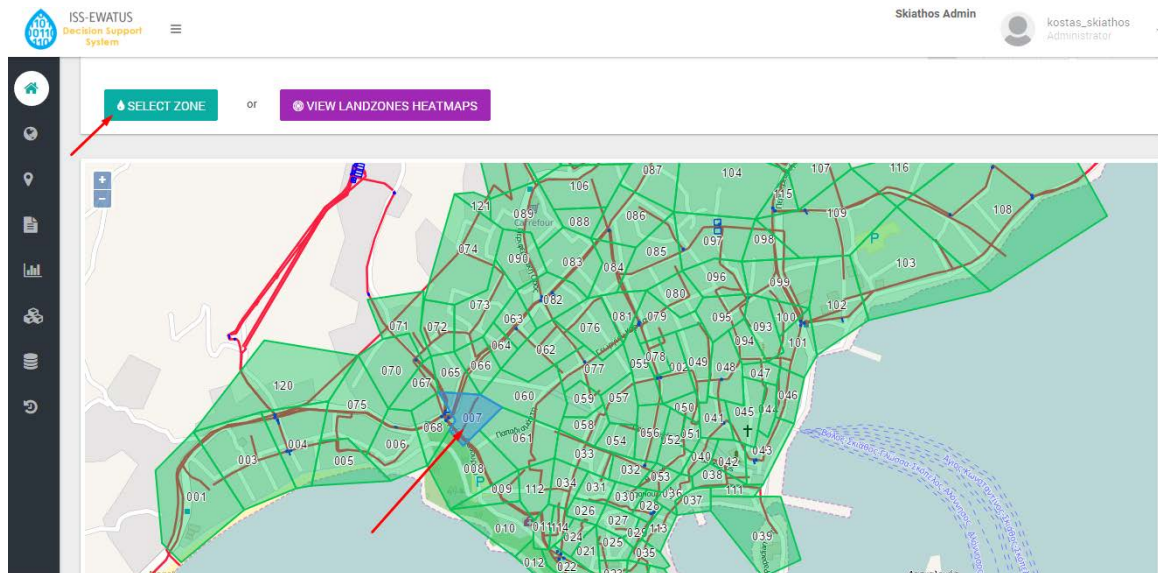
Rysunek 2.7: Uruchomienie funkcji monitoringu zużycia wody w strefach

Po uruchomieniu tej funkcji ekran aplikacji podzielony zostaje na dwie części. Pierwsza część prezentuje tabelę ze wszystkimi strefami utworzonymi wcześniej przez użytkownika i zapisanymi w bazie danych. Druga część zawiera mapę prezentującą wszystkie strefy. Użytkownik może wybrać strefę korzystając z tabeli lub mapy. Na rysunkach poniżej (Rysunek 2.8 i 2.9) przedstawiono obie części aplikacji prezentujące strefy, dla których agregowane są dane monitoringowe.

Zone_Id	Zone_Name	Zone_Code	Zone_Desc	Zone_Date
3	001	001	Skiathos Area 001	19/11/2015 12:10:36
4	003	003	Skiathos Area 003	19/11/2015 13:12:17
5	004	004	Skiathos Area 004	19/11/2015 13:13:31
6	005	005	Skiathos Area 005	19/11/2015 13:14:11
7	006	006	Skiathos Area 006	19/11/2015 13:14:55
8	007	007	Skiathos Area 007	19/11/2015 13:15:45
10	010	010	Skiathos Area 010	19/11/2015 13:18:11
11	011	011	Skiathos Area 011	19/11/2015 13:20:01
12	012	012	Skiathos Area 012	19/11/2015 13:21:27
13	013	013	Skiathos Area 013	19/11/2015 13:22:08

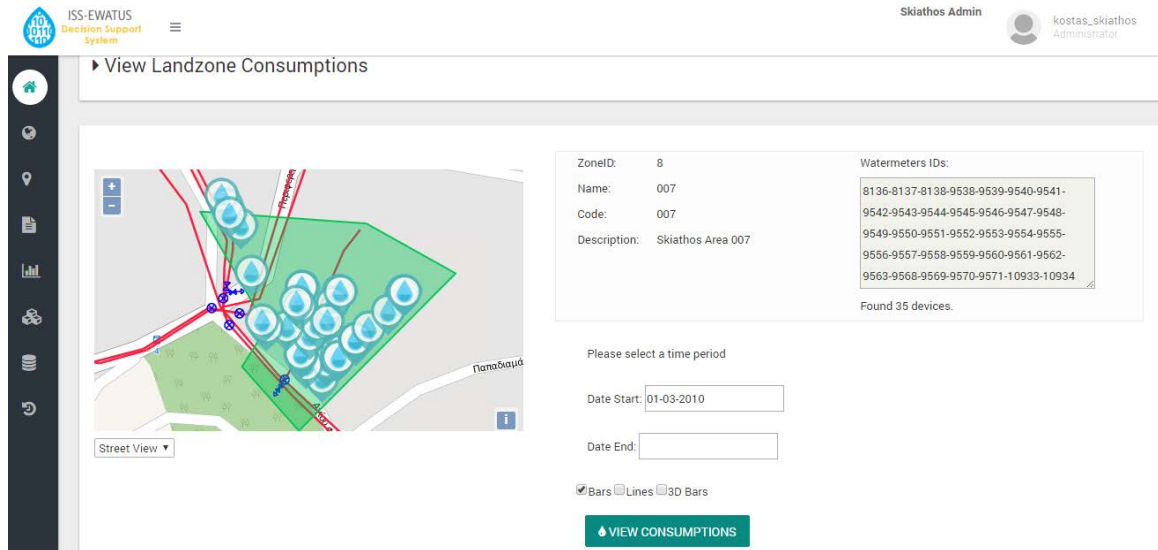
Rysunek 2.8: Tabela prezentująca strefy, dla których agregowane są dane monitoringowe.

Wybranie strefy w tabeli powoduje jej podświetlenie na mapie. Następnie, aby wyświetlić dane dla wybranej strefy należy uruchomić opcję „SELECT ZONE” (Rysunek 2.9).

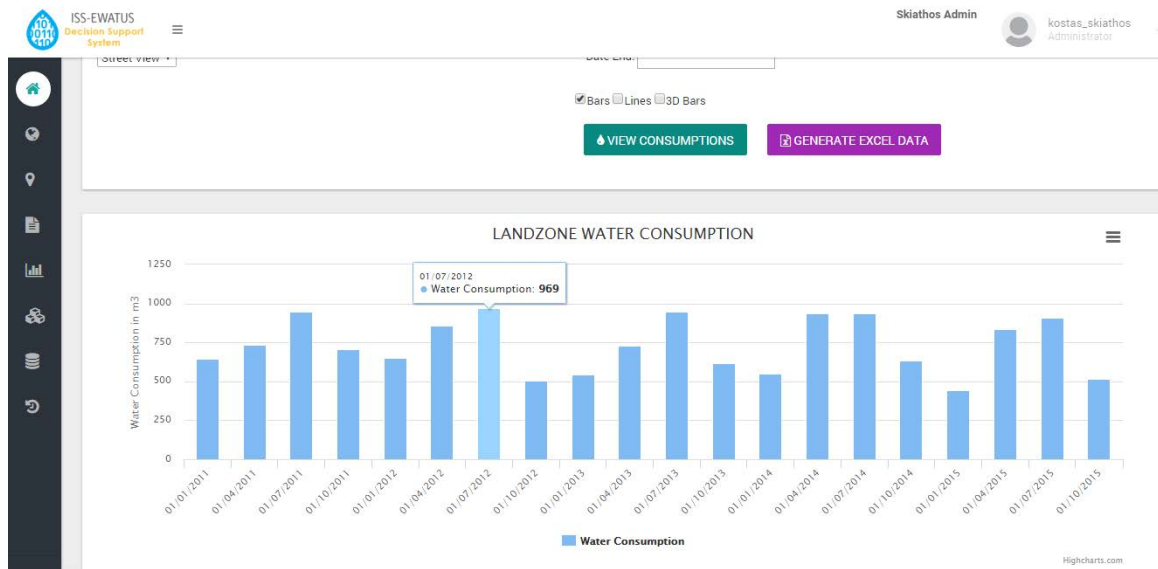


Rysunek 2.9: Mapa prezentująca strefy, dla których agregowane są dane monitoringowe; uruchomienie modułu przeglądania danych dla wybranej strefy

W nowym oknie wyświetlana jest mapa wybranej strefy wraz z lokalizacją wodomierzy należących do tej strefy. Lokalizacja wodomierzy jest wyświetlana na podkładzie mapowym wraz z przebiegiem sieci wodociągowej, o ile plik z lokalizacją sieci (plik SHP) został wprowadzony do systemu). Wyświetlane są również zgromadzone w bazie informacje na temat strefy łącznie z jej unikalnymi identyfikatorami. Podobnie jak w przypadku wizualizacji danych dla jednego wodomierza, tutaj użytkownik również ma możliwość wybrania daty początkowej i końcowej okresu, dla którego dane mają być wyświetlone lub pobrane (Rysunek 2.10). Przygotowanie wykresu prezentującego dane następuje po uruchomieniu funkcji „VIEW CONSUMPTIONS” (Rysunek 2.11).



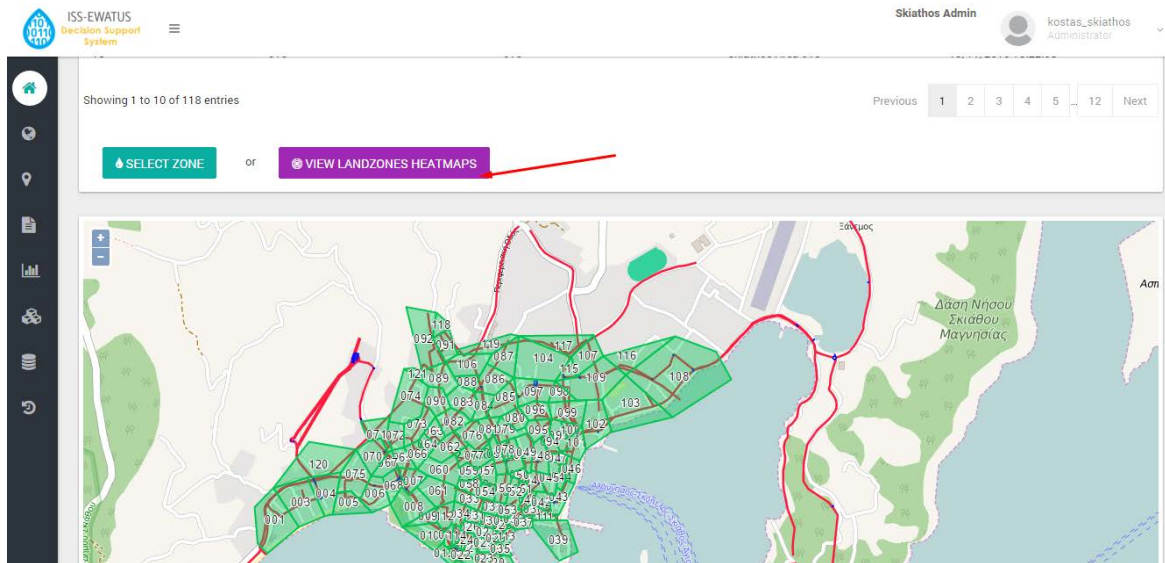
Rysunek 2.10: Prezentacja wybranej strefy monitoringu zużycia wody oraz formularz pozwalający na wybranie okresu, dla którego dane monitoringowe mają zostać pobrane z bazy



Rysunek 2.11: Wykres prezentujący zużycie wody zagregowane dla obszaru strefy

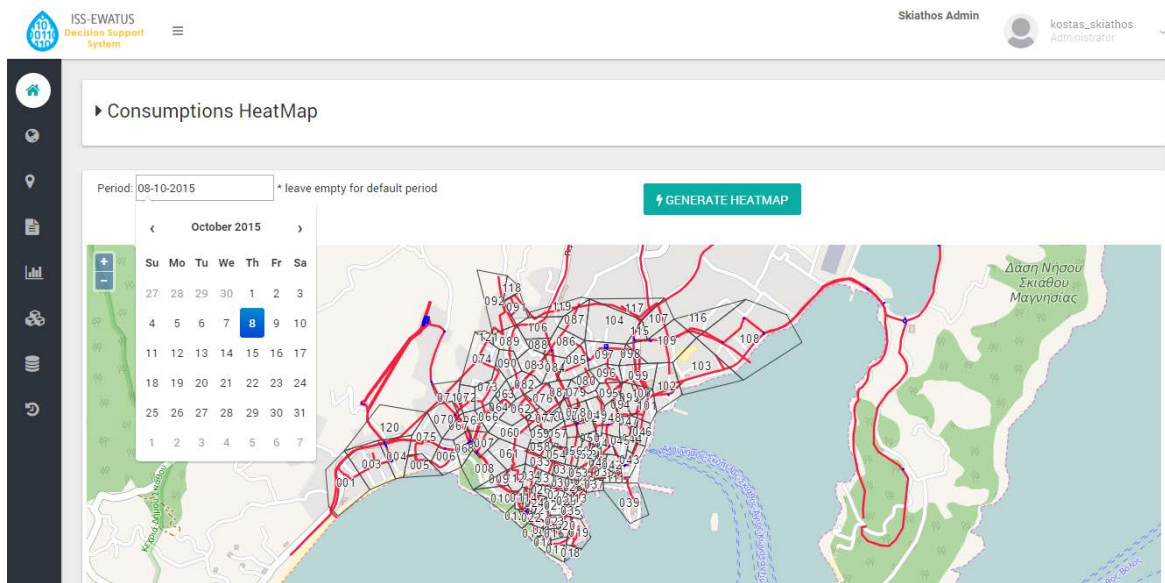
Podobnie jak w przypadku przeglądania danych dla pojedynczego wodomierza, w przypadku stref użytkownik ma także możliwość generowania różnych form wykresów. Zakres czasowy wykresów może być zmieniany poprzez zaznaczenie go kursorem na wykresie. Podobnie jak w przypadku pojedynczego wodomierza, dla stref można również eksportować i drukować wykresy, a także eksportować same dane do postaci arkusza kalkulacyjnego programu MS Excel.

Dodatkową funkcją w przypadku przeglądania danych dla stref jest możliwość generowania mapy porównującej zużycie wody w poszczególnych strefach. Aby uruchomić tą funkcję należy w aplikacji wybrać „VIEW LANDZONES HEATMAPS” (Rysunek 2.12).

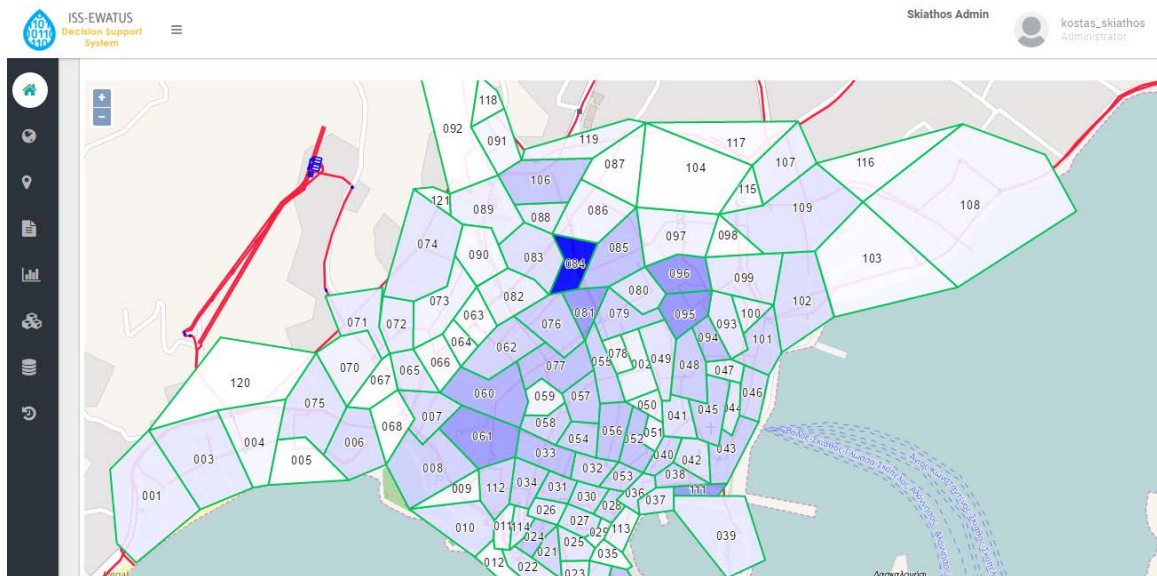


Rysunek 2.12: Uruchomienie funkcji porównywania zużycia wody w poszczególnych strefach za pomocą mapy

Po uruchomieniu wspomnianej wyżej funkcji na ekranie pojawia się mapa prezentująca kontury wszystkich stref. Wypełnienie obszarów stref jest przezroczyste. Następnie użytkownik powinien wybrać datę, dla której z bazy danych pobrane zostaną informacje o najbliższym odczycie wody (Rysunek 2.13). Wybranie opcji „GENERATE HEATMAP” spowoduje odczytanie zużycia wody dla wszystkich wodomierzy i zagregowanie tych wartości do obszarów stref. Zagregowane wartości zostaną przedstawione w postaci skali kolorów (im jaśniejszy kolor, tym mniejsze zużycie wody). Na rysunku poniżej przedstawiono mapę prezentującą wynik dla miasta Skiathos (Rysunek 2.14).



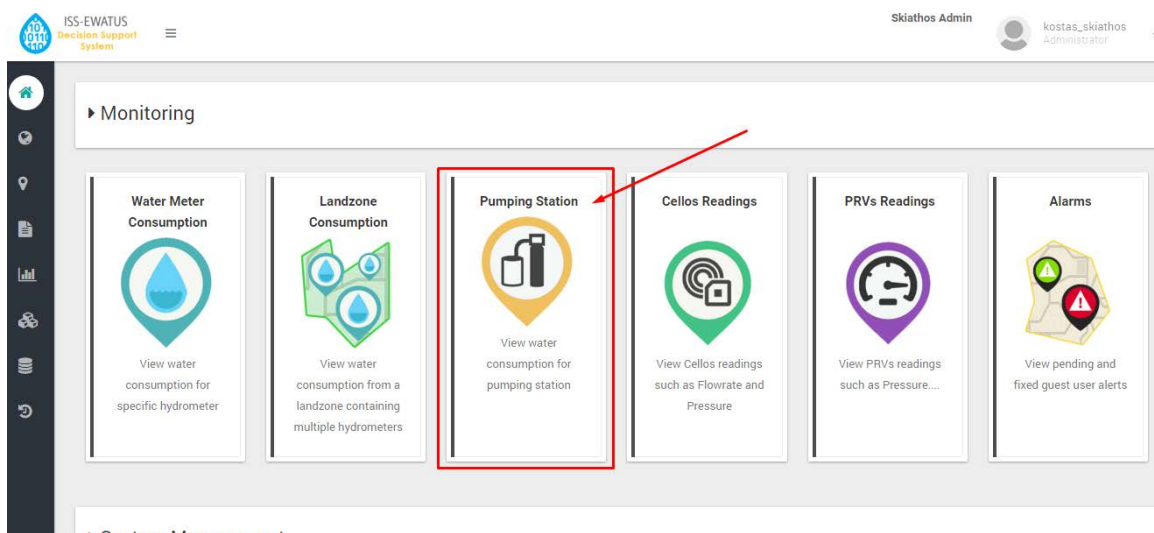
Rysunek 2.13: Wybór okresu, dla którego wygenerowana ma zostać mapa porównująca zużycie wody w strefach



Rysunek 2.14: Mapa porównująca zużycie wody w strefach – przykład miasta Skiathos

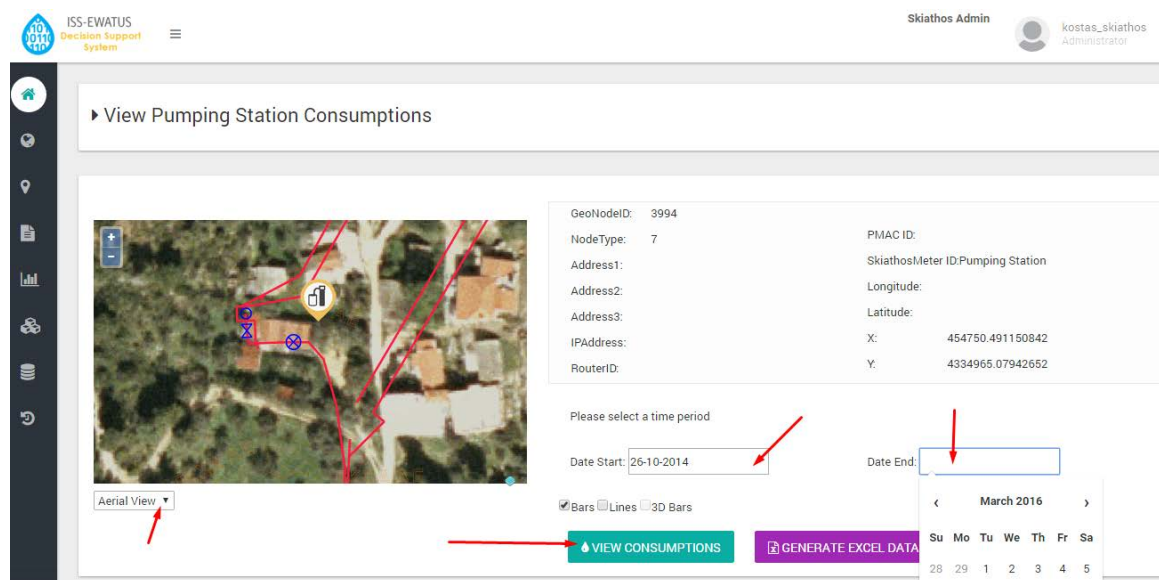
2.3. Monitoring źródeł wody

Zazwyczaj źródła wody dopływającej do systemu dystrybucji są monitorowane i powiązane z systemem SCADA. W miastach testujących aplikację źródłami wody były: ujęcie wód podziemnych (Skiathos) oraz studnie zakupowe (Sosnowiec). W obu przypadkach źródła objęte były monitoringiem natężenia przepływu wody, a w ramach projektu ISS-EWATUS monitoring został uzupełniony o pomiar przepływu i ciśnienia, który prowadzony był z dużą częstotliwością (10-15 minut) w regulatorze ciśnienia umieszczonym w niedużej odległości od źródła wody. Rysunek 2.15 przedstawia sposób uruchomienia modułu prezentującego w aplikacji dane z monitoringu źródeł wody.

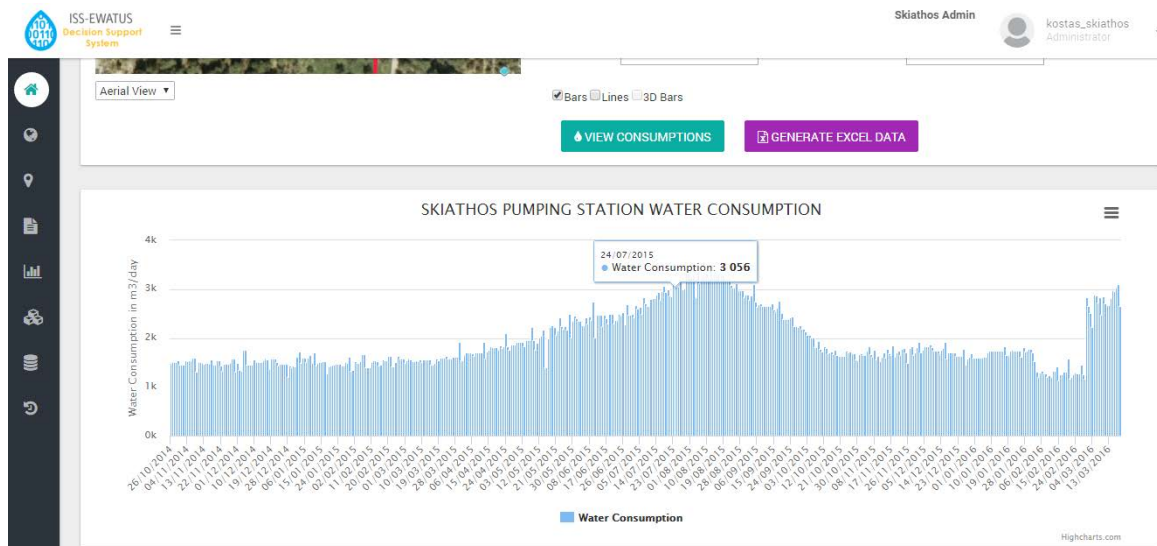


Rysunek 2.15: Sposób uruchomienia modułu prezentującego w aplikacji dane z monitoringu źródeł wody

Po uruchomieniu modułu, system wyszukuje wszystkich urządzeń, których kategoria w bazie danych wskazuje na monitoring źródeł wody. W przypadku, gdy w sieci wodociągowej istnieje jedno źródło wody, wówczas wyświetlana jest bezpośrednio strona dedykowana temu źródłu. Gdy w sieci istnieje więcej źródeł wody, użytkownik poproszony zostanie o wybranie z mapy jednego, i dopiero wtedy pojawi się strona, prezentująca szczegółowe dane dla tego źródła. Na docelowej stronie wyświetlana jest mapa z lokalizacją wybranego źródła wody oraz mapa sieci wodociągowej jeżeli w postaci pliku SHP (shape) wprowadzona została do systemu. Ponadto wyświetlane są szczegóły dotyczące identyfikatorów źródła wody i jego lokalizacji. Pozostałe części okna aplikacji są takie same jak w przypadku monitoringu zużycia wody przez odbiorców. Oznacza to, że użytkownik może wprowadzić daty ograniczające okres analiz. Dane są prezentowane w postaci wykresów, których forma może być zmieniona przez użytkownika. Wykresy mogą być drukowane lub zapisane w różnych formatach na komputerze użytkownika i ostatecznie dane monitoringowe mogą zostać wyeksportowane do postaci pliku programu MS Excel. Rysunki 2.16 - 2.18 prezentują okno aplikacji dla wybranego źródła wody wraz z wizualizacją danych monitoringowych.



Rysunek 2.16: Przykład wizualizacji źródła wody w systemie wspomaganie decyzji oraz formularz wyboru dat, dla których dane monitoringowe mają zostać pobrane z bazy



Rysunek 2.17: Przykład prezentacji danych o dopływie wody z wybranego źródła do systemu dystrybucji

Pumping Station Consumption <-> SKIATHOS	
Date	Consumption
26/10/2014	1487
27/10/2014	1499
28/10/2014	1499
29/10/2014	1506
30/10/2014	1545
31/10/2014	1460
1/11/2014	1460
2/11/2014	1460
3/11/2014	1550
4/11/2014	1527
5/11/2014	1541
6/11/2014	1541
7/11/2014	1590
8/11/2014	1589
9/11/2014	1316
10/11/2014	1509
11/11/2014	1514
12/11/2014	1486
13/11/2014	1468
14/11/2014	1482

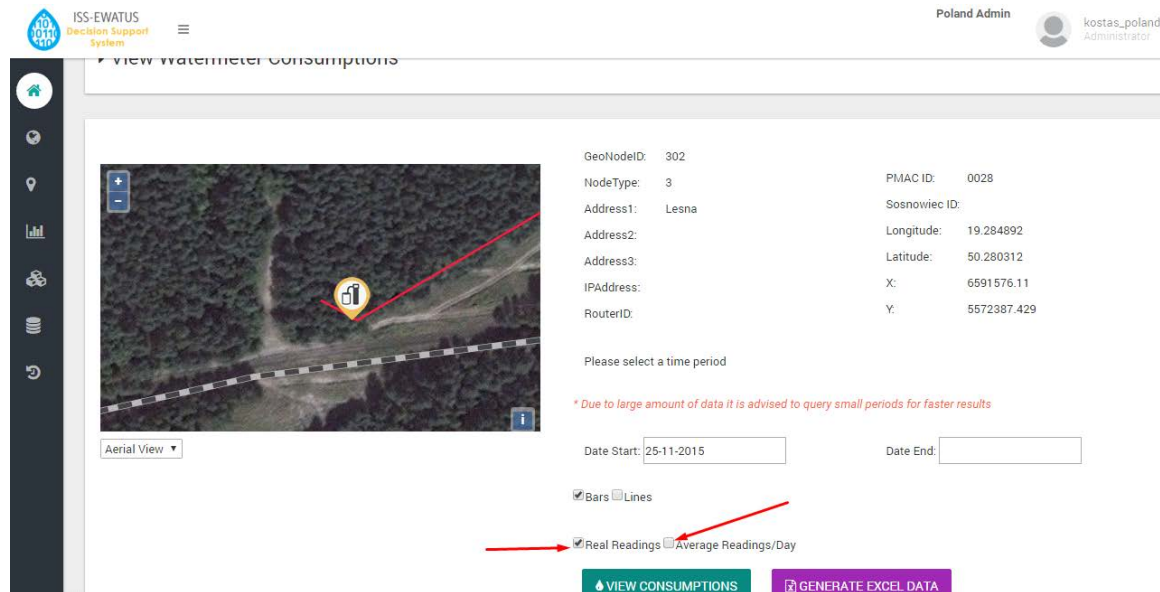
Rysunek 2.18: Dane dotyczące dopływu wody z wybranego źródła do systemu dystrybucji, eksportowane z aplikacji do arkusza kalkulacyjnego

W tym miejscu należy wspomnieć, że w opisywanym module aplikacji użytkownik może zostać poproszony o dodatkowe informacje. Ich zakres uzależniony jest od rodzaju urządzeń pomiarowych, a konkretnie od częstotliwości pomiarów oraz od zakresu mierzonych parametrów. Na przykład w mieście

Skiathos testującym system wspomagania decyzji, źródło wody (pompownia w ujęciu wód podziemnych) dostarcza jedynie dobowych danych o dopływie wody do sieci. W mieście Sosnowiec natomiast częstotliwość danych jest większa i dodatkowo użytkownik ma możliwość monitorowania ciśnienia wody na dopływie do sieci.

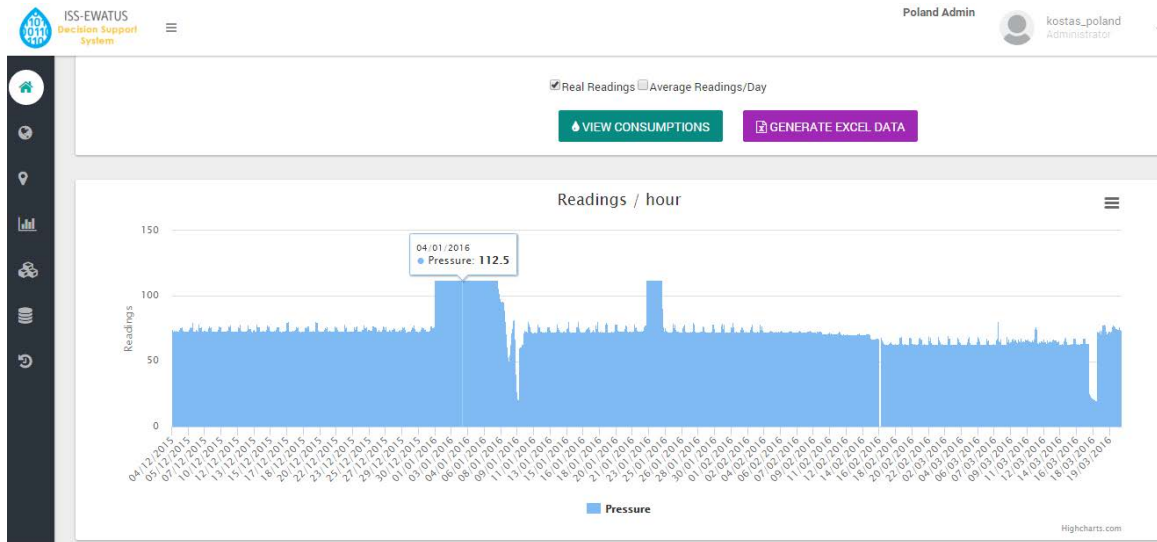
Ze względu na możliwą, dużą częstotliwość pomiarów, aplikacja pozwala na wizualizację bezpośrednich wyników pomiaru lub wartości dobowych. W przypadku częstych pomiarów zalecane jest pobieranie z bazy danych dla krótszych okresów. Pozwala to na zachowanie płynności pracy aplikacji. Pozostałe funkcje dotyczące wizualizacji i eksportu danych są dokładnie takie same jak w przypadku monitoringu zużycia wody przez odbiorców.

Rysunek 2.19 przedstawia okno umożliwiające prezentację danych z monitoringu studni zakupowej w mieście Sosnowiec. W tym przypadku użytkownik ma możliwość pobrania wartości mierzonych lub dobowych.



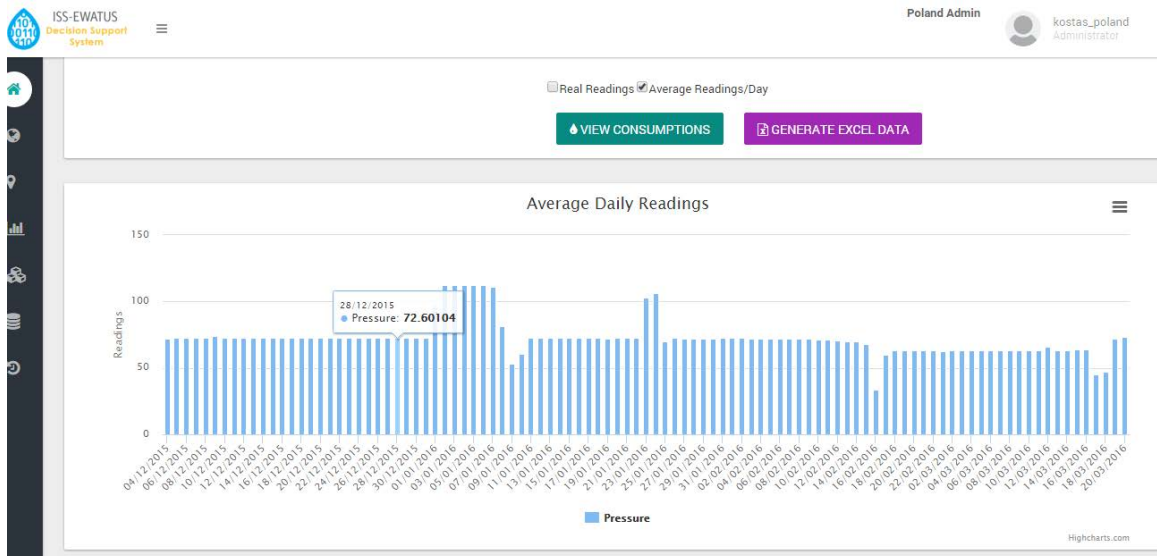
Rysunek 2.19: Okno umożliwiające prezentację danych z monitoringu studni zakupowej w mieście Sosnowiec (możliwość pobrania wartości mierzonych lub dobowych)

W przypadku pobrania bezpośrednich wyników pomiarów, generowany jest wykres o dużej gęstości danych – pomiary co 5 minut (Rysunek 2.20).



Rysunek 2.20: Wykres prezentujący pomiar dopływu wody do sieci wodociągowej (wartości pomiarowe co 5 minut)

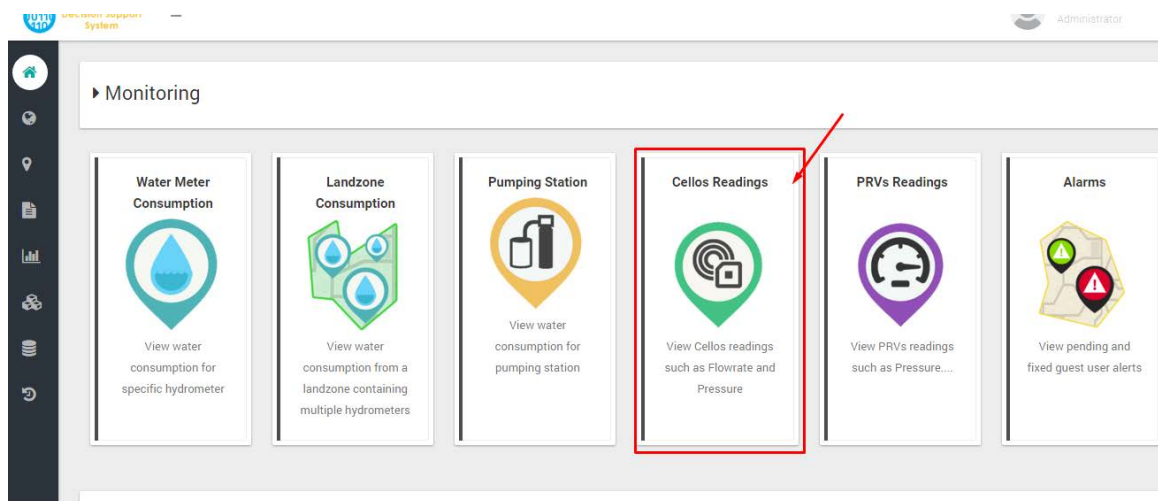
W drugim przypadku, gdy użytkownik wybierze dane dobowe, z bazy pobierane są wszystkie dane ale prezentacja obejmuje ich wartości uśrednione dla poszczególnych dni (Rysunek 2.21).



Rysunek 2.21: Wykres prezentujący pomiar dopływu wody do sieci wodociągowej (wartości dobowe)

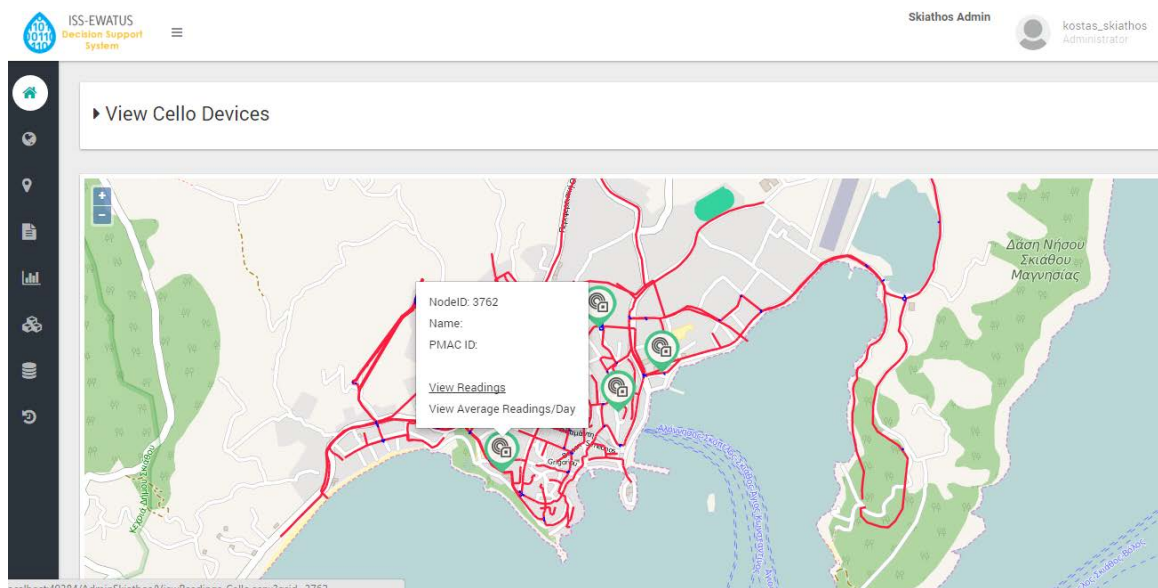
2.4. Monitoring ciśnienia

Często w systemach dystrybucji wody prowadzony jest monitoring ciśnienia. Powszechny jest pomiar ciśnienia w tzw. punktach krytycznych, czyli punktach, w których spodziewane jest stosunkowo niskie ciśnienie lub duże jego wahania, i które mają być używane do sterowania ciśnieniem w większych fragmentach sieci. Przedsiębiorstwa testujące system wspomaganie decyzji wyposażone były w urządzenia typu Cello, ale aplikacja może być powiązana ze wszelkimi innymi urządzeniami, które pozwalają na transmisję danych i powiązanie ich z bazą. Urządzenia często mogą wykonywać pomiar większej ilości parametrów (np. natężenie przepływu) i parametry te także mogą być uwzględnione w aplikacji. Uruchomienie modułu monitoringu ciśnienia odbywa się poprzez wybranie odpowiedniej funkcji w oknie aplikacji (Rysunek 2.22).



Rysunek 2.22: Uruchomienie modułu monitoringu ciśnienia w oknie aplikacji

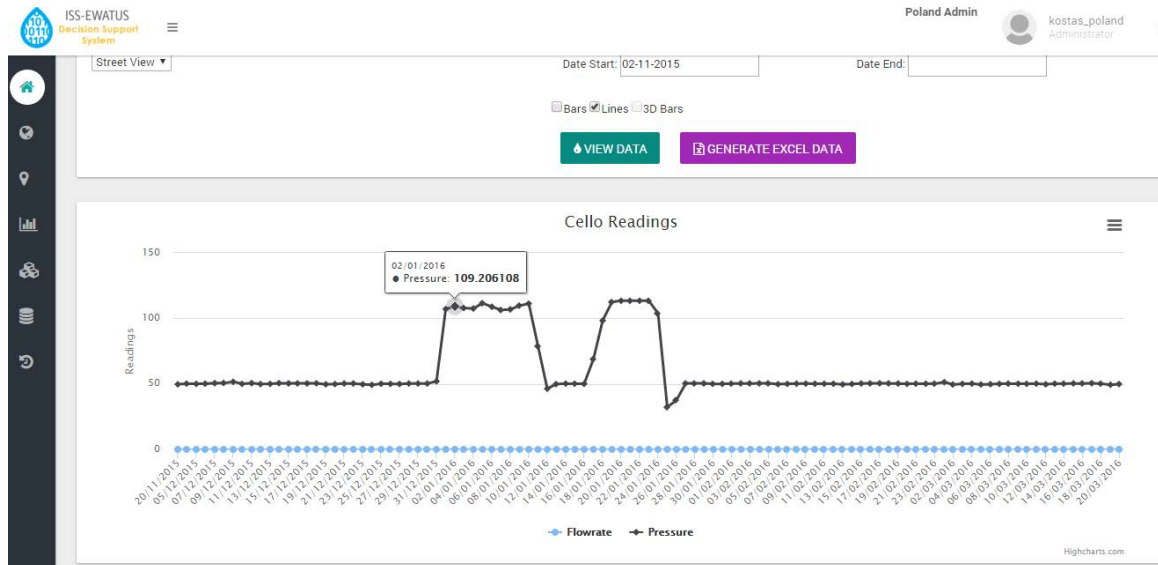
W celu uruchomienia procedury monitoringu użytkownik wybiera jedno z urządzeń pomiarowych. Wybór następuje poprzez zaznaczenie urządzenia na mapie. Wstępnie dla wybranego urządzenia wyświetlane są jego identyfikatory, a następnie użytkownik może zatwierdzić wybór w celu przejścia do strony prezentującej wyniki monitoringu bądź wartości średnie dla poszczególnych dni (Rysunek 2.23). W przypadku przedsiębiorstw testujących aplikację w ramach projektu ISS-EWATUS jednym z identyfikatorów był numer identyfikacyjny urządzenia w programie PMAC. Program ten służy do zbierania danych monitoringowych, a system wspomaganie decyzji opracowany w ramach projektu ISS-EWATUS może być powiązany z tego typu pośredniczącymi programami.



Rysunek 2.23: Okno wyboru urządzeń pomiarowych, których dane mają zostać wyświetlone

Po dokonaniu wyboru, pojawi się strona przedstawiająca szczegóły na temat punktu monitoringu wraz z jego lokalizacją na mapie. Użytkownik, podobnie jak w przypadku innych danych monitoringowych może określić początek i koniec okresu, dla którego dane mają być pobrane z bazy. Przy pomiarach, które wykonywane są co 10 minut lub częściej zaleca się aby jednorazowo pobierać dane dla okresów nie dłuższych niż 6 miesięcy. Podobnie jak w przypadku opisywanych wcześniej funkcji związanych z monitoringiem, podanie jedynie daty rozpoczynającej okres będzie skutkowało pobraniem z bazy wszystkich danych aż do ostatniego pomiaru. Rysunki 2.24 - 2.27 przedstawiają:

- Wybrane urządzenie pomiarowe i sposób określenia początkowej i końcowej daty dla okresu, z którego mają być pobrane dane
- Prezentację ciśnienia wody i innych parametrów w standardowej skali czasu
- Prezentację ciśnienia wody i innych parametrów z użyciem funkcji przybliżenia („zoom”)
- Eksport danych pomiarowych do arkusza kalkulacyjnego programu Excel



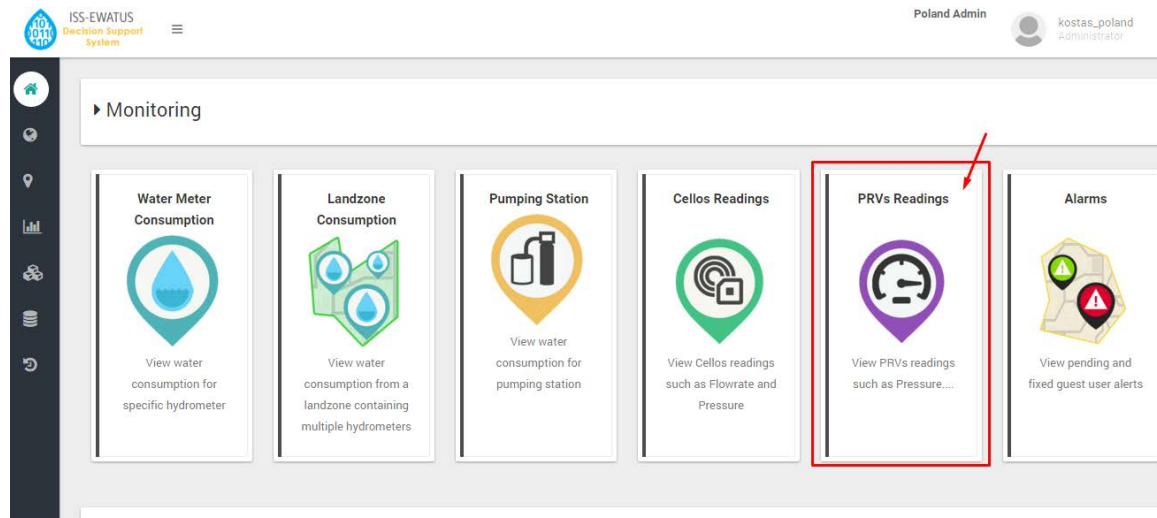
Rysunek 2.26: Prezentacja ciśnienia wody i innych parametrów z użyciem funkcji przybliżenia („zoom”)

Cello Readings <-> SKIATHOS																
1	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
2	Cello Readings <-> SKIATHOS															
3	GeoNodeID: 3624															
4	PMACID: 2002															
5	SkiathosID:															
6	DateTime	Pressure	Flowrate													
7	20/11/2015 15:00	49,5	0													
8	20/11/2015 15:10	50	0													
9	20/11/2015 15:20	49,5	0													
10	20/11/2015 15:30	50	0													
11	20/11/2015 15:40	50	0													
12	20/11/2015 15:50	49,5	0													
13	4/12/2015 13:00	50,5	0													
14	4/12/2015 13:10	50,5	0													
15	4/12/2015 13:20	50,5	0													
16	4/12/2015 13:30	50,5	0													
17	4/12/2015 13:40	51	0													
18	4/12/2015 13:50	50,5	0													
19	4/12/2015 14:00	50,5	0													
20	4/12/2015 14:10	50,5	0													
21	4/12/2015 14:20	50,5	0													
22	4/12/2015 14:30	50,5	0													
23	4/12/2015 14:40	50,5	0													
24	4/12/2015 14:50	50,5	0													
25	4/12/2015 15:00	50,5	0													

Rysunek 2.27: Eksport danych pomiarowych do arkusza kalkulacyjnego programu Excel

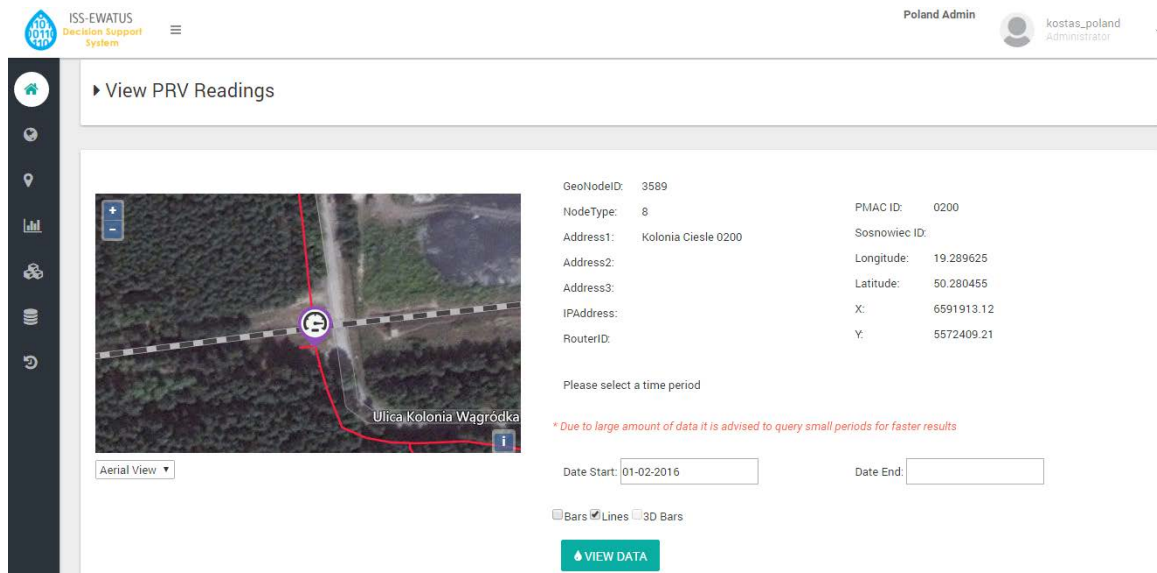
2.5. Monitoring pracy regulatorów ciśnienia

Aplikacja pozwala także na monitoring pracy urządzeń regulujących ciśnienie w sieci wodociągowej (Pressure Reduction Valve – PRV). Funkcja ta uruchamiana jest poprzez wybranie odpowiedniej pozycji z bocznego okna nawigacji lub z głównego okna aplikacji (Rysunek 2.28).



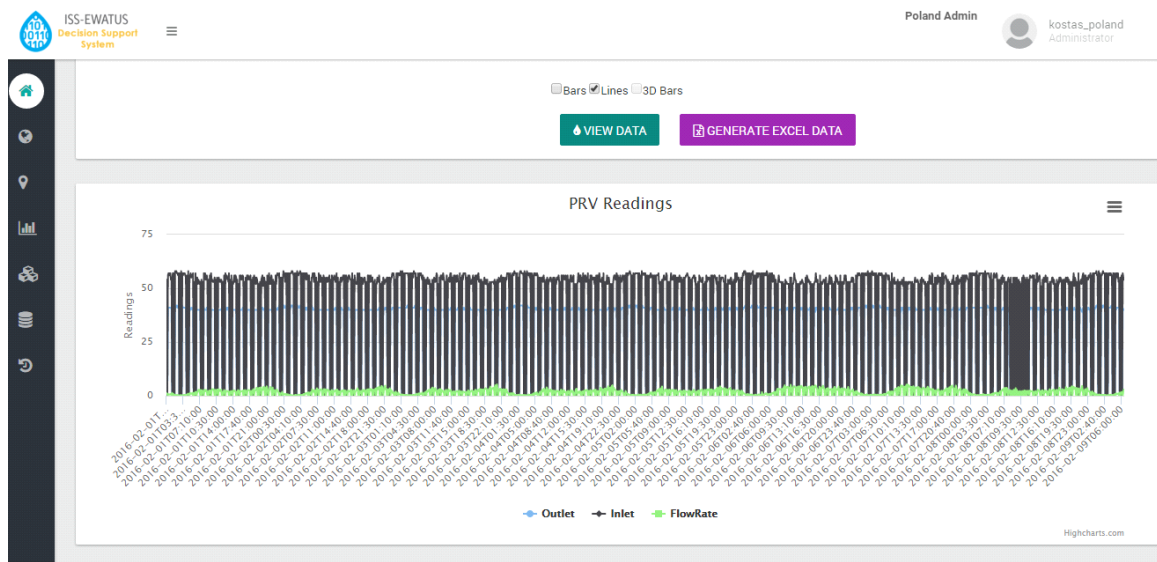
Rysunek 2.28: Uruchomienie funkcji monitoringu pracy regulatorów ciśnienia

Okno aplikacji, które prezentuje dane dla regulatorów ciśnienia ma podobny układ jak w przypadku modułów opisanych powyżej. Zawiera ono mapę z lokalizacją urządzenia pomiarowego wraz z przebiegiem sieci wodociągowej, a także informacje o urządzeniu (jego numery identyfikacyjne oraz współrzędne geograficzne i opcjonalnie geodezyjne) (Rysunek 2.29). Parametry monitorowane w regulatorach ciśnienia obejmują co najmniej następujące parametry: ciśnienie na dopływie do regulatora, ciśnienie na wypływie z regulatora i natężenie przepływu. Taki zakres mierzonych parametrów posiadały urządzenia zainstalowane w miastach testujących aplikację, przy czym częstotliwość pomiarów w mieście Skiathos wynosiła 15 minut, a w mieście Sosnowiec 10 minut. Niezależnie od częstotliwości pomiarów jednostką prezentowanych danych (w przypadku natężenia przepływu) jest m^3/h . Dobór jednostki podyktowany był kompatybilnością systemu wspomagania decyzji z innymi aplikacjami używanymi przez przedsiębiorstwa.



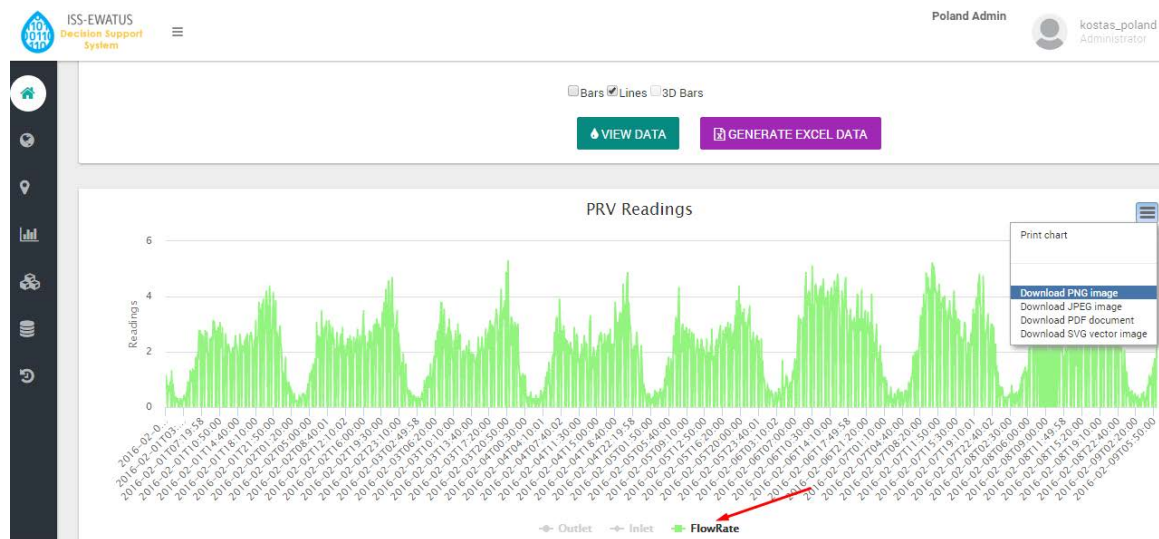
Rysunek 2.29: Okno aplikacji prezentujące wybrany regulator ciśnienia oraz pozwalające na wybór okresu, dla którego dane mają być pobrane z bazy

Znowu forma wyboru okresu, dla którego dane mają być pobrane z bazy, a także forma prezentowanych danych jest taka sama jak w przypadku opisanych wcześniej urządzeń monitoringowych. Użytkownik może pozostawić pola wyboru dat puste, a wtedy z bazy zostaną pobrane wszystkie pomiary wykonane przez urządzenie. Po wyborze dat użytkownik powinien wybrać opcję „VIEW DATA” w celu pobrania danych i wygenerowania wykresów. Wyświetlane są jednocześnie wszystkie parametry mierzone przez urządzenie. Ze względu na gęstość danych użytkownik ma możliwość zmiany zakresu czasowego na wykresie poprzez jego przybliżenie i przesuwanie. Przykład wizualizacji danych z regulatora ciśnienia przedstawiono poniżej (Rysunek 2.30).



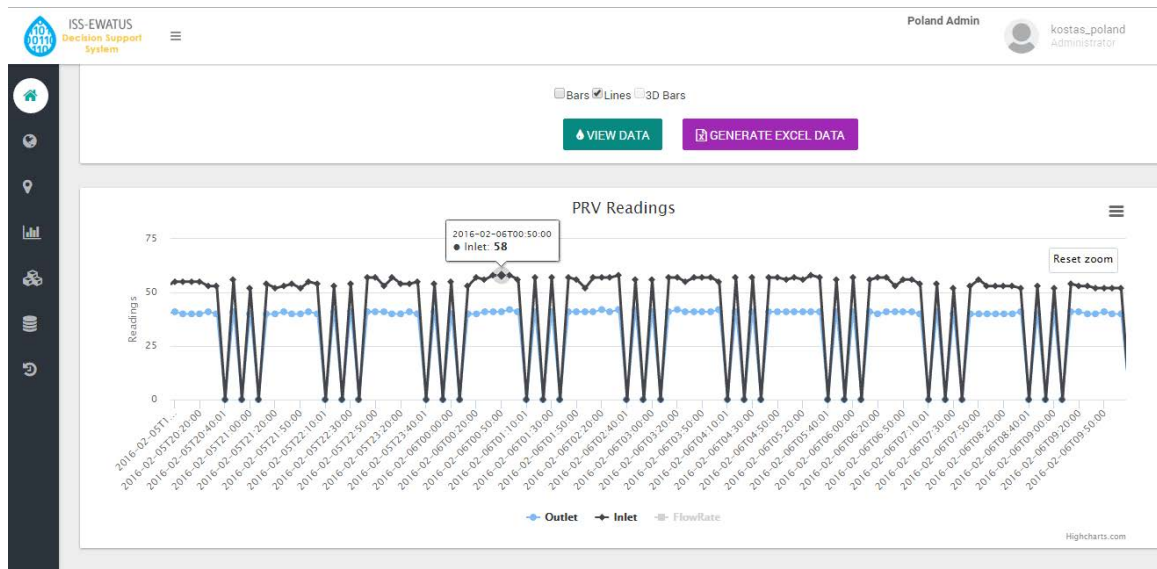
Rysunek 2.30: Przykład wizualizacji danych z regulatora ciśnienia

Po wygenerowaniu wykresu użytkownik ma możliwość wybrania parametrów, które mają być wyświetlane. Selekcja parametrów następuje poprzez zaznaczenie parametrów na legendzie znajdującej się poniżej wykresu (Rysunek 2.31). Aby wyświetlić jedynie natężenie przepływu należy odznaczyć na legendzie pozostałe parametry i w efekcie zostaną one ukryte w obszarze wykresu. Na rysunku poniżej (Rysunek 2.31) przedstawiono wykres prezentujący jedynie natężenie przepływu zmierzone w regulatorze ciśnienia w Sosnowcu. Wykres ten ukazuje powtarzającą się charakterystykę dobową zużycia wody w monitorowanej dzielnicy miasta. Podobnie jak w przypadku opisanych wcześniej funkcji systemu wykresy można eksportować w różnych formatach.



Rysunek 2.31: Wykres prezentujący natężenie przepływu zmierzone w regulatorze ciśnienia w Sosnowcu; opcja zapisu wykresu w różnych formatach; opcja wyboru parametrów do wyświetlania

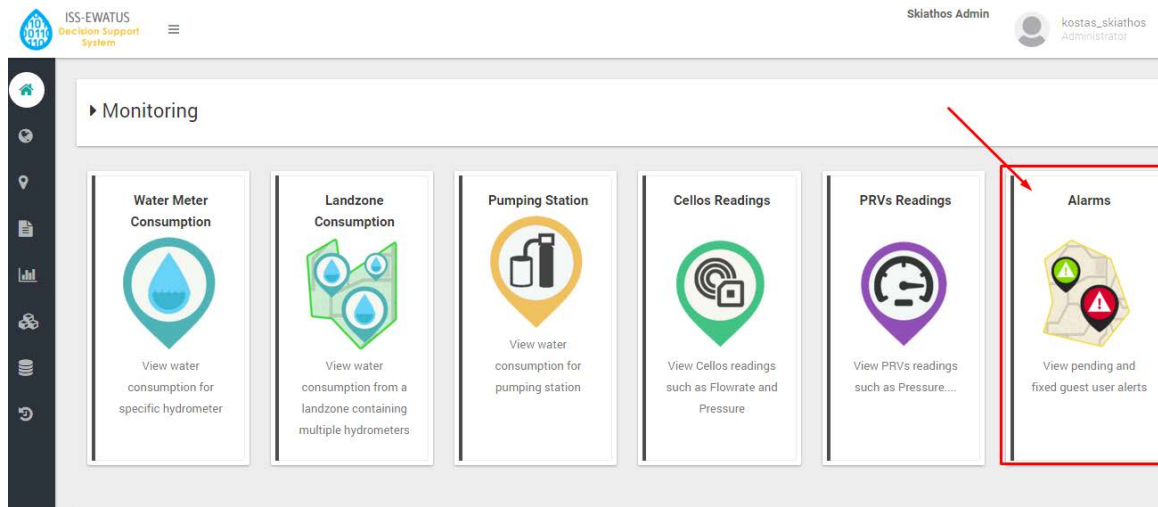
Podobnie, gdy użytkownik chce porównać jedynie ciśnienie wody na dopływie i odpływie z regulatora ciśnienia, musi on wybrać odpowiednie parametry na legendzie (Rysunek 2.32). Eksport danych do arkusza kalkulacyjnego odbywa się w taki sam sposób, jak w przypadku opisanych wcześniej urządzeń pomiarowych (funkcja „GENERATE EXCEL DATA”).



Rysunek 2.32: Wykres prezentujący ciśnienie wody zmierzone w regulatorze ciśnienia

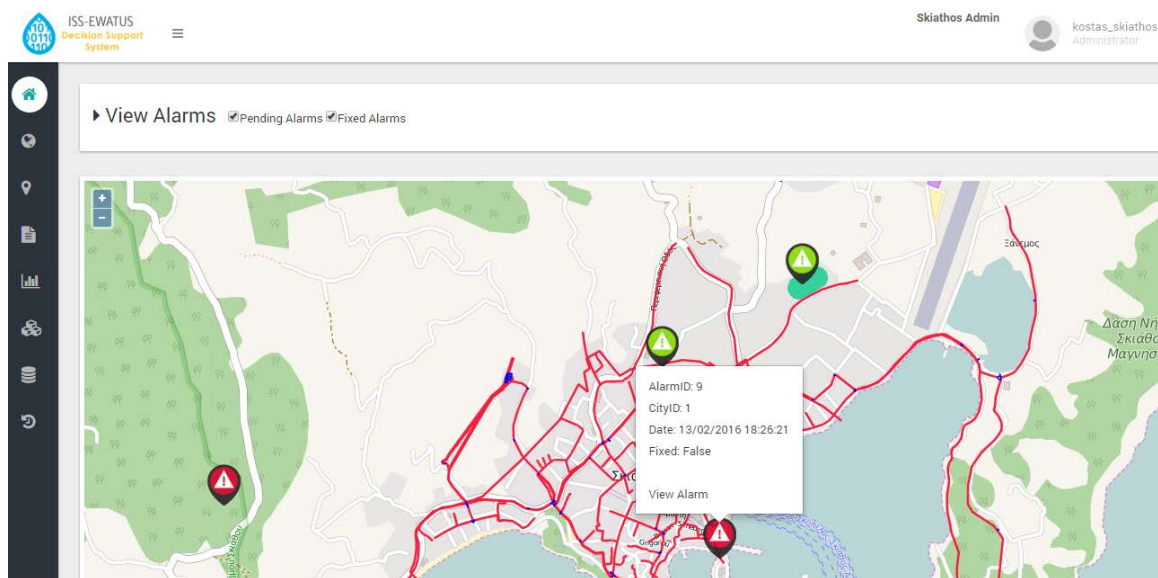
2.6. Alarmy

Ostatnią z funkcji systemu wspomaganie decyzji w module związanym z monitoringiem sieci wodociągowej jest funkcja alarmów. Pozwala ona na monitorowanie i zarządzanie alarmami zgłaszanymi przez użytkowników o uprawnieniach gościa. Użytkownicy tacy nie muszą logować się do systemu, a jedyną funkcją, z której mogą korzystać jest funkcja pozwalająca na zgłoszenie awarii / usterki lub jakiegokolwiek zdarzenia wskazującego na nieprawidłową pracę systemu wodociągowego. Funkcja zgłaszania alarmów obsługiwana jest przez odrębną stronę internetową połączoną z systemem wspomaganie decyzji. Użytkownicy, mający dostęp do systemu wspomaganie decyzji (administratorzy i pracownicy przedsiębiorstwa) mogą monitorować i zmieniać status alarmów. Funkcja monitorowania alarmów uruchamiana jest z bocznego okna nawigacji lub z głównego okna aplikacji (Rysunek 2.33).



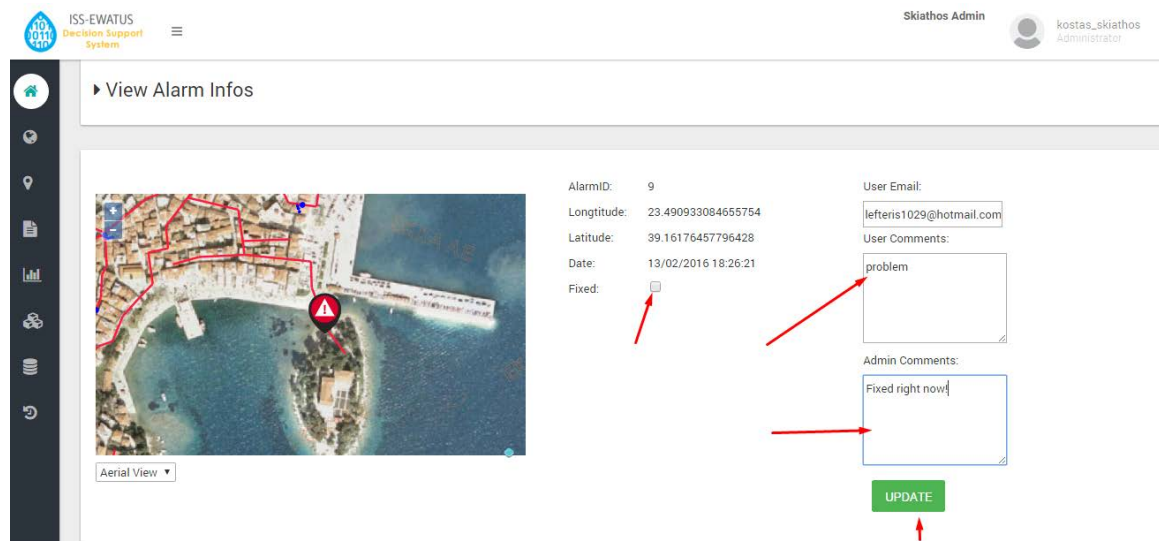
Rysunek 2.33: Uruchamianie funkcji monitoringu alarmów zgłaszanych przez użytkowników sieci wodociągowej lub przez inne osoby

Po uruchomieniu funkcji system pobiera wszystkie informacje o alarmach dla danego miasta (sieci wodociągowej) z bazy danych i przedstawia ich lokalizację i status na mapie. Status alarmów oznaczany jest kolorem: czerwony kolor oznacza zgłoszenia oczekujące na rozwiązanie, a zielony kolor oznacza zgłoszenia rozwiązane. Wybranie alarmu na mapie powoduje wyświetlenie daty jego zgłoszenia i pozwala na otwarcie strony informacyjnej o alarmie. W testowanej wersji aplikacji alarmy dotyczą jedynie zgłoszeń. Istnieje jednak możliwość aby podłączyć dodatkowe źródła informacji o alarmach (np. pochodzące z monitoringu sieci). Obsługa zgłoszeń o alarmach przedstawiona jest na rysunkach 2.34 – 2.36.

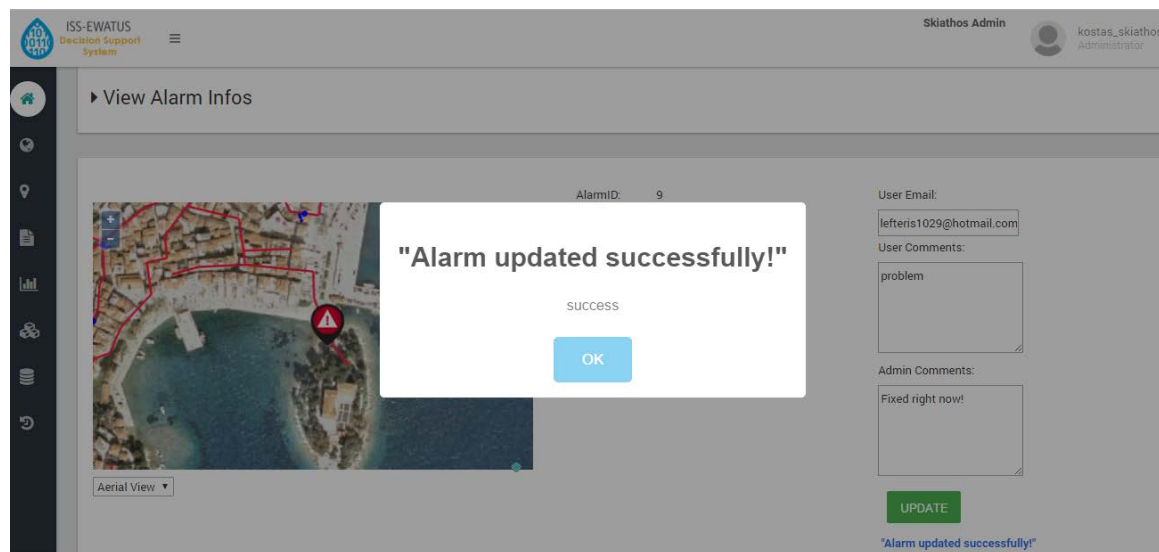


Rysunek 2.34: Mapa prezentująca zgłoszone alarmy

Po wybraniu szczegółów dotyczących alarmu wyświetlane są następujące informacje: data zgłoszenia, współrzędne, adres e-mail zgłaszającego, komentarz (wiadomość) zgłaszającego oraz komentarz (odpowiedź) użytkownika systemu. W oknie tym użytkownik może zmienić status zgłoszenia oraz komentarz (Rysunek 2.35). Po dokonaniu zmian przez użytkownika należy wybrać opcję „UPDATE”. Zapisane zostaną wtedy zmiany i wyświetlone potwierdzenie (Rysunek 2.36).



Rysunek 2.35: Okno prezentujące szczegółowe informacje na temat zgłoszenia alarmu oraz umożliwiające edycję informacji o alarmie



Rysunek 2.36: Potwierdzenie zmiany statusu alarmu lub odpowiedzi do osoby zgłaszającej alarm

3. Zarządzanie systemem

Oprócz monitorowania, ważne jest również dla administratorów, aby móc zarządzać kilkoma podstawowymi modułami systemu wspomagania decyzji. Dla każdego miasta zdefiniowane komponenty, zawarte w modułach monitorowania i prognozowania takich jak zużycie wody przez odbiorców, pomiar ciśnienia i innych parametrów, zawory redukujące ciśnienie (PRV), a także strefy obejmujące kilka urządzeń pomiarowych. System oferuje użytkownikom możliwość zarządzania tymi komponentami w oparciu o strukturę miejskiej sieci wodociągowej oraz dostosowanie go do aktualnych potrzeb. Chociaż obecne modele są już opracowane i skalibrowane, należy zawsze skontaktować się z zespołem administracji, gdy dokonywana jest zmiana, w celu zapewnienia, że aplikacja internetowa DSS, baza danych, modele hydrauliczne i inne komponenty są również zaktualizowane, dzięki czemu cały system działa poprawnie (w oparciu o dostosowanie komponentów może być konieczna kalibracja innego oprogramowania i urządzeń, które są częścią całego systemu). Trzeba wspomnieć, że model hydrauliczny sieci jest głównym elementem systemu, który wykonuje wszystkie niezbędne symulacje. Dla miast testujących system wspomagania decyzji użytym modelem hydraulicznym był model EPANET, który został zintegrowany z bazą danych i interfejsem użytkownika.

3.1. Tworzenie geowęzła

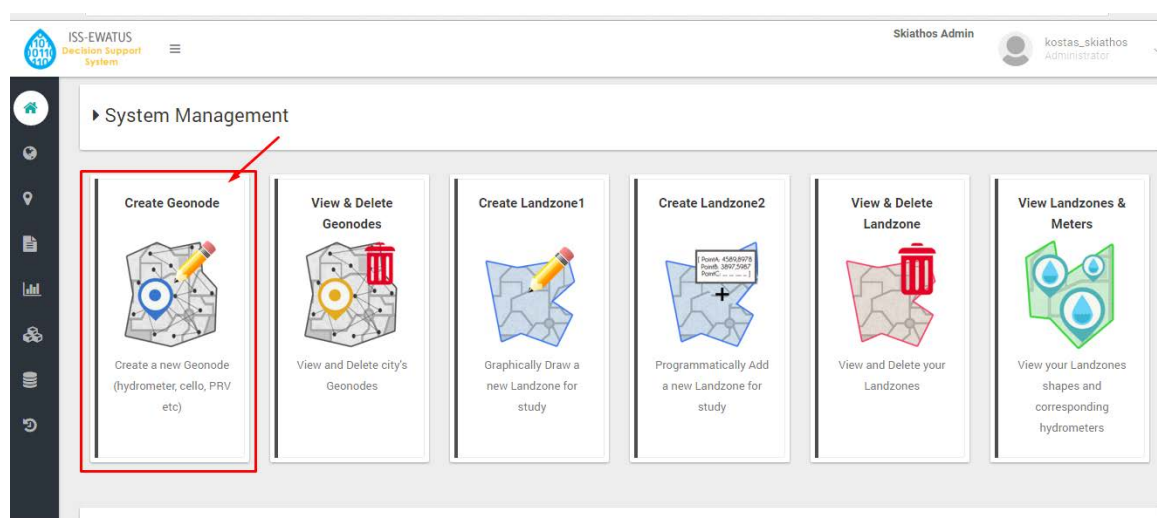
Geowęzły są obiektami / elementami, które reprezentują położenie geograficzne i odgrywają główną rolę w stosowaniu systemu DSS. Te obiekty, oprócz tego, że mogą być identyfikowane poprzez ich współrzędne, są również zidentyfikowane przez typ geowęzła specjalnego, który określa w jakim celu zostały one utworzone i jaką posiadają funkcjonalność. W systemie DSS, geowęzły, które wykorzystujemy najczęściej to wodomierze, urządzenia monitorujące ciśnienie (Cello), urządzenia regulujące ciśnienie wody w sieci dystrybucyjnej (PRV) i urządzenia, które reprezentują pompownie. Aby dodać nowy obiekt (geowęzł), użytkownik może korzystać z okna głównego aplikacji lub wybrać pozycję z bocznego okna nawigacji (po lewej stronie ekranu). System dostarcza administratorowi możliwość utworzenia nowego geowęzła, aktualizacji statusu istniejącego geowęzła lub innych ważnych jego właściwości, w tym jego położenia, a także istnieje możliwość usunięcia geowęzła z systemu, gdy istnieje ku temu jakiś powód. Funkcje dla przypadku wodomierzy są bardzo istotne, ponieważ sieć wodociągowa ma stan dynamiczny, gdzie nowe wodomierze mogą być dodawane, usuwane lub wyłączone w dowolnym momencie.

Ponadto, ważne jest również, aby system dostarczał sposób i środki do klastrowania kilku z wymienionych wcześniej urządzeń w podgrupach, związanych z pewną miarą, która jest analizowana. Na przykład pewne funkcje w przypadku wyspy Skiathos są oparte na tym, że całkowity ilość wody dopływającej do sieci wodociągowej jest dezagregowana na mniejsze wartości dla różnych stref (landzones) i lokalizacji na wyspie.

Z tego powodu system zapewnia osobny zestaw funkcjonalności do:

- tworzenia geowęzłów,
- wyświetlania i usuwania geowęzłów,
- tworzenia stref ręcznie i poprzez rysowanie,
- tworzenia strefy z wykorzystaniem danych (programowo),
- wyświetlania i usuwania stref,
- wyświetlania wszystkich stref i wodomierzy.

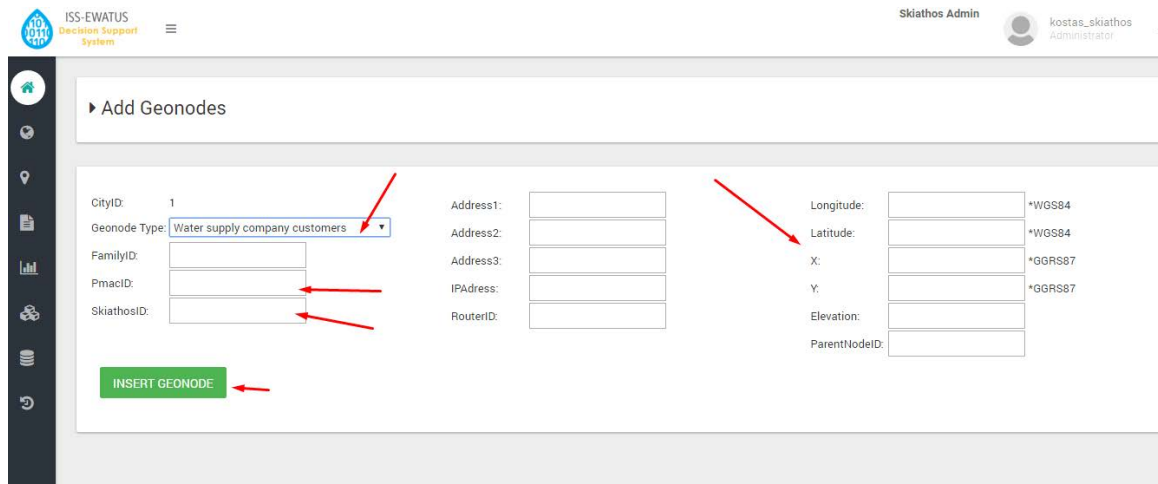
Wszystkie te funkcje, dostępne poprzez główne okno aplikacji są przedstawione na rysunku 3.1.



Rysunek 3.1: Funkcja administracji geowęzłami i strefami w systemie dystrybucji wody dostępna poprzez główne okno aplikacji

Użytkownik może wybrać typ geowęzła z rozwijanej listy, wprowadzić identyfikator PMAC (lub inny używany w przedsiębiorstwie), identyfikator miasta (jeśli jest dostępny), wprowadzić pewne informacje pomocnicze i wreszcie wprowadzić lokalizację w układzie WGS84 lub lokalnym układzie współrzędnym bieżącego miasta. Po zakończeniu wprowadzania danych użytkownik może nacisnąć przycisk "Insert Geonode" („wstaw geowęzeł”) aby wstawić rekord do bazy danych (Rysunek 3.2). Do głównych kategorii geowęzłów w systemie DSS należą:

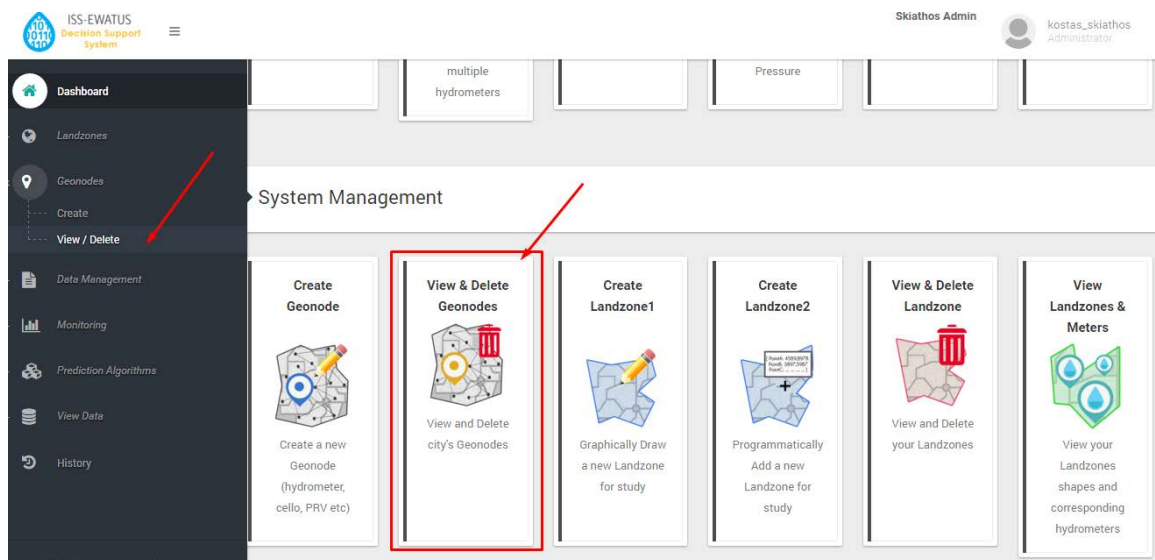
- klienci przedsiębiorstwa wodociągowego (urządzenia wodomierzowe),
- pompownie systemu wodociągowego lub inne źródła wody (pompownie),
- regulatory ciśnienia (urządzenia PRV),
- punkty krytyczne (urządzenia typu Cello).



Rysunek 3.2: Funkcjonalność dodawania geowęzła do systemu

3.2. Przeglądanie i usuwanie geowęzłów

Dla pełnego zarządzania systemem ważne jest również, aby zapewnić użytkownikowi możliwość przeglądania i usuwania dowolnego obiektu typu geowęzłów w obrębie danego miasta. Można to zrobić, wybierając opcję "View and Delete Geonodes" w oknie głównym lub w bocznym oknie nawigacji (Rysunek 3.3).



Rysunek 3.3: Funkcjonalność przeglądania i usuwania geowęzłów.

Gdy użytkownik wchodzi w ten moduł wczytywana jest nowa strona internetowa wraz z określoną tabelą danych obejmujących podstawowe informacje dla wszystkich geowęzłów.

Administratorzy mogą sortować i poruszać się po tej tabeli, przeglądać wszystkie węzły i wybrać dowolny rekord. Wybierając rekord aplikacja internetowa automatycznie pobiera całą informację dotyczącą węzła z bazy danych, a także zaznacza jego położenie na mapie dla lepszej wizualizacji. Użytkownik może także usunąć obiekt typu „geowęzeł” wybierając wiersz i naciskając przycisk "Delete Geonode" (rysunek 3.4). Administratorzy muszą **uważać podczas usuwania węzła ponieważ wszystkie odpowiadające mu dane również zostaną usunięte z bazy danych** (na przykład, jeśli administrator usuwa urządzenie wodomierza, wtedy wszystkie połączone dane licznikowe dotyczące zużycia wody również zostaną usunięte z bazy danych, (patrz Rysunek 3.5).

The screenshot shows the ISS-EWATUS Decision Support System interface. At the top, it displays the system name and the user 'Skiathos Admin' (kostas_skiathos Administrator). Below the header is a table with columns: Node_Id, Node_TypeId, Node_CityId, Node_X, Node_Y, and Node_RegDate. The table contains 12 rows of data. The row with Node_Id 10918 is highlighted in green. Below the table, there is a pagination control showing 'Showing 3,321 to 3,330 of 4,049 entries' and buttons for 'Previous', '1', '332', '333', '334', '405', and 'Next'. A red arrow points to the '333' page number. Below the pagination, there is a warning message: '* Warning! By deleting a GeoNode all corresponding data will also be deleted'. At the bottom of the table, there is a red button labeled 'DELETE GEONODE', with another red arrow pointing to it.

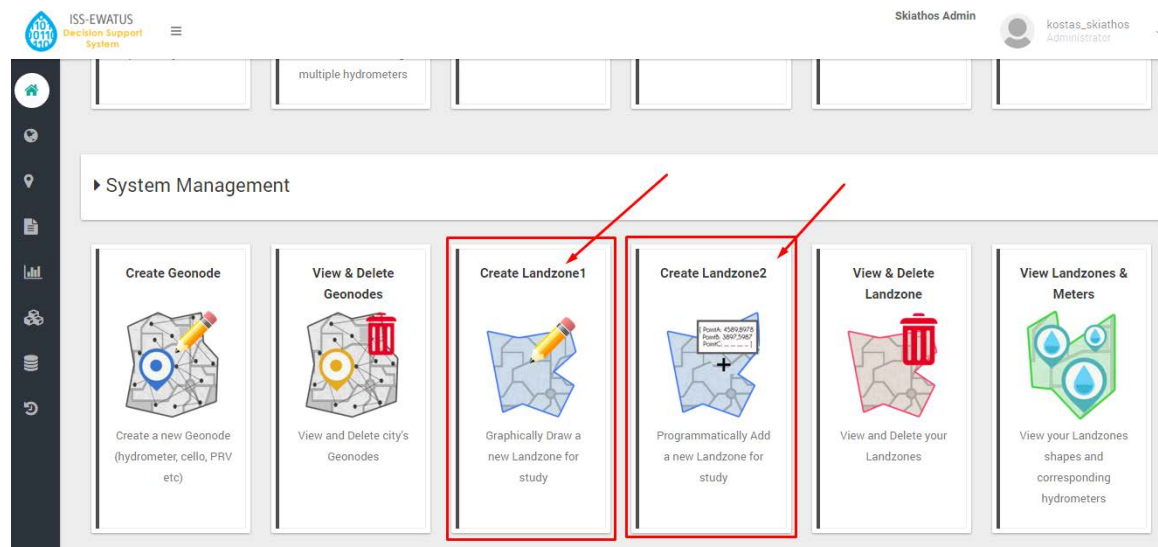
Rysunek 3.4: Funkcjonalność przeglądania i usuwania geowęzłów.

The screenshot shows the details view of a selected geonode (Node Id 10918). The details are displayed in a grid format. On the left side, there is a map view showing the location of the geonode. The details include: NodeID: 10918, CityID: 1, RegDate: 09/12/2015 11:04:38, User: Kostas, Longitude: 455527.626995229, Latitude: 4335239.97540105, Geonode Type: Water supply company customers, Address1, Address2, Address3, Elevation, PmacID, IPAddress, ParentNodeID, SkiathosID: 0490690000, and RouterID.

Rysunek 3.5: *Końcowa strona związana z procesem usuwania geowężła.*

3.3. Tworzenie stref

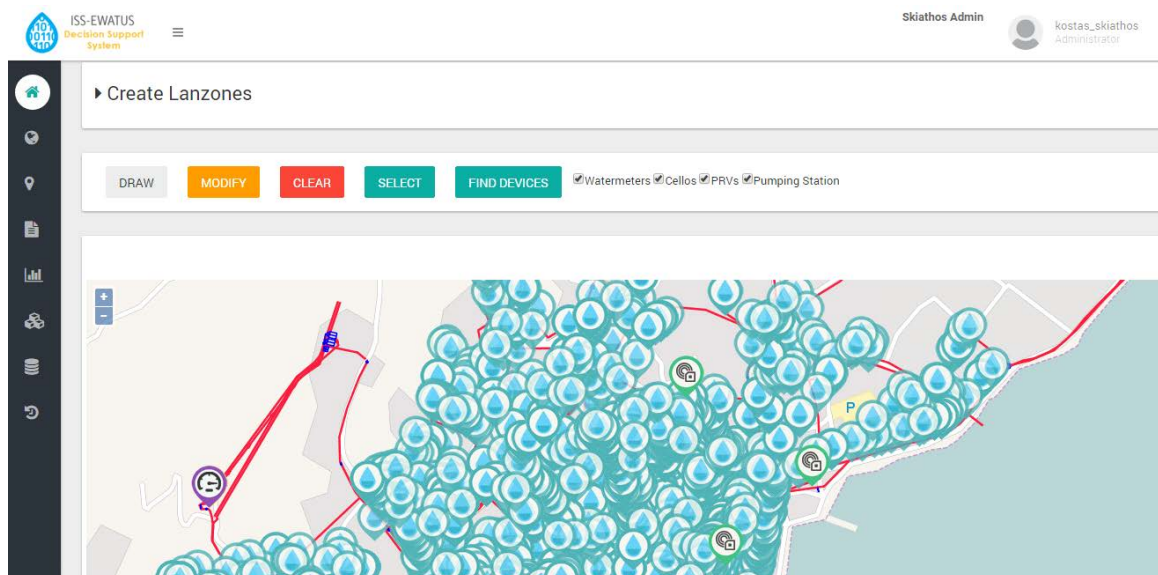
Głównym składnikiem opisywanego modułu DSS jest tworzenie i zarządzanie strefami. Strefy są obszarami (wielokąty, obiekty typu *shape*), które są wykorzystywane do celów monitoringu sieci wodociągowej lub prognozy jej pracy przy wykorzystaniu modeli hydraulicznych (EPANET). Administratorzy mogą tworzyć obszary na dwa sposoby. Pierwszy sposób to rysowanie obiektu strefy na podkładzie mapy, a drugi to bezpośrednie wprowadzanie współrzędnych punktów (obie opcje pokazuje rysunek 3.6).



Rysunek 3.6: Dwa sposoby tworzenia strefy: poprzez ręczne rysowanie na podkładzie mapy lub przez import współrzędnych wierzchołków stref.

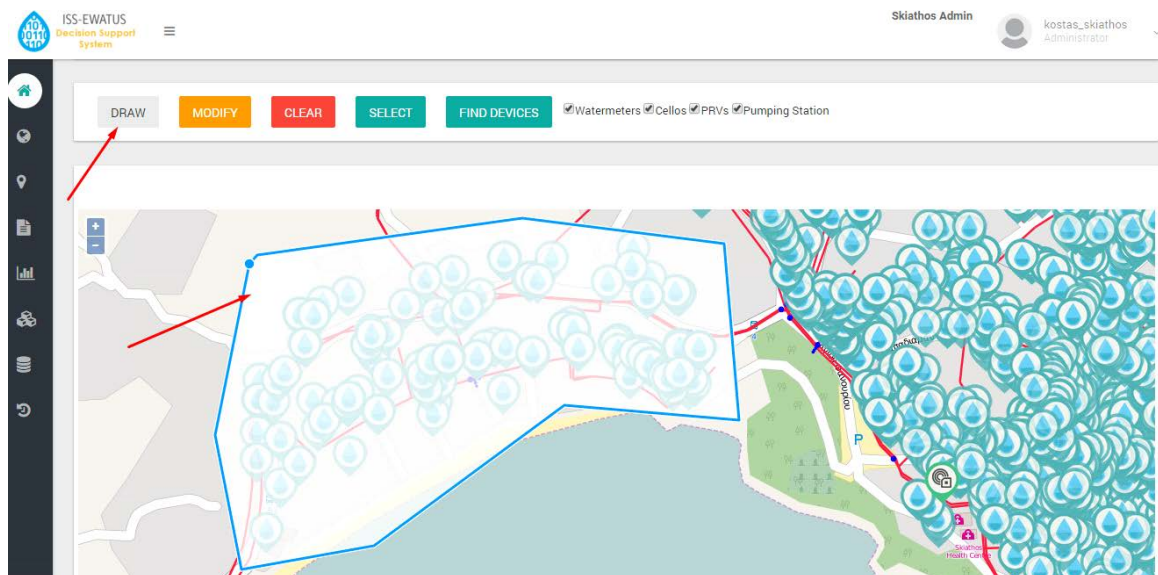
Graficzne tworzenie strefy

Po wybraniu pierwszej ikony, użytkownik systemu jest przekierowany do strony projektowania. Ta strona przedstawia mapę miasta, wraz z jego siecią wodociągową i wszystkimi dostępnymi urządzeniami (wodomierze, punkty krytyczne, zawory redukujące i pompownie / źródła wody). Użytkownik może wybrać, które elementy mają być wyświetlane na mapie, włączając lub wyłączając urządzenia z wykorzystaniem górnego elementu wyboru (checkbox), co pozwala na podjęcie lepszej decyzji odnośnie tego, jakie będą granice nowo zaprojektowanej strefy. Oczywiście w strefie o wysokiej gęstości lub DMA, gdzie znajduje się wiele wodomierzy może istnieć konieczność wyłączenia wyświetlania zainstalowanych wodomierzy podczas projektowania lub przeprojektowania nowej strefy. W każdym przypadku istnieje możliwość powiększenia mapy tak, by uzyskać więcej szczegółów w widoku obszaru. Rysunek 3.7 przedstawia taką sytuację.



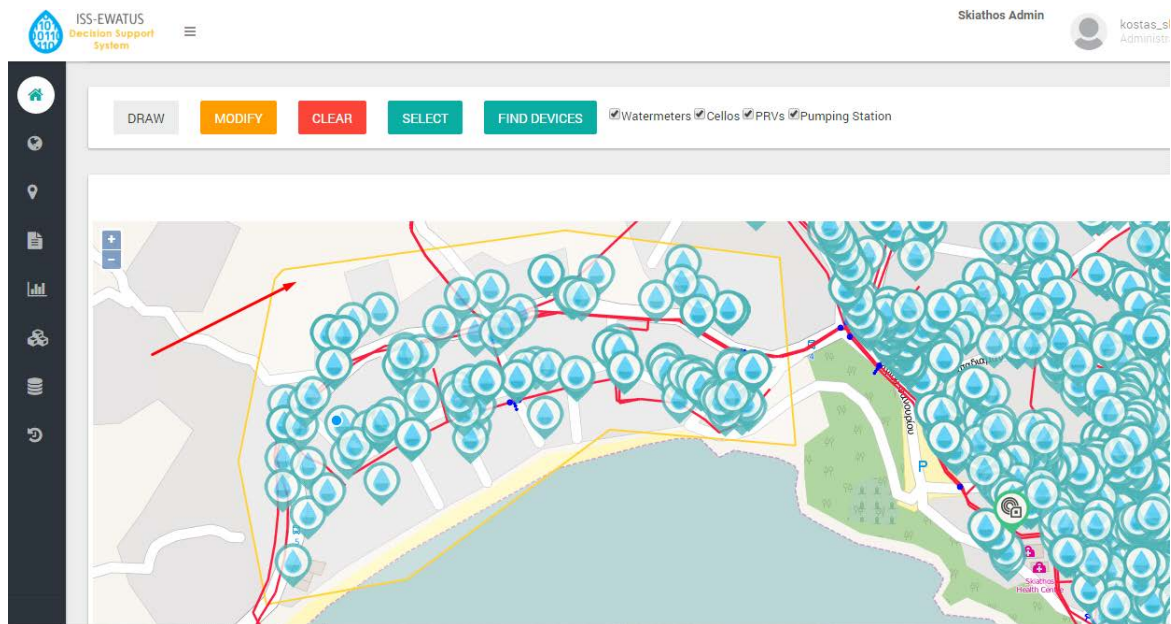
Rysunek 3.7: Główna mapa tematyczna, gdzie użytkownik może narysować nową strefę. Wszystkie narzędzia (rysowanie, modyfikacja, usuwanie, wybieranie i wyszukiwanie) znajdują się ponad mapą.

Aby rozpocząć rysowanie strefy użytkownik musi najpierw wybrać przycisk "DRAW" („RYSUJ”). Następnie klikając i przesuując kursor myszy na mapie może utworzyć wierzchołki wielokąta, które tworzą stanię strefę. Rysunek 3.8 przedstawia ten przypadek.



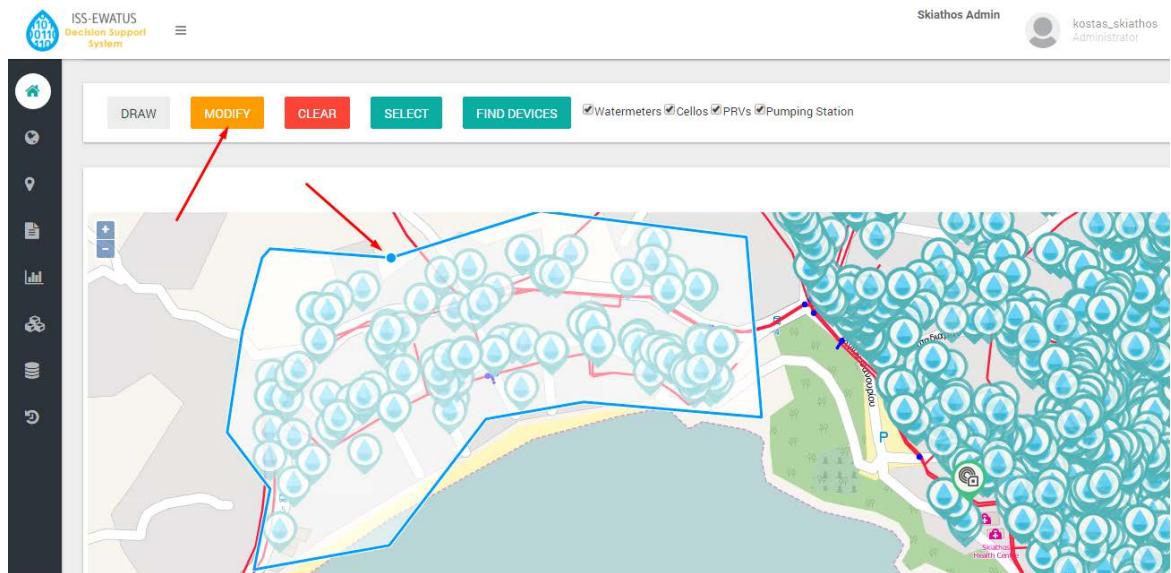
Rysunek 3.8: Ręczne rysowanie strefy w systemie DSS

Gdy użytkownik zakończy rysowanie strefy, punkt końcowy powinien być zawsze taki sam, jak punkt, od którego zaczęto rysowanie. Zamykając kształt, obszar staje się przezroczysty z żółtą granicą, jak przedstawiono poniżej na rysunku 3.9.



Rysunek 3.9: Tworzenie ręcznie rysowanej strefy w systemie DSS.

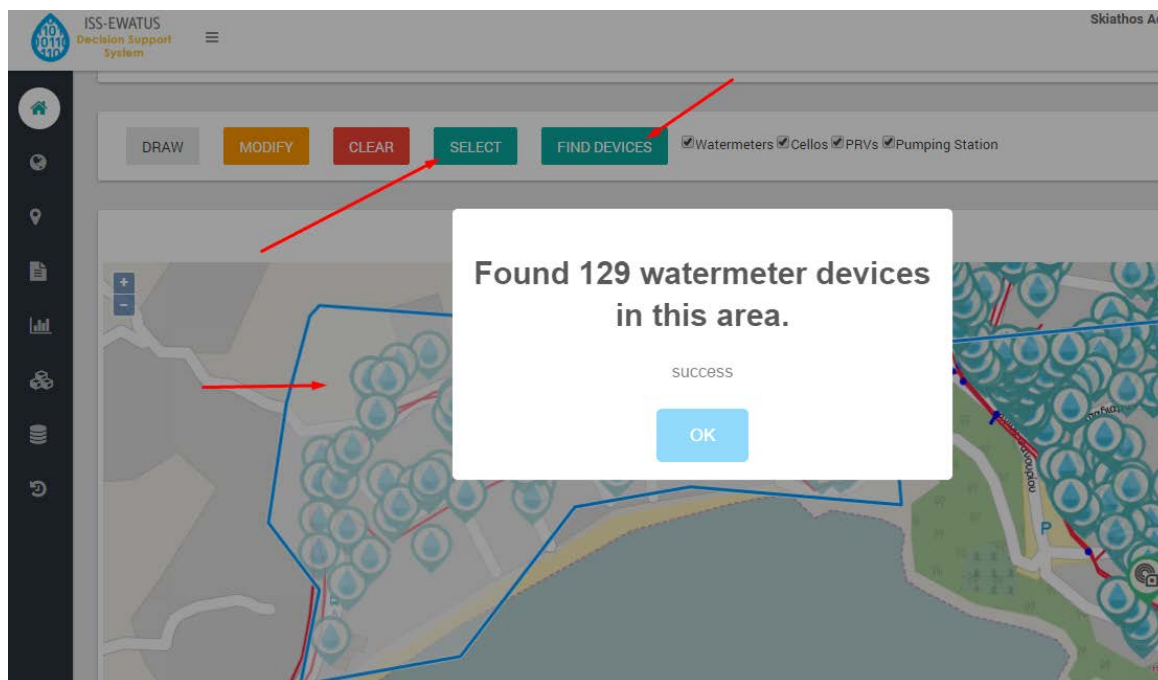
W tym momencie użytkownik może zmienić kształt poprzez naciśnięcie przycisku "MODIFY" („ZMIENIĆ”). Pozwala to na przesuwanie i tworzenie nowych wierzchołków dla obecnego kształtu, przez proste wybranie bieżącej strefy (Rysunek 3.10).



Rysunek 3.10: Modyfikacja ręcznie narysowanej strefy w systemie DSS.

Gdy użytkownik zakończy edycje strefy musi nacisnąć przycisk "SELECT" („WYBIERZ”) i kliknąć na obszarze strefy, po czym staje się ona pokryta szarym kolorem tła i posiada niebieską obwódkę. Teraz obszar może zostać zapisany w przestrzennej bazie danych, ale przedtem użytkownik może nacisnąć przycisk "Find Devices" („Znajdź urządzenia”), aby wywołać odpowiedni moduł geoprzetwarzania i

pobrać wszystkie urządzenia wodomierzowe, które znajdują się wewnątrz strefy. Ta funkcjonalność została przedstawiona w formie graficznej na rysunku 3.11.

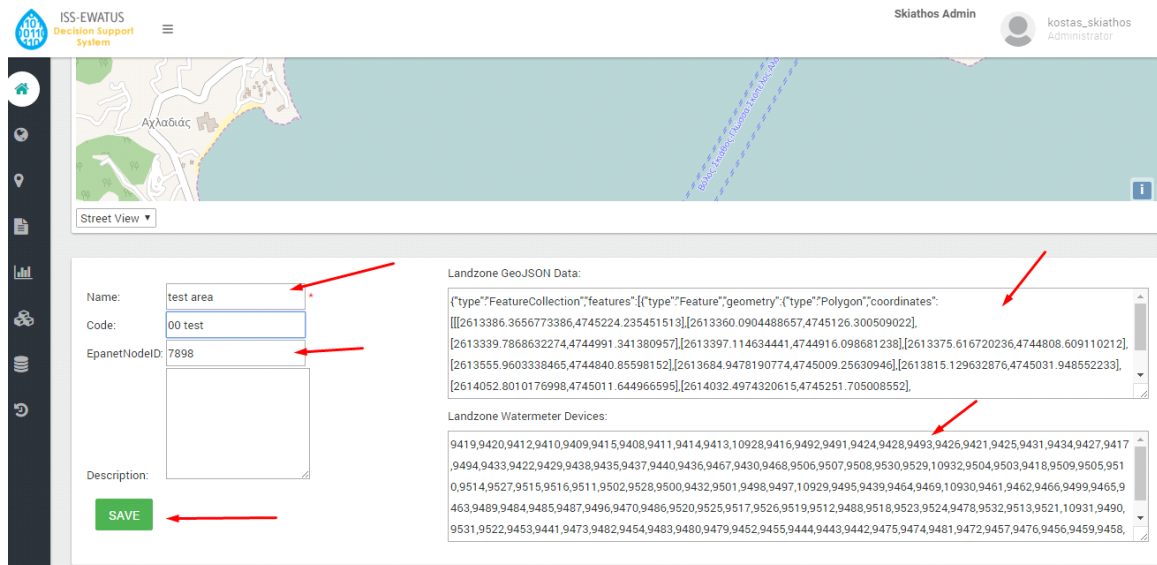


Rysunek 3.11: Wywołanie modułu geoprzetwarzania w celu wyszukania i zlokalizowania liczników wody wewnątrz właśnie zmodyfikowanej strefy

Na koniec użytkownik musi przewinąć strony do samego dołu, gdzie znajdzie kilka niezbędnych zmiennych, które muszą zostać wypełnione przed utworzeniem strefy w bazie danych. Strefa jest zapisana w formacie danych GEOJSON więc użytkownik może zobaczyć dokładne wartości, które zostaną zapisane, a także zobaczy wszystkie identyfikatory urządzeń pomiarowych, które zostały pobrane za pomocą modułu geoprzetwarzania "Find Devices" („Znajdź urządzenia”). Zostało to pokazane na rysunku 3.12, gdzie możemy zobaczyć wszystkie informacje GEOJSON które są zapisywane, gdy nowa strefa jest tworzona.

Następnie użytkownik powinien wprowadzić nazwę strefy i również identyfikator węzła, który będzie użyty modelu EPANET (zasadniczo jest to numer identyfikacyjny geowęzła) i na koniec nacisnąć przycisk "SAVE" („ZAPISZ”). Należy tutaj wspomnieć, że wszystkie utworzone strefy biorą udział w symulacjach prowadzonych za pomocą modelu EPANET. W symulacjach tych całkowita ilość wody dopływającej do sieci wodociągowej jest dezagregowana przestrzennie na podstawie danych o zużyciu wody w strefach. Następnie modele obliczają optymalne ciśnienie dla zasilania sieci wodociągowej.

Kiedy procedura tworzenia strefy zostanie zakończona, pojawi się komunikat informujący użytkownika o wynikach wstawiania danych do bazy.



Rysunek 3.12: Informacja w formacie GEOJSON, która przechowywana jest w przestrzennej bazie danych po utworzeniu strefy.

Programowe tworzenie stref

Wybierając drugą ikonę na rysunku 3.6, jak to omówiono wcześniej, użytkownicy są przekierowywani do strony internetowej, gdzie mogą tworzyć obszary lądowe bezpośrednio wprowadzając konkretne współrzędne wierzchołków wielokąta. Podczas tej procedury, użytkownik musi wprowadzić kod strefy, identyfikator węzła w module EPANET (geonode id), a także system układu współrzędnych EPSG, do którego punkty będą się odnosić (zwykle będzie to układ współrzędnych dla bieżącego miasta). Jest to konieczne, aby obydwa moduły (baza danych stref i model hydrauliczny) przechowywały równoważne informacje. Następnie użytkownik może wprowadzić dowolną liczbę punktów, podając współrzędne długości i szerokości geograficznej (x, y). Na koniec nacisnąć należy przycisk „Save Land Zone” („Zapisz strefę”), co kończy procedurę. Opisany wyżej sposób jest przedstawiony na rysunku 3.13.

ISS-EWATUS
Decision Support
System

Skiathos Admin
kostas_skiathos
Administrator

► Programmatically Add Landzones

Landzone Code: Epanet NodeID: 0 EPSG Type: EPSG:2100

Points Format -> Xvalue Yvalue (Floats seperated with 1 single space, ex 45589.69 43389.51)

Point1:

Point2:

Point3:

Point4:

Point5:

Point6:

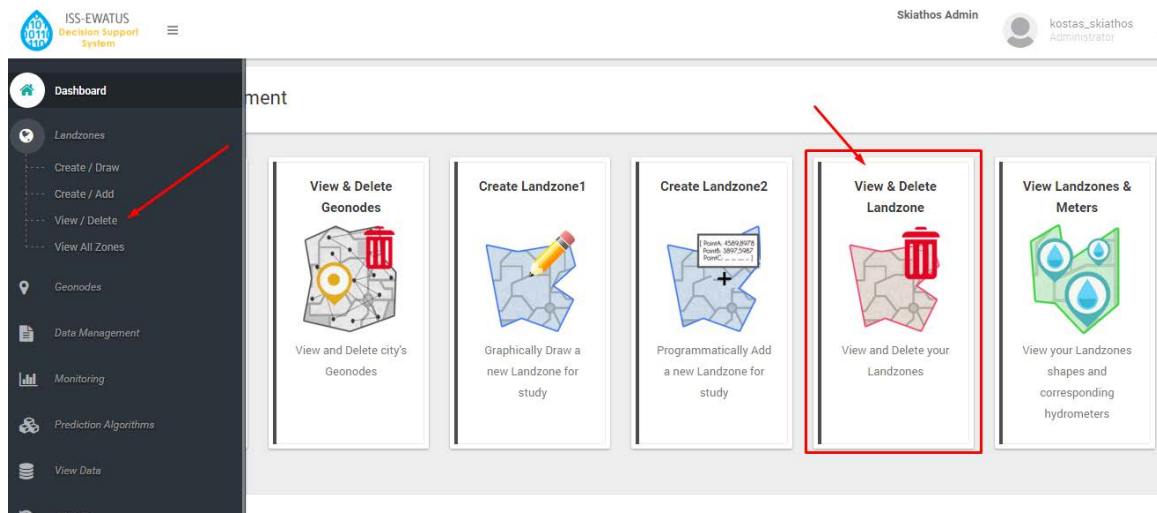
Point7:

SAVE LANDZONE CLEAR INPUTS

Rysunek 3.13: Główne okno programowego tworzenia strefy na podstawie wprowadzonych współrzędnych wierzchołków wielokąta

3.4. Przeglądanie i usuwanie stref

Ważną funkcjonalnością w tej kategorii jest możliwość przeglądania i usuwania stref przez użytkowników posiadających wiedzę ekspercką. Promuje to dynamiczne zarządzanie strefami w sieci wodociągowej i zarządzanie obszarami monitorowanymi, które mogą być odizolowane od pozostałych i dla których możliwy jest pomiar ilości dopływającej i odpływającej wody (District metering area – DMA). Tę funkcjonalność DSS można wybrać poprzez wybranie odpowiedniej ikony w panelu, jak to pokazano na rysunku 3.14.

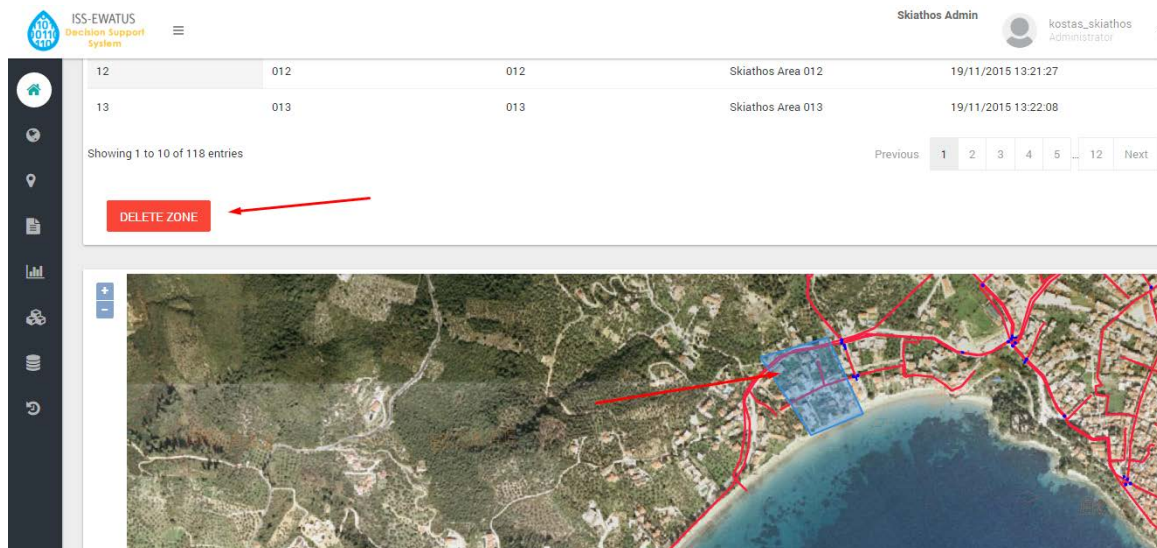


Rysunek 3.14: Wybór funkcji pozwalającej na przeglądanie i usuwanie węzłów w głównym oknie aplikacji i w bocznym panelu nawigacji

Po załadowaniu modułu prezentowany jest widok tabeli, która zawiera wszystkie rekordy będące strefami przechowywanymi w bazie danych. Następnie użytkownik może wybrać wiersz na liście (co odpowiada jednej strefie), co spowoduje wyświetlenie strefy na mapie, która znajduje się poniżej tabeli danych. Mając wybrany wiersz (strefę) użytkownicy mogą usunąć bieżący obszar wybierając przycisk "Usuń" („Delete”). Należy tu zauważyć, że usuwając strefę, nie usuwamy z bazy danych informacji o urządzeniach pomiarowych należących do strefy ani danych, zgromadzonych przez urządzenia monitorujące. Rysunki 3.15 i 3.16 opisaną powyżej procedurę.

Zone_Id	Zone_Name	Zone_Code	Zone_Desc	Zone_Date
3	001	001	Skiathos Area 001	19/11/2015 12:10:36
4	003	003	Skiathos Area 003	19/11/2015 13:12:17
5	004	004	Skiathos Area 004	19/11/2015 13:13:31
6	005	005	Skiathos Area 005	19/11/2015 13:14:11
7	006	006	Skiathos Area 006	19/11/2015 13:14:55
8	007	007	Skiathos Area 007	19/11/2015 13:15:45
10	010	010	Skiathos Area 010	19/11/2015 13:18:11
11	011	011	Skiathos Area 011	19/11/2015 13:20:01
12	012	012	Skiathos Area 012	19/11/2015 13:21:27

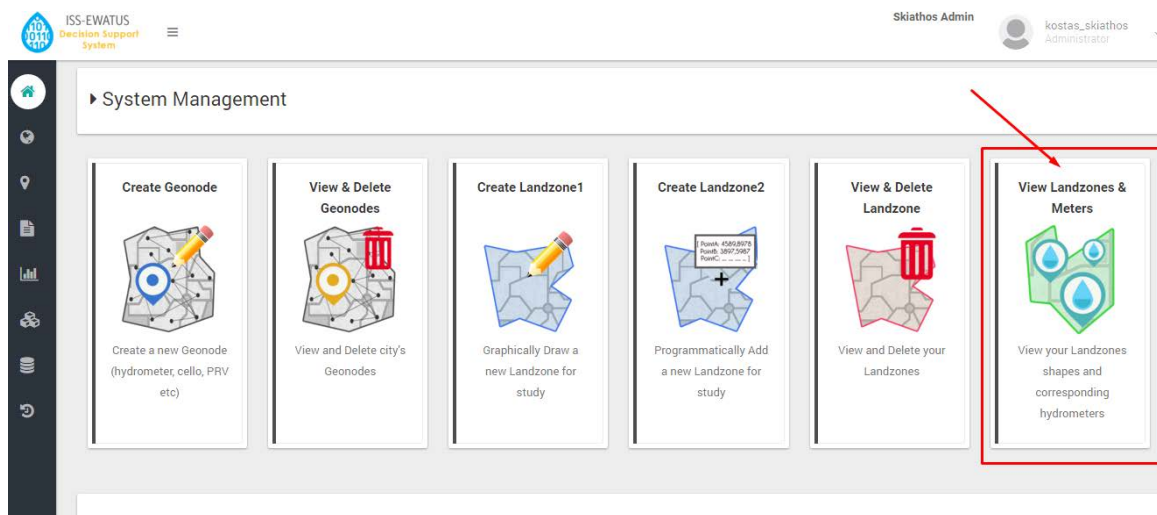
Rysunek 3.15: Wybór danej strefy z bazy w celu przeglądania i ewentualnego uaktualnienia lub usunięcia



Rysunek 3.16: Wybór w celu usunięcia danej strefy z sieci dystrybucji wody

3.5. Przeglądanie stref i wodomierzy

Poza tworzeniem, przeglądaniem czy usuwaniem stref, użytkownicy mogą także przeglądać całość sieci obejmującej wszystkie strefy i liczniki zużycia wody dla analizowanego miasta. Można to zrobić poprzez wybranie ikony "View landzones & Meters" („Przeglądaj strefy i liczniki”), jak to pokazano na rysunku 3.17.



Rysunek 3.17: Wybór funkcji przeglądania stref i liczników zużycia wody

Po wejściu do tego modułu aplikacja ładuje wszystkie strefy jako pliki typu *shape* na podkładzie mapowym, a także rysuje wszystkie dostępne urządzenia do pomiaru zużycia wody. To może pomóc administratorowi znaleźć brakujące lub nieprawidłowo zdefiniowane strefy, a także przeprowadzić

4. Zarządzanie danymi (kontrola ciągłości danych)

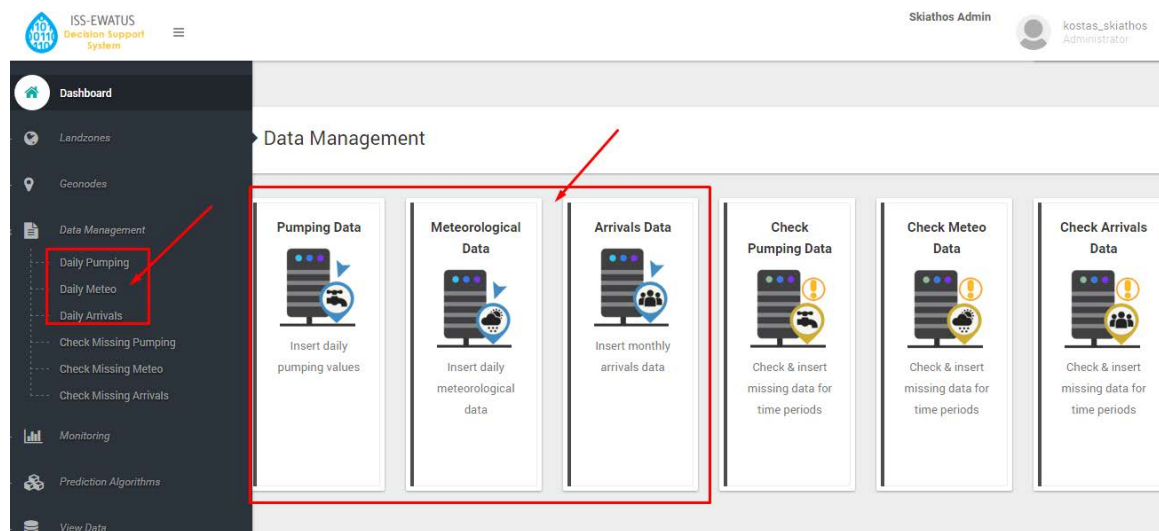
Kolejną ważną funkcjonalnością systemu wspomagania decyzji jest zestaw narzędzi do zarządzania i przeprowadzania kontroli podstawowych zbiorów danych z przestrzennej bazy danych, które są istotne dla działania systemu. Jest to bardzo ważne, ponieważ działanie systemu wspomagania decyzji zależne jest od różnych systemów pomocniczych, które funkcjonowały przed wdrożeniem produktów projektu ISS-EWATUS. Z tego powodu administrator musi być w stanie przeprowadzić kontrole korygujące wybranych danych by utrzymać ich spójność, a także w razie potrzeby wstawiać nowe wartości. Typy danych, które są dostępne w opisywanym module systemu DSS są następujące:

- **Dane z monitoringu źródeł wody dla sieci wodociągowej:** Dane te mogą pochodzić z oprogramowania funkcjonującego wcześniej w przedsiębiorstwie. Taki przypadek istniał w mieście Skiathos, w którym przed zakupem nowych urządzeń pomiarowych, informacje o dopływie do sieci wodociągowej pochodziły z zewnętrznego systemu SCADA i były agregowane do wartości dobowych przed wprowadzeniem do bazy danych systemu ISS-EWATUS. Taka sytuacja stwarza ryzyko pojawienia się braków danych, które nie są zależne od samego systemu wspomagania decyzji i dlatego użytkownik powinien mieć możliwość dokonania walidacji danych, a także wstawienia nowych lub brakujących wartości, aby utrzymać działanie wszystkich modułów systemu DSS.
- **Dane meteorologiczne:** W przypadku, gdy zużycie wody w mieście jest zależne od warunków meteorologicznych, lokalny program DSS komunikuje się za pośrednictwem usług internetowych ze zdalnymi lokalizacjami, aby znaleźć dane pogodowe dla obszaru miasta i gromadzi je w bazie danych. Utrzymanie tych aktualności tych danych jest kluczowe dla modułów prognozowania zapotrzebowania na wodę. Jeśli lokalny program lub zdalna usługa meteorologiczna jest wyłączona to administrator musi mieć możliwość uzupełnienia wszystkich brakujących danych ręcznie.
- **Dane dotyczące przyjazdu turystów:** Ten typ danych wykorzystywany jest również w modułach prognozowania zapotrzebowania na wodę, wówczas gdy zużycie wody w sieci zależne jest sezonowo od zmieniającej się liczby użytkowników (turystów). Na przykład w przypadku miasta Skiathos, jest to bardzo ważny czynnik, który wpływa drastycznie na zużycie wody na wyspie w czasie letnich miesięcy. W związku z tym, dane te muszą być regularnie aktualizowane, aby zapewnić najwyższą precyzję algorytmów, których używamy do przewidywania zużycia wody na następny dzień.

Wspomniane powyżej funkcje kontroli i uzupełniania danych w bazie oparte są o dwie metody. Pierwsza metoda daje możliwość wyszukania ostatniego rekordu zapisanego w bazie i wygenerowania formularza do wstawienia brakujących wartości aż do dnia bieżącego. Druga metoda sprawdza całą tabelę bazy danych i wskazuje brakujące dane dla poszczególnych okresów. Zaleca się regularne uruchamianie obydwu modułów, aby utrzymywać system zaktualizowany.

4.1. Sprawdzanie i uzupełnianie brakujących danych

Poprzez wybór jednej z trzech pierwszych ikon administrator może sprawdzić różne rodzaje brakujących danych, przy czym metoda ta wskaże od jakiego czasu dane nie są transmitowane do bazy. Jeżeli jakiś system pomocniczy nie uruchomił się, wówczas aplikacja automatycznie sprawdza brakujące wartości dat i generuje właściwe formularze wprowadzania danych (Rysunek 4.1).



Rysunek 4.1: Sposób uruchomienia funkcji służącej do uzupełniania brakujących danych w przypadku przerwy w ich dostawy do bazy

W przypadku uruchamiania tego modułu dla danych dobowych, dotyczących monitoringu źródła wody, aplikacja sieciowa najpierw sprawdza brakujące rekordy danych od ostatniego odnalezionego wpisu. Jeśli istnieją brakujące wartości, wówczas automatycznie tworzone są formularze wprowadzania danych przez użytkownika. Użytkownik może wprowadzić brakujące dane dla konkretnych dat i wstawić te rekordy do bazy danych. Jeśli użytkownik chce wprowadzić wartości dla określonych dat, może on wykorzystać prawy panel i wybrać datę z rozwijanego kalendarza, a także wprowadzić wartość i zatwierdzić zmiany. Rysunek 4.2 przedstawia tę metodę.

ISS-EWATUS Decision Support System

Skiathos Admin kostas_skiathos Administrator

Insert Daily Pumping Values

Last input value: 19/03/2016 -> Current Date: 23/03/2016

Missing values since last entry:

20/03/2016	1600
21/03/2016	1785
22/03/2016	
23/03/2016	

ADD VALUES

Enter value for a specific date:

Date:

Value: m³ / day

* When entering values for a specific date make sure that all previous dates don't have missing values. [Check Missing Values Here](#)

ADD VALUE

Rysunek 4.2: Wstawianie brakujących danych dotyczących dziennej ilości wody dopływającej do sieci

Taką samą procedurę zastosowano dla wszystkich dostępnych typów danych. Na przykład w przypadku danych meteorologicznych, gdzie mamy 3 zmienne na rekord, DSS automatycznie tworzy formularz wprowadzania. W ten sposób administrator może wprowadzić średnią temperaturę, maksymalną temperaturę oraz opad dla bieżącego miasta jeśli te dane są dostępne i zapisać je w bazie danych (Rysunek 4.3).

ISS-EWATUS Decision Support System

Skiathos Admin kostas_skiathos Administrator

Insert Daily MeteoData

Last input value: 22/03/2016 -> Current Date: 23/03/2016

Missing values since last entry:

23/03/2016	MeanTemp: <input type="text"/>	HighTemp: <input type="text"/>	Rain: <input type="text"/>
------------	--------------------------------	--------------------------------	----------------------------

ADD VALUES

Enter value for a specific date:

Date:

Mean Temp:

High Temp:

Rain:

* When entering values for a specific date make sure that all previous dates don't have missing values. [Check Missing Values Here](#)

ADD VALUE

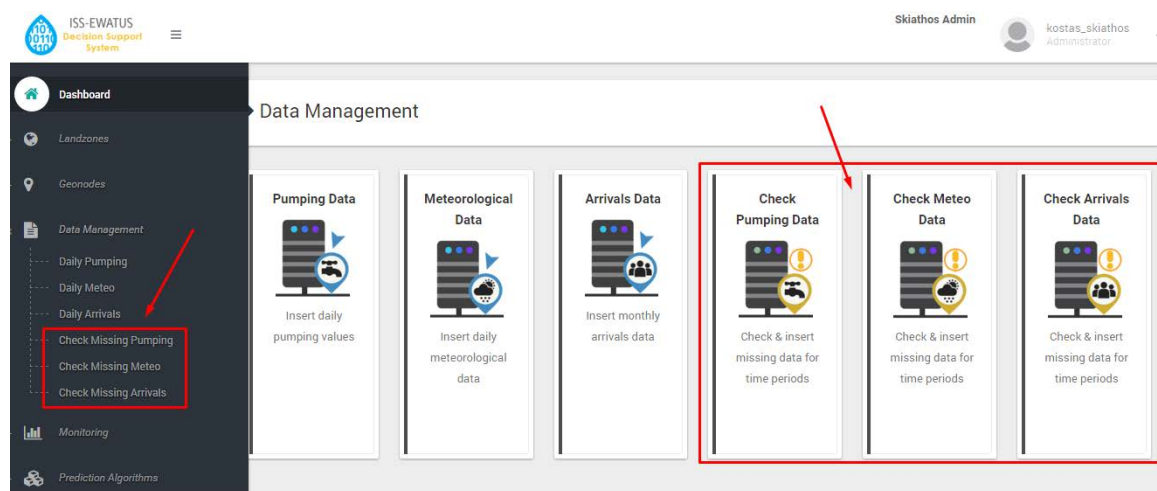
Rysunek 4.3: Wstawianie brakujących danych meteorologicznych w systemie DSS dla wybranego okresu

W tym miejscu należy podkreślić, że dla uzyskania najlepszej możliwej wydajności zaleca się utrzymywać dane dotyczące dopływu wody do sieci i dane meteorologiczne (jeżeli są one wykorzystywane do prognoz zapotrzebowania na wodę) zaktualizowane. W przypadku wystąpienia kilkudniowych braków w dostawie danych do systemu użytkownik musi skontaktować się z zespołem wsparcia lub programistów

w celu sprawdzenia odpowiedniego oprogramowania pomocniczego, które jest powiązane z systemem DSS. Programy dostarczające dane znajdują się zwykle w siedzibie przedsiębiorstw wodociągowych.

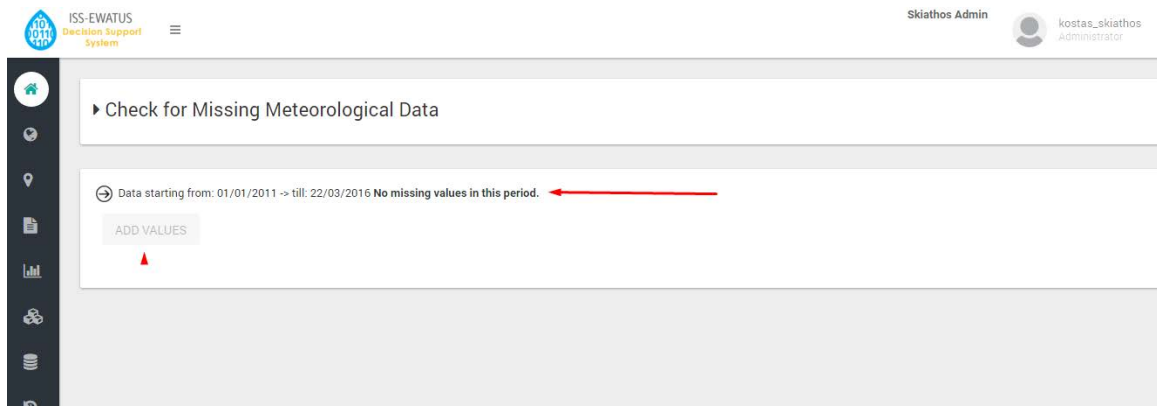
4.2. Sprawdzanie i wstawianie brakujących danych dla okresów pośrednich

Oprócz kontroli i wstawiania danych, których brak wywołany jest trwającą przerwą w dostawie (brak danych od ostatniego rekordu do daty bieżącej) ważne jest również, aby zarządzać i radzić sobie z brakującymi danymi dla różnych okresów pośrednich. Jest to nietypowa sytuacja, jednak trzeba stawić jej czoła, gdy moduł sprzętowy dostarczający dane do systemu jest uszkodzony, co powoduje brak danych dla kilku dat. Uzupełnianie takich luk jest obsługiwane dzięki wykorzystaniu trzech kolejnych ikon w module „Zarządzanie danymi”, w oknie aplikacji (Rysunek 4.4).



Rysunek 4.4: Sprawdzanie i wstawianie brakujących danych dla różnych okresów (wypełnianie luk)

Gdy ten moduł jest załadowany, łączy się z bazą danych i pobiera wszystkie dostępne dane wybranego typu. Następnie dokonuje walidacji tego zbioru danych i sprawdza brakujące rekordy oraz odpowiadające im daty. Jeśli zostaną znalezione jakieś brakujące dane, aplikacja automatycznie tworzy wszystkie niezbędne formularze i użytkownik może wstawić brakujące wartości. Jeśli nie brakuje żadnych danych, wyświetlany jest komunikat wskazujący początek i koniec zbioru danych, jak pokazano na rysunku 4.5.



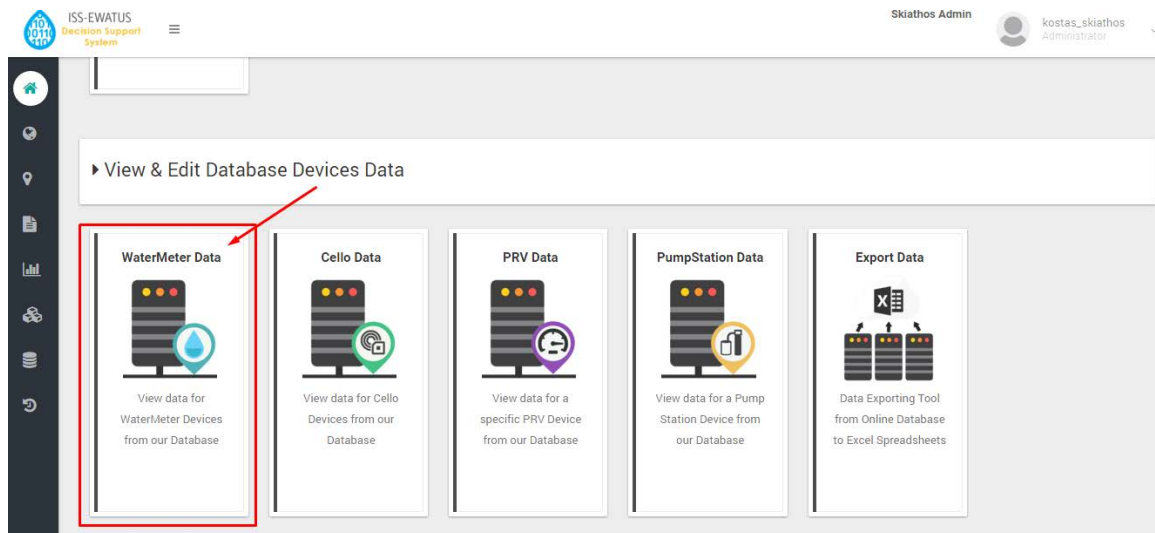
Rysunek 4.5: *Przykład komunikatu o braku luk w danych dla analizowanego okresu*

5. Przeglądanie i edycja danych zgromadzonych w bazie dla poszczególnych urządzeń w sieci wodociągowej

Wdrożenie modułów monitorowania i prognozowania systemu DSS jest w dużym stopniu oparte na danych, które wysyłają do bazy urządzenia monitorujące stan sieci wodociągowej. Dlatego istotne jest aby zapewnić odpowiednią jakość tych danych. System oferuje użytkownikom bezpośrednio z aplikacji WWW możliwość przeglądania danych dla różnych urządzeń sieci wodociągowej, sprawdzania brakujących danych i edycji błędnych wartości.

5.1. Dane dotyczące zużycia wody w sieci

Urządzenia do pomiaru zużycia wody (wodomierze) są obiektami dla oprogramowania, ale w tym samym czasie są traktowane jako geowęzły w przestrzennej bazie danych. Geowęzły zawierają z kolei dane o zużyciu wody pochodzące z odczytów wodomierzy w poszczególnych okresach rozliczeniowych. Monitorowanie odpowiedniej tabeli bazy danych jest użyteczne i jednocześnie proste, a wybór tej funkcji odbywa się poprzez boczne okno nawigacji bądź główne okno aplikacji ISS-EWATUS (Rysunek 5.1).



Rysunek 5.1: Wybór opcji przeglądania i edycji danych z urządzeń do pomiaru zużycia wody

Po wybraniu odpowiedniej ikony, użytkownik zostaje przekierowany do strony monitorowania bazy danych. Górny panel zawiera mapę ze wszystkimi dostępnymi wodomierzami dla wybranego miasta. Użytkownik może wybrać identyfikator wodomierza wraz z okresem użycia i naciskając przycisk "Pokaż dane" („View Data”) aplikacja sieciowa pobiera wszystkie rekordy bazy danych wybrane na podstawie kwerendy opartej o dane wejściowe. Wyniki są wyświetlane w widoku tabeli, sortowane na podstawie znaczników daty i czasu. System zawiera podstawowy schemat o strukturze tabeli i główne informacje. Pola „Odczyt”, „Zużycie” oraz „Data i Czas” są najważniejszymi zmiennymi dla każdego rekordu.

Użytkownicy mogą przeglądać i monitorować te wartości lub edytować je, jeśli to konieczne, naciskając łącze "edytuj" w odpowiednim wierszu tabeli. Pokazuje to rysunek 5.2.

	DataID	GeoNodeID	FlowmeterID	Reading	Consumption
Edit	f68cf02d-70a1-4bf1-8546-8e661ba3d382	7877	0047000000		30
Edit	61038621-afe1-4181-a4e0-423fa6332112	7877	0047000000		169
Edit	c9229d0f-52d0-4188-bc59-43f143be3de3	7877	0047000000		92
Edit	2c28cba8-2d69-4604-bf32-74422494c6b4	7877	0047000000		26
Edit	39d2129f-2188-40f4-a808-61b9bc2c3844	7877	0047000000		95
Edit	6ac6187f-aa92-4514-aac0-f043a605621f	7877	0047000000		186
Edit	24d6895c-89cc-49f7-b642-d96b32cbfc5b	7877	0047000000		15
Edit	9daf41a4-5a0c-4ac0-a5fe-7a7823bfea4a	7877	0047000000		2
Edit	7f1d4216-e703-4559-a897-9cb4847b12cd	7877	0047000000		2
Edit	4a0a072e-d479-4030-9f04-f291873a791a	7877	0047000000		21

Rysunek 5.2: Przeglądanie i edycja danych dotyczących wodomierzy bezpośrednio z mapy lub z kwerendy bazodanowej

5.2. Dane urządzeń monitorujących ciśnienie

W ten sam sposób, jak opisano powyżej, użytkownicy mogą przeglądać i edytować rekordy bazy danych dla urządzeń monitorujących ciśnienie wody (w miastach testujących DSS – urządzenia Cello). Z powodu dużych zestawów danych zaleca się, aby stosować kwerendy dla krótszych okresów ponieważ każde z urządzeń testowanych w ramach projektu wysyła dane do zdalnej bazy danych co 5-15 minut. W zależności od konfiguracji urządzenia dostępne odczyty mogą obejmować poza ciśnieniem wody również inne parametry jak na przykład natężenie przepływu i objętość wody. Wartości wraz z ich znacznikami daty/czasu i mogą być przeglądane lub edytowane przez użytkownika. Jeśli został zaobserwowany brak danych przez okres dłuższy niż 2-3 dni, użytkownik musi skontaktować się z zespołem programistów lub zespołem wsparcia aby rozwiązać problem transmisji danych z urządzeń pomiarowych. Rysunek 5.3 przedstawia opisywaną funkcję.

ISS-EWATUS
Decision Support System

Skiathos Admin
kostas_skiathos
Administrator

1) Please select a time period:
Date Start: 02-03-2016 Date End:

2) Select Cello Device: 3760

* Due to large amount of data it is advised to query the database for specific time periods in order to have faster results.

VIEW DATA

	DataID	GeoNodeID	FlowRate	Volume	Pressure	DateTime
Edit	7496781f-8b5d-4d63-926e-5d954cc515cf	3760			39.0177993774414	20/03/2016 13:45:00
Edit	a58b8417-c05c-4919-85cc-bf82710866cc	3760			36.0177993774414	20/03/2016 13:30:00
Edit	70ba0ee1-7fa7-46ec-abcfe4415acd9395	3760			31.0177993774414	20/03/2016 13:15:00
Edit	7b8b97e1-88ba-48cc-accd-5303163208cf	3760			25.5177993774414	20/03/2016 13:00:00
Edit	8d6009fd-7b17-40f0-a6a7-0bf5237d9c43	3760			19.0177993774414	20/03/2016 12:45:00
Edit	4d7913e9-ddf6-49ae-8829-8dae9125ff22	3760			12.5178003311157	20/03/2016 12:30:00
Edit	6a1158e4-7fbc-465c-b6b9-f46b67cce797	3760			7.51779985427856	20/03/2016 12:15:00
Edit	435775f9-b117-4f82-b17b-01b4940390ac	3760			4.01779985427856	20/03/2016 12:00:00
Edit	c92945a2-edd1-42ea-a5a0-7899c28c353b	3760			3.01780009269714	20/03/2016 11:45:00

Rysunek 5.3: Przeglądanie i edycja danych z urządzeń monitorujących ciśnienie wody bezpośrednio z mapy lub z kwerendy

5.3. Dane urządzeń regulujących ciśnienie w sieci

Zawory redukcyjne PRV (*Pressure Reduction Valve*) odgrywają ważną rolę w systemie wspomaganie decyzji. Ich pomiary są wykorzystywane nie tylko do monitoringu stanu sieci, ale również do prognozowania zapotrzebowania na wodę i do optymalizacji ciśnienia. Użytkownik może wyświetlać dane z bazy dla urządzeń PRV z danego miasta poprzez kwerendy dla pewnego okresu czasu. W tle funkcjonują odpowiednie usługi internetowe, które są wywoływane w celu dostarczenia tych danych. Ze względu na dużą ilość danych dostępnych z tych urządzeń (dane gromadzone co 5-10 minut i codziennie składowane w zdalnej bazie danych) zaleca się, aby odpytywać bazę o krótsze okresy, co zapewni szybsze rezultaty. Użytkownicy mogą przeglądać wszystkie dostępne dane, które zawierają wartości ciśnienia dopływu, ciśnienia odpływu i natężenia przepływu. Jeśli odnotowany zostanie brak danych przez okres większy niż 2-3 dni, użytkownicy proszeni są o skontaktowanie się z zespołem wsparcia systemu. Rysunek 5.4 pokazuje tę funkcjonalność.

ISS-EWATUS
Decision Support System

Skiathos Admin Administrator

GeoNodeID: 7747
 NodeType: 8
 X: 454749.209225823
 Y: 4334964.99286423

1) Please select a time period
 Date Start: 16-03-2016
 Date End:

* Due to large amount of data it is advised to query the database for specific time periods in order to have faster results.

VIEW DATA

DataID	GeoNodeID	Outlet	Inlet	FlowRate	DateTime
Edit 3d0d524a-4b2b-4eb7-b943-79ff240418c8	7747	4.36409997940063	7.8439998626709	148.399993896484	20/03/2016 14:15:00
Edit 29018bc4-d0b1-42d0-ac6f-bca6a268961f	7747	4.36409997940063	7.8439998626709	150	20/03/2016 14:00:00
Edit 0e24f956-bb84-4746-a70b-6a61c69ff2fd	7747	4.36409997940063	8.04010009765625	153.600006103516	20/03/2016 13:45:00
Edit e786a9c3-20bf-44b2-bc83-2ee7eb8c9bab	7747	4.36409997940063	8.04010009765625	152.800003051758	20/03/2016 13:30:00
Edit dbffcb36-5179-4a1a-a29d-1107fb556154	7747	4.36409997940063	7.74599981307983	148.800003051758	20/03/2016 13:15:00
Edit 537631bb-e0ed-4db4-bf04-474ec551689e	7747	4.36409997940063	8.04010009765625	146	20/03/2016 13:00:00
Edit dd6e0880-bd85-4041-9c0c-5410ba1949f0	7747	4.36409997940063	7.94210004806519	148	20/03/2016 12:45:00

Rysunek 5.4: Przeglądanie i edycja danych z urządzeń typu PRV (ciśnienie wody na wlocie i wylocie oraz przepływ) bezpośrednio z mapy lub poprzez kwerendę bazy danych

5.4. Dane z monitoringu źródeł wody

Ostatnią grupą urządzeń, które użytkownicy mogą monitorować i zmieniać swoje rekordy bazy danych są urządzenia monitorujące źródła zaopatrzenia w wodę (np. ujęcia). W zależności od typu urządzenia i jego konfiguracji, dla każdego miasta tabela danych może zawierać różne zakresy parametrów np. natężenie przepływu, objętość wody lub ciśnienie. Częstotliwość pomiarów także może być różna. Zasady przeglądania i edycji danych jest taka sama jak w przypadku danych opisanych powyżej. Rysunek 5.5 pokazuje tę funkcjonalność.

The screenshot displays the ISS-EWATUS Decision Support System interface. At the top, the user is logged in as 'Skiathos Admin' with the role of 'Administrator'. The main area is divided into three sections:

- Map:** A map showing a location with a red line and a yellow marker. Below the map is a 'Street View' dropdown.
- Data Entry Fields:**
 - GeoNodeID: 3994
 - NodeType: 7
 - X: 454750.491150842
 - Y: 4334965.07942652
 - Date Start: [input field]
 - Date End: 07-03-2016
 - A 'VIEW DATA' button is located below these fields.
- Data Table:** A table with the following columns: DataID, GeoNodeID, FlowRate, Volume, Pressure, and DateTime. The table contains several rows of data for GeoNodeID 3994.

Rysunek 5.5: Przeglądanie i edycja danych z urządzeń monitorujących źródła wody bezpośrednio z mapy lub poprzez kwerendę bazy danych

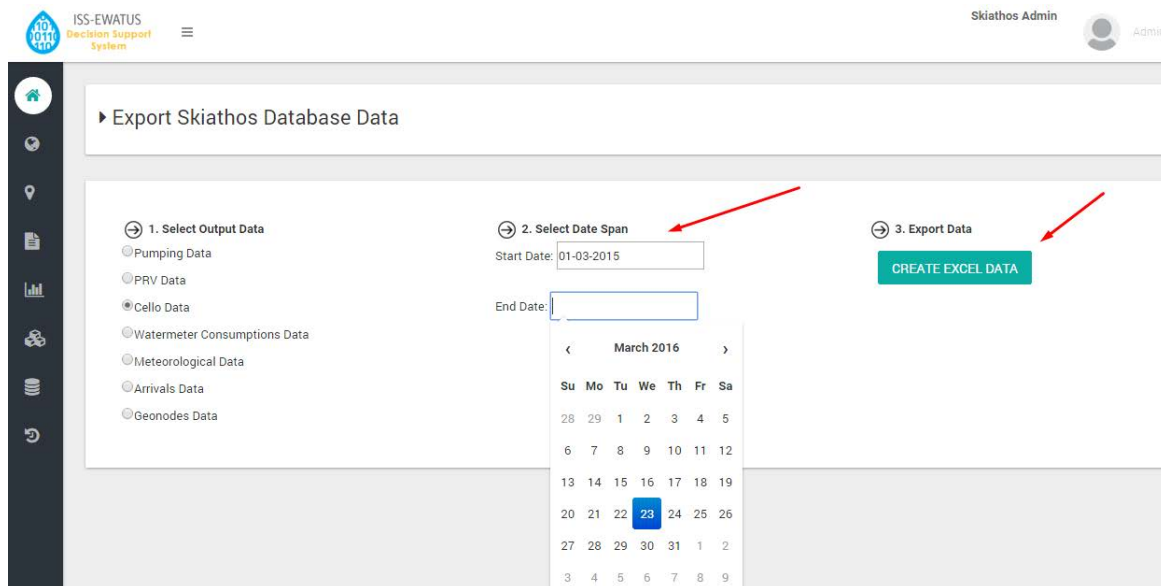
5.5. Eksport danych

W niektórych przypadkach może być przydatne dla użytkownika, aby eksportować duże ilości danych ze zdalnej bazy dla celów badawczych lub na potrzeby analiz i raportowania. Aplikacja internetowa oferuje taką funkcjonalność bez konieczności korzystania z innego oprogramowania lub narzędzia do połączenia z bazą danych (Rysunek 5.6).

The screenshot shows the 'Database Devices Data' section of the ISS-EWATUS Decision Support System. The interface includes a sidebar menu on the left with options like 'Landzones', 'Geonodes', 'Data Management', 'Monitoring', 'Prediction Algorithms', 'View Data', 'Pumping Station', 'Watemeters', 'Cellos', 'PRV', 'Export Data', and 'History'. The main content area displays four data viewing options: 'Cello Data', 'PRV Data', 'PumpStation Data', and 'Export Data'. The 'Export Data' option is highlighted with a red box and a red arrow pointing to it. The 'Export Data' card contains an icon of a server and a document, and the text: 'Data Exporting Tool from Online Database to Excel Spreadsheets'.

Rysunek 5.6: Wybór narzędzia do eksportu danych z bazy

Podczas uruchamiania tergo modułu użytkownik zostaje przekierowany do strony internetowej zawierającej listę wyboru wszystkich dostępnych do eksportu rekordów bazy danych. Wybierając typ urządzenia oraz okres, system pobiera wszystkie odpowiednie rekordy bazy danych i eksportuje je do arkusza kalkulacyjnego programu Excel (Rysunek 5.7).



Rysunek 5.7: Proces eksportu danych z bazy do programu EXCEL

Poniżej można zobaczyć kilka przykładów eksportu danych dotyczących monitoringu ujęcia i zaworów redukcyjnych do plików EXCEL (rysunki 5.8 i 5.9).

DataID	GeoNodeID	FlowRate	Volume	Pressure	DateTime	RegDate	UserName
d33e3189-68f4-4fdd-94e2-256aefb69261	3994	3994	2653	2653	19/3/2016	21/3/2016 4:46	Kostas
3150396e-49d2-427b-9372-e5bbd751b121	3994	3994	3096	3096	18/3/2016	20/3/2016 4:46	Kostas
ca1582cc-a812-417a-b646-b8d31676d7c1	3994	3994	3033	3033	17/3/2016	19/3/2016 4:46	Kostas
d860f3e8-1b64-4f6e-9a62-7e535f13d9ea	3994	3994	2967	2967	16/3/2016	18/3/2016 4:46	Kostas
e3355b75-6113-4b55-8140-72626e743dcb	3994	3994	2983	2983	15/3/2016	17/3/2016 4:46	Kostas
1c4e04d6-838c-449d-a617-61c70709c5cd	3994	3994	2819	2819	14/3/2016	16/3/2016 4:46	Kostas
1532b68f-89ae-471c-b835-10b3107e5f97	3994	3994	2672	2672	13/3/2016	15/3/2016 4:46	Kostas
263d7050-2400-4bbd-bd9c-4f02996c2652	3994	3994	2664	2664	12/3/2016	14/3/2016 4:46	Kostas
58d809b2-e091-443e-ae95-e6176144254e	3994	3994	2709	2709	11/3/2016	13/3/2016 4:46	Kostas
90de2df7-1abd-440d-a295-995525f5a70e	3994	3994	2858	2858	10/3/2016	13/3/2016 4:46	Kostas
ca0e853b-245c-48ed-9c41-087202027ea	3994	3994	2476	2476	9/3/2016	13/3/2016 4:46	Kostas
806d75c6-9438-4db3-a8f6-56d9efb103e8	3994	3994	2828	2828	8/3/2016	13/3/2016 4:46	Kostas
4b88a0ea-03f5-4495-9b82-3506ca576922	3994	3994	2735	2735	7/3/2016	13/3/2016 4:46	Kostas
e5f66cdb-be94-4556-9f37-9339d205d7cb	3994	3994	2862	2862	6/3/2016	13/3/2016 4:46	Kostas
d5a7ff68-d105-48a8-8ed7-b9af0774437b	3994	3994	2886	2886	5/3/2016	13/3/2016 4:46	Kostas
7e7a4aaa-ea1c-4068-ab86-ef572e0ea138	3994	3994	2229	2229	4/3/2016	13/3/2016 4:46	Kostas
c9e6840e-b2ba-4a99-8d18-b4622f429538	3994	3994	2503	2503	3/3/2016	13/3/2016 4:46	Kostas
f9c859db-2193-498c-ab9e-5de9374b9209	3994	3994	2653	2653	2/3/2016	5/3/2016 4:46	Kostas
b307b0e7-0d6a-4da6-b834-bd78b7219800	3994	3994	2838	2838	1/3/2016	5/3/2016 4:46	Kostas

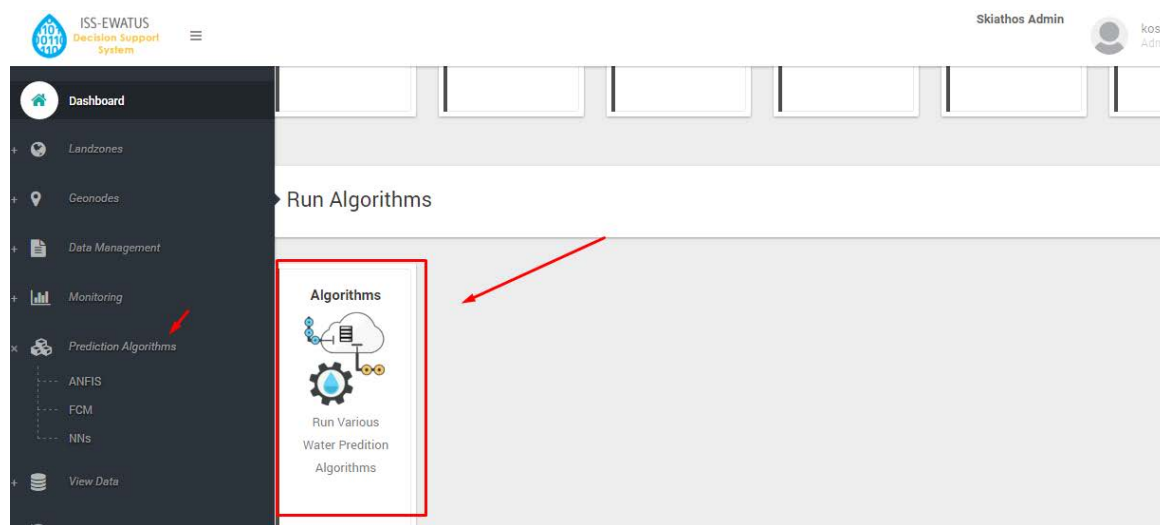
Rysunek 5.8: Wynik procesu eksportu danych dotyczących ujęcia (źródła) wody do arkusza kalkulacyjnego

A1		ISS EWATUS - DSS Export Data Tool							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	ISS EWATUS - DSS Export Data Tool								
2									
3	DataID	GeoNodeID	Outlet	Inlet	FlowRate	DateTime	RegDate	UserName	
4	3d0d524a-4b2b-4eb7-b943-79ff240418c8	7747	4,364099979	7,843999863	148,3999939	20/3/2016 14:15	20/3/2016 14:48	Tomasz	
5	29018bc4-d0b1-42d0-ac6f-bca6a268961f	7747	4,364099979	7,843999863	150	20/3/2016 14:00	20/3/2016 14:48	Tomasz	
6	0e24f956-bb84-4746-a70b-6a61c69ff2fd	7747	4,364099979	8,040100098	153,6000061	20/3/2016 13:45	20/3/2016 14:48	Tomasz	
7	e786a9c3-20bf-44b2-bc83-2ee7eb8c9bab	7747	4,364099979	8,040100098	152,8000031	20/3/2016 13:30	20/3/2016 14:48	Tomasz	
8	dbffcb36-5179-4a1a-a29d-1107fb556154	7747	4,364099979	7,745999813	148,8000031	20/3/2016 13:15	20/3/2016 14:48	Tomasz	
9	537631bb-e0ed-4db4-bf04-474ec551689e	7747	4,364099979	8,040100098	146	20/3/2016 13:00	20/3/2016 14:48	Tomasz	
10	dd6e0880-bd85-4041-9c0c-5410ba1949f0	7747	4,364099979	7,942100048	148	20/3/2016 12:45	20/3/2016 14:48	Tomasz	
11	ef079139-caf5-482a-a171-7f69b8370ce1	7747	4,364099979	8,040100098	145,6000061	20/3/2016 12:30	20/3/2016 14:48	Tomasz	
12	8058ee0f-b907-43db-b082-be7e81d88f94	7747	4,364099979	7,745999813	171,6000061	20/3/2016 12:15	20/3/2016 14:48	Tomasz	
13	b49fd070-1d38-45c8-bb3f-4f404c752a63	7747	4,364099979	7,843999863	128,8000031	20/3/2016 12:00	20/3/2016 14:48	Tomasz	
14	97293f7c-1f51-48a0-84fc-3c054d8e3854	7747	4,560299873	8,13809967	1,200000048	20/3/2016 11:45	20/3/2016 14:48	Tomasz	
15	c5477394-6272-4048-846f-7c07a8036ea9	7747	4,560299873	8,040100098	1,600000024	20/3/2016 11:30	20/3/2016 14:48	Tomasz	
16	a40598e0-acab-410e-a17d-9d3d7be50fe9	7747	4,560299873	8,13809967	0,800000012	20/3/2016 11:15	20/3/2016 14:48	Tomasz	
17	ffd47752-44fb-4304-89f9-0684fd8a64fa	7747	4,560299873	8,13809967	1,600000024	20/3/2016 11:00	20/3/2016 14:48	Tomasz	
18	1441568e-5ece-494e-af86-f32f059fe44b	7747	4,560299873	8,13809967	1,600000024	20/3/2016 10:45	20/3/2016 14:48	Tomasz	
19	dff0e3af-4cd9-4e6c-ac1f-281037382165	7747	4,560299873	8,13809967	1,600000024	20/3/2016 10:30	20/3/2016 14:48	Tomasz	
20	e8b0a2dd-de35-4ce4-b0b1-ddb2a7383bc0	7747	4,560299873	7,942100048	68,80000305	20/3/2016 10:15	20/3/2016 14:48	Tomasz	
21	39ce4a7f-32c4-410b-9043-71c64c8d1967	7747	4,364099979	7,745999813	134	20/3/2016 10:00	20/3/2016 14:48	Tomasz	
22	05a23349-ed4a-43eb-9bda-b6c1d1cb71db	7747	4,364099979	7,843999863	131,1999969	20/3/2016 9:45	20/3/2016 14:48	Tomasz	
23	a85aa9b3-d2e1-46b3-bb0b-b21e5cc2e4b0	7747	4,364099979	7,843999863	134,8000031	20/3/2016 9:30	20/3/2016 14:48	Tomasz	
24	dae4587b-d0a1-4b06-acea-00c440760dec	7747	4,364099979	7,942100048	126	20/3/2016 9:15	20/3/2016 14:48	Tomasz	

Rysunek 5.9: Wynik procesu eksportu danych PRV do arkusza kalkulacyjnego

6. Algorytmy prognozowania zapotrzebowania na wodę

Jedną z najważniejszych funkcjonalności zaimplementowanej aplikacji internetowej DSS jest moduł prognozowania zapotrzebowania na wodę. Prognozowane zapotrzebowanie na wodę jest następnie używane do wyznaczenia optymalnego ciśnienia w sieci dla kolejnego dnia. Dla każdego miasta, istnieje wiele algorytmów prognozowania opracowanych w oparciu o struktury sieci wodociągowych miasta oraz o szereg zmiennych. Użytkownik może uruchomić algorytm prognozowania w dowolnym momencie w celu wytworzenia przewidywanego dziennego zapotrzebowania na wodę na podstawie danych historycznych lub może generować profile natężenia przepływu i ciśnienia za pomocą modułów EPANET, które opisano w następnym rozdziale. Główne algorytmy, które zostały opracowane dla prognozowania zapotrzebowania na wodę to ANFIS (Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System), NN (Sieci neuronowe), FCMs (Fuzzy Cognitive Maps) i RCMEANS (clustering mean algorithm in R). Rysunek 6.1 przedstawia sposób uruchamiania modułu, który jest związany z prognozowaniem zapotrzebowania na wodę. Uruchomienie tego modułu kieruje użytkownika do kolejnego wyboru pomiędzy ikonami dla algorytmów opartych o metody ANFIS, FCM, NN lub RCMEANS. W zależności od specyfiki miasta, wdrożone zostały różne algorytmy prognozowania (Rysunek 6.2).



Rysunek 6.1: Wybór modułu prognozowania zapotrzebowania na wodę

The screenshot displays the 'Prediction Algorithms for Water Demand' section of the ISS-EWATUS Decision Support System. The interface includes a top navigation bar with the system logo and user information, and a left sidebar with navigation icons. The main content area features three algorithm cards: ANFIS, FCM, and NNs. Each card contains a diagram of the algorithm's process and a brief description.

▶ Prediction Algorithms for Water Demand

▶ ANFIS

Adaptive Neuro-Fuzzy Inference Systems. Anfis constructs a fuzzy inference system (FIS) whose membership function parameters are tuned (adjusted) using either a back propagation algorithm alone or in combination with a least squares type of

▶ FCM

Fuzzy Cognitive Maps. Anfis constructs a fuzzy inference system (FIS) whose membership function parameters are tuned (adjusted) using either a back propagation algorithm alone or in combination with a least squares type of

▶ NNs

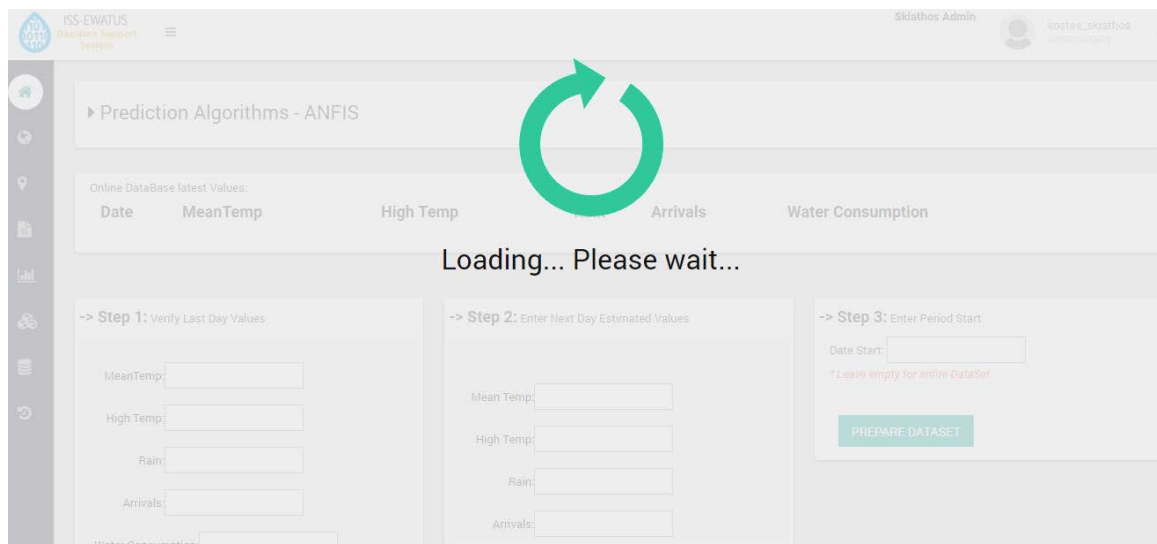
Neural Nets. more info goes here....

Rysunek 6.2: Wybór algorytmu prognozowania zapotrzebowania na wodę

System jest skonfigurowany tak, że dla każdego miasta (sieci wodociągowej) użyte są najbardziej dopasowane algorytmy prognozowania i zbiory danych wejściowych. Poniżej opisano zastosowanie i uruchomienie dostępnych modułów do prognozowania zapotrzebowania na wodę. Pierwszy moduł prognozowania opiera się na wykorzystaniu informacji o dobowym zużyciu wody w skali miasta, a także o warunkach meteorologicznych i o ruchu turystycznym. Drugi natomiast jest oparty na danych o natężeniu przepływu wody w sieci.

6.1. Algorytmy predykcji wielowymiarowych szeregów czasowych

Przy zastosowaniu algorytmów predykcji wielowymiarowych szeregów czasowych niezbędne jest zdefiniowanie, walidacja i przygotowanie wszystkich zbiorów danych, które będą wykorzystywane w procedurze predykcji. Gdy użytkownik wybierze algorytm wyświetlana jest odpowiednia strona WWW, która łąduje pewne dane pomocnicze z bazy danych (rysunek 6.3).



Rysunek 6.3: Proces ładowania danych z bazy na potrzeby uruchomienia algorytmów predykcji wielowymiarowych szeregów czasowych. Proces może trwać długo, szczególnie w przypadku algorytmów prognozowania uruchamianych dla pełnych danych historycznych.

Pierwszy panel górny zawiera tabelę zawierającą odczyty z ostatnich dni znajdujące się w bazie danych. Są one pomocne dla administratora w celu podjęcia decyzji odnośnie wejściowego zestawu danych dla algorytmów prognozowania. Pierwszym krokiem jest sprawdzenie wartości z ostatnich dni (celem jest sprawdzenie, czy w bazie znajdują się aktualne i poprawne dane). Następnie użytkownik musi wprowadzić szacunkowe wartości dla wszystkich pozostałych zmiennych (za wyjątkiem zapotrzebowania na wodę) dla następnego dnia, które będą używane do prognozowania całkowitego zapotrzebowania dla sieci wodociągowej. Te zmienne to średnia i maksymalna temperatura dobowa, dobowo suma opadu atmosferycznego oraz dane dotyczące zmiany liczby turystów. Zazwyczaj zmienność danych dotyczących liczby turystów nie zmieniają się znacznie z dnia na dzień. Często informacja o ruchu turystycznym nie jest też dokładna i dlatego, w takich sytuacjach użytkownik powinien podać wartości charakterystyczne na przykład dla tego samego sezonu ale z poprzednich lat lub z poprzedniego sezonu w danym roku o ile nie jest on znacząco różniący się pod względem liczby turystów.

Ponadto, użytkownik może również przeglądać ostateczne wartości poszczególnych zmiennych używanych do predykcji i może wprowadzić szacowane dane wejściowe. Następnie użytkownik musi wybrać okres początkowy, od którego będziemy generować zestawy danych do uczenia i testowania algorytmów prognozowania. Pozostawiając to pole (*okres początkowy*) puste system utworzy zestawy danych ze wszystkich dostępnych rekordów znajdujących się w tabelach bazy danych więc będzie produkować lepsze, bardziej dokładne wyniki. Jednakże jest to przypadek, w którym powstają opóźnienia czasowe w obliczaniu wyników. Zazwyczaj użytkownicy ustawiają zestaw danych do uczenia według własnych potrzeb. Następnie musimy wywołać przygotowanie zestawu danych poprzez naciśnięcie przycisku "przygotowanie zestawu danych" ("Prepare Dataset"), w ten sposób aplikacja rozpocznie zbieranie i manipulowanie wszystkimi obiektami danych na potrzeby wykonywania algorytmów. Ilustruje to rysunek 6.4.

ISS-EWATUS Decision Support System

Skiathos Admin kostas_skiathos Administrator

Prediction Algorithms - ANFIS

Online DataBase latest Values:

Date	MeanTemp	High Temp	Rain	Arrivals	Water Consumption
15/03/2016	8.9	11	1.2	0.0961612903225806	2983
16/03/2016	9.4	10.7	3	0.0961612903225806	2967
17/03/2016	9.2	10.2	1.2	0.0961612903225806	3033
18/03/2016	11.2	15.1	0.2	0.0961612903225806	3096
19/03/2016	13.4	16.5	6	0.0961612903225806	2653

-> Step 1: Verify Last Day Values

MeanTemp: 13.4
High Temp: 16.5
Rain: 6
Arrivals: 0.0961612903225806

-> Step 2: Enter Next Day Estimated Values

Mean Temp:
High Temp:
Rain:
Arrivals:

-> Step 3: Enter Period Start

Date Start:
* Leave empty for entire DataSet

PREPARE DATASET

Rysunek 6.4: Proces ustawiania parametrów dla uruchomienia algorytmów prognozowania: (a) weryfikacja danych z ostatniego okresu, (b) wprowadzenie szacunkowych wartości dla następnego dnia, (c) wprowadzenie okresu początkowego dla uczenia algorytmów

Podczas generowania i przygotowanie danych wyświetlany jest ekran oczekiwania na dane. Gdy procedura zakończy się, odpowiedni komunikat jest wyświetlany, a następnie jest ładowany nowy panel aplikacji (Rysunki 6.5 i 6.6).

ISS-EWATUS Decision Support System

Skiathos Admin kostas_skiathos Administrator

Online DataBase latest Values:

Date	MeanTemp	High Temp	Rain	Arrivals	Water Consumption
15/03/2016	8.9	11	1.2	0.0961612903225806	2983
16/03/2016	9.4	10.7	3	0.0961612903225806	2967
17/03/2016	9.2	10.2	1.2	0.0961612903225806	3033
18/03/2016	11.2	15.1	0.2	0.0961612903225806	3096
19/03/2016	13.4	16.5	6	0.0961612903225806	2653

We are Preparing your Data... Please wait...

-> Step 1: Verify Last Day Values

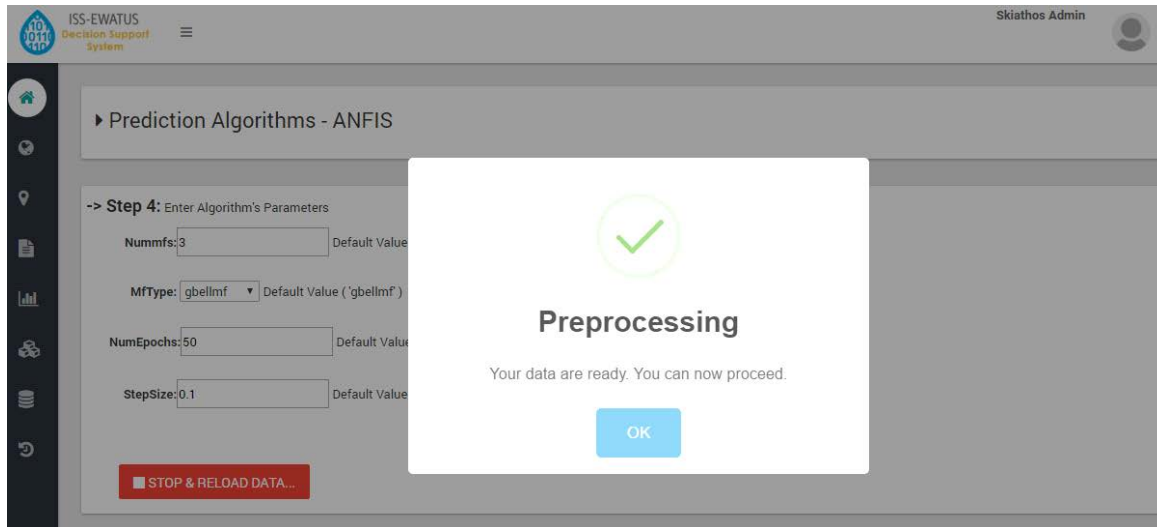
MeanTemp: 13.4

-> Step 2: Enter Next Day Estimated Values

-> Step 3: Enter Period Start

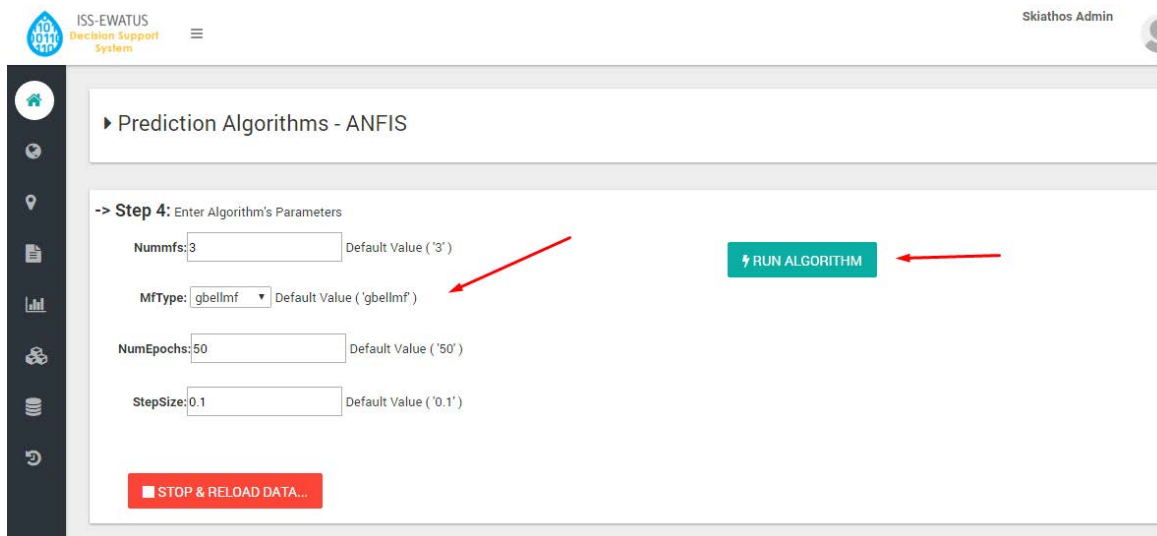
Date Start:
* Leave empty for entire DataSet

Rysunek 6.5: Ekran oczekiwania na przygotowanie danych dla algorytmu prognozowania zapotrzebowania na wodę



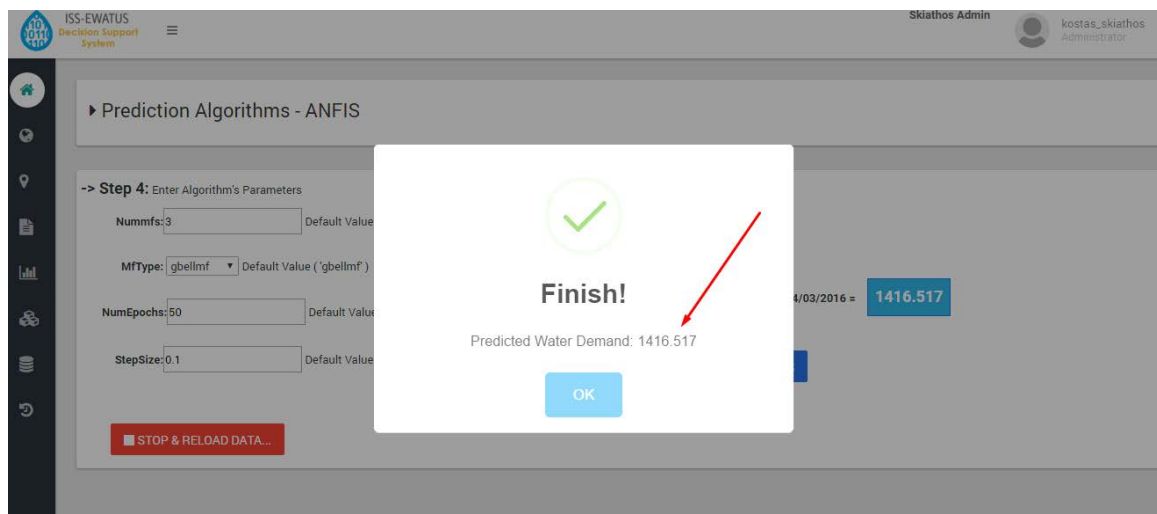
Rysunek 6.6: Ekran, który informuje użytkownika o zakończeniu procesu uczenia i zainicjowaniu algorytmu prognozowania

Na podstawie wybranego algorytmu aplikacja oferuje użytkownikom możliwość skonfigurowania i dostosowania parametrów algorytmu w zależności od potrzeb. Należy zauważyć, że wszystkie algorytmy są ładowane przy użyciu domyślnych ustawień, które w testach ustalono jako najbardziej wydajne, ale dla celów optymalizacji, użytkownik może zmienić je w celu skalibrowania procedur predykcji. Nie jest to łatwe zadanie i powinno być przy wsparciu eksperta znającego zastosowane metody predykcji (rysunek 6.7). Po wprowadzeniu oraz walidacji wszystkich parametrów algorytmów użytkownik musi nacisnąć przycisk "Uruchom algorytm" („Run Algorithm”).



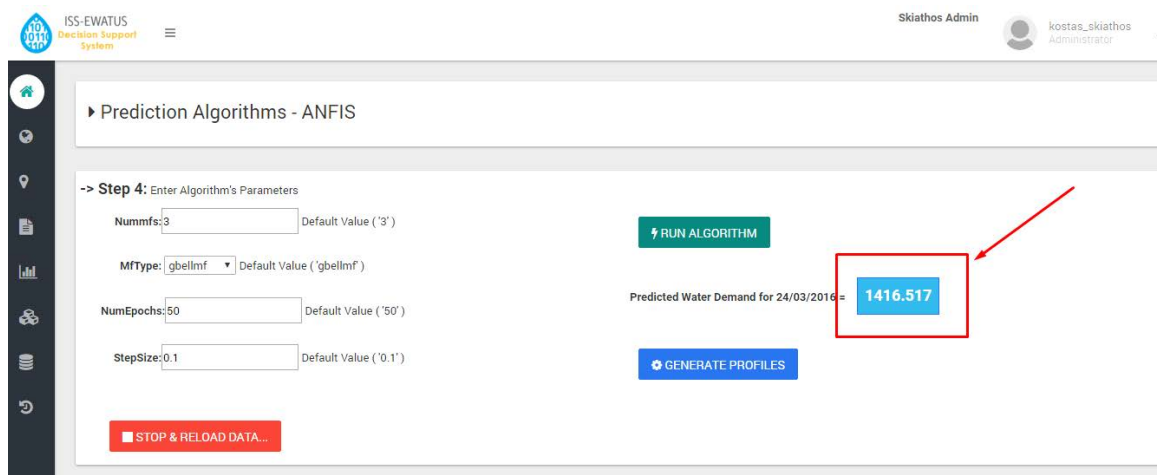
Rysunek 6.7: Wstawienie parametrów algorytmu (przykład metody ANFIS) (tj. liczba funkcji przynależności, typ funkcji przynależności, liczba epok dla których algorytm powinien być uczony oraz wielkość kroku uczenia).

W tym momencie system DSS rozpoczyna wykonanie wybranego algorytmu z parametrami użytkownika i uprzednio przygotowanymi zestawami danych. Po zakończeniu procedury przewidywane zapotrzebowanie na wodę w sieci wodociągowej jest wyświetlane na ekranie (Rysunek 6.8 i 6.9).



Rysunek 6.8: Zakończenie prognozowania wyświetlające przewidywane zapotrzebowanie na wodę dla całej sieci na następną dzień

Obliczone zapotrzebowanie może być użyte następnie do wygenerowania profilu, czyli zmieniającego się w czasie doby zapotrzebowania na wodę (Rysunek 6.9).

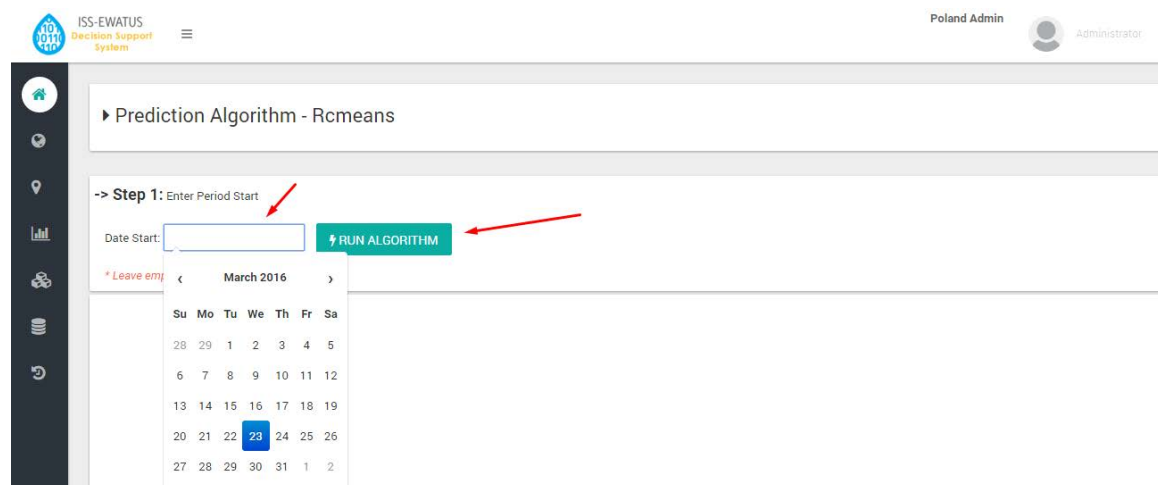


Rysunek 6.9: Powiązana funkcja generowania profili po obliczeniu zapotrzebowania na wodę

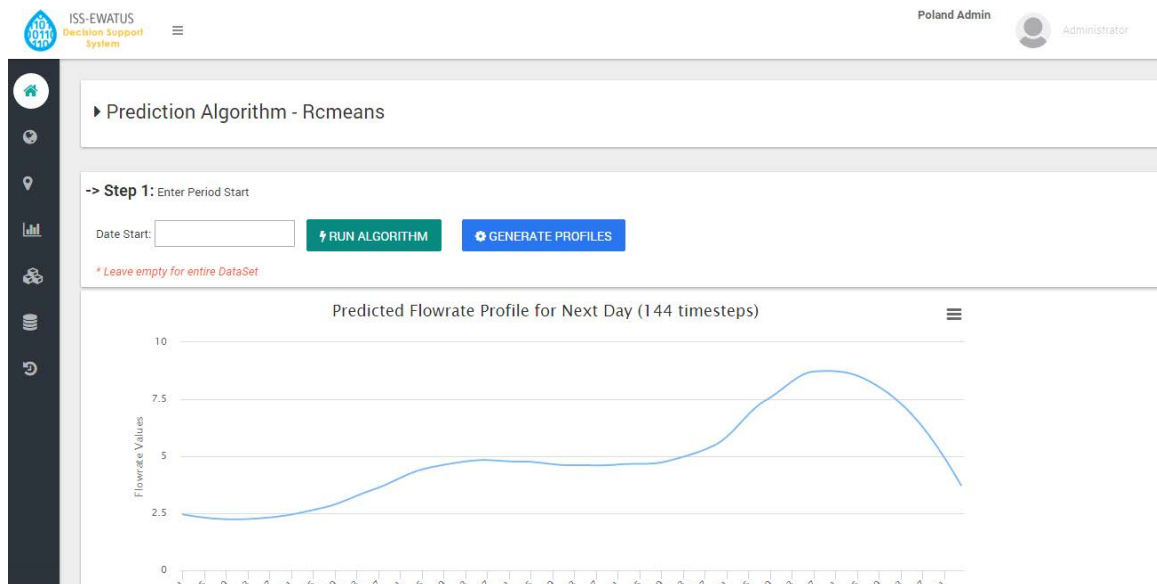
Te same kroki są używane dla wszystkich wielowymiarowych algorytmów predykcyjnych, tj. w rozmytych mapach kognitywnych (Fuzzy Cognitive Maps – FCM) i sieciach neuronowych (Neural Networks - NN) z tą tylko różnicą, że różne algorytmy wymagają innych parametrów wejściowych (Rysunek 6.9), które mogą być użyte przez użytkownika do kalibracji modułu prognozowania.

6.2. Algorytmy predykcji jednowymiarowych szeregów czasowych

W przypadku gdy dla sieci wodociągowej dysponujemy pomiarem natężenia przepływu, ale ani warunki meteorologiczne ani przyjazdy turystów nie wpływają na zapotrzebowanie na wodę, DSS wykorzystuje algorytmy predykcji jednowymiarowych szeregów czasowych, jak RCMEANS, który jest algorytmem klastrującym w oparciu o c-średnich. Dla tej implementacji, użytkownik DSS musi zdefiniować zestaw danych do uczenia i okres testowania, a aplikacja automatycznie przygotowuje rekordy danych z bazy danych przestrzennych i wykonuje ten algorytm. Uruchomienie algorytmu pokazano na rysunku 6.10 i 6.11.



Rysunek 6.10: Wykorzystanie algorytmu predykcji jednowymiarowych szeregów czasowych dla przypadku, gdzie dane meteorologiczne i socjoekonomiczne nie mają wpływu na prognozowanie zapotrzebowania na wodę



Rysunek 6.11: Wynik prognozowania zapotrzebowania na wodę uzyskany metodą RCMEANS

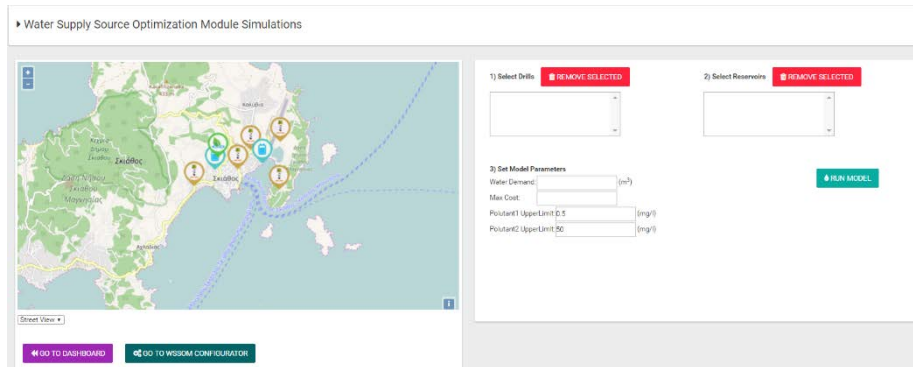
Wszystkie algorytmy prognozowania opisane w niniejszym rozdziale umożliwiają generowanie profili natężenia przepływu (dopływu do sieci) (patrz rysunek 6.11). Ten profil jest następnie wykorzystywany przez system w celu utworzenia profilu ciśnienia z wykorzystaniem modelu EPANET, jak opisano w następnym rozdziale.

6.3. Optymalizacja źródła zasilania w wodę

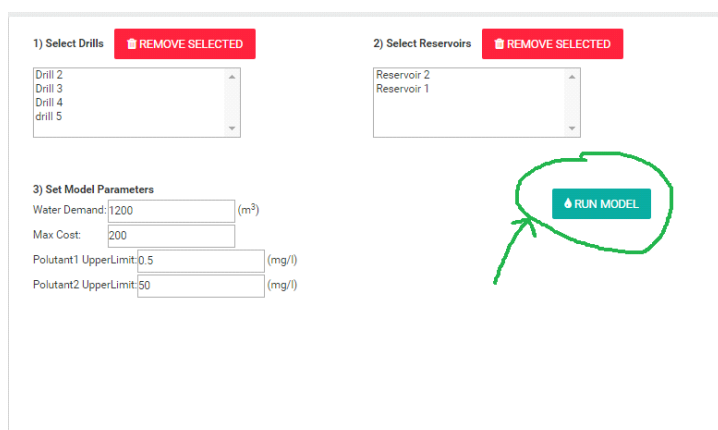
W tym module zapewniamy metodę wnioskowania służącą do optymalizacji wyboru źródeł zaopatrzenia w wodę wykorzystywanych w systemie dystrybucji wody zgodnie z ustalonymi wcześniej kryteriami. Stosowane kryteria są następujące: zapotrzebowanie na wodę, maksymalny koszt wody (jako koszt w przeliczeniu na jednostkę objętości) oraz jakość wody. Moduł bazuje na modelu WSSOM (Water Supply Source Optimization Model), który opracowano na potrzeby projektu ISS-EWATUS. Gdy użytkownik wybierze ten moduł system przekieruje go na stronę internetową, która pokazuje obszar zainteresowania (sieć dystrybucji wody), źródła wody, a także wartości wyżej wymienionych kryteriów optymalizacji. Rysunek 6.12 przedstawia główną stronę modułu optymalizacji źródeł zaopatrzenia w wodę.

Jak widać na rysunku, użytkownik po wybraniu tej opcji może albo wybrać pierwsze z dostępnych źródeł, które brane są pod uwagę w metodzie wnioskowania, albo przejść bezpośrednio do konfiguratora źródła wody poprzez naciśnięcie przycisku „Run WSSOM Configurator” (Uruchom konfigurator WSSOM).

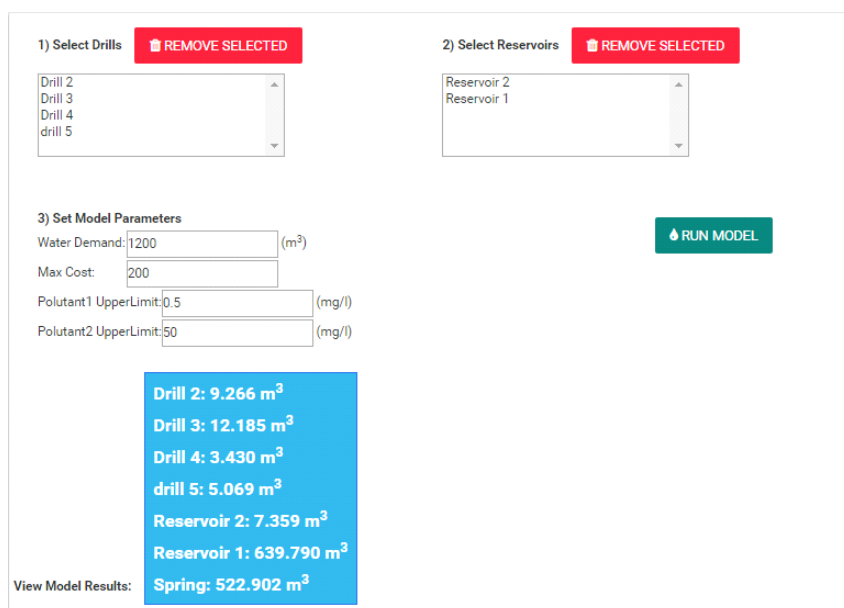
W pierwszym przypadku, gdy użytkownik wybierze odpowiednie źródła i ustali kryteria, naciska przycisk „Run model”, aby uruchomić moduł jak pokazano na rysunku 6.13. Wyniki symulacji są wyświetlane na tej samej stronie, jak pokazano na rysunku 6.14.



Rysunek 6.12: Okno aplikacji służące do optymalizacji źródeł wody zasilającej sieć

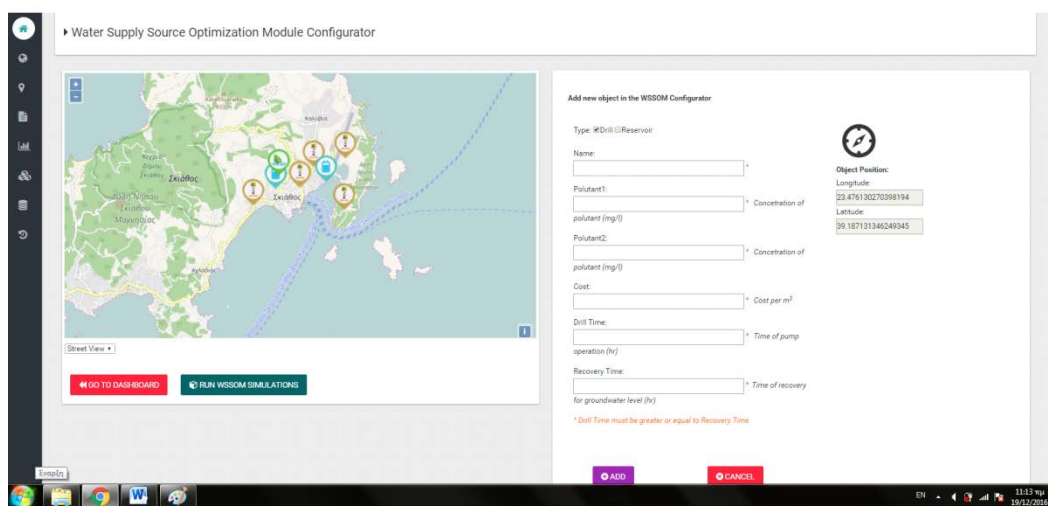


Rysunek 6.13: Uruchomienie modelu WSSOM.



Rysunek 6.14: Wyniki uruchomienia modelu WSSOM.

W przypadku, gdy użytkownik wcześniej chce skonfigurować źródła zaopatrzenia w wodę, wówczas wybiera „konfigurator WSSOM” (Rysunek 6.15). Sposób, w jaki działa konfigurator jest następujący: użytkownik najpierw klika na mapie w miejscu, w którym istnieje źródło wody. Można powiększyć lub pomniejszyć mapę w celu znalezienia dokładnego położenia. Odpowiednie współrzędne są wyświetlane na karcie obok mapy (patrz rysunek 6.15). Alternatywnie użytkownik może bezpośrednio wprowadzić współrzędne geograficzne w polach tekstowych. Następnie użytkownik może podać alias do źródła, może określić jaki jest typ zasobu (ujęcie podziemne lub powierzchniowe), może określić występujące zanieczyszczenia, może określić koszty związane z poborem i wreszcie określić czas pompowania i odtwarzania zwierciadła, z tym, że czas pompowania musi być zawsze większy lub równy czasowi odtwarzania zwierciadła wody. Po zakończeniu konfiguracji użytkownik może przystąpić do części symulacji, jak określono wcześniej w tym rozdziale.



Rysunek 6.15: Strona konfiguracji modelu WSSOM

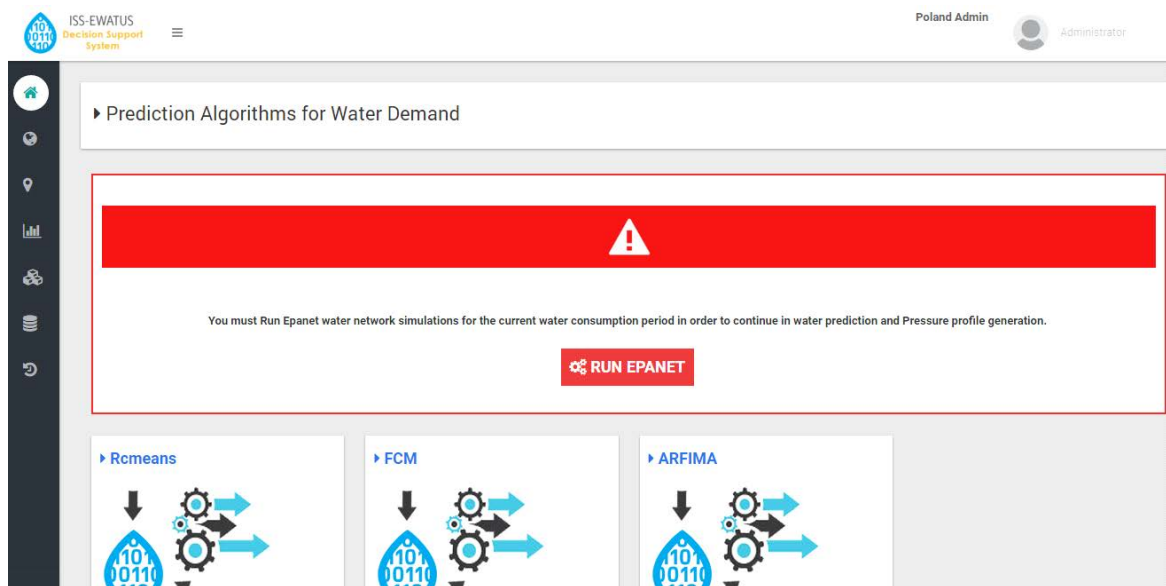
7. Profile przepływu i ciśnienia w oparciu o model EPANET

Oprócz funkcji prognozowania dobowego zapotrzebowania na wodę oraz profili natężenia przepływu system wspomaganie decyzji powiązany jest z modelem EPANET, jednym z najpowszechniej stosowanych modeli hydraulicznych, dających możliwość obliczania profili ciśnienia w sieci wodociągowej. Opisany moduł systemu wspomaganie decyzji pozwala użytkownikom generować profile ciśnienia na podstawie prognozowanego zapotrzebowania na wodę bez konieczności uruchamiania symulacji modelu EPANET za każdym razem. Profile ciśnienia mają być optymalizowane przez model tak, aby zapewnić odbiorcom prognozowaną ilość wody i jednocześnie utrzymać minimalne ciśnienie wymagane w określonych punktach sieci wodociągowej.

Zasadniczo symulacje EPANET są uruchamiane za pomocą skryptu po każdym okresie rozliczeniowym. Powodem, dla którego przyjęto taką metodę, jest konieczność dezagregacji całkowitego zużycia wody w sieci na poszczególne strefy na podstawie aktualnych odczytów wodomierzy. Każda ze stref odpowiada jednemu węzłowi modelu, który w przypadku małych sieci wodociągowych może reprezentować indywidualne wodomierze (jak w dzielnicy miasta Sosnowiec testującej DSS) lub w przypadku większych sieci, może reprezentować grupy wodomierzy, opisane w rozdziałach 2.2 i 3.3-3.5 (jak w mieście Skiathos, testującym DSS).

Aby uzyskać dostęp do modułu EPANET i wygenerować profile ciśnienia, użytkownik musi najpierw uruchomić algorytm prognozowania (opisany w poprzednim rozdziale), a następnie uruchomić funkcję „Generate Profiles” („Generuj profile”), która jest automatycznie wyświetlana, po zakończeniu obliczeń algorytmu prognozującego zapotrzebowanie na wodę (Rysunek 7.1).

Gdy użytkownik wchodzi na stronę z algorytmami prognozowania, System wspomaganie decyzji sprawdza rekordy w bazie danych dla poprzednich symulacji EPANET. Jeżeli w bazie nie ma wyników symulacji dla ostatniego okresu rozliczeniowego, wyświetlany jest komunikat ostrzegawczy (rysunek 7.1).

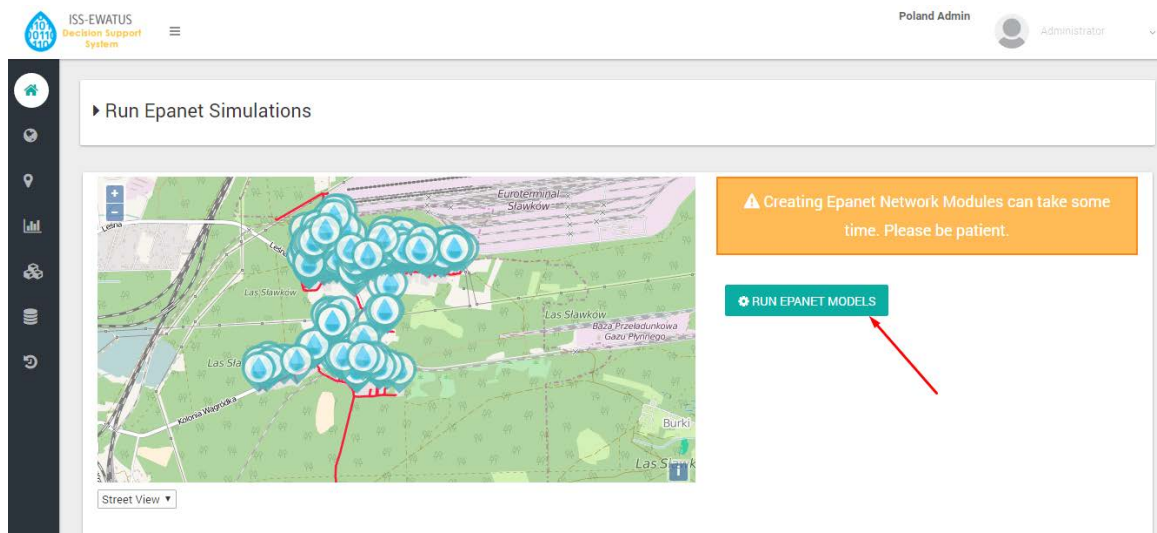


Rysunek 7.1: Komunikat systemu sugerujący użytkownikowi uruchomienie symulacji EPANET gdy pojawił się nowy okres odczytu wodomierzy lub nie wykonano jeszcze żadnej symulacji.

Zaleca się, aby wykonać wówczas procedurę symulacji EPANET wciskając przycisk "RUN EPANET". Po wykonaniu obliczeń modelu EPANET użytkownik nie musi ponownie uruchamiać tego modułu, aż do chwili wprowadzenia do bazy danych dla następnego odczytu wodomierzy.

W razie potrzeby w dolnej części okna z algorytmami prognozowania zapotrzebowania na wodę, istnieje również panel, który przekierowuje użytkowników do przeprowadzenia symulacji EPANET na żądanie. Można z niego skorzystać gdy ma się wiedzę, że w bazie nie ma jeszcze wyników obliczeń modelu hydraulicznego dla nowych odczytów wodomierzy, lub gdy nie ma się pewności, czy takie wyniki są w bazie.

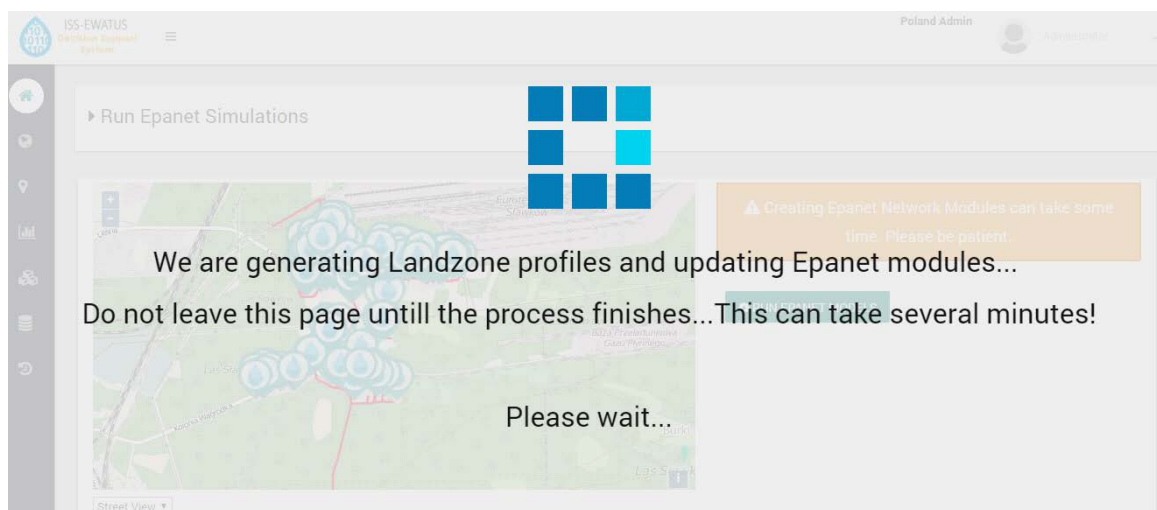
Gdy użytkownik zdecyduje się uruchomić symulację EPANET zostaje przekierowany do strony pokazanej poniżej (Rysunek 7.2). Jest na niej załadowana mapa z wizualizacją lokalizacji wodomierzy i stref oraz przyciskiem „RUN EPANET MODELS” ("Uruchom modele EPANET), poprzez który użytkownik uruchamia symulację.



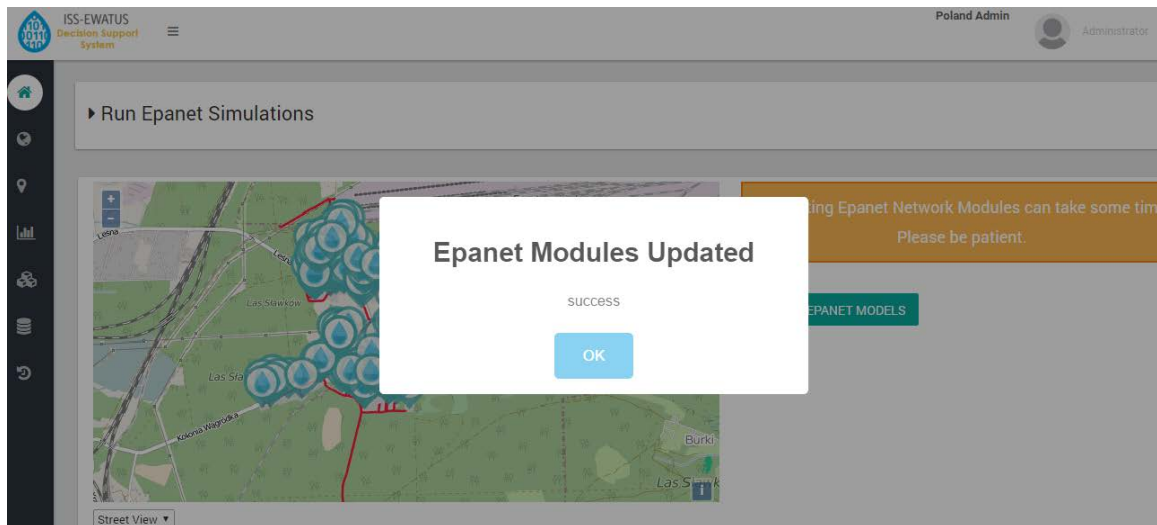
Rysunek 7.2: Okno wyświetlane, gdy użytkownicy wybiorą uruchomienie symulacji EPANET w celu generacji profili ciśnienia wody

Aplikacja DSS pobiera wszystkie niezbędne rekordy z bazy danych i tworzy tabele, które są następnie wykorzystywane przez oprogramowanie EPANET w celu uruchomienia symulacji różnych scenariuszy dopływu wody do sieci wodociągowej. Podczas gdy system uruchamia symulacje, zaleca on użytkownikom, aby nie zamykali strony internetowej, ponieważ spowoduje to zatrzymanie symulacji lub spowoduje, że wyniki symulacji EPANET będą niekompletne. Użytkownicy muszą czekać, aż cała procedura jest zakończona, co zwykle trwa około 10-15 min (rysunek 7.3).

Wyniki są zapisywane bezpośrednio do zdalnej bazy danych i są dostępne przez aplikację internetową w celu stworzenia profili ciśnienia (rysunek 7.4).

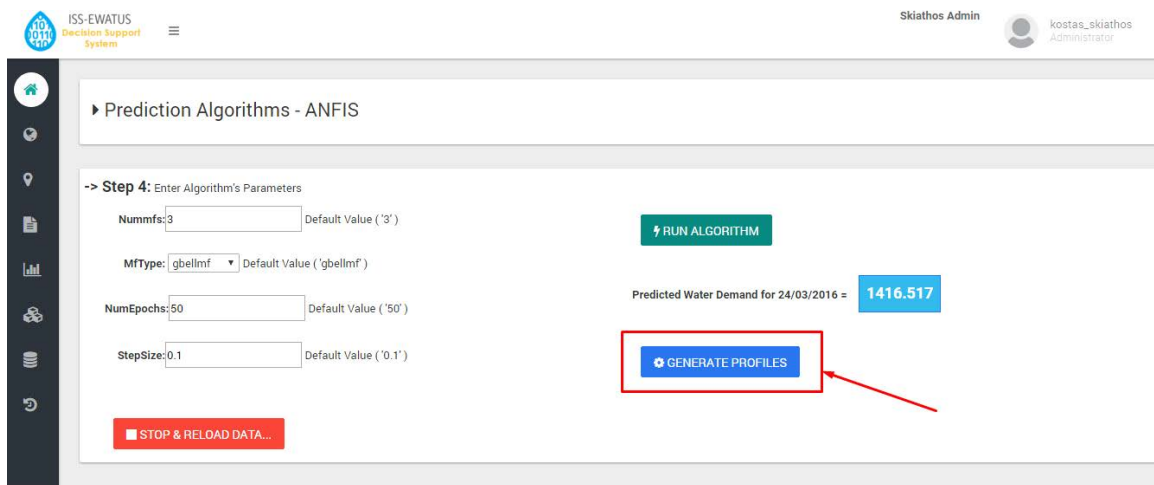


Rysunek 7.3: Komunikat wyświetlany podczas symulacji modelu EPANET. Proces zwykle trwa od kilku do kilkunastu minut.



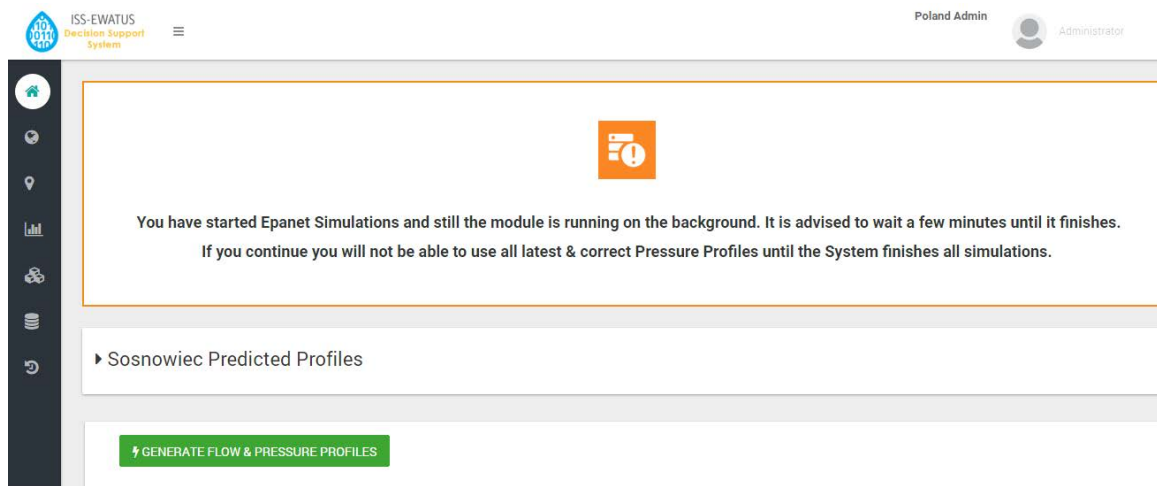
Rysunek 7.4: Komunikat wyświetlany po zakończeniu wszystkich symulacji EPANET

Gdy wyniki symulacji modelu EPANET są zapisane do bazy (lub zaktualizowane w bazie), użytkownicy mogą kontynuować tworzenie profili optymalnego ciśnienia dla sieci wodociągowej. Gdy moduł prognozowania jest gotowy (wykonana jest prognoza zapotrzebowania na wodę i symulacja modelu EPANET), otwiera się nowe okno, które zawiera przycisk “Generate Profiles” (“Generuj profile”). Używając tego łącza użytkownik dostaje się do modułu generowania profilu ciśnienia. Ilustruje to rysunek 7.5 i 7.7.

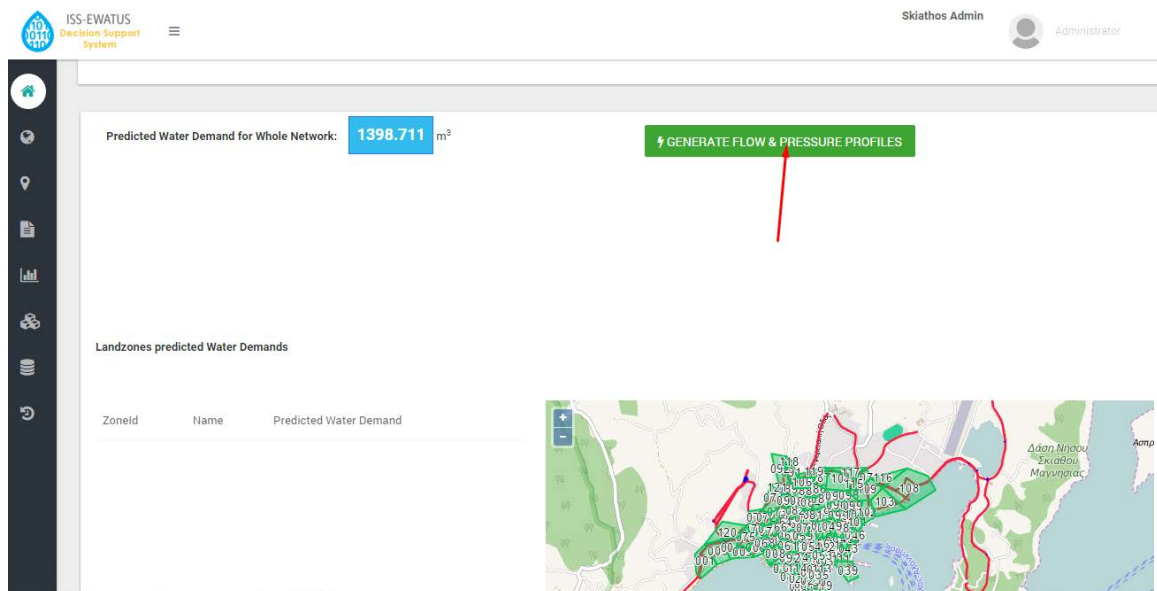


Rysunek 7.5: Okno uruchamiające generowanie profili ciśnienia po zakończonych sukcesem symulacjach EPANET

Jeśli użytkownik wcześniej uruchomił symulacje EPANET, a te nie zostały zakończone, pojawi komunikat na górze strony generującej profile, który informuje użytkownika, aby poczekać, aż wszystkie symulacje zakończą się, co pozwoli używać poprawnych i aktualnych danych (Rysunek 7.6).

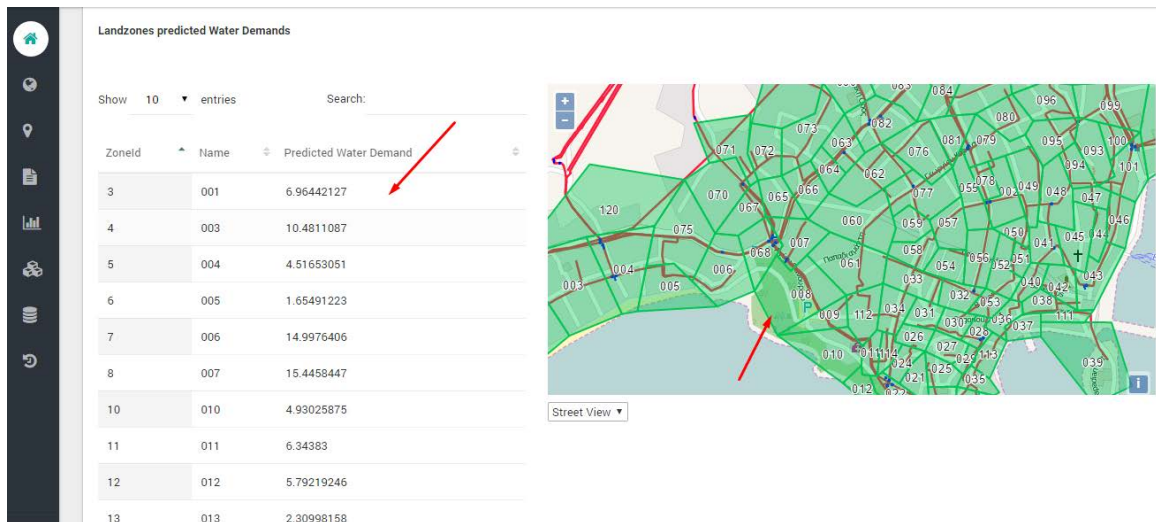


Rysunek 7.6: Ostrzeżenie wyświetlane w sytuacji, gdy użytkownik uruchomił symulacje EPANET, które jeszcze się nie zakończyły, a próbuje uruchomić inny moduł DSS



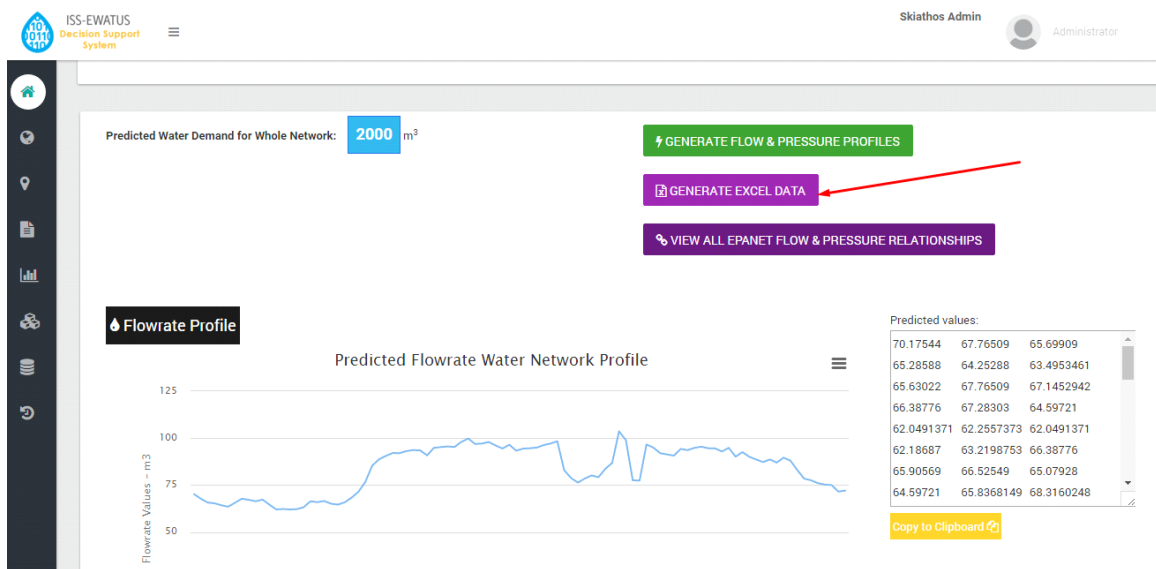
Rysunek 7.7: Funkcjonalność systemu DSS "Generuj profile przepływu i ciśnienia".

Po wybraniu przez użytkownika funkcji "Generate Flow and Pressure Profiles" ("Generowanie profili przepływu i ciśnienia") (Rysunek 7.6-7.7) DSS tworzy wszystkie wymagane zmienne i pobiera z symulacji EPANET odpowiednie dane w celu utworzenia przewidywanych profili natężenia przepływu i ciśnienia. Gdy procedura zostanie zakończona, panele są wypełnione dwoma dynamicznie generowanymi wykresami zawierającymi dane o natężeniu przepływu i o ciśnieniu. Te wykresy mogą być eksportowane w postaci obrazów lub plików PDF. Po prawej stronie każdego wykresu aplikacja wyświetla wszystkie wartości wyjściowe, które mogą być łatwo skopiowane przez użytkownika do innych celów. Rysunek 7.8 przedstawia wyniki generowania profilu zapotrzebowania na wodę a Rysunek 7.9 przedstawia wyniki generowania profilu ciśnienia wody.

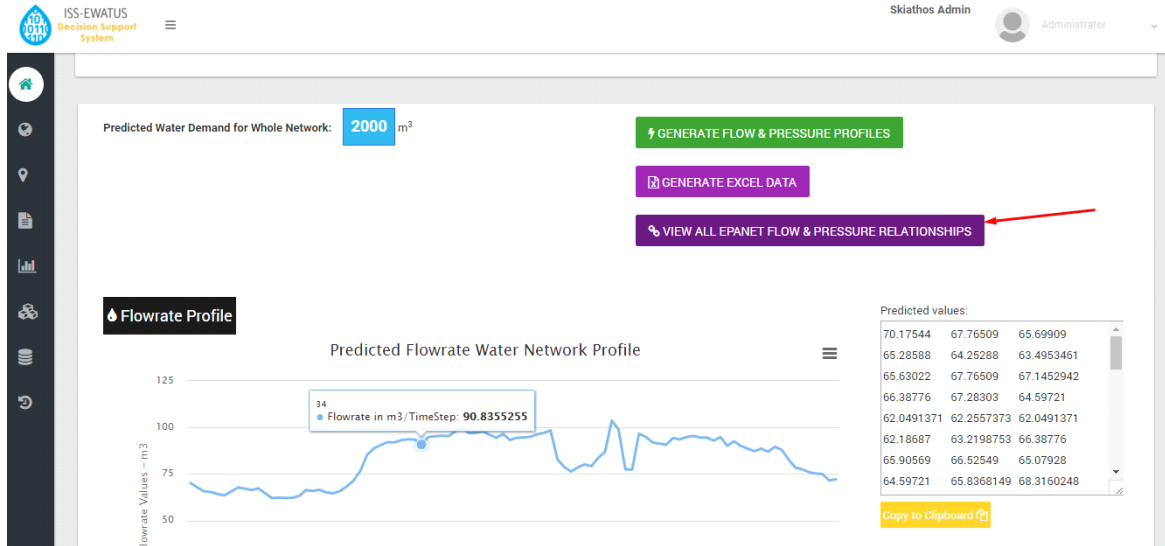


Rysunek 7.10: Zdezagregowane zapotrzebowanie na wodę dla poszczególnych stref lub wodomierzy

Użytkownicy mogą również eksportować wygenerowane profile ciśnienia i natężenia przepływu w postaci plików arkusza kalkulacyjnego Excel do dalszych analiz. Dotyczy to prognozowanych w danej chwili wartości zapotrzebowania na wodę lub wszystkich możliwych par wartości ciśnienia i natężenia przepływu z symulacji EPANET. Użytkownicy mogą przeglądać relację zmiennych natężenia przepływu i ciśnienia dla wszystkich możliwych symulacji EPANET, które system wcześniej wykonał, jak to opisano w rozdziale powyżej. Rysunki 7.11 i 7.12 pokazują opisane wyżej funkcje.



Rysunek 7.11: Proces eksportu danych dotyczących profilu zapotrzebowania na wodę do arkusza kalkulacyjnego EXCEL.



Rysunek 7.12: Przeglądanie profilu zapotrzebowania na wodę w relacji do wartości jej ciśnienia