



Rzeczpospolita
Polska

Unia Europejska
Fundusz Spójności



Projekt pn. "Zaangażowani w eKrosno - Inteligentne rozwiązania systemów przetwarzania danych dla mieszkańców Krosna" współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Funduszu Spójności w ramach Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna 2014-2020 oraz budżet państwa

PODSUMOWANIE REALIZACJI PROJEKTU PRZEDSTAWIAJĄCE DOBRE PRAKTYKI W ZAKRESIE MOŻLIWYM DO WYKORZYSTANIA W INNYCH MIASTACH

Opracowali:

dr inż. Andrzej Studziński

dr inż. Krzysztof Boryczko

dr inż. Kazimierz Kamuda

dr inż. Izabela Piegdoń

dr hab. inż. Katarzyna Pietrucha – Urbanik

dr inż. Dawid Szpak

mgr inż. Magdalena Stręk

mgr inż. Jakub Żywiec

Rzeszów 2022 r.

SPIS TREŚCI

WPROWADZENIE	3
1. WYZWANIA STOJĄCE PRZED SYSTEMEM ZAOPATRZENIA W WODĘ KROSNA	8
2. DZIAŁANIA INFRASTRUKTURALNE	9
2.1. Przebudowa struktury sieci wodociągowej	9
2.2. System monitoringu stref DMA	12
2.3. System stacjonarnego odczytu wodomierzy	13
3. OGRANICZANIE STRAT WODY	19
3.1. Kierunki działań	19
3.2. Wskaźniki strat wody	21
4. DZIAŁANIA INFORMATYCZNE	25
4.1. Centralna Dyspozytornia Wodociągowa	25
4.2. Wzorzec programistycznego połączenia	27
4.3. Architektura programistyczna systematycznej i bezosobowej wymiany danych pomiędzy systemami informatycznymi	34
4.4. Platforma do wizualizacji i zarządzania	39
4.5. SYSTEM EBOK - Elektroniczne Biuro Obsługi Klienta eBOK/	43
5. EFEKTY PROJEKTU	50



WPROWADZENIE

Niniejsze opracowanie stanowi zbiór doświadczeń i rekomendacji wynikających z realizacji projektu pn.: „Zaangażowani w eKrosno - Inteligentne rozwiązania systemów przetwarzania danych dla mieszkańców Krosna”, współfinansowanego ze środków Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna 2014-2020 oraz budżetu państwa w ramach konkursu dotacji Ministerstwa Funduszy i Polityki Regionalnej pod nazwą „Human Smart Cities. Inteligentne miasta współtworzone przez mieszkańców”. Wartość całego projektu „Zaangażowani w eKrosno – Inteligentne rozwiązania systemów przetwarzania danych dla mieszkańców Krosna” wynosi 3 999 261,00 zł, z czego dotacja z funduszy Unii Europejskiej stanowi 3 599 334,90 zł, a wkład własny 399 926,10 zł.

Zakres projektu to efekt konsultacji i ankiet, jakie zostały przeprowadzone wśród przedsiębiorców i mieszkańców Krosna w 2017 r. Konsultacje dotyczyły optymalizacji gospodarki wodnej miasta, którą zarządza spółka miejska – Krośnieński Holding Komunalny i wchodzące w jego skład Wodociągi Krośnieńskie. Z pozyskanych wtedy uwag i opinii wynikało, że największym problemem odczuwanym przez odbiorców jest brak informacji o niekontrolowanych wyciekach za ich wodomierzami.

Z 21 ankiet otrzymanych od największych krośnieńskich firm wynikało, że ponad 80% z nich miało wyższe zużycie wody wynikające z awarii, a 85% ankietowanych zaznaczyło, że chce mieć dostęp do szczegółowych danych dotyczących ich zużycia wody. Ankietowani mieszkańcy Krosna odpowiedzieli również, iż chcieliby mieć dostęp do billingu zużycia wody (70%), a aż 74% badanych chciałoby otrzymywać SMS z informacją o istniejącym u nich wycieku. Pozostali wybrali opcję powiadamiania przez eBOK. Ponadto 94% ankietowanych zadeklarowało chęć bycia informowanym o awariach oraz planowanych przerwach w dostawie wody.

Mając diagnozę potrzeb i oczekiwań mieszkańców Krosna oraz odbiorców wody, Gmina Miasto Krosno zdecydowała o konieczności zniwelowania tych problemów. W ramach projektu Krośnieński Holding Komunalny opracował we współpracy z Politechniką Rzeszowską im. Ignacego Łukasiewicza i Akademią Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie (Partnerami projektu) wstępny schemat możliwej integracji systemów informatycznych i zarządzania danymi.

Głównym celem projektu było więc zbadanie całego systemu pod kątem możliwości zbierania danych z sieci wodociągowej i jej odbiorców, automatycznej analizy tych danych i ich transferu do systemu eBOK,

a następnie udostępnienie przetworzonych informacji odbiorcom wody. Celem projektu o charakterze badawczo - rozwojowym było również wykreowanie miasta, przy użyciu inteligentnych rozwiązań, jako przestrzeni przyjaznej do życia. Ze względu na pilotażowy charakter projektu niezwykle istotne było upowszechnienie wypracowanych rozwiązań oraz promocja sprawdzonych w projekcie rozwiązań.

W ramach działań projektowych powstała instalacja pilotażowa składająca się z serwera, systemu eBOK i oprogramowania obejmującego mechanizm przetwarzania, sterowania i analizowania danych inteligentnej sieci, czyli platformy do zarządzania siecią wodociągową. W celu przeprowadzenia badań – na wodomierzach głównych u odbiorców wody na terenie miasta Krosna – zamontowano ponad 7,5 tys. nakładek przystosowanych do stacjonarnego odczytu wodomierzy wraz z infrastrukturą odbiorczą. Wdrożono również dedykowane oprogramowanie umożliwiające zbieranie danych z nakładek, w celu wypracowania rekomendacji i zbadanie założonych w projekcie tez.

Niniejsze opracowanie jest zbiorem dobrych praktyk skierowanych do władz miejskich oraz przedsiębiorstw komunalnych działających w zakresie zbiorowego zaopatrzenia w wodę. Przedstawia cele wprowadzonych w mieście Krośnie rozwiązań w zakresie zaopatrzenia w wodę, wytyczne techniczne budowania systemu oraz korzyści wynikające z wprowadzonych rozwiązań.

Szczegółowe opisy każdego z zadań stanowią odrębne opracowania, które były podstawą niniejszego dokumentu.

Projekt realizowany był w ramach partnerstwa: Gmina Miasto Krosno – Lider oraz Partnerzy: Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza i Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie.

Rolą Lidera było:

- ➔ zarządzanie realizacją projektu,
- ➔ nadzór nad realizacją projektu,
- ➔ realizacja kluczowych elementów projektu.

Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza zobowiązana była do:

- ➔ opracowania studium wykonalności wdrożenia mechanizmów telemetrycznych,

- opracowania rekomendacji dotyczących rozwoju inteligentnego miasta z udziałem mieszkańców,
- przeprowadzenia szczegółowej diagnozy problemów społecznych w zakresie dostaw wody,
- opracowania dokumentacji podsumowującej realizację projektu przedstawiającą dobre praktyki w zakresie możliwym do wykorzystania w innych miastach.

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie realizowała:

- opracowanie ekspertyzy technologicznej systemów informatycznych wykorzystywanych w Miejskim Przedsiębiorstwie Gospodarki Komunalnej w Krośnie (MPGK) odpowiedzialnym za zarządzanie siecią wodociągową,
- opracowanie rekomendacji dotyczących wdrożenia systemu e-usług w MPGK,
- opracowanie rekomendacji dotyczących wdrożenia standardów interoperacyjności w MPGK.

Głównym wykonawcą Projektu w zakresie badań było konsorcjum firm, na które składają się: S Water Sp. z o.o. z Tychów jako lider konsorcjum, AIUT Sp. z o.o. z Gliwic jako członek konsorcjum i Future Processing S.A. z Gliwic jako członek konsorcjum. W zakresie dostawy i wdrożenia nowego systemu eBOK - firma KartGIS Sp. z o.o. z Warszawy, a dostawcą serwera była firma Tricell z Radomia.

Wykorzystując opracowania Partnerów projektu, zespół wykonawców przeprowadził przy wykorzystaniu instalacji pilotażowej badania, których wyniki i rekomendacje są podstawą niniejszego opracowania. Dla przejrzystości opracowania podzielono je na zadania, a wynikające z nich rekomendacje skonsolidowano w trzy grupy:

- działania o charakterze infrastrukturalnym (Rozdział 2),
- metodyka ograniczania strat wody (Rozdział 3),
- działaniach o charakterze programistycznym (Rozdział 4).

Główne kierunki wykonanych działań

1. Wypracowanie wzorca programistycznego połączenia istniejących systemów dziedzinowych MPGK w celu zaprzestania duplikowania wprowadzanych informacji, ustalenia katalogu wymagań wobec przyszłych dostawców oprogramowania i przełożenia opracowanych wzorcowych zasad działania systemu na poziom planowania zasad działania docelowych systemów monitorowania sieci (punkt 4.2).

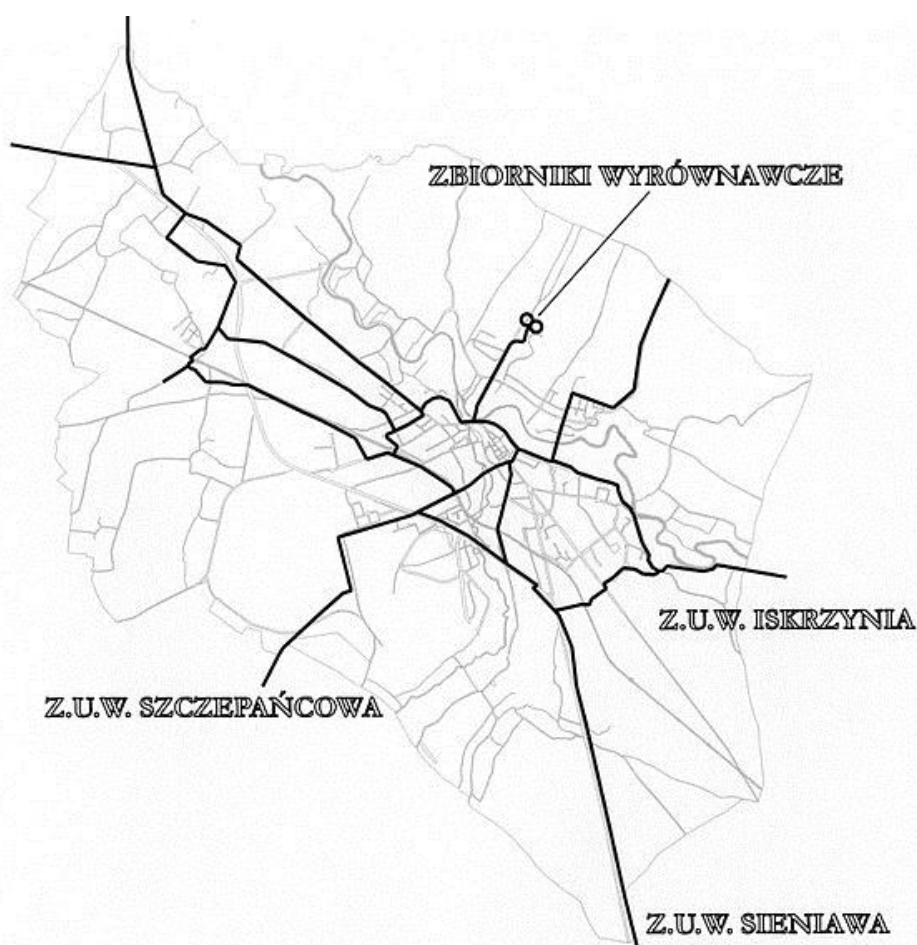
2. Opracowanie programistycznej architektury systematycznej i bezosobowej wymiany danych pomiędzy systemami informatycznymi, przystosowanej do dużego wolumenu danych w przedsiębiorstwach wod-kan średniej wielkości i przełożenia opracowanych wzorcowych zasad działania systemu na poziom planowania zasad działania docelowych systemów monitorowania sieci i zużycie odbiorców (punkt 4.3).
3. Opracowanie wzorów procesów działania Centralnej Dyspozytorni Wodociągowej będącej niezbędnym elementem działania docelowego systemu, co wynika z potrzeby przełożenia opracowanych wzorcowych zasad działania systemu na poziom planowania zasad działania docelowych jednostek operujących oprogramowaniem (punkt 4.1).
4. Opracowanie zasad tworzenia systemu stacjonarnego odczytu wodomierzy - wypracowanie wzorców częstotliwości próbkowania oraz wysyłania danych w zależności od kategorii odbiorcy a także wymagań technicznych stawianych czujnikom (szczelność, trwałość baterii, funkcje) (punkt 2.3).
5. Opracowanie metodyki ograniczania strat wody w sieci wodociągowej MPGK Krosno (punkt 3.1) wraz z rekomendacją optymalnych narzędzi pomiarowych i informatycznych (punkt 2.2).
6. Opracowanie schematu systemu monitoringu sieci wodociągowej - podział na strefy DMA, PMA (punkt 2.1).
7. Opracowanie schematu systemu monitoringu obiektów wodociągowych i odbiorców masowych (klasyfikacja obiektów kluczowych, rekomendacja włączenia wybranych punktów do monitoringu sieci) (punkt 2.3).
8. Wykonanie analizy stanu sieci wodociągowej na podstawie danych z czujników sieci i u odbiorców w oparciu o metodologię IWA, której wynikiem będzie zbiór rekomendacji działań służących poprawie jakości dostawy wody mieszkańcom Krosna. (punkt 3.2).
9. Badanie sieci wodociągowej na podstawie danych z czujników i monitoringu w celu wyszukiwania niewidocznych na powierzchni awarii sieci wodociągowej, zmierzenia ich wielkości oraz ekonomiczności podjęcia działań. Badania te mają na celu ciągłe monitorowanie sieci przez prowadzenie bilansu wody wtłoczonej do sieci i zużytej przez odbiorców, wychwytywanie rozbieżności jakie następują w bilansie, ocenienie skali problemu oraz określenie, czy jest to nieuprawniony pobór wody, czy awaria (punkt 3.1).

10. Badania w zakresie wpływu sposobów monitoringu sieci wodociągowej w zamkniętej strukturze na czas odnajdywania awarii. Badanie ma na celu oszacowanie o ile wodociąg średniej i dużej wielkości jest w stanie ograniczyć straty, gdy będzie rejestrował 100% punktów pomiarowych na sieci, jak szybko na podstawie dostępnych danych jest w stanie zarejestrować niewidoczną na powierzchni awarię w danej strefie, a następnie za pomocą korelatorów zlokalizować dany wyciek (punkt 2.3).
11. Badania w zakresie wykorzystania wiedzy o zużyciu nocnym i pozasezonowym w poszczególnych strefach w celu ocenienia możliwości różnicowania ciśnienia wody podawanej w sieci w zależności od pory dnia/roku oraz efektów tego działania dla amortyzacji sieci i ograniczania strat (punkt 2.1).
12. Opracowanie profili zalecanych progów alarmowych o wycieku za wodomierzem różnicowanych w zależności od wielkości odbiorcy i typu obiektu na podstawie danych z czujników rozmieszczonych u odbiorców MPGK (punkt 4.4).
13. Opracowanie algorytmów przetwarzania danych zgodnie z procesami biznesowymi ustalonymi przez MPGK Krosno (punkt 4.2).

1. WYZWANIA STOJĄCE PRZED SYSTEMEM ZAOPATRZENIA W WODĘ KROSNA

Miasto Krosno wraz z sąsiadującymi z nim miejscowościami zaopatrywane jest w wodę przez Miejskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej - Krośnieński Holding Komunalny Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością. Gospodarka wodno-ściekowa w miejscowości Krosno realizowana jest przez Wodociągi Krośnieńskie (WK).

System zaopatrzenia w wodę miasta oraz 11 gmin powiatów krośnieńskiego, sanockiego i brzozowskiego składa się z trzech Zakładów Uzdatniania Wody (ZUW), które znajdują się w miejscowościach: Szczepańcowa, Iskrzynia i Sieniawa oraz sieci wodociągowej o długości blisko 800 km. Liczba przyłączy wodociągowych na terenie miasta wynosi prawie 8 tys. Na sieci wodociągowej znajduje się 5 hydroforni i 4 reduktory ciśnienia, podłączone są również dwa dwukomorowe zbiorniki wyrównawcze (rys. 1).



Rys. 1. Schemat systemu zaopatrzenia w wodę miasta Krosna.

2. DZIAŁANIA INFRASTRUKTURALNE

2.1. Przebudowa struktury sieci wodociągowej

Warunkiem sprawnego wykrywania wycieków jest ograniczenie obszaru poszukiwań wycieków - można to zrealizować dzieląc sieć wodociągową na podobszary - strefy DMA (District Metered Area) i w ten sposób zawężając obszar poszukiwań do danej strefy. Wprowadzając bilansowanie wody w strefie można określić straty wody w niej występujące.

Dla realizacji bilansu konieczny jest pomiar objętości wody wprowadzonej do strefy oraz objętości wody w niej zużytej w tym samym czasie, dlatego strefy muszą spełniać następujące warunki:

- **wszystkie przewody, którymi woda dopływa i odpływa ze strefy muszą być opomiarowane, pozostałe połączenia z innymi strefami muszą być trwale zamknięte,**
- **wszyscy odbiorcy wody w strefie muszą być opomiarowani, a urządzenia pomiarowe powinny przekazywać dane z dokładnie tego samego czasu,**
- **konieczny jest prawidłowy dobór wielkości przepływomierzy i wodomierzy oraz ich odpowiedni montaż,**
- **konieczne jest takie rozważenie stref, by wodociąg spełniał swoje wymagania, w tym przeciwpożarowe.**

Zaleca się by liczba przewodów zasilających strefę była jak najmniejsza, strefy powinny zawierać 500 – 3000 przyłączy, należy w miarę możliwości wykorzystać „naturalne” strefy – np. obszary zasilane z pompowni strefowych. W pozostałych przypadkach konieczna jest budowa komór/studni pomiarowych, w których zamontowane będą urządzenia pomiarowe.

Należy tak podzielić sieć wodociągową na strefy, by unikać zamykania przewodów zasuwami, zwłaszcza średnic większych niż 100 mm – by uniknąć przetrzymywania wody w zamkniętych końcówkach przewodów i w konsekwencji pogorszenia jakości wody w sieci wodociągowej.

Pomiar ciśnienia jest parametrem pozwalającym na weryfikację poprawności pracy sieci wodociągowej. Z tego powodu rekomendowane są następujące działania: – wykorzystanie do analiz pomiarów ciśnienia z istniejących punktów na terenie Krosna oraz wyposażenie punktów pomiarowych kluczowych odbiorców w przetworniki ciśnienia. Celowe jest również dodanie dodatkowych punktów pomiaru ciśnienia w wybranych punktach sieci. Rekomendowane jest wykorzystanie istniejących komór pomiarowych, w których już zainstalowane są rejestratory.

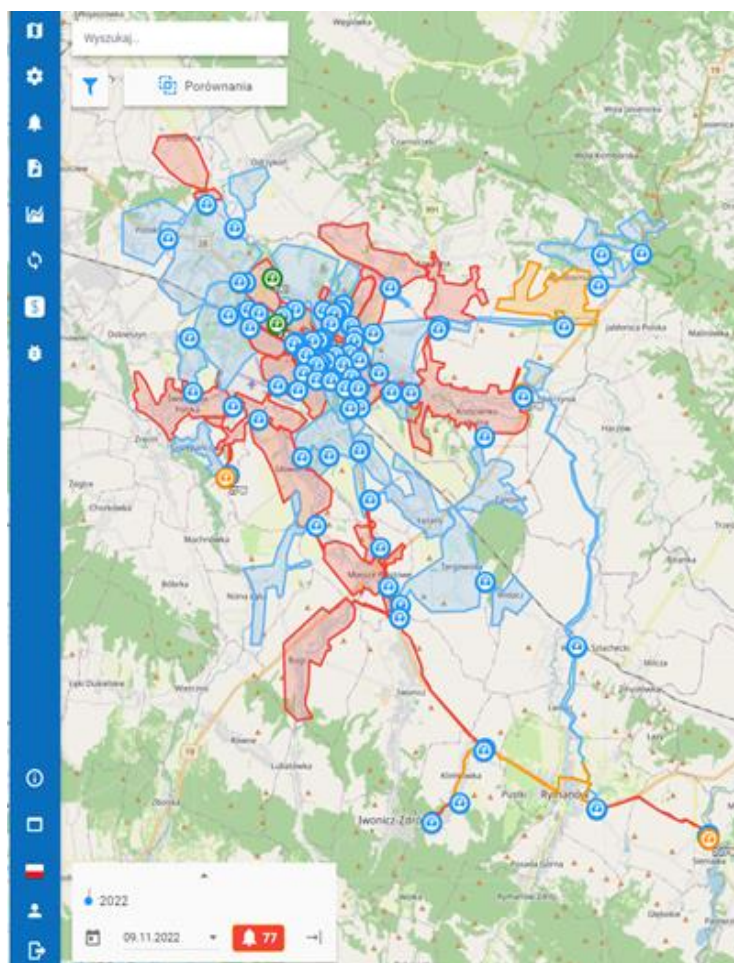
Wyznaczenie stref DMA pozwala na zarządzanie ciśnieniem w nich –

mogą być zatem indywidualnie lub zespołowo strefami PMA (Pressure Management Area). W strefach PMA możliwe jest zarządzanie ciśnieniem – obniżanie go, jeśli jest to możliwe, dostosowanie ciśnienia do rozbioru wody, można również wykorzystać regulację ciśnienia w sieci wodociągowej do zarządzania objętością wody zgromadzonej w sieciowych zbiornikach wodociągowych.

Rekomenduje się regulację ciśnienia w sieci wodociągowej, zwłaszcza obniżanie go jeśli jest to możliwe, należy podkreślić, że obniżenie ciśnienia zmniejsza straty wody oraz awaryjność przewodów, zmniejszenie ciśnienia wydłuża czas eksploatacji rurociągów, zwłaszcza wykonanych z tworzyw sztucznych (PE, PCV), równocześnie obniżając koszty produkcji i tranzytu wody.

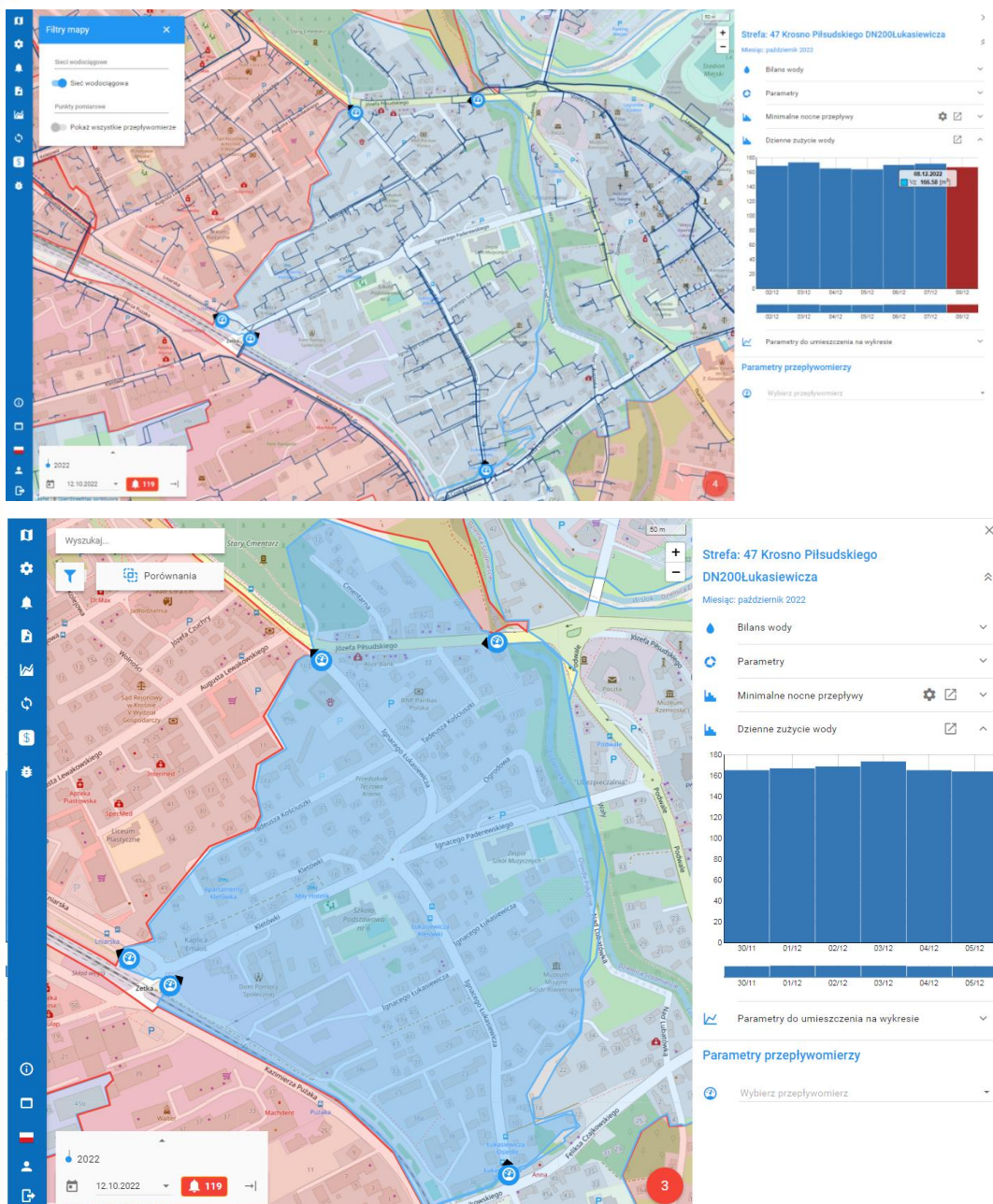
W przypadku realizacji redukcji ciśnienia rekomenduje się zabudowę urządzeń regulujących ciśnienie za przepływomierzem patrząc w kierunku przepływu wody. W ramach projektu dokonano weryfikacji i uzupełnienia wcześniejszego podziału sieci wodociągowej miasta Krosna na strefy DMA, wyodrębniając na terenie miasta 32 strefy DMA, jednocześnie uzupełniając platformę o istniejące już strefy pozamiejskie, w rezultacie czego na chwilę obecną bilansowanych jest 61 stref DMA w platformie do zarządzania siecią wodociągową SmartFlow (rys. 2).

Na podstawie przeprowadzonych badań nie wykazano znaczącej możliwości redukcji ciśnienia w poszczególnych strefach DMA systemu zaopatrzenia w wodę miasta Krosna.

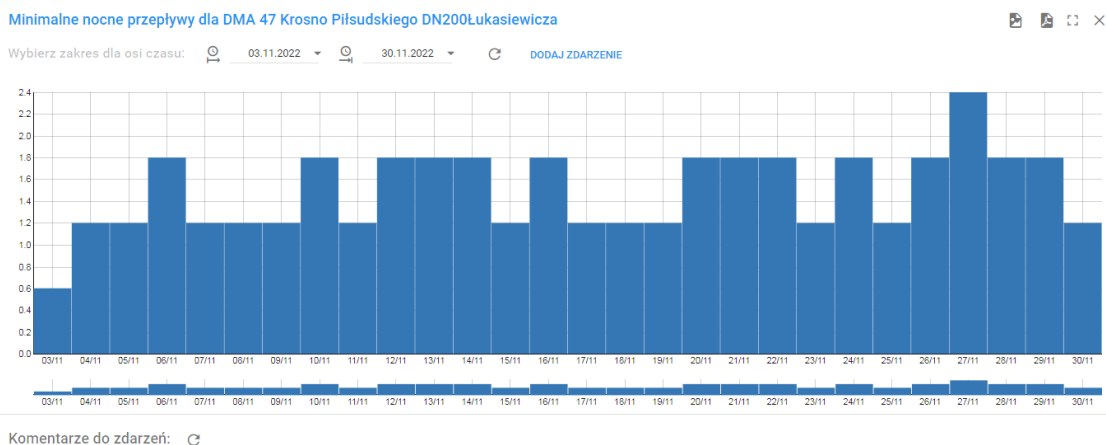


Rys. 2. Podział systemu zaopatrzenia w wodę na strefy DMA

Przykładową strefę DMA – nr 47 Krosno Piłsudskiego/Łukasiewicza pokazano na rys. 3 – widoczna mapa strefy z/i bez sieci wodociągowej oraz elementy bilansu (rys. 4).



Rys. 3. Strefa DMA – ekran programu SmartFlow.



Rys. 4. Minimalne nocne przepływy w wybranej strefie – ekran programu SmartFlow.

2.2. System monitoringu stref DMA

Bilansowanie dopływu (odpływu) wody ze strefy z wodomierzami konsumentów wody wyposażonymi w nakładki do stacjonarnego odczytu wodomierzy musi spełniać 2 warunki:

- koordynacji lokalizacji wodomierzy odbiorców z granicami strefy bilansowej,
- następować w tym samym czasie, co pozwala na wykonanie prawidłowego bilansu wody dla każdej ze stref – bezwzględnie konieczna jest synchronizacja czasu pomiaru dla wszystkich punktów pomiarowych.

Aktualnie w przedsiębiorstwie stosowane są następujące systemy rejestracji pomiarów:

- ✓ **iFix GE** (system klasy SCADA – akwizycji danych i sterowania obiektami) stosowany do monitoringu ujęć i pompowni wody, wykorzystuje do rejestracji urządzenia firmy Inventia zasilane sieciowo; dane wysyłane są do systemu monitoringu na bieżąco, natomiast rejestrowane co 5 minut;
- ✓ **eWebtel** (system monitoringu) – stosowany do nadzoru punktów pomiarowych sieci wodociągowej (strefowych przepływomierzy i wodomierzy kontrolnych), wykorzystuje do rejestracji urządzenia firmy PLUM, dane wysyłane są do systemu raz na dobę, natomiast rejestrowane co 10 minut;
- ✓ **PMAC** (system monitoringu) – stosowany do nadzoru reduktorów ciśnienia wyposażonych w regulatory Regulo firmy Technolog, sterujące ciśnieniem wyjściowym z reduktorów, dane wysyłane są do systemu raz na dobę, natomiast rejestrowane co 10 minut;

- ✓ **IZAR** (system radiowego odczytu wodomierzy firmy Diehl) – stosowany jako mobilny system zbierania danych billingowych z wodomierzy, dane zbierane są co jeden lub dwa miesiące (zgodnie z cyklami fakturowania);

Wykonawca w celu przeprowadzenia badań wdrożył na czas realizacji zadania oprogramowanie do systemu stacjonarnego odczytu wodomierzy **SIMAX** i zamontował nakładki na wodomierze wraz z infrastrukturą odbiorczą, dane wysyłane są do systemu (na serwer) raz na dobę, natomiast rejestrowane co 60 minut.

Zaleca się zastosowanie przepływomierzy elektromagnetycznych na zasilaniu stref, w których przewody mogą pracować w dwóch kierunkach (doprowadzać wodę do strefy i odprowadzać wodę) łączących dokładność z możliwością pracy w dwóch kierunkach, oraz wodomierzy dla odbiorców wody i stref zasilanych jednokierunkowo (z uwagi na łatwiejszą legalizację).

Należy podkreślić kluczową rolę doboru wielkości przepływomierzy i wodomierzy do mierzonych natężeń przepływu w rurociągu – co wiąże się z błędami pomiarowymi obciążającymi bilans wody w strefie. Równie istotny jest montaż urządzeń zgodny z wytycznymi ich producenta.

W przypadku etapowania inwestycji, warto rozważyć w pierwszej kolejności opomiarowanie odbiorców wody, a następnie na podstawie znanych rozbiórów w strefie dobierać przepływomierze strefowe.

2.3. System stacjonarnego odczytu wodomierzy

Zgodnie z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2002 z 11 grudnia 2018 r., zmieniającą dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej od 01.01.2027 wszystkie wodomierze muszą posiadać możliwość zdalnego odczytu. Równocześnie od 1 stycznia 2022 odbiorca powinien uzyskać dostęp do raportu swojego miesięcznego zużycia wody.

W związku z powyższym zaproponowano stacjonarny system zdalnego odczytu wodomierzy (SSOW) łączący możliwość zdalnego odczytu wodomierza oraz zużycia wody. Jak wspomniano wcześniej kluczowym jest dobór wielkości wodomierza oraz jego prawidłowy montaż, tak by minimalizować błędy odczytu. Wśród dostępnych na rynku wodomierzy wyróżnia się wodomierze mechaniczne, ultradźwiękowe i elektromagnetyczne. Stosowane powszechnie wodomierze mechaniczne wymuszają zastosowanie nakładki wodomierzowej – oferowanej przez producenta wodomierza lub producenta niezależnego, którą można zastosować w przypadku liczydeł standaryzowanych.

Rekomendowane jest stosowanie wodomierzy mechanicznych objętościowych (do DN40) i jednostrumieniowych (od DN50), z możliwością instalacji nakładek producentów niezależnych. Takie rozwiązanie ujednotacza system odczytu stacjonarnego pozwalając na stosowanie różnych wodomierzy i wykorzystanie posiadanych przez przedsiębiorstwo urządzeń.

Oferowane nakładki mogą być instalowane bezpośrednio na liczydło wodomierza z anteną wbudowaną, lub z anteną połączoną przewodem z nakładką w sytuacji, gdy przekazanie sygnału z nakładki może być utrudnione (np. piwnica).

Wszystkie dane z punktów pomiarowych są przesyłane z wykorzystaniem sieci LPWAN (Low Power Wide Area Networks) i technologii komunikacyjnej LoRa (Long Range), czyli rozległej wąskopasmowej sieci dalekiego zasięgu, zoptymalizowanej pod kątem jak najmniejszego poboru energii i szybkości dwukierunkowej transmisji danych. Dwukierunkowa transmisja danych jest bardzo istotna z punktu widzenia przyszłościowych modyfikacji systemu, umożliwia zdalną aktualizację oprogramowania, zmianę konfiguracji systemu, np. godzin transmisji danych, implementację funkcji dodatkowych, itp.

Takie rozwiązanie zapewnia transmisję danych na duże odległości (komunikacja bezprzewodowa na ponad 15 km, w terenie mocno zurbanizowanym do 1,5 km), możliwość podłączenia bardzo dużej liczby urządzeń na rozległym obszarze przy jednoczesnym niskim zapotrzebowaniu na energię oraz dużej odporności na zakłócenia i zaniki sygnału.

Rekomenduje się zastosowanie nakładek do komunikacji dwukierunkowej posiadających następujące cechy:

- ✓ **szczelność, najlepiej IP68, czego konsekwencją jest zasilanie bateryjne,**
- ✓ **długi czas pracy baterii, zaleca się co najmniej 2 okresy legalizacyjne wodomierzy tj. co najmniej 10 lat,**
- ✓ **szeroki zakres temperatury pracy, zaleca się od -5 do +50°C,**
- ✓ **możliwość odczytu w systemie stacjonarnym i mobilnym (wyposażenie w dwa rodzaje protokołów komunikacyjnych: LoRa oraz WM-Bus),**
- ✓ **zabezpieczenie przed nieuprawnioną zmianą nastaw nakładki,**
- ✓ **możliwość grupowego programowania nakładek,**

- ✓ możliwość indywidualnego konfigurowania alarmów – pożądane: alarm w przypadku demontażu nakładki, przepływu wstęcznego, przekroczenia zdefiniowanego przepływu maksymalnego, wycieku, braku rejestrowanego zużycia wody w założonym czasie.

Zaleca się zastosowanie nakładek umożliwiających zdalne, grupowe programowanie. Z uwagi na czas pracy baterii zaleca się gromadzenie danych o zużyciu godzinowym wysyłanych w formie pakietu raz na dobę.



W ramach projektu na czas prowadzonych badań wdrożony został system stacjonarnego odczytu wodomierzy SIMAX firmy AIUT, opierający się na nakładkach APULSE-W D1x5 montowanych na wodomierzach firmy Diehl stosowanych w przedsiębiorstwie (rys. 5), zasilanych bateryjnie, dane rejestrowane są co 1 h i wysyłane do systemu (na serwer) raz na dobę.

Rys. 5. Nakładka APULSE-W firmy AIUT montowana na wodomierzach firmy Diehl, źródło: <https://aiut.com/>

Osobną grupę stanowią odbiorcy o zużyciu wody mogącym w sposób znaczący wpływać na rozkład przepływu i ciśnienia w sieci wodociągowej, dla których rekomenduje się wyższą częstotliwość zbierania danych – w projekcie ustalono czas 10 minut (przekazane dane raz na dobę). Badania wskazały 7 odbiorców, dla których sprzedaż wody wynosi około 20% całkowitej sprzedaży.

Kluczowymi punktami w bilansie sieci MPGK Krosno są:

- ✓ 4 punkty pomiaru wody na granicy Krosna,
- ✓ sieciowe zbiorniki wyrównawcze przy ul. Okrzei,
- ✓ 5 punktów sprzedaży wody do gmin zewnętrznych zasilanych z terenu Krosna,
- ✓ 7 odbiorców o znaczących zużyciach wody na terenie miasta (przyjęto próg średniego dobowego zużycia 30 m³/d).

Ze względu na ograniczony zasięg nadawania nakładek kluczowym elementem radiowej sieci zdalnego stacjonarnego odczytu wodomierzy są punkty dostępowe (stacje bazowe LoRa), aby zapewnić pokrycie całego terenu zasięgiem sieci czyli urządzenia zbierające informacje z wodomierzy będących w ich zasięgu. Urządzenia te mogą obsługiwać do nawet kilku tysięcy wodomierzy jednocześnie. Koncentratory posiadają wyjście do przestania danych na dalsze odległości. Problemem kluczowym systemów stacjonarnych jest kwestia lokalizacji i liczby koncentratorów/anten. Urządzenia muszą być montowane w miejscach niedostępnych dla niepowołanych osób (na dachach budynków, na słupach elektrycznych lub oświetleniowych), co wymaga odpowiednich zgód i możliwych opłat. W wypadku stosowania anten typu BTS wymagane jest też stałe zasilanie energią elektryczną. Ważnym zagadnieniem jest też takie rozmieszczenie koncentratorów/anten, żeby maksymalizować liczbę odczytywanych jednocześnie urządzeń, minimalizując liczbę koncentratorów.

W projekcie zaproponowano i zrealizowano montaż 15 anten BTS (Kerlink, rys. 6), co jednak, z uwagi na konfigurację terenu oraz wysoki stopień urbanizacji nie pozwoliło na komunikację ze wszystkimi nakładkami wodomierzowymi.

W konsekwencji system anten uzupełniono o urządzenia dodatkowe – GSM-owe koncentratory OKO 5xx5 rys. 7, których zastosowano 98 szt.



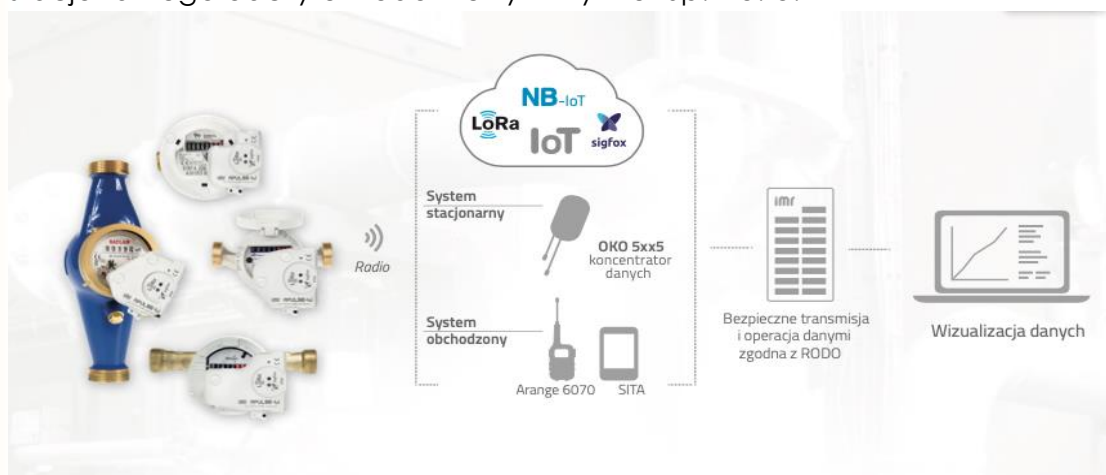
Rys. 6. Antena BTS (Kerlink) zamontowana na kominie krośnieńskiej ciepłowni miejskiej.



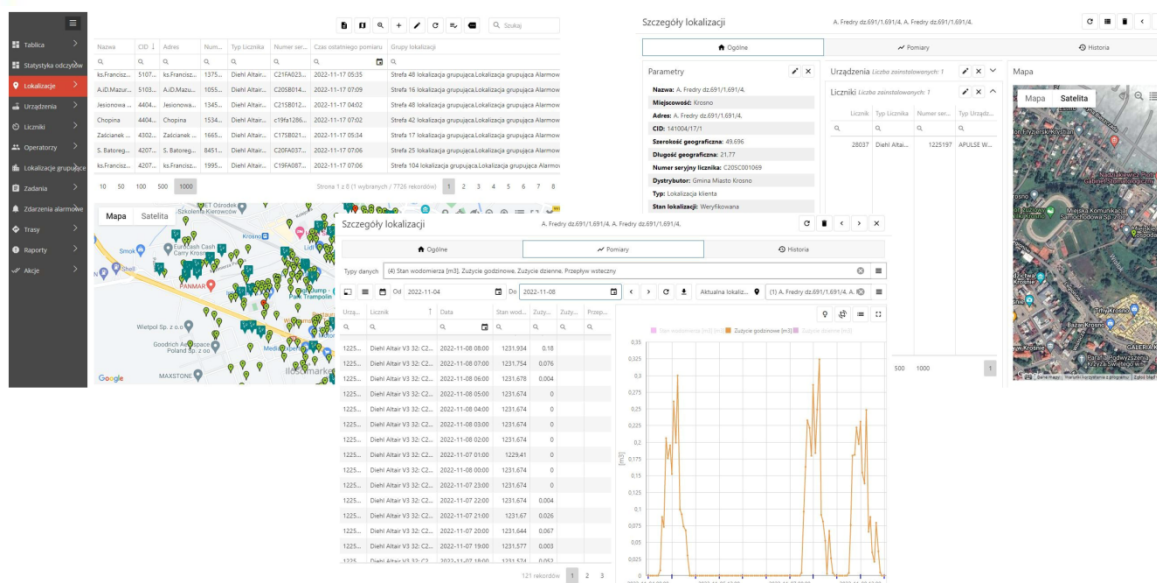
Rys. 7. Koncentrator OKO 5xx5

Rekomenduje się zastosowanie rozwiązania SSOW łączącego daleki zasięg (mała liczba urządzeń zbierających dane z nakładek – koncentratorów/anten). Ważnym zagadnieniem jest też takie rozmieszczenie koncentratorów/anten, żeby maksymalizować liczbę odczytywanych jednocześnie urządzeń, minimalizując liczbę koncentratorów.

Schemat zastosowanego systemu przedstawiono na rys. 8, na rys. 9 pokazano wizualizację dedykowanego oprogramowania SIMAX dla systemu stacjonarnego odczytu wodomierzy firmy Aiut Sp. z o. o.



Rys. 8. Schemat zastosowanego SSOW, źródło: <https://aiut.com/>



Rys. 9. Wizualizacja oprogramowania SIMAX firmy AIUT do stacjonarnego odczytu wodomierzy

W przypadku krośnieńskiej sieci wodociągowej zakłada się możliwość technicznie uzasadnionego sukcesywnego obniżenia strat wody, do osiągnięcia sumarycznego końcowego poziomu wycieków na terenie miasta Krosna ok 25 m³/h. Poziom ten rekomendowany jest jako docelowy, długoterminowy cel redukcji strat wody na terenie miasta, z uwagi na wiek i stan techniczny przewodów wodociągowych.

Dodatkowo po stabilizacji systemu SmartFlow, możliwe jest skrócenie czasu reakcji do jednej doby – po wykryciu wzrostu rozbieżności bilansu wody dla badanego obszaru już następnego dnia możliwe jest podjęcie działań lokalizacyjnych awarii – etap ten został już osiągnięty.

Wyniki analiz wskazały jednoznacznie, że 100% opomiarowanie wodomierzy odbiorców i wyposażenie ich w możliwość godzinowych odczytów zużycia wody nie zmienia poziomu szczelności sieci, pozwala natomiast na weryfikację szacowanego poziomu wycieków poprzez odjęcie sumy poborów wody w godzinach nocnych przez odbiorców (szczególnie odbiorców przemysłowych). Dopiero lokalizacja awarii oraz ich usunięcie obniża ilość traconej wody.

3. OGRANICZANIE STRAT WODY

3.1. Kierunki działań

Działania zmierzające do ograniczania strat można podzielić na 4 grupy:

- ➔ zarządzanie rurociągami – renowacja/rekonstrukcja lub wymiana odcinków o złym stanie technicznym - pomocnym parametrem jest intensywność uszkodzeń definiowana jako liczba awarii na 1 km przewodu i rok, jako wartość graniczną sugeruje się dla przewodów wodociągowych wstępnie 2 awarie/km⁻¹a⁻¹,
- ➔ sprawne usuwanie awarii i wykrytych wycieków,
- ➔ aktywne poszukiwanie wycieków - rekomenduje się podział sieci wodociągowej na podobszary – strefy DMA, dla których wprowadzono bilansowanie objętości wody wprowadzonej do strefy z objętością wody w niej zużytej w tym samym czasie, co pozwoli na identyfikację zawężonych obszarów poszukiwania wycieków,
- ➔ zarządzanie ciśnieniem – jako parametrem wpływającym za wielkość wycieków ale również na awaryjność przewodów.

Zarządca sieci wodociągowej - Wodociągi Krośnieńskie prowadzą w ramach swoich bieżących działań zadania z wszystkich czterech grup. Poszukiwanie wycieków jest zadaniem czasochłonnym i wielu autorów wskazuje na niską efektywność działań. Możliwe jest zastosowanie licznych metod:

- wizualnych,
- bilansowych,
- akustycznych,
- gazów znacznikowych,
- satelitarnych.

Rekomenduje się wykorzystanie systemów informatycznych bilansujących dostawę i rozbiór wody w wyznaczonych zawężonych obszarach – strefach DMA. Zaleca się do poszukiwania wycieków stosowanie akustycznych urządzeń przenośnych oraz gazów znacznikowych – są to metody łączące niskie koszty z zadowalającą skutecznością.

W ramach projektu pierwszy etap poszukiwań wycieków stanowi analiza danych dla poszczególnych stref w platformie SmartFlow – na jej podstawie dokonuje się wyboru odpowiedniej strefy (o najwyższych wskaźnikach strat), w której prowadzi się poszukiwania. Etap drugi to poszukiwanie przewodów, na których występują wycieki – w projekcie zastosowano loggery mobilne. Ostatnim etapem jest precyzyjna lokalizacja miejsca wycieku z wykorzystaniem korelatora.

Rekomenduje się przyjęcie następującej metodyki poszukiwania wycieków

→ **Etap 1 - analiza danych z platformy do wizualizacji danych o sieci wodociągowej SmartFlow.**

W pierwszej kolejności wymagane jest wyznaczenie wartości minimalnego nocnego przepływu (MNP) dla wszystkich stref DMA oraz wartości oczekiwanej tego wskaźnika (wyznaczonej np. przy założeniu początkowo wskaźnika ILI=2) dla poszczególnych stref, prócz tego uwzględnia się również objętość traconej wody. Na tej podstawie tworzony jest ranking stref i harmonogram pracy brygad diagnostycznych, będący podstawą dla testowania szczelności sieci. Strefy należy testować kolejno rozpoczynając od strefy charakteryzującej się największymi rozbieżnościami pomiędzy wartością minimalnego nocnego przepływu a jego wartością oczekiwaną. Rekomendowane jest przeprowadzanie analizy wartości minimalnego nocnego przepływu i obliczonej wartości strat każdego dnia (oprogramowanie SmartFlow posiada taką funkcjonalność). W przypadku, gdy w kilku strefach jednocześnie wystąpi zwiększenie wartości strat wody (lub MNP), kryterium przy wyznaczaniu harmonogramu testowania stref stanowi wartość różnicy pomiędzy wartością rozbieżności bilansu (stratami wody) a wartością oczekiwaną dla danej strefy. Wartości oczekiwanych/akceptowalnych strat powinny zostać wyznaczone na podstawie omówionego w dalszej części wskaźnika ILI (rekomendowana wartość ILI=2, wartości ILI wyznaczane są automatycznie w SmartFlow po wprowadzeniu niezbędnych danych o strefie).

→ **Etap 2 - wstępna lokalizacja nieszczelności.**

Ma na celu zawężenie rejonu poszukiwań wycieku w testowanej strefie. Jako pierwsze bezwzględnie powinny zostać poddane testom strefy o najwyższym wskaźniku wycieków.

→ **Etap 3 – precyzyjna lokalizacja wycieków.**

Domiar miejsca wystąpienia awarii za pomocą korelatora, hydrofonów, geofonów/stetofonów lub gazu znacznikowego.

Korzyści wynikające z wprowadzenia działań:

- ✓ proste wprowadzenie automatycznego bilansowania wody w sieci,
- ✓ znaczne skrócenie czasu detekcji awarii,
- ✓ zmniejszenie potrzeby prowadzenia prewencyjnego osłuchiwania sieci wodociągowej i ponoszenia związanych z tym kosztów,
- ✓ ograniczenie traconej wody w przypadku nowych awarii do minimum poprzez szybką lokalizację obszaru, na którym wystąpiła awaria.

3.2. Wskaźniki strat wody

Jako wskaźniki stref poddawanych w pierwszej kolejności poszukiwaniom wycieków sugeruje się następujące parametry: objętość wody nie sprzedanej, infrastrukturalny indeks wycieków oraz analizę minimalnego nocnego przepływu i jego krotności.

Straty wody (objętość wody niesprzedanej) z sieci wodociągowej są nieuniknione, wynikają z jej rozległości, są pochodną długości sieci, panującego w niej ciśnienia, użytych do jej budowy materiałów i sposobu połączeń rur, wieku przewodów czy jakości wykonawstwa. Powszechnie przyjmuje się, że istnieje pewien poziom wycieków akceptowalny ekonomicznie rozumiany jako suma drobnych nieszczelności, których naprawa jest droższa niż osiągnięty efekt finansowy oszczędności wody. Zwykle wartości te przyjmuje się w granicach 10% objętości wody włączonej do sieci wodociągowej, a w licznych strategiach ograniczania wycieków stosuje się procentowe progi docelowe strat wody.

Jako wartości diagnostyczne strat wody przyjęto dobową objętość wody nie sprzedanej, wielokrotność teoretycznego nocnego przepływu K , oraz infrastrukturalny indeks wycieków III .

Objętość strat wody w strefie wyraża równanie

$$V_{str} = V_{dop} - \sum V_w \quad [m^3/d]$$

gdzie :

V_{str} – objętość wody nie sprzedanej w strefie w jednostce czasu [m^3/d],

V_{dop} – objętość wody wprowadzonej do strefy w jednostce czasu [m^3/d],

V_w – objętość wody zarejestrowanej przez wodomierz odbiorcy w jednostce czasu [m^3/d].

Infrastrukturalny wskaźnik wycieków ILI (Infrastructure Leakage Index) określany jest wg wzoru:

$$ILI = \frac{CARL}{UARL} \quad [-]$$

gdzie :

CARL – aktualny poziom strat wody w sieci (Current Annual Real Losses), zwykle odnoszony do wartości rocznej, w projekcie celowe jest odniesienie do doby [m³/d],

UARL – nieunikniony poziom strat wody (Unavoidable Annual Real Losses) [m³/d].

Wartość UARL wyznaczona jest na podstawie wzoru:

$$UARL = (A \cdot L_{M+R} + B \cdot N_p + C \cdot L_p) \cdot L_d \cdot p^{N1} \quad [m^3/d]$$

gdzie:

A - nieunikniona strata wody w rurociągach magistralnych i rozdzielczych: 18 dm³/km · d · 1 mH₂O wysokości ciśnienia,

B - nieunikniona strata wody w armaturze przyłączy, przyjmuje się 0,8 dm³/przyłącze · d · mH₂O wysokości ciśnienia,

C - nieunikniona strata wody w rurociągach przyłączy od granicy ulicy do wodomierza na przyłączach wodociągowych: 25 dm³/km · d · 1 mH₂O wysokości ciśnienia,

L_{M+R} – długość przewodów magistralnych i rozdzielczych [km],

N_p - liczba przyłączy [-],

L_p – długość przyłączy [km],

L_d - liczba dób [-],

p – wysokość średnia ciśnienia [m H₂O],

N1 - wykładnik korekcyjny potęgi wysokości ciśnienia, w rozpatrywanej sieci przyjęto wartość N1=1,0 ze względu na mieszany charakter materiałowy sieci.

Teoretyczny nocny przepływ wyznacza się według wzoru:

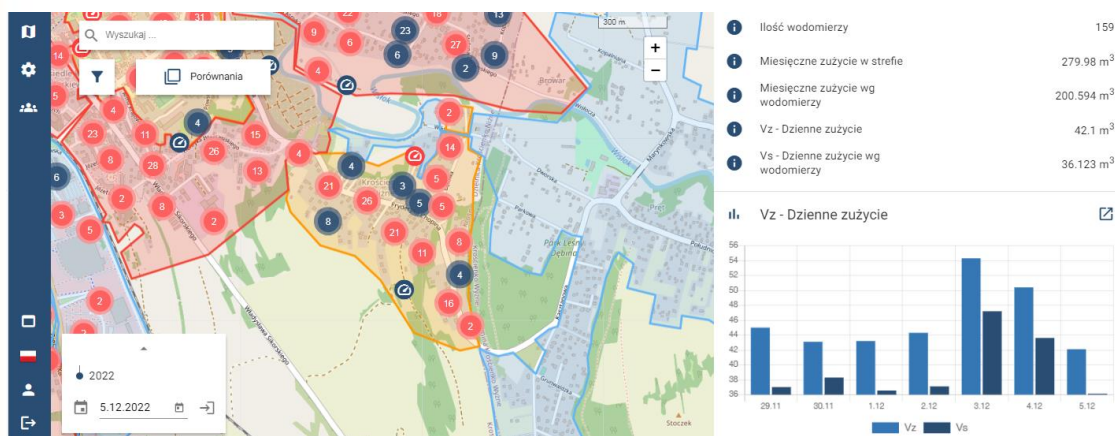
$$TMNP = 2UARL \quad [m^3/d]$$

Wielokrotność teoretycznego nocnego przepływu określa się wg wzoru:

$$K = \text{MNP} / \text{TMNP} \quad [-]$$

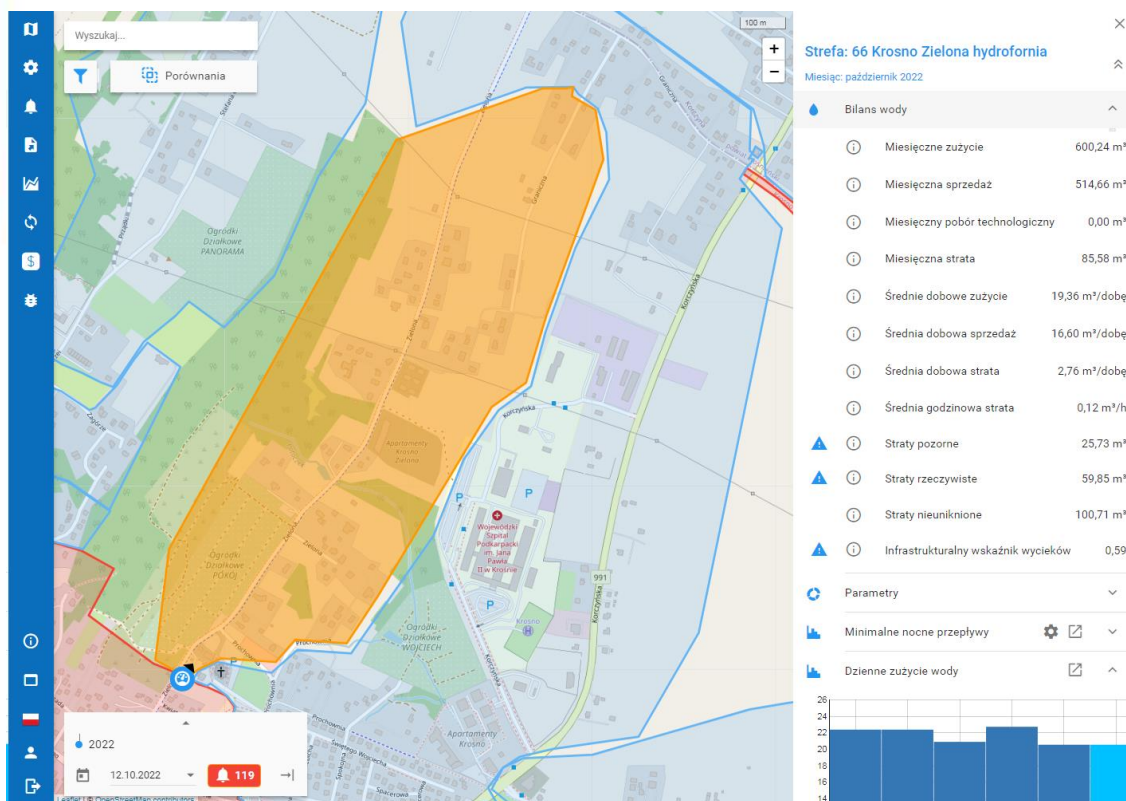
Wygodnym wskaźnikiem jest Minimalny nocny przepływ (MNP) – jest to najmniejsza zarejestrowana wartość przepływu na zasilaniu danej strefy, która najczęściej występuje w godzinach najmniejszych rozbiorów tj. pomiędzy godzinami 02:00 a 04:00. Wartość MNP jest wartością powtarzalną w każdej kolejnej dobie/nocy, a jej zmiana informuje o wystąpieniu zdarzeń, które należy sprawdzić/przeanalizować.

W projekcie przewidziano wykonywanie bilansu dobowego punktów zasilania stref DMA i wszystkich wodomierzy zlokalizowanych w granicach strefy. Otrzymana różnica bilansu jest tożsama z wodą niedochodową (stratami wody). Do oceny stanu technicznego sieci wykorzystywany został bilans objętości wody dostarczonej do wydzielonej strefy DMA oraz sumy objętości wody zmierzonej przez wodomierze główne odbiorców. Bilans wykonano w ujęciu dobowym dzięki danym o godzinowych stanach liczydła z wodomierzy odbiorców, przesyłanymi przez nakładki wodomierzowe A-Pulse firmy AIUT, rys. 10.



Rys. 10. Przykładowy ekran programu SmartFlow – moduł „wodomierze”

Powyższe wskaźniki generują odpowiednie alarmy dając operatorowi systemu możliwość podejmowania niezbędnych działań naprawczych. Ponieważ ich analiza wykonywana jest w ujęciu dobowym dodatkowym wskaźnikiem bieżących nieprawidłowości (np. awarii w strefie) jest analiza bieżącego dopływu do strefy (co 10 minut) oraz jego porównanie z danymi archiwalnymi. W przypadku nagłego wzrostu dopływu do strefy operator uzyskuje taką informację i może przystąpić do jej weryfikacji. Przykładowy ekran programu SmartFlow z analizą danych przedstawiono na rys. 11.



Rys. 11. Analiza danych przykładowej strefy

4. DZIAŁANIA INFORMATYCZNE

4.1. Centralna Dyspozytornia Wodociągowa

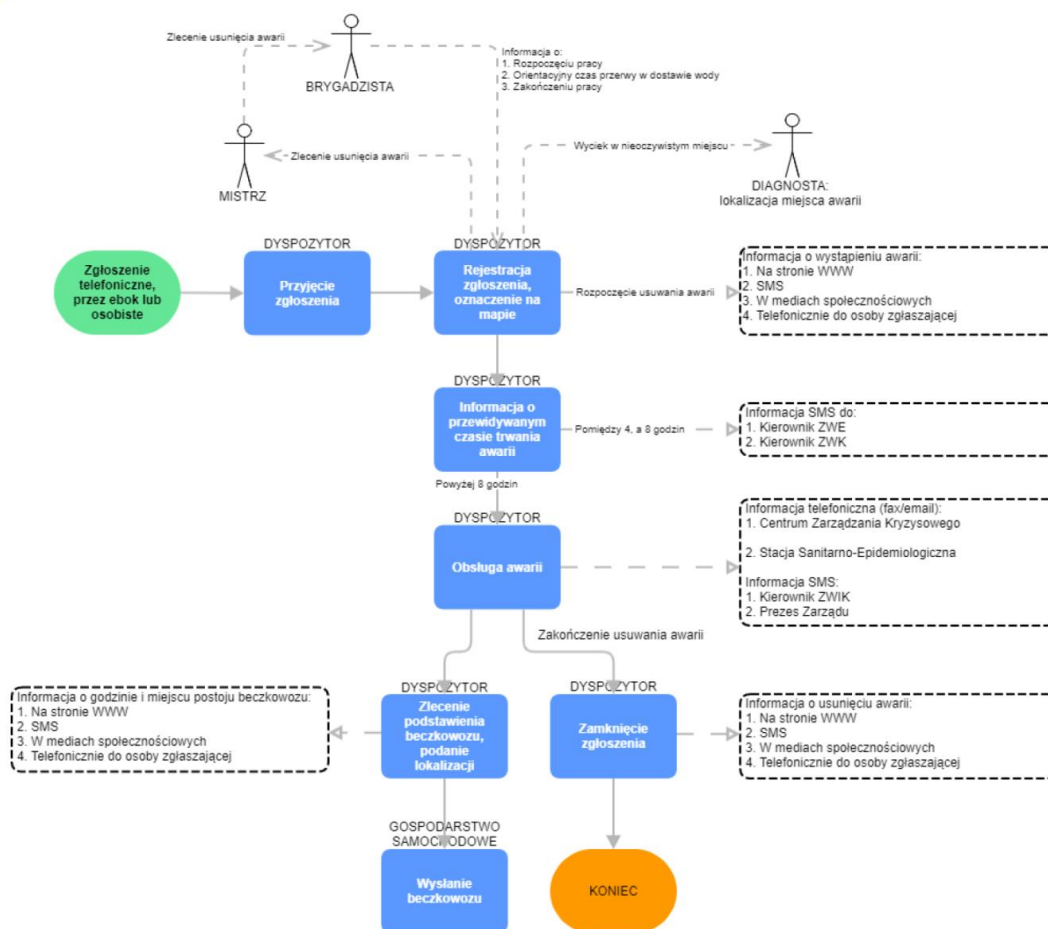
Znacząca liczba systemów dziedzinowych różnych producentów i zaimplementowanych w różnych technologiach w przedsiębiorstwie powoduje, że ich modyfikacja i utrzymanie staje się coraz trudniejsze i bardziej kosztowne. Połączenie współistniejących aplikacji, polegające na umożliwieniu współpracy i/lub współdzieleniu zasobów, jest nazywane integracją i staje się w wielu przypadkach niezbędne. Jest to szczególnie istotne dla operatora systemu (dyspozytora), którego praca powinna odbywać się w jak najmniejszej liczbie programów, najlepszym rozwiązaniem wydaje się utworzenie takiego oprogramowania, które scalać będzie wszystkie kluczowe funkcjonalności różnych programów. Pozwoli to na uzyskanie przez dyspozytora szybkiej i zrozumiałej informacji na temat stanu systemu i potencjalnych nieprawidłowości, a w konsekwencji na podjęcie działań zgodnych z wypracowanymi schematami w przypadku zdarzeń typowych i prawidłowych reakcji dla zdarzeń o charakterze incydentalnym, dla których procedury nie są jeszcze opracowane.

Rekomenduje się utworzenie oprogramowania scalającego wszystkie kluczowe funkcjonalności stosowanych w przedsiębiorstwie programów niezbędnych do oceny stanu systemu zaopatrzenia w wodę i identyfikacji zdarzeń niepożądanych w systemie – narzędzia umożliwiającego poprzez porównywanie danych z różnych źródeł analizę danych i pozwalającego operatorowi systemu na podejmowanie trafnych, szybkich decyzji.

Celowe jest utworzenie Centralnej Dyspozytorni Wodociągowej w przedsiębiorstwie, która pracowałaby całodobowo zapewniając ciągły kontakt pomiędzy klientami, odpowiednimi służbami w przedsiębiorstwie (np. brygadami remontowymi) oraz właściwymi organami administracji rządowej lub samorządowej. Należy wytworzyć schematy działania w różnych okolicznościach, ponieważ określenie procedur, wg których ma postępować dyspozytor ułatwi podejmowanie decyzji w trudnych momentach. W ramach projektu opracowane zostały wzorce postępowania dyspozytora rozpoczynającego nowy dzień pracy oraz wzorce procesów jego działania, których celem jest przyjęcie jednego toku postępowania dla wszystkich pracowników Centralnej Dyspozytorni Wodociągowej dla różnych możliwych rodzajów zdarzeń występujących w systemie. Opracowano także zasady planowania działania docelowych jednostek w odpowiedzi na wzorce procesów działania Centralnej Dyspozytorni Wodociągowej.

Utworzono następujące wzorce procedur dotyczących systemu zaopatrzenia w wodę:

- ✓ procedura przyjęcia zgłoszenia o awarii sieci wodociągowej (rys. 12),
- ✓ procedura przyjmowania zgłoszeń o uszkodzeniach przewodów sieci wodociągowej,
- ✓ procedura przyjmowania zgłoszeń o niskim ciśnieniu sieci wodociągowej,
- ✓ procedura przyjęcia zgłoszenia o wysokim ciśnieniu sieci wodociągowej,
- ✓ procedura przyjęcia zgłoszenia o pogorszonych parametrach jakości wody,
- ✓ procedura przyjęcia zgłoszenia o braku wody,
- ✓ procedura przyjęcia zgłoszenia o uszkodzeniu wodomierza,
- ✓ procedura przyjęcia zgłoszenia o zerwaniu plomby na wodomierzu,
- ✓ procedura przyjmowania zgłoszeń dotyczących pompowni wody/hydroforni,
- ✓ procedura przyjmowania zgłoszeń dotyczących działania przepływomierzy,
- ✓ procedura powiadomienia o braku skrzynki zasuwowej, hydrantowej lub pokrywy studni,
- ✓ procedura przyjmowania zgłoszeń dotyczących zapadnięcia terenu,
- ✓ procedura przyjmowania zgłoszeń o skażeniu źródła zaopatrzenia w wodę,
- ✓ procedura przyjmowania zgłoszeń o skażeniu w systemie zaopatrzenia w wodę,
- ✓ procedura przyjmowania innych zgłoszeń,
- ✓ opracowane zostały również wzorce dotyczące przyjmowania zgłoszeń o nieprawidłowościach wykrytych na sieci kanalizacyjnej.



Rys. 12. Procedura przyjęcia zgłoszenia awarii sieci wodociągowej, źródło: Opracowanie wzorów procesów działania Centralnej Dyspozytorni Wodociągowej, E. Kilian-Błażejewska

4.2. Wzorzec programistycznego połączenia systemów dziedzinowych

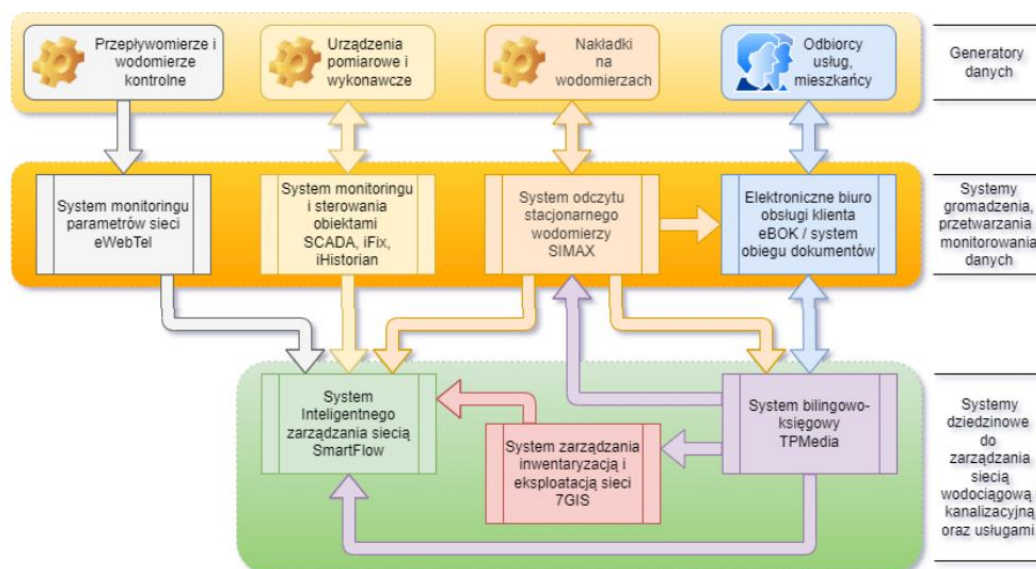
W celu wypracowania rekomendacji dotyczących wzorca programistycznego połączenia systemów dziedzinowych, dokonano analizy wybranych procesów biznesowych i obecnego modelu informatycznego w MPGK Krosno oraz poddano analizie przepływ danych pomiędzy eksploatowanymi i wdrażanymi systemami dziedzinowymi. Uwzględniono potrzebę połączenia istniejących systemów dziedzinowych MPGK pod kątem zaprzestania duplikowania wprowadzanych informacji w różnych systemach, ustalenia katalogu wymagań wobec przyszłych dostawców oprogramowania, opracowanie wzorca programistycznego połączenia istniejących systemów dziedzinowych MPGK w celu zaprzestania duplikowania wprowadzanych informacji, przełożenie opracowanych wzorcowych zasad działania systemu na poziom planowania zasad działania docelowych systemów monitorowania sieci.

Na podstawie powyższych analiz i założeń opracowany został wzorzec programistycznego połączenia istniejących i wdrażanych systemów dziedzinowych, możliwy do zrealizowania wg stanu istniejącego oraz rekomendowany - do wdrożenia w przyszłości.

Zrealizowana architektura systemu informatycznego pokazana została na rys. 13, przepływy danych realizowane są w sposób przedstawiony w tab. 1.

Tabela 1. Topologia interfejsów integracyjnych

		TPMedia	7GIS	SIMAX	SmartFlow	eBOK/SOD
TPMedia	Kontrahent	→				→
	Nieruchomość	→				
	Punkt poboru/wodomierz	→	→		→	→
	Należności/rachunki	→				→
	Kartoteka magazynowa	→				
	Stany magazynowe	→				
	Dokumenty magazynowe	→				
	Sprzedaż wody	→			→	
	Umowy	→				→
	Odczyty rozliczeniowe	→				→
	Faktury	→				→
	eWebtel	Pomiary				→
SCADA	Pomiary				→	
7GIS	Topologia sieci	→			→	
	Strefy DMA	→			→	
	Punkty pomiarowe	→			→	
SIMAX	Odczyty	→	→		→	→
eBOK/SOD	Sprawy	→				→
	Dokumenty	→				→
	Odczyty własne kontrahenta	→				



Rys 13. Architektura systemu informatycznego obsługującego sieć wodociągową wg stanu obecnego, źródło: Wzorzec programistycznego połączenia istniejących systemów dziedzicznych w MPGK Krosno, A. Bocheński

Zastosowane technologie integracyjne w przedsiębiorstwie pokazano w tabeli 2, częstotliwości synchronizacji danych będące jednym z czynników decydujących o sprawności i skalowalności rozwiązań integracyjnych zawarto w tabeli 3.

Tabela 2. Zastosowane technologie integracyjne

System źródłowy	System docelowy	Technologia integracyjna
TPMedia	7GIS	Widoki bazodanowe, widok dotyczący posesji powielany w systemie docelowym, pozostałe wyświetlane dynamicznie z systemu źródłowego
TPMedia	SIMAX	Numery seryjne wodomierzy – API SOAP (webserwis), przypisanie punktów poboru do strefy DMA – widok bazodanowy
TPMedia	SmartFlow	Widok bazodanowy
TPMedia	eBOK/SOD	Widok bazodanowy + Wolker dokonujący transformacji danych
eWebTel	SmartFlow	Widok bazodanowy
SCADA	SmartFlow	Dostęp do bazy przez OPC-HDA i dedykowane API
7GIS	SmartFlow	Widok bazodanowy + plik pośredni dla danych wektorowych z aplikacji Bentley
SIMAX	TPMedia	API SOAP (webserwis) – realizowane na zamówienie
SIMAX	SmartFlow	API SOAP (webserwis)
SIMAX	eBOK	API SOAP (webserwis)
eBOK/SOD	eBOK/SOD	API RESTful (JSON) + widok bazodanowy

Tabela 3. Częstotliwość synchronizacji danych

System źródłowy	System docelowy	Maksymalna częstotliwość	Minimalna częstotliwość	Domyślna częstotliwość
TPMedia	7GIS	Na życzenie	Na życzenie	Na życzenie
TPMedia	SIMAX	Wodomierze – po zmianie, strefy DMA – 1/miesiąc	Wodomierze – po zmianie, strefy DMA – 1/miesiąc	Wodomierze – po zmianie, strefy DMA – 1/miesiąc
TPMedia	SmartFlow	1/miesiąc	1/miesiąc	1/miesiąc – 1 dzień miesiąca
TPMedia	eBOK	1/godzina	1/doba	1/doba
TPMedia	SOD	1/godzina	1/doba	1/doba
eWebTel	SmartFlow	1/godzina	1/doba	1/doba
SCADA	SmartFlow	1/godzina	1/doba	1/doba
7GIS	SmartFlow	1/miesiąc	1/miesiąc	1/miesiąc – 1 dzień miesiąca
SIMAX	TPMedia	1/godzina	1/doba	1/doba
SIMAX	SmartFlow	1/godzina	1/doba	1/doba
SIMAX	eBOK	1/godzina	1/doba	1/doba
eBOK	SOD	natychmiast	natychmiast	natychmiast
SOD	eBOK	1/godzina	1/doba	1/doba

W wypadku instalacji platformy do wizualizacji danych na infrastrukturze przedsiębiorstwa wymagane jest skonfigurowanie i udostępnienie kluczowych danych branżowych. W standardowym modelu integracji rekomendowane jest utworzenie integratorów dla każdego źródła danych (GIS, dane pomiarowe, dane sprzedażowe, SSOW). Integratory te w żaden sposób nie powinny ingerować w dane przedsiębiorstwa ani modyfikować ich struktury. Platforma może wymagać dostępu do sieci internetowej w celu połączenia z serwerem map.

Platforma do wizualizacji danych powinna zapewnić modułowość swojej architektury. Rozwiązanie takie umożliwi późniejszy rozwój platformy wraz z rozwojem przedsiębiorstwa, jego sieci i systemów informatycznych.

Platforma wizualizacji danych do działania wymaga danych z systemów branżowych, do obecnie funkcjonujących systemów zaliczyć należy:

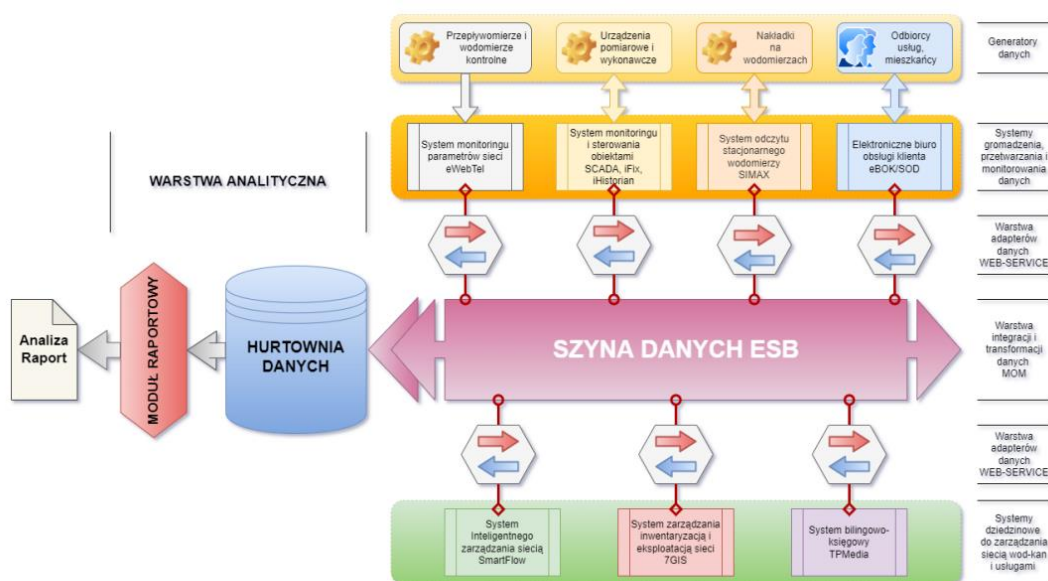
- system billingowo-księgowy – **TPMedia**,
- system monitorowania parametrów sieci gromadzący i wizualizujący dane pomiarowe z rejestratorów zamontowanych na kontrolnych przepływomierzach i wodomierzach strefowych, oraz u odbiorców hurtowych – **eWebTel**,
- system monitoringu i sterowania obiektami do kontroli procesów i analizy danych w czasie rzeczywistym – **SCADA**,
- system zarządzania danymi inwentaryzacyjnymi i eksploatacją sieci

- wodociągowej oraz kanalizacyjnej – **7GIS**,
- system stacjonarnego odczytu wodomierzy klasy IoT – **SIMAX**.

Wdrożona w Krośnie aplikacja SmartFlow to platforma do zarządzania i wizualizacji danych z sieci pochodzących z systemów 7GIS, SCADA, eWebTel, SIMAX i TPMedia. Jest to zatem narzędzie do zarządzania siecią wodociągową i bilansowania zużycia wody. Integracja wg stanu obecnego umożliwi również udostępnianie danych z nakładek montowanych na wodomierzach głównych dostępnych z bazy SSOW odbiorcom wody w systemie eBOK (m.in. zużycie godzinowe, dobowe oraz informacja o prawdopodobnym wycieku z instalacji wewnętrznej) a także dwukierunkową wymianę danych pomiędzy systemem billingowo-księgowym TPMedia a systemem stacjonarnego odczytu wodomierzy SIMAX.

SmartFlow bazuje na danych pomiarowych (pochodzących z innych systemów eksploatowanych w MPGK) oraz danych geolokalizacyjnych. W założeniach wizualizacji ma podlegać obszar sieci wodociągowej z podziałem na strefy, ze zróżnicowaniem kolorystycznym stref i wskazaniem punktów pomiarowych, w których wystąpiły zdarzenia generujące alarmy.

Stan rekomendowany (docelowy) - uwzględniający wzorcowe rozwiązanie integracyjne, mechanizm wersjonowania i monitorowania interfejsów wymiany danych, specyfikację minimalnych wymagań dla szyny danych i adapterów aplikacyjnych oraz ogólne ramy wdrożenia szyny danych. Rekomendowane rozwiązania umożliwiają ujednoclenie formy raportowania, rys. 15.



Rys. 15. Rekomendowana architektura systemów informatycznych z uwzględnieniem hurtowni danych, źródło: Wzorzec programistycznego połączenia istniejących systemów dziedzicznych w MPGK Krosno, A. Bocheński

Integracja współistniejących aplikacji polegająca na umożliwieniu współpracy i/lub współdzielenia zasobów jest niezbędna. Uznano, że optymalną, wzorcową techniką połączenia eksploatowanych w MPGK Krosno dziedzinowych systemów informatycznych powinna być szyna danych oraz hurtownia danych z warstwą analityczną.

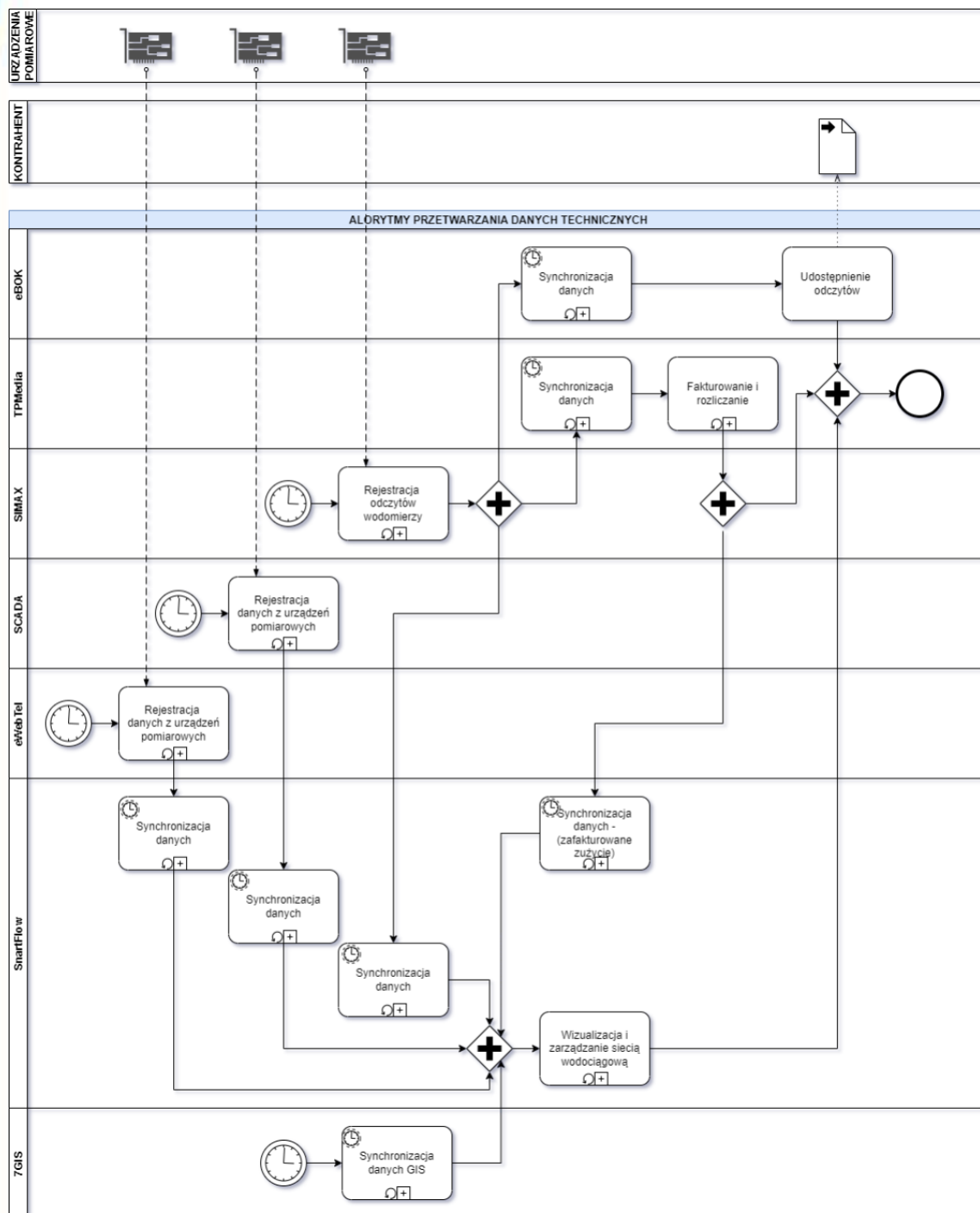
Zaletami szyny danych są: skalowalność, elastyczność, możliwość automatyzacji wymiany danych, jej odporność na zmiany architektury i niezależność od technologii oraz zachowanie spójności danych w integrowanych systemach. W okresie przejściowym, warto również rozważyć zastosowanie technologii RPA w tych obszarach, gdzie występuje „ręczne” powielanie danych.

Korzyści wynikające z zastosowania hurtowni danych z platformą analityczną to głównie: centralizacja i konsolidacja danych z różnych źródeł, integracja i aktualizacja danych wynikająca z cyklicznego zasilania hurtowni danymi systemów dziedzinowych, automatyzacja raportów i ujednoczenie ich formy.

Środowisko serwerowe zostało w pełni zwirtualizowane na nowej maszynie fizycznej. Rekomenduje się przy tym:

- rezygnację z dokumentów w formie papierowej tam gdzie jest to możliwe,
- utworzenie centralnego repozytorium dokumentów elektronicznych (CRDE) i archiwum dokumentów w formie papierowej,
- wprowadzenie podpisu elektronicznego,
- w sytuacjach wymagających formy papierowej dokumentu zastosowanie nadruku kodów QR, dla identyfikacji dokumentu, automatyzację jego skanowania i składowania w CRDE, a także wyszukiwania i udostępniania do systemów dziedzinowych,
- uwzględnienie w zakresie wdrożenia Systemu Obiegu Dokumentów interfejsów na urządzenia mobilne, umożliwiające pracownikom Wodociągów Krośnieńskich prowadzącym działania w terenie wypełnianie raportów i protokołów w wersji elektronicznej,
- wprowadzenie dodatkowo możliwości pobrania elektronicznych formularzy interaktywnych dla odbiorców usług poprzez formularze on-line, dostępne w postaci kreatorów ułatwiających wypełnienie pól z wymaganymi informacjami oraz dołączania niezbędnych załączników w formatach .docx, .xlsx czy .pdf,
- aktualizację map geodezyjnych z wykorzystaniem nieodpłatnych zasobów Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii oraz nieodpłatnych zasobów wojewódzkiego i powiatowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego oraz wprowadzenie obowiązku dostarczania przez inwestorów operatów w wersji wektorowej,
- eksploatowanie aplikacji w MPGK Krosno w infrastrukturze chmurowej,
- zastosowanie komercyjnych rozwiązań szyny danych lub rozwiązań typu open-source.

W ramach projektu opracowano również algorytmy przetwarzania danych zgodnie z procesami biznesowymi w MPGK Krosno. Poniżej przekładowy algorytm dotyczący przetwarzania danych technicznych.



Algorytm przetwarzania danych technicznych, źródło: Algorytmy przetwarzania danych zgodnie z procesami biznesowymi w MPGK Krosno, A. Bocheński

4.3. Architektura programistyczna systematycznej i bezosobowej wymiany danych pomiędzy systemami informatycznymi

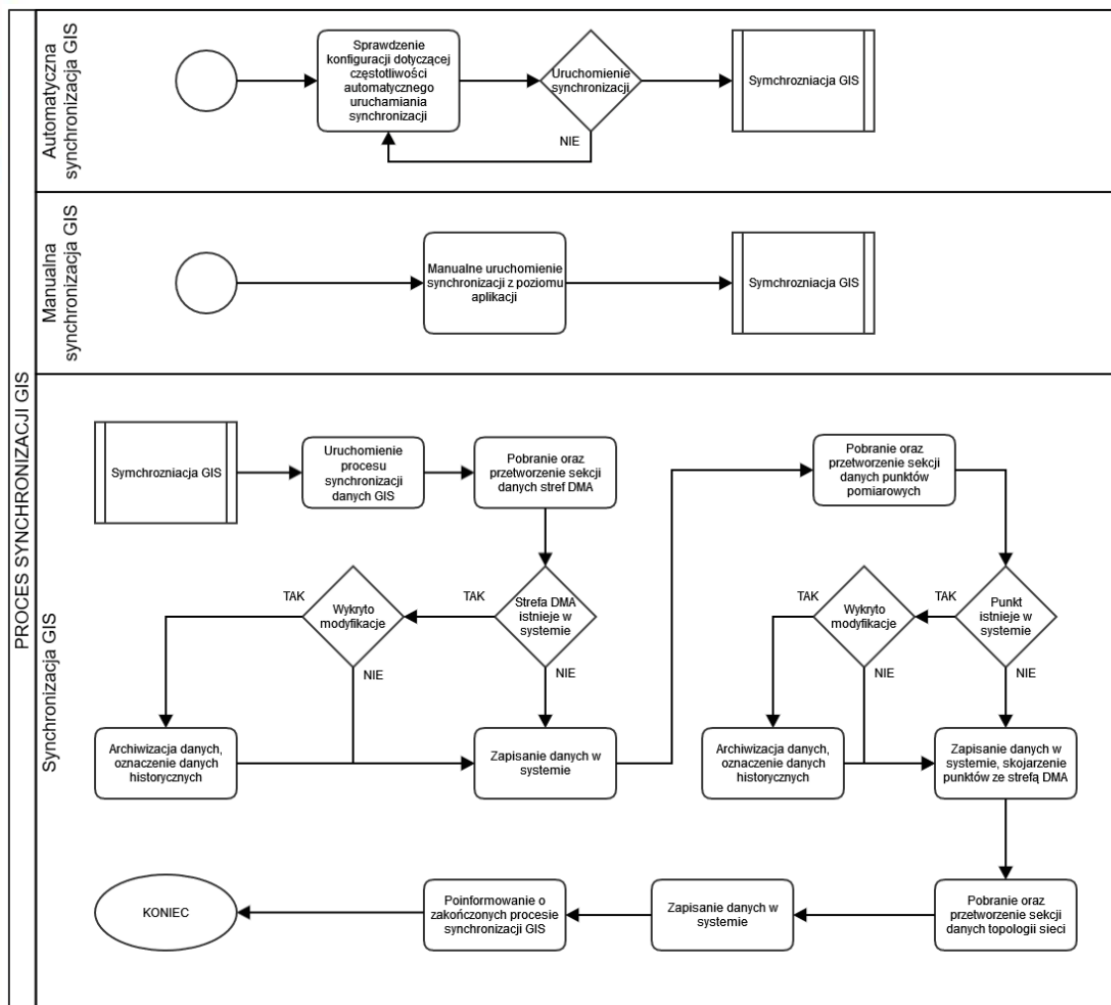
Opracowanie programistycznej architektury systematycznej i bezosobowej wymiany danych pomiędzy systemami informatycznymi, przystosowanej do dużego wolumenu danych w przedsiębiorstwach wodociągowych średniej wielkości było podstawą do scharakteryzowania podstawowych parametrów i funkcjonalności systemu wspierającego eksploatatora systemu zaopatrzenia w wodę, w codziennym zarządzaniu siecią wodociągową.

W zależności od możliwości oraz preferencji przedsiębiorstwa, platforma monitorowania sieci powinna mieć możliwość instalacji lub konfiguracji w różnych środowiskach - począwszy od rozwiązań serwerowych należących do przedsiębiorstwa po chmurę obliczeniową.

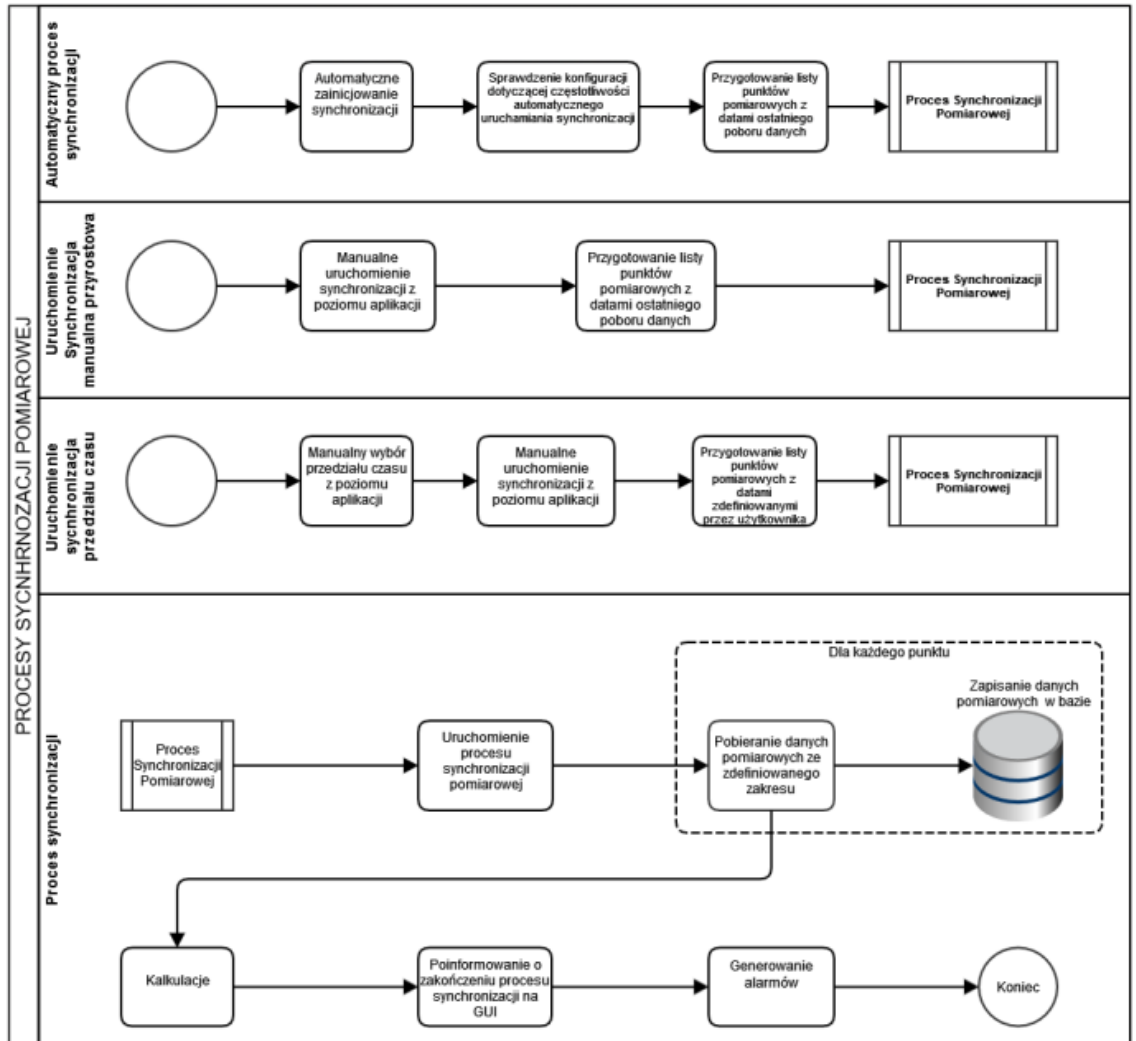
Platforma w swoich założeniach powinna synchronizować się z głównymi systemami branżowymi przedsiębiorstwa – systemem GIS, systemami monitoringu obiektów i urządzeń sieci wodociągowej (SCADA, eWebtel), systemem z danymi sprzedażowymi (system billingowo-księgowy TP Media) oraz systemem stacjonarnego odczytu wodomierzy (SIMAX). Synchronizacja z systemami branżowymi powinna odbywać się cyklicznie w z góry zdefiniowany sposób oraz dawać możliwość ręcznego uruchomienia w zależności od potrzeb, także z możliwością synchronizacji wybranego przedziału czasowego.

W ramach projektu opracowano wzorce procesów:

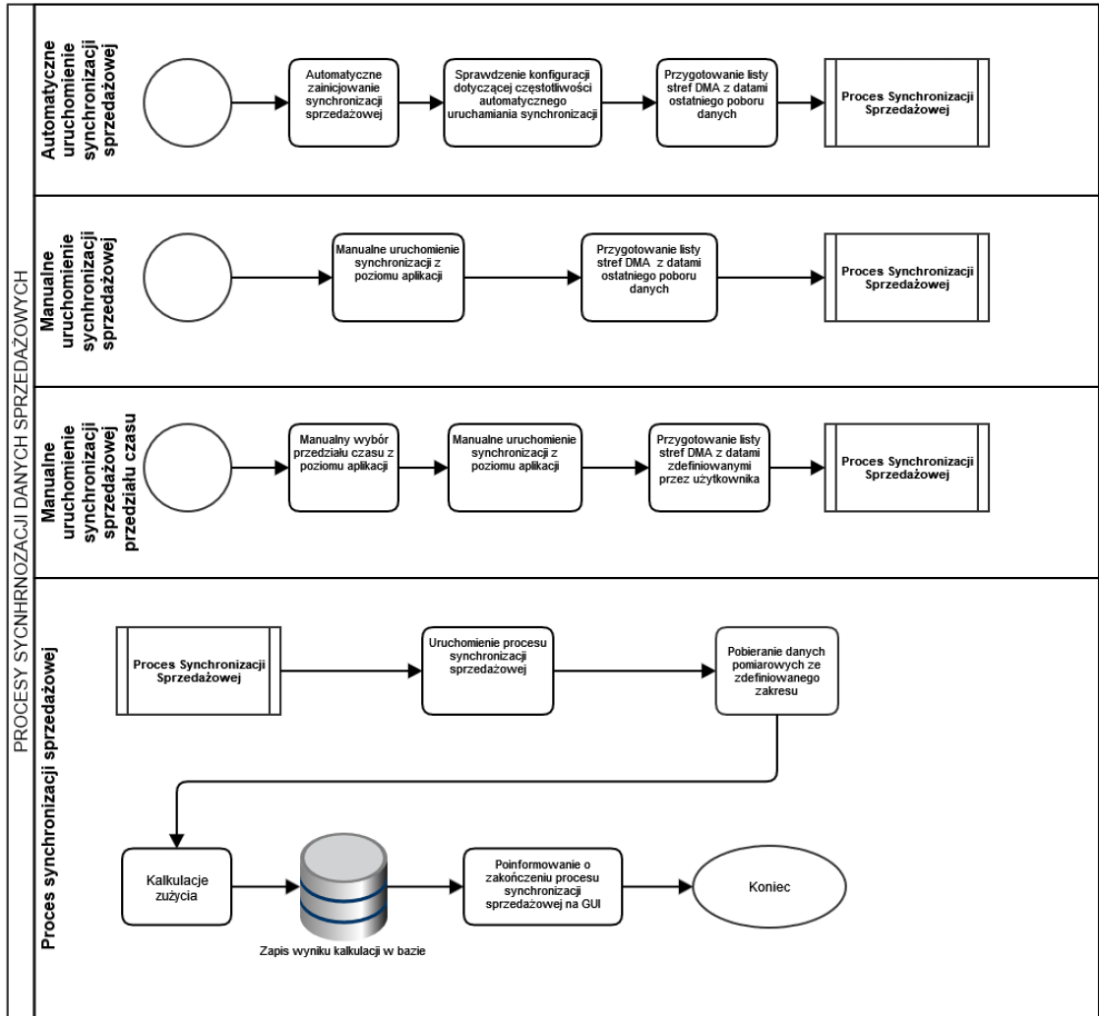
- ✓ **wzorcowy proces automatycznej i bezosobowej wymiany danych GIS (rys. 16),**
- ✓ **wzorcowy proces automatycznej i bezosobowej wymiany danych pomiarowych (rys. 17),**
- ✓ **wzorcowy proces automatycznej i bezosobowej wymiany danych sprzedażowych (rys. 18),**
- ✓ **architektura on-premise w oparciu o standardowe metody integracji (rys. 19),**
- ✓ **architektura rozwiązania w oparciu o rozwiązania chmurowe.**



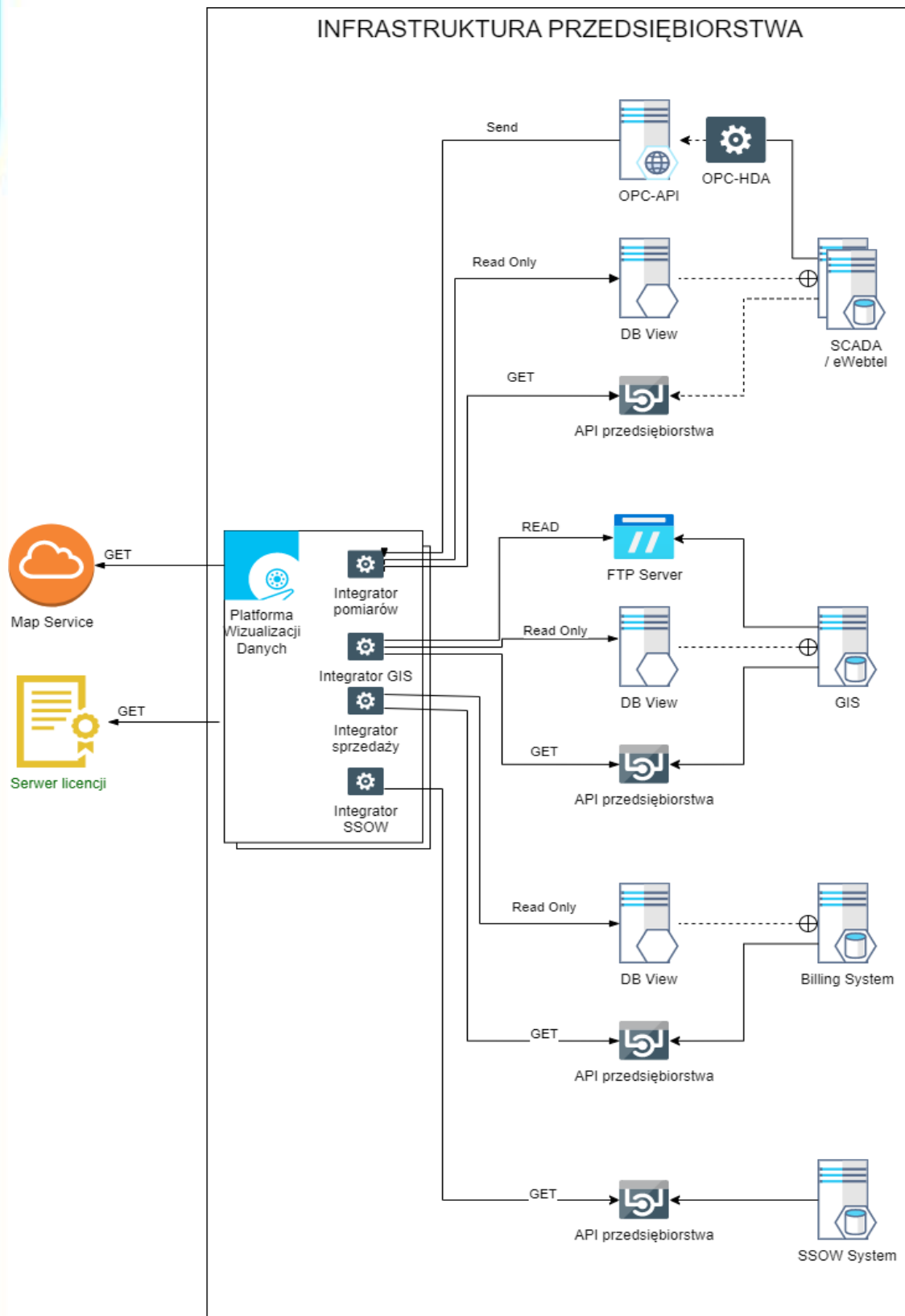
Rys. 16. Wzorcowy proces synchronizacji GIS, źródło: opracowanie Programistyczna architektura systematycznej i bezosobowej wymiany danych pomiędzy systemami informatycznymi, A. Mroczek, K. Kuran



Rys. 17. Wzorcowy proces synchronizacji pomiarowej, źródło: opracowanie Programistyczna architektura systematycznej i bezosobowej wymiany danych pomiędzy systemami informatycznymi, A. Mroczek, K. Kuran



Rys. 18. Wzorcowy proces synchronizacji danych sprzedażowych, źródło: opracowanie Programistyczna architektura systematycznej i bezosobowej wymiany danych pomiędzy systemami informatycznymi, A. Mroczek, K. Kuran



Rys. 19. Architektura on-premise w oparciu o standardowe metody integracji, źródło: opracowanie: Programistyczna architektura systematycznej i bezosobowej wymiany danych pomiędzy systemami informatycznymi, A. Mroczek, K. Kuran

4.4. Platforma do wizualizacji i zarządzania siecią wodociągową SmartFlow

W ramach projektu opracowano i wdrożono platformę służącą do zarządzania siecią wodociągową, jej celem jest analiza danych z monitoringu sieci wodociągowej i ich wizualizacja.

Rekomenduje się, żeby system dawał możliwość swobodnego zarządzania użytkownikami. Dodając nowego użytkownika, administrator może określić do jakich modułów będzie miał on dostęp po zalogowaniu. Platforma powinna mieć możliwość zdefiniowania odpowiednich uprawnień dla poszczególnych grup użytkowników (np. administrator, diagnosta, dyspozytor, użytkownik). System powinien umożliwić wgląd do logowań użytkowników.

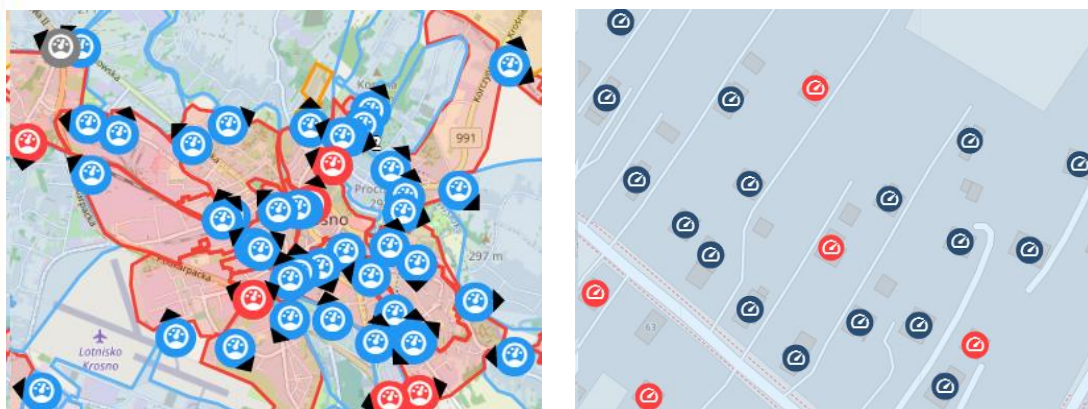
Po zalogowaniu się, użytkownik powinien mieć możliwość sterowania widokiem mapy i zaznajomienia się z aktualnym stanem sieci wodociągowej. Ekran główny powinien zawierać widok mapy z naniesionymi punktami pomiarowymi oraz strefami DMA, system powinien być modułowy (Mapa, Ustawienia, Historia oraz Raporty, rys. 20) oraz zawierać menu pozwalające na zawiadywanie widokiem oraz wyświetlanie informacji o stanie wodociągu (Alarmy, Filtry, Wyszukiwarka, Porównania i Data).



Rys. 20. Schemat założeniowy rozmieszczenia elementów widoku głównego, źródło: opracowanie Programistyczna architektura systematycznej i bezosobowej wymiany danych pomiędzy systemami informatycznymi, A. Mroczek, K. Kuran

Aplikacja powinna prezentować na widoku mapy naniesione punkty pomiarowe w intuicyjnych kolorach pod kątem komunikacji urzędzeń

i występujących alarmów oraz strefy DMA w intuicyjnych kolorach pod kątem występujących alarmów i ostrzeżeń (rys. 21).



Rys. 21. Widok przepływomierzy strefowych (z lewej) i wodomierzy u odbiorców wody (z prawej)

Dla każdej ze stref możliwe powinno być wywołanie następujących informacji:

1. **Nazwa strefy DMA.**
2. **Miesiąc, dla którego prezentowane są dane.**
3. **Bilans – spis informacji o:**
 - miesięcznym zużyciu wody,
 - miesięcznej sprzedaży,
 - miesięcznym poborze technologicznym – dane wprowadzane ręcznie w systemie,
 - miesięcznej stracie,
 - średnim dobowym zużyciu,
 - średniej dobowej sprzedaży,
 - średniej dobowej stracie,
 - stratach pozornych,
 - stratach rzeczywistych,
 - stratach nieuniknionych UARL,
 - infrastrukturalnym wskaźniku wycieków III,
4. **Parametry:**
 - strata względna,
 - strata bezwzględna,
 - teoretyczny nocny przepływ TMNP,
 - minimalny nocny przepływ na podstawie odczytów z przepływomierzy dokonywanych między godziną 1:00 a 5:00 w ciągu miesiąca,

- wielokrotność teoretycznego nocnego przepływu,
- liczba mieszkańców na podstawie danych z bazy GIS,
- dobowe zużycie na osobę,
- dobowa sprzedaż na osobę,
- średnie miesięczne ciśnienie na podstawie odczytów z punktów reprezentatywnych strefy DMA,
- długość sieci na podstawie danych z bazy GIS,
- długość przyłączy na podstawie danych z bazy GIS,
- liczba przyłączy na podstawie danych z bazy GIS,

5. Minimalne nocne przepływy – wykres zarejestrowanych przepływów nocnych w ostatnim tygodniu.

6. Dzielne zużycie – wykres obrazujący dzielne zużycie wody dla strefy w ostatnim tygodniu.

Dla obiektów na mapie można wywołać informacje oraz wykresy, np. dla przepływomierzy dane ogólne (średnica, opis i inne) oraz hydrauliczne (natężenia przepływu, ciśnienia). Wielkości te można dla pożądanego okresu czasu wykreślić i porównywać uwzględniając do 3 parametrów z wielu punktów pomiarowych.

Najistotniejszą dla operatora systemu jest funkcjonalność powiadomień i alarmów, generowanych przez system po każdorazowej synchronizacji z bazami źródłowymi. Pozwala to na błyskawiczną ocenę sytuacji i wytypowanie newralgicznych obszarów, a w konsekwencji podjęcie kroków niezbędnych do naprawy sytuacji.

Aplikacja ma możliwość ustawienia wartości, po przekroczeniu których system zaprezentuje odpowiednie powiadomienie lub alarm.

→ Dla każdej ze stref DMA są to następujące wartości:

- wzrost dzielnego zużycia wody względem danych sprzed tygodnia o określoną wartość %,
- spadek dzielnego zużycia wody względem danych sprzed tygodnia o określoną wartość %,
- przekroczenie TMNP w strefie o określoną wartość %.

→ Dla punktów pomiarowych:

- spadek ciśnienia,
- niski stan baterii,
- cofnięcia stanu licznika.

→ Dla wodomierzy:

- oddziaływanie pola magnetycznego,

- ingerencja zewnętrzna/demontaż,
- wyciek za wodomierzem,
- przepływ wsteczny,
- maksymalny przepływ godzinowy,
- maksymalny przepływ czasowy.

Powiadomienia i alarmy powinny pojawiać się w widżecie, który powinien prowadzić do ich listy, którą można filtrować, wg wybranych kryteriów, np. tylko alarmy czy tylko zdarzenia dla punktów pomiarowych oraz przedstawiać ich historię. Każdy rekord powinien zawierać datę wystąpienia, nazwę obiektu, rodzaj alarmu lub powiadomienia. W konsekwencji możliwe będą następujące działania:

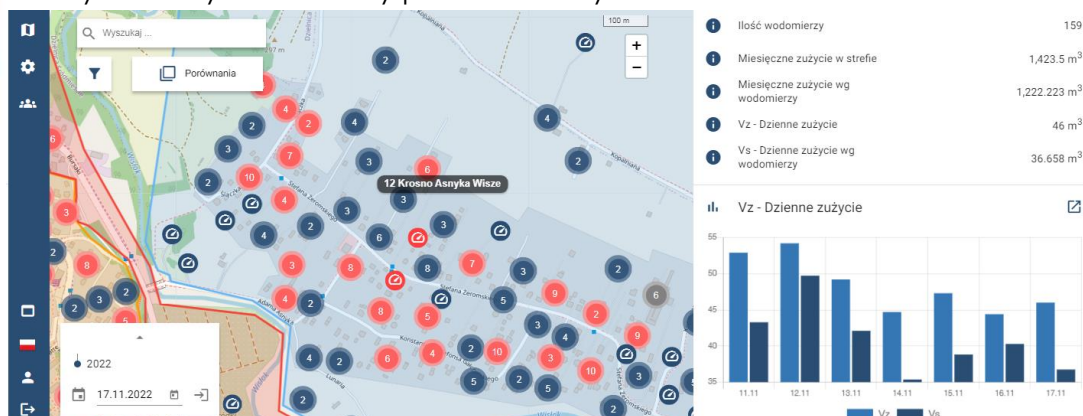
- ➔ przypisanie do wybranego użytkownika – umożliwi rozdzielanie konkretnych zdarzeń do kont innych użytkowników,
- ➔ zakończenie alarmu bądź powiadomienia – alarm lub powiadomienie zostanie zakończone systemowo, podczas tego działania możliwe będzie naniesienie komentarza oraz zaklasyfikowanie zdarzenia do jednej z licznych zestawnikowanych możliwych kategorii:
 - wyciek na sieci magistralnej,
 - wyciek na sieci rozdzielczej,
 - wyciek na przyłączy wodociągowym,
 - wyciek na instalacji,
 - pobór na instalacji,
 - płukanie sieci,
 - czyszczenie hydrodynamiczne,
 - zamknięcie zasuw,
 - pobór nieautoryzowany,
 - pobór na cele ppoż.,
 - bateria rozładowana,
 - przyczyna nieznaną,
 - alarm nieuzasadniony,
 - alarm uzasadniony,
 - awaria zasilania na pompowniach II stopnia,
 - obniżenie ciśnienia z związku z awarią wodociągową,
 - zwiększony pobór – impreza masowa,
 - warunki pogodowe (upał).

Z poziomu wykresów minimalnego nocnego przepływu i zużycia wody w danej strefie, użytkownik powinien mieć możliwość zarejestrowania zdarzenia i opisanie zgodnie ze swoją wiedzą na jego temat.

Kluczową funkcjonalnością platformy powinno być tworzenie zestawień w oparciu o szablony raportów oraz wykresy graficzne powyższych parametrów. Dla wygodnej analizy zebranych w raportach danych, każdy

z raportów powinien mieć możliwość zapisu danych do pliku o rozszerzeniu .pdf, .csv lub .xls. Zarówno wykresy jak i raporty powinny mieć możliwość eksportu.

Przykładowy widok strefy przedstawia rys. 22.



Rys. 22. Przykład ekranu SmartFlow – moduł „wodomierze” (m. Krosno)

4.5. SYSTEM EBOK - Elektroniczne Biuro Obsługi Klienta eBOK/ System Obiegu Dokumentów SOD

Wprowadzenie nowych funkcjonalności w działaniu systemu zaopatrzenia w wodę Krosna daje nowe możliwości również dla klientów wodociągów, stąd wdrożono nowy system eBOK czyli elektroniczne biuro obsługi klienta eBOK umożliwiające automatyczne przesyłanie wniosków do Systemu Obiegu Dokumentów. Funkcjonujący dotychczas eBOK pozwalał na przegląd wystawionych faktur i rozrachunków, salda rozliczeń oraz historii odczytów, a także umożliwiał podanie aktualnego stanu wodomierza. Równoległe i niezależnie funkcjonował Elektroniczny Obieg Dokumentów, który nie był zintegrowany ani z dotychczasowym eBOK ani z systemem billingowo-księgowym i wymagał ręcznego uzupełniania danych dotyczących korespondencji firmowej.

W ramach projektu wdrożony został nowy eBOK (rys. 23), którego funkcjonalność umożliwia:

- podgląd umów i faktur,
- podgląd historii odczytów i zużycia wody (rys. 24, 25), istnieje możliwość dowolnego zestawiania danych (rys. 26),

PODSUMOWANIE REALIZACJI PROJEKTU PRZEDSTAWIAJĄCE DOBRE PRAKTYKI W ZAKRESIE MOŻLIWYM DO WYKORZYSTANIA W INNYCH MIASTACH

The screenshot shows the user interface of the eBOK portal. At the top, there is a navigation bar with the logo of KROŚNIENSKI HOLDING KOMUNALNY, a search bar, and user information (Witaj, 555555). Below the navigation bar, there are menu items: EBOK, GEOPORTAL, DANE NABYWCY, UMOWY, ROZLICZENIA, ODCZYTY ROZLICZENIOWE, ODCZYTY ZDALNE, and KORESPONDENCJA. The main content area is titled 'WITAJ, KOWALSKI JAN' and 'NA SKRÓTY'. It contains three buttons: 'ZMIEN ADRES E-MAIL', 'ZMIEN HASLO', and 'POWIADOMIENIA'. To the right, there are icons for 'ZGLOŚ ODCZYT WODOMIERZA' and 'POZOSTALE/INNE SPRAWY'. Below this, there is a 'ROZLICZENIA' section showing a bill summary for '7.2022 FAKTURA WOD/1208302248/07/2022'. The bill details include: Nr konta: 9611401225443100000555555, Data wystawienia: 15-07-2022, Termin płatności: 30-07-2022, Kwota faktury: 96,06 zł. There is also a green button 'AKTYWUJ E-FAKTURĘ' and a note 'ZAPŁACONA' with instructions to pay the bill.

Rys. 23. Widok eBOK po zalogowaniu

ODCZYTY

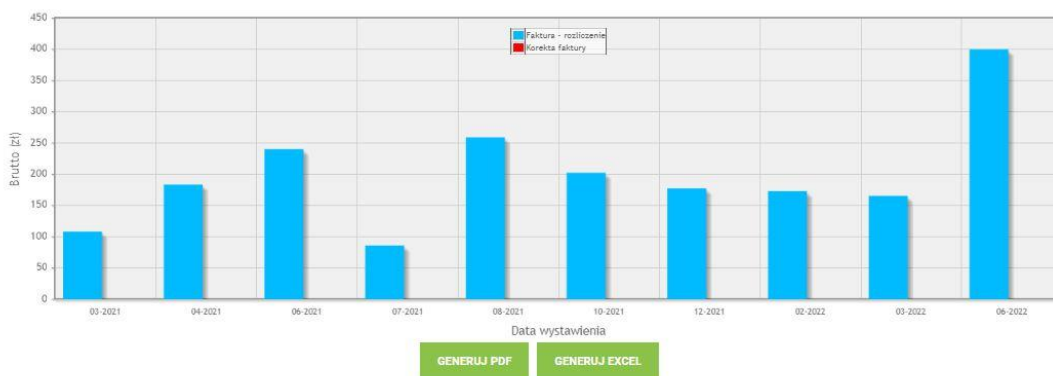
Data odczytu	Wskazanie	Zużycie	Średnia dobowa	Jedn. miary
📅	🔍 Szukaj	🔍 Szukaj	🔍 Szukaj	🔍 Szukaj
22-08-2022	400,000	19,000	0,309	m3
22-06-2022	381,000	19,000	0,286	m3
22-04-2022	362,000	18,000	0,293	m3
22-02-2022	344,000	9,000	0,289	m3
31-12-2021	335,000	21,000	0,335	m3
31-10-2021	314,000	23,000	0,337	m3
23-08-2021	291,000	20,000	0,319	m3
23-06-2021	271,000	20,000	0,316	m3
27-04-2021	251,000	21,000	0,328	m3
25-02-2021	230,000	19,000	0,326	m3

Wyświetlono 1-10 / 21

STRONA < 1 2 3 >

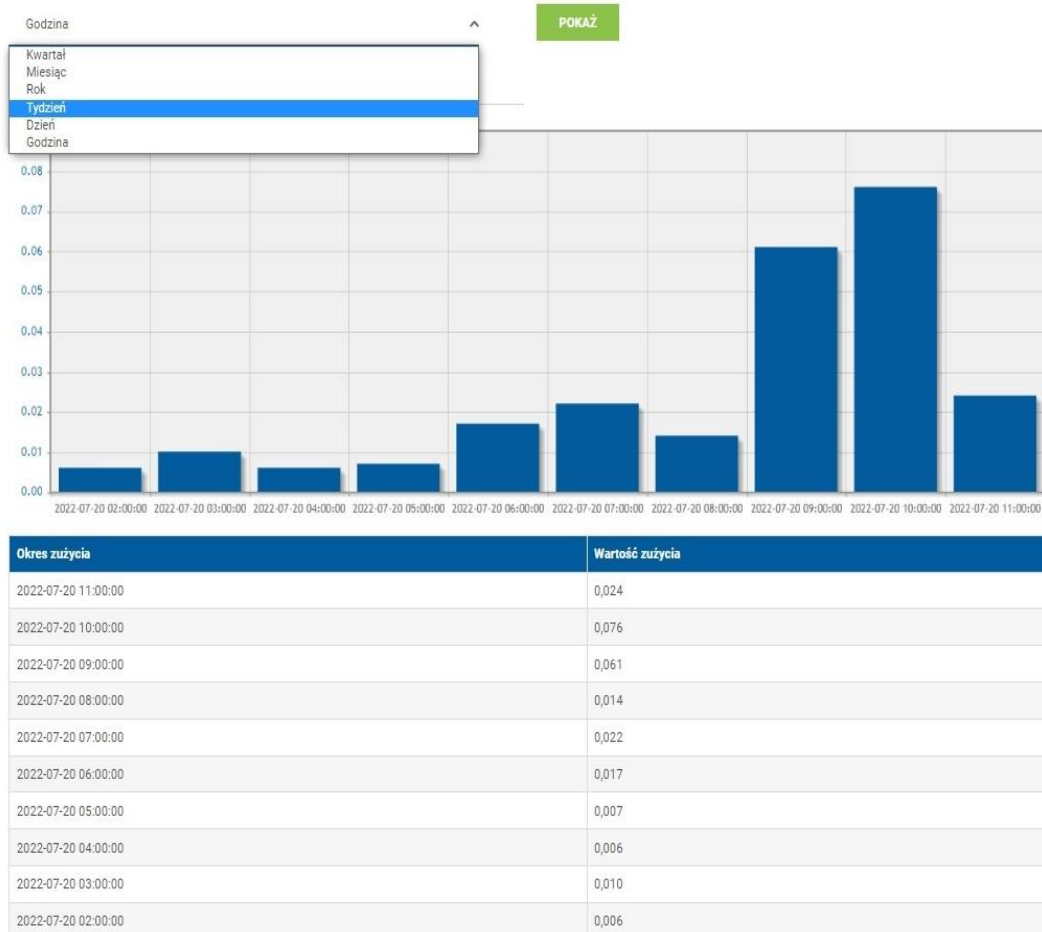
WRÓĆ DO WYKAZU WODOMIERZY GENERUJ PDF GENERUJ EXCEL

Rys. 24. Widok przykładowej historii zużycia wody



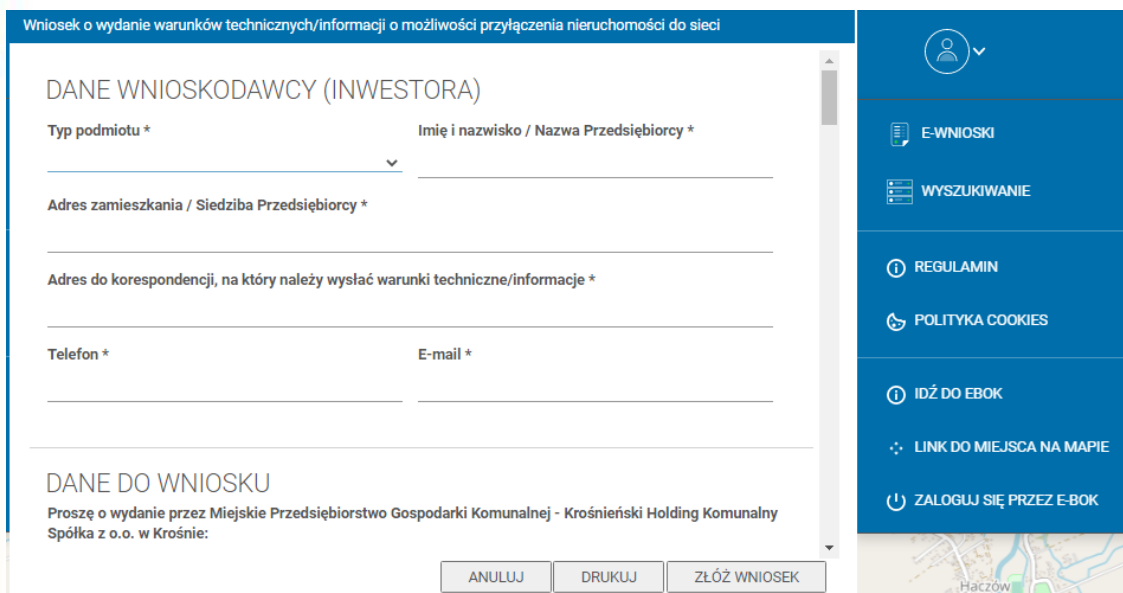
Rys. 25. Przykładowa historia płatności, widoczna możliwość wygenerowania pliku arkusza kalkulacyjnego (.xls) i obrazu (.pdf)

STATYSTYKA ZUŻYCIA WODY



Rys. 26. Przykładowa szczegółowa statystyka zużycia wody

- składanie zgłoszeń/wniosek w formie elektronicznej i ich obsługę w systemie obiegu dokumentów z możliwością śledzenia postępu zgłoszonej sprawy (rys. 27),



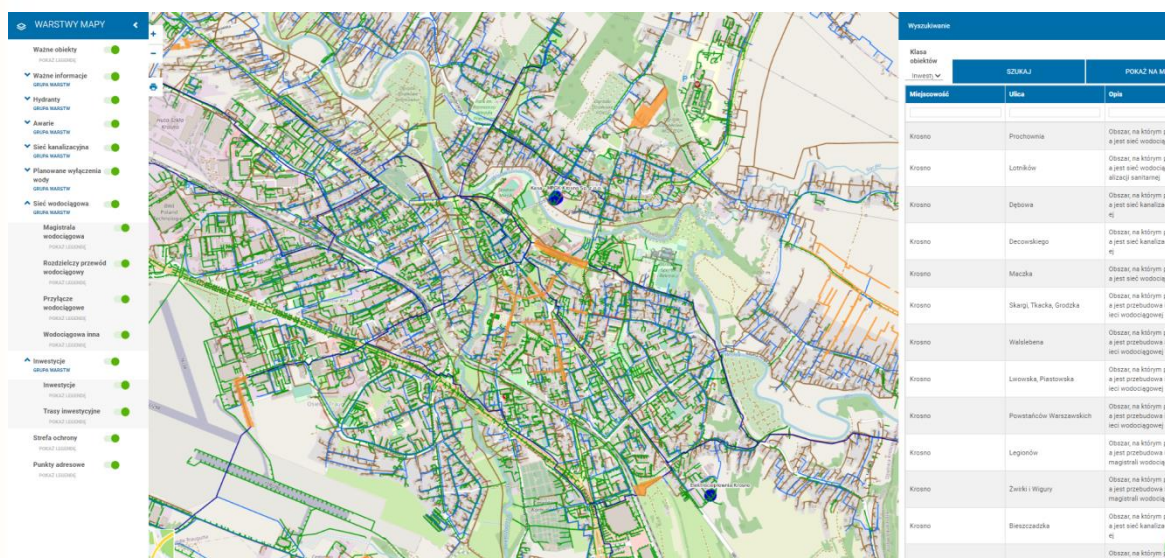
Rys. 27. Przykładowy widok składania wniosku o wydanie warunków technicznych/informacji o możliwości przyłączenia nieruchomości do sieci wod/kan

- SMS-owe powiadomianie klientów o awaryjnych i planowanych przerwach w dostawach wody,
- powiadomianie klientów o potencjalnym wycieku z instalacji wewnętrznej (w przypadku potencjalnego wycieku z instalacji wewnętrznej klient może otrzymać taką informację za pomocą wiadomości email i/lub SMS),
- udostępnianie narzędzi komunikacji pomiędzy klientami a Krośnieńskim Holdingem Komunalnym,
- pomoc dla klientów.

Rejestracja do nowego systemu eBOK opiera się na informacjach, które Krośnieński Holding Komunalny posiada już o Kliencie, tj. numer faktury, wartość faktury, PESEL/NIP. Możliwe jest również logowanie poprzez Krajowy Węzeł Identyfikacji Elektronicznej, czyli np. Profil zaufany, edowód czy za pomocą bankowości elektronicznej.

Za pośrednictwem eBOK można m.in.: opłacić faktury (ePłatność), zobaczyć wszystkie rozliczenia i zawarte umowy, przestać wnioski i zgłoszenia, korespondować poprzez chat z pracownikiem Biura Obsługi Klienta, otrzymać powiadomienie o prawdopodobnej awarii, czyli wycieku wody z wewnętrznej instalacji Klienta oraz dokonać samodzielnej analizy udostępnianych danych dotyczących zużycia wody.

Zalogowani w systemie mieszkańcy Krosna mogą również otrzymywać powiadomienia o planowanych i awaryjnych przerwach w dostawie wody, a wizualizacja obszarów planowanych wyłączeń i miejsc awarii dostępna jest w module GEOPORTAL, uruchomionym w ramach otwartego i ogólnodostępnego systemu eUsługi. W panelu tym prezentowane są m.in.: graficzny przebieg sieci wodociągowej i kanalizacyjnej, lokalizacje hydrantów ppoż., obiektów Krośnieńskiego Holdingu Komunalnego i stref ochrony ujęć oraz informacje o prowadzonych przez Spółkę inwestycjach i inne aktualności (rys. 28).



Rys. 28. Przykładowa wizualizacja modułu GEOPORTAL

Ważną funkcjonalnością nowego systemu jest możliwość składania wniosków w formie elektronicznej, z możliwością śledzenia postępu zgłoszonej sprawy wraz z powiadomieniem drogą emailową i/lub SMS-ową o kolejnych jej etapach i wydanej decyzji.

Dostawca wody w ramach nowego systemu eBOK udostępnił klientom nową funkcjonalność – powiadomienie o potencjalnym wycieku wody z instalacji wewnętrznej (za wodomierzem). Założono, że możliwy jest wyciek z instalacji wewnętrznej jeżeli wskazuje na to zużycie wody w każdej z godzin danej doby.

Na podstawie przeprowadzonych badań opracowano następującą procedurę ustalania progu alarmów o możliwym wycieku z instalacji wewnętrznej

1. Przyjęcie jako pierwszego kryterium alarmu wycieku niezerowego minimalnego ciągłego zużycia godzinowego w ciągu doby ($> 0 \text{ m}^3/\text{h}$).
2. Zawężenie wyselekcjonowanych odbiorców do wodomierzy o ciągłym, niezerowym zużyciu wody przez co najmniej 7 kolejnych dni pomiarów.
3. Wystąpienie wartości ww. zużycia minimalnego do odbiorców jako alarmu z informacją o możliwości zmiany progu alarmu wycieku w wypadku uzasadnionego, ciągłego poboru wody, np. do celów produkcyjnych.
4. Korekta indywidualnych progów alarmowych na podstawie przekazanych przez odbiorców informacji zwrotnych o zużyciu nocnym/całodobowym.

Progi alarmowe zerowego zużycia wody rekomendowane są jako następujące wartości

1. Dla budynków jednorodzinnych – niezerowe zużycie wody w ciągu 30 dni pomiarów.
2. Dla obiektów kultury, oświaty, kultu religijnego – zerowe zużycie wody w ciągu 7 dób pomiarów.
3. Dla pozostałych obiektów (w tym budynków wielorodzinnych) - zerowe zużycie wody w ciągu 3 dób pomiarów (umożliwi to pominięcie braku pomiarów w okresie weekendów czy okresu świąt).

Elektroniczne biuro obsługi klienta eBOK dostępne jest pod adresem: <https://ebok.ekrosno.pl> i pozwala na składanie na chwilę obecną 27 rodzajów wniosków i zgłoszeń w formie elektronicznej, między innymi:

- wniosek o wydanie warunków technicznych na przyłączenie nieruchomości do sieci wodociągowej lub kanalizacyjnej,
- wniosek o uzgodnienie branżowe projektu,
- wniosek o włączenie do sieci przyłącza wodociągowo-kanalizacyjnego,
- wniosek o odbiór techniczny przyłącza,
- wniosek o zawarcie umowy na zaopatrzenie w wodę i odprowadzanie ścieków,
- oświadczenie o liczbie osób zamieszkujących nieruchomość,
- wniosek o aktualizację danych adresowych,
- wniosek o wydanie warunków technicznych na montaż wodomierza dodatkowego,
- wniosek o zmianę odbiorcy,
- odczyt wodomierzy oraz rozliczenie się za odczyt,
- wniosek o rozwiązanie umowy na zapatrzenie w wodę i odprowadzanie ścieków,
- wymiana wodomierza na wodzie miejskiej,
- wymiana wodomierza na ujęciu własnym lub wodomierza dodatkowego,
- zlecenie wymiany legalizacyjnej wodomierza – plombowanie,
- przyjmowanie zgłoszeń o awariach, itd.

5. EFEKTY PROJEKTU

Zrealizowano zadania infrastrukturalne, tj. podział sieci wodociągowej na strefy, ich monitoring, opomiarowanie odbiorców wody, system stacjonarnego odczytu wodomierzy.

Potwierdzono przyjęte założenia programowe w warstwie informatycznej, zostały zintegrowane ze sobą poszczególne istniejące (7GIS, TPMedia, SCADA, eWebtel) i nowo wdrożone (SmartFlow, eBOK, SSOW) systemy informatyczne, powstały rozwiązania programistyczne, pozwalające zarządzać w sposób zaawansowany siecią wodociągową. Na nowym serwerze uruchomiono instalację pilotażową, przy pomocy której zebrano dane i przeprowadzono badania. Wdrożona platforma SmartFlow to narzędzie do inteligentnego zarządzania siecią wodociągową i bilansowania zużycia wody na podstawie danych z czujników zamontowanych na wodomierzach głównych oraz danych z urządzeń pomiarowych rozmieszczonych w strefach DMA, a udostępnianych przez inne systemy informatyczne.

Dane te są analizowane i przetwarzane, a nieprawidłowości wizualizowane na mapie w postaci alarmów lub powiadomień (ostrzeżeń). Na podstawie automatycznej analizy danych system wskazuje lokalizację obszaru na którym występują nieprawidłowości, co pozwala na jej szybkie zbadanie w terenie i ewentualne usunięcie awarii.

Na podstawie analizy i dyskusji możliwych, docelowych rozwiązań przyjęto, że optymalną, wzorcową techniką połączenia eksploatowanych w MPGK Krosno dziedzinowych systemów informatycznych powinna być szyna danych. W okresie przejściowym, warto również rozważyć zastosowanie technologii RPA w tych obszarach, gdzie występuje „ręczne” powielanie danych.

Odbiorcy wody uzyskali narzędzie w postaci elektronicznego biura obsługi klientów eBOK, gdzie dokonają rozliczeń, zaznajomią się z danymi o zużyciu wody, zostaną poinformowani o potencjalnym wycieku z instalacji wewnętrznej, załatwią sprawy składając wnioski online, czy uzyskają informację o przerwach w dostawie wody oraz mają dostęp do szeregu informacji w ramach eUsług.

Kończąc projekt udało się zainteresować odbiorców wody nowymi funkcjonalnościami eBOK, odnotowując trzykrotny wzrost ilości użytkowników w stosunku do poprzedniej wersji eBOK.

Na koniec grudnia 2022 r. było ponad 1.500 zarejestrowanych użytkowników, którzy mieli łącznie dostęp do danych z ponad 2.500 wodomierzy (około 21% odbiorców z terenu Krosna). W okresie czerwiec-grudzień 2022 r. odnotowano ponad 22.000 logowań do nowego systemu, w tym czasie zarejestrowano również przeszło 6.900 pobranych faktur oraz 1.450 subskrypcji do SMS-owego systemu powiadomień o awaryjnych i planowanych przerwach w dostawie wody. Z nowych rozwiązań chętnie korzystają odbiorcy wody posiadający w zarządzie/administrowaniu większą ilość wodomierzy głównych np. firmy, wspólnoty i spółdzielnie mieszkaniowe, towarzystwa budownictwa społecznego itd. (np. jeden z odbiorów wody zarządza za pomocą jednego konta eBOK 154 wodomierzami).

Udostępniane w eBOK dane szczegółowe zużycie wody (godzinowe, dobowe, itd.) u poszczególnych odbiorców wraz z możliwością aktywowania automatycznych powiadomień drogą SMS/mailową o prawdopodobnych wyciekach z instalacji wewnętrznych sprawiają, że nasi odbiorcy wody otrzymali w pewnym stopniu bezpłatne „narzędzie analityczne”.

Opracowano wzorce działania Centralnej Dyspozytorni wodociągowej, której zadaniem jest przeniesienie uzyskanych w platformie SmartFlow wyników na działania praktyczne, zapewniając ciągły kontakt pomiędzy klientami, odpowiednimi służbami w przedsiębiorstwie oraz właściwymi organami administracji rządowej lub samorządowej.

Opracowano zasady tworzenia stacjonarnego systemu odczytu wodomierzy, utworzono działającą instalację pilotażową, dla której osiągnięto założoną sprawność systemu – ponad 98% prawidłowo komunikujących się urządzeń.

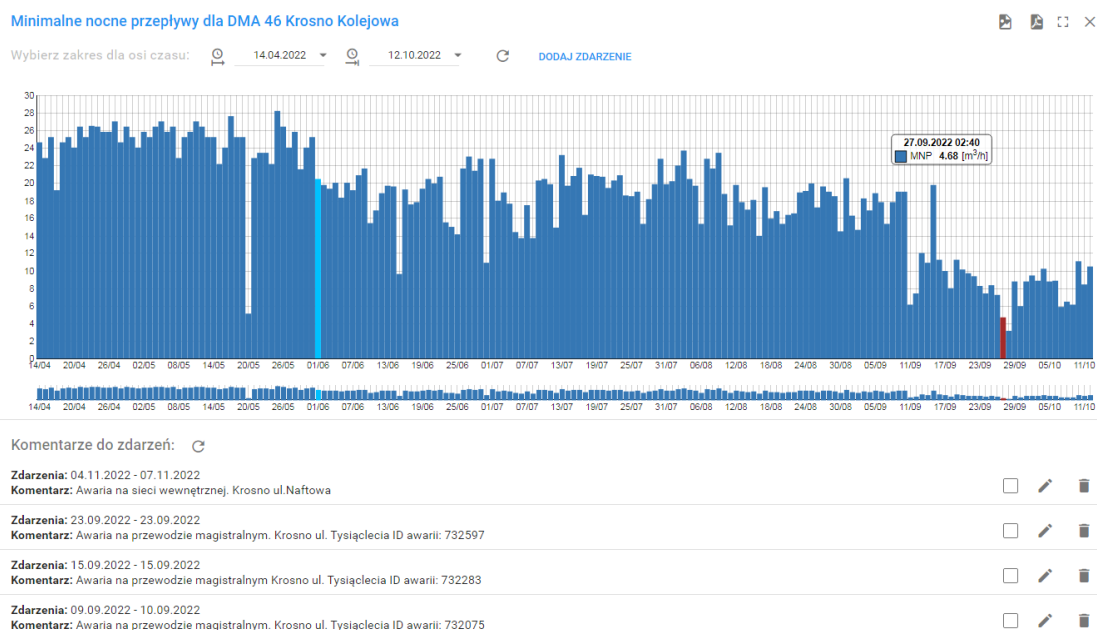
Zakończono realizację podziału sieci wodociągowej na strefy DMA oraz ich monitoring, badania wykazały skuteczność wprowadzonego podziału. Poddano analizie zużycie wody przez odbiorców, dzięki czemu wytypowano „odbiorców kluczowych” – o zużyciu wody istotnym dla bilansowania dopływu i rozbioru w strefie, zaproponowano i zrealizowano monitoring tych odbiorców.

Wykonano analizę sieci wodociągowej, która była podstawą opracowanych wytycznych redukcji strat wody w systemie zaopatrzenia w wodę Krosna, w oparciu o wdrożoną w ramach instalacji pilotażowej platformę SmartFlow, służącą do szybkiej identyfikacji zdarzeń niepożądanych, zaproponowano metodykę ograniczania strat wody.

Uzyskanie wymiernego efektu obniżenia strat wody składa się trzech etapów:

1. Zakończonego etapu weryfikacji poprawności danych w SmartFlow, stabilizacji systemu i zbierania danych oraz bieżącej analizy nowo powstających awarii/wycieków i prowadzenia działań detekcyjnych w strefach o niekorzystnym bilansie,
2. Bieżącej fazy – stabilizacji sieci wodociągowej – ograniczanie wycieków w poszczególnych strefach DMA poprzez usuwanie zależnych od siebie awarii/wycieków,
3. Kolejnym etapem będzie znaczące ograniczenie strat wody po usunięciu zależnych od siebie awarii.

Przykładowy wykres nocnego przepływu zawarto na rys. 29. Widoczne jest zmniejszenie minimalnego nocnego przepływu (potencjalnych strat wody) z około 18 m³/h w okresie 9.06 – 9.09 do poziomu około 8 m³/h po usunięciu awarii 9.09.2022 oraz kolejnej 15.09 co oznacza w tym jednostkowym przypadku oszczędność około 240 m³/d wody.

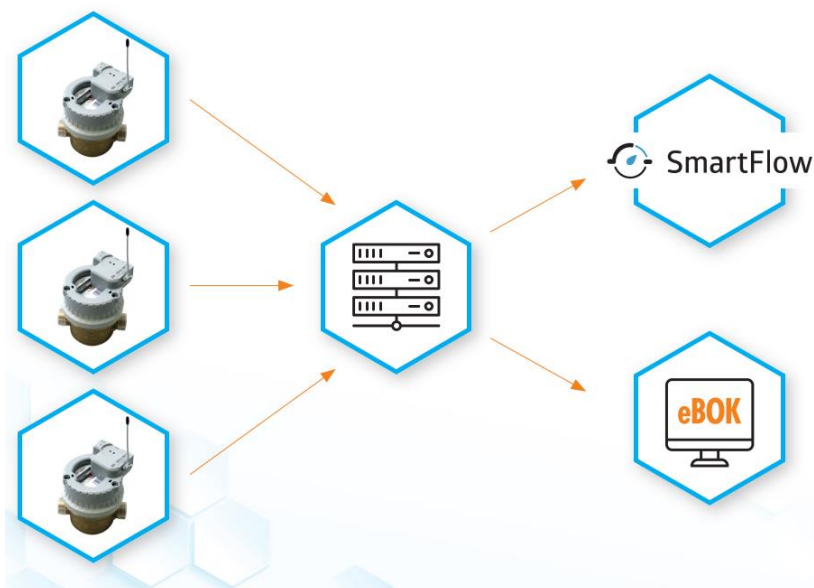


Rys. 29. Wykres minimalnych nocnych przepływów dla przykładowej strefy

Bieżące korzyści to szybka reakcja na podniesienie strat w danej strefie, skutkująca działaniami detekcyjnymi i usunięciem awarii czyli ograniczenie czasu wypływu wody z nowo powstałych awarii. W perspektywie oczekuje się znaczącego obniżenia strat wody.

Po przeprowadzeniu działań projektowych dysponujemy kompleksowo przebadanym systemem technologicznym pod kątem możliwości zbierania danych z sieci wodociągowej i jej odbiorców, ich automatycznej analizy, transferu do systemu eBOK, a następnie przesyłania przetworzonych informacji do mieszkańców i przedsiębiorstw, co pozwala na dalszy rozwój wypracowanych rozwiązań oraz podzielenie się efektami przeprowadzonych badań z innymi.

Mieszkańcy Krosna i klienci Krośnieńskiego Holdingu Komunalnego otrzymali dostęp do podstawowych oraz nowych funkcjonalności w nowym eBOK, w tym szczegółowych (godzinowych i dobowych) danych dotyczących zużycia wody oraz automatycznie generowanych i przesyłanych informacji o prawdopodobnych wyciekach wody z instalacji wewnętrznej odbiorcy, automatycznie wysyłanych komunikatach SMS o awaryjnych i planowanych przerwach w dostawie wody, dostęp do informacji prezentowanych w otwartej części eBOK (GEOPORTAL) z eWnioskami, a Przedsiębiorstwo dysponuje platformą do zarządzania siecią wodociągową, pozwalającą na codzienne automatyczne bilansowanie stref DMA z uwzględnieniem rozborów wody przez jej odbiorców (na podstawie danych z nakładek montowanych na wodomierzach). Analiza danych pozwala skutecznie zarządzać siecią wodociągową, poprzez planowanie i prowadzenie działań detekcyjnych w strefach o niekorzystnym bilansie oraz ograniczać do minimum ilość wody traconej przy nowo powstających wyciekach ukrytych. Nowo powstające wycieki ukryte zarejestrowane w platformie SmartFlow są na bieżąco lokalizowane i usuwane.



Wdrożony zintegrowany system zarządzania siecią wodociągową będzie podstawą do przyszłych decyzji dotyczących sterowania pracą wodociągu i kierunków odnowy oraz rozbudowy systemu. Dane zbierane i analizowane w czasie rzeczywistym pozwolą na skrócenie czasu wykrywania awarii wodociągowych. Będą również podstawą decyzji dotyczących działań zmierzających do modyfikacji wytycznych eksploatacji systemu.

W ramach projektu wypracowany został mechanizm partycypacji mieszkańców w zarządzaniu smart city.

Warto podkreślić, że nie tylko zrealizowano postawione w projekcie zadania i wdrożono je do praktyki eksploatacyjnej, lecz dzięki zrealizowaniu pełnego monitoringu systemu zaopatrzenia w wodę uzyskano jeszcze jeden efekt – unikatową w skali kraju wiedzę o systemie zaopatrzenia w wodę, której wykorzystanie ułatwi procesy decyzyjne w przedsiębiorstwie oraz wskaże nowe kierunki badań i rozwoju systemów wodociągowych.

