



WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

MONOGRAFIE KOMITETU INŻYNIERII ŚRODOWISKA

Nr 174



WYBRANE TECHNOLOGIE WODY,
ŚCIEKÓW, OSADÓW ŚCIEKOWYCH.
PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ
EUROPEJSKIEGO CENTRUM
EKOLOGICZNEGO

Marek Gromiec

Warszawa 2021

**WYBRANE TECHNOLOGIE WODY,
ŚCIEKÓW, OSADÓW ŚCIEKOWYCH
PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ
EUROPEJSKIEGO CENTRUM
EKOLOGICZNEGO**

**WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK
KOMITET INŻYNIERII ŚRODOWISKA**

MONOGRAFIE

Nr 174

**WYBRANE TECHNOLOGIE WODY,
ŚCIEKÓW, OSADÓW ŚCIEKOWYCH.
PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ
EUROPEJSKIEGO CENTRUM
EKOLOGICZNEGO**

Marek Gromiec

Warszawa 2021

Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk 2021

Komitet Inżynierii Środowiska PAN

ISBN 978-83-63714-73-4

Komitet redakcyjny

prof. Anna Anielak	dr hab.inż. Agnieszka Kaczmarczyk
prof. Kazimierz Banasik	dr hab. inż. Piotr Koszelnik
prof. January Bień	dr hab. inż. Leszek Książek
prof. Ryszard Błażejowski	prof. Hanna Obarska-Pempkowiak
prof. Michał Bodzek	prof. Małgorzata Pawłowska
dr hab. inż. Andrzej Bogdał	prof. Krzysztof Pulikowski
dr hab. Klaudia Borowiak	prof. Czesława Rosik-Dulewska
prof. Tadeusz Chmielniak	dr hab. inż. Stanisław Rybicki
dr hab. inż. Tomasz Ciesielczyk	prof. Mariusz Sojka
dr hab. Lidia Dąbek	dr hab. inż. Izabela Sówka
dr hab. inż. Wojciech Dąbrowski	prof. Kazimierz Szymański
dr hab. inż. Magdalena Gajewska	dr hab. inż. Tomasz Tymiński
dr hab. inż. Marta Gmurek – Członek AMU	prof. Józefa Wiater
prof. Marek Gromiec	prof. Mirosław Wiatkowski
dr hab. inż. Katarzyna Ignatowicz	prof. Tomasz Winnicki
prof. Krzysztof Józwiakowski	prof. Maria Włodarczyk-Makuła
prof. Katarzyna Juda-Rezler	dr hab.inż. Ewa Wojciechowska
prof. Radosław Juszcak	prof. Irena Wojnowska-Baryła
dr hab. inż. Tomasz Kałuża	

Redaktor Naczelny

Prof. Lucjan Pawłowski

Recenzent wydawniczy

prof. dr hab. inż. Tadeusz Siwiec – Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

© Copyright Marek Gromiec

Zdjęcie na okładce

fot. Marek Gromiec

Skład i łamanie

Dariusz Górski

Druk: Fabryka Druku

Motto:

Woda jest zbyt mało znana, nawet profesjonalistom, którzy winni być informowani o wielu sposobach, szczególnie biochemicznych, jak woda może być wykorzystywana dla ludzkości.

Emmett Joseph Culligan (1893-1970)
założyciel firmy Culligan International –
światowego lidera technologii wodnych

Spis treści

1. Wstęp	11
2. Woda – problem globalny i krajowy	13
3. Rozwiązania dla ujęć wody, technologie wody i ścieków oraz osadów ściekowych- wybrane przykłady.	18
3.1. Wybrane rozwiązania dla ujęć wody	19
3.1.1. Filtry dla ujęć wód podziemnych	19
3.1.2. Sita ssawne dla ujęć powierzchniowych.	21
3.2. Wybrane technologie dla uzdatniania wody	24
3.2.1. Filtracja wody	24
3.2.2. Dezynfekcja wody promieniami ultrafioletowymi (UV)	35
3.3. Wybrane technologie dla oczyszczania ścieków	39
3.3.1. Technologie usuwania fosforu i azotu ze ścieków.	40
3.3.2. Technologie osadu czynnego oparte o reaktory o działaniu sekwencyjnym	41
3.3.3. Technologie filtracji za pomocą filtrów tkaninowych	44
3.3.4. Dezynfekcja ścieków promieniami ultrafioletowymi (UV)	47
3.4. Wybrane technologie dla przeróbki osadów ściekowych	52
3.4.1. Technologia odwadniania termicznego w suszarniach	54
3.4.2. Technologie fermentacji, hydrolizy termicznej, ko-fermentacji	58
3.4.3. Technologia odzysku substancji biogenych z odcieków osadowych	61
4. Rozwój miejskich systemów gospodarki wodociągowo- kanalizacyjnych – wybrane przykłady.	65
4.1. Systemy wodociągowo-kanalizacyjne małych miast	66
4.1.1. System wodociągowo-kanalizacyjny w Jarocinie	66
4.1.2. System wodociągowo-kanalizacyjny w Sulejówku	67
4.1.3. System wodociągowo-kanalizacyjny w Markach	69
4.1.4. System wodociągowo-kanalizacyjny w Tarnobrzegu	71

4.2. Systemy wodociągowo-kanalizacyjne średnich miast	73
4.2.1. System wodociągowo-kanalizacyjny w Gdyni	73
4.2.2. System wodociągowo-kanalizacyjny w Radomiu	80
4.2.3. System wodociągowo-kanalizacyjny w Tarnowie	92
4.3. Systemy wodociągowo-kanalizacyjne dużych miast	95
4.3.1. System wodociągowo-kanalizacyjny w Warszawie	95
4.3.2. System wodociągowo-kanalizacyjny w Petersburgu	105
4.3.3. System wodociągowo-kanalizacyjny w Bostonie	112
4.4. Systemy wodociągowo-kanalizacyjne bardzo dużych miast	114
4.4.1. System wodociągowo-kanalizacyjny w Paryżu	114
4.4.2. System wodociągowo-kanalizacyjny w Moskwie	117
4.4.3. System wodociągowo-kanalizacyjny w Chicago	122
4.4.5. System wodociągowo-kanalizacyjny w Nowym Jorku	125
5. Przykłady zastosowań technologii w działalności Europejskiego Centrum Ekologicznego	132
5.1. Przykłady zastosowań technologii uzdatniania wody	133
5.1.1. Stacje uzdatniania wody dla miast	133
5.1.1.1. Przykład – Stacja Uzdatniania Wody „Cedron” w Wejherowie	138
5.1.1.2. Przykład – Stacja Uzdatniania Wody w Centralnym Wodociągu Żuławskim	139
5.1.2. Stacje uzdatniania wody dla przemysłu	139
5.1.3. Stacje uzdatniania wody dla służby zdrowia	140
5.1.3.1. Przykłady technologii uzdatniania wody dla służby zdrowia	141
5.1.4. Stacje uzdatniania wody dla ośrodków sportu, hoteli i moteli oraz basenów	142
5.1.4. Stacje uzdatniania wody wybudowane za granicą	143
5.2. Przykłady zastosowań technologii suszenia termicznego osadów ściekowych	144
5.2.1. Suszarnie taśmowe dla osadów komunalnych	144
5.2.1.1. Przykład – Suszarnia taśmowa w Żyrardowie	145

5.2.1.2. Przykład -Suszarnia taśmowa w Suwałkach.	146
5.2.1.3. Przykład –Suszarnia taśmowa w Koszalinie.	146
5.2.1.4. Przykład suszarni osadów ściekowych w Toruniu.	147
5.2.1.5. Przykład suszarni osadów ściekowych w Radomiu	147
5.3. Przykład technologii hydrolizy termicznej z fermentacją osadów ściekowych w Tarnowie.	148
5.4. Przykład technologii odzysku substancji biogennych z odcieków z przeróbki osadów w Jarocinie	149
5.5. Podsumowanie działań proekologicznych Europejskiego Centrum Ekologicznego	152
6. Podsumowanie	154
7. Podziękowania	157
Bibliografia	158
Spis rysunków/zdjęć	162
O autorze	163

1. Wstęp

Technologia wody, ścieków i osadów ściekowych winna nadążać za powstawaniem coraz to nowych zanieczyszczeń oraz za przyjętymi strategiami ochronnymi zasobów wodnych, wynikającymi z zaostrzającego się prawodawstwa unijnego i krajowego, związanego z ochroną środowiska wodnego, co powoduje, że dziedzina ta wymaga ciągłego rozwoju.

Stosunki wodne, od początku rozwoju cywilizacji rzutowały na lokalizację, strukturę i rozwój miast. Woda zawsze miała podstawowe znaczenie dla dalszego rozwoju miast, z jednej strony dostępne zasoby wodne stanowiły źródło wody dla ludności i działalności gospodarczej, z drugiej – były wykorzystywane do odprowadzania ścieków. Wody płynące, oprócz wykorzystywania ich do celów produkcyjnych, dla wielu miast rzeki stanowiły również szlak komunikacyjny i handlowy. Lokalizacje miast ich rozwój są narażone na zmienny reżim hydrologiczny i niebezpieczeństwa, wynikających zarówno z braku wody jak i nadmiaru. Szybko rosnące wielkie miasta narażone są na nadzwyczajne zagrożenia, związane ze wzrostem populacji i zmianami klimatycznymi, jak też wywierają znaczny wpływ na przekształcanie środowiska.

Zapewnienie zdrowej wody do picia stało się trudne i wymaga ochrony zasobów wodnych w zlewniach rzek i dorzeczach. Równocześnie usuwanie ścieków i odpadów w miastach stało się jednym z najtrudniejszych problemów. Coraz groźniejsze stają się ciężkie choroby wodne wpływające na śmiertelność i zdrowotność mieszkańców, związane z niebezpiecznymi zanieczyszczeniami chemicznymi i skażeniami mikrobiologicznymi, wywołującymi epidemie i pandemie. Dlatego w dziedzinie wodno-ściekowej niezbędny jest ciągły rozwój systemów wodociągowo-kanalizacyjnych oraz technologii uzdatniania wody, technologii oczyszczania ścieków i odcieków oraz technologii przeróbki i zagospodarowania osadów ściekowych w aspekcie gospodarki o obiegu zamkniętym.

Zaprezentowane zostały wybrane rozwiązania techniczne dla ujęć wód podziemnych i powierzchniowych, w postaci filtrów do studni głębinowych oraz samoczyszczących się sit ssawnych. W zakresie technologii uzdatniania wody przedstawiono filtrację wody na nowoczesnych filtrach otwartych i zamkniętych oraz technologię dezynfekcji wody za pomocą promieni ultrafioletowych – UV. Natomiast, w zakresie technologii oczyszczania ścieków przedstawiono technologie usuwania węgla, fosforu i azotu ze ścieków oparte o reaktory o działaniu sekwencyjnym, w tym technologię tlenowego granulowanego osadu czynnego. Dodatkowo przedstawiono filtrację i dezynfekcję ścieków. W zakresie wybranych technologii przeróbki osadów ściekowych i odzysku energii przedstawiono technologię suszenia osadów ściekowych i technologię hydrolizy termicznej połączonej

z fermentacją beztlenową. W zakresie odzysku substancji biogenych, szczególnie fosforu, zaprezentowano technologię krystalizacji.

Opracowanie i rozwój powyższych technologii oparty był na rezultatach zagranicznych prac badawczo-naukowych, w tym część zaprezentowanych wybranych urządzeń i technologii ma charakter rozwiązań innowacyjnych. Rozwiązania innowacyjne dotyczą wdrażania nowych lub znacznie udoskonalonych urządzeń lub technologii. W zakresie ochrony wód przed zanieczyszczeniem, pozwalają one zwiększać efekty ekologiczne i ograniczać zużycie energii i surowców. Proces wprowadzania innowacji w życie polega między innymi na ich rozpowszechnianiu, stanowiącego wynik transferu technologii, dotyczącego posiadania prawa do ich stosowania lub licencji. Transfer technologii wymaga przanalizowania potrzeb rynku krajowego dotyczących zastosowania danych urządzeń i technologii i analizy rynków zagranicznych pod względem możliwości transferu.

Do kraju napływały różne urządzenia i rozwiązania technologiczne związane z zaopatrzeniem w wodę, oczyszczaniem ścieków i przeróbką osadów. Część z nich nie została dostatecznie przetestowana przed ich zastosowaniem w praktyce, a ich transfer następował niezależnie od ich źródła pochodzenia. Związane to było ze stosunkowo słabym rozwojem krajowych urządzeń i technologii gospodarki wodnej i ochrony wód, jak też z koniecznością szybkiego nadrabiania zaległości.

Ważne jest stymulowanie krajowego rozwoju rozwiązań innowacyjnych, stosowanie ich w kraju oraz sprzedaż za granicą. Transfer wybranych najlepszych polskich rozwiązań z zakresu ochrony wód winien być wspierany, a działalność firm krajowych wspomagana na wybranych rynkach. W kraju istnieje stosunkowo niewiele firm polskich, które odniosły zarówno sukces krajowy, jak i zagraniczny, w dziedzinie zaopatrzenia w wodę i oczyszczania ścieków, a szerzej ochrony zasobów wodnych. W niniejszej monografii przedstawiono wybrane rozwiązania techniczne i technologie w świetle ich zastosowań w praktyce w działalności w kraju i za granicą Europejskiego Centrum Ekologicznego.

2. Woda – problem globalny i krajowy

Woda jest niezbędna dla życia i zrównoważonego rozwoju oraz funkcjonowania ekosystemów wodnych i zależnych od wody, a dostęp do czystej wody stanowi fundamentalne prawo człowieka. Ramowa Dyrektywa Wodna (RDW) obowiązująca od 2000 roku, wskazała, że woda nie jest produktem komercyjnym, lecz naszym dziedzictwem. Woda stanowi obecnie problem globalny. Istnieje wiele przyczyn problemów dotyczących wody, w tym zmiany demograficzne, urbanizacja i zmiany klimatyczne. Skutki zmian klimatycznych są niezwykle złożone i powodują istotne zmiany w cyklu hydrologicznym, roślinności, poziomie mórz, zapotrzebowaniu na wodę, wykorzystaniu wody i jakości wody. Towarzyszy temu wzrost zjawisk nadzwyczajnych takich jak: intensywne opady, powódzie i susze. Za przyczyny powyższych zmian klimatycznych podaje się głównie globalne zmiany stężenia dwutlenku węgla i wywołane zmiany temperatury na powierzchni Ziemi. Modele prognostyczne wskazują na różne możliwe scenariusze, w tym na możliwy wzrost temperatury na powierzchni Ziemi w roku 2050 w zakresie 1,0-1,8°C, a w 2100 roku może być nawet dwukrotnie wyższy.

Niezwykle szybko wzrasta globalna liczba ludności, bowiem prognoza na 2050 rok to 9,0 mld. Równocześnie mamy postępującą urbanizację, niezwykle szybko rośnie liczba ludności w miastach: powstają nowe i powiększają się istniejące wielomilionowe miasta. Powyższy proces urbanizacji powoduje niezwykle szybki wzrost ludności w miastach i prognozuje się, że w roku 2040 będzie 70%. Jednakże, w Polsce doświadczamy zmniejszającą się liczbę ludności, natomiast zwiększa się liczba ludności w miastach. Wzrost ludności świata i szybka urbanizacja wywierają duży wpływ na stan zasobów wodnych. Z globalnego cyklu hydrologicznego wynika, że tylko niecałe 3% wód Ziemi nie jest słonych, z tym, że lodowce zawierają 2/3 wody słodkiej, a z pozostałego 1% około 1/5 znajduje się na niedostępnych terenach, a więc ludzkość może korzystać z bardzo niewielkiej ilości światowych zasobów wody słodkiej, niezależnie od problemów demograficznych, które tą sytuację potęgują. Różnie kształtuje się też bilans wodny dla poszczególnych kontynentów, przy czym Europa ma na razie stosunkowo stabilną sytuację w tym względzie. Zmiany demograficzne powodują jednak, że średnie odnawialne zasoby wodne znacznie się zmniejszają. Szacuje się, że w 2015 roku około 1,8 mld ludzi mieszkało na obszarach charakteryzujących się znacznymi niedoborami wody.

Na świecie najwięcej wody wykorzystuje rolnictwo, które zużywa 70% wód powierzchniowych, a w pewnych rozwiniętych państwach powyżej 90%. Produkcja rolna może być jednak utrudniona z uwagi na trudne do przewidzenia zmiany klimatyczne i stan zasobów wodnych. Zależności między produkcją rolną a zmianami

klimatycznymi są bardzo złożone, i trudne do przewidzenia. Z handlem produktami rolnymi związane jest 80% tzw. wody wirtualnej, a tylko 20% z produktami przemysłowymi, bowiem wiele produktów wymaga do ich wytwarzania dużych ilości wody. Obecnie roczna wielkość tzw. wody wirtualnej, stanowi 40% całkowitej konsumpcji wody. Wzrost handlu międzynarodowego może dalej zwiększyć stres wodny poprzez wzrost przepływu wody wirtualnej. Zużycie wody w przemyśle jest powyżej 10% i zależy głównie od rodzaju produktu i zastosowanego procesu. Istnieje ścisła zależność między produkcją energii a wodą, który występuje w związkach: woda dla energii, jak też energia dla wody. Obecnie, hydrotechnika dostarcza 20% globalnej elektryczności. Wpływ przemysłu na zanieczyszczenie wód jest jednak znaczny.

Przyczyn złego stanu globalnej gospodarki wodno-ściekowej jest wiele, ale wydaje się, że na świecie brak jest: odpowiedniego zarządzania, odpowiedniej struktury organizacyjnej, właściwej koordynacji, odpowiednich narzędzi. W wielu państwach występuje: niewystarczające finansowanie, brak wystarczająco wykształconej kadry, nieadekwatna świadomość społeczna w stosunku do wagi problemu, jak też dość ograniczone zaangażowanie się samorządów, NGO, sektora prywatnego, mediów. Nieodpowiednie warunki sanitarne w wielu państwach przyczyniają się znacznie do zanieczyszczenia zasobów wodnych. W państwach rozwijających się, 80% ścieków zrzuca się bez oczyszczania do wód powierzchniowych (głównie do rzek) i do mórz. Istotne zanieczyszczenie wód związane jest między innymi z zanieczyszczeniami organicznymi, substancjami biogennymi, bakteriami i wirusami, substancjami toksycznymi. Pojawiają się nowe formy zanieczyszczeń, które nie są wystarczająco rozpoznane. Wiele państw posiada prawodawstwo dotyczące ochrony wód, ale brak jest jego implementacji, często z uwagi na koszty

Wśród globalnych problemów wodnych można wymienić ich wiele, na przykład:

- redukcja dostępności wody słodkiej,
- redukcja areałów rolnych do produkcji żywności,
- zanieczyszczenie zasobów wodnych oraz nieodpowiednia jakość wody do picia, co powoduje zagrożenie zdrowia, a nawet życia ludzi,
- nowe formy zanieczyszczeń,
- starzenie się infrastruktury wodnej,
- prowadzenie niewłaściwej gospodarki wodno-ściekowej,
- przyzwyczajanie się społeczeństw wielu państw do korzystania z wody o złej jakości.

Spółeczeństwa wielu państw wyrażają słabą nadzieję, że sytuacja ta ulegnie szybko poprawie, co udzieliło się wielu mediom, które mogły by mieć znacznie większy wpływ na zmianę tej sytuacji. Równocześnie w wielu państwach świata występuje widoczny brak woli politycznej, aby powyższą sytuację radykalnie

zmienić, do czego przyczynia się panująca sytuacja ekonomiczna. Natomiast fachowcy związani z wodą uważają, że sprawa zasobów wodnych jest jednym z najważniejszych problemów globalnych.

Globalne problemy wodne stanowią przedmiot badań, które dotyczą wielu aspektów, między innymi problemów o charakterze strategicznym, czy nawet politycznym. Rywalizacja o zmniejszające się zasoby wodne wywołuje regionalne napięcia polityczne, a konflikty polityczne, w miarę upływu czasu, mogą przybierać nawet formę konfliktów zbrojnych. Z państw, które do roku 2030 odczują deficyt wody do picia, ponad 2/3 leży na Bliskim Wschodzie. Badanie globalnych problemów wodnych wymaga nowych koncepcji, instrumentów i wskaźników. Przykładami są: koncepcja tzw. wody wirtualnej czy koncepcja tzw. śladu wodnego. Ślad wodny państwa to objętość wody użytej do produkcji wszystkich towarów i usług przez mieszkańców danego państwa, które określają: wielkość konsumpcji, charakter konsumpcji (na przykład mięsa), klimat (warunki produkcji rolnej), praktyki rolnicze (efektywność wykorzystania wody). Globalizacja wymaga badania śladu wodnego całych kontynentów, bowiem produkcja towarów i usług o dużym śladzie wodnym zwiększy bowiem problemy państw o niedoborach wody. Globalna sytuacja wodna jest niezwykle trudna do określenia w horyzoncie 100 lat. Z dużą trudnością można próbować prognozować globalną sytuację wodną nawet w perspektywie 30-40 lat. Należy postawić szereg pytań w tym zakresie, takich jak:

- Czy zasoby wodne będą wystarczające ?
- Jak rozwój wpłynie na zapotrzebowanie na wodę ?
- Jak urbanizacja wpłynie na styl życia, sposób odżywiania i wykorzystania wody ?
- Gdzie zapotrzebowanie będzie największe ?
- Jaki będzie rzeczywisty wpływ klimatu na zasoby wodne ?

W bieżącym stuleciu problem wody stanie się równie ważny jak problem dwutlenku węgla, a nawet może się wysunąć jako pierwszoplanowy, z uwagi na szybkość zmian demograficznych. Dlatego należy zintensyfikować poszukiwania zrównoważonych rozwiązań dla gospodarki wodnej, szczególnie w zakresie zaopatrzenia w zdrową i dostępną wodę dla ludności pod względem cenowym. Zarządzanie wodą winno być oparte o zintegrowane i holistyczne podejście do zasobów wodnych.

Konieczne są innowacje techniczno-technologiczne w gospodarce wodnej i ochronie wód przed zanieczyszczeniem, szczególnie w zakresie oczyszczania wody i ścieków oraz przeróbki osadów, odnowy wód ze ścieków, odsalania wody morskiej. Duży wpływ wywiera i wywierać będzie dalszy rozwój technologii wody i ścieków, jak też różne rozwiązania innowacyjne. Przykładem może

być odsalanie wody. Obecnie istnieje kilkanaście tysięcy zakładów odsalania w ponad 150 państwach, Aktualnie, ponad 60% odsalania dotyczy wody morskiej, około 20% – odsalania wód zasolonych, ponad 10% – odsalania wód rzecznych, a ponad 5% – odsalania ścieków. Koszty odsalania jednak spadają i obecnie wynoszą średnio od 0,7 do 1,1 USD/m³ a wprowadzane innowacje spowodowały, że w Singapurze koszty te wynoszą tylko 0,48 USD/m³. Państwo-miasto Singapur, stanowi doskonały przykład zastosowania innowacyjnych rozwiązań w dziedzinie gospodarki wodnej na poziomie światowym. azjatyckich. Przykładem działalności w tym względzie jest produkcja tzw. nowej wody do picia ze ścieków, sprzedawanej dla ludności, czy też wybudowanie zapory morskiej na ujściu rzeki do morza aby uzyskać zbiornik wody słodkiej, po uprzednim unieszkodliwieniu wszystkich źródeł zanieczyszczeń w zlewni tej rzeki i wymianie wód słonych z powstałego zbiornika.

W roku 2000, Zgromadzenie Ogólne ONZ ustanowiło tzw. milenijne cele rozwoju, w tym również dla wody i warunków sanitarnych. Celem milenijnym, który miał być osiągnięty do 2015 roku, było zmniejszenie o połowę ilości ludzi bez dostępu do bezpiecznej wody do picia oraz bez podstawowych warunków sanitarnych. Powyższych celów milenijnych nie udało się osiągnąć. W roku 2015, odbył się Szczyt dotyczący Zrównoważonego Rozwoju w Nowym Jorku, zwany Agendą ONZ na Rzecz Zrównoważonego Rozwoju, który przyniósł 17 nowych celów, opartych na ustaleniach wcześniejszych konferencji ONZ. Do roku 2030, zrealizowane mają być zadania dotyczące celu dotyczącego wody, mającego zapewnić ludziom dostęp do wody i warunków sanitarnych poprzez zrównoważoną gospodarkę zasobami wodnymi.

Dobrze wiadomo, że Polska jest krajem o szczupłych zasobach wodnych, które przeciętnie wynoszą 60 mld m³, a w roku suchym następuje ich spadek nawet poniżej 40 mld m³. Średni roczny odpływ wód powierzchniowych z terytorium kraju, w okresie 2000-2007, wynosił 58,5 km³, wraz z dopływami z zagranicy. Zasoby wód powierzchniowych kraju cechuje również zmienność czasowa i terytorialna. Zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych wynoszą 18 tys.hm³ /rok. Zasoby roczne na mieszkańca to około 1600 m³, co skutkuje trudnościami w zaopatrzeniu w wodę w niektórych regionach kraju. Na problemy ilościowe wody, nakładają się problemy jakościowe. Stan jakościowy wód śródlądowych kraju niestety nie jest dobry, na co wskazują wyniki stanu wód powierzchniowych monitoringu Państwowego Inspektoratu Ochrony Środowiska. Dotyczy to zarówno stanu ekologicznego jak i stanu chemicznego. W Polsce, realizowany jest od blisko 20-tu lat Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych (KPOŚK) i należy ocenić jego efekty ekologiczne, po jego zakończeniu. Niemniej należy uznać, że realizacja KPOŚK spowodowała zdecydowane unowocześnienie branży wodocią-

gowo-kanalizacyjnej. Na tle historycznych zaległości i uprzednio ciągłego niedofinansowania należy to uznać za duży sukces.

Z rozwiązywaniem problemów wodnych należy jednak się spieszyć, bowiem „zegar wodny” szybko odmierza czas, co szczególnie jest to istotne dla gospodarki wodnej naszego kraju. Rozdział stanowi skróconą wersję sytuacji globalnej wody przedstawioną przez autora w monografii [1], uzupełnioną o ogólny zarys krajowej sytuacji wodnej.

3. Rozwiązania dla ujęć wody, technologie wody i ścieków oraz osadów ściekowych – wybrane przykłady

Gospodarka wodno-ściekowa, z uwagi na znaczenie zarówno dla zachowania równowagi ekologicznej, jak również dla rozwoju cywilizacyjnego i gospodarczego, stanowi dziedzinę o podstawowym znaczeniu dla osiągnięcia celów zrównoważonego rozwoju regionów i kraju. Należy podkreślić, że technologia wody, ścieków i osadów ściekowych jest dziedziną wymagającą ciągłego rozwoju, bowiem, jak wspomniano we wstępie, winna nadążać za powstawaniem coraz to nowych zanieczyszczeń oraz za przyjętymi strategiami ochrony wód wynikającymi z zaostrzających się przepisów prawnych unijnych i krajowych, związanych z ochroną środowiska i gospodarką wodną. W gospodarce wodno-ściekowej zasadniczą rolę odgrywają systemy zaopatrzenia w wodę (systemy wodociągowe), związane z ujęciami i stacjami uzdatniania wody, jak również systemy ochronny wód (systemy kanalizacyjne), związane z kanalizacjami i oczyszczalniami ścieków oraz instalacjami do przeróbki osadów ściekowych.

Systemy wodociągowe to zespoły urządzeń inżynierskich i technicznych, których zadaniem jest dostarczanie wody do miejsc użytkowania w potrzebnej ilości, o odpowiedniej jakości i wymaganym ciśnieniu, o każdej porze dogodnej dla użytkownika. Głównymi funkcjami systemów wodociągowych są: zaopatrzenie ludności w wodę i dostarczanie wody do jednostek gospodarczych, takich jak zakłady przemysłowe i usługowe. W pierwszej funkcji woda to środek niezbędny do życia, natomiast w drugiej – woda jest niezbędnym surowcem o produkcji i czynnikiem niemal wszystkich procesów technologicznych. Podstawowe elementy systemów wodociągowych to: ujęcia, pompownie, stacje uzdatniania, przewody przesyłowe, zbiorniki wodne, sieć przewodów rozprowadzających wodę, wewnętrzne instalacje wodociągowe: domowe i przemysłowe. Usytuowanie poszczególnych elementów w systemie wodociągowym zależą przede wszystkim od warunków naturalnych i przyjętych rozwiązań. Dlatego jest oczywistym, że w danym systemie wodociągowym i nie zawsze występują wszystkie powyższe elementy. Systemy kanalizacyjne służą do zbierania, transportu, oczyszczania i odprowadzania ścieków, przy czym systemy kanalizacji rozdzielczej obejmują dwie osobne sieci: ściekową i deszczową do odbiorników. Instalacje kanalizacyjne służą do odprowadzania ścieków powstających przy użytkowaniu instalacji wodociągowych, stanowiąc ściśle powiązanie pomiędzy tymi instalacjami. Oczyszczalnie ścieków to zespoły budowli służących do oczyszczania ścieków i unieszkodliwiania osadów ściekowych.

W rozdziale trzecim przedstawiono tylko wybrane przykłady rozwiązań i technologii w tym zakresie, praktycznie głównie związanych z działalnością Europejskiego Centrum Ekologicznego, na przestrzeni trzydziestoletniej realizacji inwe-

stycji z zakresu gospodarki wodno-ściekowej przez tą firmę w kraju i za granicą, a tym samym nie obejmują niezwykle szerokiej gamy urządzeń i technologii stosowanych w krajowych i zagranicznych systemach wodociągowo-kanalizacyjnych.

3.1. Wybrane rozwiązania dla ujęć wody

Dla zaopatrzenia w wodę ludności i przemysłu służą zarówno ujęcia wód podziemnych, jak i wód powierzchniowych. Ujęcia wód powierzchniowych pozwalają zazwyczaj na pokrycie większych zapotrzebowań na wodę niż ujęcia wód podziemnych. Jednakże, woda pobierana z ujęć powierzchniowych jest zazwyczaj znacznie bardziej zanieczyszczona niż z ujęć podziemnych i wymaga bardziej skomplikowanych i kosztowniejszych technologii. Ujęcia wód podziemnych studniami stosowane są, gdy złożo wodonośne ma znaczną miąższość, ale dla znacznie mniejszych ilości wody niż z ujęć wód powierzchniowych. W Polsce, wody podziemne, jako wody o znacznie lepszej jakości niż wody powierzchniowe wykorzystywane są głównie do zaopatrzenia ludności w wodę do picia, natomiast wody powierzchniowe wykorzystywane są głównie przez przemysł do celów produkcyjnych.

Wody powierzchniowe płynące mogą być ujmowane ujęciami brzegowymi, nurtowymi, zatokowymi i dennymi drenowymi. Z małych cieków pobiera się wodę za pomocą ujęć dennych progowych, które składają się zazwyczaj z rur perforowanych i komory zbiorczej. Wody podziemne ujmowane są za pomocą studni wierconych. W skład studni pionowej wierconej wchodzi kolumny rur okładzinowych i kolumny filtrowe. Kolumny okładzinowe zabezpieczają ściany otworu wiertniczego, natomiast kolumny filtrowe umożliwiają napływanie wody pozbawionej istotnych zanieczyszczeń do studni. Obecnie stosowane są nowoczesne rozwiązania techniczne filtrów do studni głębinowych przeznaczone do ujęć wód podziemnych, jak też samoczyszczące sita ssawne stosowane do ujęć wód powierzchniowych. Poniżej podano przykłady filtrów do studni głębinowych oraz sita ssawne dla wód powierzchniowych według technologii amerykańskiej firmy Johnson Screens [2].

3.1.1. Filtry dla ujęć wód podziemnych

Efektywna studnia powinna produkować maksymalną ilość wody bez piasku przy minimalnych kosztach eksploatacyjnych w możliwie jak najdłuższym czasie. Dlatego bardzo istotne znaczenie dla ujęcia wód podziemnych ma: dobór filtra dostosowanego do formacji geologicznej, właściwe wiercenie studni oraz odpowiednie zainstalowanie urządzeń. Aby odpowiednio wybrać filtr należy rozważyć

takie czynniki jak: wytrzymałość mechaniczną, odporność na korozję i otwory. Filtr musi być wytrzymały na: siły rozciągające powstające pod jego własnym ciężarem i ciężarem urządzeń znajdujących się poniżej, takich jak dodatkowe filtry i orurowanie, jak też na osiowe siły ściskające powodowane przez formację, które zwiększają się w trakcie wiercenia studni. W czasie wiercenia mogą pojawić się dodatkowe naprężenia na filtr okresowo powodowane przez płuczkę iłową, itp. Przy wyborze odpowiednich filtrów należy uwzględnić również warunki geologiczne i głębokość studni. W przypadku niekorozyjnych wód głębinowych mogą być używane galwanizowane i niegalwanizowane filtry ze stali węglowej, natomiast w innych przypadkach należy stosować filtry ze stali nierdzewnej. Celem filtrów jest zapobieganie przedostawaniu się osadów do studni i podtrzymywanie niestabilnych formacji podczas poboru wody. Z tego względu otwory nie mogą być ani zbyt małe – ponieważ łatwo się zatykają, ani też zbyt duże – ponieważ do studni przeniknie zbyt wiele cząsteczek. Stosuje się otwory w zakresie średnic: od 0,1 do 10 mm.

Rozróżnić można kilka typów urządzeń filtrujących, takich jak:

- **filtry z ciągłymi szczelinami** – o szerokości szczeliny od 0,1 mm, w których duża powierzchnia szczelin zapewnia intensywny przepływ. Szczeliny te wykonane są z drutu o przekroju klinowym w kształcie litery V, co zapobiega zatykaniu się;
- **filtry z perforowanymi tłoczonymi szczelinami** – o szerokości szczeliny od 0,5 mm. Są one łatwe do instalacji, mają dużą wytrzymałość, są odporne na siły skręcające i ściskające. Mają też mniejszą powierzchnię otworów, odpowiednią dla większości formacji wodonośnych;
- **filtry perforowane** – odpowiednie dla zwartych formacji, takich jak kreda i wapień. Powierzchnia otworów stanowi 10-40% powierzchni perforowanej rury i 3-5% rury okładzinowej.
- Rodzaje szczelin przedstawiono na rys. 1, a rodzaje filtrów dla ujęć wód podziemnych na rys. 2.



Rys. 1. Rodzaje szczelin w filtrach dla ujęć wód podziemnych

Filtry z ciągłymi szczelinami

Ciągłe szczeliny filtrów z drutów klinowych rekomendowane są w następujących przypadkach: złoża składa się z drobnych cząsteczek, istnieje cienka formacja wodonośna, studnia ma małą średnicę, odwiert wymaga dodatkowych zabiegów, konieczne jest zapewnienie maksymalnej wydajności. Jeśli porównać filtry o jednakowej długości, średnicy i rozmiarach szczelin, to intensywność przepływu przez filtry z drutów klinowych będzie: trzy razy większa niż dla filtrów z perforowanymi tłoczonymi szczelinami oraz dziewięć razy większa niż dla orurowania z otworami. Klinowy kształt powoduje, że szczelina rozszerza się do wewnątrz. Dzięki temu cząsteczki nie przechodzą przez szczelinę i stykają się z nią tylko w dwóch punktach z każdej strony. Dzięki temu szczeliny nie zatykają się. Materiał konstrukcji stanowi stal nierdzewna i stal ocynkowana. W szczególnie nieprzystających warunkach stosowane są specjalne stopy, odporne na korozję.

W przypadku zastosowania powyższych filtrów można obniżyć koszty przepompowywania. Mniejsza prędkość przepływu przez otwory oznacza mniejszą stratę ciśnienia. Dzięki temu zmniejsza się obniżenie poziomu wody, używa się mniej energii na pompowanie, zwiększa się wydajność pompowania. Radykalnie mniejsza ilość piasku w wodzie wpływa na mniejsze zużycie pomp.



Rys. 2. Rodzaje filtrów dla ujęć wód podziemnych

3.1.2. Sita ssawne dla ujęć wód powierzchniowych

Wysokowydajne sита ssawne można dobierać do różnorodnych warunków ujęć wód powierzchniowych, uwzględniając: głębokość zbiornika, jakość wody, sezonowe wahania temperatury, wymagania dotyczące ochrony organizmów wodnych. Sita są z dużym powodzeniem stosowane w wielu instalacjach na świecie. Sito ssawne jest obecnie jednym z najlepszych dostępnych rozwiązań dla ujęć wód powierzchniowych. Poprzez kontrolę przepływu wody przez sito naruszenie życia biologicznego w okolicy ujęcia jest znikome. Dla wodociągów komunalnych, czy dla przemysłu papierniczego, petrochemicznego albo elektrowni, sito ssawne

jest bezawaryjnym urządzeniem pobierającym wodę, które pozwala na obniżenie kosztów obsługi i eksploatacji. Kluczem zapewniającym wysoką wydajność pracy takiego ujęcia jest jego konstrukcja wewnętrzna, pozwalająca na stałą, równomierną, niską prędkość przepływu przez całą powierzchnię sita. Dzięki oryginalnemu rozwiązaniu szczeliny filtracyjnej, w kształcie odwróconej litery V, każda cząstka, stykająca się z powierzchnią jest oparta tylko w dwóch punktach.

Przy płukaniu zwrotnym szczeliny pracują jako dysze, co zapewnia ich przepłukiwanie i udrożnienie. Eliminuje to możliwość wystąpienia lokalnego, szybkiego, a zarazem nierównomiernego; przepływu, co występuje w wysoko wydajnych ujęciach w przypadku zatkania części powierzchni sita przepływającymi materiałami. Równomierna praca podwyższa wydajność hydrauliczną całego ujęcia oraz zwiększa efektywność pomp dzięki eliminacji oporów hydraulicznych przy zasysaniu wody. Przepływ wody przez szczeliny z optymalną prędkością 0,15 m/s zapewnia możliwość naturalnej ucieczki żywym organizmom przebywającym w okolicy ujęcia, chroniąc przed zassaniem ich do sita.

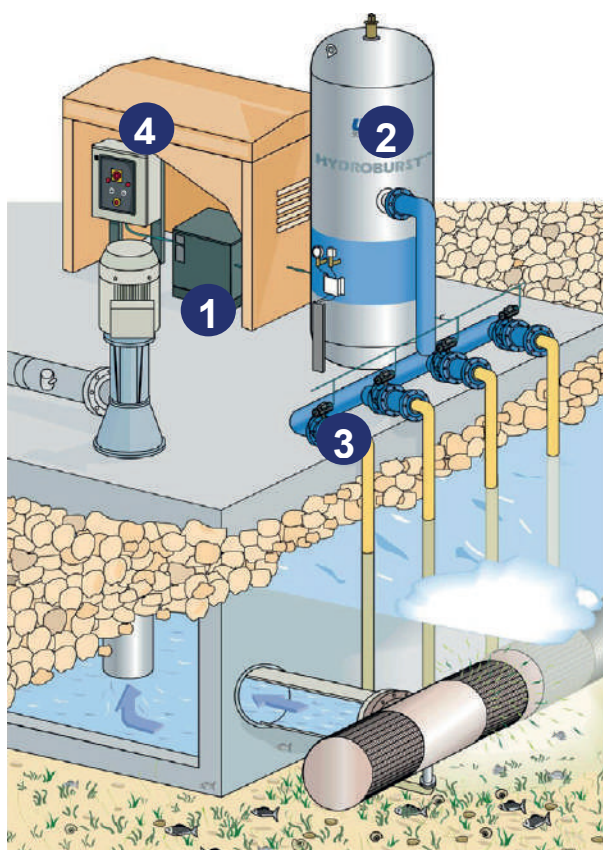
Wysokowydajne sita ssawne, bez względu na ich wymiary i wydajność, posiadają te same zalety, do których należą:

- niskie koszty wytwarzania dzięki prostej konstrukcji sita,
- nie zapychające się sito,
- możliwość całkowitego czyszczenia sita przy zastosowaniu wstecznego przedmuchu sprężonym powietrzem (nie ma potrzeby prowadzenia prac podwodnych przez nurków),
- brak części ruchomych,
- minimalne koszty eksploatacji,
- łatwa instalacja,
- urządzenie przyjazne dla środowiska – zgodne z warunkami dotyczącymi ochrony organizmów w pobliżu ujęć wody,
- możliwość łatwego dopasowania instalacji do każdej lokalizacji dzięki dużej elastyczności konstrukcji,

Precyzyjnie dobrany rozmiar szczeliny sita zawsze odpowiada dwóm wymaganiom: maksymalnej powierzchni szczelin oraz ochronie organizmów każdego rozmiaru. Szerokość szczeliny jest regulowana i może być dobierana w zakresie od 1 mm do 12 mm na podstawie dwóch kryteriów: wymaganego poboru wody i rozmiarów organizmów podlegających ochronie. Szczelina standardowa ma wielkość 3mm.

Stal nierdzewna jest zalecana dla większości ujęć słodkowodnych, natomiast stal kwasoodporna jest zalecana dla wód nisko i mocno zasolonych. W szczególnych przypadkach sita wykonywane są ze stopów miedzioniklowych. Wysoka wytrzymałość sit jest gwarantowana dzięki jednolitej, spawanej konstrukcji.

Jeżeli w okolicy ujęcia jest duża koncentracja organizmów żywych oraz cząsteczek organicznych, wymagane jest częste płukanie sit przy pomocy specjalnie zaprojektowanego systemu płuczącego. System ten dostarcza taką ilość powietrza pod ciśnieniem do sita, która powoduje całkowite jego oczyszczenie i usunięcie wszelkich przylegających cząstek (rys. 3). Kompresor, jego wydajność, parametry i gabaryty są indywidualnie dobierane dla ujęcia.



1. Kompresor
2. Zbiornik powietrza
3. Zawory
4. Szafka sterownicza

Rys. 3. Instalacja płukania sit ssawnych

Wysokoefektywne sita ssawne, ponieważ dobrane są indywidualnie do występujących warunków, a dobrany rozmiar szczelin odpowiada wymaganiom, to pracują z bardzo dobrym skutkiem, zgodnie z wymaganiami ochrony organizmów żywych, które mogą występować na danym ujęciu wody powierzchniowej.

3.2. Wybrane technologie uzdatniania wody

Technologia uzdatniania wody dobierana jest do wymaganych wskaźników jakości wody wynikających z jej przeznaczenia, takiego jak: wody do picia i na potrzeby gospodarcze, wody do chłodzenia, wody dla przemysłu, wody dla rolnictwa. Znaczne zanieczyszczenie ujmowanej wody powodują konieczność stosowania skomplikowanych instalacji technologicznych. W warunkach skrajnie niekorzystnych pod względem meteorologicznym (długotrwałe susze) występuje konieczność odnowy wody ze ścieków, w celu ich ponownego wykorzystania. W niniejszej pracy przedstawiono wybrane technologie uzdatniania wody, w tym filtrację według technologii amerykańskiej firmy Culligan. W tym zakresie, istnieje wiele rozwiązań technologicznych, świadczy o tym praktyka i bogata literatura zagraniczna i krajowa, w tym przykładowo monografia prof. dr hab. inż. Iwony Skoczko na temat filtracji, wydana 2019 roku [3]. W pracy przedstawiono również dezynfekcję wody i ścieków za pomocą promieni ultrafioletowych (UV) według technologii kanadyjskiej firmy Trojan.

3.2.1. Filtracja wody

Podczas filtracji wody zachodzą różne procesy, dlatego w zależności od ich dominującej roli, rozróżnia się zastosowanie tej technologii do: klarowania, koagulacji, odżelazienia, odmanganiania, zmiękczenia, demineralizacji i sorpcji. Ze względu na sposób realizacji przepływu wody przez urządzenia filtracyjne rozróżnia się filtry: grawitacyjne otwarte i ciśnieniowe zamknięte. Natomiast ze względu na prędkość filtracji urządzenia filtracyjne dzieli się na: powolne, pospieszne i super pospieszne. Filtry powolne budowane są jako filtry grawitacyjne otwarte, filtry pospieszne – jako ciśnieniowe (zamknięte) lub grawitacyjne (otwarte). natomiast filtry super pospieszne – jako ciśnieniowe (zamknięte).

Filtracja wody na filtrach otwartych. Filtry otwarte wymagają zazwyczaj wielu zabiegów eksploatacyjnych, oraz utrzymywania ostrych reżimów płukania w celu wydłużenia okresu ich eksploatacji. Przykładem jest tzw. system Krevox – składający się z systemu drenażowego *Triton*, zasypki multimedialnej *Culligan* oraz układu regulacyjnego *Cla-Val*, który nadaje się do modernizacji starych i budowy nowych filtrów otwartych. Zastosowanie tego systemu w nowych filtrach powoduje oszczędności części budowlanej o 30% i ogranicza straty hydrauliczne, wpływa na oszczędności energetyczne i zwiększa efektywność procesu filtracji i jakość uzdatnionej wody.

Rozwiązanie projektowe systemu drenażowego *Triton* (rys. 4) opiera się na idei podobnej do zastosowanej w konstrukcji sit ssawnych (druć ze stali

nierdzewnej o przekroju litery V, przyspawany do perforowanych rynienek wspanoczonej w kształcie litery U). Takie rozwiązanie zapewnia bardzo wytrzymałą konstrukcję i w znacznym stopniu rozwiązuje problemy związane z zapychaniem się i zatykaniem otworów filtra. Zaletą tego systemu drenażowego jest jego prosta instalacja i montaż, pozwalający na wbudowanie go w wiele istniejących komór. Kanał centralny, zbierający przefiltrowaną wodę i dokonujący rozdziału wody do płukania złoża, pokryty jest płytą ze stali nierdzewnej, na której umieszczone są panele filtracyjne. Montaż systemu drenażu jest łatwy i szybki, nie wymaga stosowania specjalnych narzędzi i urządzeń. Panel filtracyjny *Triton* w wykonaniu ze stali nierdzewnej waży 13 kg na metr bieżący i do jego instalacji wystarczą tylko dwie osoby.



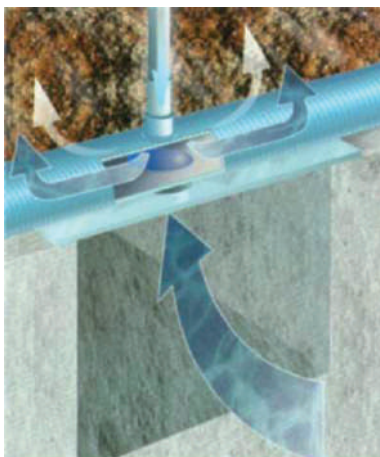
Konstrukcja panelu filtracyjnego Triton

Rys. 4. Konstrukcja panelu filtracyjnego Triton

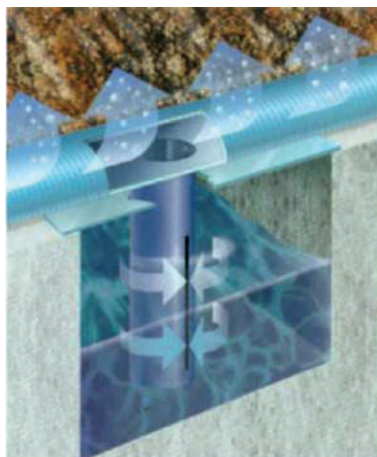
Wielowarstwowe układy filtrowania. Wadą tradycyjnego filtrowania na złożu jednowarstwowym jest to, że filtrowanie występuje tylko na powierzchni złoża minerału filtrującego, gdzie zatrzymywane są zanieczyszczenia. Minerał leżący pod spodem jest praktycznie niewykorzystany. W konsekwencji powstają duże opory hydrauliczne wody przy przepływie przez zatkaną powierzchnię złoża i nagły spadek ciśnienia obniżający efektywność filtrowania. Dlatego filtr trzeba płukać nawet jeżeli została wykorzystana praktycznie tylko mała część złoża filtracyjnego. Aby uniknąć tych wad, najlepsze są **filtry wielowarstwowe** ponieważ umożliwiają one selektywne usuwanie zanieczyszczenia w samych warstwach filtrujących. Dzięki odpowiedniemu doborowi warstw filtrujących cząsteczki zanieczyszczenia nie są zatrzymywane na powierzchni filtra, ale wchodzą między szczeliny w warstwach filtrujących i przylegają do pojedynczych ziarenek złoża. Warstwy te mogą różnić się od siebie grubością, ciężarem właściwym i wielkością ziarna minerałów.

Zatrzymują one zmętnienie do momentu, aż cały minerał zostanie zatkany. Potencjalna wydajność filtru jest w ten sposób całkowicie wykorzystywana przed jego płukaniem. Powyższa nowoczesna technika filtracyjna umożliwia osiągnięcie większej prędkości filtracyjnej (co prowadzi do oszczędności na gabarytach pomieszczeń i kosztach ogólnych) oraz bardzo małe lub w ogóle żadne zużycie środków chemicznych, co prowadzi do oszczędności w kosztach eksploatacyjnych.

Warstwa dolna – piasek kwarcowy 0,6-0,8 mm lub 1,6 mm. Wysokość złoża 0,60 m, gęstość nasypowa 1,5 t/m³. Piasek filtracyjny to selekcyonowana zasypka filtracyjna firmy Culligan o nazwie *Cullisan*. Przykładowo, piasek filtracyjny *Cullisan* 0,6-0,8 jest piaskiem kwarcowym z domieszkami związków węglanowych poniżej 1%. Po obróbce na młynach i sitach ziarna uzyskują kształt kulisty. Uziarnienie piasku 0,6-0,8 stanowi 96% ziaren o zadanym uziarnieniu, a pozostałe 4% to ziarna podfrakcji. Złoże piaskowe – piasek kwarcowy jako materiał twardy o oporny na ścieranie nie podlega degradacji i rozkruszeniu. Złoże piaskowe przy zastosowanym systemie drenażu *Triton* nie podlega zatykaniu ani kolmatacji i jest przygotowane do pracy ciągłej przez okres 25 lat. Nie przewiduje się uzupełniania złoża.



Wlot powietrza od góry systemu drenażowego



Wlot powietrza od dołu poprzez kanał centralny

Rys. 5. Sposoby przepłukiwania zwrotnego

Warstwa górna – antracyt 0,8÷2,0 mm lub 1,2÷2,5mm. Wysokość złoża 0,50 m, gęstość nasypowa 0,8 t/m³. Minerał filtracyjny jest zasypką o nazwie *Cullicite*, jest to mielony antracyt, suszony i siany o uziarnieniu 0,8÷2,0, stanowiący 89% składu

ziarnowego. Antracyt *Cullicyte* 0,8÷2,0 jest standardową zasypką dla filtrów stosowanych w USA i Europie. Złoże antracytowe jako materiał mniej twardy od piasku kwarcowego może podlegać w czasie pracy (płukania) częściowemu rozkruszeniu. Zakłada się, że w ciągu pierwszego roku pracy ubytek frakcji antracytu będzie wynosił 1-2% objętości wsadu.

Konstrukcja systemu drenażowego zapewnia równomierne rozprowadzenie powietrza do każdego miejsca komory niezależnie od sposobu przepłukiwania zwrotnego (rys. 5), zapewniając równomierne i skuteczne wzruszenie całego złoża filtracyjnego

Układ regulacyjny *Cla-Val* zapewnia zachowanie stałej prędkości filtracji na każdym z filtrów. Dla każdej komory przyporządkowany jest jeden taki zawór regulacyjny. Zasada działania układu opiera się na zachowaniu stałego – łącznego oporu hydraulicznego złoża i zaworu, dzięki czemu możliwe jest utrzymanie żądanego przepływu przez filtr, co jest szczególnie istotne dla zachowania właściwej jakości filtrowanej wody. Czyste złoże po płukaniu w trakcie trwania procesu filtracji będzie ulegało stopniowemu zanieczyszczeniu, powodując tym samym zwiększanie oporu hydraulicznego. Zawór regulacyjny będzie się wtedy odpowiednio otwierał utrzymując stały – zadany przepływ. W momencie kiedy zanieczyszczenie filtra przekroczy dopuszczalny poziom zawór przekaże sygnał o rozpoczęciu procesu płukania.

Konwencjonalne filtry wymagają zazwyczaj zastosowania warstwy podtrzymującej z grubego żwiru. Turbulencje występujące podczas przepłukiwania zwrotnego filtrów, powodują zwykle poważne uszkodzenia. Słabość tych konstrukcji skutkuje poważnymi kosztami ich konserwacji, napraw i eksploatacji.

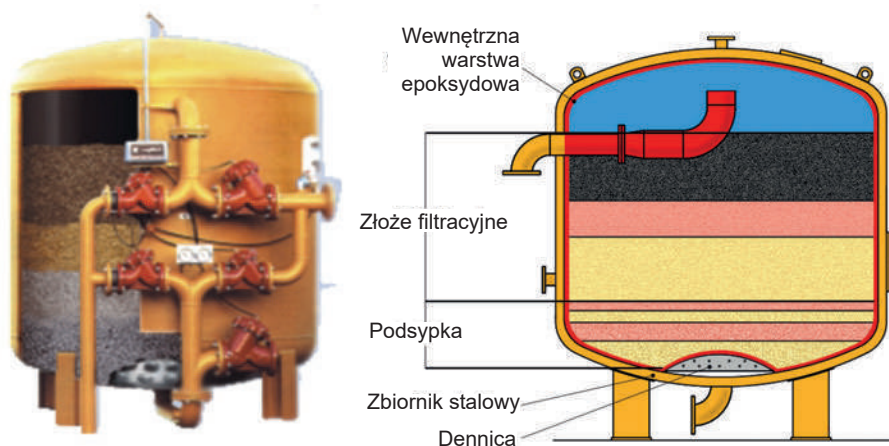
Zaletami drenażu *Triton* są: równomierne płukania na całej powierzchni filtra, praktycznie brak kosztów konserwacji i napraw, wieloletnia trwałość (bez konserwacji, reperacji i wyłączeń z pracy), bezpośrednie utrzymanie złożów filtracyjnych (bez warstwy podtrzymującej), zwiększenie efektywności płukania, małe straty ciśnienia – wydłużenie cykli filtracyjnych, całkowite pokrycie wewnętrznej powierzchni filtracyjnej, wielkość szczelin można dopasować do różnych granulacji warstw filtracyjnych, zmniejszenie wysokości komór, jak też szybki i łatwy montaż (redukcja kosztów montażu). Natomiast złoże typu *Culligan* zapewnia: zwiększenie wydajności filtrów, równomierną filtrację w całej objętości złoża, zmniejszenie gabarytów filtrów, co najmniej 89% zawartość frakcji właściwej, poprawę jakości wody, długi okres eksploatacji złoża. Układ regulacyjny ma na celu utrzymanie stałej prędkości filtracji, co wpływa również na poprawę jakości uzdatnianej wody. Gwarantuje on automatyczne rozpoczęcie procesu płukania, niezawodność i trwałość instalacji.

Filtracja wody na filtrach ciśnieniowych. W nowo budowanych i modernizowanych stacjach uzdatniania wody może mieć zastosowanie szeroka gama filtrów ciśnieniowych opracowanych przez firmę Culligan, stosującą następujące techniki filtracji: filtracja na wielowarstwowych filtrach piaskowych – UF, filtracja na złożach węglowych – UR, filtracja na złożach katalitycznych – UB, filtracja z warstwą odmanganiającą – UFP, filtracja na filtrach biologicznych – BF, filtracja na złożach odkwaszających – UU oraz filtracja dwustopniowa w systemie OFSY dla wód powierzchniowych. Dzięki zastosowaniu w filtrach typu Culligan złożów wielowarstwowych, woda uzdatniona odpowiada najwyższym wymaganiom jakościowym stawianym wodzie przeznaczonej do picia. Przedstawiono rozwiązania filtrów ciśnieniowych Culligana, wykorzystując materiały Europejskiego Centrum Ekologicznego [4].

Modernizacje stacji uzdatniania wody zwykle wynikają z niewystarczającej ich wydajności lub nieodpowiedniej jakości dostarczanej wody, albo obydwoma czynnikami jednocześnie. Wiele stacji uzdatniania wody wymaga modernizacji z uwagi na przestarzałe urządzenia i niewystarczający zakres zabiegów technologicznych dla uzyskania wody uzdatnionej o wymaganej jakości. Przed koniecznością modernizacji systemów oczyszczania wody stanęły przedsiębiorstwa wodociągowe po wejściu w życie przepisów unijnych odnośnie jakościowych parametrów dla wody pitnej. Realizacji tych inwestycji wymaga na ogół stosunkowo wysokich nakładów finansowych, które zależą od istniejącego stanu technicznego i realizowanego rozwiązania technologicznego w modernizowanym obiekcie. Niekiedy wymagane jest zastosowanie niewielkich korekt układu technologicznego, w szeregu przypadków konieczne jest całkowite przeprojektowanie istniejącego rozwiązania, zarówno pod względem technologicznym jak i technicznym.

Poniżej przedstawione zostały rodzaje systemów uzdatniania wody oparte o ciśnieniowe filtry pośpieszne (rys. 6). Filtry ciśnieniowe Culligan Hi-Flo standardowo składają się ze zbiornika ciśnieniowego, orurowania i układu sterowania filtra.

Zbiornik ciśnieniowy składa się z połączonych przez spawanie dennic i płaszczów ustawionych na czterech nogach przyspawanych do dennicy filtra. Wykonany jest ze stali węglowej o grubości 8 mm. Płyta drenażowa wykonana jest w kształcie czaszy i umocowana wewnątrz na dennicy filtra. Kształt płyty drenażowej, jak i jej umiejscowienie, zabezpiecza ją przed-uszkodzeniem i zarwaniem. W płycie drenażowej zamocowane są dysze wykonane z tworzywa sztucznego. Zbiornik wewnątrz jest piaskowany, podwójnie gruntowany, epoksydowany w celu zabezpieczenia przed korozją (grubość powłoki: wynosi 230-250 μm). Na zewnątrz zbiornik jest podwójnie gruntowany i malowany farbą antykorozyjną warstwą, o grubości powłoki 80-100 μm .



Rys. 6. Filtr ciśnieniowy ze złożem filtracyjnym

Orurowanie i układ sterowania filtra – zamontowane jest na zbiorniku ciśnieniowym. Składa się z: zaworów membranowych (przeponowych) sterowanych hydraulicznie (lub pneumatycznie); orurowania i kształtek wykonanych ze stali zabezpieczonych przed korozją poprzez epoksydowanie wewnętrzne i malowanie zewnętrzne proszkowe; elektrohydraulicznego sterownika programowalnego; jak też kryzy kontrolnych zainstalowanych na odprowadzeniu wód popłucznych i wody uzdatnionej, które utrzymują stały zadany przepływ przy płukaniu filtra (zabezpieczenie przed wyniesieniem złoża filtracyjnego) oraz uniemożliwiają przekroczenie zadanej max prędkości filtracji (pogorszenie się jakości wody uzdatnionej).

Automatyczne filtry **typu Hi-Flo** są sterowane przez hydrauliczne zawory przeponowe, w celu właściwego kierowania przepływu wody podczas fazy pracy i płukania. W czasie fazy roboczej woda nie uzdatniona przepływa przez złoże filtracyjne od góry do dołu. W przypadku pojawienia się założonego spadku ciśnienia lub pojawienia się zanieczyszczeń w strumieniu wypływającym, filtr należy wypłukać zarówno w kierunku wstecznym, jak i zgodnym z przepływem. Podczas przepływu wstecznego woda przepływa z dołu do góry poprzez złoże filtracyjne w celu usunięcia zanieczyszczeń. Podczas płukania zgodnego z przepływem, tzn. płukania kondycjonującego, woda przepływając przez złoże filtracyjne, usuwa wszelkie pozostałości zanieczyszczeń i przygotowuje złoże do pracy. Wszystkie filtry płukane są wodą surową bez udziału powietrza (wyjątek stanowi filtr **typu Cullar**, który płukany jest wodą uzdatnioną). Prędkość zarówno płukania wstecznego, jak i płukania zgodnego z przepływem kontrolowana jest przez automatyczne regulatory przepływu, którymi są kryzy kontrolne. Płukanie wsteczne uruchamiane

jest w sposób automatyczny przez programator elektroniczny w zaprogramowanym czasie doby, w dowolnym dniu tygodnia. Może ono również być uruchamiane ręcznie, w tym. przypadku filtr automatycznie podejmuje pracę na nowo pod koniec fazy płukania wstecznego. Filtry montowane są w zbiornikach filtracyjnych o średnicy od 20 do 120 cali (50-300 cm).

Filtry wielowarstwowe Culligan stanowią znaczące udoskonalenie klasycznych filtrów ciśnieniowych pośpiesznych z wypełnieniem złożem piaskowym. Przy tych samych wydajnościach, filtry wielowarstwowe mają znacznie mniejsze rozmiary, szczególnie wysokość złoża. Warstwy filtracyjne składają się z minerałów różnych rodzajów, o różnym ciężarze właściwym i o różnych średnicach ziaren. Dobranie mediów filtracyjnych sprawia, że najgrubsze ziarna znajdują się na górze, a najdrobniejsze na dole. Korzyści z takiego ułożenia są następujące: zawiesziny różnych rozmiarów są usuwane selektywnie na poszczególnych warstwach oraz mniejsze są straty ciśnienia. W takim przypadku złożo filtracyjne pracuje całą swoją objętością. Ziarna grubsze umieszczone na górze posiadają mniejszy ciężar właściwy niż ziarna drobne umieszczone na dole, co powoduje, że po procesie płukania wstecznego (z dołu do góry) wymieszane złożo filtracyjne powraca do pierwotnego wielowarstwowego ułożenia.

Zastosowanie złoża wielowarstwowego umożliwia uzyskanie znacznie lepszej jakości wody filtrowanej niż przy systemie konwencjonalnym. Filtracja stopniowa realizowana poprzez coraz bardziej drobne uziarnienie złoża daje doskonałe efekty jakości filtratu. Porównując złożo jednorodne i wielowarstwowe, o tej samej wysokości, można stwierdzić, że złożo wielowarstwowe: zwiększa retencję złoża, wydłuża cykl filtracji, uzyskuje lepszą jakość wody (filtratu), powoduje selektywne zatrzymanie różnych rodzajów zanieczyszczeń. Pierwszą firmą, która wprowadziła złoża wielowarstwowe na rynek była wspomniana amerykańska firma Culligan, która na podstawie wieloletnich doświadczeń w dziedzinie filtracji opracowała technologię **Filtr-Cleer (UF)**, wykorzystującą w praktyce dwa rodzaje minerałów: *Cullcite* – jednorodna gatunkowo, ziarnista forma antracytu stanowiąca warstwę górną; *Cullsan* – bezwapienny, chemicznie obojętny piasek kwarcowy, stanowiący warstwę pośrednią.

Filtry **Culligana typu Hi-Flo** spełniają wszystkie wymogi filtracji mechanicznej i chemiczno – fizycznej uzyskiwanej przy zastosowaniu złożów filtracyjnych. Filtry są stosowane w następujących wersjach:

- **Filtr-Cleer (UF)** – stosowane w celu usunięcia z wody mętności oraz żelaza,
- **Cullar (UR)** – stosowane w celu usunięcia z wody niepożądanego zabarwienia, smaku i zapachu,
- **Cullisorb (UB)** – stosowane w celu usunięcia z wody żelaza i manganu,

- **Cullneu (UU)** – stosowane w celu neutralizacji kwasowości wody,
- **Super Iron (UFP)** – stosowane w celu usunięcia żelaza i manganu, poprzez warstwę złoża katalitycznego uaktywnianego chemikaliami zawierającymi chlor lub nadmanganianem potasu,
- **Filtr Biologiczny (BF)** – stosowany do usuwania z wody surowej mętności, amoniaku, związków żelaza oraz związków manganu (po wpracowaniu się złoża filtracyjnego),
- **System OFSY** – stosowany do uzdatniania wód powierzchniowych przy występowaniu wysokiej mętności.

Filtr-Cleer (UF) to technika filtracji, która opiera się na wykorzystaniu dwóch minerałów o różnej średnicy uziarnienia, ułożonych warstwami w taki sposób, że warstwa górna jest warstwą złożoną z minerału o większej średnicy ziaren. Woda poddawana filtrowaniu przepływa przez złożę filtra z góry do dołu, stopniowo rozkładając zanieczyszczenia powodujące zmętnienie na całą masę złoża filtracyjnego. Środki chemiczne stosowane do dezynfekcji, takie jak podchloryn sodu, przyczyniają się do destabilizacji zawieszonych cząstek, polepszających skuteczność ich filtracji. Szczególne cechy tej techniki filtracji pozwalają również na usunięcie żelaza, manganu i innych substancji, które są początkowo rozpuszczalne, lecz poddane działaniu środków chemicznych, głównie utleniaczy wykorzystywanych do dezynfekcji (np. podchlorynu sodu), stają się nierozpuszczalne. Technika filtracji tego typu powoduje, że płukanie wsteczne jest niezwykle skutecznym, ponieważ umiarkowana grubość poszczególnych warstw oraz stopniowe zwiększanie się granulacji przy przechodzeniu kolejno na wyższe warstwy, umożliwia całkowicie usunięcie mętności z warstw filtracyjnych. W filtrze tego typu wykorzystuje się dwa rodzaje materiałów filtracyjnych: *Cullcite* – specjalny rodzaj antracytu; *Cullsan* – specjalny rodzaj piasku krzemowego.

Cullar (UR) to technika filtracji stosująca węgiel aktywny, który posiada bardzo dużą powierzchnię porowatą w stosunku do swojej masy jednostkowej. Ze względu na ilość reakcji zachodzących na powierzchni, węgiel aktywny posiada zdolność usuwania chloru z wody, który jest przyczyną jej smaku i zapachu. Wchłania on również cząsteczki organiczne poprzez zamykanie ich w swoich mikroporach. Złoże wspierające – podsypka o bardzo małych granulach, ma za zadanie zatrzymać zawiesiny i ochronić węgiel aktywny przed zmętnieniem pochodzącym w fazie płukania wstecznego. Wymagana częstotliwość płukania wstecznego zależy przede wszystkim od podstawowej funkcji samego filtra. W przypadku usuwania mikro-zanieczyszczeń, częstotliwość ta musi być minimalna i dlatego należy zwrócić szczególną uwagę na wcześniejsze wyeliminowanie cząsteczek zawiesin. Płukanie

wsteczne uruchamianie jest w sposób automatyczny przy pomocy programatora elektronicznego lub ręcznie, a filtr natychmiast podejmuje na nowo pracę pod koniec fazy płukania wstecznego. Minerale filtracyjne tego rozwiązania to: *Cullar* – węgiel aktywowany, *Cullsan* – specjalnie dobrany typ piasku krzemowego.

Cullisorb (UB), stosowany jest w technice filtracji typu Fer-ox, powoduje wstępne utlenienie rozpuszczalnych w wodzie związków żelaza i manganu, aby stały się nierozpuszczalne i można by było poddać je procesowi filtracji. Reakcja chemiczna nie przebiega jednak zbyt szybko, zwłaszcza w odniesieniu do manganu. Natomiast stosowany minerał *Cullisorb* wywołuje reakcję katalityczną, która przyspiesza utlenianie żelaza i manganu przy pomocy nadmanganianu potasu wykorzystywanego jako utleniacz, a jednocześnie powoduje utlenianie i bardzo słabą rozpuszczalność dozowanego nadmanganianu potasu. Stosowanie tego minerału ograniczone jest alkalicznym odczynem wody uzdatnianej (zawsze $\text{pH} > 7,2 \div 7,5$) oraz niską zawartością związków organicznych (substancje te są absorbowane i wykazują tendencje do łatwego zatykania złoża). Materiały filtrujące tego rozwiązania to: *Cullcite* – minerał odporny na zatykanie, oparty o antracyt; *Cullisorb* – katalizator mineralny aktywowany nadmanganianem potasu.

Cullneu (UU) jest specjalnym związkiem węglanu wapnia i magnezu. Niektóre wody są w sposób naturalny agresywne z uwagi na dużą zawartość wolnego dwutlenku węgla, a minerał ten w środowisku kwaśnym tworzy naturalną sól (kwaśny węgiel), co podnosi pH wody powyżej 7, eliminując w ten sposób jej naturalną kwasowość. Minerał *Cullneu* również wolno rozpuszcza się w wodzie, a jego zużycie jest stosunkowo niewielkie i zależy od stopnia kwasowości wody. Filtry wyposażone są w sterownik elektroniczny umożliwiający zaprogramowanie procesu płukania, jak i możliwe jest ręczne uruchamianie procesu płukania z automatycznym powrotem do funkcji pracy.

Super Iron (UFP) stosują specyficzny minerał, umożliwiający wyeliminowanie jonów żelaza i manganu bez konieczności dodawania nadmanganianu potasu. Złoże filtracyjne, składające się z minerałów o różnym ciężarze właściwym i objętości masy, posiada właściwości katalityczne, które są reaktywowane poprzez dodanie utleniającego środka chemicznego, jeżeli jest to możliwe w sposób stały. Innym możliwym do wykorzystania środkiem utleniającym jest sprężone powietrze. Płukanie wsteczne uruchamiane jest w sposób automatyczny ale może również zostać uruchomione ręcznie. Minerale stosowane w filtrach tego typu to: *Cullcite* – minerał na bazie antracytu o właściwościach zabezpieczających przed zatykaniem się złoża, *Piroluzyt* – minerał katalityczny, aktywowany przy pomocy

związków zawierających chlor (np. podchloryn sodu) lub przy pomocy nadmanganianu potasu, *Cullsan* – wybrane rodzaje piasku krzemowego.

Filtr biologiczny (BF) stosują jednorodne złoża filtracyjne – piasek kwarcowy *Cullsan* oraz w razie potrzeb masę katalityczną. Podczas fazy pracy, surowa woda przedostaje się przez warstwy filtrujące z góry na dół, dzięki czemu wszelkie niepożądane zanieczyszczenia zostają zatrzymane. Istota procesu filtracji biologicznej jest wykształcenie kolonii bakterii nityfikacyjnych w złożu filtracyjnym. W celu usunięcia nadmiernej ilości kolonii bakterii powstałych w procesie usuwania zanieczyszczeń oraz innych nieczystości, w filtrze prowadzony jest proces płukania, najpierw poprzez wzruszenie złoża powietrzem, a następnie wodą w przeciwnym kierunku do filtracji. Na filtrach BF usuwane są utlenione związki żelaza, manganu oraz amoniaku. Działanie filtru biologicznego polega na stosowaniu powietrza w procesie płukania filtra, w postaci drobnopęcherzykowej, celem utleniania substancji organicznych, żelaza i amoniaku zawartych w wodzie surowej. Powietrze drobnopęcherzykowe pozwala na równomierne wypełnienie i wykorzystanie całej objętości złoża filtracyjnego, od dołu do góry złoża, powodując skuteczne utlenienie związków nieorganicznych i organicznych.

System OFSY składa się z dwóch filtrów połączonych szeregowo, kontrolowanych przez zawory przeponowe, które są otwierane i zamykane przez zawór pilotowy, sterując tym samym fazami pracy i płukania filtra. Podczas pracy woda przepływa z góry do dołu przez złoża filtracyjne obu filtrów i wypływa wolna od zawiesiny oraz innych niepożądanych składników. Wszystkie etapy płukania oraz procesu filtracji są kontrolowane przez automatyczne regulatory przepływu (kryzy kontrolne). Wypełnienia filtrów stanowią złoża wielowarstwowe, ze zmniejszającą się z góry do dołu wielkością ziaren. W ten sposób złoża pracują całą swoją objętością w procesie fizyko-chemicznej flokulacji kontaktowej. Dzięki temu system ten umożliwia filtrację z większymi prędkościami, niż w przypadku filtrów konwencjonalnych; uzyskując wyższą jakość filtratu. Poprzez dawkowanie odpowiednich reagentów system może być wykorzystywany do usuwania z wody naturalnych środków barwiących (kwasy humusowe, fulwenowe, garbnikowe), fosforu, żelaza, manganu i innych metali. Reagentami stosowanymi do wspomaganie procesów filtracji w systemie są:

- koagulant pierwotny – zazwyczaj zawiera sole żelaza lub glinu, którego o dobór i dawka zależy od składu wody surowej; dzięki zjawisku flokulacji kontaktowej z można uzyskać znaczne oszczędności (nawet do 90%) w zużyciu koagulantów,
- koagulant wtórny – stosowany do usunięcia z wody substancji przedostających się przez pierwszy filtr; jego rodzaj i dawka zależy od składu wody,

- środki dezynfekujące – spełniające podwójną rolę: dezynfekcję wody oraz zapobieganie wzrostowi bakterii wewnątrz filtrów; przy czym dezynfekcja złożeń nie musi być ciągła, wystarczające jest tu okresowe, uderzeniowe dawkowanie reagentu;

Praktycznie nie ma żadnych ograniczeń dotyczących filtracji zawiesin w systemie OFSY, który jest zdolny do zatrzymania zawiesiny w ilości ponad 400 mg/dm³. Istotne dla prawidłowej pracy urządzenia są stałe warunki pracy. Stosuje się zbiorniki magazynowe, zainstalowane przed oraz po tym systemie. Zbiornik za układem powinien instalowany być zawsze, by zagwarantować 30 minutowy kontakt wody ze środkiem dezynfekującym.

Zalety filtrów ciśnieniowych. W stosunku do rozwiązań konwencjonalnych filtry ciśnieniowe posiadają następujące zalety:

- niskie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne.
- kubatura pomieszczeń technologicznych ograniczona jest do minimum,
- płukanie filtrów tylko wodą surową (oszczędność wody uzdatnionej),
- ilość wody surowej zużywanej na procesy płukania nie przekracza 3% ilości wody uzdatnionej,
- bardzo prosty i niezawodny w eksploatacji hydrauliczny układ sterowania pracą filtrów bez konieczności stosowania dodatkowych elementów,
- wielowarstwowe i nie zużywające się złoża filtracyjne,
- filtry wyposażone są w układ zabezpieczający przed wymywaniem złoża do sieci lub kanalizacji
- znakomite zabezpieczenie antykorozyjne filtrów poprzez epoksydowanie,
- brak potrzeby stosowania dmuchaw do wzruszania złożeń przed płukaniem,
- brak stałej obsługi.

Ciśnieniowe filtry Culligan znalazły zastosowanie w modernizowanych, jak też dla nowo powstających stacji uzdatniania wody. Wysoka jakość wykonania zbiorników filtracyjnych pozwala na wieloletnią, bezawaryjną pracę tych urządzeń. Wielowarstwowe złoża filtracyjne pozwalają na uzyskiwanie wysokiej efektywności usuwania zanieczyszczeń z uzdatnianej wody, dlatego znalazły zastosowanie w tysiącach stacji uzdatniania wody na świecie. Dlatego, amerykańska firma Culligan (obecnie Culligan International Company), której twórcą był wynalazca zeolitu do zmiękczenia wody – Emmett Joseph Culligan (1893-1970), uznana jest za lidera w dziedzinie uzdatniania wody. Warto dodać, że światowy rynek urządzeń do filtracji wody rośnie około 2,5% rocznie i prognozuje się, że w 2025 roku osiągnie wartość 9,5 mld USD.

3.2.2. Dezynfekcja wody za pomocą promieni ultrafioletowych (UV)

Podczas dezynfekcji wody następuje unieszkodliwienie lub dezaktywacja mikroorganizmów mogących być źródłem chorób zakaźnych. Dezynfekcja może być prowadzona różnymi metodami, w tym między innymi przez dodanie silnych utleniaczy, głównie chloru i jego związków, ale również ozonu. Coraz częstsze zastosowanie do dezynfekcji wody znajduje technologia naświetlania wody promieniami ultrafioletowymi (UV). Do dezynfekcji można również stosować między innymi: podchloryn sodu, chlor gazowy, dwutlenek chloru oraz ozon.

Jednakże, wiele zalet technologii UV w stosunku do tradycyjnych metod sprawiło, że jest ona coraz chętniej stosowana i ulega ciągłemu rozwojowi i udoskonalaniu. Jest to proces czysto fizyczny, który nie zmienia smaku i zapachu wody i nie tworzy szkodliwych produktów ubocznych dezynfekcji. Metoda ta eliminuje potrzebę transportu, przechowywania i stosowania do dezynfekcji potencjalnie groźnych chemikaliów. W przypadku niektórych mikroorganizmów, takich jak *Clostridium*, *Cryptosporidium* czy *Giardia*, jest ona znacznie skuteczniejsza niż metody chemiczne. Pierwotniaki, takie jak *Cryptosporidium* czy *Giardia*, nie są limitowane w wodzie, a były już powodem wielu epidemii. Wszystko to sprawia, że liczba zainstalowanych reaktorów UV ciągle wzrasta.

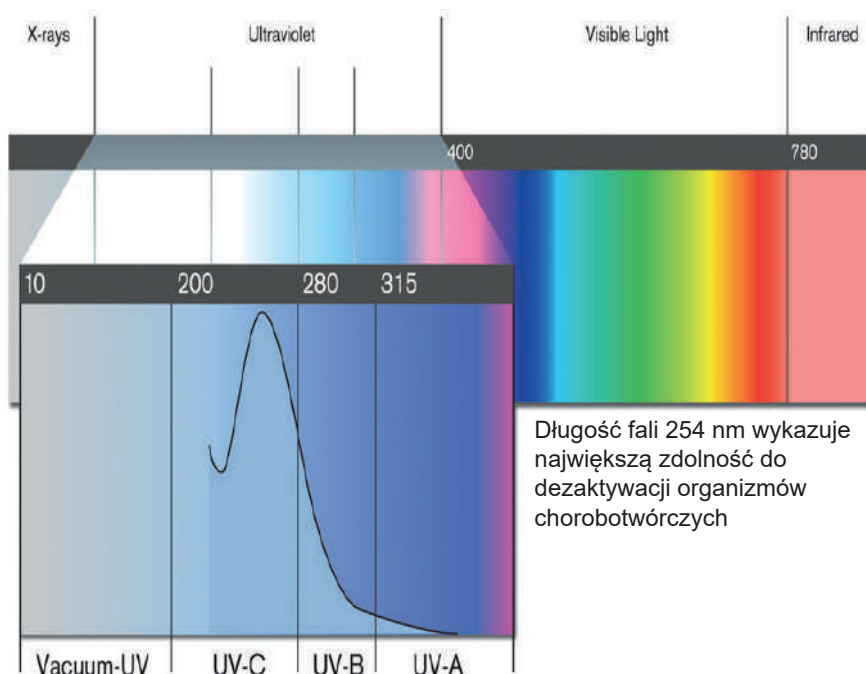
Mechanizm dezynfekcji promieniami UV. Ze względu na wpływ promieniowania ultrafioletowego na organizmy żywe wyróżnia się promieniowanie:

- **UV-A** (fale długie) o długości: 315-400 nm,
- **UV-B** (fale średnie) o długości: 280-315nm,
- **UV-C** (fale krótkie) o długości: 200-280 nm.

W procesie dezynfekcji za pomocą lamp UV wykorzystywane jest promieniowanie UV-C do dezaktywacji mikroorganizmów chorobotwórczych. (rys. 7), ze względu na jego największą skuteczność.

Dezynfekcja za pomocą światła ultrafioletowego jest procesem czysto fizycznym, który wywołuje szybkie fotochemiczne zmiany w mikroorganizmach żywych. Aby wystąpiła reakcja fotochemiczna przynajmniej dwa warunki powinny wystąpić: światło musi mieć wystarczająco dużą energię aby zmienić wiązania chemiczne i musi być absorbowane przez organizmy, które chcemy dezaktywować

Kiedy światło UV przenika przez bakterie, wirusy, pierwotniaki, i inne mikroorganizmy, energia UV jest pochłaniana przez ich DNA, co prowadzi do zmian strukturalnych i mutacji. DNA składa się z serii fosforanów, cukrów i grup bocznych (cytozyny, adeniny, tyminy, guaniny). Aby doszło do reprodukcji komórek, podwójne nici DNA muszą być oddzielone i kopiowane. Kiedy tymina absorbuje promieniowanie UV i znajduje się obok innej tyminy na tej samej nici, tworzą się



Rys. 7. Zakres największej skuteczności dezaktywacji bakterii i wirusów.

dimery tyminy (dwa nukleotydy tyminy połączone razem). Dimery blokują kopowanie się uszkodzonych nici co sprawia, że organizm nie może się rozmnażać, a tym samym nie może zarażać, czyli jest dezaktywowany. Wiele setek tysięcy takich dimerów może się tworzyć pod wpływem działania światła UV. Niektóre wirusy nie mają DNA, ale posiadają RNA. Podobne zmiany fotochemiczne blokują również replikację RNA wirusów.

Dawka UV. Bakteriobójcza skuteczność promieniowania UV jest bezpośrednio związane z dawką energii UV absorbowaną przez mikroorganizmy. Po przeprowadzeniu szeregu badań ustalono, że minimalna dawka napromienienia niezbędna do pełnej dezynfekcji wody pitnej musi wynosić na koniec żywotności promienników 400 J/m^2 lub 40 mJ/cm^2 .

Dawka UV zależy od intensywności UV (natężenia napromienienia) i czasu kontaktu. Wyrażona jest w mJ/cm^2 , J/m^2 lub $\mu\text{Wsec/cm}^2$.

Dawka UV (J/m^2) = Intensywność UV (W/m^2) x Czas kontaktu (s)

Intensywność UV to ilość światła UV na jednostkę powierzchni (W/m^2), a czas kontaktu to czas przez który mikroorganizmy są narażone na intensywne promieniowanie UV (s).

Czas kontaktu zależy od konstrukcji reaktora oraz od wielkości przepływu wody. Intensywność UV zależy od charakterystyki technicznej urządzenia, głównie:

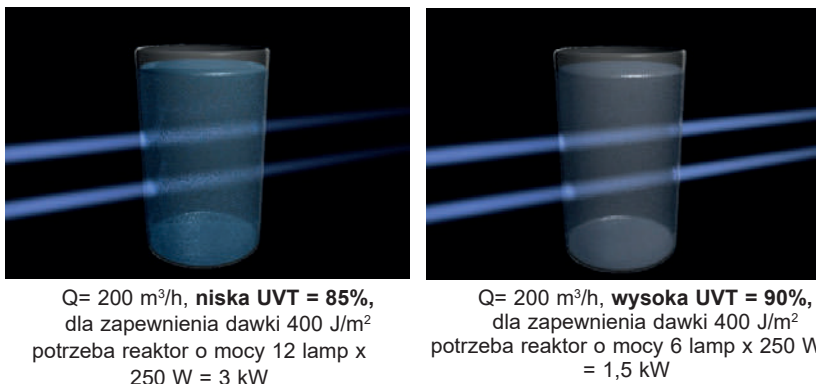
typu promienników i ułożenia lamp, a także od parametrów jakości wody (np. transmitancja, zawiesina ogólna, stężenie związków żelaza, barwa). Dodatkowe czynniki wpływające na intensywność UV to żywotność promiennika i stopień czystości osłony promiennika UV. Intensywność promieniowania UV stopniowo zmniejsza się w miarę użytkowania lampy, co jest uwzględnione w konstrukcji w celu zapewnienia określonej dawki pod koniec żywotności promiennika. Gromadzenie się nieorganicznych i organicznych zanieczyszczeń na kwarcowej osłonie zmniejsza intensywność światła UV, trafiającego do wód lub ścieków, dlatego urządzenia wyposażone są w automatyczny mechaniczny system czyszczący. Poniżej przedstawiono rozwiązania promienników UV kanadyjskiej firmy Trojan.

Promienniki UV. Najważniejszym elementem każdego systemu UV są promienniki, które emitują sztuczne promieniowanie UV. Promienniki umieszczone są wewnątrz komory reaktora w specjalnych osłonach ze szkła kwarcowego. Ze względu na ciśnienie par rtęci wewnątrz promienników oraz produkowaną energię UV dzielimy je na:

- **niskociśnieniowe**, nisko wydajne (LPLO) – używane w małych systemach; ograniczona energii UV; żywotność promienników wynosi do 14 000 h; moc promiennika: 45-88 W,
- **wysokociśnieniowe**, wysoko wydajne (LPHO) – wysoka wydajność tych promienników pozwala na uzyskanie wysokiej dawki z przy zachowaniu zwartej konstrukcji systemu UV; do tej kategorii zaliczamy również lampy amalgamatowe; żywotność promienników wynosi do 14 000 h; moc promiennika: 90-500 W,
- **średniociśnieniowe**, wysoka wydajne (MPHO) – niezwykle wysoka wydajność; stosowane dla bardzo dużych przepływów i wody o bardzo złej jakości, żywotność promienników wynosi do 9000 h; moc promiennika: 1-30 kW.

Promienniki niskociśnieniowe są monochromatyczne, emitujące promieniowanie UV o długości fali 254 nm. Promienniki zawierają małe ilości rtęci w gazie obojętnym, zazwyczaj argonie i używają łuku elektrycznego do pobudzenia atomów rtęci, emitujących światło. Promienniki średniociśnieniowe zawierają więcej rtęci niż promienniki niskociśnieniowe. Promienniki te działają przy wyższym ciśnieniu pary rtęci i temperatury (od 500 do 800°C) i emitują promieniowanie UV o większym natężeniu i w szerszym zakresie długości fal

Transmitancja (UVT) to ilość promieni UV w % jaka jest w stanie przejść przez badaną próbkę wody, jest zarówno miarą jakości wody, jak i czynnikiem wpływającym na wielkość dostarczonej dawki UV. Stanowi ważne kryterium dla poprawnego doboru reaktorów UV i mierzona jest przy pomocy spektrofotometru, ustawionego na długość fali 254 nm. Wartości transmitancji: > 90% UVT – woda dobrej jakości; 85 – 90% UVT – woda słabej jakości; < 85% UVT – woda bardzo słabej jakości; < 70% UVT – ścieki oczyszczone (rys. 8).



Rys. 8. Zależność: transmitancja – jakość wody i moc reaktora

Reaktory UV. Do dezynfekcji wody pitnej na stacjach uzdatniania wody stosuje się dwa typy reaktorów UV. Podział wynika z rodzaju zastosowanych w nich promienników, które mają istotny wpływ na wielkość i kształt reaktora. Reaktory UV montowane na rurociągu tłoczącym wodę do miasta jako dezynfekcja końcowa. Reaktory instaluje się na by-pasie aby mieć możliwość wykonania okresowego przeglądu i konserwacji systemu. Należy jednak pamiętać, że reaktory UV mają działanie miejscowe, a więc w celu utrzymania jakości wody w sieci należy stosować dodatkowo dezynfekcję chemiczną.

Reaktory niskociśnieniowe wykorzystują promienniki niskociśnieniowe. W większości są to promienniki amalgamatowe wysoko wydajne o mocy do 500 W. Promienniki niskociśnieniowe są dłuższe od promienników średniociśnieniowych i ułożone są równoległe do kierunku przepływu, co powoduje, że reaktory te są zdecydowanie dłuższe od reaktorów średniociśnieniowych. Komora dezynfekcji ma kształt litery L, U lub Z. Kształt ten zależy od ułożenia króćców doprowadzających i odprowadzających wodę do urządzenia. Każdy reaktor musi być wyposażony w czujniki/czujniki pomiaru natężenia UV do kontrolowania, czy odpowiednia dawka UV jest dostarczana do dezynfekowanej wody. Dodatkowo urządzenie monitoruje czasu pracy promienników oraz temperaturę i poziom wody w reaktorze. System UV ma możliwość automatycznego regulowania mocy promienników w zakresie od 40 – 100%, na podstawie pomiaru online przepływu wody, natężenia UV oraz transmitancji wody.

Reaktory UV wyposażone są w automatyczny lub mechaniczny system czyszczący, zapobiegający osadzaniu się na promiennikach osadu zmniejszającego emisję promieni UV w wodzie. Czyszczenie odbywa się w trybie automatycznym podczas normalnej pracy reaktora, użytkownik nastawia częstotliwość pracy wycieraczek w zależności od panujących warunków (UVT dezynfekowanej wody). Zakres wydajności jednostki nisko-ciśnieniowych to 20-1400 m³/h.

Przepływowe **reaktory średnio-ciśnieniowe** wyposażone są w promienniki średniociśnieniowe multifalowe o mocy jednego promiennika nawet do 30 kW. Dzięki temu, że w reaktorach średniociśnieniowych promienniki zainstalowane są prostopadle do kierunku przepływu wody, możliwa jest dezynfekcja dużych objętości wody przy zachowaniu małych rozmiarów reaktora. Zakres wydajności urządzeń średniociśnieniowych to 100 – 3000 m³/h .

Sterowanie mocą urządzenia odbywa się w zakresie 30-100%.

Systemy te wyposażone są w automatyczny mechaniczny lub mechaniczno-chemiczny system czyszczący osłony kwarcowe promienników. W systemie mechaniczno – chemicznym wycieraczki wewnątrz są wypełnione specjalnym żelazem czyszczącym, który znacznie polepsza efekt czyszczenia osłon kwarcowych, co z uwagi na wysoką temperaturę powierzchni promienników średniociśnieniowych jest bardzo istotne. Reaktor posiada również monitoring czasu pracy lamp oraz czujnik temperatury i poziomu wody w reaktorze. Dodatkowo reaktor może być wyposażony w ciągły pomiar przepływu i transmitancji wody, który umożliwia lepszy monitoring dawki UV dostarczanej do wody.

Zalety dezynfekcji wody UV są następujące: skuteczność potwierdzona przez niezależne jednostki certyfikujące (USEPA, DVGW), szybkie działanie, brak ubocznych produktów dezynfekcji, bezpieczeństwo, niewielkie wymiary, dezynfekcja nie zmienia smaku i zapachu wody i jest skuteczna podczas dezynfekcji organizmów opornych na działanie chloru tj. *Clostridia*, *Cryptosporidium*, *Giardia*. Urządzenia UV do niedawna kojarzone były z małymi i średnimi wodociągami. Postęp w dziedzinie lamp UV spowodował, że są one również stosowane na szeroką skalę także na dużych wodociągach. Przykładem może być Nowy Jork, gdzie zainstalowano instalacje UV o wydajności 353 000 m³/h, czy Seattle, gdzie pracuje instalacja z lampami średniociśnieniowymi o łącznej wydajności 25 000 m³/h. W Europie największa pracująca instalacja UV z lampami ciśnieniowymi znajduje się w Rotterdamie, a jej wydajność wynosi 18 600 m³/h. Rozwój technologii UV związany jest przede wszystkim z opracowywaniem coraz efektywniejszych promienników, co pozwala na konstrukcję bardziej zwartych i energooszczędnych systemów.

W USA, od roku 2002 prawo federalne wymaga aby miejscowości powyżej 3 300 mieszkańców, obsługiwane przez system wodociągowy, opracowały plany bezpieczeństwa przed atakami terrorystycznymi, w tym atakami bakteriologicznymi. W podrozdziale wykorzystano opublikowane prace [5-7].

3.3. Wybrane technologie dla oczyszczania ścieków

Ścieki oczyszczane są za pomocą różnych metod fizycznych, chemicznych i biologicznych, a w zasadzie często za pomocą kombinacji tych metod. Głównymi celami

biologicznego oczyszczania ścieków są: przekształcanie i usuwanie zanieczyszczeń biodegradowalnych, usuwanie zawiesin z układu oczyszczania, przekształcanie i usuwanie związków specyficznych, a szczególnie substancji biogennych.

Substancje biogenne są to substancje powodujące zwiększenie produkcji biologicznej wód, a w szczególności rozwój glonów. Produkcja biologiczna w wodach związana jest głównie z substancjami zawierającymi węgiel nieorganiczny, azot, fosfor i inne pierwiastki, które wywołują proces eutrofizacji wód. W celu przeciwdziałania procesowi eutrofizacji wód główny nacisk położony jest obecnie na ograniczenie dopływu do wód substancji fosforowych i azotowych, pochodzących zarówno ze źródeł punktowych, w postaci zrzutów ścieków komunalnych i przemysłowych, jak również ze źródeł obszarowych.

Poniżej przedstawiono wybrane technologie usuwania fosforu i azotu ze ścieków komunalnych w reaktorach z osadem czynnym., w tym oparte o porcjowe reaktory sekwencyjne, technologię tlenowego granulowanego osadu czynnego, nowoczesne technologie filtracji ścieków oparte o tkaniny filtracyjne do usuwania różnych mikrozanieczyszczeń, jak też technologię dezynfekcji ścieków promieniami ultrafioletowymi (UV).

3.3.1. Technologie usuwania fosforu i azotu ze ścieków

Technologie podwyższonego usuwania fosforu, w stopniu wyższym niż w układach konwencjonalnego osadu czynnego, obejmują metody fizykochemiczne, biologiczne i chemiczno-biologiczne. Metody chemiczne umożliwiają strącanie fosforanów rozpuszczonych w ściekach za pomocą soli metali, głównie takich reagentów jak sole glinu, żelaza i wapnia. Reagenty można dozować w różnych miejscach biologicznej oczyszczalni ścieków opartej na metodzie osadu czynnego. Może to następować przed osadnikami wstępnymi (strącanie bezpośrednie), na końcu komory osadu czynnego (strącanie symultaniczne), po biologicznym oczyszczaniu ścieków i sedymentacji (strącanie końcowe).

Rozwiązania takie tworzą zintegrowane systemy chemiczno-biologiczne. Osiągane dzięki nim efekty usuwania fosforu są wysokie, sięgające około 95%, ale w przypadku stosowania soli glinu i żelaza, dawki tych reagentów powinny być wyższe, niż ilości wynikające ze stochiometrii procesu chemicznego.

Biologiczne usuwanie fosforu ze ścieków w reaktorach z osadem czynnym związane jest ze stworzeniem warunków do kumulacji fosforu w osadzie. Biologiczna defosfatacja często jednak nie gwarantuje spełnienia wymaganych norm w zakresie usuwania fosforu.

Istnieje wiele zintegrowanych biologicznych systemów usuwania związków organicznych i związków biogennych, opartych o reaktory osadu czynnego.

W systemach tych wykorzystuje się szereg procesów, w szczególności: utlenianie, przemiany związków azotowych i pobór fosforu. Zachodzące przemiany związków azotowych, podczas biologicznego oczyszczania ścieków, są złożone. W procesie amonifikacji, azot organiczny przekształcany jest do azotu amonowego za pomocą bakterii heterotroficznych. Stosunkowo niedawno wyizolowano bakterie *Anammox* zdolne do beztlenowego utleniania amoniaku.

W procesie nityfikacji, azot amonowy jest utleniany do azotynów i azotanów przy udziale mikroorganizmów chemolitoautotroficznych, takich jak bakterie *Nitrosomonas* i *Nitrobakter*. Azot amonowy mogą również utleniać heterotrofy. W procesie denityfikacji azotany redukowane są do wolnego azotu przy udziale bakterii fakultatywnych, a szybkość procesu denityfikacji zależy również od rodzaju źródła węgla organicznego. W przypadku braku tlenu, bakterie nityfikacyjne są zdolne do denityfikacji anareobowej.

W zintegrowanych systemach biologicznych, realizowanych w reaktorach osadu czynnego, wyróżnić można między innymi:

- systemy do usuwania związków węgla i fosforu (przykładowo technologie: Phoredox, Phostrip, A/O),
- systemy do usuwania związków węgla i azotu (przykładowo technologie: Bio-denitro, Carrousel, Orbal),
- systemy do usuwania związków węgla, azotu i fosforu (przykładowo technologie: Banderpho, A²O, UCT, UCTM), stanowiące najbardziej skomplikowane systemy.

Metoda osadu czynnego oczyszczania ścieków pomimo, że jej odkrycie nastąpiło ponad sto lat temu, nadal rozwija się dynamicznie i zadziwia możliwościami nowych zastosowań.

3.3.2. Technologie osadu czynnego oparte o porcjowe reaktory sekwencyjne

W zintegrowanych systemach biologicznych osadu czynnego, występują technologie oparte o porcjowe reaktory sekwencyjne (ang. Sequencing Batch Reaktor -SBR), które stosowane są do usuwania związków węgla, azotu i fosforu.

Sekwencyjne reaktory wykorzystywane są jako komory osadu czynnego i osadniki. W jednym reaktorze następują zazwyczaj kolejno po sobie następujące fazy: postój, napełnianie, mieszanie/ utlenianie, sedymentacja, opróżnianie. Dopływ do reaktora sekwencyjnego następuje w sposób ciągły. Typowe parametry pracy reaktora SBR, z klasycznym osadem czynnym są następujące: wiek osadu 5-18 d, stężenie osadu 1,5-5,0 kg/m³, obciążenie osadu 0,05-0,3 kg BZT₅/kg s. m. d, hydrauliczny czas retencji 0,17-0,5 d. Zastosowany klasyczny osad czynny

w sekwencyjnych reaktorach stanowi kłaczkowatą zawieszinę złożoną z różnych rodzajów organizmów.

W reaktorach sekwencyjnych, stosowanych w układzie technologicznym do usuwania związków węglowych i fosforu, następuje sekwencja różnych warunków, takich jak: postój, napełnianie i mieszanie, proces tlenowy, sedymentacja, spust ścieków. W wyniku tego następują dwie fazy defosfatacji, a stosowanie krótkiego wieku osadu umożliwia powstawanie azotanów w strefach tlenowych, co zapewnia biologiczną defosfatację.

W reaktorach sekwencyjnych, stosowanych w układzie technologicznym do usuwania związków węglowych i azotu, następuje sekwencja następujących operacji: postój, napełnianie i mieszanie, proces tlenowy, proces anoksydacyjny, proces aeracji, sedymentacja, spust ścieków. Dlatego następuje: denitryfikacja podczas mieszania, rozkład związków organicznych i nitryfikacja w procesie tlenowym, denitryfikacja w procesie anoksydacyjnym, rozkład związków organicznych i nitryfikacja w czasie napowietrzania.

W reaktorach sekwencyjnych, stosowanych w układzie technologicznym do usuwania związków organicznych, azotu i fosforu, następuje taka sama sekwencja operacji technologicznych, a do usuwania związków węglowych i azotu wprowadzono dodatkowo proces defosfatacji oraz zwiększono ilość ścieków w etapie napełniania i mieszania. Wspiera to denitryfikację zawartych w osadzie azotanów i azotanów, a także pomaga rozpocząć pierwszą fazę defosfatacji. Dlatego kolejno zachodzą denitryfikacja i pierwsza faza defosfatacji podczas mieszania, rozkład związków organicznych i druga faza defosfatacji oraz nitryfikacja w procesie tlenowym, denitryfikacja w procesie anoksydacyjnym, nitryfikacja w procesie aeracji.

Sekwencyjne reaktory porcjowe zostały szczegółowo przedstawione w monografii prof. dr inż. Adama Masłonia i prof. dr hab. inż. Janusza A. Tomaszka [8] wskazując, że oczyszczanie ścieków metodą osadu czynnego stosowane jest od ponad stu lat i nadal zadziwia możliwościami dalszego rozwoju. Przy czym, podstawową kwestią w ramach oczyszczania ścieków tą metodą winien być efektywny proces oddzielania osadu od oczyszczonej cieczy, co jest często utrudnione z uwagi na kłaczkowaty charakter osadu.

Nowoczesnym rozwiązaniem opartym również o reaktory sekwencyjne jest **technologia tlenowego granulowanego osadu**. Nazwa tej holenderskiej technologii – Nereda pochodzi od greckich słów „Nereides”. W mitologii greckiej Nereidy były nimfami morskimi, córkami *Nereusza* – greckiego boga morza, które uosabiały siły żywotne przyrody i jej piękna, ale były śmiertelne i ginęły ze swoim środowiskiem.

Nereida, symbolizująca uroki wody, w mitologii była związana z określeniem „czysta”, więc prawdopodobnie do tej cechy odwołuje się nazwa technologii, wskazująca na dobrą jakość oczyszczonych ścieków.

Technologia Nereda charakteryzuje się następującymi cechami: jest to rozwiązanie stosunkowo proste, kompaktowe, o niskich nakładach inwestycyjnych i kosztach eksploatacyjnych, umożliwiające zmniejszenie pęcznienia osadu czynnego [9].

W technologii tej zamiast kłaczków osadu czynnego zostały zastosowane tlenowe granule, posiadające między innymi bardzo dobre właściwości sedymentacyjne właściwości, a granule selekcjonowane są z konwencjonalnego osadu czynnego. Dodatkowo wszystkie procesy zachodzą wewnątrz granul, symultanicznie w jednym reaktorze. W strefie tlenowej granul zachodzą procesy utleniania związków organicznych i amoniaku do azotanów, natomiast w strefie beztlenowej granul następuje redukcja azotanów do azotu gazowego i usuwanie fosforanów. Zapewniająca równoczesne usuwanie związków węglowych, azotu i fosforu ze ścieków.

W reaktorach według technologii granulowanego osadu w reaktorach SBR zachodzi następująca sekwencja operacji: napełnianie, napowietrzanie, sedymentacja, spust ścieków. W wyniku takiej technologii uzyskujemy mniejszą wymaganą powierzchnię, mniejsze zużycie energii oraz wynikające z tego niższe nakłady inwestycyjne i koszty eksploatacyjne.

Technologia może mieć zastosowanie do oczyszczania ścieków komunalnych i przemysłowych i można ją stosować zarówno przy budowie nowych, jak i modyfikowanych oczyszczalni ścieków.

Technologia znalazła również zastosowania do oczyszczania ścieków z przemysłu spożywczego – szczególnie z produkcji serów i olejów jadalnych oraz z browarów. Nosi ona znamiona rozwiązania zrównoważonego, łączy bowiem efektywność ekonomiczną oczyszczania z korzyściami środowiskowymi. Ekonomiczność związana jest z mniejszymi nakładami inwestycyjnymi oraz niskimi kosztami eksploatacyjnymi.

Prostota i łatwość eksploatacyjna wynikają z zautomatyzowanego działania oraz istnienia zintegrowanego układu sterującego i unikalnego kontrolera procesu, jak również z możliwości automatycznego lub zdalnego sterowania.

Pierwsza w Polsce oczyszczalnia ścieków, pracująca w technologii Nereda, powstała w Rykach na oczyszczalni „Fregata” [10]. Oczyszczalnia ta stanowi przykład zastosowania tej innowacyjnej technologii w ramach Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków komunalnych i może być obiektem referencyjnym dla dalszych zastosowań tej technologii, osiągającej na odpływie ścieków: BZT_5 poniżej 10 mg/dm^3 , N_{og} poniżej 6 mg/dm^3 , P_{og} poniżej $0,6 \text{ mg/dm}^3$.

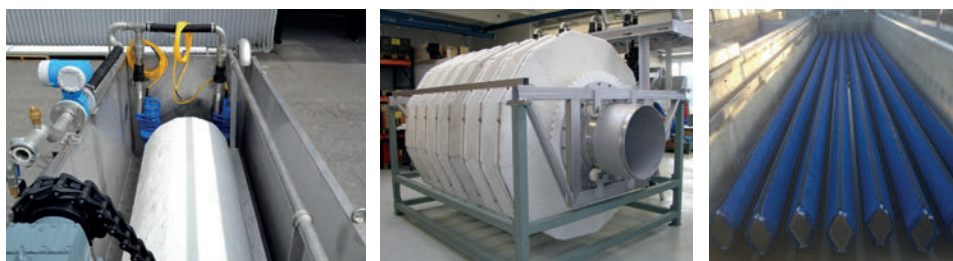
Monografię dotyczącą mechanizmów formowania, właściwości i wymagań technologicznych opracowały prof. dr hab. inż. Jolanta Podedworna i dr Paula Piechna [11].

3.3.3. Technologie filtracji ścieków za pomocą filtrów tkaninowych

Filtracja, w uzdatnianiu wody, jest to proces stosowany powszechnie od bardzo dawna. W oczyszczaniu ścieków, wprowadzane coraz ostrzejsze standardy jakościowe dla oczyszczanych biologicznie ścieków powodują konieczność poszukiwania nowych rozwiązań, zwiększających efektywność oczyszczalni. Łączy się to również z odnową wody ze ścieków i wtórnym wykorzystaniem oczyszczonych ścieków. Do takich rozwiązań filtry należą między innymi różnymi tkaninami filtracyjnymi.

Istnieje szereg rozwiązań konstrukcyjnych filtrów tkaninowych do ścieków (rys. 9), takich jak:

- filtry bębnowe – dla małych ilości ścieków i obciążeń, montaż w stalowych bądź betonowych zbiornikach.
- filtry dyskowe – dla wysokich przepływów ścieków, montaż w stalowych bądź betonowych zbiornikach.
- filtry rombowe – dla bardzo dużych przepływów ścieków, montaż w betonowych komorach.



Rys. 9. Rodzaje filtrów tkaninowych, od lewej: filtr bębnowy, filtr dyskowy, filtr rombowy

Stosowane są tkaniny filtracyjne z różnych materiałów, w tym tkanina standardowa mająca włókna o średnicy około 25 mikronów, co powoduje, że obliczony stosunek wysokości filtracyjnej do średnicy włókien (H/d) wynosi 200. Filtry z tkanina filtracyjną z mikrowłókien, gdzie $H = 7$ mm (po nawilżeniu) i średnica $d = 7$ mikronów, posiadają stosunek $H/d = 715$. Dlatego, filtry z tkaniną są bardzo skuteczne w usuwaniu zawiesiny, bowiem im wyższe H/d , tym lepsza efektywność filtracji. Filtry tkaninowe, z różnymi materiałami filtracyjnymi, pojawiły do praktycznego oczyszczania ścieków na początku lat 90-tych XX wieku, będąc pewną opcją dla rozwiązań z materiałami filtracyjnymi sypkimi, membranami i sitami [12]. Filtry tkaninowe produkowane były przez różnych producentów, o różnej geometrii urządzeń, przy czym najbardziej powszechnym rozwiązaniem okazały się filtry dyskowe.

Filtry, z tkaniną podobną do futra (tzw. OptiFiber), występującą w trzech rodzajach, produkowane są w fabryce firmy Mecana w Szwajcarii, która jako pierwsza opatentowała proces filtracji tkaninowej [13]. Sukces handlowy szwajcarskiej firmy sprawił, że kupiła ją amerykańska firma Aqua-Aerobic Systems Inc., a ostatnio została zakupiona przez grupę japońską – Metawater Company. Obecnie istnieje wielu światowych oraz europejskich dystrybutorów tych urządzeń. Filtry z tkaniną filtracyjną z mikrowłókien, stosowane są głównie do usuwania ze ścieków: zawiesiny ogólnej, ale również fosforu i mikrozanieczyszczeń. Tkanina montowana jest na elementach z tworzywa sztucznego, mocowanych obok siebie i tworzących pionowe dyski, lub też na stalowym bębnie. Pionowa powierzchnia filtracji wymaga małej przestrzeni i jest stosunkowo łatwa w czyszczeniu. Tkanina o charakterze włosowym doskonale zatrzymuje zawiesiny, a proces filtracji jest ciągłym i nie zatrzymuje się podczas płukania zwrotnego.

Proces filtracji tkaninowej nazwany został procesem PCMF (ang. Pile Cloth Media Filtration). Zastosowana tkanina filtracyjna z mikrowłókien składa się z tysięcy bardzo cienkich włókien z nylonu czy polistyrenu o długości ok. 15 mm. Każde włókno filtracyjne działa jak długie ziarenko piasku, ale po nawilżeniu, włókna nawarstwiają się na siebie tworząc barierę dla cząsteczek dochodzących do tkaniny, tak jak głębokie piaskowe złożo filtracyjne. Im większa warstwa włókien, tym większe szanse na wychwycenie cząsteczek i ich usunięcie.

Produkowane urządzenia filtracyjne obejmują: filtry bębnowe (o przepływie jednego filtra do 60 m³/h), filtry dyskowe (o przepływie jednego filtra do 2400 m³/h), jak też filtry rombowe z mostem ruchomym dla większych przepływów ścieków i stosowane przede wszystkim do renowacji istniejących filtrów piankowych stosowanych jako III stopień oczyszczania ścieków. Główne wykorzystanie tych urządzeń filtracyjnych jest jako trzeci stopień oczyszczania ścieków przed zrzutem do odbiornika wodnego, w tym wykorzystania odpływu jako wody technologicznej. Istnieją dwie wersje tych urządzeń: betonowa i stalowa ze stali nierdzewnej. Do badań pilotowych stosowane są filtry o powierzchni filtracyjnej do 10 m², istnieją też filtry do badań laboratoryjnych o powierzchni filtracyjnej 0,04 m².

Główne zalety filtrów tkaninowych to:

- wysoka efektywność oczyszczania ścieków,
- możliwość pracy nawet przy dużych obciążeniach,
- praca ciągła i małe straty ciśnienia,
- małe zapotrzebowanie na energię,
- łatwy montaż i eksploatacja,
- mała powierzchnia do zabudowy.

Filtry tkaninowe zastosowane zostały do oczyszczania ścieków w różnych przypadkach, szczególnie takich jak:

- filtracja ścieków biologicznie oczyszczonych dla redukcji zawiesiny często przed dezynfekcją ścieków za pomocą promieni UV,
- redukcja fosforu ze ścieków biologicznie oczyszczonych, często w połączeniu z koagulacją i flokulacją,
- do usuwania mikrozanieczyszczeń, często w połączeniu z zastosowaniem węgla aktywnego,
- do usuwania cząsteczek z tworzyw sztucznych,
- do oczyszczania wód deszczowych.

Redukcja zawiesiny ogólnej w odpływie z osadników wtórnych, przed zrzutem do odbiornika wodnego, stanowi istotne zastosowanie filtrów tkaninowych, które umożliwia bardziej efektywną późniejszą dezynfekcję ścieków promieniami UV, tym samym skuteczniejszą ochronę wód oraz możliwości zastosowania oczyszczonego odpływu do różnych celów.

Zastosowanie filtrów tkaninowych, po biologicznym oczyszczaniu, stawia wysoki cel uzyskania stężenia fosforu ogólnego w wysokości poniżej $0,1 \text{ mg P/dm}^3$. Taka wysoka redukcja fosforu ogólnego, ze ścieków biologicznie oczyszczonych, jest możliwa do uzyskania po zastosowaniu procesu filtracji (PCMF), często wspomaganego procesem ultrafiltracji (UF) lub innymi procesami. W procesem filtracji (PCMF), poprzedzonym komorą z dodatkiem polimeru i koagulantów oraz komorą flokulacyjną, uzyskuje się w odpływie stężenie tzw. niereakcyjnego fosforu rozpuszczonego nawet w wysokościach $0,02\text{-}0,08 \text{ mg P/dm}^3$. Filtry tkaninowe mogą również służyć do redukcji różnych mikrozanieczyszczeń w zastosowaniu z węglem aktywnym w postaci przykładowo procesu z pylistym węglem aktywnym – PAC (ang. Powdered Activated Carbon), czy też umieszczone przed oczyszczaniem membranowym.

Mikroplastyki stanowią zagrożenie dla środowiska, szczególnie dla środowiska wodnego, zarówno dla środowiska wody słodkiej, jak i słonej. Trwają poszukiwania efektywnych metod do usuwania małych cząstek z tworzyw sztucznych, czego przykładem mogą być badania nad zastosowaniem do tego celu wielowarstwowego biofiltru. Istnieją możliwości zastosowania filtrów tkaninowych do usuwania cząstek z tworzyw sztucznych ze ścieków.

Badania usuwania cząstek z tworzyw sztucznych ze ścieków poprzez filtrację tkaninową wykazały, że zastosowana technologia obniża stężenie cząstek z tworzyw sztucznych w ściekach. W tym przypadku, uzyskana efektywność obniżenia liczby cząstek z tworzyw sztucznych wyniosła, około 90%, a zmniejszenie masy usuniętych cząstek – około 76% .

Możliwe jest również zastosowanie filtrów tkaninowych do oczyszczania wód deszczowych. Proces filtracji, zastosowany po osadnikach wtórnych, spełnia wówczas dwie funkcje: oczyszczania ścieków trzeciego stopnia i oczyszczania wód

opadowych. W rozwiązaniu wprowadzono również dwie dodatkowe opcje: bypass wód opadowych po osadniku wstępnym do filtra tkaninowego, jak też bezpośrednio doprowadzenie wód deszczowych do procesu filtracji tkaninowej. Na odpływie ścieków uzyskiwano: średnie stężenie zawiesiny ogólnej w wysokości 2-5 mg/dm³ (przy średniej redukcji zawiesiny ogólnej wynoszącej 95%) i stężenie biologicznego zapotrzebowania tlenu (BZT₅) w wysokości od 3-18 mg/dm³ (przy średniej redukcji BZT₅ w wysokości 80,5%). Ładunek zanieczyszczeń w rzutach burzowych, wyrażony w kilogramach zawiesiny, został zredukowany w 73%, co pozwoliło również na efektywniejsze zastosowanie dezynfekcji oczyszczonych ścieków za pomocą UV.

Wzrost zastosowania filtrów do oczyszczania ścieków w zasadzie nastąpił dopiero w XXI wieku, umożliwiony wprowadzeniem nowych materiałów filtracyjnych i rozwiązań technicznych. Opracowanie filtrów dyskowych z tkaniną filtracyjną z mikrowłókien znacznie przyspieszyło proces ich instalowania na oczyszczalniach ścieków, do różnych zastosowań praktycznych. Filtry tkaninowe, w różnych konfiguracjach, zostały zainstalowane na ponad 3000 oczyszczalniach ścieków, których największa instalacja ma przepływ około 800 tys. m³/d.

W układach technologicznych oczyszczalni ścieków, stosowanie procesu filtracji następuje w różnych miejscach od zastąpienia osadników wstępnych filtrami tkaninowymi do zastosowania filtrów tkaninowych do oczyszczania przelewów wód burzowych. W szeregu przypadkach, lepsza redukcja zawiesiny ogólnej i BZT₅ ze ścieków za pomocą filtrów, niż osadników wstępnych, powoduje nie tylko większą ilość osadów dla komór fermentacyjnych i większą ilość produkowanego biogazu, ale też mniejszą ilość energii niezbędnej do napowietrzania ścieków w metodzie osadu czynnego.

W technologii wody istnieją możliwości zastosowania filtrów tkaninowych do odzysku wody z płukania filtrów. Przedstawione informacje zostały opracowane w oparciu o rozszerzoną pozycję [1],

Zastosowanie filtrów tkaninowych, zamiast osadników wstępnych, może przynieść oszczędności energii, podczas dalszego procesowania ścieków i osadów.

3.3.4. Dezynfekcja ścieków za pomocą promieni ultrafioletowych (UV)

Rola dezynfekcji biologicznie oczyszczonych ścieków na całym świecie z roku na rok staje się coraz ważniejsza, co przejawia się stale wzrastającą liczbą oczyszczalni ścieków z zainstalowanymi promieniami UV. Powyższe stanowi ważną linię ochronny zasobów wody przed zanieczyszczeniami mikrobiologicznymi, co ma szczególne znaczenie w przypadku wód powierzchniowych i podziemnych ujmowanych do zaopatrzenia ludności w wodę. Dezynfekcja oczyszczonych ścieków

jest szczególnie istotna w zlewniach zbiorników wykorzystywanych do celów zaopatrzenia w wodę i rekreacji. W przypadku wykorzystywania wód do rekreacji możliwa jest dezynfekcja tylko w okresie umożliwiającym korzystanie z wód do celów rekreacyjnych. Dezynfekcja końcowa ścieków stanowi wówczas barierę, która eliminuje aktywne mikroorganizmy chorobotwórcze. Równocześnie na wielu oczyszczalniach prowadzi się dezynfekcje ścieków oczyszczonych, które zwracane są i wykorzystywane na cele technologiczne. Systemy do dezynfekcji ścieków można podzielić na systemy ciśnieniowe oraz na kanałowe systemy niskociśnieniowe i średniociśnieniowe.

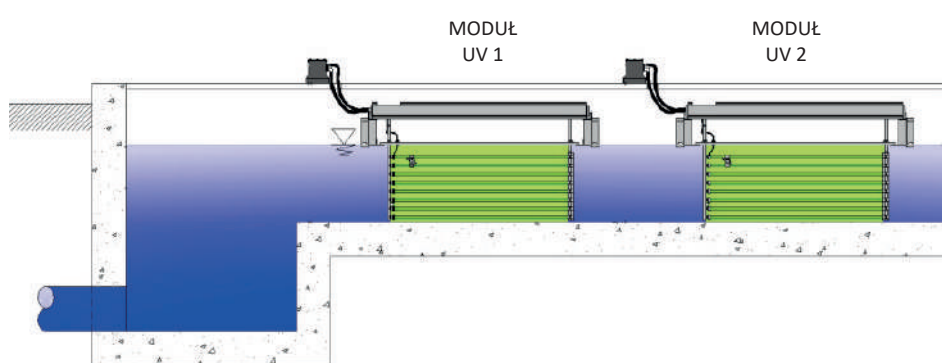
Reaktory ciśnieniowych do ścieków stosowane są głównie do dezynfekcji ścieków oczyszczonych zwracanych do wtórnego wykorzystania. Przed reaktorami ciśnieniowymi stosowanymi do ścieków należy stosować proces filtracji np. za pomocą filtrów tkaninowych, tak aby zawiesina ogólna w ściekach doprowadzonych do lampy wynosiła max 10 mg/dm³. Należy dążyć do uzyskania jak najlepszej jakości ścieków, co gwarantuje możliwość zastosowanie mniejszych urządzeń i ułatwia ich późniejszą eksploatację. Reaktory ciśnieniowe stosowane są również do dezynfekcji ścieków szpitalnych z oddziałów zakaźnych, ścieków z laboratoriów prowadzących badania z materiałem zakaźnym pochodzącym od zwierząt, ścieków z zakładów leczniczych dla zwierząt itp. Reaktory ciśnieniowe do ścieków podobne są w konstrukcji do opisanych wcześniej reaktorów niskociśnieniowych do wody pitnej, które omówione zostały w poprzednim podrozdziale i różnią się od urządzeń do dezynfekcji wody przede wszystkim większą ilością promienników.

Kanałowe systemy nisko ciśnieniowe są najczęściej spotykane w przy dezynfekcji ścieków odprowadzanych do odbiornika. Ze względu na sposób ułożenia promienników niskociśnieniowe systemy kanałowe dzielimy na poziome i pionowe.

W **systemach poziomych niskociśnieniowych** promienniki w osłonach kwarcowych, są montowane równolegle do kierunku przepływu, na ramie ze stali nierdzewnej, tworząc jeden moduł UV. W małych modułach może się znajdować od 2 do 8 promienników. W module znajduje się: sensor natężenia UV, który stale monitoruje dostarczaną dawkę UV oraz mechaniczny lub mechaniczno-chemiczny system czyszczenia osłon kwarcowych.

Moduły ustawiane są obok siebie w kanale tworząc rzędy, które wypełniają całą szerokość kanału rys. 10. Niektóre systemy posiadają wodoodporne balasty zasilające zamontowane w górnej części ramy, w innych przypadkach balasty umieszczone są w szafie sterowniczej i wymagają specjalnego pomieszczenia. Podnoszenie niewielkich modułów w celach serwisowych odbywa się ręcznie, większe i cięższe moduły wyjmowane są za pomocą urządzenia podnoszącego. Poziome systemy wymagają, do wymiany promienników, wyciągnięcia całego

modułu ponieważ promienniki w całości zanurzone są w przepływających ściekach. W czasie pracy urządzenia UV, od góry kanał przykryty jest przez profilowane płyty zabezpieczającą.



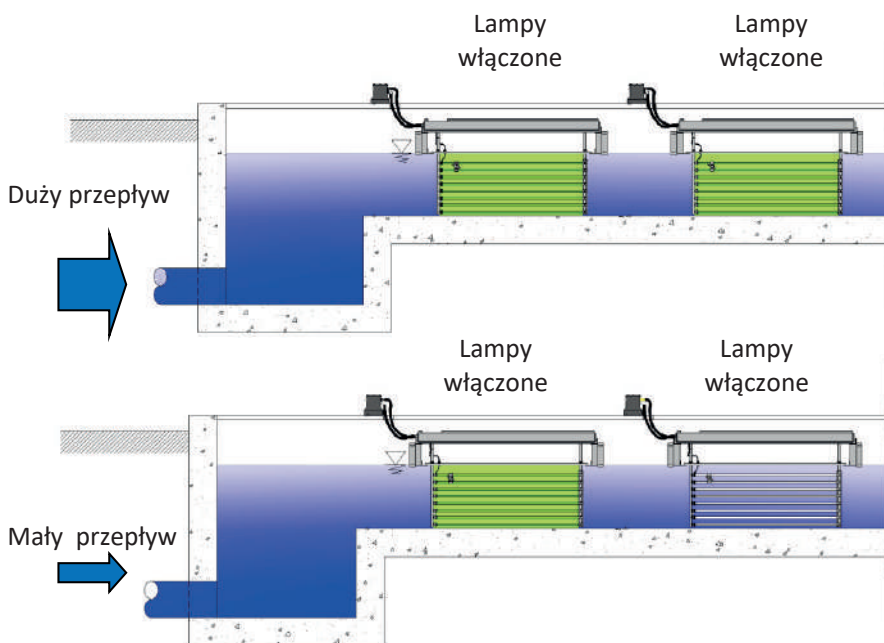
Rys. 10. System poziomy z modułami ustawionymi w rzędzie

W **systemach niskociśnieniowych pionowych** promienniki montowane są prostopadłe lub ukośnie do kierunku przepływu, dlatego połączenia elektryczne znajdują się ponad lustrem ścieków. Lampy UV umieszczone są na ramie, tworzącej moduł, zawierający do 40 promienników, rozmieszczonych równolegle w rzędach. Dla zapewnienia odpowiedniego czasu reakcji, rzędy lamp przesunięte są względem siebie w fazie, o połowę długości zajmowanej przez lampę UV. Moduły umieszczane są w kanale szeregowo jeden za drugim, bądź równolegle, w zależności od wymaganej dawki UV oraz warunków hydraulicznych.

Szafa sterownicza jest nieodzowną częścią wszystkich systemów kanałowych. Pozwala ona operatorowi na stały monitoring i kontrolę wszystkich funkcji systemu UV. Składa się ona z mikroprocesora bądź sterownika PLC oraz dotykowego interfejsu operatora, z którego użytkownik ma pełny dostęp do informacji o stanie systemu. W czasie pracy systemu UV kontrolowane są następujące parametry: natężenie UV (za pomocą sensora UV), stan pracy (normalny / uszkodzony) każdego modułu i każdego promiennika UV, wysokość ścieków w kanale, czas pracy promienników, ilość włączeń i wyłączeń systemu UV, który nie powinien być większy niż cztery razy na dobę ze względu na żywotność promienników.

Mikroprocesory, albo sterowniki PLC, umożliwiają podłączenie do kontrolera innych urządzeń peryferyjnych w tym przepływomierza oraz urządzenia do pomiaru transmitancji. Powyższe pomiary są wykorzystywane do regulacji mocy promienników, przede wszystkim w dużych oczyszczalniach ścieków, gdzie nacisk kładzie się na zużycie energii przez promiennik. W systemach nisko ciśnieniowych sterowanie mocą promienników odbywa się w zakresie od 50 – 100% w średnio

ciśnieniowych od 30-100% w zależności od wielkości przepływu i jakości ścieków. Jeżeli przepływ ulega zmniejszeniu, bądź jakość wody ulega polepszeniu, wówczas zmniejszana zostaje ilość energii dostarczana do promienników, lub jeden z modułów ulega wyłączeniu (rys. 11).



Rys. 11. Sterowanie mocą promienników i modułów UV w zależności od przepływu

System czyszczący osłony kwarcowe jest najważniejszą częścią każdego z systemów kanałowych ponieważ ścieki, są dużo gorszym medium dezynfekcji niż woda pitna. W czasie pracy urządzenia, osady organiczne i nieorganiczne gromadzą się na osłonach kwarcowych, powodując ich zabrudzenie i absorbując promieniowanie UV. W bardzo małych oczyszczalniach ścieków ręczne czyszczenie jest wystarczające. Dla większych systemów z dużą liczbą promienników stosuje się automatyczne systemy czyszczące uruchamiające się w czasie pracy urządzenia i ograniczające częstotliwość czyszczenia ręcznego. Systemy wykonane są ze stali kwasoodpornej i teflonowych wycieraczek, co gwarantuje trwałość ich pracy w trudnych warunkach ściekowych. Wycieraczki uruchamiane mogą być ręcznie bądź automatycznie, a częstotliwość wycieraczek można ustawić w zależności od szybkości brudzenia się osłon kwarcowych z panelu sterowania. Okresowo wymagane jest również ręczne czyszczenie osłon kwarcowych, bądź też przy wykorzystaniu specjalnych zbiorników, ze słabym kwasem (np. kwasem cytrynowym), w których umieszczane są moduły UV.

Ważną częścią wszystkich systemów kanałowych jest kontrola **poziomu ścieków w kanale**. Ma ona za zadanie utrzymywać poziom ścieków na właściwym poziomie, co oznacza, że promienniki UV muszą być zanurzone ale nie może się tworzyć nad nimi zbyt wysoka warstwa ścieków obniżająca skuteczność dezynfekcji. Dla prawidłowego przebiegu dezynfekcji wahania poziomu ścieków nie powinny przekraczać ± 6 mm od ustalonego poziomu. Najczęściej stosowane do kontroli poziomu są: zasuwka klapowa, zastawka opuszczana z napędem elektrycznym, bądź w mniejszych systemach stosowany jest stały jaz. Kontroler znajduje się za rzędami modułów UV przy ujściu ścieków z kanału.

Zalety systemów nisko ciśnieniowych są następujące: niższe koszty eksploatacyjne ze względu na niższe zużycie energii i dłuższą żywotność promienników dochodzącą do 16 000 h w porównaniu do systemów średniociśnieniowych, wysoka wydajność promienników dochodząca do 45%, niższa cena za pojedynczy promiennik, niska temperatura pracy promienników niskociśnieniowych, brak konieczności wyjmowanie całych modułów w celu wymiany promienników (tylko systemy pionowe). **Wady**, które są wskazywane to: duża ilość promienników, większe powierzchnia potrzebne do zainstalowania systemu, konieczność wyjmowania całych modułów aby wymienić promienniki (tylko system poziomy).

Efektywność i zalety procesu dezynfekcji wody i ścieków promieniami UV.

Efektywność usuwania mikroorganizmów patogennych, szczególnie bakterii i wirusów, uwarunkowana jest również sposobem uzdatniania wody i oczyszczania ścieków poprzedzających dezynfekcję. Dlatego skuteczność promieniami UV zależy od efektywności procesów fizykochemicznych i/lub procesów biologicznych poprzedzających dezynfekcję promieniami UV.

Na efektywność usuwania bakterii i wirusów, za pomocą promieni UV, wpływa szczególnie jakość uzdatnianej wody i oczyszczonych ścieków. Na efektywność usuwania organizmów patogennych ujemnie wpływa zawartość zawiesin i niska transmitancja UV, zawartość żelaza i manganu oraz rozpuszczone związki organiczne i związki nieorganiczne, twardość wody. Wrażliwość mikroorganizmów na promienniki UV zależy od rodzaju mikroorganizmów przy czym zazwyczaj wirusy są bardziej odporne na działanie promieni UV niż bakterie.

W przypadku dezynfekcji wody promieniami UV na podkreślenie zasługuje wskazana uprzednio skuteczność dezynfekcji organizmów opornych na działanie chloru, szybkie działanie, brak ubocznych produktów dezynfekcji, bezpieczeństwo, brak wpływu na smak i zapach wody, kompaktowe wymiary, walidacja przez niezależne jednostki certyfikujące oraz największa ilość referencji na świecie. Rośnie rola i liczba systemów dezynfekcji UV biologicznie oczyszczonych ścieków, co

jest szczególnie istotne w zlewniach zbiorników wodnych wykorzystywanych do celów zaopatrzenia w wodę i do rekreacji.

W Polsce, zainstalowanie tego typu urządzeń zależy od wiedzy i dalekowzroczności kadry kierowniczej wodociągów. Brak jest bowiem stosownych przepisów w tym względzie, które winny być uzupełnione.

Podrozdział o dezynfekcji ścieków, podobnie jak podrozdział o dezynfekcji wody, promieniami UV został przedstawiony w oparciu o publikacje [5-7] i rozszerzony o informacje w pozycji [1].

3.4. Wybrane technologie dla przeróbki osadów ściekowych

Osady ściekowe wytwarzane są w sposób ciągły podczas oczyszczania ścieków. Dlatego zagospodarowanie komunalnych osadów ściekowych stanowi problem, występujący na obszarze całego kraju i wymaga ciągłych działań. Wzrost ilości komunalnych osadów ściekowych i jednocześnie zakaz możliwości ich składowania powoduje, że zagospodarowanie komunalnych osadów ściekowych stało się ważnym problemem. Rozwiązanie problemu zależy od wielu czynników, takich jak: prawodawstwo (w tym prawne uwarunkowania międzynarodowe), krajową politykę i strategię osadową, dostępność środków finansowych, poziom wiedzy naukowej i technicznej, innowacyjność rozwiązań technologicznych i technicznych.

W kraju obserwuje się już pewien postęp w zakresie przeróbki i zagospodarowania osadów ściekowych, głównie w dużych aglomeracjach, w których zastosowano między innymi termiczne przekształcanie osadów ściekowych. Wiąże się to jednak z koniecznością rozwiązania występującego problemu unieszkodliwiania powstających popiołów.

Rozwiązanie problemów osadów komunalnych utrudnia oparcie prawodawstwa krajowego prawie wyłącznie na prawodawstwie unijnym, które w przypadku osadów liczy ponad 30 lat. Umieszczenie pod względem prawnym, komunalnych osadów ściekowych wyłącznie w gospodarce odpadowej, również komplikuje rozwiązanie krajowego problemu osadów ściekowych w aspekcie kompetencyjnym, zaciera granice odpowiedzialności i może wywierać wpływ na finansowanie przedsięwzięć rozwiązujących problemy osadowe.

Pierwsze, z uwarunkowań międzynarodowych, stanowi stanowisko Komisji Helsińskiej w sprawie osadów ściekowych z 2017 roku, w którym zawarto ogólne zalecenia i zasady przeróbki osadów, zastosowanie osadów w rolnictwie i ogrodnictwie, leśnictwie, na terenach zielonych, w kształtowaniu krajobrazu i rekultywacji terenów, spalanie osadów, zastosowanie w budownictwie i inne. Drugie, związane jest z paradygmatem „Nutriety – Energia – Woda” dla oczyszczalni ścieków, a trzecie, stanowi koncepcję gospodarki cyrkulacyjnej, zaproponowaną

przez Komisję Europejską, wymagającą aby odpady traktowane były jako potencjalne surowce.

Równocześnie, w okresie 2016-2017, Komisja Środowiska Senatu RP podjęła trzy ważne stanowiska: pierwsze na temat innowacyjnego wykorzystania ścieków jako źródła energii i zasobów, drugie w sprawie uwzględnienia osadów ściekowych w gospodarce cyrkulacyjnej, trzecie w sprawie ochrony Morza Bałtyckiego przed zanieczyszczeniem pochodzącym z osadów ściekowych w kontekście rekomendacji Komisji Helsińskiej, podkreślając niezbędność opracowania Krajowego Programu Zagospodarowania Osadów Ściekowych (KPZOŚ).

Właściwe rozwiązywanie narastającego problemu osadów ściekowych wymaga opracowania nie tylko racjonalnej strategii na poziomie krajowym, a następnie na jej podstawie opracowanie i konsekwentną realizację KPZOŚ, w oparciu o opracowane plany regionalne lub dla zlewni rzek. Program ten stanowiłby uzupełnienie i kontynuację Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych. Wymagałoby to dokonania między innymi analizy możliwości utworzenia regionalnych centrów unieszkodliwiania komunalnych osadów ściekowych, które winny obejmować zasięgiem kilka oczyszczalni ścieków komunalnych. W pracach tych należało uwzględnić fakt, że osady ściekowe powinny być ponownie wykorzystane – gdy jest to możliwe, a drogi ich usuwania powinny ograniczyć do minimum skutki niekorzystnego wpływu na środowisko [14],[15].

Istotnym jest wybór rozwiązań posiadających sprawdzone w praktyce referencje. Należy wykluczyć celowość stosowania rozwiązań stosowanych w innych warunkach klimatycznych niż występujących w kraju. Na rynku istnieje szereg różnego rodzaju urządzeń i pojawiają się coraz nowsze, często nie sprawdzone w praktyce i w warunkach występujących w kraju. Wybrane do realizacji urządzenia powinny pochodzić od doświadczonego i sprawdzonego producenta. W szeregu przypadkach, konieczne jest przeprowadzenie badań pilotowych, które pozwolą na wprowadzenie innowacyjnych i wysokosprawnych rozwiązań. Do rozwiązań przeróbki osadów ściekowych można zaliczyć:

- zagęszczanie, odwadnianie i suszenie osadów ściekowych,
- stabilizację beztlenową osadów ściekowych,
- hydrolizę termiczną zastosowaną przed komorami fermentacyjnymi lub po komorach fermentacyjnych,
- ko-fermentację osadów ściekowych z odpadami.
- odzysk substancji biogennych, szczególnie fosforu, z odcieków z przeróbki osadów.

W monografii przedstawiono wybrane technologie dla osadów ściekowych: suszenia, fermentacji beztlenowej, hydrolizy termicznej, ko-fermentacji oraz odzysku substancji biogennych.

3.4.1. Technologia odwadniania termicznego w suszarniach

Istnieje szereg wysokosprawnych sposobów zagęszczania i odwadniania osadów ściekowych. Następuje wyraźny postęp w produkcji wysokosprawnych urządzeń do odwadniania osadów, między innymi w postaci nowych rozwiązań wirówek i pras. Wysoka skuteczność zastosowanego zagęszczania oraz odwadniania ma duże znaczenie dla energochłonności dalszych procesów przeróbki osadów, szczególnie procesu ich suszenia. W przypadku suszenia osadów ściekowych, przy braku komór fermentacyjnych, szczególnie istotnym jest wysoce efektywne odwadnianie przed procesem suszenia, co znaczenie zmniejsza rozmiary samej suszarni. Zastosowano również wykorzystanie ciepła z biogazu do ich suszenia. Na rynku istnieje szereg rozwiązań różnego rodzaju suszarni (bębnowe, fluidalne, taśmowe) i pojawiają się coraz to nowsze. W pracy przedstawiono technologię taśmową suszenia osadów ściekowych wg firmy szwajcarskiej Anditz.

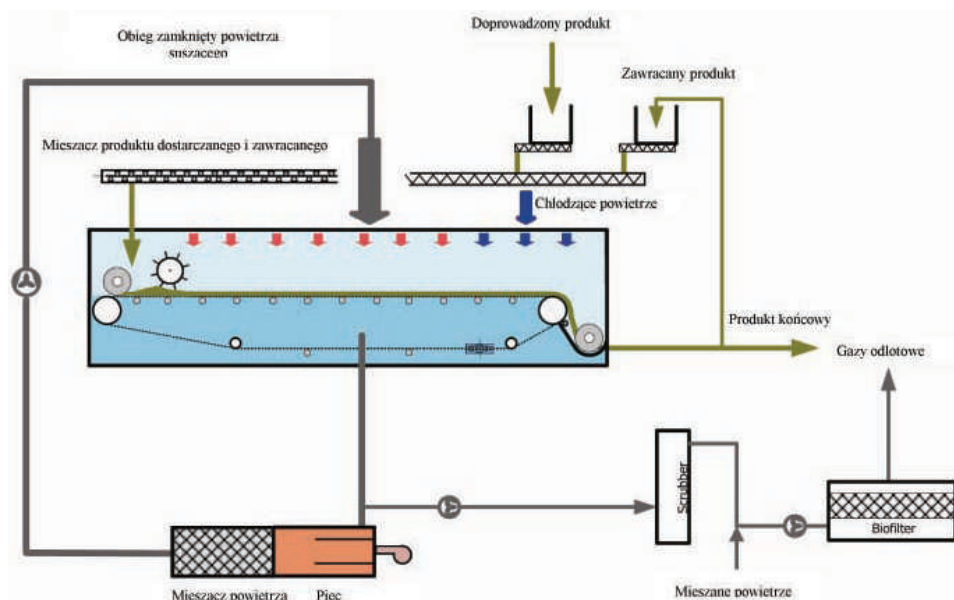
Suszarnia taśmowa typu DBS do suszenia osadów ściekowych

Osady przeznaczone do suszenia są przechowywane w zbiorniku i podawane w sposób ciągły do podajnika śrubowego, mieszającego przy udziale kontrolujących prędkość dozowników. Część wysuszonego granulatu poddana jest recyrkulacji podajnikiem śrubowym do mieszalnika i mieszana z osadami odwodnionymi. Podajnik śrubowy przenosi produkt o zawartości ok. 60-65% suchej masy (s. m.) do śruby rozprowadzającej, która doprowadza i równomiernie dozuje produkt na taśmę suszarni. Śruba rozprowadzająca i wałek zapewniają równomierne rozłożenie warstwy mieszaniny osadów na całej szerokości taśmy.

Warstwa osadów na taśmie w zależności od parametrów procesu może być regulowana od 4 do 20 cm. W miarę przesuwania się osadów przez suszarnię, osady są ogrzewane gorącym powietrzem i osuszane. Po przejściu przez strefę suszenia, osady są schładzane w strefie chłodzenia, aby temperatura granulatu po wyjściu z suszarni nie przekraczała 50°C. Na końcu taśmy granulaty jest wyładowywane, ale część granulatu jest recyrkulowana w celu zmieszania z osadami odwodnionymi, a reszta jest odprowadzana na zewnątrz układu (rys. 12). Zanim powietrze suszące dotrze do suszarni jest ono ogrzewane przez układ grzewczy do temperatury 100-150°C. Powietrze przenika przez suszone osady i pochłania wilgoć z osadów. Mając na uwadze osiągnięcie możliwie najlepszej wydajności cieplnej, suszarnia działa z wysokim wskaźnikiem obiegu powietrza, co oznacza, że duża część powietrza suszącego wraca do generatora ciepła i jest ponownie ogrzewana do temperatury powietrza zasilającego.

Za generatorem ciepła znajduje się wentylator, który wymusza ruch powietrza suszącego. Część krążącego powietrza jest odciągana w sposób ciągły przez

wentylator, jest to tzw. powietrze odlotowe. Powietrze odlotowe następnie trafia do skraplacza lub saturatora, a następnie, jeśli jest taka potrzeba, do układu oczyszczania na przykład w postaci biofiltracji. Układ wentylatorów powoduje, że wszystkie elementy suszarni znajdują się pod lekkim podciśnieniem, a to unieumożliwia emisję pyłu lub zapachu na zewnątrz.



Rys. 12. Schemat działania suszarni taśmowej

Lekkie podciśnienie rzędu 10-20 mm H₂O nad taśmą jest zapewnione przez odpowiednią pracę wentylatorów. Suszarnia jest przystosowana do prowadzenia procesu suszenia bezpośredniego z pominięciem wymiennika ciepła i pośredniego. W przypadku suszenia bezpośredniego, ciepło suszące wytwarzane jest w procesie spalania paliwa/biomasy (gaz naturalny, biogaz, olej opałowy). Spaliny o wysokiej temperaturze łączą się z powietrzem krążącym w układzie suszenia i są mieszane w celu stworzenia mieszaniny powietrza o temperaturze 100-150°C. Zaletą suszarni BDS jest łatwość skojarzenia jej z dostępnymi odpadowymi źródłami ciepła, takimi jak spaliny z kominów elektrociepłowni, cementowni, technologiczną parą wodną,

Układ jest sterowany i monitorowany przez sterownik PLC (programowalny). W trakcie pracy programowalne sterowniki kontrolują i monitorują stosowne dane. Instalacja wyposażona jest w 4 kamery, które umożliwiają ciągły podgląd strategicznych punktów instalacji. Poza okresowym doglądaniem układu, nie jest wymagana obecność personelu, w nocy może to przebiegać

automatycznie (tryb bezobsługowy). W przypadku awarii w układzie zasilania, zmiany parametrów osadu lub odwodnienia poza dopuszczalny zakres, sterownik wyłączy system automatycznie i bezpiecznie. Sucha masa produktu końcowego jest monitorowana przez ciągłe pomiary. Poza zwyczajnymi funkcjami kontrolowania i monitorowania, na wyświetlaczu są pokazywane także krzywe charakterystyczne eksploatacji, komunikaty błędów, ustawienia regulatora i wartości graniczne (bieżące lub archiwalne); wszystkie te dane można wydrukować. Dane mogą także zostać przeniesione do głównego układu sterowniczego przez interfejs lub do zewnętrznego użytkownika przez modem.

Bezpieczeństwo układu jest bardzo istotne. Układ suszący oparty na Analizie ryzyka (HAZOP i ATEX) funkcjonuje w ramach najnowszych wymagań Wspólnoty Europejskiej (obowiązujących od połowy roku 2003). Zasadniczo, należy zdawać sobie sprawę, że wybrana metoda suszenia i parametry temperatury gwarantują wysoki poziom bezpieczeństwa układu, ponieważ nie występują w nim krytyczne temperatury lub stężenia pyłu. Układ wyposażony jest w dodatkowe urządzenia bezpieczeństwa. Wysoki stopień automatyzacji i ciągłe monitorowanie parametrów związanych z bezpieczeństwem powodują automatyczne odcięcie układu w przypadku błędu operatora lub przekroczenia wartości granicznych. Układ przeprowadza ciągły pomiar stężeń CO, CO₂ i pyłu w powietrzu suszącym. W przypadku przekroczenia norm, system wyłącza się automatycznie, a w obszarze suszenia i palnika uruchamiany jest zraszacz. Jeśli istnieje potrzeba, w celu czyszczenia taśmy suszarni wodą pod wysokim ciśnieniem powinien zostać uruchomiony zintegrowany układ czyszczenia taśmy. Poza zwykłymi czynnościami serwisowymi, jak smarowanie i wymiana oleju w częściach mechanicznych, żadne inne regularne prace konserwatorskie nie są wymagane.

Suszarnie taśmowe eksploatowane są od szeregu lat, a ich niezawodność i prosta obsługa potwierdzają się w codziennej pracy. Wśród wielu zalet systemu suszarki BDS, główne to:

- elastyczność procesu – dzięki recyrkulacji części granulatu, zmiana uwodnienia osadu po mechanicznym odwadnianiu nie wpływa na przebieg procesu i jakość produktu końcowego,
- produkcja bezpyłowego granulatu o bardzo dobrych właściwościach zarówno jako nawóz, jak też jako paliwo,
- modułowa budowa instalacji pozwala na jej rozbudowę o moduł spalania wysuszonego granulatu,
- maksymalna redukcja objętości osadu dzięki uzyskaniu granulatu o dużej gęstości nasypowej, co zdecydowanie zmniejsza koszty składowania lub transportu,
- niskie zużycie energii – w przypadku wykorzystania granulatu w procesie spalania, zazwyczaj nie potrzeba dodatkowej energii,

- brak emisji odorów do środowiska w komorze suszenia panuje lekkie podciśnienie, co zapobiega ewentualnej,
- bezpieczeństwo – temperatura w żadnym punkcie procesu nie przekracza 150°C, ciągły pomiar CO i CO₂ oraz pyłu, system zraszaczy, system nadzoru czterech kamer video,
- zamknięty obieg powietrza suszącego, dzięki temu minimalizuje się straty ciepła,
- możliwości wydostania się powietrza suszącego czy pyłu na zewnątrz urządzenia,
- automatyczny start i zatrzymanie w bardzo krótkim czasie, możliwe kilkunastogodzinne postoje bez opróżniania instalacji, na przykład na weekend,
- możliwość suszenia częściowego i produkcji granulatu o zawartości suchej masy $\geq 60\%$,
- w przypadku suszenia pośredniego tylko jeden wymiennik ciepła – niskie koszty eksploatacji i duża niezawodność,
- prosta budowa – mało urządzeń peryferyjnych,
- wszystkie elementy mające kontakt z osadem poza taśmą są wykonane ze stali nierdzewnej 1.4301,
- ponad 20 obiektów referencyjnych przez 5 lat,
- technologia oparta na 35 letnim doświadczeniu w suszeniu osadów ściekowych,
- technologia w pełni zgodna z wymogami odpowiednich Dyrektyw UE (ATEX, HAZOP i inne),
- Możliwość suszenia osadów z różnych oczyszczalni ścieków,
- Technologia odporna na zmienną zawartość s. m. w osadach odwodnionych,
- Niski wskaźnik zużycia energii cieplnej 0,8 – 0,9 kWh/kg odparowanej wody,
- Brak problemów dystrybucja osadów odwodnionych,
- Łatwe skojarzenie suszarni z różnymi źródłami ciepła,
- Niezwykle prosta technologia.

W przypadku termicznego suszenia osadów ściekowych niezwykle istotną jest sprawa bezpieczeństwa, która często nie była brana pod uwagę. Bezpieczeństwo wybuchowe jest znacznie lepiej rozpoznane w wielu branżach przemysłowych niż w branży wodociągowo – kanalizacyjnej, w której dotychczas koncentrowano się głównie na zabezpieczeniu przed wybuchem w kanałach ściekowych. W przeszłości, za granicą dochodziło również do wybuchów mieszanin pyłowo-powietrznych w suszarniach osadów ściekowych.

Dyrektywy unijne regulujące zagadnienia związane z bezpieczeństwem wybuchowym to głównie dyrektywy ATEX oraz dyrektywy maszynowe, zostały przeniezione do prawodawstwa krajowego poprzez rozporządzenia ministra gospodarki. Użytkownik jednak odpowiada za wyznaczanie stref niebezpiecznych,

a dostawca musi przestrzegać określonego planu tych stref. Ponieważ suszarnie osadów to instalacje do termicznej przeróbki, które są zagrożone pożarem i wybuchem, należy wymagać zgodności instalacji suszenia z wymogami unijnymi. Istotnym jest, że suszarnie osadów ściekowych powinny pochodzić od sprawdzonego producenta.

3.4.2. Technologie fermentacji, hydrolizy termicznej, ko-fermentacji

Podwyższanie wymogów środowiskowych, w tym standardów oczyszczania ścieków, powoduje wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną w oczyszczalniach ścieków. Koszty energii elektrycznej zużywanej w systemach ściekowych są znaczące. Mogą stanowić nawet 30% kosztów eksploatacji i utrzymania w ruchu systemów oczyszczania ścieków.

Rozwiązanie problemu osadów ściekowych łączy się z możliwościami zwiększenia efektywności energetycznej systemów wodno-ściekowych. Przynosi to korzyści o charakterze środowiskowym i ekonomicznym, w tym możliwość spadku zanieczyszczenia powietrza redukcji gazów cieplarnianych. Powstają przy tym innowacyjne rozwiązania dla biologicznego oczyszczania ścieków, które charakteryzują się mniejszym zapotrzebowaniem na energię elektryczną.

Stosunkowo niewiele jeszcze systemów wodno-ściekowych w kraju korzysta z alternatywnych źródeł energii, ale sytuacja powyższa uległa zmianie. Największy postęp następuje w wykorzystaniu potencjału energetycznego komunalnych osadów ściekowych, których wartość kaloryczna porównywalna jest z węglem brunatnym. Wskaźnik kaloryczności tych osadów wynosi średnio 16 MJ/kg suchej masy (s. m.).

Przeprowadzenie analiz optymalizowania ciągów technologicznych gospodarki osadowej, pozwoli na dobór właściwego rozwiązania produkcji energii dla danej oczyszczalni ścieków. Schemat hipotetycznej gospodarki osadowej przedstawionej na rys. 13, wskazuje urządzenia stosowane jak również szereg innowacyjnych rozwiązań możliwych do zastosowania w praktyce.

Obecnie najbardziej zaawansowana jest jednak produkcja energii, związana z przeróbką osadów ściekowych, ponieważ istotny postęp następuje w wykorzystaniu ich potencjału energetycznego. Analizy optymalizowania ciągów technologicznych gospodarki ściekowej i osadowej, pozwalają na wybór optymalnego rozwiązania produkcji energii dla danej oczyszczalni ścieków.

Komory fermentacyjne, odgrywają ważną rolę w ich beztlenowej przeróbce osadów ściekowych o przeprowadzenia biologicznego rozkładu materii organicznej w osadach ściekowych. Wydzielone komory fermentacyjne (WKF) dzielą się na zamknięte i otwarte. Przy czym, komory zamknięte to urządzenia zawsze ogrzewane

z mieszaniem osadu, które mogą być komorami fermentacji mezofilowej (o temperaturze 27-35°C) lub fermentacji termofilowej (o temperaturze 50-55°C). Natomiast, komory fermentacyjne otwarte to urządzenia nie posiadające przykrycia, o fermentacji mezofilowej, ale nie ogrzewane (temperatura 10-15°C), na ogół nie mieszane lub mieszaniem z małą intensywnością (przepompowywanie osadów). Ze względu na niską temperaturę i brak mieszania są większe w przeliczeniu na jednostkę masy.

W przypadku istnienia wydzielonych komór fermentacyjnych, celowym może okazać się zastosowanie procesu hydrolizy termicznej przed komorami fermentacyjnymi i wykorzystanie zwiększonych ilości powstałego biogazu. Istnieje również możliwość zlokalizowania procesu hydrolizy termicznej po komorach fermentacyjnych.

Również, ko-fermentacja osadów ściekowych z odpadami ulegającymi biodegradacji stanowi rozwiązanie pozwalające na dalszą intensyfikację produkcji biogazu i może umożliwić rozwiązanie problemu zagospodarowania tzw. mokrej frakcji odpadów komunalnych. Istotnym jest przy tym przebadane dodawanych materiałów, szczególnie pod względem podatności na fermentację oraz intensywność produkcji biogazu.

Systemy hydrolizy termicznej umożliwiają: zwiększenie podatności osadów na fermentację poprzez destrukcję struktur komórkowych (dezintegracja), wstępne przetwarzanie osadów poprawiające późniejsze ich odwadnianie oraz zapewniające higienizację, zwiększenie obciążenia komór fermentacyjnych przez zwiększenie stopnia zagęszczania osadów podawanych do komór z jednoczesną poprawą mieszania w komorach fermentacyjnych, zwiększenie efektywności procesu fermentacji, co wpływa na zwiększenie ilości wytwarzanego biogazu i stopnia rozłożenia substancji stałych. Większy stopień rozkładu osadów poprzez fermentację beztlenową jest równoznaczny ze zmniejszeniem ich ilości w dalszych etapach przeróbki

Istnieje wiele innych rozwiązań innowacyjnych i optymalizacyjnych. Istotna jest przy tym integracja istniejących rozwiązań z nowymi technologiami. Możliwe jest przykładowo połączone zastosowanie technologii hydrolizy termicznej i technologii odzysku fosforu z odcieków pochodzących z przeróbki osadów ściekowych), które może przynieść wiele korzyści. Wymaga to jednak wszechstronnego badania pojawiających się technologii zarówno w warunkach laboratoryjnych jak i w instalacjach pilotowych.

Powyższe przykłady, jak i wiele innych rozwiązań innowacyjnych, takich jak przykładowo reaktory oparte o ciecz nadkrytyczną, tworzoną z wody przy wyższym ciśnieniu i temperaturze, które mogą być zastosowane również do przeróbki osadów ściekowych i odpadów. Pierwsza taka komercyjna instalacja została zbudowana w 2001 roku w stanie Teksas, USA, a komercyjne reaktory produkowane

są w Japonii. Świadczy to o dużych dalszych możliwościach innowacyjnych oraz optymalizacyjnych w gospodarce osadowej.

Systemy ściekowe i osadowe, zaczynają być postrzegane nie tylko w ich tradycyjnej roli jaką jest oczyszczanie ścieków i przeróbka osadów ściekowych, ale również w nowej roli związanej z produkcją zasobów i energii. Oczyszczalnie ścieków mogą stać się producentami wielu cennych zasobów, z których najcenniejszym są zasoby wodne. Inne możliwe zasoby do uzyskania to między innymi: wodór i związki biogenne, szczególnie fosfor, a nawet plastiki.

Osady ściekowe mogą być źródłem energii elektrycznej i cieplnej, co łączy się z możliwościami zwiększenia efektywności energetycznej systemów wodno-ściekowych. Systemy wodno-ściekowe mogą nie tylko być konsumentem dużych ilości energii, ale również produkować energię na potrzeby własne, a nawet do różnych celów dla użytkowników zewnętrznych.

Zasadniczą sprawą jest konieczność opracowania i przyjęcia krajowej strategii postępowania z osadami ściekowymi oraz opracowanie Krajowego Programu Zagospodarowania Komunalnych Osadów Ściekowych (KPZKOŚ). Alternatywą jest aby powyższy program osadowy stanowił część KPOŚK.

W Polsce, brak kompleksowego rozwiązania problemu osadów ściekowych może grozić wieloma konsekwencjami, w tym nawet wybuchami lokalnych epidemii. Powyższe fakty są powszechnie znane od wielu lat i nie wzbudziły zainteresowania decydentów. Dzieje się tak, mimo szeregu inicjatyw Izby Gospodarczej ‘Wodociągi Polskie’ oraz wielu wystąpień na konferencjach osadowych i w fachowych publikacjach dotyczących osadów ściekowych.

Schemat wzorcowej przeróbki i zagospodarowania osadów ściekowych tzw. optymalne rozwiązanie (ang. Perfekt Solution) przedstawiono na rys. 13.

3.4.3. Technologia odzysku substancji biogenych z odcieków osadowych

Odzysk fosforu z osadów ściekowych zaczyna nabierać szczególnego znaczenia wraz ze zmniejszaniem się światowych zasobów fosforu (składnik nawozów) i wzrostem zapotrzebowania na produkty rolne. W tym zakresie pojawiły się już pewne innowacyjne technologie odzysku fosforu z odcieków z przeróbki osadów, zastosowane w skali pełnej technicznej.

Przykładem jest technologia Pearl, która została opracowana na kanadyjskim Uniwersytecie Columbia i opatentowana przez firmę kanadyjską Ostara Nutrients Recovery Technologies Inc., pozwalająca na odzysk substancji biogenych, szczególnie fosforu (w postaci struwitu), z odcieków powstających w procesie przeróbki osadów [16], [17].

Technologia powyższa, wprowadzona została na rynek światowy pod nazwą Perłą Ostary (ang. Ostara Pearl). Aktualnie w technologii Pearl stosowane są następujące typy reaktorów: Pearl-500, Pearl-1000, Pearl-2000, a ostatnio Pearl-10 000, które projektowane są w oparciu o ładunek doprowadzanego fosforu, w postaci P-PO₄ (ortofosforanów). Reaktor (typ Pearl-2000) posiada nominalną zdolność usuwania około 250 kg P-PO₄/d i 250 kg N-NH₃/d.

Podstawowe korzyści z zastosowania procesu odzysku fosforu na komunalnych oczyszczalniach ścieków są następujące:

- obniżenie ładunków substancji biogenych w odciekach z przeróbki osadów ściekowych, zwracanych do ponownego ich oczyszczania, co zmniejsza konieczność ich biologicznego usuwania,
- minimalizacja zastosowania chemikaliów do strącania fosforu, co obniża koszty związane z ich zakupem i z unieszkodliwianiem osadów ściekowych,
- redukcja zawartości fosforu związanego z osadami ściekowymi, stanowi innowacyjny sposób usuwania fosforu z systemu,
- produkcja ekologicznego nawozu, co umożliwia odzysk fosforu i jego wtórne wykorzystanie, zwiększając tym samym jego rezerwy,
- eliminacja gazów cieplarnianych odprowadzanych do atmosfery w związku ze zmniejszeniem zużycia energii do biologicznego oczyszczania ścieków, opartej na źródłach konwencjonalnych.

Odzysk substancji biogenych, w formie struwitu, zapobiega jego odkładaniu się w rurociągach, zaworach i urządzeniach oraz wewnątrz komór fermentacyjnych, jak też eliminuje związane z tym koszty eksploatacyjne i remontowe. W wyniku zastosowania takich technologii powstaje wysokiej jakości nawóz fosforowo-azotowo-magnezowy o powolnym uwalnianiu się i zwiększonej efektywności, co jest szczególnie istotne w obliczu zachodzących zmian klimatycznych. Technologie tego typu przyczyniają się też pośrednio do eliminacji gazów cieplarnianych. Odzysk fosforu może stać się bardzo istotny w skali światowej, dopóki nie zostaną odkryte nowe i dostępne zasoby fosforu.

Należy podkreślić, że w wielu ośrodkach naukowych świata, prowadzone są intensywne badania nad odzyskiem substancji biogenych z osadów ściekowych. W wielu państwach na świecie, w tym w państwach członkowskich Unii Europejskiej, proponowane są różne rozwiązania opracowane w ramach realizowanych prac badawczo-wdrożeniowych nad różnymi metodami odzysku fosforu z osadów ściekowych oraz z popiołów powstających po przeróbce termicznej osadów, co wyraża się pojawianiem technologii komercyjnych.

Jak wskazano powyżej, istnieje komercyjna technologia Pearl do krystalizacji struwitu w reaktorach fluidalnych do odzysku substancji biogenych, głównie odzysku fosforu z odcieków pochodzących z przeróbki osadów ściekowych,

zastosowana na oczyszczalniach ścieków w USA i Europie. Oprócz kanadyjskiej technologii Pearl, na światowym rynku istnieją również inne komercyjne technologie odzysku substancji biogenych z odcieków pochodzących z przeróbki osadów ściekowych, przykładowo:

- technologia NuReSys (ang. Nutrient Recycle System) belgijskiej firmy Akwadel, która opiera się na dwóch reaktorach: jeden jako reaktor odpędzający CO_2 za pomocą powietrza, a drugi reaktor jako krystalizator zasilany chemikaliami takimi jak Mg Cl_2 oraz NaOH ,
- technologia PHOSPAQ firmy holenderskiej Paques, która oparta jest o jeden reaktor, mieszany powietrzem, który otrzymuje odcieki bogate w azot i fosfor z komory fermentacyjnej oraz chemikalia takie jak MgO lub Mg(OH)_2 .

Odzysk fosforu jest istotny z uwagi na: eutrofizację wód słodkich i morskich, zmniejszaniem się jego światowych zasobów oraz wzrostem zapotrzebowania na produkty rolne. Technologie powyższe mogą się również przyczynić się pośrednio do zmniejszenia odprowadzanych gazów cieplarnianych, co łączy się ze zmniejszeniem zapotrzebowania na energię elektryczną w systemach oczyszczania ścieków i przeróbki osadów ściekowych.

Eutrofizacja zagraża środowisku wód słodkich i morskich, a przede wszystkim zaopatrzeniu w wodę. Przy rozwiązywaniu problemu eutrofizacji zarówno gospodarowanie wodą, oczyszczanie ścieków oraz zagospodarowanie osadów ściekowych łączą się w spójną całość. Dla ograniczenia skutków procesu eutrofizacji potrzebna jest nowa interdyscyplinarna strategia, integrująca działania w stosunku do zanieczyszczeń punktowych i zanieczyszczeń obszarowych.

Ograniczenie antropogenicznego dopływu substancji biogenych do wód może znacznie spowolnić proces eutrofizacji. Należy przy tym brać pod uwagę wszystkie ich źródła. Ilości odprowadzanych do wód fosforu związane są nie tylko ze zrzutami zawartymi w ściekach, ale również ze wzrostem zużycia detergentów czy też nawożenia, natomiast ilości odprowadzane do wód azotu związane są z ładunkami azotu w ściekach, ale też z emisją azotu do atmosfery i występowaniem azotu w opadach atmosferycznych oraz z nawożeniem czy z erozją w dorzeczu/zlewni.

Przy przyspieszających zmianach klimatycznych i rosnących ładunkach biogenów z różnych źródeł, akcje Światowego Dnia Oceanów, ustanowionego przez ONZ w 2009 roku i działania podejmowane przez poszczególne rządy, okazują się jak dotychczas niewystarczające aby wygrać walkę z postępującą eutrofizacją wód morskich. Świadczy o tym między innymi zwiększająca się powierzchnia tzw. martwych stref, w których zamiera życie biologiczne.

Oprócz zjawiska eutrofizacji, związanego z dużą ilością substancji biogenych w wodach morskich, pojawia się szereg nowych, poważnych wyzwań związanych przykładowo z odpadami plastikowymi i innymi i formami zanieczyszczeń.

W zakresie substancji biogenych w kraju, obecne działania inwestycyjne winny być skierowane na zapobieganie eutrofizacji wód śródlądowych, szczególnie powodowanymi ładunkami biogenów z dużych miast oraz na region nadmorski w celu ochrony wód Bałtyku.

4. Rozwój miejskich systemów wodociągowo-kanalizacyjnych – wybrane przykłady

Komunalne ujęcia wody, systemy wodociągowe i kanalizacyjne, w tym stacje uzdatniania wody, oczyszczalnie ścieków i zakłady unieszkodliwiania osadów ściekowych, stają ciągle przed problemami: niezawodnego dostarczania zdrowej wody, zabezpieczania warunków sanitarnych i ochrony środowiska wodnego oraz z rosnącymi wymaganiami prawnymi. Rozwój miast, jest ściśle związany z rozwojem tych systemów. Stosunki wodne, zawsze bowiem rzutowały na lokalizację, strukturę i dalszy rozwój miast. Od początku rozwoju cywilizacji, woda miała podstawowe znaczenie dla rozwoju osiedli ludzkich, bowiem zasoby wodne stanowiły źródło wody do picia, wody powierzchniowe wykorzystywano do odprowadzania ścieków, natomiast sieć wodna – do celów produkcyjnych i transportowych. Ceną płaconą za tzw. dogodną lokalizację miast było narażenie ich na zmienny reżim hydrologiczny i związane z tym niebezpieczeństwa, wynikające zarówno z braku wody jak i jej nadmiaru. Szybko rozwijające się wielkie miasta narażone są na nadzwyczajne zagrożenia oraz wywierają znaczny wpływ na środowisko. Wraz z rozwojem miast pojawia się szereg problemów związanych i z zanieczyszczeniem powietrza, odpadami, w tym osadami ściekowymi, co wpływa na znaczne przekształcanie środowiska.

Zapewnienie zdrowej wody do picia wymaga ochrony zasobów wodnych realizowanych w zlewniach rzek, bowiem jest oczywiste, że jakość wody wpływa na stan zdrowotności mieszkańców. W dużych miastach oczyszczanie i usuwanie ścieków i odpadów komunalnych stało się najtrudniejszym problemem. Istnieje również szereg poważnych zagrożeń, nawet zagrożenie terrorystyczne, w tym możliwość skażenia ujęć wody do picia, co wymaga między innymi wdrożenia systemów wczesnego ostrzegania. Problematyka związana z zagadnieniami takimi jak: jakość zasobów wodnych, kontrola wody i zarządzanie ryzykiem stała się szczególnie ważna. Zagadnienie „woda a zdrowie”, związane z bezpieczną wodą do picia stało się niezwykle istotne, bowiem rozwój cywilizacyjny przyniósł także szereg ciężkich i śmiertelnych chorób, związanych z niebezpiecznymi zanieczyszczeniami chemicznymi, jak i skażeniami mikrobiologicznymi. Dlatego oprócz rozwoju systemów wodociągowo-kanalizacyjnych, niezbędny stał się rozwój systemów monitoringu skażeń chemicznych i mikrobiologicznych oraz technologii unieszkodliwiania substancji niebezpiecznych i organizmów patogennych. Poniżej przedstawiono szereg wybranych systemów wodociągowo-kanalizacyjnych, w małych miastach: Jarocinie, Sulejówku, Markach i Tarnobrzegu, w średnich miastach: Gdyni i Radomiu i Tarnowie, w dużych miastach: Warszawie, Petersburgu i Bostonie oraz w bardzo dużych miastach: Paryżu, Moskwie, Chicago i Nowym

Jorku, które stanowią przykłady ogromnego zakresu wykonanych i planowanych prac związanych z rozwojem. Na tle historii rozwoju tych systemów wskazano na potrzebę ciągłej ich modernizacji, między innymi z uwagi na zmiany klimatyczne i demograficzne. Nie we wszystkich miastach następuje przyrost ludności. Istnieją także miasta gdzie zachodzą procesy odwrotne i występuje, z różnych przyczyn, zmniejszenie liczby ludności. Przykładem tego jest miasto Tarnobrzeg, ale gdzie również występuje konieczność modernizacji systemu wodociągowo-kanalizacyjnego, przez co nie obniża się jakości usług.

4.1. Systemy wodociągowo-kanalizacyjne małych miast

4.1.1. System wodociągowo-kanalizacyjny w Jarocinie

Jarocin, leżący obecnie w województwie wielkopolskim był notowany już w XIII wieku jako *Jaroczino*. Obecnie, Miasto i Gmina znane jest głównie z festiwalu muzycznych, ale wkrótce będzie znane z innowacyjnych technologii wodociągowo-kanalizacyjnych.

W kraju, proces wdrażania innowacyjnych technologii na komunalnych oczyszczalniach ścieków następuje stosunkowo wolno. Tylko niektóre gminy wykorzystują szansę, związaną z dofinansowaniem unijnym, czerpania z bogatych doświadczeń w zakresie innowacyjnych rozwiązań technologicznych krajowych czy zagranicznych, przy realizacji projektów innowacyjnych. Przykładem jest Miasto i Gmina Jarocin, która we współpracy z okolicznymi gminami realizuje obecnie projekt innowacyjny z zakresu innowacyjnej gospodarki wodno-ściekowej.

Tradycje Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Jarocinie (PWİK Jarocin Sp. z o.o) sięgają 1903 roku. Obecnie PEWiK Jarocin eksploatuje ponad 510 km sieci wodociągowej z przyłączami i obsługuje sześć stacji uzdatniania wody (SUW). Natomiast, sieć kanalizacyjna obejmuje 420 km z przyłączami i odprowadza ścieki do oczyszczalni ścieków we wsi Cielczy. W mieście i gminie Jarocin budowany jest nowoczesny system wodno-ściekowo-osadowy, który obejmuje modernizację gospodarki wodno-ściekowej i wykorzystuje najnowsze rozwiązania technologiczne dla wody, ścieków i osadów ściekowych, w ujęciu regionalnym.

Umowa na dofinansowanie projektu pn. „Gospodarka wodno-ściekowa w Gminie Jarocin” została podpisana w kwietniu 2017 roku z Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW). Projekt wpisał się w ramy działania „Gospodarka wodno-ściekowa w aglomeracjach, oś priorytetowa II Ochrona Środowiska, w tym adaptacja do zmian klimatu” Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko (POIiŚ) 2014-2020. Celem projektu była kompleksowa adaptacja infrastruktury wodno-kanalizacyjnej na terenie Miasta

i Gminy Jarocin do zmian klimatu: oszczędne gospodarowanie wodą, odzysk i wykorzystanie energii z osadów ściekowych, przyczyniając się tym samym do ograniczenia emisji ze spalania paliw kopalnianych. Całkowity koszt projektu wynosi około 256 mln PLN, w tym wydatki kwalifikowane to około 151 mln PLN, a dofinansowanie nastąpiło w wysokości około 128 mln PLN dotacji, w ramach konkursu NFOŚiGW. Środki gminy to 22 mln PLN, a pozostałe środki pochodzą z pożyczki NFOŚiGW – 50 mln PLN oraz z obligacji wyemitowanych przez PWiK w Jarocinie w 2015 roku.

W skład projektu weszło sześć zadań inwestycyjnych, w tym między innymi: modernizacja sieci wodociągowych, kanalizacyjnych i deszczowych; budowa stacji uzdatniania wody (SUW w Stefanowie); modernizacja oczyszczalni ścieków we wsi Cielczy koło Jarocina. Możliwość wykorzystania oczyszczonych ścieków pochodzących z oczyszczalni, po ich podczyszczeniu w urządzeniach III-go stopnia, umożliwi zmniejszenie zużycia wody. Modernizacja gospodarki osadowej polega między innymi na odzysku substancji biogenych oraz biogazu z procesów fermentacji osadów ściekowych, pochodzących z tej oczyszczalni oraz gmin sąsiednich, który będzie wykorzystywany do produkcji energii elektrycznej i ciepłej. Hermetyzacja obiektów oczyszczalni ścieków wyeliminuje problem odorów, pozwoli na znaczne ograniczenie uciążliwości zapachowej, jak też emisji gazów cieplarnianych.

4.1.2. System wodociągowo-kanalizacyjny w Sulejówku

Sulejówek to miasto leżące w województwie mazowieckim. Pierwsze wzmianki o wsi szlacheckiej *Sulewo*, obecnie Sulejówek pochodzą z XV wieku, niemniej nawet na początku XIX wieku był on zamieszkały tylko przez 60 mieszkańców. Po I-jej wojnie światowej był miejscowością letniskową, w której w 1921 roku zamieszkiwało blisko 400 mieszkańców. W dworku, w roku 1923 zamieszkał Józef Piłsudski. W dniu 1 kwietnia 1933 roku Sulejówek uzyskał statut gminy, natomiast w dniu 18 lipca 1962 prawa miejskie i jako miasto stał się w 1990 roku wspólnotą samorządową.

Trudno uwierzyć, że miasto pod koniec XX wieku, tak jak wiele innych podwarszawskich miejscowości, praktycznie rzecz biorąc nie miało prawdziwego systemu wodociągowo – kanalizacyjnego. Dopiero w 1996 roku, uruchomiono pierwszą SUW, a drugą SUW oddano do użytku w 2015 roku, które łącznie posiadają dziewięć ciśnieniowych filtrów typu Culligan, które produkują blisko 900 tys. m³/rok. Zaopatrzenie mieszkańców w wodę podziemną pochodzi z utworów trzeciorzędowych, a łączna długość sieci wodociągowych wynosi ponad 127 km.

Obecnie, długość sieci kanalizacji sanitarnej dorównuje pod względem długości sieci wodociągowej i wynosi około 122 km, w tym grawitacyjnej – 103 km,

tłocznej – 18 km i ciśnieniowej – 1 km, podczas gdy w roku 2006 była to długość tylko około 70 km. Sukces w zakresie rozbudowy i modernizacji systemu wodociągowo-kanalizacyjnego, miasto zawdzięcza w dużej mierze ówczesnemu burmistrzowi Waldemarowi Chachulskiemu, który widząc rozwój miasta, podjął z sukcesem intensywne starania o środki unijne na ten ważny cel rozwoju systemu wodociągowo-kanalizacyjnego, związany również z podniesieniem stanu sanitarnego miasta.

Ścieki z obszaru Sulejówka i części przyległej wsi Okuniew oczyszczane są obecnie w miejskiej oczyszczalni ścieków, zmodernizowanej w 2015 roku, w ramach funduszy unijnych POIiŚ w projekcie pt. "Zapewnienie prawidłowej gospodarki ściekowej na terenie gmin Sulejówek i Halinów". W uroczystości podpisania projektu uczestniczyli burmistrzowie tych gmin: Waldemar Chachulski i Jolanta Domasiewicz. Projekt ten został podpisany w dniu 15 marca 2010 roku pomiędzy Spółką Eko-Inwestycje a Instytucją Wdrażającą dla POIiŚ – Wojewódzkim Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (WFOŚiGW) w Warszawie, a jego celem było zwiększenie stopnia skanalizowania aglomeracji Sulejówek z około 50% do blisko 80%, jak też zmodernizowanie oczyszczalni. Całkowite koszty projektu wynosiły ponad 52 mln brutto PLN, a środki z Funduszu Spójności około 30 mln PLN. Obecnie oczyszczalnia mechaniczno-biologiczna w Sulejówku oczyszcza ponad 1000 tys. m³ ścieków rocznie.

Problemem Sulejówka, który posiada obecnie tylko 30 km sieci na wody opadowe i roztopowe oraz osiem związanych z tym przepompowni, pozostawało nadal zagospodarowanie wód opadowych. W roku 2020, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) wsparł projekt zagospodarowania wód opadowych z POIiŚ 2014-2020, kwotą 62 mln PLN, staraniem obecnego burmistrza Arkadiusza Śliwy. Środki powyższe zostaną wykorzystane na budowę nowej kanalizacji deszczowej o długości 19 km i remont istniejących odcinków kanalizacji oraz budowę pięciu zbiorników retencyjnych, z których zasoby wodne będą wykorzystane między innymi w okresie suszy dla zieleni miejskiej.

Planowane jest, że system gospodarowania wodami opadowymi powstanie do końca marca 2023 roku, na zlewni o łącznej powierzchni 257,3 ha, w tym powierzchnia zlewni – w której wody opadowe będą retencjonowane stanowi 197,4 ha, a systemem zostanie objętych około 10 tys. osób. Należy dodać, że w roku 2020 Miejski Zakład Wodociągów i Kanalizacji w Sulejówku, sprawnie kierowany przez dyrektora inż. Katarzynę Samburską, rozpoczął wdrażanie systemu zdalnego odczytu wodomierzy, z planem objęcia tym systemem w roku 2025 całego miasta.

Na zakończenie, należy podkreślić znaczny udział Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska w rozwoju systemu wodociągowo-kanalizacyjnego Sulejówka,

o czym świadczą dofinansowane projekty dotyczące uporządkowania gospodarki wodno-ściekowej miasta:

- Etap I, umowa z 2014 roku, w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowiska 2007-2013,
- Etap II, umowa z 2017 roku, w ramach Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020.

Podczas Etapu I-go nastąpiła budowa kanalizacji sanitarnej wraz z budowa czterech przepompowni oraz zakup samochodu do udrażniania i oczyszczania sieci kanalizacyjnej, jak też budowa drugiej stacji uzdatniania wody. Natomiast podczas Etapu II-go nastąpiło zaprojektowanie i budowa kanalizacji sanitarnej oraz sieci wodociągowej (Ratajewo i Szopówka, Stara Żurawka i Nowa Żurawka, jak też granice miasta Sulejówek). Równocześnie, w ramach modernizacji miejskiej oczyszczalni ścieków w Sulejówku nastąpiła budowa dodatkowego zasilania eNNN z wykorzystaniem paneli fotowoltaicznych. Zakupiono i wdrożono system informacji geograficznej – GIS.

4.1.3. System wodociągowo-kanalizacyjny w Markach

Marki, po raz pierwszy nazwa „Marki” pojawiła się w dokumentach Metryki Koronnej na początku XVII wieku. Do końca XIX wieku osada miała wiejski charakter. Wraz z budową fabryki przędzalniczej Briggsów – angielskich przemysłowców, Marki przeistoczyły się w ważny ośrodek przemysłowy w zaborze rosyjskim. Po pierwszej wojnie światowej, rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 30 kwietnia 1921 roku, utworzona została Gmina Marki. Podczas wojny polsko-bolszewickiej, w Markach zlokalizowane były wojskowe ośrodki decyzyjne w Bitwie Warszawskiej.

W dniu 1 stycznia 1967 roku, Marki uzyskały prawa miejskie na mocy rozporządzenia Prezesa RM z dnia 9 grudnia 1966 roku. Ostatnio, rozwój Marek znacznie przyspieszył w związku z otwarciem w dniu 22 grudnia 2017 roku obwodnicy miasta, stanowiącej część drogi ekspresowej S-8 Marki-Radzymin. Zapewnienie dobrego systemu komunikacyjnego, jak również działanie władz miasta w zakresie poprawy dróg w mieście oraz tworzeniu lokalnych centrów przestrzeni publicznej, w tym obiektów edukacji i rekreacji, spowodowały, że Marki – miasto położone w województwie mazowieckim blisko Warszawy, stało się atrakcyjnym miejscem zamieszkania.

Liczba ludności miasta z około 16 tysięcy zameldowanych mieszkańców wzrosła do około 35,5 tysięcy w 2019 roku. Zważywszy jednak intensywny rozwój wielorodzinnego budownictwa mieszkaniowego oraz fakt, że część osób zamieszkujących na terenie Marek nie zmieniła oficjalnego adresu zameldowania, władze

miasta oceniają, iż realna liczba mieszkańców znacznie przekroczyła w 2020 roku liczbę 40 tysięcy i miasto obecnie zamieszkuje około 45 tys. osób. Konieczna stała się rozbudowa istniejącego systemu wodociągowo-kanalizacyjnego, bowiem w prawie 30-tysięcznym wówczas mieście podwarszawskim w 2008 roku istniało tylko 12 km sieci kanalizacyjnej. W latach 2010-2015 na terenie miasta wybudowano ponad 180 km kolektorów kanalizacyjnych (grawitacyjnych, ciśnieniowych i podciśnieniowych), umożliwiając tym samym skierowanie powstających w Markach ścieków komunalnych do warszawskiej oczyszczalni ścieków „Czajka”, co stworzyło perspektywę dalszego rozwoju miasta [18].

Powyższe działania inwestycyjne były możliwe dzięki uzyskanym środkom z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW), w ramach perspektywy POIiŚ (2007-2014), a koszt wykonanych robót wyniósł około 169 mln PLN, w tym ponad 87 mln PLN stanowiły środki unijne. Na uznaniu zasługuje wykorzystania przez Wodociąg Marecki Sp. z o.o. różnych pomocy finansowej NFOŚiGW, w tym dopłat do kredytu komercyjnego, nisko oprocentowanej pożyczki oraz dotacji i pożyczek na usprawnienie procesów rozwoju kanalizacji. Na budowę połączeń kanalizacyjnych przyznano 6,8 PLN dotacji i tyle samo pożyczki, co umożliwiło wykonanie około 4,3 tysiące połączeń dla około 23 tys. mieszkańców.



Rys. 14. Widok Wodociągu Mareckiego (dzięki uprzejmości Pawła Specjalskiego)

Natomiast w perspektywie finansowej POIiŚ 2014-2020, Wodociąg Marecki pozyskał kolejne środki unijne i pożyczki preferencyjnej NFOŚiGW na: dalszą rozbudowę sieci kanalizacji sanitarnej, budowę nowej stacji uzdatniania wody

(SUW-2), budowę zaplecza dla zespołu eksploatacji sieci kanalizacyjnej, w tym stacji obsługi transportu specjalistycznego, wykorzystywanej do prowadzenia gospodarki osadami usuwanymi z sieci kanalizacyjnej. Sprawna realizacja nowoczesnej SUW umożliwi dostarczanie zdrowej wody powiększającej się liczbie mieszkańcom. Należy tu podkreślić działalność burmistrza Jacka Orycha, który otrzymał w 2019 roku prestiżową nagrodę „Zielony Laur” od Polskiej Izby Gospodarczej „Ekorozwój” oraz mgr inż. Kajetana Pawła Specjalskiego – dyrektora zarządu Wodociągu Mareckiego, nagrodzonego Nagrodą „Złota Czapla” za doskonałą inżynierię finansową zrealizowanych przedsięwzięć o charakterze ekologicznym miasta Marki. Widok Wodociągu Mareckiego przedstawia rys. 14.

4.1.4. System wodociągowo-kanalizacyjny Tarnobrzega

Tarnobrzeg, miasto na prawach powiatu, które zostało założone przez ród Tarnowskich na prawie magdeburskim w 1593 roku, ale prawa miejskie posiadało przed 1681 roku. Nazwa miasta pochodzi od kasztelana Jana Tarnowskiego. Miasto, od początku 90-tych XX wieku stanowiło ośrodek wydobywczy siarki, będąc Centrum Tarnobrzесьkiego Zagłębia Siarkowego. Załamanie się przemysłu siarkowego spowodowało początek stagnacji Tarnobrzega., stanowiącego przykład miasta o stopniowo zmniejszającej się ilości ludności.

W prognozie na rok 2000 szacowano, że miasto przekroczy 100 tys. ludzi natomiast w 2004 roku Tarnobrzeg liczył tylko połowę - 51 500 mieszkańców. Od tego czasu następuje mały, lecz zauważalny spadek liczby mieszkańców, według GUS: 2011 – 49 650, 2019 – 46 750, 2021 – 46 350. Tarnobrzeg jest przykładem miasta polskiego, które niestety się kurczy się pod względem liczby ludności.

Od 1967 roku, System wodociągowo-kanalizacyjny, od 1967 roku, prowadziło Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej i Mieszkaniowej, będące przedsiębiorstwem wielobranżowym. W 1997 roku, zostało przekształcone w jednoosobową spółkę gminy pod nazwą Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o., a w grudniu 2004 roku nastąpił podział tej spółki.

Powstały na dwie nowe spółki, prowadzące działalność gospodarki odpadami komunalnymi, zielenią miejską, utrzymaniem dróg miejskich oraz komunikacji miejskiej. Natomiast spółka dzielona zachowała nadal swoją nazwę tj. Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych Sp. z o.o. i od 2005 roku prowadziła działalność na rzecz gminy tylko w zakresie gospodarki wodno-ściekowej. Spółka w latach 2005-2010 była beneficjentem projektu Funduszu Spójności w zakresie zadań gospodarki wodno-ściekowej. i dopiero w lipcu 2010 roku uzyskała zgodę Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w Warszawie na zmianę nazwy na **Tarnobrzесьkie Wodociągi Sp. z o.o.**

Przedmiotem działalności Tarnobrzeskich Wodociągów jest: pobór, uzdatnianie i dostarczanie wody, odprowadzanie i oczyszczanie ścieków sanitarnych i ścieków opadowych [19]. Dyrektorem Przedsiębiorstwa Usług Komunalnych, który dokonał w 1997 roku przekształcenia tego przedsiębiorstwa w spółkę prawa handlowego, a następnie był prezesem Zarządu Tarnobrzeskich Wodociągów i Pełnomocnikiem ds. realizacji Projektu z Funduszu Spójności, do czasu przejścia na emeryturę w 2020 roku, był dr inż. Antoni Sikoń.

Należy stwierdzić, że przed II-gą wojną światową, miasto czerpało wodę z rzeki Wisły, a długość sieci wodociągowej wynosiła tylko 1,7 km. W 1967 roku, zatwierdzono do realizacji studnie lewarowe dla potrzeb kopalni siarki i wybudowano, w latach 1966-1969, ujęcie wody „Studzieniec I”, którego studnie z upływem czasu były wyłączane z eksploatacji z powodu eksploatacji kopalni oraz zagrożenia jakości wód czwartorzędowych. Budowę magistrali wodociągowej, o długości 9 km, stacje uzdatniania wody (SUW) i zbiornik końcowy, zakończono w 1972 roku. Nowe ujęcie wody „Studzieniec II”, oparte o nowe studnie głębinowe, drugą magistralę o długości 8,5 km, jak też rozbudowę SUW, realizowano sukcesywnie, tak, że obecnie system wodociągowy oparty jest o dwa ujęcia („Studzieniec I i II”) z 27 studniami wierconymi, stacją uzdatniania i systemem dystrybucji. Ujęcia wody zlokalizowane są w północno-zachodniej części Głównego Zbiornika Wód Podziemnych – GZWP nr 425. Zasoby wody obu ujęć wynoszą 1 033 m³/h, a wydajność SUW-715 m³/h.

System kanalizacyjny miasta składa się z kanalizacji ogólnospławnej, sanitarnej i deszczowej i przyłączy oraz mechaniczno-biologicznej oczyszczalni o przepustowości 12 tys. m³/d (15 tys. m³/d podczas tzw. pogody mokrej), przekazanej do eksploatacji w 1988 roku.

W 2010 roku, Tarnobrzeg, leżący na prawym brzegu Wisły, doświadczył dwukrotnie katastrofalnych powodzi, które spowodowały ogromne zniszczenia systemu wodociągowo-kanalizacyjnego. Zalana została północna i zachodnia część miasta. Zniszczeniu uległa oczyszczalnia ścieków, kanalizacja sanitarna i deszczowa (na pięciu osiedlach) oraz zbiornik retencyjny wód opadowych.

Nadmienić trzeba, że podczas tych powodzi, nowa oczyszczalnia ścieków została zalana również dwukrotnie, na wysokość około 2 m. Odbudowa zniszczonej infrastruktury nastąpiła prawie do końca 2011 roku, wykorzystując środki własne oraz dotację z Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW).

W mieście realizowany był projekt pt. „Program gospodarki wodnościekowej w Tarnobrzegu” współfinansowany w ramach Funduszu Spójności przez Unię Europejską, mający na celu poprawę systemu wodociągowo-kanalizacyjnego miasta. W ramach tego projektu, przykładowo, w latach 2007-2008, zrealizowano

zadanie (etap I) dotyczące między innymi modernizacji stacji uzdatniania wody, w tym: modernizacji systemu napowietrzania, modernizacji komór filtracyjnych i wprowadzenia automatycznej kontroli i sterowania procesem technologicznym, jak też remont i modernizację ujęć wody („Studzieniec I” – 5 studni, Studzieniec II” – 22 studnie).

Natomiast w etapie II projektu, realizowanym w okresie 2018-2020, nastąpiła budowa instalacji sorpcji i biodegradacji pozostałych zanieczyszczeń w wodzie, poprzez okresowe dozowanie węgla pylistego przed filtrami I-stopnia oraz granulowanego węgla aktywnego w filtrach węglowych oraz dezynfekcję wody za pomocą promieni ultrafioletowych (UV) i podchlorynu sodu [20]. Potwierdza to tezę o dbałości o jakość świadczonych usług wodociągowo-kanalizacyjnych, szczególnie w zakresie dostarczenia mieszkańcom zdrowej wody.

4.2. Systemy wodociągowo-kanalizacyjne średnich miast

4.2.1. System wodociągowo-kanalizacyjny w Gdyni

Gdynia, jako nazwa *Gdinam* pojawiła się po raz pierwszy w dokumencie biskupa kujawsko-pomorskiego Wolimira w 1253 roku. Dopiero przywrócenie Polsce dostępu do Bałtyku, w 1920 roku, na mocy traktatu wersalskiego, a następnie budowa portu, spowodowały gwałtowny rozwój tej małej rybackiej wioski. Gdynia, która stała się głównym portem II Rzeczypospolitej, uzyskała status miasta w dniu 4 marca 1926 roku, na mocy rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 10 lutego 1926 roku. Budową portu w Gdyni kierował, w latach 1920-1937, inż. Tadeusz Wenda (1863-1948). Z miastem Gdynia i jego rozwojem związana jest też postać inż. Eugeniusza Kwiatkowskiego (1889-1974) ministra przemysłu i handlu, a następnie wicepremiera i ministra skarbu II Rzeczypospolitej. Po wojnie jako Delegat Rządu ds. Wybrzeża, uczestniczył w odbudowie Gdyni, jednak w 1948 roku usunięto go z tego stanowiska i zakazano przebywania na Wybrzeżu. Wrócił do rodzinnego Krakowa, a dopiero po wielu latach przypomniano sobie o tym wybitnym mężu stanu. Na kilka dni przed śmiercią, w 1974 roku, został pierwszym w historii Uniwersytetu Gdańskiego doktorem honoris causa.

Rozwój Gdyni i okolic nie mógłby następować bez rozwiązania problemów zaopatrzenia w wodę, oczyszczania ścieków i ochrony wód przed zanieczyszczeniem Zatoki Puckiej. Pierwsze rozwiązania z lat międzywojennych, dotyczące szczególnie problemu zaopatrzenia w wodę, nie były zadowalające. Sytuacja wyraźnie zmieniła się, gdy w roku 1929 głównym projektantem infrastruktury wodociągowej i kanalizacyjnej został profesor dr inż. Karol Pomianowski (1874-1948) z Politechniki Warszawskiej (po wojnie Politechniki Gdańskiej), który opracował

dla miasta kompleksowy projekt wodociągowo – kanalizacyjny. W celu zaopatrzenia w wodę wykonano dwa ujęcia wody: w okolicach portu i na gdyńskim Oksywiu. Sieć wodociągową uruchomiono w dniu 5 lutego 1930 roku.

W zakresie zaopatrzenia w wodę, sytuacja była dość złożona, należy bowiem pamiętać, że w języku praszowieńskim nazwa Gdynia oznacza podmokłe, bagienne miejsce. Różne wpływy na przestrzeni czasu, zmieniły zasadniczo stosunki wodne na tym obszarze, co spowodowało zniknięcie wielu istniejących potoków. Obecnie, do pozostałych nielicznych cieków należy między innymi mały Potok Chyłoński. Sytuacja powyższa nie sprzyjała zaopatrzeniu w wodę miasta Gdyni i wymagała sięgnięcia po zasoby wód podziemnych. Dlatego powstawały takie ujęcia, jak przykładowo w roku 1934 lewarowe ujęcie wody w rejonie Chyloni i Rumi.

Równocześnie z rozwojem systemu zaopatrzenia w wodę realizowano rozwój kanalizacji miasta wraz z oczyszczaniem ścieków. W dniu 1 października 1930 roku, uruchomiono oczyszczalnię ścieków opartą na 3 studniach Imhoffa o głębokości 12,5 m. Prof. Karol Pomianowski zaprojektował biologiczną oczyszczalnię zbudowaną w 1936 roku i uruchomioną w 1937 roku w oparciu o złoża zraszane. W dniu 1 kwietnia 1930 roku, Komisarzyczny Zarząd Miejski powołał, w miejsce wydziału lokalnej administracji, Zakład Wodociągowy i Kanalizacyjny (ZWIK) w Gdyni, z pierwszym dyrektorem inż. Mieczysławem Michalskim. We wrześniu 1939 roku, gdyńskie wodociągi przeszły pod okupacyjny zarząd niemiecki. Po wojnie, w kwietniu 1945 roku reaktywowano Zakład Wodociągów i Kanalizacji miasta Gdynia pod polskim zarządem, który w roku 1951 został przekształcony w Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji (MPWiK). W latach siedemdziesiątych XX wieku gdyńskie wodociągi stały się przedsiębiorstwem państwowym pod nazwą Okręgowe Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji (OPWiK), współtworzącym przez krótki okres czasu Wojewódzkie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Gdańsku (WPWiK).

Ostatecznie w dniu 31 stycznia 1992 roku, OPWiK zostało przekształcone w Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o. o. w Gdyni (PEWiK GDYNIA). Firma ta stanowiła jednoosobową spółkę z ograniczoną odpowiedzialnością Komunalnego Związku Gmin (KZG) „Dolina Redy i Chylonki z siedzibą w Gdyni” [21-23].

Rzeka Reda, o powierzchni zlewni 485 km², wypływa w okolicach Strzeblina i wpływa do Zatoki Puckiej, po 51 km. Dopływy prawobrzeżne Redy (Bolszewka z Gościnką i Cedron) stanowią 75% tej zlewni, zaś pozostałe 25% stanowi dopływ lewobrzeżny – Strzyga Słuszewska. Nad Redą leżą miasta – Reda i Wejherowo, w którym do Redy dopływa Cedron. Natomiast Potok Chyłoński (zwany Chylonką), o długości 3,2 km, wypływa z Góry Świętej (zwanej też Diabelską) i wpływa do kanału portowego.

Do roku 1997, 100% udziałów – PEWIK GDYNIA było w posiadaniu KZG, ale w latach 1998-2014 udziałowcami stały się sukcesywnie gminy miejskie i wiejskie, które wносиły (aportem) swój majątek w postaci urządzeń wodociągowych i kanalizacyjnych. Spowodowało to, że przedsiębiorstwo stało się wieloosobową samorządową spółką z ograniczoną odpowiedzialnością. Nadmienić należy, iż gminy miejskie to: Gdynia, Rumia, Reda, Wejherowo, natomiast gminy wiejskie to: Kosakowo i Wejherowo. Na koniec 2020 roku struktura własnościowa przedstawiała się następująco: Gmina Miasta Gdynia – 32,82%, Gmina Miejska Rumia – 13,35%, KZG „Dolina Redy i Chylonki” – 13,25%, Gmina Miasto Reda – 8,06%, Gmina Miasta Wejherowo – 5,20%, Gmina Wejherowo – 3,02%, Gmina Kosakowo – 25%, Fundusz Inwestycji Samorządowych 15,19%. Pozwoliło to na bardzo znaczny wzrost kapitału zakładowego, który w okresie 1992-2014 wzrósł z 30 mln PLN, tj do 218,4 mln PLN, tj. o 188,4 mln PLN.

Przyjęta forma organizacji przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjnego, w tym przypadku, jest bardzo praktyczną, bo pozwala na efektywne rozwiązywanie coraz trudniejszych problemów wodociągowych i kanalizacyjnych, w znacznie większej skali niż skala miasta Gdynia. Łączy się to z możliwością rozszerzenia zarówno zbiorczego zaopatrzenia w wodę, jak i grupowego oczyszczania ścieków, co pozwala stworzyć system sprawny i efektywny ekonomicznie.

Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej pozwoliło też na sięgnięcie po środki Funduszu Spójności w większym zakresie. Realizowane inwestycje, oprócz aportów infrastruktury wodociągowo-kanalizacyjnej, spowodowały bardzo znaczny przyrost wartości brutto i netto majątku trwałego. W okresie 1992-2014, wartość brutto majątku trwałego wzrosła z 96,3 mln PLN do 1060,4 mln PLN, a wartość netto majątku trwałego z 72,1 mln PLN do 520,1 mln PLN. Przedsiębiorstwo zrealizowało pięć projektów unijnych w ramach programu kompleksowego uporzędowania gospodarki wodno-ściekowej, takich jak:

- Projekt pn. „Dolina redy i Chyloni – zaopatrzenie w wodę i oczyszczanie ścieków” Wartość (netto) powyższego projektu wynosiła 267,7 mln PLN, w tym wkład unijny – 122,7 mln PLN z Funduszu Spójności.
- Projekt pn. „Rozbudowa systemów kanalizacji sanitarnej i zaopatrzenia w wodę na terenie Gdyni”. Całkowite koszty realizacji projektu (netto) – 14,7 mln PLN, a dofinansowanie ze środków Funduszu Spójności – 11,1 mln PLN.
- Projekt pn. „Rozbudowa systemu kanalizacji sanitarnej PEWIK GDYNIA” (Nr. Całkowite koszty realizacji projektu (netto) – 25,2 mln PLN, a dofinansowanie ze środków Funduszu Spójności – 14,4 PLN.
- Projekt pn. „Rozbudowa i modernizacja systemu kanalizacji sanitarnej PEWIK GDYNIA”. Całkowite koszty realizacji projektu (netto) – 9,6 mln PLN, a dofinansowanie ze środków Funduszu Spójności – 5,6 mln PLN.

- Projekt pn. „Modernizacja ciągu przeróbki osadów oczyszczalni ścieków Dębogórze-Dokumentacja”. Całkowite koszty realizacji projektu (netto) – 0,9 mln PLN, a dofinansowanie ze środków Funduszu Spójności – 0,76 mln PLN.

Wartość całkowita powyższych projektów wynosi ponad 318 mln PLN, przy dofinansowaniu z Unii Europejskiej w wysokości około 155 mln PLN.

W roku 2021, zakończona zostanie realizacja kolejnych kluczowych dla funkcjonowania zbiorczych systemów zaopatrzenia w wodę i odbioru ścieków PEWIK GDYNIA projektów unijnych, które będą miały bezpośredni wpływ na podwyższenie standardów środowiskowych i niezawodność działania, a mianowicie:

- Projekt pn. „Modernizacja ciągu technologii osadowej i nowych obiektów oczyszczalni ścieków Dębogórze oraz rozwój sieci kanalizacji sanitarnej PEWIK GDYNIA” o wartości 104,14 mln zł, z dofinansowaniem UE w kwocie 54,22 mln zł,
- Projekt pn. „Optymalizacja i rozbudowa systemów zbiorowego zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków PEWIK GDYNIA” o wartości 89,46 mln zł, z dofinansowaniem UE w kwocie 38,83 mln zł.

W cały system zaopatrzenia w wodę przedsiębiorstwa wchodzi obecnie takie wydzielone systemy wodociągowe jak:

- Gdyński System Wodociągowy, zajmujący obszar około 200 km² i jako system wielostrefowy obsługujący ponad 310 tys. mieszkańców Gdyni, Rumi, Redy i wybrane miejscowości gminy Kosakowo, mający zdolność produkcyjną wynoszącą 90,4 tys. m³ /d;
- Wejherowski System Wodociągowy, wykorzystujący wodę z ujęcia i SUW „Cedron” o wydajności nominalnej około 16,6 tys. m³ /d, jak też wodę z wydzielonej studni na ujęciu „Reda” dostarczaną do miejscowości Kazimierz, mającą lokalną SUW przejętą w 1996 roku od gminy Kosakowo, mający zdolność produkcyjną wynoszącą około 12, 8 tys. m³ /d;
- System Wodociągowy Gościcino – Bolszewo – Orle, zaopatrujący 15 tys. mieszkańców, zamieszkujących obszar gminy miejskiej Wejherowo, mający zdolność produkcyjną około 5,2 tys. m³ /d i wykorzystujący ujęcie i SUW „Brzozowa”.

Łączna zdolność produkcyjna powyższych systemów wynosi około 108 tys. m³/d. Woda pochodzi ze studni głębinowych czwartorzędowych, trzeciorzędowych i kredowych, pobierających wodę z głębokości od 30 m do 325 m.

Zużycie wody z wodociągów w gospodarstwach domowych w Gdyni, podobnie jak prawie w całym kraju wykazuje tendencję spadkową, Przykładowo, zużycie wody na mieszkańca w Gdyni w 2005 roku wynosiło 38,4 m³/M, a w roku 2010 spadło do 33,7 m³/M (spadek 12%). Istotnym jest zatem zwiększanie zdolności przerobowej systemu wodociągowego poprzez przyłączanie nowych obiektów.

Istnieje osiem ujęć wody podziemnej, mających łącznie 95 studnie, w tym 81 studni czynnych, w ujęciach: „Reda” (21 szt.), „Rumia” (21 szt.), „Sieradzka” (8 szt.), „Kolibki” (7 szt.), „Wiczlino” (7 szt.), Brzozowa (4 szt.). Wszystkie ujęcia znajdują się w eksploatacji

Zatwierdzone zasoby wodne ujęć to 162 tys. m³/d, a ich zdolność produkcyjna – 127,5 tys. m³/d. Procentowy udział ujęć w zaopatrzeniu w wodę przedstawia się następująco: „Reda” (33%), „Rumia” (18%), „Wiczlino” (13%), „Cedron” (9%), „Kolibki” (7%), „Sieradzka” (6%), „Wielki Kack” (6%), „Brzozowa” (3%), a na ujęcie „Jana z Kolna” przypada 5%. Pierwsze wymienione wyżej ujęcia stanowią 73% udziału w zaopatrzeniu w wodę. W okresie 1992-2014 wydobyto około 500 mln m³. Długość sieci wodociągowej eksploatowanej przez przedsiębiorstwo wynosi około 1350 km. System wodociągowy (rys. 15) działa jako strefowy pompowy. Stacje uzdatniania wody (SUW) działają przy siedmiu ujęciach wody, a jakość wody przewyższa wodę źródłaną butelkowaną. Warto dodać, że zastosowano dezynfekcję wody promieniami UV.

Przedsiębiorstwo eksploatuje sieć kanalizacyjną o długości 1355 km, a w systemie kanalizacyjnym działa 105 pompowni ścieków. Podstawowym elementem systemu kanalizacyjnego jest Grupowa Oczyszczalnia Ścieków „Dębogórze”, która zbiera i oczyszcza ścieki z terenu Gdyni, Rumi, Redy i Wejherowa oraz innych mniejszych jednostek osadniczych. Po zakończonej, w 2009 roku, rozbudowie i modernizacji, oczyszczalnia ta spełnia wymogi krajowe i unijne w zakresie oczyszczania ścieków, w tym $N_{og} < 10 \text{ mg/dm}^3$ oraz $P_{og} < 1,0 \text{ mg/dm}^3$.

Aktualnie, do oczyszczalni dopływa średnio około 55 tys. m³/d ścieków, natomiast obciążenie ładunkiem zanieczyszczeń wynosi 420 tys. RLM (równoważna liczba mieszkańców). Założono, że w perspektywie 2030 roku, powyższe obciążenie wynosić będzie 550 tys. RLM. Dobre rezultaty oczyszczania ścieków, w tym usuwania substancji biogennej, zapewniają między innymi reaktory biologiczne, o pojemności 104 tys. m³, oparte o zmodyfikowaną technologię Bardenpho, z symultaniczną denitryfikacją, w systemie Carrousel.

W zakresie zagospodarowania osadów ściekowych, oczyszczalnia „Dębogórze” posiada, od 1998 roku, pierwszą w kraju spalarnię odwodnionych osadów oraz składowisko popiołów. Spalanie osadów poprzedzone jest ich zagęszczaniem i odwadnianiem oraz stabilizacją (dezintegracja osadu nadmiernego w warunkach termofilowych i fermentacja beztlenowa termofilowa). Samo spalanie osadów następuje w piecu ze złożem fluidalnym, przy wydajności spalarni 80-90 Mg osadów odwodnionych/d (wydajność projektowana – 110 Mg/d). Warto dodać, że produkowana na drodze kogeneracji energia elektryczna i ciepła wykorzystywana jest na oczyszczalni.

Przedsiębiorstwo było efektywnie zarządzane przez 21 lat przez Prezesa Zarządu Henryka Tomaszewskiego (obecnie na emeryturze) – wizjonera, który był prekursorem wielu nowych rozwiązań wodociągowych i kanalizacyjnych. Nowymi prezesami Zarządu zostali Walery Tankiewicz i Wiesław Kujawski.

W zakresie innowacyjności, przedsiębiorstwo może stanowić wzór dla innych wodociągów. Oczyszczone ścieki odprowadzane są początkowo kanałem lądowym o długości 9 km, a następnie do Zatoki Puckiej, na odległość około 2,5 km od linii brzegowej, za pomocą kolektora umieszczonego pod dnem morskim. Kolektor podmorski zakończony jest zestawem dyfuzorów zanurzonych na głębokości 8 m. Powyższe rozwiązania zapewniły nie tylko poprawę stanu czystości wód Zatoki Puckiej, ale też umożliwiły dalszy rozwój terenów nadmorskich.

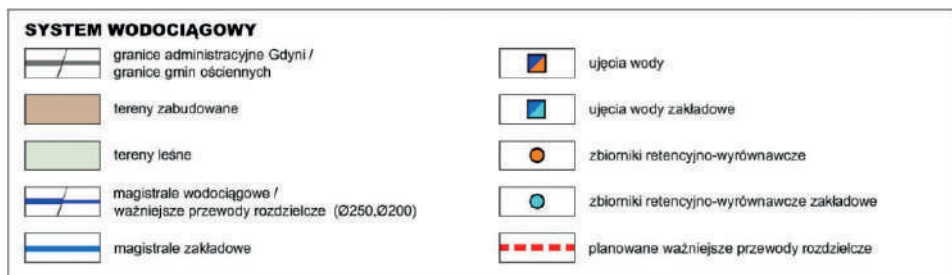
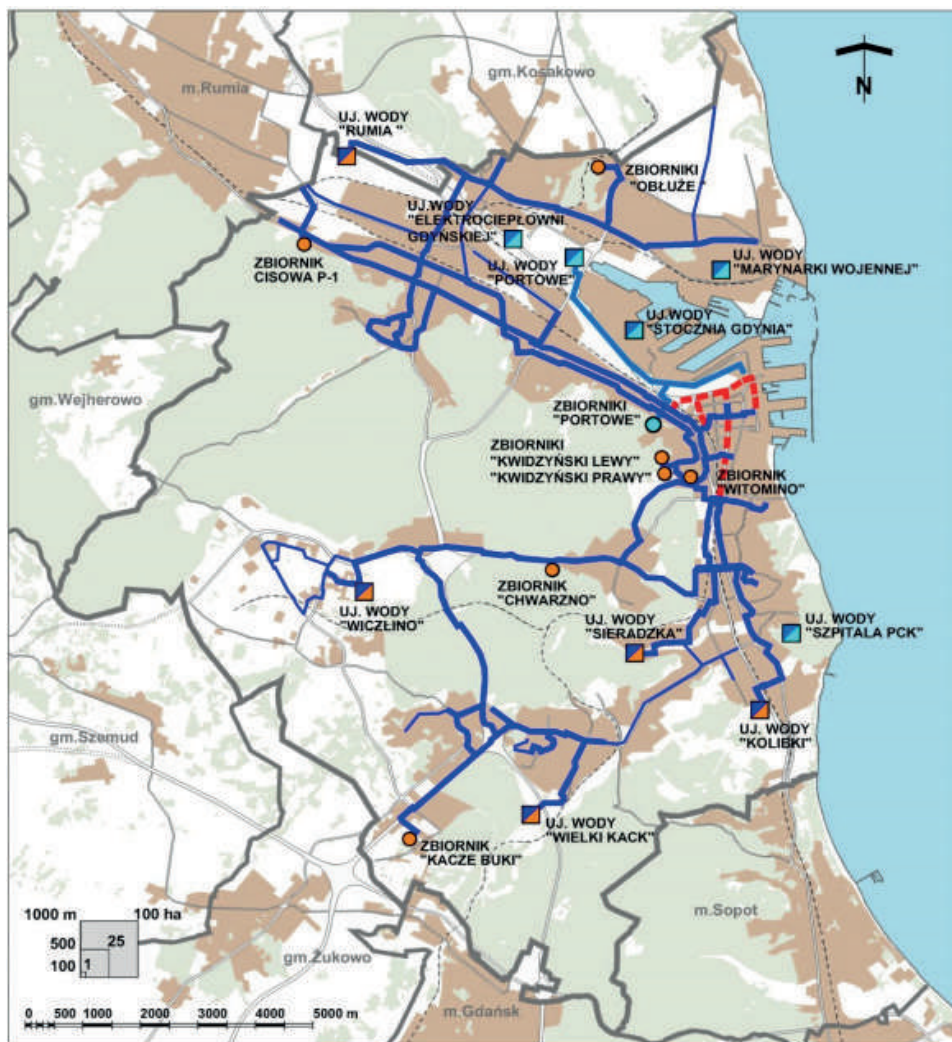
Wpływy antropogeniczne na obszarze Gdyni i okolicznych gmin zasadniczo zmieniły stosunki wodne. Były one związane między innymi z zabudową terenów, zmianą koryt cieków, likwidacją wielu stawów i spowodowały nieustanną konieczność sięgania po coraz to nowe zasoby wód podziemnych. Od początku istnienia przedsiębiorstwo zmuszone było do poboru wód podziemnych. Dostarczana woda pochodzi w całości z ujęć podziemnych.

Przedsiębiorstwo zbudowało rozległe systemy: wodociągowy i kanalizacyjny. Sama tylko aglomeracja gdyńska liczy ponad 250 tys. mieszkańców i ma powierzchnię 135 km². Systemy te nie ograniczają się tylko do miasta Gdynia, ale inkorporują sąsiednie gminy miejskie i wiejskie, przejmując zróżnicowany majątek wodociągowo-kanalizacyjny siedmiu gmin. W roku 2010, wprowadzono Zintegrowany System Informatyczny (ZIS), który dotyczył projektu związanego z „hurtownią danych”, działającą w oparciu o Oracle Business Intelligence Edition for Linux.

Przedsiębiorstwo świadczy usługi wodociągowo-kanalizacyjne dla około 380 tys. mieszkańców. Równocześnie PEWIK GDYNIA wprowadza rozwiązania techniczno-technologiczne zaopatrzenia w wodę na światowym poziomie, czego jednym z przykładów jest otwarta ostatnio bardzo nowoczesna i piękna SUW „Cedron”. Za swoją działalność, w tym wprowadzanie rozwiązań innowacyjnych, przedsiębiorstwo otrzymała wiele wyróżnień i nagród, między innymi nagrodę Zielony Laur-2009 PIGE.

Należy podkreślić, że Grupowa Oczyszczalnia Ścieków „Dębogórze”, z usuwaniem substancji biogenych, jako pierwsza w Polsce rozwiązała problem zagospodarowania osadów ściekowych, poprzez ich termiczne unieszkodliwianie.

Nadal następuje ciągła rozbudowa systemu wodociągowo-kanalizacyjnego. Przykładowo, w 2021 roku została zakończona inwestycja współfinansowana ze środków Unii Europejskiej w ramach projektu POIS „Optymalizacja i rozbudowa zbiorczego zaopatrzenia w wodę i oczyszczania ścieków PEWIK GDYNIA”.



Rys. 15. Mapa Gdyńskiego Systemu Wodociągowego [24]



Rys. 16. Widok Stacji Uzdatniania Wody „Cedron”

W ramach kontrakt związanego z budowa kanalizacji w Orlu wykonano i przekazano do eksploatacji blisko 24 km kanalizacji sanitarnej (grawitacyjnej i tłocznej) z trzema przepompowniami ścieków za 20 mln PLN oraz odcinek sieci wodociągowej. W dniu 1 kwietnia 2020 roku minęła 100-letnia rocznica Wodociągów Gdyńskich.

Opis Stacji Uzdatniania Wody (SUW) „Cedron” (rys. 16) został przedstawiony w rozdziale 5 (5.1.1.1), w którym wskazano, że stacja, należąca do jednego z systemów wodociągowych Gdyni, jest jedną z najbardziej nowoczesnych w kraju.

4.2.2. System wodociągowo-kanalizacyjny w Radomiu

Radom jest jednym z pierwszych miast w kraju, w których na szeroką skalę podjęto rozbudowę sieci wodociągowej i kanalizacyjnej, dlatego znacznie szerzej przedstawiono historyczny rozwój miasta, przyczyny rozwoju systemu wodociągowo-kanalizacyjnego i podejmowane w tym zakresie wysiłki. Przykład historycznego rozwoju systemu aglomeracji radomskiej jest także interesujący w aspekcie rozwoju miasta i aspektów zdrowotnych ludności [25-27]

Do podejmowania decyzji o rozbudowie sieci wodociągów i kanalizacji skłaniały władze miasta pogarszające się warunki sanitarne, przy jednoczesnym wzroście ludności. Brak sprawnie działającego systemu wodociągowego wywoływał

epidemie, które znacznie opóźniały rozwój miasta. Zapewnienie odpowiednich warunków sanitarnych było problemem od dawna, bowiem rozwojowi chorób sprzyjał teren na jakim zlokalizowano miasto. W okolicach Radomia, płaskowyż sandomiersko-kielecki przecięty jest bagnistą doliną rzeki Mleczej wpadającej do rzeki Radomki, oraz strumieniami północnym i południowym, które powydzielały bagniste doliny. Istniejący wówczas system kanalizacji miasta, który powstał jeszcze w czasach średniowiecza, polegał na grawitacyjnym odprowadzaniu nieczystości otwartymi kanałami do fos miejskich. W XIX wieku, ze względu na ich zamulenie i zanieczyszczenie, system ten stał się całkowicie niefunkcjonalny. Również nie sprawdził się system kanałów, które miały osuszać podmokłe grunta położone wzdłuż cieków wodnych.

Istotnym etapem w uregulowaniu stosunków wodnych, było przeprowadzenie w latach dwudziestych XIX wieku regulacji rzeki Mleczej, a do podjęcia wysiłków przyczyniły się choroby, rozprzestrzeniające się w wyniku zawilgocenia terenu. Badania przeprowadzone w 1845 roku, wykazały, że płytkie wody gruntowe, z których korzystali mieszkańcy, są skażone ściekami, czego efektem były epidemie cholery i tyfusu brzuszego, które wybuchały niemal przez cały XIX wiek. Ciągłych problemów nastroczała kanalizacja i. zalewanie piwnic okolicznych domów. Dlatego w połowie lat czterdziestych XIX wieku, rozpoczęto budować sieć kanalizacji, budując kanał drewniany, który stanowił rozwiązanie prowizoryczne. W latach sześćdziesiątych XIX wieku wybudowano cały system otwartych rowów melioracyjnych odprowadzających ścieki i wody powierzchniowe. Bazę planistyczną, pod skanalizowanie całości ówczesnego miasta, stworzył płk inż. S. Jurczewski w 1861 roku, a projekt, który był gotowy w 1867 roku, polegał na zmodernizowaniu drewnianego kanału, zastępując go systemem kanalizacji ogólnospławnej z kanałami murowanymi.

W dalszym ciągu nie rozwiązany pozostawał problem braku sieci wodociągowej, która zapewniłaby stały dostęp do wody zdatnej do picia dla jak największej ilości mieszkańców. Analizy z 1845 roku wykazały, że wody pitne były skażane ściekami, a istniejące studnie nie były w stanie pokryć stale rosnącego zapotrzebowania na wodę. Dodatkowo, zaczęto budować wielokondygnacyjne budynki, w których zakładano wodociągi lokalne, wykorzystujące wodę ze studni własnych. W 1900 roku, powstał projekt wodociągowo-kanalizacyjny opracowany przez firmę Arnolda Bronikowskiego i S-ka z Warszawy, który nie został zrealizowany. W 1908 roku, firma Karol Francke z Bremen, przedstawiła trzy rozwiązania założenia sieci wodociągowej i kanalizacyjnej, według których miano wydobywać wodę podziemną i nie korzystać z wody rzecznej. Nie skorzystano jednak z tego projektu, uznając, że system spłaty inwestycji był dla miasta zbyt ryzykowny i niekorzystny.

W 1909 roku, miasto zwróciło się do znanej firmy Williama H. Lindleya o opracowanie nowego projektu sieci wodociągów i kanalizacji. Koszty sporządzenia projektu wodociągów i kanalizacji wynosiły 8000 rubli. Zdecydowano się na tą propozycję, tak że Radom w 1912 roku posiadał projekt systemu wodociągowo-kanalizacyjnego, jeden z najlepszych w tych czasach. Przewidziano w nim, że miasto liczące blisko 52 tys. mieszkańców w 1911 roku, będzie liczyło 200 tys. mieszkańców w roku 1945, a zapotrzebowanie wody będzie wynosiło 20 000 m³/dobę. W projekcie proponowano również, aby wodę czerpać z pokładów geologicznych górnej kredy. Przystąpiono do budowy kilku studni na Malczewie, które okazały się bardzo wydajne i wykorzystywane są do dnia dzisiejszego. Łącznie miało powstać dziewięć studni, w tym dwie rezerwowe, o głębokości 13 m i średnicy 4 m. Pomiędzy pierwszym a drugim stopniem tłoczenia miał znajdować się dwukomorowy zbiornik. Rurociąg zbiorczy od studni do zbiornika zaprojektowano z rur żeliwnych. Natomiast pompowanie drugiego stopnia miało odbywać się za pomocą czterech silników Diesla. Woda miała być kierowana ze stacji pomp do wieży ciśnień, a następnie być dostarczana siecią przewodów wodociągowych, ułożonych pierścieniowo w oparciu o cztery magistrale. W ulicach, którymi miały przebiegać magistrale przewidziano również rurociągi równoległe rozbiornicze, a w końcowej fazie budowy – zbiornik wyrównawczy.

Drugą częścią planu stanowił projekt kanalizacji miasta Radomia, który oparto się na szczegółowej analizie warunków fizjograficznych, przyjęciu zasady systemu ogólnospławnego sieci kanalizacyjnej i zrezygnowaniu z zamiaru aby odbornikiem ścieków była rzeka Mleczna. Przy projektowaniu kanałów wykorzystano obserwacje meteorologiczne z lat 1897-1905 w Królestwie Polskim oraz na Śląsku. Ustalono intensywność deszczy, uwzględniono retencję kanałową zmniejszającą współczynniki spływu, przyjmując spływ dla centrum – 120 litrów/s/ha, dla zabudowy miejskiej – 100 litrów/s/ha i dla przedmieść – 60 litrów/s/ha. Kanały o jajowym przekroju miały zostać wykonane z cegły z dnem wyłożonym łuskami kamionkowymi, kanały boczne z rur kamionkowych. Przyjęto, że co 50 m- na kanałach bocznych i co 70 m- na kolektorach znajdować się będą studnie rewizyjne. W celu zapewnienia drożności kanałów przewidziano intensywną ich wentylację i przepłukiwanie urządzeniami piętrzącymi ścieki.

Nowatorską część projektu, jak na tamte czasy, stanowiła oczyszczalnia ścieków, zaprojektowana przy zbiegu kolektorów ujścia strumienia północnego do rzeki Mlecznej. Miała się ona składać z obudowanego dwukomorowego osadnika i krat, sześciu osadników i hali pomp kanałowych dla gospodarki osadami. Wstępnemu oczyszczaniu poddawane miały być tam ścieki poniżej dwukrotnego rozcieńczenia wodą deszczową, natomiast przepływy ponad 760 l/s miały być zrzucone bezpośrednio do rzeki Mlecznej. Dalszy proces oczyszczania miał się odbywać poniżej

oczyszczalni, wykorzystując do tego piaszczyste wydmy na lewym brzegu rzeki Mlecznej, gdzie przewidziano montaż urządzeń zdrenowanych pól nawadnianych. Sprzyjało temu naturalne ukształtowane podłoże z głęboko zalegającymi gruboziarnistymi piaskami. Pola nawadniane, miały objąć 135 ha, w postaci płytkich zbiorników oraz 29 ha stawów, w celu lepszego oczyszczania ścieków zimą. Przewidywano obciążenie pól wynoszące 1 ha na tysiąc mieszkańców korzystających z kanalizacji. Z oczyszczalni mechanicznej, ścieki miały być odprowadzane na pola kanałem murowanym, który następnie miał przechodzić w dwa przewody rur żeliwnych o przekroju 600 i 800 mm pracujących pod niewielkim ciśnieniem. W pierwszym etapie budowy oczyszczalni, zaplanowano wybudowanie jednego z trzech piaskowników z kratami, trzy osadniki, stacje pomp kanałowych, oraz murowany kanał z tymczasowym spustem do rzeki. Plan, choć nowatorski na tamte czasy, nie został zrealizowany z powodów braku środków kapitałowych, a w niedługim czasie także wybuchu I-ej wojny światowej.

Na początku lat dwudziestych, stan sanitarny miasta przedstawiał się w dalszym ciągu katastrofalnie. Wodę czerpano dalej ze studni, kanałami burzowymi spływały wszystkie nieczystości do rzeki Mlecznej. Plany powyższe okazały się bardzo pomocne dopiero w 1925 roku, kiedy to budowę wodociągów zaczęto realizować przy pomocy amerykańskiej firmy Ulen & Company. Przez okres pierwszej wojny nie prowadzono jednak żadnych inwestycji. Pomimo, że miasto nie poniosło większych zniszczeń, coraz bardziej dotkliwy stawał się brak budynków mieszkalnych, przy stale rosnącej liczbie ludzi bezdomnych. Stan sanitarny miasta przedstawiał się gorzej niż przed pierwszą wojną. Wodę do gospodarstw domowych otrzymywano wyłącznie ze studni. Zapotrzebowanie w wodę zapewniane było tylko w podstawowym zakresie. W 1921 roku, na około 61,6 tys. mieszkańców przypadały 1154 studnie. Analiza stanu wód, wykonana w 1922 roku w 63 studniach wykazała fatalny stan wód przeznaczonych do celów spożywczych. W 16 studniach wykryto w wodzie obecność amoniaku i azotynów, poza tym występowały bakterie chorobotwórcze. Nieco lepiej przedstawiała się sytuacja w śródmieściu, gdzie w zamożniejszych domach funkcjonowały wodociągi lokalne, a wodę pompowano do zbiorników na strychach, stamtąd rurami rozprowadzano do mieszkań.

W okresie międzywojennym, miasto stawało się jednym z najważniejszych ośrodków przemysłu zbrojeniowego. Powstaje między innymi wytwórnia broni, fabryka masek przeciwgazowych, zaczęto inwestycję związaną z państwową wytwórnią papierosów. Szybki rozwój przemysłu pociągnął za sobą szybki rozwój urbanistyczny, a to z kolei napływ ludności do miasta. W 1925 roku, Radom liczył już 65 tys. mieszkańców, w związku z tym pilną sprawą stało się rozwiązanie problemu związanego z brakiem sieci wodociągowej i kanalizacyjnej dla miasta.

Dlatego, jeszcze w 1924 roku, zaczęto przygotowania do inwestycji mającej rozwiązać ten problem. Magistrat miasta Radomia zawarł umowę z amerykańskim Towarzystwem Ulen & Company na wykonanie całego zestawu inwestycji komunalnych za pośrednictwem Banku Gospodarstwa Krajowego, z pożyczki zaciągniętej w tej firmie w wysokości 2 mln 571 tys. dolarów (USD). Spłacanie pożyczki nie było jednak korzystne, gdyż łącznie miasto miało oddać ponad 2 mln 400 tys. dolarów odsetek, a ponad to miałyby ją spłacać już z początkiem 1925 roku. Było to jednak jedyne rozwiązanie, które pozwoliło, w tamtych czasach, zacząć inwestycję budowy nie tylko kanalizacji, ale także rzeźni, gazowni, hal targowych i łaźni. Blisko 50% z tej sumy pochłonąć miała budowa urządzeń sieci wodno-kanalizacyjnej. Firma Ulen & Company miała otrzymać 15% honorarium i w ramach tych środków zobowiązana była do przygotowania dokumentacji technicznej. W rzeczywistości, firma dostarczała tylko szkice projektowe, które jednak zostały szybko zatwierdzone przez Ministerstwo Robót Publicznych. Był to dobry sposób dla rozwiązania problemu bezrobocia, bowiem przy budowach zatrudnionych było, każdego roku, około tysiąc osób. Dodatkowo, aby podnieść wydajność i efektywność pracy wprowadzono akordowy system wynagradzania robotników. Wszystkie projekty techniczno-robocze niezbędne do budowy wykonywane były na koszt miasta i aby zaoszczędzić jak najwięcej pieniędzy sięgnięto do planów W.H. Lindleya. Warto wspomnieć, że pożyczka amerykańska w społeczeństwie wywołała duży rozgłos. W „Głosie Prawdy” z 1927 roku, parokrotnie opublikowano artykuły krytykujące zaciągnięcie pożyczki, a najwięcej kontrowersji wzbudzała jej spłata. W jednym z artykułów pożyczkę określono jako „lichwę Ulena”. Miasto czyniło zabiegi, by jak najszybciej spłacić całe honorarium należące się firmie Ulen & Company. W rezultacie do 1939 roku spłacono 1 mln 79 tys. dolarów, a resztę spłacił skarb państwa w 1957 roku. Plany firmy Ulen & Company stanowią zbiór siedemnastu rysunków technicznych wykonanych na kalkach, wszystkie są w kolorze czarno białym.

W trakcie realizacji tego projektu, upoważniono inż. Tadeusza Szczepańskiego, absolwenta Politechniki w Zurychu, do sprawowania nadzoru inwestorskiego z ramienia miasta, a gdy w 1927 roku Rada Miejska powołała Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji, został jego pierwszym dyrektorem. Inwestycje zaczęto w połowie czerwca 1925 roku a zakończenie budowy nastąpiło już w 1928 roku. System wodociągowy miał składać się z ujęć głębinowych, stacji wodociągowej, czyli: zbiornika wody, stacji pomp, urządzenia do uzdatniania wody, wieży ciśnień oraz sieci rozdzielczej wodociągowej. Zaopatrzenie w wodę oparto na trzech studniach wzdłuż strumienia północnego, czerpiących wodę z pokładów górnej kredy. Do września 1926 roku wykonano znaczną część prac. Do tego czasu uruchomiono próbną studnię nr 1, wykonano także odwierty dla

pozostałych dwóch studni. Woda, która początkowo używana była tylko do przepłukiwania sieci wodociągowej, od sierpnia 1926 roku dostarczana była do kilkunastu gospodarstw domowych, ale nie mogła być jednak wykorzystywana do celów spożywczych. Do tego czasu ułożono także około 30 km bieżących rurociągów, ustawiono 170 hydrantów i 300 sztuk zasuw. Przystąpiono do budowy stacji pomp i stacji filtrów systemu zamkniętego. Na tym miano zakończyć program budowy wodociągów miejskich i w dniu 21 marca 1927 roku sieć została oddana do użytku.

Znacznie dalej posunięte były prace kanalizacyjne, co wynikało głównie z faktu, że w mieście istniała już sieć kanałów ogólnospławnych zbudowanych jeszcze w latach sześćdziesiątych XIX wieku. Zadania budowy kanalizacji obejmowały w zasadzie skanalizowanie rzeki Mlecznej na obszarze miasta oraz rozbudowę sieci już istniejącej. Na budowie sieci kanalizacyjnej poczyniono pewne oszczędności, przyjmując system kanalizacji rozdzielczej. Przystąpiono wówczas do budowy kanałów sanitarnych i tylko najpotrzebniejszej części kanalizacji dla wód opadowych. Dla ochrony niżej położonych części miasta, zalewanych podczas większych opadów, wybudowano 2 km kolektorów o średnicy od 250 mm do 1000 mm, jak też odwodniono południową część miasta. Łącznie wybudowano sieć kanalizacyjną o długości ponad 30 km składającą się z rur kamionkowych i betonowych o średnicy od 200 mm do 800 mm. Dodatkowo, sieć kanalizacyjną zaopatrzone w około 400 murowanych studzienek rewizyjnych z żelaznymi włazami, 5 płuczek typu amerykańskiego oraz 5 syfonowych przejść przez rzekę Mleczną, strumień południowy oraz stare kanały ogólnospławne. W trakcie budowy napotkano duże trudności związane z brakiem środków budowlanych. Jedyna wówczas w kraju fabryka rur kamionkowych „Marwil” w Radomiu nie była w stanie wyprodukować ilości rur, by zaspokoić potrzeby na budowę kanalizacji w czterech dużych miastach. Pozostałe kielichowe rury betonowe przywożono z Częstochowy. Kolejną kwestią sporną była sprawa zagłębienia kanałów. Uznano, że wkopanie rur na głębokość 1,50 m., jak proponował W.H. Lindley, to zdecydowanie za płytko. Postulowano, zatem by zagłębienie wynosiło minimum 3,50 m. Miasto uzyskało tymczasową zgodę władz sanitarnych na wpuszczanie ścieków do rzeki Mlecznej, do czasów zbudowania oczyszczalni, co doprowadziło jakość wód rzeki do stanu fatalnego. Badania z 1935 roku wykazały, że woda z rzeki była bardziej zanieczyszczona ściekami garbarskimi, niż ściekami z miasta.

System wodociągowo-kanalizacyjny był sukcesywnie rozbudowywany aż do wybuchu II-jej wojny, sieci zostały doprowadzone do dzielnic peryferyjnych. W 1933 roku, oddano do eksploatacji studnię nr 4, co wyrównało dysproporcję pomiędzy urządzeniami do uzdatniania wody a źródłami poboru. W latach 1931-1935 zbudowano stację napraw i legalizacji wodomierzy. W latach 30-tych nastąpił

znaczny wzrost produkcji wody w związku z ożywieniem gospodarczym. Zdolność produkcyjna wody w 1935 roku wynosiła 920 tys. m³, natomiast w 1937 roku było to już 1 226 tys. m³. W roku 1938, Zakład Wodociągów i Kanalizacji połączono z Gazownią i powołano nowe Zakłady Wodociągowo- Kanalizacyjne i Gazowe, co nie było jednak dobrym rozwiązaniem organizacyjnym.

Sprawa realizacji systemów wodociągowo- kanalizacyjnych nie dotyczyła tylko miasta Radomia, ale wszystkich miast gdzie rozpoczęto inwestycje dotyczące wodociągów i kanalizacji. Prezydent Rzeczypospolitej w 1928 roku wydał rozporządzenie o przymusie podłączeń, zbudowanych z kanalizacją i wodociągiem miejskim, w miastach: Lublinie, Radomiu, Piotrkowie, Częstochowie, Kielcach, Dąbrowie Górniczej i Sosnowcu. W mieście Radomiu istniał urząd inspektora wodociągów i kanalizacji, sprawowany przez inż. Tadeusza Szczepańskiego, którego zadaniem było dopilnowanie by powyższe rozporządzenie było przestrzegane. Na jednym z posiedzeń Rady Miejskiej, jeszcze w 1928 roku nałożono na właścicieli nieruchomości położonych przy ulicach, gdzie wybudowano wodociągi i kanalizację, nakaz podłączenia się. W lutym 1930 roku Rada Miasta wydała rozporządzenie szczegółowo określające warunki techniczne dla połączeń i urządzeń wodociągowych i kanalizacyjnych. Sieć kanalizacyjna była jednak często zatykana przez bezmyślność ludzką. Problemem tym, na przełomie lat 1936/1937, zajął się ówczesny wiceprezydent Radomia inż. Janusz Radomski, bowiem podwórkowe ustępy łączono z kanałami miejskimi, bez splukiwania nieczystości wodą, a do kanalizacji spuszczano wszelkie inne materiały jak żwir, piach itp., co z kolei powodowało zatykanie się studzienek kanalizacyjnych, powodując wydzielanie się odorów. Zakazano istnienia dołów kloacznych przy nieruchomościach, gdzie istniała możliwość połączenia z kanalizacją.

Podłączenie się do sieci wodociągowo- kanalizacyjnej było w Radomiu opłacalne nie tylko ze względu na podniesienie jakości i higieny życia, ale stały za tym także względy finansowe. Cena jednostkowa za m³ wody i ścieków w Radomiu była jedną z najniższych w kraju, która wynosiła 0,80 zł, będąc średnio o 0,40 zł niższa niż przykładowo w Lublinie, a niemal dwa razy niższa niż w Kielcach . Pomimo tego nie zniknął problem z zaległymi opłatami i wystąpił pewien paradoks, bowiem regularniej uiszczali opłaty lokatorzy dzielnic biedniejszych. W wielu przypadkach, po usankcjonowaniu się przepisów prawnych, odcinano dopływ wody do mieszkań .

W czasie okupacji nieznaczny rozwój wymusił napływ ludności niemieckiej. W 1942 roku Radom liczył już 110 tys. mieszkańców, co znacznie przekroczyło zdolności produkcyjne wodociągów. Załoga przedsiębiorstwa, własnymi siłami rozbudowała ujęcie i urządzenia do uzdatniania i tłoczenia. Następnie zmodernizowano i rozbudowano odżelaziacze, jak też dodatkowo wprowadzono nowy

system drenażowy. Po realizacji wszystkich inwestycji zdolność produkcyjna wzrosła, stwarzając możliwość produkcji do 10 000 m³/d. W latach 1942-1944, wykorzystano nie wykończoną studnię na terenie Rzeźni Miejskiej, którą pogłębiono i zamontowano pompy. Działania wojenne drugiej wojny nie spowodowały zniszczeń w urządzeniach do produkcji wody oraz do jej rozprowadzania. Wycofujący się okupant pozostawił oddział żandarmerii, którego zadaniem było, w odpowiednim momencie, zniszczenie urządzeń stacji pomp. Szybki postęp wojsk sowieckich oraz brak łączności oddziału żandarmerii niemieckiej ze swoim sztabem spowodował wycofanie się wojska z terenu stacji pomp, bez dokonania zniszczeń. Bombardowania niemieckie uszkodziły natomiast sieć wodociągową i kanalizacyjną, ale po dwudniowej naprawie sieci systemu zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków spełniały już swe zadania.

W roku 1946 stanowisko dyrektora Zakładów Wodociągowo-Kanalizacyjnych i Gazowych objął inż. Tadeusz Szczepański. Mimo, że powyższa forma organizacyjna nie była najlepsza, to przetrwała do 1952 roku. Na początku 1952 roku, utworzono Miejskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Wodnej, którego zastępcą ds. technicznych został inż. Zygmunt Wilczyński. Była to organizacja wielozakładowa, do której wchodziły: wodociągi i kanalizacja, komunikacja miejska, oczyszczanie miasta, łaźnia i pralnia miejska. Narastające nadal problemy wodociągowo-kanalizacyjne w mieście Radomiu spowodowały, że od dnia 1 stycznia 1965 roku powołano Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji, którym kierowali inż. Zygmunt Wilczyński i inż. Stanisław Bień.

Dalszy rozwój miasta wymuszał rozbudowę systemu wodociągowo-kanalizacyjnego, bowiem dzielnice peryferyjne nie były wyposażone w sieć wodociągową i kanalizację. Wzrost ilości wody dostarczanej odbiorcom spowodował spadek jej poziomu w eksploatowanych studniach, co spowodowało decyzję o konieczności budowy nowej stacji wodociągowej. Dokumentację techniczną przygotowało Centralne Biuro Projektów Budowlanych i Architektonicznych w Warszawie. Autorami byli: inż. Zygmunt Wilczyński w zakresie technologii oraz inż. Piotr Janicki w zakresie instalacji elektrycznej. Stacja wodociągowa „Obozisko” była zaprojektowana na wydajność 3 500 m³/dobę, jako jednostopniowa, tzn. wodę z trzech studni pobierały samozasysające pompy poziome, które poprzez cztery odzelnizatory tłoczyły wodę do sieci miejskiej. Stacja ta została uruchomiona w końcu maja 1952 roku. Większość prac przy realizacji tej stacji, ekipy wodociągów wykonywały we własnym zakresie. Ze względu na szybki rozwój sieci wodociągowej i przyrost spożycia wody zaszła również konieczność dostosowania produkcji wody do nierównomierności rozbioru, co miało umożliwić budowa drugiego zbiornika retencyjnego na stacji pomp, którą wykonano w latach 1953–1954. Rosnące zapotrzebowanie powodowało obniżanie się lustra wody w studniach

wierconych, co z kolei stawało się barierą dla ich technicznych możliwości eksploatacyjnych. Problem ten został rozwiązany przez zastosowanie podwodnych agregatów pompowych.

Szybki rozwój miasta, zarówno w zakresie przemysłu, jak też w zakresie budownictwa mieszkaniowego, wymagał budowy nowych ujęć wody. W 1954 roku podjęto decyzję realizacji stacji wodociągowej na Malczewie, w miejscu wskazanym przez W.H. Lindleya, gdzie wodociągi posiadały działkę o powierzchni 12,3 ha, na której istniała od 1906 roku studnia wiercona nr 7 i do której dowiercono studnię nr 6. Utrzymano wówczas wybraną lokalizację nowej stacji wodociągowej, dla której dokumentację techniczną wykonało Biuro Projektów Budownictwa Komunalnego w Warszawie. Projekt wstępny ukończono w 1958 roku i przystąpiono do realizacji zadania, zaczynając od budowy wodociągu o średnicy 500 mm i długości 2,7 km, łączącego stację wodociągową z wodociągiem o średnicy 350 mm, a we wrześniu 1959 roku zakończono budowę tego wodociągu. Dokumentację techniczną sukcesywnie dostarczano na przestrzeni lat 1958 – 1960. Roboty trwały do połowy sierpnia 1964 roku, a eksploatację rozpoczęto na początku października 1964 roku. Wydobycie wody z trzech studni wierconych nr 5, 6, 7 zapewniały agregaty pompowe o mocy 30 kW, a projektowa wydajność wynosiła 12 000 m³/d.

Ze względu na dynamicznie rozbudowujące się miasto, a w szczególności nowe osiedla mieszkaniowe, zachodziła potrzeba realizacji drugiego etapu budowy „Malczewa”. W latach 1969 – 1970 udokumentowano zasoby wody dla „Malczewa” w wysokości 1 200 m³/h. Budowę II etapu powyższej inwestycji powierzono Kieleckiemu Przedsiębiorstwu Robót Inżynieryjnych w Kielcach. Prace rozpoczęto w 1971 roku, i wyprzedzająco zaczynając wykonanie rurociągu o średnicy 500 mm i długości 3,7 km z „Malczewa”. Budowa tego wodociągu umożliwiła rozwój osiedli mieszkaniowych. Tradycyjnie dużą pomoc w realizacji drugiego etapu „Malczewa” świadczyło Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji. Budowę ukończono w połowie 1974 roku. Rozruch przeprowadzono siłami własnymi, pod kierownictwem mgr inż. Marka Michonia, a wydajność całej stacji wodociągowej w dniach największego rozbioru wynosiła ponad 30 000 m³/d.

Ze względu na coraz bardziej pogłębiające się problemy związane z zaopatrzeniem w wodę i odprowadzaniem ścieków, mniejsze miasta regionu radomskiego wymagały pomocy w tym zakresie. Wojewoda Kielecki powołał w dniu 1 kwietnia 1974 roku Rejonowe Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Radomiu, któremu zostały podporządkowane zakłady wodociągów i kanalizacji w Radomiu, Kozienicach, Pionkach, Zwoleniu, Przysusze i Białobrzegach. Reforma systemu administracyjnego kraju i utworzenie od czerwca 1975 roku województwa radomskiego podniosło rangę przedsiębiorstwa, a nowa firma otrzymała nazwę Wojewódzkie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w Radomiu. W skład

przedsiębiorstwa weszły. oprócz wcześniej wymienionych zakładów, również Grójec, Iłża, Lipsko, Mogielnica, Nowe Miasto, Warka i Wierzbica i taka organizacja dotrwała do 1992 roku. W 1977 roku dyrektorem tego wojewódzkiego przedsiębiorstwa został inż. Kazimierz Gózdź, który sprawował tę funkcję przez 15 lat. W tym czasie w Radomiu oddano do użytku kolejne stacje uzdatniania wody oraz rozpoczęto budowę oczyszczalni ścieków, której pierwszą część ukończono w 1990 roku.

Niedoskonały system rozliczeń sprzedawanych usług w zakresie zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków, w którym mieszkaniem zasobów budownictwa komunalnego i spółdzielczego nie był bezpośrednim klientem wodociągów, spowodował dużą beztroskę w zużywaniu wody i duże ilości wody były marnowane przez odbiorców. Obserwacje prowadzone przez wodociągi wykazywały, że lokatorzy nie usuwają drobnych przecieków w instalacjach wodociągowych swoich mieszkań. Zużycie wody na osiedlu Ustronie w tych czasach sięgało do 400 litrów/mieszkańca w ciągu doby. Takie niekontrolowane gospodarowanie zasobami doprowadziło do szybkiego skonsumowania możliwości „Malczewa” i wymuszało aby w szybkim tempie pozyskać nowe źródło wody. Dla pokrycia lokalnych potrzeb wodociągi miejskie własnymi siłami zagospodarowały studnie, które były wykonywane dla potrzeb obrony cywilnej. Na bazie tych studni, w latach 1981-1983, wykonano małe stacje wodociągowe, które zlokalizowano w miejscach okresowych braków wody. Stacje te o wydajności 50 – 100 m³/h, miały lokalny wpływ na poprawę ciśnienia.

W 1991 roku, dyrektorem przedsiębiorstwa został mgr inż. Leszek Trzeciak, a gdy w roku 1992 przedsiębiorstwo – przekształciło się w spółkę prawa handlowego, ze 100% udziałem gminy, i przyjęło nazwę: Wodociągi Miejskie w Radomiu Sp. z o.o., został jej prezesem, a zastępcą mgr inż. Marek Michoń. W ramach przedsiębiorstwa wyodrębniono również zakład wodociągowy i zakład kanalizacyjny. W okresie 1999-2000 miasto Radom otrzymało dwukrotnie certyfikat zgodności jakości wody z normami Unii Europejskiej.

Inwestycje związane z uzyskaniem zasobów produkcyjnych wody były wówczas czasochłonne i od pomysłu do uzyskania efektów upływało około 15 lat. Marnowanie jednak uzyskanych efektów było bardzo szybkie. Problem ten został zauważony już w latach osiemdziesiątych w czasie rozwoju zbiorowego budownictwa mieszkaniowego. Aby pomyślnie zakończyć wyścig pomiędzy pozyskaniem nowych źródeł wody i potrzebami użytkowników, zakładano urządzenia do pomiaru wody u odbiorców indywidualnych w ich mieszkaniach, a proces ten zaczął się od lat dziewięćdziesiątych. Zużycie wody zaczęło być opłacane przez każdego mieszkańca i w miarę postępu opomiarowania, zużycie wody zaczęło maleć. Maksymalne zużycie wody w Radomiu wystąpiło w roku 1989 i osiągnęło

27 mln m³/rok, w roku 1995 – wyniosło 22 mln m³/rok, w roku 2000 – 16 mln m³/rok, a w latach 2007-2009 ustaliło się na poziomie 10 mln m³/rok. Różnica pomiędzy rocznym zużyciu wody 27 mln m³ a 10 mln m³ świadczyła nie tylko o wdrożeniu możliwości oszczędzania, ale również o zmniejszeniu się potencjału gospodarczego miasta i liczby ludności.

Wodociągi Miejskie w Radomiu Sp. z o.o. doświadczyły największego rozwoju w historii przedsiębiorstwa. Aglomeracja Radomia stanowi doskonały przykład realizacji celów Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych (KPOŚK). Przedsiębiorstwo przygotowało projekt „Modernizacja i rozbudowa systemu zaopatrzenia w wodę i odprowadzania ścieków dla miasta Radomia”, jak też podjęło działania skierowane na uzyskanie dofinansowania tej inwestycji ze środków dostępnych w ramach Funduszu Spójności. Projekt powyższy obejmował:

- modernizację i rozbudowę systemu zaopatrzenia miasta Radomia w wodę, w tym modernizację sieci wodociągowej na terenie „Starówki”,
- modernizację ponad 22 km istniejącej kanalizacji sanitarnej i przywrócenie funkcjonowania kanalizacji rozdzielczej na terenie miasta Radomia, w tym modernizację sieci kanalizacyjnej na „Starówce”,
- budowę nowych odcinków kanalizacji sanitarnej o długości około 42 km w dzielnicach: Rajec Poduchowny, Nadleśnictwo, Nowa Wola Gołębiowska, Stara Wola Gołębiowska i Pruszków,
- budowę instalacji do utylizacji osadów ściekowych z instalacją do odwadniania osadów,
- rozbudowę i modernizację trzech linii technologicznych biologicznej części oczyszczalni ścieków w Radomiu.

W ramach zadania modernizacji i rozbudowy systemu zaopatrzenia w wodę zmodernizowano Stację Uzdatniania Wody (SUW) „Sławno”, podłączono do niej dwie studnie głębinowe ujęcia „Garno”, a także wybudowano wodociąg, zasilający gminę Zakrzew. Łączny koszt tego przedsięwzięcia to ponad 3 mln 600 tys. euro. W celu poprawy jakości dostarczanej wody oraz ograniczenia do minimum liczby awarii zmodernizowano 3,5 km sieci wodociągowej na terenie „Starówki”. Koszt związany z modernizacją tej sieci wyniósł 0,5 mln euro.

Modernizacja i rozbudowa kanalizacji sanitarnej, ogólnospławnej miasta Radomia objęła prace związane z unowocześnieniem 15 km istniejącej kanalizacji na terenie Starego Miasta, odbudową 7,6 km głównego kolektora sanitarnego oraz rozbudową około 42 km sieci kanałów sanitarnych, umożliwiającą przyłączenie do systemu nowych dzielnic miasta. Koszt wszystkich inwestycji związanych z budową, przebudową i modernizacją sieci kanalizacyjnej na terenie miasta wyniósł ponad 22 mln euro. Budowa instalacji do utylizacji osadów ściekowych z instalacją do odwadniania osadów wymagała inwestycji w infrastrukturę

technologiczną o wartości około 6 mln 420 tys. euro. Natomiast wartość inwestycji polegającej na rozbudowie i modernizacji oczyszczalni ścieków, w ramach której zmodernizowano trzy ciągi oczyszczania biologicznego, wyniosła ponad 15 mln 650 tys. euro. Zmodernizowana oczyszczalnia ścieków jest jedną z najnowocześniejszych w Polsce i podobnie jak linia służąca do odwadniania i suszenia osadów ściekowych – spełnia wszelkie europejskie standardy jakościowe i technologiczne.

W trakcie realizacji powyższego projektu rozpoczęto przygotowania do kolejnego zadania inwestycyjnego pod nazwą: „Modernizacja i rozbudowa gospodarki wodno-ściekowej na terenie aglomeracji Radom – etap II”, które stanowiło kontynuację pierwszego etapu inwestycji, tworząc spójną koncepcję poprawy jakości i zasięgu systemu wodociągowo – kanalizacyjnego. Wniosek o dofinansowanie wspomnianego projektu z Funduszu Spójności w ramach POIiŚ złożono w kwietniu 2009 roku, a umowa z NFOŚiGW została podpisana w 2010 roku. Przedsięwzięcie, którego wartość określono na łączną kwotę ponad 220 mln 769 tys. PLN, obejmowało następujące zadania inwestycyjne:

- modernizację wybranych ujęć wody i SUW: Malczew, 25 Czerwca, Potkanów, Halinów oraz Lesiów w zakresie infrastruktury technicznej, automatyki i sterowania oraz technologii uzdatniania wody,
- budowę sieci wodociągowej o łącznej długości ok. 47 km,
- modernizację 2,5 km sieci wodociągowej w wybranych ulicach centrum,
- budowę sieci kanalizacji sanitarnej o długości 45,5 km oraz budowa i przebudowa sieci kanalizacji sanitarnej o długości 18,6 km,
- budowę odcinka sieci kanalizacji deszczowej o długości 2,6 km,
- modernizację oczyszczalni ścieków i budowę stacji do termicznej utylizacji osadów ściekowych.

Wartość dofinansowania z Funduszu Spójności Unii Europejskiej dla całego projektu, realizowanego do 2015 roku, wynosiła około 125 mln PLN.

W ramach drugiej perspektywy POIiŚ (2014-2020), rozpoczęto etap III przedsięwzięcia dla aglomeracji radomskiej, na łączną kwotę 363 mln 257 tys. PLN, w tym wkład Unii Europejskiej wynosił 188 mln 267 mln. PLN. Podstawowe elementy tego etapu to:

- budowa kanalizacji sanitarnej o długości 32,1 km oraz modernizacja kanalizacji sanitarnej o długości 68,5 km,
- budowa kanalizacji deszczowej o długości 13.1 km,
- modernizacja oczyszczalni ścieków w ciągu osadowym,
- budowa sieci wodociągowej o długości 26,7 km oraz modernizacja sieci wodociągowej o długości 26,7 km,
- modernizacja stacji uzdatniania wody,
- inteligentne systemy zarządzania sieciami.

Realizacja całego projektu na obszarze aglomeracji radomskiej stanowi dobry przykład wywiązywania się Polski ze zobowiązań akcesyjnych. Należy podkreślić, że projekt obejmował również przeróbkę i zagospodarowanie osadów ściekowych, stanowiących obecnie jeden z najważniejszych problemów ekologicznych w kraju. Dalsze działania w kierunku ostatecznego zagospodarowania osadów ściekowych zwiększą możliwości ich wykorzystania, co przyniesie dalszy efekt społeczny, ekologiczny i ekonomiczny.

Zastosowanie nowoczesnych technologii w Wodociągach Miejskich w Radomiu zostało wyróżnione prestiżową nagrodą międzynarodową Grand Prix Cannes. Równocześnie, przedsiębiorstwo było jednym z członków Rady Patronackiej Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Puławskiego w Radomiu, co pozwalało na zbudowanie powiązań między nauką a praktyką.

Należy dodać, że w ramach projektu LIFE Radom Klima pt. „Adaptacja do zmian klimatu poprzez zrównoważoną gospodarkę wodną w przestrzeni miejskiej Radomia”, prowadzonego przez Wodociągi Miejskie w Radomiu, miasto Radom zwiększa swoje zdolności adaptacyjne do skutków zmian klimatu poprzez: działania: techniczne, informacyjno-edukacyjne i organizacyjne. Celem tego projektu jest wdrożenie rozwiązań pozwalających na odtworzenie naturalnych ekosystemów wodnych na terenach zurbanizowanych, przy uwzględnieniu potrzeb ochrony przeciwpowodziowej i poprawy jakości życia mieszkańców, Zadania projektu to:

- Adaptacja zbiornika Borki i stawów kolmatacyjnych do zmian klimatu.
- Renaturyzacja i adaptacja rzeki Mlecznej do zmian klimatu.
- Budowa polderu zalewowego na rzece Cerekwiance.
- Budowa zbiornika przeciwpowodziowego na rzece Potok Północny wraz z sekwencyjnym systemem sedymentacyjno- biofiltracyjnym.
- Budowa sekwencyjnego systemu sedymentacyjno-biofiltracyjnego na rzece Mlecznej (powyżej zbiornika Borki).

Realizacja powyższych zadań między innymi pozwoli na: zwiększenie pojemności zbiornika Borki o 10-20%, odmulenie koryta rzeki Mlecznej i oczyszczenie czasy zbiornika, przebudowę stawów kolmatacyjnych, adaptację terenu zalewowego do przyjęcia wezbrań opadowo-wezbraniowych na rzece Cerekwiance, złagodzenie ekstremalnych przepływów wód dopływających Potokiem Północnym do miasta i retencjonowanie wody na obszarze 2 ha, adaptację kanału wody deszczowej w celu poprawy jakości odpływów do rzeki Mlecznej.

4.2.3. System wodociągowo-kanalizacyjny Tarnowa

Tarnów, którego nazwa pochodzi od terenu porośniętego kolczastą roślinnością (tarniną), uzyskał prawa miejskie w 1330 roku. Pierwsze wzmianki o systemie

wodociągowym, w którym wodę transportowano rurociągiem pochodzą z drugiej połowy XV wieku. Gwałtowne zwiększenie się liczby ludności w drugiej połowie XIX wieku, niedobory wody i zła sytuacja sanitarna przyczyniły się do wybuchu ciągłych epidemii cholery (w 1806, 1831, 1866 roku), jak też w roku 1833 i w latach 1898-1899 – tyfusu Niewątpliwie, pobór wody ze studni był niewystarczający dla rosnącego miasta, a woda dla ludności była niezdatna do picia.

Od 1906 roku, z miastem związany był wybitny hydrotechnik dr inż. Maksymilian Matakiewicz (1875-1940), późniejszy profesor zwyczajny budownictwa wodnego Politechniki Lwowskiej, który zaprojektował wodociąg dla miasta Tarnowa, liczącego wówczas 23 tys. mieszkańców, która ukończona została w dniu 24 listopada 1910 roku.

Problemem dla miasta był brak prawdziwego systemu kanalizacyjnego. Wprawdzie na przełomie XVIII/XIX wieku budowano kanały kryte z kamienia, a na przełomie XIX/XX wieku kanały betonowe o przekrojach kołowych i jajowych, to ogólny stan kanalizacji był zły. W 1914 roku powstało dzieło pt. „Projekt kanalizacji miasta Tarnowa”, który opracowali: inż. Zygmunt Ursini (1879-1920) oraz Mojżesz Izrael Leuchter (1879-1942), Projekt ten wykonany był w dwóch wariantach: kanalizacji ogólnospławnej i kanalizacji rozdzielczej, pomijając jednak oczyszczalnię ścieków. Prace inwestycyjne związane z budową systemu kanalizacyjnego ogólnospławnego zapoczątkowano dopiero w okresie 1935-1936, ale wybuch II-iej wojny światowej wstrzymał ich realizację na długi okres czasu.

Po wojnie, powstało w 1952 roku Miejskie Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej (MPGK), które w roku 1954 przekształcono w Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji (MPWiK), które działało przez 27 lat. Następnie zostało ono przekształcone w Wojewódzkie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji (WPWiK). które po 15 latach przekształcono w 1993 roku w Rejonowe Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji (RPWiK).

W dniu 1 lipca 1994 roku rozpoczęły działalność Tarnowskie Wodociągi Sp. z o.o., która w 2005 roku przejęła Tarnowską Grupową Oczyszczalnię Ścieków Jeszcze w sześćdziesiątych latach XX wieku podjęto decyzję, że oczyszczalnia ścieków będzie budowana jako wspólna dla miasta i zakładów przemysłowych zlokalizowanych na jego terenie. W latach 1978-1979 wybudowano pierwszy etap Grupowej Oczyszczalni Ścieków dla Tarnowa.

Natomiast od 2001 roku następował powolny proces likwidacji małych oczyszczalni ścieków i przyłączanie sieci kanalizacyjnych sąsiednich gmin do systemu kanalizacyjnego miasta, który od roku 1988, budowany był w systemie rozdzielczym. Proces przyłączania się sąsiednich gmin do systemu kanalizacyjnego spowodował, że w 2008 roku oczyszczalnia w Tarnowie zajmowała 15 miejsce w kraju

pod względem ładunku wyrażonego równoważną liczbą mieszkańców, wynoszącą około 270 tys. RLM (RLM= 60g BZT₅ /d).

Na oczyszczalni zastosowano tzw. technologię TarDenPho, obejmującą pre-denitryfikację ścieków, defosfatację biologiczną, denitryfikację osadu recyrkulowanego, hydrolizę zagęszczonego osadu czynnego, co pozwoliło na uzyskiwanie w odpływie stężenia azotu ogólnego w wysokości 3-5 mg/dm³ oraz fosforu ogólnego 0,5-0,7 mg/dm³. Natomiast, w 2005 roku uruchomiono instalację mechanicznego odwadniania osadów ściekowych (21-23% s.m.), a w 2008 roku- instalację suszenia osadów na suszarce taśmowej, co pozwala na zmniejszenie masy osadów z 20 000-25 000 t/rok do 5 000-6 000 t/rok.

Od 2003 roku, w wyniku konkursu, prezesem Zarządu Tarnowskich Wodociągów Sp. z o.o. jest dr inż. Tadeusz Rzepecki, obecnie Przewodniczący Rady Izby Gospodarczej „Wodociągi Polskie” i członek Państwowej Rady Gospodarki Wodnej w Warszawie. W roku 2010, kierowane przez Niego przedsiębiorstwo, obchodziło jubileusz 100-lecia uruchomienia systemu wodociągowego. Dodać należy, że w 2009 roku Tarnowskie Wodociągi Sp. z o.o. uzyskały nagrodę i tytuł Lidera Polskiej Ekologii-2009 w kategorii przedsiębiorstwo, za aglomeracyjno – zlewniowy model zarządzania siecią wodociągową i kanalizacyjną w obszarze wschodniej Małopolski, jak też liczne nagrody w roku jubileuszowym.

Przedsiębiorstwo obejmuje bowiem zasięgiem tereny 11 gmin wschodniej Małopolski, w tym 9 gmin z powiatu tarnowskiego, 3 gminy z powiatu dąbrowskiego i 1 gminę z zachodniego Podkarpacia, przy czym podstawowy obszar działalności stanowią gminy: miasta Tarnowa, gminy Tarnów i gminy Skrzyszów.

W zakresie systemu wodociągowego źródłami wody dla aglomeracji są dwa podziemne ujęcia infiltracyjne, stacja uzdatniania wody powierzchniowej z Dunajca w Zbylitowskiej Górze, sieć wodociągowa o długości około 1250 km i zbiorniki retencyjno- wyrównawcze o pojemności 27 tys. m³ [28-29].

System kanalizacyjny odbiera ścieki od około 200 tys. mieszkańców regionu, oczyszczanych w oczyszczalni ścieków o przepustowości 86 400 m³/d. W 2017 roku oddano do użytku instalację hydrolizy termicznej osadów ściekowych (drugą w kraju – po Bydgoszczy), zlokalizowaną przed procesem fermentacji osadów ściekowych, co pozwala na odzysk energii elektrycznej i ciepłej i pełną higienizację osadów, jak też na przeróbkę osadów z innych oczyszczalni.

Rozwiązanie regionalne systemu wodociągowo-kanalizacyjnego posiada wiele zalet, w tym: sprzyja większemu bezpieczeństwu zaopatrzenia w wodę i umożliwia uzupełnianie ewentualnych niedoborów wody w przypadku deficytu spowodowanego suszą, pozwala na pełną realizację idei oczyszczania ścieków i przeróbki osadów w grupowej oczyszczalni.

4.3. Systemy wodociągowo-kanalizacyjne dużych miast

4.3.1. System wodociągowo-kanalizacyjny w Warszawie

Warszawa- stolica Polski, ale dla ścisłości należy przypomnieć, że to król Zygmunt III Waza (1566-1632), w 1596 roku, zdecydował o przeniesieniu siedziby królewskiej do Warszawy z Krakowa, po pożarze na Wawelu, spowodowanym prawdopodobnie przez eksperyment alchemika, na którym obecny był również sam król. Jednak Kraków pozostawał nadal oficjalną stolicą, a Warszawa została nazwana wówczas „Miastem Rezydencjonalnym Jego Królewskiej Mości”. Warszawa była formalnie stolicą Polski w latach 1918-1939 i jest nią od 1945 roku do chwili obecnej (konstytucyjnie od 1952 roku). Poniżej przedstawiono zarys historycznego rozwoju systemu wodociągowo-kanalizacyjnego miasta.

W wieku XIV- XV mieszkańcy Warszawy czerpali wodę z Wisły i jej małych dopływów oraz małych źródeł. Pod koniec XVI wieku powstał prawdopodobnie pierwszy prymitywny rurociąg warszawski. W 1606 roku, Jakub Cieśla zbudował Wodociąg Zamkowy, który dostarczał wodę źródlaną do łazienek i kuchni Zamku Królewskiego w Warszawie. Również powstały studnie publiczne, których przykładem jest „Gruba Kaśka” na Tołmackiem, zbudowana w 1786 roku i odrestaurowana dzięki Miejskiemu Przedsiębiorstwu Wodociągów i Kanalizacji w m.st. Warszawie S.A. Mieszkańcy Warszawy musieli jednak czekać na wodociągi aż 280 lat, bowiem dopiero w 1886 roku powstał system wodociągów, dzięki staraniom rosyjskiego generała Sokratesa Starynkiewicza (1820-1902) – pełniącego obowiązki prezydenta miasta.

Problemy sanitarne ówczesnej Warszawy, to nie tylko brak wodociągów, ale również sterty odpadów, uliczne kloaki i zalane nieczystościami ulice. Powodowało to, że śmiertelność mieszkańców miasta była jedną z najwyższych w Europie. W 1851 roku car Mikołaj (1796-1855) nakazał budowę wodociągu, a projekt zlecono architektowi Henrykowi Marconiemu (1792-1863). Wodociąg ten został oddany do użytku w 1855 roku i wyposażony w prymitywne filtry obsługiwał małą część lewobrzeżnej Warszawy. Natomiast wodociąg praski, który powstał w 1869 roku, na podstawie projektu inż. sanitarnego Alfonsa Grotowskiego (1833-1922), w ogóle nie uzdatniał wody pobieranej z Wisły. Woda, dostarczana miastu w niedostatecznej ilości, była złej jakości, a miasto nadal tonęło w nieczystościach i błocie.

Dopiero dzięki generałowi rosyjskiemu – Sokratesowi Starynkiewiczowi – p.o. prezydenta Warszawy w latach 1875-1892, Warszawa została pierwszą metropolią imperium rosyjskiego, w której zbudowano nowoczesny system wodociągowo-kanalizacyjny. Do realizacji tego systemu zatrudnieni zostali inżynierowie angielscy William Lindley (1808-1900) oraz jego syn Sir Wiliam Heerlein Lindley (1853-1917).

Warto dodać, że znani amerykańscy profesorowie Leonard Metcalf i Harrison P. Eddy w książce pt. "Amerykańska Praktyka Kanalizacyjna", wydanej przez McGraw-Hill Book Company w 1914 roku, uznali Williama Lindleya za jednego z czołowych inżynierów ówczesnych czasów, który znacznie wyprzedził swój czas. Zarówno ojciec William Lindley jak i syn – William Heerlein Lindley byli wizjonerami branży wodociągowo-kanalizacyjnej.

Wykonanie pomiarów w stolicy zajęło Wiliamowi Lindleyowi tylko 10 dni, a projekt sieci wodociągowo-kanalizacyjnej gotowy był już po dwóch latach. Projekt zakładał zużycie 280 litrów wody na mieszkańca i pół miliona mieszkańców w Warszawie pod koniec XIX wieku oraz wykorzystywał naturalne ukształtowanie terenu. Oszacowany koszt całej inwestycji wynosił 7,5 miliona rubli, przy czym sieć wodociągowa – 3,0 mln rubli, a sieć kanalizacyjna – 4,5 mln rubli. Założono przy tym, że będą wykorzystywane najlepsze materiały, poddane stosownej kontroli. Projekt został wydany drukiem w 1879 roku, w języku polskim i rosyjskim. Został jednak poddany ostrej krytyce, do której włączyła się również prasa. Stwierdzono, że inwestycja jest za duża, za droga i stanowi „rozpusztę higieniczną”.

Po obronie projektu przez Williama Heerleina Lindleya, część dotycząca wodociągów została zatwierdzona w dniu 17 maja 1880 roku, a część dla kanalizacji w dniu 20 maja 1880 roku. Projektowi pomogła zapewne wizyta cara Aleksandra II (1818-1881) w Warszawie, który zobaczył zły stan sanitarny miasta, ale projekt podpisał już jego następca – car Aleksander III (1845-1894). W dniu 26 sierpnia 1881 roku schorowany William Lindley zrzekł się swych praw na rzecz swojego syna – Williama Heerleina Lindleya, który pełnił rolę Głównego Inżyniera budowy do chwili wybuchu I-ej wojny światowej.

W dniu 3 lipca 1886 roku, zakończono pierwszy etap budowy i uruchomiono pierwsze filtry powolne (piaskowe) na Stacji Filtrów, a do mieszkańców Warszawy popłynęła czysta woda. Warto dodać, że William Heerlein Lindley w 1913 roku przedłożył projekt dalszej rozbudowy sieci wodociągowej, dla której założył, że Warszawa osiągnie liczbę 1,6 mln mieszkańców, która będzie rosła w przyszłości do 4,6 mln mieszkańców.

Natomiast walka o kanalizację trwała nadal. Projekt Williama Lindleya poddawano ciągłej krytyce, wygłaszając często absurdalne poglądy. William Heerlein Lindley atakowany był szczególnie za "niekompetencję", lecz ataki te ignorował. Twierdzono też, że kanalizacja zostanie wybudowana dopiero za tysiąc lat. Pomyłono się jednak, bowiem jeszcze przed wybuchem I-ej wojny światowej, Warszawa dorównywała, w zakresie długości sieci kanalizacyjnej najlepszym miastom w Europie.

Warto jednak przypomnieć jakie absurdalne argumenty przytaczano przeciwko budowie systemu wodociągowo-kanalizacyjnego w Warszawie. Kamienicznicy

uważali, że nastąpi spadek wartości nieruchomości i działek w sąsiedztwie zakładu, a wsparci przez finansistów i polskich inżynierów, obawiali się, że będą musieli partycypować w finansowaniu sieci. Inżynierowie polscy- krytykowali projekt ze zwykłej zazdrości, wyrażając też niezadowolenie, że w wyniku budowy kanalizacji w mieście nastąpi upadek rolnictwa, pozbawionego nawozów naturalnych.

W 1900 roku, uznano kanalizację Warszawy za „narzędzie judaizmu i szarlatanerii, w celu zniszczenia rolnictwa polskiego oraz wytopienia ludności sło- wiańskiej nad Wisłą”. W pracy, napisanej pod pseudonimem R. F. Rolnik Nadwi- ślański, wydanej w roku 1900 w Krakowie, nakładem Księgarni G. Geberthnera i Spółki, czytamy na temat kanalizacji warszawskiej między innymi: „podpisany został dekret ostatecznego zrujnowania niedawno tak pięknej i bogatej ojczyzny naszej: fałsz żydowsko – szarlatański i ciemna hołota uliczna zatryumfowały nad wiedzą przyrodników i praktyką rolników polskich nad rozsądkiem obywatelsko- chrześcijańskim”.

Protestowano też przeciwko umieszczeniu WC w mieszkaniach, bojąc się doświadczeń ze śmierdzących wygódek na podwórkach kamienic. Budowa kana- lizacji ogólnospławnej zdecydowanie poprawiła warunki zdrowotne i sanitarne mieszkańców Warszawy. W wyniku budowy systemu kanalizacyjnego, w okresie 1880-1910 śmiertelność spadła z 33 osób/1000 mieszkańców do 19 osób/1000 miesz- kańców, natomiast zachorowalność na dur brzuszny- ze 103 osób/100 tysięcy mieszkańców do 18 osób/100 tysięcy mieszkańców. Wdzięczni mieszkańcy War- szawy ufundowali pomnik prezydenta Sokratesa Starynkiewicza, dłuta Jana Woy- dygi (1857-1938), umieszczony w 1907 roku na skwerze przy wieży ciśnień.

W dniu 1 stycznia 1924 roku, przekształcono warszawskie wydziały miejskie, zajmujące się zagadnieniami wodociągowo- kanalizacyjnymi, w przedsiębiorstwo „Wodociągi i Kanalizacja” (na czele z pierwszym dyrektorem – inż. Edwardem Szenfeldem, które od 1930 roku mieści się w gmachu przy pl. Starynkiewicza.

Nowoczesny Zakład Filtrów Pośpiesznych został uroczyście uruchomiony w 1933 roku przez prezydenta RP Ignacego Mościckiego (1867-1945). Koncepcję opracował inż. Zygmunt Wendrowski, budynek i piękne wnętrza są autorstwa architekta Antoniego Jawornickiego (1886-1950), a część technologiczną sporzą- dziła kanadyjska firma Charles Des Bailleurs & Michael Charles Morssen z Mont- realu. Należy również wspomnieć o pięknych płaskorzeźbach zdobiących budy- nek dłuta Jana Golińskiego przedstawiające alegorie: „Czystość” i „Pragnienie”. Jest to niewątpliwie najpiękniejszy zabytek architektury przemysłowej w Polsce.

Podczas wybuchu II-jej wojny światowej, w 1939 roku stacja uzdatnia wody została uszkodzona w wyniku nalotu Luftwaffe, ale została naprawiona. Podczas okupacji niemieckiej wodociągi działały prawie bez przerwy. Podczas okupa- cji i Powstania Warszawskiego, w 1944 roku, straciło życie 128 pracowników

wodociągów. Kanały ściekowe były wykorzystywane w czasie Powstania Warszawskiego przez oddziały powstańców i ludność cywilną. Gehennę kanałów warszawskich zobrazował reżyser Andrzej Wajda w swoim przejmującym filmie „Kanał”.

Od września 1944 roku do maja 1945 roku nastąpiła dłuższa przerwa w pracy wodociągów związana z zbombardowaniem stacji pomp oraz zrabowaniem znacznej części urządzeń przez wycofujące się oddziały hitlerowców.

W dniu 22 stycznia roku 1951, przedsiębiorstwo „Wodociągi i Kanalizacja” zostało przekształcone w państwowe przedsiębiorstwo „Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w m. st. Warszawie”.

Państwowe przedsiębiorstwo wykonało szereg istotnych inwestycji, których przykłady podano poniżej. W 1964 roku, uruchomiony został Wodociąg Praski oraz ujęcie wody, zwane w światowej literaturze fachowej „ujęciem warszawskim”, wykonane według projektu inż. Włodzimierza Skoraszewskiego (1894-1959) we współpracy z inż. Stanisławem Wojnarowiczem (1897-1970). Było to największe ujęcie infiltracyjne w Europie, stojące w nurcie rzeki, nazwane przez mieszkańców „Grubą Kaśką”.

Na Stacji Filtrów nastąpiła dalsza rozbudowa ciągu technologicznego, bowiem w 1972 roku powstał obiekt z procesem koagulacji według licencji francuskiej firmy Degremont. Sięgnięto też po nowe źródło wody, oprócz rzeki Wisły, jakim jest Zalew Zegrzyński (zasilany wodami Narwi i Bugu) i w 1986 roku uruchomiono Wodociąg Północny.

Podjęto również działania w zakresie systemu kanalizacji, czego przykładami są: uruchomienie Kolektora Burakowskiego w 1961 roku, jak też rozpoczęcie oczyszczania części ścieków komunalnych w uruchomionej w roku 1991 oczyszczalni ścieków „Czajka”.

W dniu 1 stycznia 2003 roku, Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w m.st. Warszawie zostało spółką akcyjną, której jedynym akcjonariuszem jest miasto st. Warszawa. Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej w 2004 roku i wymogi standardów unijnych postawiły przed spółką akcyjną nowe wyzwania. Konieczny był bowiem dalszy rozwój systemu wodociągowo-kanalizacyjnego, a szczególnie dalsze inwestycje związane z uzdatnianiem wody i oczyszczaniem ścieków.

W 120-tą rocznicę popłynięcia wody ze Stacji Filtrów do warszawskiej sieci wodociągowej, w roku 2006 [30], zakończono budowę oczyszczalni ścieków „Południe”, która oczyszcza ścieki z południowych dzielnic lewobrzeżnej Warszawy.

Spełniając wymogi wspólnotowe, spółka opracowała program inwestycyjny dotyczący modernizacji i rozbudowy eksploatowanego systemu wodociągowo-kanalizacyjnego złożony z trzech odrębnych faz, a mianowicie: faza I – układ przesyłowy dla oczyszczalni ścieków komunalnych „Południe”, faza II – poprawa

jakości wody w Warszawie, faza III – zaopatrzenie w wodę i oczyszczanie ścieków w Warszawie. W fazie I zbudowano między innymi przewody przesyłowe do oczyszczalni ścieków „Południe” i pompownie ścieków, natomiast faza II obejmowała między innymi rozbudowę i renowację magistral wodociągowych i sieci przewodów rozdzielczych oraz modernizację procesów uzdatniania wody w dwóch zakładach- Wodociągu Północnego i Wodociągu Centralnego. W fazie III nastąpiła między innymi modernizacja i rozbudowa oczyszczalni ścieków „Czajka” i budowa układu przesyłowego ścieków z lewobrzeżnej części miasta do tej oczyszczalni.

Należy podkreślić, że do czasu zmodernizowania i rozbudowy oczyszczalni ścieków „Czajka”, Warszawa nie miała w pełni uregulowanej gospodarki wodno-ściekowej. Inwestycja ta, przy wielkości 2,4 mln RLM (Równoważnej Liczby Mieszkańców), stanowi najistotniejszą pozycję Krajowego Programu Oczyszczania Ścieków Komunalnych (KPOŚK). „Czajka” jest dużym, nowoczesnym obiektem ochrony wód, zajmującym obszar 52,7 ha, którego średni przepływ dobowy ścieków, w wyniku rozbudowy, wzrósł z 240 000 m³ do 435 300 m³.

Oczyszczalnia „Czajka” została oficjalnie uroczystie uruchomiona w dniu 22 marca 2013 roku i uzyskuje doskonałe wyniki, spełniając nie tylko wymagania wspólnotowe, a nawet rekomendacje Helcom. W pięknym albumie o „Czajce” [31] autor stwierdził między innymi: „dzięki tej modernizacji i rozbudowie oczyszczalni ścieków „Czajka” i budowie sieci kanalizacyjnej Warszawa dołączyła do innych stolic europejskich posiadających nowoczesne obiekty ochrony wód przed zanieczyszczeniem”.

Na oczyszczalni ścieków „Czajka” (rys. 17) proces biologicznego oczyszczania jest realizowany w oparciu o metodę osadu czynnego w dziewięciu reaktorach do biologicznego usuwania związków węgla oraz substancji biogenych. Zastosowano proces Biodeniphlo, stanowiącego pewne rozszerzenie procesu Biodenitro, który włączył w swoje działanie unikalną technologię selektora. Proces Biodeniphlo, o cyklu składającym się z pięciu faz, podobny jest do procesu Biodenitro, z tym, że komora beztlenowa umieszczona jest przed dwoma komorami napowietrzanymi. Działają one w sposób cykliczny, poprzez periodycznie zmieniającą się drogę ścieków przez komory, które są napowietrzane / nie napowietrzane, aby promować nityfikację lub denityfikację. Wynikiem tego jest to, że węgiel organiczny zawarty w ściekach używany jest zarówno do denityfikacji, jak i do biologicznego usuwania fosforu.

Osady ściekowe powstające na oczyszczalni „Czajka” poddawane są intensywnej przeróbce (rys. 18). Zastosowano grawitacyjne zagęszczanie osadów wstępnych oraz zagęszczanie osadów nadmiernych na wirówkach. Po zagęszczeniu osady są mieszane i wprowadzane do komór fermentacyjnych. Po fermentacji,



Rys. 17. Oczyszczanie ścieków na oczyszczalni „Czajka” w Warszawie
(fot. M. Gromiec)

przefermentowane osady odwadniane są na wirówkach. Następnie następuje proces suszenia osadów, przed spalaniem w dwóch piecach w technologii fluidalnej (Pyrofluid). Spalanie w złożach fluidalnych pozwala na dziesięciokrotne zredukowanie ilości odpadów wytwarzanych w procesie oczyszczania ścieków.

Oczyszczalni „Czajka” stanowi jedną z czterech oczyszczalni ścieków MPWiK po oczyszczalniach „Południe”, „Pruszków” i „Dębe”. Nastąpiła modernizacja oczyszczalni ścieków „Południe”(nowa technologia odwadniania osadów ściekowych)

Audyt oczyszczalni przeprowadzony w 2013 roku, wykazał stosunkowo małą rezerwę pojemności oczyszczalni „Czajka”, związaną prawdopodobnie z bardzo dynamicznym rozwojem prawobrzeżnej części miasta. Wskazano, że różnice pomiędzy nominalnymi (projektowymi) parametrami ładunkowymi a aktualnymi parametrami ładunkowymi, ustalonymi w czasie audytu, mogą w przyszłości powodować zatory procesowe.

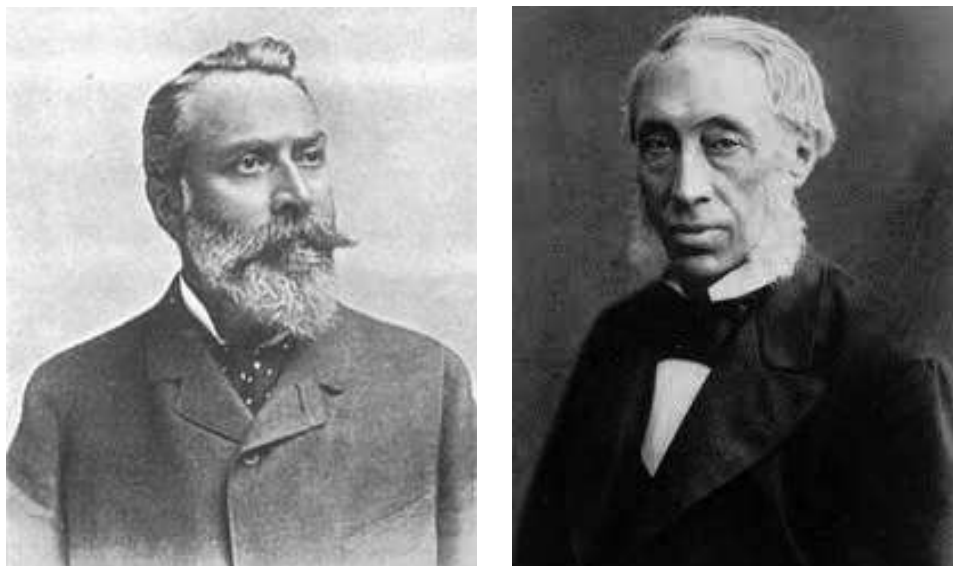
Po dwóch awariach, w okresie 2019-2020, rurociągów doprowadzających ścieki z lewobrzeżnej Warszawy do oczyszczalni „Czajka”, które spowodowały zrzuty ścieków poddanych ozonowaniu do rzeki Wisły, podjęto działania naprawcze systemu przesyłającego ścieki. Wykonano dwa stalowe rurociągi o średnicy 1,2 m



Rys. 18. Stacja termicznej przeróbki osadów ściekowych na oczyszczalni „Czajka”
(fot. M. Gromiec)

i długości prawie 800 m każdy, na głębokości 7 m pod dnem rzeki Wisły, a drugi analogiczny jest w realizacji. Powstaje też trzeci naziemny rurociąg, który dołączy do dwóch istniejących już rurociągów naziemnych, zwiększając wydajność układu, co może ograniczyć zrzuty przelewów burzowych. Przepustowość układu przesyłowego przed awariami wynosiła $10,85 \text{ m}^3/\text{s}$, natomiast MPWiK zakłada, że całkowita realizacja przedsięwzięcia tj. budowa alternatywnego układu przesyłowego i odtworzenie układu w tunelu, zwiększy przepustowość tymi dwoma układami średnio do około $16 \text{ m}^3/\text{s}$. Oznacza to, że miasto będzie mogło, w czasie intensywnych opadów, odbierać ponad $5 \text{ m}^3/\text{s}$ więcej niż obecnie.

Rozwój systemu wodociągowo-kanalizacyjnego Warszawy następuje dalej, co związane jest z koniecznością zapobiegania zmian klimatycznych. Szczególnie to działań dotyczących wzrostu pojemności retencji wód opadowych. Przykładowo, w 2020 roku, nastąpiło uruchomienie hermetycznego zbiornika retencyjnego,



Rys. 19. William Heerlein Lindley (syn), William Lindley (ojciec)

z systemem dezodoryzacji powietrza, o całkowitej pojemności 80 tys. m³ na terenie zakładu „Czajka”. Zbiornik posiada trzy segmenty, każdy o wymiarach: długość 100 m, szerokość 44 m.

Równocześnie rozbudowywany jest system kanalizacyjny czego przykładem są między innymi następujące inwestycje: zbudowany w 2020 roku kolektor na Ochocie, rozpoczęcie budowy trzech kolektorów takich jak: Wiślany, Lindego-Bis, Mokotowskiego -Bis, o łącznej długości 14 km. Po wybudowaniu, kolektor Wiślany, o długości 9,5 km i średnicy 3,2 m, będzie zatrzymywał 50 tys. m³ wód opadowych. Oprócz budowy nowych kolektorów i przebudowie, w tym remoncie istniejącego systemu kanalizacyjnego, czego przykładem jest remont kolektora Burakowskiego i innych kolektorów, jak też przebudowa kolektora Bielańskiego. Następuje rozbudowa całej sieci kanalizacyjnych w wielu dzielnicach, szczególnie Targówku, Białołęce i Wawrze, wraz z kolektorem Zawadowskim transportującym ścieki do modernizowanej oczyszczalni ścieków w Pruszkowie. Według MPWiK po realizacji prac miasto będzie miało możliwość dodatkowego zatrzymywania 140 tys. m³ wód opadowych. Należy dodać, że powstający system sterowania siecią kanalizacyjną kanalizacji ogólnospławnej pozwoli na sterowanie elementami sieci w czasie rzeczywistym.

Nastąpił również dalszy rozwój systemu wodociągowego miasta, w tym modernizacja wiślanych ujęć infiltracyjnych oraz szereg inwestycji rozwojowych, takich jak przykładowo: modernizacja technologii uzdatniania wody na Stacji Filtrów, modernizacja i rozbudowa stacji uzdatniania wody „Praga”. W 2010 roku,

zmodernizowano technologię uzdatniania wody, na terenie SUW „Filtry”, wprowadzając ozonowanie pośrednie i filtrację na węglu aktywnym, połączone w jeden układ. Następuje kontynuacja modernizacji Zakładu Północnego i budowa nowych magistrali wodnych tzw. Pasa Puszkowskiego i magistrali Pruszkowa i Piastowa. Należy również podkreślić, że w roku 2012 zespół Stacji Filtrów Williama Lindleya, na mocy rozporządzenia prezydenta RP Bronisława Komorowskiego, został uznany za Pomnik Historii. Każdy kto obejrzy warszawskie filtry powolne, będzie ich piękno pamiętał do końca życia.

Warto dodać, że w 2006 roku gościli na warszawskiej Stacji Filtrów potomkowie Lindleyów z prawnuczką Williama – Marią Lindley z Wielkiej Brytanii. W wielu państwach Europy odszukał ich historyk prof. Ryszard Żelichowski – autor wspomnianej monograficznej książki o Lindleyach. Natomiast w 2007 roku w Zegrzu, nad Zalewem Zegrzyńskim, spółka zorganizowała pierwszą Międzynarodową Konferencję Naukowo-Techniczną o ochronie ujęć wody przed zanieczyszczeniami, a w szczególności poświęconej poprawie jakości wody dla Warszawy, którą honorowym patronatem objęła Hanna Gronkiewicz-Waltz- prezydent m. st. Warszawy.

Wracając do historycznego twórcy systemu wodociągów i kanalizacji Warszawy – Williama Heerleina Lindleya, to jeszcze przed II-gą wojną światową, w 1933 roku nazwano Jego imieniem ulicę w warszawskiej dzielnicy Ochota, a obelisk z płaskorzeźbą W.H. Lindleya został odsłonięty w 1936 roku na terenie Stacji Pomp Rzecznych w Warszawie.

Na uznanie zasługuje cała działalność Williama Lindleya i Jego synów, szczególnie Sir Williama Heerleina Lindleya (rys. 19), nie tylko w miastach europejskich, ale i miastach leżących na azjatyckich obszarach dawnego imperium rosyjskiego. Zaprojektowali i zbudowali systemy wodociągowo-kanalizacyjnych, zrealizowane w 30 miastach, dzięki czemu wskaźnik śmiertelności tzw. chorób wodnych znacznie się zmniejszył.

Należy dodać, że znaczenie systemów wodociągowo-kanalizacyjnych dla wybuchu epidemii cholery udowodnił w XIX wieku angielski lekarz medycyny – dr John Snow (1813-1858), który wykazał wpływ ciekących ścieków ze zbiorników septycznych na zanieczyszczenie wód Tamizy [32]. Woda z tej rzeki wykorzystywana była do spożycia, co było ściśle związane z wywołaniem epidemii cholery w dzielnicy Soho w Londynie w 1854 roku.

Odkrycie to zapoczątkowało zasadnicze zmiany systemu wodociągowo-kanalizacyjnego miasta Londynu. Przyczyniło się też do decyzji o konieczności modyfikacji lub budowy systemów wodociągowo-kanalizacyjnych w innych miastach świata, w tym w Warszawie.

W tym zakresie znaczne zasługi ma gen. Sokrates Starynkiewicz (1820-1902), upamiętniony jeszcze za życia placem na warszawskiej Ochocie, którego pomnik

znajduje się na terenie Wodociągów Warszawskich (rys. 20). Odsłonięty został w 1907 roku, zniszczony w czasie II-ej wojny światowej oraz odtworzony i powtórnie odsłonięty w 1996 roku.



Rys. 20. Pomnik gen. Sokratesa Starynkiewicza

Niniejszy rys historyczny warszawskiego systemu wodociągowo-kanalizacyjnego pokazuje jak modernizował się i rozwijał ten system

Niewątpliwie, będzie istniała konieczność dalszego rozwoju systemu wodociągowo-kanalizacyjnego Warszawy, nadążającego za rozwojem miasta i różnymi uwarunkowaniami technicznymi czy hydrologiczno-meteorologicznymi, związanymi między innymi ze zmianami klimatycznymi oraz starzeniem się infrastruktury sieciowej:

W przyszłości, oczyszczalnia na północy lewobrzeżnej Warszawy może okazać się nieodzowna, w związku zachodzącym rozwojem miasta, a szczególnie dynamicznym rozwojem prawobrzeżnej Warszawy.

4.3.2. System wodociągowo-kanalizacyjny w Petersburgu

Petersburg, założony przez cara Rosji Piotra I Wielkiego w 1703 roku, jako nowa stolica państwa, miał zapewnić Rosji dostęp również do Morza Bałtyckiego. Interesującym jest fakt, że już w 1847 roku, obawiając się prawdopodobnie wybuchu epidemii cholery, zakazano woziwodom (rys. 21) pobierania surowej wody z zanieczyszczonych źródeł, takich jak rzeka Mojka.

Przedsiębiorstwo wodociągowo-kanalizacyjne Petersburga powstało, na mocy decyzji cara Aleksandra II, w dniu 10 października 1858 roku pod nazwą „Rurociągi Wodne St. Petersburga” i pod tą nazwą istniało do roku 1913. Założycielem i pierwszym dyrektorem przedsiębiorstwa był generał-major inż. Paweł Iwanowicz Palibin (1811-1881), który uważany jest za głównego projektanta systemu zaopatrzenia w wodę (rys. 22). Ważnym elementem tego systemu była wówczas wieża ciśnień, wykonana z dużej czerwonej cegły (rys. 23), zaprojektowana przez architektów: G. E. Szuberskiego i I. A. Metza. Wieża ciśnień, której budowę rozpoczęto w 1859 roku i ukończono w 1862 roku, była wykorzystywana, w systemie wodociągowym, tylko przez okres 40-tu lat.

W początkowej koncepcji, źródłem zasilania dla zbiorczego systemu zaopatrzenia w wodę miał być sztuczny zbiornik, połączony z rzeką Newą za pomocą kanału, który został zbudowany dla statków dopływających do pałacu. Jednakże woda w zbiorniku była tak złej jakości, że zdecydowano się na jej pobieranie z rzeki Newy. Wodę zaczęto dostarczać do użytkowników w 1863 roku, a pierwszy wodociąg miał długość 115 km i dostarczał tylko 1,4 mln kubłów wody (około 17 tys. m³ wody/d). W latach 80-tych XIX wieku, jakość ujmowanej wody z rzeki Newy tak się pogorszyła, że Rada Miejska poleciła budowę stacji filtrów otwartych.

Należy dodać, że na początku XX wieku rozważano również koncepcję poboru wody z jeziora Ładoga, zaproponowaną przez Williama H. Lindleya, jednak pozostała tylko jako niezrealizowane marzenie władz miasta. W roku 1912, William H. Lindley przedstawił projekt akweduktu dla wody ujmowanej z jeziora Ładoga, a następnie oczyszczanej za pomocą filtrów powolnych, który nie został przyjęty do realizacji. Przyczyną tego była wysoka cena wody z jeziora Ładoga, która wynosiła 2,5 rubla za tzw. wiadro wody (12,3 litry), w przeciwieństwie do wody ujmowanej z rzeki Newy, której cena wynosiła 0,5 rubla za tzw. wiadro wody. Równocześnie, W.H. Lindley skrytykował pomysł ujmowania wody z zanieczyszczonej rzeki Newy, a szczególnie jej ozonowania, ponieważ uznał, że w tym przypadku nie przyniesie pożądanego skutku. Kontrakt z W.H. Lindleyem został rozwiązany w 1913 roku, który w tym czasie budował już system kanalizacyjny w Baku.

Obecnie, przedsiębiorstwo jest dużą, nowoczesną firmą wodociągowo-kanalizacyjną, zatrudniającą 8 500 pracowników, zaopatrującą w wodę i oczyszczającą

ścieki w aglomeracji zamieszkującej przez ponad 5,0 mln mieszkańców. Powierzchnia systemu wodociągowo-kanalizacyjnego wynosi ponad 1450 km². Misją Wodokanału Petersburga S.A. jest: świadczenie dostępnych usług wodociągowo-kanalizacyjnych, w tym dostarczanie wody i oczyszczanie ścieków, zapewniających dobrą jakość życia mieszkańców, jak też zrównoważony rozwój miasta, tworzenie kultury wykorzystywania wody oraz ochrona wód Bałtyku [33-35].



Rys. 21. Pomnik woziwody na terenie wodociągów Petersburga (fot. M. Gromiec)

System zaopatrzenia w wodę oparty jest o powierzchniowe i podziemne zasoby wodne. Głównym źródłem zaopatrzenia w wodę jest rzeka Newa, inne ciek i wody podziemne, przy czym wody powierzchniowe rzeki Newy stanowią 98%. Średnie dobowe zaopatrzenie w wodę St. Petersburga, w roku 2013 wyniosło 1,5 mln m³, a w roku 2009- 2,0 mln m³ (spadek o 25%). W latach 1997-2015, nastąpił bardzo znaczny spadek zużycia wody na mieszkańca, wynoszący 41,5%, z 257 l/M d w 1997 roku do 150 l/M d w 2015 roku (coroczny średni spadek 3,8%).

W 2010 roku, powstał nowy blok technologiczny na SUW „Południowa” o wydajności 350 tys.m³/d. Technologię wody oparto o wstępne ozonowanie wody i wielostopniowe uzdatnianie, takie jak: koagulacja, sedymentacja (osadniki lamelowe), filtracja (filtry piaskowe oraz z węglem aktywnym) i dwu-stopniowa

dezynfekcja. Zastosowano obieg zamknięty dla płukania oraz przewidziano możliwość wykorzystania powstających osadów do produkcji materiałów budowlanych. Planuje się drugi nowy blok na SUW „Południowa” oraz nowe bloki na SUW „Północna” i SUW „Kołpino”.

W 2013 roku, długość sieci wodociągowej wynosiła 6,86 tys. km. Blisko 200 przepompowni pompuje wodę surową do 9 stacji uzdatniania wody (SUW), z których największe to: „Południowa”, „Północna” oraz „Główna”. Największe SUW uzdatniają następujące ilości wody: „Południowa” – 900 tys. m³/d, „Północna” – 608 tys. m³/d, „Główna” – 422 tys. m³/d, a pozostałe SUW – od 7,0 tys. m³/d do 221 tys. m³/d.

Duże znaczenie ma sposób dezynfekcji wody. W roku 2005, nastąpiła zamiana chloru na podchloryn sodu. Istnieją trzy zakłady produkujące podchloryn sodu z soli kuchennej, w tym na SUW „Południowa” – produkcja 720 t/d. Ostatecznie, w roku 2009, wyeliminowano całkowicie ze stosowania chlor gazowy do dezynfekcji wody, natomiast wprowadzono podchloryn sodu wraz z siarczanem amonowym, jak też dezynfekcję promieniami UV. W 2004 roku, po raz pierwszy wprowadzono dezynfekcję końcową promieniami UV, co spowodowało, że od tego czasu spadło drastycznie zakażenia mieszkańców wirusem typu *hepatitis A*. Miasto Petersburg stało się od 2009 roku jednym z pierwszych dużych miast na świecie uzdatniających wodę do picia za pomocą promieni UV.

Ważną jest również wprowadzona kontrola jakości wody, bowiem jakość wody monitorowana jest od chwili poboru do spożycia. Do monitorowania wody, oprócz metod konwencjonalnych (pomiary laboratoryjne i automatyczne), zastosowano biomonitoring za pomocą krabów. W biomonitoringu, za pomocą czujników fibro-optycznych mierzony jest między innymi „sercowy” rytm krabów. Od 2010 roku, stosuje się 6 krabów, w wieku 3-5 lat, umieszczonych w zbiorniku dopływu wody rzecznej. Zaobserwowano, że w przypadku dopływu zanieczyszczeń, szybkość oddychania krabów zwiększa się o 50%, natomiast tzw. indeks stresu – nawet o kilka tysięcy.

Na początku XX wieku rozpoczęto budowę kanalizacji miasta Petersburga, Rada Miejska powołała w 1911 roku specjalny komitet do koordynacji tego zamierzenia. Petersburg ma obecnie ogólnospławny system kanalizacyjny. Aktualna długość sieci kanalizacyjnej wynosi 8,2 tys. km oraz 241 km kolektorów tunelowych. Ścieki pompowane są za pomocą 141 przepompowni do 15 oczyszczalni ścieków, w tym 13 oczyszczalni ścieków komunalnych i 2 oczyszczalni dla spływów powierzchniowych. Największe oczyszczalnie ścieków komunalnych to: „Centralna”, „Północna”, „Południowo- Zachodnia”. Istnieją również trzy spalarnie osadów ściekowych. Dzięki uruchomieniu północnego kolektora tunelowego, w październiku 2013 roku, system kanalizacyjny umożliwił oczyszczanie

98,4% ścieków z miasta. Kolektor tunelowy, składający się z dwóch tuneli, każdy o średnicy 4,0 m i długości 12,2 km, położonych na głębokości 40-90 m, połączono z innymi kanałami tunelowymi [4]. System północnego kolektora tunelowego składa się dodatkowo z 8 kanałów tunelowych o długości 7,6 km, sieci kanałów o długości 5,2 km (średnice 0,25-1,2 m), 69 studni (średnica 69 m) na głębokości 10-80 m. Kolektor tunelowy umożliwił przyłączenie dodatkowych dzielnic i przyległych jednostek osadniczych do zbiorczego systemu kanalizacyjnego, co następowało sukcesywnie, w miarę uruchamiania kolejnych części kolektora.

W okresie budowy kolektora tunelowego, w okresie 2008-2013, następowało przyjęcie do systemu kanalizacyjnego 76 zrzutów ścieków (około 334 tys. m³/d), jak następuje:

2008 rok: zrzuty – 12,	90 tys. m ³ /d,	ogólne oczyszczanie ścieków – 88%,
2009 rok: zrzuty – 32,	42 tys. m ³ /d,	ogólne oczyszczanie ścieków – 91%,
2010 rok: zrzuty – 12,	57 tys. m ³ /d,	ogólne oczyszczanie ścieków – 93%,
2011 rok: zrzuty – 5,	30 tys. m ³ /d,	ogólne oczyszczanie ścieków – 94%,
2012 rok: zrzuty – 5,	28 tys. m ³ /d,	ogólne oczyszczanie ścieków – 97%,
2013 rok: zrzuty – 10,	78 tys. m ³ /d,	ogólne oczyszczanie ścieków – 98,4%.



Rys. 22. Pomnik gen. Pawła Palibina (fot. M Gromiec)



Rys. 23. Wieża ciśnieni w Petersburgu – muzeum wodociągów i kanalizacji (fot. M.Gromiec)

Wynika z powyższego, że budowa kolektora tunelowego pozwoliła na zwiększenie ogólnego stopnia oczyszczania ścieków z 88% w roku 2008 do 98,4% w roku 2013. Obecnie kolektor tunelowy obsługuje obszar około 330 km³, zamieszkały przez 2,3 mln ludzi.

W 2013 roku, średnia ilość oczyszczanych ścieków St. Petersburga wynosiła 2,2 mln m³/d. Największe oczyszczalnie, mogą oczyszczać, podczas tzw. „mokrej pogody”, następujące ilości ścieków: „Centralna” -1,05 mln m³/d, „Północna” – 690 tys. m³/d, a „Południowo- Wschodnia”- 290 tys. m³/d (rys. 23). Ilości oczyszczanych ścieków, podczas „mokrej pogody” przez pozostałe oczyszczalnie, których przykładem jest oczyszczalnia „Sewerna”, wynoszą od 600 m³/d do 72 tys. m³/d.

Na oczyszczalniach ścieków zastosowane są systemy tradycyjnego oczyszczania: mechaniczne, biologiczne (metoda osadu czynnego), chemiczne. Na dwóch oczyszczalniach („Repino” oraz „Petrodworecka”) zastosowano dodatkowo oczyszczanie trzeciego stopnia, które pozwala na uzyskanie w odpływie stężenia zawiesiny poniżej 5 mg/dm^3

Na powyższych dwóch oczyszczalniach oraz na oczyszczalni „Południowo-Zachodniej” (rys. 24) wprowadzono również dezynfekcję ścieków oczyszczonych biologicznie za pomocą promieni UV, co stanowi 19% ogólnej ilości oczyszczania ścieków.

Sposoby biologicznego oczyszczania ścieków są modyfikowane w kierunku zaawansowanego usuwania substancji biogennych (azotu i fosforu), które zostało już wprowadzone w szeregu oczyszczalniach. Proces UTC (Uniwersytetu Cape Town) zastosowano na oczyszczalni „Południowo – Zachodnia” oraz „Sestrorecka”, natomiast proces JHB (Uniwersytetu Johannesburga) wdrożono na oczyszczalniach „Petrodworecka”, „Repino” oraz „Puszkino”.

Powyższe działania, wprowadzane systematycznie, spowodowały znaczące redukcje ładunków fosforu i azotu, przykładowo: w 1978 roku odprowadzono: 23 175 t N/rok oraz 22 228 t P/rok, natomiast w 2012 roku odprowadzono: 9 628 t N/rok oraz 492 t P/ rok. Obecnie, stężenie fosforu w zrzucanych ściekach nie przekracza $0,5 \text{ mg P/dm}^3$ oraz 10 mg N/dm^3 .

Przedsiębiorstwo nie tylko zaopatruje w wodę i oczyszcza ścieki 5-cio milionową aglomerację, ale również utrzymuje kilkadziesiąt fontann, włączając fontanny ze światłami i muzyką. Jedna z nich, fontanna na Placu Moskiewskim, zużywa około 18 tys. m^3 wody/d. Utworzono również Młodzieżowe Centrum Środowiskowe, powstało muzeum „Świat Wody” i muzeum „Historii wodociągów i Kanalizacji” w zabytkowej wieży ciśnień. Muzea cieszą się dużą popularnością, czego przykładem jest fakt, że w 2002 roku odwiedziło je około 200 tys. zwiedzających. Rozwijana jest również współpraca z rosyjskimi i europejskimi partnerami, szczególnie z państwami skandynawskimi. W roku 2007, przedsiębiorstwo zostało członkiem „Global Contact” Organizacji Narodów Zjednoczonych, otrzymało prestiżową Szwedzką Nagrodę Morza Bałtyckiego, a w roku 2011- Nagrodę Doskonałości Europejskiej Fundacji Zarządzania Jakością.

W podsumowaniu można stwierdzić, że rozwój zbiorczych systemów, mianowicie wodociągowego i kanalizacyjnego, następował wraz rozwojem miasta. W zbiorczym systemie wodociągowym zwraca uwagę między innymi wycofanie się z zastosowania chloru do dezynfekcji wody i wprowadzenie podchlorynu sodu z siarczanem amonowym. Równocześnie, Petersburg stał się jednym z pierwszych wielkich miast, w którym wprowadzono promienie UV do dezynfekcji wody i system biomonitoringu dla ujmowanej wody surowej.



Rys. 24. Widok oczyszczalni „Południowo-Zachodnia” w Petersburgu (fot. M. Gromiec)



Fig. 25. Muzeum wody w Petersburgu (fot. M. Gromiec)

Dążąc do całkowitego skanalizowana powierzchni miejskiej, Petersburg osiągnął poziom bliski 99% oczyszczania ścieków. W zbiorczym systemie kanalizacyjnym zwraca uwagę kolektor tunelowy oraz nowoczesna oczyszczalnia ścieków „Centralna”, o wydajności około 1 mln m³/d, jak też oczyszczalnie dla spływów powierzchniowych. Rozpoczęto proces planowania zmniejszenia liczby oczyszczalni ścieków.

Równocześnie zaczęto stopniowe wprowadzanie dezynfekcji ścieków promieniami UV, które stanowi 20% całkowitej ilości oczyszczanych ścieków.

Jubileusz 155-lecia powołania Wodociągów St. Petersburga, pod oficjalną nazwą „SUE Wodokanał St. Petersburga”, w dniach 9-10 października 2013 był obchodzony niezwykle uroczysto, w którym uczestniczyli przedstawiciele branży wodociągowo-kanalizacyjnej z prezesami wodociągów z całego świata.

Należy dodać, że dyrektorem generalnym przedsiębiorstwa był przez 30 lat (od 1987 roku) inż. Felix W Karmazinow (1943-2019), który przyczynił się nie tylko do znacznego rozwoju systemu wodociągowo-kanalizacyjnego miasta, ale również w znacznym stopniu do poprawy stanu jakości wód Zatoki Fińskiej, za co przedsiębiorstwo otrzymało Szwedzką Nagrodę Morza Bałtyckiego. Był nie tylko orędownikiem stosowania nowych technologii wodno-ściekowych, ale również rozwiązania problemu osadów ściekowych poprzez ich kompleksowe zagospodarowanie, co zostało wprowadzone w praktyce w Petersburgu.

W okresie 30-letniego zarządzania przedsiębiorstwem, spowodował realizację szeregu innych przedsięwzięć mających na celu podniesienie prestiżu firmy, w tym między innymi: w 2000 roku rekonstrukcję- kaplicy (zbudowanej w 1901 roku), jak też utworzenie Centrum Informacji i Szkolenia oraz Młodzieżowego Centrum Środowiska, na terenie zakładu wodociągów. Na szczególne uznanie zasługuje utworzenie wspaniałego muzeum „Świat Wody” (rys. 25), zlokalizowanego w historycznej Stacji Uzdatniania Wody, które stało się reprezentantem Europejskiego Stowarzyszenia Muzeów Wody. W roku 2003, wszystkie zorganizowane przez Niego instytucje zostały połączone pod jedną nazwą: Centrum Informacji i Szkolenia.

4.3.3. System wodociągowo-kanalizacyjny Bostonu

Boston to jedno z najstarszych miast Stanów Zjednoczonych, założone w 1630 roku, stanowi jeden z wiodących ośrodków gospodarczych i naukowych. Jest stolicą stanu Massachusetts, w której znajduje się 50 szkół wyższych i uniwersytetów, w tym słynny Uniwersytet Harvarda (założony w roku 1636) – zajmujący pierwsze miejsce w Akademickim rankingu Świata, jak też słynna politechnika Instytut Technologii Massachusetts (założona w roku 1861). Miasto zlokalizowane

jest u ujścia rzek Charles i Mystic wpadających do zatoki Bostońskiej Oceanu Atlantyckiego. Rzeka Charles oddziela Boston od Cambridge, gdzie zlokalizowane są te uczelnie. Miasto Boston zamieszkuje 700 tys. mieszkańców, ale region metropolitalny Bostonu (Boston-Lawrence-Worcester) liczy około 5 milionów.

Woda dla Bostonu pobierana ze zbiornika Quabbin oddalonego 40 km od miasta, leżącego w zlewni Quabbin i ze zbiornika Wachuseft oddalonego 105 km od miasta, leżącego w zlewni Wachuseft, jak też może być pobierana w miarę potrzeby z rzeki Ware. Powyższe dwa zbiorniki dostarczają 757 tys. m³ wody/d. Obie zlewnie (Quabbin i Wachusett), w 85% pokryte lasami i terenami bagiennymi, chronione przez Departament Ochrony i Rekreacji, natomiast Departament Ochrony Środowiska analizuje wodę ujmowaną jako woda do picia. Na stacji uzdatniania wody (SUW) im. John J. Carroll w Marlborough, woda podlega dezynfekcji ozonem i promieniami ultrafioletowymi (UV). Dodawana jest też chloroamina dla ciągłej ochrony wody podczas transportu. W 2019 roku, przeprowadzono rehabilitację starych rur wodociągowych [36].

System kanalizacyjny miasta obejmuje obszar 83 km², w tym kanalizację ogólnospławną i kanalizację rozdzielczą z siecią ściekową i siecią deszczową. Kanalizacja ogólnospławną istniała w mieście od 1833 roku. W związku z występującymi problemami zdrowotnymi mieszkańców, w 1875 roku rozpoczęto badania związane z problemem zdrowia publicznego, które doprowadziły do decyzji o konieczności budowy sieci deszczowej. W latach 1877-1888, powstał system odwadniający, który obejmował: 40 km kanałów zbiorczych, przepompownie, tunel Dorchester i rurociąg wylotowy na wyspie Moon w zatoce portowej Bostonu. W 1889 roku, powstał pierwszy w USA metropolitalny system ściekowy, który obejmował trzy podsystemy: okręg północny, okręg południowy i okręg doliny rzeki Charles. Do zarządzania metropolitalnym systemem ściekowym utworzono Metropolitalną Komisję Okręgową (obecnie Departament Ochrony i Rekreacji), natomiast miejskim systemem ściekowym zarządza miasto.

Ścieki zbierane i odprowadzane systemami do zatoki portowej Bostonu zanieczyszczały nadmiernie wody odbiornika, co spowodowało budowę dwóch oczyszczalni ze wstępnym oczyszczaniem ścieków: w 1952 roku – na wyspie Nut i w 1968 roku – na wyspie Deer. W roku 1985, sprawy ściekowe przekazano do nowo utworzonego Urzędu Zasobów Wodnych Massachusetts, który miał wprowadzić w życie ustawę o czystych wodach (Clean Water Act z 1972). Spowodowało to zmodyfikowanie, w latach 1997-2000, oczyszczalni wstępnego oczyszczania (na wyspie Deer) na oczyszczalnię biologiczną, zbudowanie tunelu między wyspami Nut i Deer, co pozwoliło na oczyszczanie połączonych ścieków i zbudowanie tunelu wylotowego. Tunel wylotowy, o długości 15 km, pozwolił natomiast na przeniesienie zrzutu ścieków z zatoki portowej Bostonu do znacznie

głębszych wód zatoki Massachusetts. Oczyszczalnia ścieków (ang. Deer Island Wastewater Treatment Plant) obsługuje 2,5 mln mieszkańców metropolitarne Bostonu i oczyszcza 1,4 mln m³/d ścieków. dopływających tunelami i podnoszonych na oczyszczalnię, za pomocą pomp, na wysokość 24-30,5 m. Pojemność całkowita oczyszczalni wynosi 4,92 mln m³/d i w przypadku tzw. mokrej pogody włączane są dodatkowe pompy. Efektywność oczyszczania ścieków wynosi ponad 85% i oczyszczone ścieki dezynfekowane są za pomocą podchlorynu sodowego, a następnie dechlorowane wodorosiarczanem sodowym. Osady ściekowe, po odwadnianiu za pomocą wirówek, doprowadzane są do komór fermentacyjnych (kształt jajowy) o szerokości 27,5 m i wysokości 39,5 m. Uzyskany metan zaspakaja 95% zapotrzebowania na ciepło i 20% zapotrzebowania na energię elektryczną. Po przeróbce, osady ściekowe przewożone są do zakładu peletowania w Quincy, a wyprodukowane nawozy stosowane są w rolnictwie i leśnictwie. Odory usuwane są za pomocą filtrów i węgla aktywnego.

Obecnie system kanalizacyjny składa się z: 1143 km sieci ściekowej (sanitarnej), 1078 km sieci deszczowej, 249 km sieci ogólnospławnej, 5 km przelewów burzowych kanalizacji ogólnospławnej. Łącznie długość systemu kanalizacyjnego wynosi 2474 km. Dwa główne kanały zbiorcze zostały zbudowane w 1988 roku. Miasto Boston, wymienia system kanalizacji ogólnospławnej na system kanalizacji rozdzielczej obejmujący odrębne sieci kanalizacyjne, a mianowicie sieć ściekową i sieć deszczową.

4.3. Systemy wodociągowo kanalizacyjne wielkich miast

4.3.1. System wodociągowo-kanalizacyjny w Paryżu

Paryż, zdobyty przez Rzymian w 52 roku p.n.e., był osadą rybacką na wyspie, zamieszkałą przez celtyckie plemię Paryzjów. Jednak to Frankowie, którzy zajęli miejsce Rzymian, nazwali miasto Paryżem, które by jednak nie powstało w takim rozmiarze gdyby nie rzeka Sekwana. Miasto, nie tylko jest stolicą, ale i największym miastem Francji. W granicach administracyjnych miasta (105,4 km²) zamieszkuje 2,2 mln, w aglomeracji paryskiej – 10,8 mln, a w całym metropolitarnym zespole miejskim – 12,6 mln osób. Metropolia zajmuje obecnie obszar 2,3 tys. km², o promieniu 30 km.

Jeszcze na początku XIX wieku, Paryż przypominał średniowieczne miasto, w które jednak bardzo szybko rosło zaludnienie. W zespole miejskim, liczba ludności zwiększyła się z ponad 0,5 mln osób w 1700 roku do 1,0 mln w 1835 roku i 3,0 mln – 1860 roku.

W 1832 roku wybuchła w mieście wielka epidemia cholery, a następna w 1848 roku. Sytuacja pogarszała się z uwagi na brak czystej wody i systemu kanalizacji.

Ścieki surowe zrzucano do Sekwany, która stanowiła główne źródło wody pitnej. W połowie XIX wieku dostarczano do miasta małe ilości wody z prywatnych studni o nieodpowiedniej jakości, co powodowało, że epidemie cholery i tyfusu wybuchały do końca XIX wieku

Napoleon III Bonaparte (1808-1873) dążąc do przekształcenia Paryża w nowoczesną metropolię, wybrał do tego zadania barona Georges-Eugene Haussmanna (1809-1891) – urbanistę, który jako prefekt departamentu Sekwany przyczynił się w walnie do obecnego wyglądu miasta. Nie tylko był twórcą planu urbanistycznego miasta, opracowanego w latach 1852-1856, ale też podjął się realizacji tego planu. Pod Jego egidą przeprowadzono przebudowę miasta do końca 1870 roku, a przebudowując miasto, rozpoczęto również całkowitą przebudowę systemu wodociągowo-kanalizacyjnego. Powyższe zadanie, od prefekta Geogesa Haussmanna otrzymał inż. Eugene Belgrand (1810-1878) – absolwent *Ecole polytechnique* (obecnie Uniwersytet Paryż-Saclay).

W 1852 roku, główne źródło wody pitnej Paryża stanowiły wody Kanału Ourcq. W ramach przebudowy systemu zaproponowano dwie sieci wodociągowe: do wody pitnej i wody nawadniającej zieleń. Eugene Belgrand zaprojektował akwedukt doprowadzający wodę do Paryża z Szampanii, odległej od miasta o 150 km. Pod jego kierunkiem, zbudowano nowy system wodociągowy, który został oparty na Kanale Saint Martin oraz poborze wody z odległych źródeł w Dhuis oraz wybudowanych zbiorników wody w Montsouris i Vanne.

Za dostarczanie wody pitnej w metropolii paryskiej został odpowiedzialny SEDIF (Syndicat des Eaux d,Ile-de-France) stanowiący związek międzygminny, będący instytucją publiczną i właścicielem infrastruktury, który powierzył przedsiębiorstwu Eau de Paris zaopatrzenie Paryża w wodę, o dobrej jakości. Głosowanie w roku 2008 spowodowało bowiem, że miasto Paryż, po 25-ciu latach wykonywania usług wodnych na zasadzie ich zlecenia podmiotom zewnętrznym (outsourcingu), powróciło do publicznej gospodarki wodnej.

Woda, dostarczana jest trzema wodociągami do trzech zbiorników, przy czym zbiornik Passy, wykorzystywany jest dla nieuzdatnionej wody do nawadniania zieleni i czyszczenia ulic. Woda do picia, z wód podziemnych i powierzchniowych, poddawana jest uzdatnianiu w 2 stacjach, z zastosowaniem między innymi węgla aktywnego i ultrafiltracji oraz dezynfekcji.

Również system kanalizacyjny przed przebudowa Paryża, był całkowicie nie wystarczający i przyczyniał się do rozpowszechniania chorób. Warto wspomnieć, że pierwszy system kanalizacyjny Paryża, zbudowany w 1200 roku, składał się z otwartych koryt biegnących środkiem brukowanych dróg. Pierwszy podziemny kanał ściekowy zbudowano w 1370 roku pod ulicą Montmartre, a ścieki odprowadzano do dopływu Sekwany.

Do roku 1878, pod kierunkiem inż. Eugene Belgranda, przebudowano całkowicie system kanalizacyjny, budując około 500 km kanałów ściekowych. W kolektorach ściekowych zostały umieszczone wspomniane powyżej dwie sieci wodociągowe. Przeniesiono też wylot zrzutu ścieków do Asniers, rezygnując tym samym z odprowadzania ścieków do rzeki Sekwany w obrębie miasta. W okresie 80-ciu lat (1850-1930) prawie wszyscy mieszkańcy zostali stopniowo przyłączeni do miejskiego systemu wodociągowo-kanalizacyjnego, przy czym zespół miejski Paryża liczył 6 mln osób w 1936 roku.

Dzisiejsze kanały ściekowe mają 2 500 km długości, a w Paryżu istnieje Muzeum Kanalizacji (fr. Musée des Egouts de Paris), w którym przedstawiono historię kanalizacji miasta. Dawny system kanalizacyjny Paryża został opisany przez francuskiego pisarza Victora Marie Hugo (1802-1885) w „Nędznikach” (fr. „Les Misérables”), jak też przez amerykańskiego pisarza Harolda Luisa Humsa (1926-1992) w książce „Podziemne miasto”.

Obecnie, Paryż posiada 6 oczyszczalni ścieków, z których największą jest oczyszczalnia Seine Aval, zlokalizowana w Acheres, około 25 km od Paryża. Zbudowana została w 1940 roku, z dwoma ciągami technologicznymi: ściekowym i osadowym. Właścicielem i operatorem oczyszczalni jest przedsiębiorstwo do spraw ścieków aglomeracji Paryża – SIAAP (fr. Syndical Interdepartmental d'Assainissement de l'Agglom Parisienne), które zostało założone w 1970 roku.

SIAAP, zajmuje się transportem i oczyszczaniem ścieków komunalnych i przemysłowych oraz wodami opadowymi z czterech francuskich departamentów, takich jak: Paryż, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne, jak też z 180 gmin w departamentach: Val d'Oise, Essonne, Yveline, Saine-et-Marne, które podpisały z nim umowy. Posiada budżet roczny w wysokości 1,3 mld euro i zatrudnia 1700 pracowników, którzy zajmują się: eksploatacją kanałów, oczyszczalniami ścieków i 12 zbiornikami retencyjnymi, o pojemności magazynowania wody deszczowej w wysokości 900 tys.m³.

Oczyszczalnia ścieków Seine Aval jest największą oczyszczalnią w Unii Europejskiej, oczyszczającą początkowo 2,0 mln m³/d ścieków pochodzących od 9 mln ludzi, zamieszkujących w regionie paryskim. Przepływ szczytowy wynosił 33,5 m³/s podczas tzw. mokrej pogody. Mimo swojego wieku, oczyszczalnia ciągle udoskonala i dobudowuje się nowe instalacje technologiczne, aby sprostać wymaganiom zastrzegających się przepisów. Równocześnie, wdrażane są regionalne systemy oczyszczania, co pozwoliło na zmniejszenie o 15% dopływu ścieków do oczyszczalni Seine Aval i efektywne zastosowanie nowych rozwiązań technologicznych. Przykładem jest uruchomiona w 2004 roku instalacja z technologią Actiflo do oraz usuwania fosforu ze ścieków i oczyszczania wód burzowych. W 2007 roku oddano do użytku instalację z technologią Biostyr, która stanowi największą

w Europie biofiltrację zanurzeniową do nityfikacji/denitryfikacji ścieków. Zastosowana instalacja, o zwartej modułowej strukturze, posiada zbiorniki do nityfikacji i denitryfikacji, o łącznej objętości 55 tys. m³, umożliwiające usuwanie azotu.

Efektywne usuwanie substancji biogenych (fosforu i azotu) pozwala powstrzymać proces eutrofizacji w Sekwanie aż do Morza Północnego. Podejmuje się też różne działania przyczyniające się do zmniejszenia odprowadzanych ilości ścieków odprowadzanych do odbiorników. Wszystkie oczyszczalnie Paryża przyczyniają się w istotny sposób do ochrony środowiska wodnego w Sekwanie i Marne, o czym świadczy między innymi fakt, że obecnie zarejestrowano 33 gatunki ryb w Sekwanie, podczas gdy tylko 3 gatunki w 1970 roku.

System wodociągowo-kanalizacyjny Paryża musi rozwijać się wraz z rozwojem metropolii, niezależnie od ciągłej renowacji i modernizacji jego obiektów zabytkowych. Symulacje prognozują bowiem 9% wzrost liczby ludności (ok. 1 mln) w okresie 2012-2030. Równocześnie analiza wpływu zmian klimatycznych wykazała możliwość spadku rocznego przepływu w rzece Sekwanie pomiędzy 10-50% w zależności od zastosowanego modelu i przyjętych założeń, przy czym spadek 5-letniego przepływu niskiego może wynieść nawet 60%, a poziom wód podziemnych obniżyć się od 1-5 metrów. Podstawy zrównoważonej gospodarki wodnej aglomeracji Paryża przedstawiła prof. dr hab. Dorota Burzyńska [37].

4.3.2. System wodociągowo-kanalizacyjny w Moskwie

Moskwa jako miasto została założona w 1147 roku, ale 565 lat później, car Piotr I przeniósł stolicę cesarstwa z Moskwy do Petersburga. Dopiero gdy rząd bolszewicki przeniósł się do Moskwy, ponownie stała się ona stolicą państwa.

Pierwszy zbiorczy system wodociągowy Moskwy został zbudowany na przełomie XVIII-XIX wieku, natomiast zbiorczy system kanalizacyjny powstał w 1898 roku. System ten ciągle się rozwijał, wraz z rozwojem miasta. Pod koniec 2012 roku, przedsiębiorstwo państwowe – Moswodokanał S.A., obsługujące system wodociągowo-kanalizacyjny miasta, zostało przekształcone w spółkę akcyjną (100% akcji posiada miasto), obsługującą 15 mln mieszkańców, tj. około 10% całej liczby ludności Federacji Rosyjskiej. Warto dodać, że dyrektor generalny tego przedsiębiorstwa, pełni również funkcję zastępcy Mera Moskwy. Spółka akcyjna, jest największym rosyjskim przedsiębiorstwem wodociągowo-kanalizacyjnym, zatrudniającym około 13 tys. pracowników [38],[39]. Rozwój oraz problemy zaopatrzenia w wodę i oczyszczania ścieków Moskwy zostały przedstawione poniżej.

Metropolitalny region miasta Moskwy zaopatrywany jest w 99,85% w wodę powierzchniową, a tylko 0,15% w wodę podziemną. Źródłami wody powierzchniowej są: rzeka Moskwa, rzeka Jauza (lewy dopływ rzeki Moskwy) oraz system

wodny rzeki Wołgi. Należy dodać, że kanał moskiewski związany jest z regionami Moskwy, Smoleńska i Twer. Obszar zlewni poboru wody wynosi ponad 50 tys. km², tj. przykładowo obszar Chorwacji i Szwajcarii. Gwarantowane zasoby wodne zostały oszacowane na 11 mld m³/d i zabezpieczone są przez 15 zbiorników wodnych. Monitoring jakości wód prowadzony jest w pełnym cyklu, od źródła do odbiorcy. Rocznie pobiera się i bada, w laboratoriach, około 350 tys. próbek wody. Prowadzone są również inspekcje w celu wykrycia źródeł zanieczyszczeń wód (w roku – 2 tys. inspekcji) i podejmowane są działania prawne w stosunku do nielegalnych inwestycji na brzegach zbiorników wodnych (w roku – 50 wniesionych spraw). W strefach ochronnych ujęć wody, przedsiębiorstwo opiniuje wnioski o pozwolenia budowlane oraz kontroluje przestrzeganie prawa środowiskowego, przykładowo w roku odkryto i zlikwidowano 20 nielegalne wysypiska odpadów.

Długość sieci wodociągowej wynosi 12,7 tys. km, a woda uzdatniana jest w czterech stacjach uzdatniania wody (SUW), takich jak: „Rubłowska”, „Północna”, „Wschodnia” i „Zachodnia”. Wszystkie SUW mają klasyczny dwustopniowy system uzdatniania wody do picia, oparty o osadniki i filtry piaskowe, wspomagany przez dodatkowe zaawansowane technologie. Na SUW „Rubłowskiej” i SUW „Zachodniej” zastosowano ozonowanie i sorpcję na węglu aktywnym, co pozwoliło na ograniczenie zmian sezonowych jakości pobieranej wody i zagwarantowało kontrolę zapachów. Zwraca uwagę zaawansowana technologia SUW „Zachodnia”, na której zastosowano nowoczesne urządzenia, w tym system drenażowy Triton na filtrach piaskowych. Równocześnie w 2013 roku wdrożono system ozonowania oparty na technologii firmy Moskiewskie Ozonatory, który uzyskał nagrodę I-go stopnia za najlepiej zrealizowany projekt modernizacyjno-budowlany w Federacji Rosyjskiej

Miasto Moskwa zużywa około 3,5 mln m³/d wody, z czego 68,2% wykorzystywane jest przez ludność. Jednakże, od 1995 roku produkcja wody wynosząca wówczas 6 mln m³ /d wody spadła prawie dwukrotnie. Powyższe spowodowane było oszczędzaniem wody przez ludność na skutek zainstalowania wodomierzy i stosowania urządzeń domowych oszczędzających wodę, jak też likwidacją szeregu zakładów przemysłowych. Ponad 70% budynków mieszkalnych wyposażona jest w wodomierze. Przedsiębiorstwo prowadzi audyty wodne dla weryfikacji odczytów wodomierzy i analizatorów jakości wody, jak też obsługuje specjalną linię telefoniczną dla mieszkańców. Wprowadzono też system elektronicznych dokumentów z dostępem do danych i usługami online i obecnie 30% użytkowników wykorzystuje ten system w praktyce.

Aktualna długość sieci kanalizacyjnej wynosi 8,2 tys. km. Ścieki pompowane są za pomocą 153 przepompowni, o łącznej przepustowości 9 mln m³/d. Istnieje 13 zbiorników burzowych, o łącznej pojemności 242,2 tys. m³. Całkowity obszar

tego systemu wynosi 1200 tys. km². Ścieki z obszaru Moskwy oczyszczane są w czterech oczyszczalniach ścieków: „Kurianowska”, „Luberecka”, „Południowe Butowo” i „Zielenograd”.

W celu poprawy efektywności oczyszczania zrealizowano szereg projektów. Przykładem jest wprowadzenie biologicznego usuwania substancji biogenych w części oczyszczalni ścieków „Luberecka” o przepustowości wynoszącej 500 tys. m³/d. Następnym przykładem, jest dezynfekcja ścieków za pomocą promieni ultrafioletowych (UV) na oczyszczalni ścieków „Kurianowska” o przepustowości 3 mln m³/d. Do roku 2025, planuje się modernizację wszystkich oczyszczalni ścieków, aby zastosować biologiczne usuwanie biogenów i dezynfekcję ścieków co wskazuje, że w tym zakresie realizowane są aktualne trendy światowe. W zakresie zagospodarowania osadów ściekowych istnieją aktualnie trzy zakłady przeróbki, przerabiające 275 tys. t/rok osadów oraz dwa składowiska, magazynujące 1,65 mln m³ osadów.

System kanalizacyjny wyposażony jest również w 36 stacji do unieszkodliwiania śniegu. Na stacjach tych, w specjalnych separatorach następuje usuwanie odpadów i odprowadzanie wód roztopowych do systemu kanalizacyjnego. Pierwsze stacje do unieszkodliwiania śniegu rozpoczęły działanie w 2001 roku. Przed ich wprowadzeniem, duże ilości śniegu były gromadzone i zrzucane do rzeki Moskwa i rzeki Jauza. Koncepcja unieszkodliwiania śniegu za pomocą ciepła ze ścieków pojawiła się na początku XX wieku, ale nie została wówczas zrealizowana. Obecnie, każdego roku stacje unieszkodliwiania śniegu chronią rzeki przed zanieczyszczeniem około 300 tonami produktów olejowych i 70 tonami zawieszin i odpadów, przyczyniając się również do ochrony zbiorników wodnych. Temperatura oczyszczanych ścieków, w ciągu roku, nie spada poniżej 15-16 °C, co jest istotne dla ich biologicznego oczyszczania, a szczególnie usuwania biogenów.

W przedsiębiorstwie przyjęto, że woda stanowi odnawialne źródło energii, a poniżej przedstawiono poszczególne kierunki działań w tym zakresie. Energia wodna wytwarzana w dziewięciu hydroelektrowniach, wykorzystywana jest dla lokalnych potrzeb przedsiębiorstwa. W tym celu wykorzystuje się efektywne zrzuty wody ze zbiorników wodnych. Następnym źródłem energii odnawialnej jest biogaz wytwarzany na oczyszczalniach ścieków podczas fermentacji osadów ściekowych. Energia biogazu zabezpiecza działanie elektrociepłowni. Energia zawarta w ściekach wykorzystywana jest również na stacjach do unieszkodliwiania śniegu.

Przedsiębiorstwo opracowało program oszczędności energii i podniesienia efektywności energetycznej. Program umożliwił redukcję zużycia wody w mieście, włączając w to potrzeby własne przedsiębiorstwa, jak też ograniczył zużycie energii, paliw, smarów i gazu naturalnego. Implementacja działań oszczędzających energię następuje również poprzez kontrakty na usługi energetyczne. Roczna

produkcja energii elektrycznej wyniosła 118 kWh, a energii cieplnej 489,5 tys. Gcal. Powyższy program, w danym roku umożliwił: redukcję ilości wody w wysokości 1,27 mln m³ oraz oszczędności: energii elektrycznej – 33,7 tys. Gcal, energii cieplnej – o 2,15 tys. Gcal i zmniejszenie zużycia paliw i smarów – o 257 ton.

Decyzja administracyjna o rozszerzeniu obecnych granic Moskwy o nowe obszary, wywiera znaczący wpływ na obecne i przyszłe działania systemów wodociągowych i kanalizacyjnych przedsiębiorstwa. W czerwcu 2012 roku, przedsiębiorstwo rozpoczęło eksploatację istniejących urządzeń w nowych administracyjnych regionach (Troicki i Nowomoskiewski). Nowe obszary, przyłączone do Moskwy, obejmują powierzchnię 144 tys. ha, zamieszkałą przez 250 tys. mieszkańców w 21 miastach i jednostkach osadniczych. Na powyższych obszarach istnieją 44 ujęcia wody, a zapotrzebowanie na wodę wynosi 57,7 tys. m³/d. Sieć wodociągowa ma długość 392 km, a długość sieci kanalizacyjnej wynosi 302,6 km, w tym 227,8 km kanałów grawitacyjnych i 74,8 kanałów ciśnieniowych. Istnieje również 50 przepompowni ścieków o łącznej przepustowości 95 tys. m³/d oraz 18 oczyszczalni ścieków-17 działających. Obecne zaopatrzenie w wodę nowych obszarów następuje za pomocą studni artezyjskich (65%), a pozostałe 35% za pomocą moskiewskich lub innych systemów wodociągowych.

W opracowanym planie zagospodarowania Moskwy zaprezentowano główne kierunki zaopatrzenia w wodę nowych obszarów: obszary leżące od 30-35 km od ujęć wody są zaopatrywane w wodę przez SUW Zachodni, natomiast pozostałe obszary są zaopatrywane ze źródeł podziemnych, po ich zaawansowanym uzdatnianiu, poprzez instalację 35 modułowych SUW. Nowe problemy wodne, ilościowe i jakościowe, niewątpliwie stanowią trudne zadanie dla przedsiębiorstwa.

Szereg urządzeń i instalacji, zbudowanych w latach 1960-1980, nie działa, sieć wodociągowa wymaga modernizacji prawie w 100%, a ponad 30% oczyszczalni ścieków jest przeciążonych. Podejmowane przez przedsiębiorstwo działania, od 2012 roku na obszarach Troicki i Nowomoskiewski, umożliwiły: zorganizowanie kontroli jakości wody w studniach artezyjskich, zbiornikach wody do picia oraz w sieci wodociągowej. Zmodernizowano sieć wodociągową na długości 10 km, a przy tym naprawiono ponad 550 uszkodzonych przewodów wodociągowych (obecna liczba pęknięć rurociągów obniżyła się o 9,5% w stosunku do 2012 roku) oraz zmodernizowano 12 ujęć wody (z 50 istniejących).

Zaplanowane jest dalsze zmodernizowanie urządzeń do poboru wody w wielu miastach i jednostkach osadniczych. Podjęto decyzję o modernizacji 3 oczyszczalni ścieków: „Perwonajskoje” (1000 m³/d), „Rogowo” (1000 m³/d) i „MinZag” (500 m³/d). Zastosowane rozwiązania będą efektywnie wykorzystywać istniejącą powierzchnię, biorąc pod uwagę konieczność dodatkowych obiektów i zwiększenie efektywności działania istniejących urządzeń.

Głównymi zadaniami przedsiębiorstwa jest: ujmowanie, transport i uzdatnianie wody oraz zbieranie, transport i oczyszczanie ścieków oraz zagospodarowanie osadów ściekowych, jak też wytwarzanie energii. System wodociągowo-kanalizacyjny, obsługujący ponad 15 mln mieszkańców, powiększa nadal w związku ze zwiększeniem się obszaru leżącego w granicach miasta.

Przekształcenie Moswodokanału, stanowiącego własność Skarbu Państwa, w spółkę akcyjną, spowodowało, że wszystkie programy inwestycyjne firmy przestały być finansowane ze środków państwowych i muszą być finansowane ze środków własnych, co oczywiście wymaga przemyślanej strategii finansowej i jej implementacji.

Jednakże, nadal cenę za wodę i ścieki ustala Regionalna Komisja Energetyczna (RKE). Przykładowo, w roku 2013, wydatkowano na modernizację i zakupy urządzeń kwoty w wysokości: 11,3 mld rubli – system wodociągowy i 9,2 mld rubli – system kanalizacyjny. Całkowite dochody firmy ze sprzedaży produktów, produkcji i wykonanych prac i usług wyniosły 46,4 mld rubli, natomiast – amortyzacja – 11,9 mld rubli. Autoryzowany kapitał przedsiębiorstwa to 189,7 mld rubli, a zysk netto, po odliczeniu podatków, przekroczył w 2013 roku planowaną wartość o 12% i osiągnął na koniec tego roku – 85,34 mln rubli (stopa wzrostu 118%). Powyższy wynik osiągnięto niezależnie od uwarunkowań wewnętrznych i niekorzystnych czynników zewnętrznych.

Dostarczanie dobrej jakości wody dla metropolii Moskwy, głównie z wód powierzchniowych, jest trudnym zagadnieniem. Wymagało wprowadzenia nie tylko nowoczesnego, automatycznego monitoringu jakości wód, ale również wprowadzenia innowacyjnych metod uzdatniania wody, takich jak: filtracja membranowa, ozonowanie, dezynfekcja za pomocą podchlorynu sodu. Równocześnie następuje budowa, rozbudowa i modernizacja sieci wodociągowej. Następuje ciągła rozbudowa sieci kanalizacyjnej oraz rozbudowa i modernizacja istniejących oczyszczalni ścieków. Największa modernizacja nastąpiła na oczyszczalni „Kurianowskiej” – gdzie zbudowana została największa instalacja dezynfekcji ścieków promieniami UV o całkowitej przepustowości 3 mln m³/d. Modernizacja obejmować będzie zastosowanie biologicznego usuwania biogenów oraz kontrolę odorów. Wszystkie rozwiązania innowacyjne przetestowano na największej europejskiej oczyszczalni – „Lubereckiej”.

Powyższe działania przedsiębiorstwa w zakresie budowy i rozbudowy zbiorczych systemów wodociągów i kanalizacji świadczą o próbach rozwiązywania istotnych problemów w zakresie wody, ścieków i osadów ściekowych. W październiku 2019 roku, przedsiębiorstwo Moswodokanał S. A. uroczyście obchodziło 215-tą rocznicę powstania.

4.3.3. System wodociągowo-kanalizacyjny Chicago

Doskonałym przykładem dużego nowoczesnego systemu miejskiej gospodarki wodno-ściekowej, który od początku swego istnienia był zintegrowanym z gospodarką wodną, jest system wodociągowo-kanalizacyjny miasta Chicago, od początku chroniący zasoby wodne wykorzystywane do zaopatrzenia w wodę i odgrywający niezwykle ważną rolę w rozwoju miasta i jego przedmieść.

Początki organizacji ochrony wód Metropolii Chicago sięgają maja 1889 roku, gdy utworzono specjalną agencję rządu stanowego pod nazwą Chicagowski Rejon Sanitarny (ang. Sanitary District Chicago), mający wówczas na celu ochronę wód Jeziora Michigan, poprzez odwrócenie biegu rzeki Chicago. Od tego czasu, agencja nie tylko zmieniała nazwy, ale również redefiniowała swoją misję i cele działania, przyjmując obecnie nazwę: *Metropolitan Region Odzyskiwania Wody Wielkiego Chicago* (ang. Metropolitan Water Reclamation District of Greater Chicago – MWRD).

Obecną misją strategiczną organizacji MWRD są: ochrona zdrowia i bezpieczeństwa publicznego poprzez: utrzymanie dobrej jakości wody Jeziora Michigan stanowiącego źródło zaopatrzenia w wodę do picia Chicago, ochrona i polepszenie wody w dopływach, ochrona przed powodzią i gospodarowanie wodą jako cennym zasobem. Misja oparta została na następujących przesłankach: przyszłej roli zakładu użyteczności publicznej jako zakład odzysku surowców i odnowy wody.

Interesujące są początki działalności agencji, związanej nie tylko z odwróceniem biegu rzeki Chicago, ale również ze zbudowaniem kanału sanitarnego i żeglugo-wego umożliwiającego przeniesienie żeglugi z Wielkich Jezior na do Zatoki Meksykańskiej poprzez rzeki: des Plains, Illinois i Missisipi, w celu ochrony Jeziora Michigan. Należy nadmienić, że Missisipi to królowa amerykańskich rzek o długości około 3750 km, powierzchni dorzecza blisko 3 mln km², średnim przepływem około 12 750 m³/s. Natomiast Jezioro Michigan ma powierzchnię 57 800 km² (śr. głębokość 85 m, max. 280 m). Woda pobierana jest z Jeziora Michigan, a następnie uzdatniana na dwóch Stacjach Uzdatniania Wody (SUW): pierwsza stacja została nazwana im. Jamsa W. Jardine – komisarza wodnego Chicago, a drugą stację nazwano im. Eugene Sawyera – burmistrza Chicago.

Równocześnie, dla ochrony tego źródła wody do picia dla około 6 mln ludzi, zbudowano siedem oczyszczalni ścieków, w tym: oczyszczalnię ścieków „Stickney” (4 550 tys. m³/d), której część zachodnia powstała już w 1930 roku, a część południowo-zachodnia w roku 1939, jak też oczyszczalnię Lemont Plant” (8 700 tys. m³/d). Warto dodać, że pozwolenia dla odpływów ścieków z tych siedmiu oczyszczalni dotyczące parametrów jakościowych wahają się w zakresie: BZT (część węglowa)

= 2 – 4 mg/dm³, zawiesiny = 2-6 mg/dm³, N-NH₄ = 0,1-6 mg/dm³, w zależności od odbiornika ścieków.

W 2004 roku, w związku ze skutkami zmian klimatycznych, agencja uzyskała pozwolenie na gospodarowanie również wodami opadowymi, tym samym stała się nie tylko agencją rozwiązującą problemy wodno-ściekowe ale również problemy wód opadowych w mieście Chicago i 128 sąsiednich miejscowościach, należących do Hrabstwa Cook. Związane to było z ochroną tych obszarów przed podtopieniami i powodzią, jak pozyskiwaniem nowych terenów pod zabudowę.

W roku 2012, zaproponowano w USA nowy paradygmat ściekowy tzw. NEW (Nutrients – Energia – Woda), związany z odzyskiem, energii, wody i substancji biogennych ze ścieków, który bardzo szybko zaczął być wprowadzany do amerykańskich systemów gospodarki wodno-ściekowej. Celem tego paradygmatu była ochrona środowiska wodnego, ale również generowanie zysków i wynikające z tego korzyści społeczne.

W 2015 roku, MWRD przyjęła jako jeden z ważnych celów środowiskowych osiągnięcie neutralności energetycznej w roku 2023. W tym celu zbudowano strategię oraz rozpoczęto testowanie nowych technologii, w tym przykładowo technologii ZeeLung MABR (ang. Membrane Aeration Biofilm Reactor), zdolnej do usuwania substancji biogennych i zredukowania tzw. śladu energetycznego w stosunku do napowietrzania ścieków, nawet o 40%.

W roku 2016, całkowity budżet organizacji wynosił 1,6 mld USD i tym roku był przeznaczony na: ochronę przed powodzią i walkę z zanieczyszczeniem – 36,2%, oczyszczanie i przeróbkę osadów ściekowych – 21,3%, zbieranie ścieków – 6,4%, wydatki organizacji – 36,1% (spłata pożyczek, fundusz emerytalny, fundusz ochrony zdrowia personelu i inne wspierające działalność). Pobrane opłaty w 2016 roku wynosiły 577,8 mln USD i były wyższe o 3,3% (18,5 mln USD) niż w 2015 roku. Należy dodać, że zatwierdzona, od 1 czerwca 2017 roku, przez Burmistrza i Radę Chicago, wysokość opłaty za pobór wody wynosiła 1,025 USD/ m³ (w przypadku pomiaru jej zużycia licznikiem) oraz drugie tyle stanowiła wysokość opłaty za ścieki, co umożliwiło organizacji dalsze inwestycje.

Główne przedsięwzięcia inwestycyjne MWRD związane zostały z budową zbiorników wodnych, odzyskiem zasobów (w tym fosforu i azotu), osiąganiem neutralności energetycznej, jak też z ochroną przeciwpowodziową. Organizacja zarządza oczyszczaniem ścieków, pochodzących z obszaru około 2 290 km², od 5 mln mieszkańców miasta Chicago oraz mieszkańców ze 155 miejscowości podmiejskich w Hrabstwie Cook, Illinois. Długość głównych kanałów wynosi ponad 900 km. Całkowita roczna ilość ścieków oczyszczanych we wszystkich siedmiu oczyszczalniach wynosi powyżej 1,7 mld m³ (rok 2017), które po oczyszczeniu

spełniają wymogi jakościowe Narodowego Systemu Eliminacji Zanieczyszczenia i Zrzutów (ang. National Pollutant and Discharge Elimination System).

W zakresie odnowy wody ze ścieków, wprowadzono na biologicznej oczyszczalni ścieków „Stickney” następny stopień oczyszczania ścieków obejmujący: filtrację ścieków, usuwanie azotu amonowego i innych substancji chemicznych, dezynfekcję ścieków za pomocą metody chlorowania/odchlorowania oraz promieniami ultrafioletowymi (UV).

Zanieczyszczenie zasobów wodnych substancjami biogennymi stanowi jeden z największych problemów środowiskowych zasobów wodnych, powodujący zakwity glonów i strefy martwe w sąsiednich ekosystemach wodnych, szczególnie morskich. Dlatego problem ten był przedmiotem analizy MWRD, w wyniku której podjęto decyzję o budowie instalacji do odzysku fosforu. Największa na świecie instalacja do odzysku substancji biogennych, a szczególnie fosforu, powstała na terenie oczyszczalni ścieków „Stickney”, która przyjęła nową nazwę – Zakład Odzysku Wody (ang. Stickney Water Reclamation Plant) w Cicero, Illinois, o maksymalnej pojemności 5,3 mln m³/d. Do zakładu, należącego do MWRD, dopływa obecnie około 2,65 mln m³/d ścieków, pochodzących od 2,3 mln mieszkańców z część miasta Chicago i 46 podmiejskich miejscowości. Cała oczyszczalnia ścieków „Stickney” wytwarza 350 ton s. m. osadów/d.

W zakresie usuwania fosforu całkowitego, oczyszczania ścieków „Stickney” uzyskiwała dotychczas stężenie odpływu około 2,0 mg/dm³ mając limit stężenia odpływu ścieków wynoszący 1,0 mg/dm³. Podjęto próby optymalizacji biologicznego usuwania fosforu metodą osadu czynnego oraz minimalizacji ładunków fosforu (24%) z odcieków z przeróbki osadów ściekowych, decydując się w końcu na budowę instalacji do odzysku fosforu.

Projektantem i realizatorem inwestycji była znana firma amerykańska Black & Veatch Construction Inc., w konsorcjum z 20 firmami pomocniczymi, a dostawcą technologii – kanadyjska firma Ostara Nutrients Technologies Inc., która zaproponowała trzy innowacyjne rozwiązania:

- technologię Ostara – opartą o reaktory fluidalne Pearl,
- rozwiązanie dotyczące reaktora do uwalniania fosforu związanego w osadzie nadmiernym (ang. Waste Activated Sludge Stripping to Remove Internal Phosphorus – WASSTRIP) – powodujące wzrost odzysku fosforu i ochraniające komory fermentacyjne przed tworzeniem się struwitu, oraz
- technologię Crystal Green – produkcji ekologicznego nawozu – wolno uwalniającego się do środowiska.

Wybór firmy Black & Veatch oraz firmy Ostara przez MWRD nastąpił w 2013 roku. Faza projektowania trwała od 2013 roku do października 2014 roku. Fazę budowy ukończono w ciągu około 1,5 roku i w dniu 25 maja 2016 roku nastąpiło

uroczyste otwarcie instalacji, po którym nastąpiła faza jej uruchamiania. Odzysk fosforu i azotu, w instalacji, z reaktorem WSSTRIP, realizowany jest w trzech reaktorach fluidalnych typu Pearl 10 000, odzyskujących fosfor z odcieków z przeróbki osadów. Do reaktorów fluidalnych dodawane są chemikalia ($Mg Cl_2$ oraz $Na OH$), w kontrolowanym środowisku pH. Budowa instalacji pozwala obniżyć ładunek substancji biogenych (stężenie fosforu całkowitego w odpływie z oczyszczalni – $0,3 \text{ mg/dm}^3$) oraz ochronić jakość zasobów wodnych systemu rzek Chicago/Calumet, a w dalszej kolejności wód rzeki Missisipi, przed biogenami, szczególnie zanieczyszczeniem związkami fosforu. Dlatego rozwiązanie to, przyczynia się do zredukowania zjawiska eutrofizacji oraz ograniczenia tworzenia się stref hipoksji (niedoborów tlenu) w Zatoce Meksykańskiej [40].

Warunki kontraktu zawartego między MWRD a firmą Ostara obejmowały przez 20-letni okres eksploatacji: utrzymanie standardów jakości i zapłatę operatorowi przez firmę Ostara 400 USD za każdą tonę wyprodukowanego nawozu. Ponieważ obecnie instalacja daje możliwość wyprodukowania w MWRD około 10 tysięcy ton fosforu/rok, to uzyskiwana roczna kwota ze sprzedaży może wynosić nawet 4,0 mln USD. Podczas konferencji i targów technicznych WEFTEC w Chicago, w dniu 3 października 2017 roku, Federacja Środowiska Wodnego (ang. Water Environment Federation – WEF), przyznała prestiżową Nagrodę Doskonałości za realizację obecnie największe na świecie instalacji odzysku fosforu. Systemu wodno-ściekowy Chicago może stanowić przykład dla innych dużych miast,

4.3.4. System wodociągowo-kanalizacyjny Nowego Jorku

Nowy Jork to największe i najgęściej zaludnione miasto amerykańskie, położone na wschodnim wybrzeżu Atlantyku, składające się z pięciu dzielnic (hrabstw), takich jak: Bronks, Brooklin, Manhattan, Queens i Staten Island. Korzenie miasta sięgają 1624 roku, gdy założone zostało przez holenderskich kolonistów i nazwane Nowym Amsterdamem, a po przejściu przez Anglików nazwę zmieniono na Nowy Jork. Miasto zamieszkuje ponad 8 mln ludzi na obszarze 790 km^2 , w dodatku do 1 mln ludzi w hrabstwach Westminister, Putnam, Orange i Uster. Cały obszar metropolitalny Nowego Jorku liczy 25 mln mieszkańców.

System wodociągowo-kanalizacyjny Nowego Jorku obsługuje ponad 9 mln ludzi, w dodatku do dużej ilości przyjezdnych. Skomplikowany system wodociągowy, dostarczający ponad $4,5 \text{ mln m}^3/\text{d}$ wody, składa się z 19 zbiorników wodnych i 3 kontrolowanych jezior i obejmuje obszar około $5,2 \text{ tys. km}^2$, z którego woda jest transportowana poprzez nie mniej skomplikowany system akweduktów, tuneli i rurociągów, z trzech systemów. Systemy Catskill i Croton dostarczają 90% dobowego zapotrzebowania wody dla miasta. Natomiast system Croton

dostarcza tylko 10%, głównie do Bronx i części Manhattan, ale jest zdolny dostarczyć nawet 30% [41-44].

System wodociągowo-kanalizacyjny Nowego Jorku ma długą historię rozwoju, aby sprostać szybko wzrastającemu zapotrzebowaniu na wodę i złym warunkom sanitarnym. W 1852 roku miasto posiadało już około 240 km kanałów ściekowych, ale warunki sanitarne były nadal złe. W latach 1853-1954 wybuchła epidemia cholery, która zabiła 5,5% ludności miasta. Od 1854 roku, budynki mieszkalne musiały podłączać się do kanalizacji, na terenach na których istniała sieć kanalizacyjna.

Pierwszy brak wody nastąpił bowiem w 1774 roku, gdy miasto liczyło tylko 22 tys. mieszkańców. Natomiast, od 1789 roku miasto doświadczało ciągłych epidemii żółtej febry i cholery. Pomimo, że 1830 roku zbudowano zbiorniki na wodę, to mogły one zaopatrzyć w wodę tylko 60 tysięcy z 200 tysięcy mieszkańców Manhattanu. W roku 1842, zbudowano zaporę na rzece Croton i akwedukt do Manhattanu. Braki wody występowały nadal do 1890 roku, aż do zbudowania drugiego akweduktu transportującego wodę ze zlewni Croton. W 1915 roku, uruchomiono akwedukt Catskill, a w roku 1944 – akwedukt Delaware.

Miasto od początku postanowiło uzyskiwać czystą, niefiltrowaną wodę z odległych, dobrze chronionych zlewni. Woda pitna pochodzi z chronionego dorzecza obejmującego pasmo górskie Catskill, stanowiące część Appalachów. Woda pobierana jest ze zbiorników oddalonych od miasta ponad 200 km. Pierwszą zlewnią, wykorzystywaną do zaopatrzenia miasta w wodę była zlewnia Croton, na wschodzie rzeki Hudson, dostarczająca jak wyżej wspomniano, tylko 10% średniego dobowego zapotrzebowania na dobę, obejmująca hrabstwa Westchester, Putnam i Dutchess oraz małą część stanu Connecticut. System Catskill, składa się z dwóch zbiorników (Schoharie i Ashokan), zlokalizowanych na zachodzie rzeki Hudson. Woda wypływa ze zbiornika Schoharie przez tunel Shandokan i wpływa do strumienia Esopus Creek. Następnie woda płynie przez 35 km do zbiornika Ashokan i akweduktem Catskill o długości 120 km i dopływa do zbiornika Kensico.

System Delaware składa się z czterech zbiorników: Cannonville, Pepacton, Neversink (zlokalizowanych w zlewni rzeki Delaware) i Rondout w zlewni rzeki Hudson. Woda z powyższych trzech zbiorników dopływa do zbiornika Rondout trzema oddzielnymi tunelami, a ze zbiornika Rondout woda za pomocą tunelu Rondout / West Branch, o długości 145 km, dopływa do zbiornika West Branch, skąd płynie akweduktem Delaware do zbiornika Kensico. System Delaware dostarcza 50% średniego dobowego zapotrzebowania na wodę miasta. Oba osobne systemy (Catskill i Delaware) często uważane są za jeden system Catskill/ Delaware, ponieważ wody z dwóch zlewni mieszają się w zbiorniku Kensico. Wody z tego zbiornika poddawane są dezynfekcji UV w stacji, skąd płyną do zbiornika

Hillview. Woda ze zbiorników: Hillview i Jerome Park dostarczana jest do odbiorców siecią wodociągową, o łącznej długości ponad 11 000 km. Całkowita pojemność zbiorników to 2,2 mld m³wody.

Stacja dezynfekcji wody z systemu Catskill/Delaware, oparta jest o system uzdatniania bez filtracji wody. Jest największą na świecie stacją dezynfekcji za pomocą promieniowania ultrafioletowego (UV). Zastosowano technologię dezynfekcji kanadyjskiej firmy Trojan Technologies, z 56 reaktorami UV efektywnymi energetycznie, działającymi na powierzchni 15 000 m². Woda nie podlega filtrowaniu, ale oprócz dezynfekcji UV, jest chlorowana, fluorowana i dodawane są dodatkowo: spożywczy kwas fosforowy – dla zmniejszenia zanieczyszczenia wody przez ołów z rur, jak też wodorowęglan sodu – dla obniżenia kwasowości wody. Otwarcie tej stacji nastąpiło w październiku 2013 roku, a jej koszt wyniósł 1,5 mld USD. Natomiast, szacowane dla systemu Catskill/Dalaware koszty budowy stacji uzdatniania wody opartej o filtrację wynosiły w tym czasie 8-12 mld USD, a roczne koszty jej eksploatacji – 350 mln USD. Postanowiono natomiast zbudować w Bronx stację uzdatniania opartą o filtrację dla wody z systemu Croton. Pojemność stacji to 1,2 mln m³/d, a jej koszt – 2,8 mld USD.

Departament Ochrony Środowiska (ang. Department Environment Protection NY) nadzoruje system zaopatrzenia w wodę miasta i sprawuje nadzór nad jakością wody pobierając i analizując rocznie 500 tys. próbek wody w chronionym dorzeczu, z którego pobierana jest woda dla Nowego Jorku. Systemy automatycznego poboru pobierają rocznie 1,2 mln próbek ze zbiorników wodnych, dodatkowo 40 tys. próbek pobierane jest z systemu dystrybucji

Równocześnie, Nowy Jork wytwarza średnio ponad 4,9 mln m³/d ścieków komunalnych, a podczas tzw. mokrej pogody ilość ścieków jest dwukrotnie wyższa. Zbudowany wczesny system kanalizacyjny został oparty o kanalizację ogólnospławną, ale później dobudowano system kanalizacji rozdzielczej do którego ścieki spływają bezpośrednio z budynków, a następnie grawitacyjnie przepływają do systemu ogólnospławnego. System wyposażony jest w 96 przepompowni i posiada 135 tys. zbiorników kanalizacyjnych i 495 przelewów burzowych. Długość sieci kanalizacyjnych wynosi 9 655 km

Ścieki oczyszczane są w 14 oczyszczalniach, posiadających: oczyszczanie wstępne, oczyszczanie biologiczne, dezynfekcję ścieków i systemy przeróbki osadów ściekowych. Efektywność oczyszczania jest w granicach 85-95%, co pozwala to na utrzymywanie wymaganej jakości wody w zatoce Nowego Jorku. Ścieki oczyszczane są w oczyszczalniach, o pojemnościach:

- Newton Creek – 1173 350 m³/d, rok otwarcia: 1967
- Wards Island – 972 745 m³/d, rok otwarcia: 1937
- Hunts Point – 757 000 m³/d, rok otwarcia: 1952

- North River – 643 450 m³/d, rok otwarcia: 1986
- Bowery Bay – 567 750 m³/d, rok otwarcia: 1939
- Owis Head – 454 200 m³/d, rok otwarcia: 1952
- Coney Island – 416 350 m³/d, rok otwarcia: 1935
- Jamajka – 378 500 m³/d, rok otwarcia: 1903/1943
- 26 Ward – 321 725 m³/d, rok otwarcia: 1944
- Tallman Island – 302 800 m³/d, rok otwarcia: 1939
- Port Richmond – 227 100 m³/d, rok otwarcia: 1953
- Red Hook – 227 100 m³/d, rok otwarcia: 1987
- Rockaway – 170 325 m³/d, rok otwarcia: 1952
- Oakwood Beach – 151 020 m³/d, rok otwarcia 1956.

Z oczyszczalni ścieki odprowadzane są do różnych odbiorników, takich jak: zatoka Jamaika i zatoka Nowego Jorku oraz rzeka East River i rzeka Huston. W zakresie ścieków przemysłowych, istotnym jest, że prawo wymaga aby Departament Ochrony Środowiska Nowego Jorku publikował listę znaczących przypadków nie przestrzegania standardów wstępnego oczyszczania ścieków zrzucanych do kanalizacji miejskiej przez zakłady przemysłowe działające na terenie miasta.

Osady ściekowe pochodzące z oczyszczalni ścieków poddawane są procesowi fermentacji w celu uzyskania biogazu i odwadniane na wirówkach. Ponieważ nie wszystkie oczyszczalnie posiadają wirówki, część osadów transportowana jest drogą wodną do obiektów gdzie istnieją. Przefermentowane i odwodnione osady są zagospodarowywane przez zewnętrznych firmy, którzy wykorzystują je do rekultywacji terenów, albo odzyskują substancje biogenne. Plan burmistrza Nowego Jorku, tzw. plan Jedno Miasto Nowy Jork (ang. One NYC), zakłada tzw. zerowe wykorzystanie osadów na rekultywację terenów do roku 2030, co oznacza dalszą ich przeróbkę i zagospodarowanie poprzez: kompostowanie, suszenie, gazyfikację czy pirolizę. Obecnie miasto produkuje 1400 ton /d przerobionych osadów.

Od 2008 roku, Departament Ochrony Środowiska Nowego Jorku prowadzi działalność związaną z przygotowaniem miasta na zmiany klimatyczne, opracowując w tym celu program pt. „Ocena zmian klimatu i plan działania”, obejmujący również między innymi różne ryzyka dla oczyszczalni i przepompowni ścieków oraz sieci, związane z podniesieniem poziomu oceanu, jak też z możliwymi okresami suszy i powodziami sztormowymi .

Prace powyższe zostały zintensyfikowane poprzez duże szkody spowodowane w 2012 roku silnym huraganem Sandy, który przemieszczał się wzdłuż wschodniego wybrzeża Stanów Zjednoczonych, a na jego trasie znalazł się Nowy Jork. Poniesione straty oszacowano na ponad 20 mld USD. Przykładowo, w systemie oczyszczania ścieków, 10 z 14 oczyszczalni zostało uszkodzonych lub straciły zasilanie energetyczne, a 3 przestało w ogóle działać: Coney Island – przez

2 godziny, North River- przez 7 godzin, Rockaway- 3 dni. Do odbiorników trafiło 2,1 mln m³ nieoczyszczonych ścieków zmieszanych z wodami burzowymi i morskimi oraz 3 mln m³ ścieków częściowo oczyszczonych. Również uszkodzone lub straciło zasilanie energetyczne zostały 42 przepompownie ścieków z istniejących 96 przepompowni.

W powyższych pracach dotyczących ryzyka dla systemu wodociągowo-kanalizacyjnego, związanego ze zmianami klimatycznymi stwierdzono, że największe ryzyko dla zaopatrzenia w wodę miasta stanowi spływ powierzchniowy wywołany gwałtownymi opadami mający niekorzystny wpływ na jakość wody w zbiornikach wodnych. Natomiast największe ryzyko dla systemu kanalizacyjnego miasta związane jest z nie funkcyjnością tego systemu wywołaną przez powódzie sztormowe, które mogą powodować zrzuty nieoczyszczonych lub częściowo oczyszczonych ścieków do odbiorników.

Zwiększony spływ powierzchniowy może powodować wzrost mętności, patogenów i innych zanieczyszczeń w zbiornikach wodnych, co może wywierać niekorzystny wpływ na proces dezynfekcji wody do picia promieniami ultrafioletowymi (UV). Dodatkowo wzrosty temperatury mogą powodować nadmierne i częste zakwity glonów, przyczyniając się między innymi do zmian barwy i zapachu wody, a ogólnie do złej jakości wody z którą nie poradzi sobie dezynfekcja, szczególnie podczas okresu suszy. Zwiększone opady deszczowe, niezależnie od wzrostu poziomu oceanu, mogą powodować znaczne przepełnienia sieci kanalizacyjnej i podtopienia i zanieczyszczenie miasta i odbiorników.

Dodatkowo, podczas napływających fal ciepła mogą występować potencjalne uszkodzenia systemu zasilającego miasto w energię elektryczną, co powoduje konieczność istnienia systemu awaryjnego zasilania w energię elektryczną przykładowo oczyszczalni ścieków.

Wniosek główny z doświadczeń z huraganem Sandy: systemy wodociągowo-kanalizacyjne, zapewniające zaopatrzenie miasta w wodę do picia i ciągły odbiór ścieków, są krytycznymi systemami dla Nowego Jorku przy zachodzących zmianach klimatycznych. W związku z powyższym, aby zwiększyć odporność systemu Departament Ochrony Środowiska NJ opracował szereg strategii, takich jak:

Strategia ochrony obiektów oczyszczania ścieków przed powodzią sztormową:

1. Adaptacja standardów projektowania obiektów oczyszczania do powodzi sztormowych i wzrostu poziomu oceanu,
2. Uodpornienie oczyszczalni ścieków,
3. Zbadanie alternatywy dla oczyszczalni ścieków Rockaway,
4. Opracowanie rozwiązań kogeneracyjnych dla oczyszczalni ścieków North River,

5. Zbadanie możliwości rozszerzenia kogeneracji i innych działań energetycznych,
6. Poparcie dla regionalnego planowania
7. *Strategia polepszenia i powiększenia infrastruktury odwadniania:*
8. Zredukowanie przelewów kanalizacji ogólnospławnej przy pomocy zielonej infrastruktury,
9. Zredukowanie przelewów kanalizacji ogólnospławnej przy pomocy kanałów dla silnych sztormów w całym mieście,
10. Kontynuacja implementacji przyśpieszenie inwestycji programu odwadniania w mieście,
11. Budowa kanalizacji burzowej na terenie Queens o ograniczonym systemie odwadniania,
12. Okresowa analiza trendów deszczowych i implikacji dla infrastruktury burzowej.

Strategia promocji redundancji i elastyczności w zapewnieniu stałego zaopatrzenia w wodę o wysokiej jakości:

13. Naprawa przecieków akweduktu Delaware,
14. Poprawa połączeń pomiędzy akweduktami Catskill i Delaware i maksymalizacja wielkości dostarczanej wody z systemu Catskill/Delaware,
15. Kontynuacja programu ochrony zlewni aby utrzymać jakość wody do picia.

Miasto, po doświadczeniach z huraganem Sandy i jego wpływie na system wodociągowo-kanalizacyjny realizuje ambitny program inwestycyjny zwiększenia odporności systemu na zachodzące zmiany klimatyczne. Zainwestowane zostały już miliardy USD aby rozwiązać problem wód opadowych za pomocą systemu burzowego. Ostatnio, miasto. stosuje inną strategię polegającą na absorbowaniu wód opadowych zanim przedostaną się do kanałów. Departament Ochrony Środowiska NJ, buduje w mieście systemy zielone, w ramach „Planu Zielonej Infrastruktury”, odbierające wody opadowe, wprowadzające miejsca zacienione przed promieniami słonecznymi i upiększające miasto. Natomiast, „Plany Kontroli Zrzutów Burzowych”, realizowane od 2010 roku, stanowią 20-letni wysiłek, który do 2030 roku ma przynieść oszczędności w wysokości 3,4 mld USD, w stosunku do tradycyjnej infrastruktury. Oszacowano, że plany powyższe zrealizowane do 2030 roku, mogą dać w wyniku roczne zmniejszenie zrzutów przelewów burzowych w ilości 5,7 mln m³ w 2030 roku

Realizowane są różne programy oceny i ochrony jakości źródeł wody, wody w zlewniach i zapobiegania zanieczyszczeniu. Przykładowo ochrona wody u źródła obejmuje: zakup ziemi otaczającej zbiorniki, zarządzanie strumieniami zasilającymi zbiorniki, zarządzanie terenami rekreacyjnymi i sposobami rekreacji aby wywierały niewielki wpływ na wody, sterowanie programem regulującym rozwój na obszarach działu wodnego we współpracy ze społecznościami lokalnymi,

sterowanie programem wdrażania najlepszych praktyk rolniczych w zlewniach, jak też modernizację oczyszczalni czy naprawę systemów septycznych.

Prowadzony jest szeroki program oszczędności wody, który spowodował, że mimo zwiększenia liczby ludności o 1,5 mln, to zapotrzebowanie na wodę, w stosunku do 1980 rok, spadło o 35%. Wdrażany jest plan zarządzania zapotrzebowaniem na wodę, którego celem jest ograniczenie zużycia wody przez różne instytucje miasta do 75,7 tys. m³wody/d do roku 2022. Miasto sponsoruje projekt recyklingu i wtórnego wykorzystania wody. Mieszkańcy mogą również uzyskać kupon, o wartości 125 USD, na wymianę niewydajnej toalety na oszczędny model z certyfikatem. Interesującym jest program „powiadomień o nieszczelnościach” (ang. Leaks Notification Program), przynoszący dodatkowo oszczędności mieszkańcom w opłatach.

W fiskalnym roku 2020, w Nowym Jorku opłaty za wodę, (w przeliczeniu 1 USD = 3,80 PLN, przelicznik z 6.05.2020) wynosiły 1 m³ = 5,32 PLN, natomiast za ścieki 1 m³ = 8,51 PLN, łącznie za wodę i ścieki 1 m³ = 13,83 PLN. W porównaniu do roku fiskalnego 2010 opłata za wodę wzrosła o 50% (średnio rocznie o 5%), natomiast opłata za ścieki o 65,5% (średnio rocznie o 6,5%). Natomiast, w ostatnim okresie fiskalnym 2019-2020, przy tym samym przeliczniku, opłata za wodę wzrosła o 0,02 PLN za 1 litr wody oraz 0,019 PLN za litr ścieków.

5. Zastosowania technologii w działalności Europejskiego Centrum Ekologicznego

W rozdziale przedstawiono technologie stosowane przez firmę Europejskie Centrum Ekologiczne – Krevox, działającą w branży wodnej od 30 lat. Firma, po ówczesną nazwą Krevox, została założona w 1990 roku i większość swojej aktywności inżynierskiej skoncentrowała na projektowaniu, dostawie i montażu systemów uzdatniania wody pitnej dla miast, jak też produkcji wody ultra-czystej dla przemysłu farmaceutycznego, spożywczego, elektronicznego, sektora medycznego/opieki zdrowotnej. Natomiast w gospodarce wodno-ściekowej – na optymalizacji procesów przetwarzania i zagospodarowywania osadów ściekowych. Tym samym, firma wyszła na przeciw nowemu paradygmatowi ściekowemu oraz gospodarce cyrkulacyjnej.

Można uznać, że firma jest jedną z wiodących w kraju firm inżynierskich w dziedzinie uzdatniania wody, z udziałem w rynku, który wynosił około 40% w odniesieniu do miast powyżej 100 tys. mieszkańców. Działalność firmy koncentruje się na projektowaniu oraz realizacji inwestycji „pod klucz”, montażu linii technologicznych, serwisie gwarancyjnym i pogwarancyjnym oraz umowach na eksploatację. Firma oferuje przede wszystkim systemy wodociągowe o wydajności 100–10 000 m³/h. Jest niezależną polską firmą w tym sektorze, która z sukcesem konkuruje na rynku wody pitnej, ścieków i osadów ściekowych z dużymi przedsiębiorstwami zagranicznymi.

Firma jest przedstawicielem wiodących amerykańskich producentów, którzy są liderami na światowym rynku, z wieloletnim doświadczeniem w technologiach wody, takimi jak Culligan International i Johnson Screens. Współpracuje także z innymi światowymi producentami takimi jak: Trojan, Andritz, Cambi, Ostara, Cla-Val, WABAG, Evoqua. Firma nie działa wyłącznie jako dystrybutor, ale mając doświadczenia w inżynierii procesowej, łączy urządzenia w innowacyjne systemy technologiczne. Przykłady takich rozwiązań innowacyjnych obejmują: „System Krevox” – dla uzdatniania wody pitnej, system „Krevox Flock”- do usuwania wysokiej mętności, systemy modułowe do uzdatniania wody i oczyszczania ścieków, system „Perfect Solution” – do kompleksowego przetwarzania i zagospodarowania osadów ściekowych i optymalizacji pracy oczyszczalni ścieków. Rozwiązani powyższe zostały zastosowane z powodzeniem w praktyce.

Firma realizowała stacje uzdatniania dla wody podziemnej i powierzchniowej, w oparciu o filtry ciśnieniowe i otwarte. Pierwsza mała krajowa stacja uzdatniania wody (SUW) o wydajności 1000 m³/d powstała w 1991 roku w Zielonce, a w roku 1992 firma dostarczyła urządzenia do 11 stacji uzdatniania wody. W 1994 roku,

nastąpiła modernizacja SUW o wydajności 15 000 m³/d w Radomiu. W latach 1998-2000, realizowano duży projekt SUW o wydajności 42 000 m³/d w Bydgoszczy. Natomiast, w latach 2000-2002, zrealizowano dwa filtry otwarte, po 40 000 m³/d każdy, dla wody powierzchniowej, a w roku 2005 – SUW Koszalin – Mostowo o wydajności 35 000 m³/d, natomiast w 2006 roku SUW Ostrołęka o wydajności 14 000 m³/d. Największa SUW Reda, o wydajności 43 200 m³/d, powstała w 2008 roku, a dwie mniejsze stacje w 2009 roku: SUW Radom- Sławno (24 000 m³/d) oraz SUW Stalowa Wola (14 400 m³/d). Przykłady zastosowań technologii uzdatniania wody w kraju i za granicą podano poniżej.

5.1. Przykłady zastosowania technologii uzdatniania wody

5.1.1. Stacje uzdatniania wody dla miast

Listę wybranych i zrealizowanych stacji uzdatniania wody (SUW) zaopatrujących w wodę miasta podano poniżej, uszeregowaną w zależności od wydajności:

SUW o wydajności powyżej lub równej 1000 m³/h

- Poznań, Aquanet Sp. z o.o., SUW Mosina – 4500 m³/h
- Gdynia, SUW Reda II – 2100 m³/h
- Bielsko-Biała, Aqua S.A. SUW Wapiennica – 2000 m³/h
- Katowice, Bibiela, GWP -1875 m³/h
- Białystok, Wodociągi Białostockie, SUW Jurowice – 1760 m³/h
- Bielsko-Biała, Aqua S.A.- SUW Kobiernice – 1750 m³/h
- Płock, Wodociągi Płockie Sp. z o.o. – 1750 m³/h
- Bydgoszcz, Wodociągi Bydgoskie, SUW Las Gdański – 1750 m³/h
- Radom, Wodociągi Radom, SUW Malczew – 1500 m³/h
- Koszalin, Wodociągi Koszalin, SUW Mostowo – 1480 m³/h
- Gdynia, SUW Wiczlino II – 1000 m³/h.

SUW o wydajności poniżej 1000 do 500 m³/h

- Katowice, GWP, SUW Bibiela – 900 m³/h
- Ząbrowie, SUW CWŻ- 800 m³/h
- Włocławek, SUW Krzywe Błota – 700 m³/h
- Tczew, Wodociągi Tczew – 700 m³/h
- Elbląg, SUW Królewiecka – 700 m³/h
- Stalowa Wola, SUW Stalowa Wola – 600 m³/h
- Ostrołęka, Wodociągi Ostrołęka – 600 m³/h
- Radom, Wodociągi Radom, SUW Sławno – 600 m³/h
- Radom, Wodociągi Radom, SUW 25 Czerwca – 600 m³/h

- Iława, SUW Iława – 600 m³/h
- Nowogard, Urząd Miasta Nowogard – 600 m³/h
- Suwałki, Wodociąg Suwałki – 600 m³/h
- Cetniewo, Związek Miast i Gmin Cetniewo – 550 m³/h
- Lublin, MPWiK Lublin, SW Sławinek – 500 m³/h
- Władysławowo, Wodociąg Władysławowo – 500 m³/h

SUW o wydajności poniżej 500 do 200 m³/h

- Gdynia, PEWiK Gdynia, SUW Wiczlino – 470 m³/h
- Włocławek, Wodociąg Włocławek, SUW Zazamcze – 450 m³/h
- Tczew, Wodociąg Tczew – 450 m³/h
- Szaflary, WTW Nowy Targ – 400 m³/h
- Wisła, MPWiK Ziemi Cieszyńskiej – 400 m³/h,
- Rawa Mazowiecka, Wodociąg Rawa Mazowiecka – 400 m³/h,
- Lublin Wodociąg Lublin – 360 m³/h,
- Nowy Tomyśl, PEWiK Nowy Tomyśl – 360 m³/h
- Lubartów, Wodociąg Lubartów – 360 m³/h,
- Środa Wielkopolska, MCPEWiK Środa Wielkopolska – 350 m³/h,
- Goleniów, Urząd Miasta i Gminy Goleniów – 340 m³/h,
- Nadarzyn, SUW Nadarzyn – 300 m³/h,
- Marki, Wodociąg Marecki- 300 m³/h,
- Lublin, MPWiK Lublin – 270 m³/h,
- Rybnik, Urząd Miast Rybnik – 240 m³/h,
- Gdynia, Wielki Kack – 230 m³/h,
- Gdynia, SUW Sieradzka – 230 m³/h,
- Strzelin, Urząd Gminy Strzelin – 220 m³/h,
- Radzymin, Urząd Gminy Radzymin – 220 m³/h,
- Kędzierzyn Koźle, MPWiK Kędzierzyn Koźle – 220 m³/h,
- Sopot, Zakład Wodociągów Sopot – 220 m³/h,
- Siedliska, Urząd Miasta i Gminy Piaseczno -210 m³/h,

SUW o wydajność poniżej 200 do 50 m³/h

- Radom, SUW Podkanów– 160 m³/h,
- Warszawa, Urząd Gminy Warszawa Ursynów – 160 m³/h,
- Sulejówek, Urząd Miasta Sulejówek – 150 m³/h,
- Morąg, Urząd Miasta Morąg – 150 m³/h,
- Nowe Wierzbno, Konstancin Jeziorna – 150 m³/h
- Kozienice, ZGK SUW Słoneczna – 150 m³/h.
- Hel, Związek Miast i Gmin Płw. – 150 m³/h,
- Jastrzębia Góra, Wodociąg Jastrzębia Góra – 140 m³/h,
- Międzyzdroje, SUW Międzyzdroje – 125 m³/h,

- Pelpin, Urząd Miasta Pelpin – 120 m³/h,
- Józefów, Urząd Miasta Józefów – 110 m³/h,
- Celestynów, Urząd Gminy Celestynów – 100 m³/h,
- Zalesie Górne, Urząd Miasta i Gminy Piaseczno – 100 m³/h,
- Zalesie Dolne, Urząd miasta i Gminy Piaseczno – 100 m³/h,
- Biskupiec, SUW Biskupiec – 100 m³/h,
- Lubawa, Wodociąg Lubawa – 100 m³/h,
- Węgorzewo, Urząd Miasta i Gminy Węgorzewo – 80 m³/h,
- Granice, Urząd Miasta i Gminy Teresin – 80 m³/h,
- Tymbark, Urząd Gminy Tymbark – 80 m³/h,
- Radzymin, Urząd Miejski Radzymin – 70 m³/h,
- Głusków, Urząd Miasta i gminy Piaseczno – 60 m³/h,
- Wiązowna, Urząd Gminy Wiązowna – 50 m³/h.
- Zakroczym, Urząd Gminy Zakroczym – 50 m³/h
- Nowe Miasteczko, Urząd Miejski w Nowym miasteczku – 50 m³/h,
- Majdan, Urząd Gminy Wiązowna – 50 m³/h,



Rys. 26. Stacja Uzdatniania Wody w Kętrzynie



Rys. 27. Stacja Uzdatniania Wody w Iławie



Rys. 28. Stacja Uzdatniania Wody w Gdyni-Reda



Rys. 29. Stacja Uzdatniania Wody w Radomiu



Rys. 30. Stacja Uzdatniania Wody „Cedron” w Wejherowie

5.1.1.1. Przykład – Stacja Uzdatniania Wody „CEDRON” w Wejherowie

Otwarcie Stacji Uzdatniania Wody (SUW) „Cedron” w Wejherowie, należącej do PEWIK Gdynia, nastąpiło w dniu 1 sierpnia 2014 roku, zasilającą w wodę system wodociągowy Wejherowa. Realizacja tej inwestycji trwała 14 miesięcy, od kwietnia 2013 roku do końca maja 2014 roku. Generalnym wykonawcą robót budowlanych była lokalna firma MEGA S. A. z Gdyni, natomiast dostawcą technologii i urządzeń była firma Europejskie Centrum Ekologiczne, która zmontowała pełny układ technologiczny. Całkowite koszty realizacji inwestycji wyniosły 16 mln PLN, a inwestycja została sfinansowana ze środków własnych PEWiK Gdynia.

Stacja „Cedron” zapewnia produkcję wody o najwyższych parametrach jakościowych. Przykładowe parametry jakościowe dla wody surowej są następujące: Fe = 0,52 – 0,76 mg/dm³, Mn = 0,08 – 0,10 mg/dm³, mętność = 1,5 NTU, natomiast uzyskiwane dla wody uzdatnionej: Fe < 0,03 mg/dm³, Mn < 0,01 mg/dm³, mętność < 0,4 NTU, przy czym woda jest bezpieczna i smaczna. Wyniki te zapewnia zastosowany układ technologiczny uzdatniania wody.

Woda podziemna pompowana jest do dwóch zbiorników wody surowej z dwiema wieżami aeracyjnymi (napowietrzającymi). Następnie pompownia pośrednia (4 szt. pomp) kieruje wodę do układu jednostopniowej filtracji, składającego się z 8 kpl. filtrów biologicznych (typu HF9 BF 120 Culligan), z instalacji sprężonego powietrza do sterowania pracą przepustnic na filtrach oraz z dwóch dmuchaw powietrza do wzruszania złoża na filtrach. Do płukania filtrów służy pompownia (2 szt. pomp). Oczyszczona woda dopływa do dwóch zbiorników uzdatnionej wody. Stacja wyposażona jest w instalację do dozowania podchlorynu sodu (dezynfekcja awaryjna). Dostarczanie wody do sieci wodociągowej zapewniają pompownie: dla I-szej strefy (4 szt. pomp), a dla strefy II-iej (1 szt.). Na stacji zastosowano najnowocześniejsze rozwiązania z zakresu automatyki, sterownia i telemetrii, umożliwiające zdalne i całodobowe monitorowanie podstawowych procesów oraz parametrów pracy obiektu przez służbę dyspozytorską przedsiębiorstwa. Zastosowane rozwiązania przyczyniają się do niezawodności funkcjonowania systemu wodociągowego Wejherowa. Eksploatacja stacji odbywa się w trybie bez stałej obsługi. Reasumując, jest to jeden z najpiękniejszych obiektów uzdatniania wody w kraju, całkowicie zautomatyzowany, wyróżniający się walorami lokalizacyjnymi na terenie parku, interesującą architekturą i nowoczesnymi rozwiązaniami technologicznymi.

5.1.1.2. Przykład – Stacja Uzdatniania Wody w Centralnym Wodociągu Żuławskim

Centralny Wodociąg Żuławski (CWŻ) zapewnia zaopatrzenie w wodę obszar 10 gmin Żuław i Mierzei Wiślanej, zamieszkały przez 65 tys. osób, takich jak: Nowy Dwór Gdański, Ostaszkowo, Lichnowy, Stegna, Sztutowo, Malborg, Stare Pole, Gronowo Elbląskie, Nowy Staw (miasto i gmina), Elbląg (miasto – częściowo i gmina), przy czym dla miasta Elbląg, stanowi dodatkowe źródło zaopatrzenia. System CWŻ zaopatruje w wodę również 50 tys. turystów w okresie letnim, co łącznie stanowi 115 tys. osób w tym okresie. Sieć wodociągową systemu CWŻ ma długość ponad 1300 km. Głównym źródłem zaopatrzenia w wodę jest ujęcie wody, na terenie Głównego Zbiornika Wód Podziemnych nr 203, gdzie istnieje 19 studni utworów czwartorzędowych.

Pierwszą Stację Uzdatniania Wody (SUW) zbudowano w Ząbrowie w 1967 roku, a zmodyfikowano w roku 1979. Technologię uzdatniania wody oparto na filtrach otwartych ze złożami piaskowo-żwirowymi, przy czym stacja doświadczała częstych awarii, występowały straty wody, jak i pogarszania się jakości wody. Czynniki determinującymi jakość wody na tym obszarze są między innymi wysokie stężenia żelaza, manganu, amoniaku, a nawet fluoru.

Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego, w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Operacyjnego Województwa Pomorskiego współfinansował projekt pt. „Poprawa jakości oraz ograniczenie strat wody w CWŻ- etap I”, którego celem była budowa nowej SUW w Ząbrowie, a beneficjentem CWŻ Sp. z o.o. w Nowym Dworze Gdańskim. Rozpoczęcie robót nastąpiło w 2017 roku, a w 2021 roku działała już nowa stacja, o wydajności 800 m³/d, w miejscu starej. Zastosowana technologia, opracowana przez Europejskie Centrum Ekologiczne, obejmuje: filtrację otwartą, filtrację w filtrach zamkniętych, napowietrzanie i chlorowanie. Dodatkowo, wybudowano pompownię o wydajności 1 200 m³/h, wyremontowano istniejące zbiorniki wody o łącznej pojemności 2 000 m³, dobudowano nowy zbiornik na wodę o pojemności 2 260 m³.

5.1.2. Stacje uzdatniania wody dla przemysłu

W kraju, Europejskie Centrum Ekologiczne zrealizowało również dużą liczbę Stacji Uzdatniania Wody (SUW) dla przemysłu, opartych o systemy Culligana, szczególnie dla przedsiębiorstw takich jak:

- Polmos – 13 zakładów (Łódź, Wrocław, Kraków I, Kraków II (Pepsi Cola), Żyrardów, Starogard Gdański, Lublin, Szczecin, Białystok, Siedlce, Stalowa Wola, Konin, „Smirnoff”), FABRYKA WÓDEK – 1 zakład („Koneser” – Warszawa),

- Biomed – 5 zakładów (Lublin I, Lublin II, Warszawa I, Warszawa II, Drwalew),
- Polfa – 4 zakłady (Kutno, Grodzisk Mazowiecki, Stargard, Kutno),
- Hortex – 4 zakłady (Leżajsk, Siemiatycze, Przysucha, Środa Wielkopolska),
- Przedsiębiorstwa Produkcji Kosmetyków – 3 zakłady („Colgate-Palmolive” – Halinów, Fabryka Kosmetyków „Eris” – Piaseczno, Fabryka „Pollena-Lechia” – Poznań),
- Przedsiębiorstwa Spożywcze i Napojów – 4 zakłady (Prochowickie Zakłady Drobiarskie – Wrocław, Wytwórnia Lodów „Augusto”-Kalisz, Wytwórnia Napojów „Fresz” – Kalisz, Przedsiębiorstwo „Helena”-Kalisz),
- Spółdzielnie Mleczarskie – 2 zakłady (Kalisz, Gostyń),
- Przedsiębiorstwo Wyrobów Sanitarnych – 1 zakład („Sanitec”-Koło),
- Zakład Farmaceutyczny – 1 zakład („Pliva” Kraków S.A.),
- Zakład Aparatury Medycznej – 1 zakład („Cormay” S.A.-Lublin)
- Zakład Artykułów Elektrycznych – 1 zakład („Philips”-Piła),
- Zakład Produkcji Tkanin – 1 zakład („Silwana” Gorzów Wielkopolski”),
- Zakład AGD – 1 zakład („Meloni”-Łódź),

Przemysłowe SUW zostały zrealizowane również w Zakładach Azotowych we Włocławku o wydajności 160 m³/h, Hucie Szkła w Sandomierzu o wydajności 130 m³/h.

SUW zrealizowano również w Zakładach Azotowych we Włocławku o wydajności 150 m³/h, Hucie Szkła w Sandomierzu o wydajności 130 m³/h oraz Zakładach Papierniczych w Świeciu o wydajności 100 m³/h. Natomiast w przemyśle wydobywczym wykonano dwie SUW, a mianowicie: w Kopalni Węgla w Jaworznie i Kombinacie Siarkowym „Siarkopol” w Tarnobrzegu, obie o wydajności po 200 m³/h.

5.1.3. Uzdatnianie wody dla służby zdrowia

W specjalistyczne stacje uzdatniania wody wyposażone szpitale różnej kategorii, takie jak:

- Wojewódzki Szpital Specjalistyczna, Bielsko Biała – wydajność 3 m³/h,
- Mazowieckie Centrum Nefrologii, Warszawa – 2 m³/h,
- Akademia Medyczna – Apteka, Gdańsk – 1,8 m³/h,
- Wojewódzki Szpital Specjalistyczny, Lublin – 1,5 m³/h,
- Wojewódzki Szpital Specjalistyczny, Zgierz -1 m³/h,
- Wojewódzkie Szpitale Zespólone: Skierniewice, Suwałki, Elbląg, Łódź, Ciechanów, Zamość – wszystkie po 1m³/h,
- Szpitale ZOZ: Kraśnik, Gniezno, Płaszów, Orezdenko, Hajnówka, Słupca, Myślenice, Kutno, Łapy, Stargard, Tomaszów – wszystkie po 1 m³/h,
- Szpitale Miejskie: Mrągowo, Puławy – po 1 m³/h,

- Specjalistyczne Szpitale: Miejski Mrągowo, Zespólony Wrocław – po 1 m³/h,
- Szpitale Górnicze: Bytom, Sosnowiec, Jastrzębie Zdrój- po 1 m³/h,
- Szpitale: Morski Gdynia, Rejonowy Kwidzyn, Dziecięcy Lublin – po 1m³/h,
- Szpital im. Jana Pawła II, Lublin – 1 m³/h,
- Zespoły Opieki Zdrowotnej: Puławy, Gryfice, Sokółka – po 1 m³/h.

5.1.3.1. Technologie uzdatniania wody dla służby zdrowia

Europejskie Centrum Ekologiczne zastosowało specjalistyczne urządzenia amerykańskiej firmy Culligan w krajowych szpitalach i placówkach opieki zdrowotnej.

W szpitalach i placówkach opieki medycznej potrzebna jest woda o bardzo wysokiej jakości, szczególnie dla zabezpieczenia przed chorobami bakteryjnymi. Metody uzdatniania wody o wysokiej czystości mogą obejmować kombinacje różnych metod, takich jak przykładowo: filtracja na węglu aktywnym, ultrafiltracja, dezynfekcja UV, odwrócona osmoza

Odwrócona osmoza to proces wykorzystujący półprzepuszczalne membrany, polegający na przechodzeniu przez półprzepuszczalną membranę cząstek z roztworu o niższym stężeniu do tego, który posiada wyższe stężenie cząstek. W medycynie proces ten wykorzystywany jest w hemodializie, która stosowana jest przy leczeniu niewydolności nerek (u pacjentów, którzy czasowo lub trwale utracili czynne działanie nerek) oraz niektórych zatruc i polega na usuwaniu produktów przemiany materii i wody lub toksyn z krwi pacjenta, które są eliminowane, a krew przepływa do dializatora, który działa jak sztuczna nerka. Wysoka jakość wody ma zasadnicze znaczenie dla tego procesu, nie może zawierać bakterii, substancji mineralnych i innych zanieczyszczeń, które mogłyby potencjalnie zanieczyścić układ krwionośny pacjenta.

Należy podkreślić, że firma specjalizuje się w nowoczesnych i niezawodnych systemach do dializy, opartych między innymi o wstępną filtrację, odwróconą osmozę i ultrafiltrację, według najwyższych standardów. Przykładami są systemy uzdatniania wody takie jak: system SDS o pojemności 80 dm³/h dla pojedynczego stanowiska hemodializy, system PMP z podłączeniem do zewnętrznego urządzenia dezynfekującego, systemy RO², które mogą pracować w układzie szeregowym lub równoległym. Przy pracy szeregowej, cząsteczki wody przechodzą przez dwa następujące po sobie moduły osmotyczne, zapewniając produkcję wody o najwyższej jakości, natomiast układ równoległy podnosi funkcjonalność systemu w czasie awarii, konserwacji lub dezynfekcji. Należy dodać, że systemy RO² stanowią najbardziej zaawansowane technologicznie systemy uzdatniania wody do hemodializy, wykorzystujące technologię bi-osmozy i umożliwiające natężenie przepływu do 3 000 dm³/h.



Rys. 31. System filtracji w szpitalu w Radomiu

5.1.4. Uzdatnianie wody dla ośrodków sportu, hoteli i moteli oraz basenów

- Młodzieżowy Ośrodek Sportu, Bielsko Biała – 400 m³/h,
- Gnieźnieński Ośrodek Sportu, Gniezno – 360 m³/h,
- Akademia Wychowania, Poznań – 360 m³/h,
- Zespół Obiektów sportowych, Koszalin – 200 m³/h,
- Ośrodek Sportu i Rekreacji, Olsztyn – 190 m³/h,
- Ośrodek Sportu i Rekreacji, Stargard Szczeciński – 190 m³/h,
- Ośrodek Sportu i Rekreacji, Busko Zdrój – 50 m³/h,
- Ośrodek Sportu i Rekreacji, Pabianice – 50 m³/h,
- Ośrodek Sportu i Rekreacji, Międzyzdroje – 10 m³/h,
- Ośrodek Wypoczynkowy Kancelarii Premiera, Łańsk – 30 m³/h,
- Hotel Holiday Inn, Ropczyce – 50 m³/h,
- Hotel Bristol, Warszawa – 20 m³/h,
- Hotel Bristol, Warszawa – 15 m³/h,
- Hotel Novotel, Warszawa – 10 m³/h,
- Hotel Holiday Inn, Warszawa – 10 m³/h,

- Hotel Holiday Inn, Warszawa – 8 m³/h,
- Hotel Sheraton, Warszawa, – 10 m³/h,
- Hotel Novotel, Jelenia Góra – 10 m³/h,
- Hotel Amber, Międzyzdroje – 18 m³/h,
- Hotel Mrągowia, Mrągowo – 10 m³/h,
- Hotel Motel, Wrocław – 5 m³/h,
- Hotel Orbis, Jelenia Góra – 2 m³/h,
- Sanatorium MSWiA, Kołobrzeg – 60 m³/h,
- Centrum Finansowe, Warszawa – 30 m³/h,
- Warszawa Corporate Centre, Warszawa – 20,5 m³/h,
- Biurowiec plac bankowy, Warszawa – 3 m³/h,
- IKEA Janki, Warszawa – 16 m³/h,
- Główny Urząd Ceł, Otwock – 30 m³/h,
- Curtis International, Warszawa – 3 m³/h,
- ITT, Warszawa – 3 m³/h,
- Szkoła Podstawowa, Zalesie Górne – 3 m³/h.
- Ośrodek Wychowawczy, Marki – 2 m³/h.

W zakresie basenów, zrealizowano szereg stacji uzdatniania wody basenowej, w tym dla najbliższego basenu nurkowego na świecie (głębokość 45,4 m, pojemność 8000 m³) w Centrum Nurkowym Deepspot Indoor Diving w Mszczonowie, otwartym w 2020 roku.

5.1.5. Stacje uzdatniania wody wybudowane za granicą

Europejskie Centrum Ekologiczne wniosło znaczący wkład w realizację stacji uzdatniania wody również za granicami kraju, przykładowo na Ukrainie gdzie firma sprawdziła się w projektowaniu stacji uzdatniania wody i dostarczeniu urządzeń (miasto Łuck) w 2003 roku. Szczególny wkład nastąpił w Rosji (miasto Petersburg i miasto Moskwa), gdzie firma zaprojektowała, dostarczyła i wykonała montaż bardzo dużych systemów uzdatniania wody.

W 2003 roku, firma wniosła praktyczny wkład w rozwój zbiorczego systemu wodociągowego Petersburga, gdy zrealizowała dwie stacje uzdatniania wody (SUW), oparte o filtry ciśnieniowe, każda stacja o wydajności 12 000 m³/d, w tym wybudowała nowoczesną SUW „Zielonogorsk”, która zaopatruje w wodę ze źródeł obszar rezydencji podmiejskich. Natomiast, druga nowoczesna SUW „Strielna” dla Petersburga, zrealizowana w 2004 roku, została oparta o system mieszany (filtry ciśnieniowe oraz filtry otwarte grawitacyjne) o wydajności 12 000 m³/d.

Wykonano również koncepcję SUW o wydajności 250 000 m³/d oraz dwóch SUW o wydajności 60 000 m³/d każda, do realizacji w późniejszym okresie czasu.

O kwalifikacjach firmy w dziedzinie bardzo dużych stacji uzdatniania wody (SUW), świadczy realizacja w Moskwie dwóch przedsięwzięć realizacyjnych: pierwsze o wydajności 12 500 m³/d, a drugie o wydajności 25 000 m³/d (rys. 32). Natomiast, trzecia duża stacja uzdatniania wody została zatwierdzona do realizacji w ciągu następnych lat.

Firma dostarczyła też modułowe stacje uzdatniania wody dla nowych przyłączonych obszarów „Nowej Moskwy”. Na początku projektu, do eksploatacji włączonych zostało 12 takich obiektów. Zastosowana technologia uzdatniania wody wykorzystuje procesy jednostkowe takie jak: utlenianie, koagulacja, filtracja, zmiękczenie, odwrócona osmoza, dezynfekcja. Wydajność stacji jest bardzo zróżnicowana: od 6 do 300 m³/h. Wszystkie stacje modułowe są kompleksowymi obiektami, z pełnym wyposażeniem technologicznym, oraz w pełni zautomatyzowanej pracy, zainstalowanymi w standardowych kontenerach.



Rys. 32. Stacja Uzdatniania Wody w Moskwie

5.2. Przykłady zastosowań technologii przeróbki osadów ściekowych- suszenie termiczne

5.2.1. Suszarnie taśmowe dla osadów ściekowych

Suszarnia taśmowa BDS, oferowana na rynku krajowym przez Europejskie Centrum Ekologiczne, jako wyłącznego przedstawiciela szwajcarskiej firmy

Andritz, stanowi unikalną technologię, która znalazła zastosowanie przede wszystkim w suszeniu komunalnych osadów ściekowych. Suszenie osadów ściekowych stanowi technologię, która znalazła zastosowanie przede wszystkim dla osadów komunalnych i została zastosowana w kraju w kilku miastach.

W ciągu ostatnich lat, Europejskie Centrum Ekologiczne zrealizowało suszarnie BDS w kraju w kilku miastach, takich jak:

- Żyrardowie – Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej, 750 kg H₂O/h,
- Suwałkach – Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o., 1400 kg H₂O/h,
- Koszalinie – Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Sp.z o.o., 1300 kg H₂O/h,
- Toruniu – Toruńskie Wodociągi, 2600 kg H₂O/h,
- Radomiu – Wodociągi Radomskie, 3150 kg H₂O/h.

5.2.1.1. Przykład suszarni osadów ściekowych w Żyrardowie

Suszarnia osadów ściekowych, która powstała na terenie oczyszczalni miasta Żyrardów, pozwala na przekształcenie mechanicznie odwodnionych osadów ściekowych w granulację, stanowiącą wartościowe paliwo alternatywne. Została zrealizowana przez Konsorcjum firm, takich jak: lider- Krevox Europejskie Centrum Ekologiczne Sp. z o.o., oraz Fambud Sp. z o.o., EkoWodrol Sp. z o.o. i stanowi suszarnię taśmową, bezpośrednią, z możliwością wykorzystania jako paliwa gazu ziemnego lub biogazu. Wydajność urządzenia to min. 742 kg odparowanej wody w ciągu godziny, co odpowiada ilości ok. 950 kg/h osadów odwodnionych do zawartości 20% s.m.

Poza samą instalacją suszarni, inwestycja obejmowała min. układ transportowy osadów mechanicznie odwodnionych wraz z mieszarką wapna, osadów wysuszonych, zbiornik magazynowy osadów odwodnionych, zbiornik osadów dowożonych, układ dezodoryzacji powietrza odlotowego w postaci skraplacza i biofiltra, Cechy charakterystyczne suszarni:

- suszenie bezpośrednie bez wymienników ciepła – bardzo niski wskaźnik zużycia energii cieplnej,
- suszenie z pełnym i ciągłym wykorzystaniem biogazu z możliwością automatycznego przełączania paliw w czasie pracy suszarni,
- możliwość przyjmowania osadów z innych oczyszczalni, dzięki wybudowaniu zbiornika i układu podawania osadów dowożonych,
- możliwość wyprowadzenia osadów o zawartości s.m. z zakresu 65-90%,
- bezciśnieniowy układ dystrybucji osadów do suszarni, odporny na zapychanie i włosy w osadach,

- pełna obudowa suszarni wykonana ze stali nierdzewnej z brakiem ruchomych elementów na zewnątrz obudowy, w tym cała taśma krążąca wewnątrz obudowy,
- produkt wysuszony do > 90% s.m. jest zhygienizowany,
- elastyczna instalacja pozwalająca na pracę w różnych scenariuszach: mechaniczne odwadnianie z higienizacją, suszenie osadów wraz z możliwością suszenia osadów dowożonych,
- kompaktowa instalacja oparta na wieloletnich doświadczeniach.

5.2.1.2. Przykład suszarnia osadów ściekowych w Suwałkach

Suszarnia tasmowa BDS wraz z instalacją do mechanicznego odwadniania została zbudowana w Suwałkach. Podstawowe dane techniczne wirówki i suszarni tasmowej są następujące:

- wirówka (typ D5Lx0 – wydajność 575 kg s.m./h, gwarantowany stopień mechanicznego odwadniania > 21% s.m.
- suszarnia BDS ED 15 – ilość przekształczanych osadów ściekowych > 361 kg s.m./h, jednostkowy wskaźnik zużycia energii cieplnej (gwarantowany) < 0,85 kWh/kg H₂O, wielkość granulatu (wagowo), 15 mm, 95%; zawartość s.m. w osadach suszonych 90%.

Podstawowe cechy suszarni tasmowej BDS w Suwałkach to:

- gwarantowany bardzo wysoki wskaźnik zużycia energii cieplnej,
- proces niskotemperaturowy (130°C), w pełni bezpieczny,
- pełna, hermetyczna obudowa ze stali nierdzewnej,
- zastosowanie odzysku ciepła z gorącej wody,
- bezproblemowa dystrybucja osadów natasmę,
- zastosowanie recykulacji osadów wysuszonych.

5.2.1.3. Przykład suszarnia osadów ściekowych w Koszalinie

Suszarnia tasmowa BDS, z bezpośrednim wprowadzeniem czynnika grzewczego bez wymienników ciepła, została wybudowana na oczyszczalni miasta Koszalin. Czynniki grzewczy, w postaci powietrza suszacego, jest wymieszany z cyrkulacyjnym powietrzem z gazami spalinowymi przed wprowadzeniem do obudowy suszarni. Ilość przekształczanych osadów ściekowych > 667 kg s.m./h, ilość odparowanej wody > 1300 kg H₂O/h, przy wskaźniku zużycia energii cieplnej < 0,85 kWh/kgH₂O. Temperatura wysuszonych osadów ściekowych, po procesie schładzania w wydzielonym urządzeniu poza suszarnia wynosi poniżej 50°C. a wielkość granulatu osadów wysuszonych 95% wagowo wynosi 0,5-15 mm i poniżej 15 mm z zastosowaniem kruszarki osadów wysuszonych.

Recykulacja osadów wysuszonych następuje poprzez ich rozdział w zbiorniku o pojemności ponad 1 m³ wraz z wykorzystaniem przenośnika osadów wysuszonych. Zastosowano bezciśnieniowy system dystrybucji osadów do suszarni, a przepływ powietrza suszacego, tak jak w innych suszarniach tego typu, następuje z góry do dołu. Odzysk ciepła realizowany jest poprzez recykulację części powietrza po skraplaczu do suszarni. Rozwiązanie cechuje, tak jak innych suszarni tego typu, pełna zgodność z wymogami ATEX (w tym z dyrektywą maszynową). Równocześnie w suszarni zainstalowano kamery w celu monitorowania pracy. Ciąg przeróbki osadów pracuje w sposób w pełni zautomatyzowany, proces jest monitorowany i obsługiwany przez sterownik PLC ze stacji operatorskiej przez SCADA.

5.2.1.4. Przykład suszarni osadów ściekowych w Toruniu

Suszarnia taśmowa DBS została zbudowana na terenie oczyszczalni miasta Torunia o przepustowości 90 tys. m³/d. Ilość powstających osadów ściekowych wynosi około 90 t/d. W procesie suszenia osadów ściekowych, osady wilgotne mieszane są z osadami częściowo osuszonymi, a następnie poddane suszeniu gorącym powietrzem, tak jak na innych suszarniach tego typu. Uzyskany granulát (90% s. m., wielkość granulek 5-10 mm), magazynowany jest w silosie, skąd, po sicie wibracyjnym i schładzaczach taśmowym, dostarczany był transportem samochodowym między innymi do cementowni i spalany z innymi paliwami.

5.2.1.5. Przykład suszarni osadów ściekowych w Radomiu

Suszarnia taśmowa DBS, która powstała na oczyszczalni miasta Radomia, została uruchomiona w 2009 roku i była pierwszą średniotemperaturową suszarnią taśmową zbudowaną w Polsce. Uzyskiwanego granulatu posiada 90% s. m., wielkość granulek 0,5-8 mm, a wartość opałową 15 500 kJ/kg. Na uwagę zasługuje zmodyfikowanie ciągu osadowego w 2015 roku, w celu obniżenia kosztów suszenia, w którym zastosowano między innymi dwie komory fermentacji o pojemności 3 800 m³ każda, zespół agregatu kogeneracyjnego. Największa część ciepła odzyskanego z generatora skierowana została do suszenia osadów, co spowodowało ograniczenie zużycia gazu ziemnego do suszenia.



Rys. 33. Suszarnia osadów ściekowych w Radomiu

5.3. Przykład technologii hydrolizy termicznej z fermentacją osadów ściekowych w Tarnowie

W roku 2016, Europejskie Centrum Ekologiczne wraz z norweską firmą Cambi zrealizowało nowoczesną instalację hydrolizy termicznej osadów ściekowych, którą uruchomiono w 2017 roku na oczyszczalni ścieków Tarnowa (rys. 34). Instalacja hydrolizy termicznej, o wydajności 21,2 Mg s.m./d (około 7700 t s.m./rok), poprzedza instalację fermentacji metanowej z odzyskiem energii elektrycznej i ciepłej.

W 2018 roku, podczas przetwarzania osadów ściekowych uzyskano następujące efekty: stopień redukcji suchej masy organicznej – 72,7%, stopień redukcji suchej masy nieorganicznej – 35,1%, stopień redukcji suchej masy – 63,6%. Osady po hydrolizie termicznej i fermentacji posiadały wartość opałową 16.3 MJ/kg (spadek 11%), a ciepło spalania 17,2 MJ/kg (spadek 7%). Natomiast, produkcja biogazu w 2018 roku wynosiła 2,9 mln m³, produkcja energii elektrycznej 4323 MWh, a wykorzystanie biogazu na cele energetyczne przedstawiało się następująco: ko-generacja – 73%, dla kotła parowego -26% i dla kotła wodnego – 1%. Oceniono, że samowystarczalność energetyczna oczyszczalni ścieków przedstawiała się następująco: ciepła – 100%, elektryczna – około 50%, Planuje się, że samowystarczalność energetyczna w niedalekiej przyszłości wyniesie 80%.



Rys.34. Zakład przeróbki osadów opartej o hydrolizę termiczną i fermentację w Tarnobrzegu

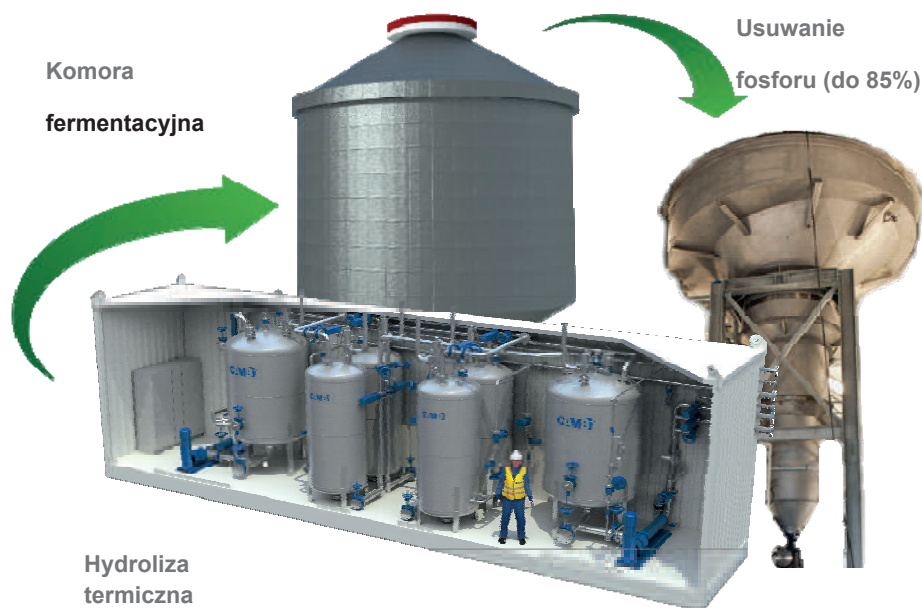
5.4. Przykład technologii odzysku substancji biogennych z odcieków z przeróbki osadów w Jarocinie

W Polsce, firma Europejskie Centrum Ekologiczne, w porozumieniu z kanadyjską firmą Ostara, rozpoczęło proces wdrażania technologii Pearl do odzysku fosforu z odcieków z przeróbki osadów. Badania nad tą technologią fluidalną, do odzysku fosforu z odcieków z przeróbki osadów, przeprowadzono w Jarocinie, Gdyni, Poznaniu, Warszawie, Rzeszowie .

Szczególną rolę w realizacji pierwszej w Polsce instalacji odzysku substancji biogennych (szczególnie fosforu) w Jarocinie, odgrywa firma Europejskie Centrum Ekologiczne, która przeprowadziła badania w skali pilotowej nad możliwością zastosowania technologii opartej na technologii Pearl Ostara do odzysku substancji biogennych z odcieków otrzymywanych z przeróbki osadów ściekowych i wykorzystania odzyskanego struwitu jako nawozu. Badania pilotowe, przeprowadzone na oczyszczalni ścieków w Cielczy koło Jarocina pozwoliły na uzyskanie danych do zaprojektowania instalacji w skali pełnej technicznej w Jarocinie. Na uznanie zasługuje fakt zaangażowania się merytorycznego i finansowego pry-

watnej firmy ECE w badania technologiczne nad innowacyjnymi technologiami, niestosowanymi jeszcze w Polsce, przy wykorzystaniu w znacznym stopniu własnych funduszy. Nie jest to częste zjawisko w branży wodociągowo-kanalizacyjnej w naszym kraju, chociaż dość powszechnie stosowane przez firmy zagraniczne. Wystarczy wspomnieć, że przykładowo firma SUEZ inwestuje rocznie około 120 mln euro w badania i rozwój nowych technologii.

Innowacyjna technologia do odzysku fosforu z odcieków z przeróbki osadów ściekowych zostanie zintegrowana z inną innowacyjną technologią – hydrolizą termiczną (rys. 35), służącą do intensyfikacji produkcji biogazu w wydzielonych komorach fermentacyjnych, a tym samym większego odzysku energii. Jest to już trzecia realizacja procesu hydrolizy termicznej w Polsce, po Bydgoszczy i Tarnowie. Natomiast, integracja odzysku fosforu z odzyskiem energii, w skali pełnej technicznej, realizowana po raz pierwszy na stacji odzysku surowców w Jarocinie, stanowi oryginalny polski wkład w praktyczną realizację koncepcji gospodarki cyrkulacyjnej. Innowacyjny system łączy technologię hydrolizy termicznej oraz technologię krystalizacji fosforu w postaci struwitu. Wykonane badania pilotowe na kilku krajowych oczyszczalniach przez Europejskie Centrum Ekologiczne potwierdziły możliwość zmniejszenia kosztów eksploatacyjnych o około 30%, poprzez zmniejszenie ilości fosforu o 85% i azotu o około 25% z odcieków, które zawracane są na początek procesu oczyszczania biologicznego. Ponadto potwierdzono, że hydroliza termiczna zwiększa produkcję biogazu o około 30-40%.



Rys. 35. Połączenie hydrolizy termicznej z odzyskiem fosforu w Jarocinie

W ramach projektu, na terenie oczyszczalni ścieków w Cielczy koło Jarocina, rozpoczął się montaż pierwszej w Polsce instalacji, w skali pełnej technicznej, do odzysku substancji biogennej (azotu i fosforu), w szczególności fosforu, wykorzystanego do produkcji nawozów. Reaktor fluidalny (rys. 36) dla tej instalacji do odzysku fosforu został zbudowany w kraju. Wydajność instalacji odzysku fosforu to 960 m³/d. Instalacja wchodzi w zakres modernizacji tej oczyszczalni ścieków, co stanowi jedno z zadań realizowanego innowacyjnego projektu. Jest budową unikatowej w skali kraju stacji odzysku surowców, w której z odcieków z przeróbki osadów ściekowych będą odzyskiwane substancje biogenne, szczególnie fosfor, do produkcji nawozów. Zadanie winno zakończyć się tzw. decyzją nawozową, umożliwiającą dalsze wykorzystanie fosforu, zamykające tym samym jego obieg w przyrodzie. Odzyskiwany fosfor będzie przekazywany Gminie Jarocin, która będzie go wykorzystywać do nawożenia i utrzymania terenów zielonych. Instalacja odzysku fosforu będzie wykorzystywała strumień odcieków z zagęszczacza mechanicznego osadu nadmiernego oraz wstępnego i końcowego odwadniania. Firma uzyskała certyfikat Ministerstwa Rolnictwa na stosowanie wytworzonego granulatu, jako nawozu na terenach zielonych.



Rys. 36. Reaktor odzysku substancji biogennej w Jarocinie

Na stacji odzysku surowców, w instalacji do odzysku substancji biogenych, szczególnie fosforu, zostało zastosowane innowacyjne rozwiązanie oparte o krystalizację struwitu (fosforan magnezowo-amonowy – $MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$). Przewiduje się, że charakterystyka wytworzonego produktu, w wyniku procesu krystalizacji, będzie następująca: zawartość struwitu – nie mniej niż 99%, zawartość magnezu – min 9,5%, zawartość jonu magnezowego – zawartość jonu amonowego – min 5% jako N, zawartość zanieczyszczeń organicznych – poniżej 0,5%. Produkt ma być wolny od patogenów, tj. ogólna ilość bakterii coli < 2 /g oraz brak bakterii Salmonella w próbce cztero- gramowej. Wymiary granulek dla 80% wytworzonego produktu obejmują średnicę ziaren od 0,5-5,5 mm, a gęstość nasypowa nie mniej niż 720 kg/m³. Przewiduje się usunięcie około 80% P-PO₄ oraz 10% N-NO₄ z odcieków skierowanych do tej stacji.

Dla zastosowania technologii w skali technicznej na oczyszczalni ścieków w Cielczy przeprowadzone zostały badania w skali pilotowej. Instalacja do odzysku biogenów oparta jest o następujące obiekty technologiczne: reaktor – typu Pearl ze złożem fluidalnym oraz reaktor beztlenowy do uwalniania fosforu związanego w osadzie nadmiernym (rozwiązanie w języku angielskim nazwane „WASSTRIP”), natomiast produkcja nawozu została oparta o technologię Crystal Green. Przyjęto model reaktora fluidalnego typu Pearl, którego montaż już nastąpił. W budowie znajduje się również reaktor beztlenowy do uwalniania fosforu, bowiem w skład stacji odzysku surowców będzie wchodzić także instalacja hydrolizy termicznej wraz fermentacją beztlenową dla zwiększenia produkcji biogazu i odzysku energii cieplnej i elektrycznej.

W 2018 roku, Gmina Jarocin zdobyła prestiżową nagrodę podczas międzynarodowej konferencji WEX-Global 2018 w Lizbonie która została nadana w kategorii „Finanse i Partnerstwo” – za sposób finansowania inwestycji, dobór technologii i partnerów projektu innowacyjnego realizowanego przez PWiK w Jarocinie. W tej kategorii Jarocin wyprzedził Barcelonę i Bank Światowy, znajdujących się na krótkiej liście. Stanowi to niewątpliwy sukces miasta Jarocina i jego MPWiK, a w szczególności burmistrza Adama Pawlickiego, tym bardziej, że nagroda została wręczona podczas Światowego Szczytu Gospodarki Cyркуlacyjnej w Portugalii.

5.5. Podsumowanie działań proekologicznych Europejskiego Centrum Ekologicznego

Firmą, która wniosła, i wnosi nadal, duży wkład w innowacyjność i rozwój technologii związanych z uzdatnianiem wody, przeróbką osadów ściekowych oraz odzyskiem substancji biogenych z odcieków i odzyskiem wody w Polsce jest Europejskie Centrum Ekologiczne – z siedzibą w Warszawie.

W podsumowaniu działalności Europejskiego Centrum Ekologicznego należy podkreślić, że firma od jej powstania ponad 30 lat temu, jest zarządzana przez Prezesa Zarządu – Tadeusza Krężelewskiego – prawnika z wykształcenia, który stworzył tę firmę od podstaw, a który jest również prezesem „Caux Round Table Poland”-międzynarodowego stowarzyszenia zrzeszającego członków, którzy kierują się zasadami etyki w biznesie, uznających, że światowa społeczność biznesowa powinna przyczyniać się do poprawy warunków gospodarczych, społecznych i ekologicznych.

Dokonaniem tej firmy, przez 30 lat w branży wodociągowo-kanalizacyjnej w kraju i zagranicą, poświęcony został rozdział piąty monografii. Firma dostarczyła ponad 300 instalacji dla wody pitnej, w tym ponad 140 dla gmin, a około 180 dla przemysłu i innych użytkowników. Z punktu widzenia wydajności instalacji do zaopatrzenia w wodę ponad 90% zostało zrealizowanych dla gmin, ponieważ ich zapotrzebowanie na wodę pitną było znacznie większe niż poszczególnych zakładów. Firma stała się jednym z krajowych liderów branży wodociągowo-kanalizacyjnej w zakresie realizacji usług inżynierskich i systemów technologicznych „pod klucz”. Firma sprawdziła się również przy projektowaniu, dostawie i montażu systemów uzdatniania wody za granicą, szczególnie w Rosji, gdzie zrealizowała bardzo duże projekty: w tym jeden system o wydajności 12 500 m³/h, a drugi o wydajności 25 000 m³/h, jak też dostarczyła modułowe stacje uzdatniania wody.

Na uznanie zasługuje fakt, wprowadzania na krajowy rynek urządzeń i technologii przeróbki i zagospodarowania osadów ściekowych, stanowiących duży problem ekologiczny i społeczny, z uwagi na ich zagrożenie dla zdrowia ludności. Mając na względzie nowy paradygmat ściekowy i gospodarkę cyrkulacyjną, firma prowadzi i sponsoruje badania w tym zakresie, co nie jest częstym przypadkiem w tej branży. Za promocję oraz wdrażanie innowacyjnych rozwiązań technologii proekologicznych firma otrzymała wiele nagród, w tym: nagrodę przewodniczącego Krajowej Rady Gospodarki Wodnej – statuetkę „Złota Czapla” za wdrażanie wysokosprawnych urządzeń w zakresie uzdatniania wody i przeróbki osadów ściekowych, Złoty Medal za implementację innowacyjnych technologii w Cannes oraz Międzynarodową Nagrodę Wodną Grand Prix w Cannes, nagrodę „Zielony Laur” oraz wiele innych.

W roku 2021, wśród trzech firm – wykonawców nowego przedsięwzięcia „Oczyszczalnie Przyszłości” – pozwalających na odzysk surowców, energii i wody, które zostały wyłonione w ogólnopolskim konkursie Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (NCBR), znalazła się również firma Europejskie Centrum Ekologiczne, co stanowi niewątpliwą sukces firmy. Uważa, że odnowa wody będzie istotnym rozwiązaniem alternatywnym dla spełnienia przyszłych potrzeb wodnych oraz, że nie ma wody złej jakości, ale jest tylko woda źle oczyszczona.

6. Podsumowanie

Rozwój miast jest nierozłącznie związany z rozwojem systemów wodociągowych i kanalizacyjnymi. Systemy wodociągowe zapewniają czystą wodę, uznaną od dawna za symbol życia i zdrowia. Systemy kanalizacyjne odgrywają zasadniczą rolę w ochronie środowiska wodnego i zrównoważonym rozwoju urbanistycznym, którego tradycyjnym celem była do niedawna wyłącznie ochrona użytkowników w dole rzeki przed ryzykiem zagrożenia zdrowotnego.

Obraz świata dawnych i współczesnych wodociągów przedstawiony został między innymi w monografii wydanej przez Izbę Gospodarczą Wodociągi Polskie – IGWP [45], w której Antoni Tokarczuk – ówczesny dyrektor Izby i były minister środowiska, w słowie wstępnym przypomniał fakt, że czytelnicy prestiżowego czasopisma *British Medical Journal* uznali wodociągi za zasługujące na miano największego osiągnięcia technicznego ostatnich 150 lat.

Pomimo, że od czasu wydania monografii IGWP minęło tylko 20 lat, to pokazują one, że współczesne zakłady wodociągowo-kanalizacyjne, wnosząc swój wkład do walki ze zmianami klimatycznymi i demograficznymi, ulegają stopniowo przekształcaniu w zakłady odzyskiwania zasobów, w tym: biogenów, energii, wody, ale też nie zapominają o przeciwdziałaniu rosnącym zagrożeniom spowodowanym przez nowe formy zanieczyszczeń.

Podstawową sprawą dla zaopatrzeni ludności w zdrową wodę do picia w Unii Europejskiej stanowi ochrona zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem. Wspólnota Europejska, na długo przed postanowieniami Ramowej Dyrektywy Wodnej z 2000 roku [46], przyjęła dużą ilość aktów prawnych chroniących zasoby wodne, w tym między innymi: dyrektywę dotyczącą oczyszczania ścieków komunalnych [47], dyrektywę azotanową [48], dyrektywę dotyczącą środków ochrony roślin [49], dyrektywa w sprawie emisji przemysłowych [50]. W związku z rozwojem cywilizacyjnym, do środowiska wodnego w coraz większej ilości i coraz częściej, przedostają się różnego rodzaju groźne substancje chemiczne, wymagające unormowań prawnych, takich jak przykładowo: chemikalia w rozporządzeniu REACH [51], dyrektywa w sprawie produktów biobójczych [52] czy pestycydy [53]. Rośnie też zagrożenie środowiska wodnego farmaceutykami. W zakresie produktów farmaceutycznych, prawodawstwo unijne dotyczy produktów leczniczych stosowanych u ludzi [54], jak też weterynaryjnych produktów leczniczych [55]. Kilkakrotnie uściślano normy jakości związane z unijną polityką wodną związaną z jakością wody, szczególnie dotyczące priorytetowych niebezpiecznych [56-59].

W trosce o zdrowie, a nawet życie ludności, w dniu 16 grudnia 2020 roku wydano nową dyrektywę w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [60], z uwagi na konieczność wprowadzenia zmian w poprzedniej

dyrektywie [61]. Celem nowej dyrektywy jest ochrona zdrowia ludzkiego przed niepożądanymi skutkami zanieczyszczenia wody, jak też poprawa powszechnego do niej dostępu. W preambule nowej dyrektywy wskazano między innymi, na potrzebę zmniejszenia presji powodujących zanieczyszczenie lub ryzyko zanieczyszczenia wód wykorzystywanych do spożycia przez ludzi oraz konieczność scharakteryzowania punktów poboru wody oraz zidentyfikowania zagrożeń i zdarzeń mogących pogorszyć jakość ujmowanej wody.

Obok aspektów konieczności ochrony środowiska wodnego przeznaczonego do zaopatrzenia w wodę, zwrócono także uwagę na wpływ tzw. *wewnętrznych systemów wodociągowych* na jakość wody przeznaczonej do spożycia. Jako przykład, wskazano na bardzo niekorzystny wpływ na zdrowie ludzi bakterii *Legionella* przenoszonej przez systemy dystrybucji wody ciepłej. Dyrektywa definiuje wewnętrzny system wodociągowy jako przewody wodociągowe wraz z uzbrojeniem i urządzeniami, które są zainstalowane między kranami używanymi do poboru wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (w obiektach publicznych i prywatnych), a siecią dystrybucyjną, dodając: jeśli nie podlegają, zgodnie z przepisami prawa krajowego, dostawcy wody w zakresie jego obowiązków.

Nowa dyrektywa wymaga transpozycji do prawa krajowego w okresie dwóch lat od jej wejścia w życie, czyli do 12 stycznia 2023 roku. Należy podkreślić, że jest to niezwykle ważny akt prawny, który wprowadza rewolucję w krajowym systemie zaopatrzenia w wodę i będzie wymagał współdziałania ministerstw, przy jego transpozycji do prawa krajowego. Sprawy norm jakości wody do picia podlegają resortowi zdrowia. Unijna polityka wodna, związana z ochroną środowiska wodnego, została określona w RDW i wprowadzona do prawodawstwa krajowego przez Prawo wodne. Wymaga między innymi zidentyfikowania wód wykorzystywanych do poboru wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi i ich stosownego monitoringu, jak też stosowania szeregu środków zapobiegających pogorszeniu ich jakości. Ma to na celu spowodowanie realizacji koniecznego poziomu uzdatniania wody do spożycia przez ludzi, co bezpośrednio łączy się ze stosowanymi technologiami oraz kosztami uzdatniania wraz z wewnętrznymi instalacjami wodociągowymi związanymi z budownictwem i co stanowi obecnie zakres działania resortu infrastruktury.

Jednym z celów tej monografii było wskazanie na niezwykle szybkie tempo rozwoju techniczno-technologicznego systemów wodociągowo-kanalizacyjnych miast. Jednak jest trudno jednoznacznie przewidzieć, jak będą w przyszłości wyglądały systemy wodociągowo-kanalizacyjne w rosnących dużych miastach, zmagającymi się z zachodzącymi zmianami klimatycznymi i demograficznymi, oraz z rosnącym zanieczyszczeniem zasobów wodnych, chociaż pewne wskazówki wynikają z przedstawionych przykładów dla wielkich aglomeracji. Miasta stają się

bardziej wrażliwe na sytuację wodną spowodowaną już nie tylko wzrostem ludności i zanieczyszczeniem źródeł wody, ale również: niedoborami wody z powodu suszy, ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi, w tym powodziami, jak też starzeniem się infrastruktury.

W skali globalnej, wprowadzony został tzw. Wskaźnik Miast Wrażliwych na Wodę, mający na celu określenie priorytetów działań. Jak wspomniano, z jednej strony, pojawiają się w coraz większym stopniu, różne nowe formy zanieczyszczeń, jak: mikrozanieczyszczenia, w tym mikroplastiki, substancje radioaktywne, patogenne bakterie czy groźne wirusy. Z drugiej strony, miasta – doświadczając będą braku zasobów wodnych, mogących być przeznaczonymi do poboru wody do spożycia przez ludzi, a co gorsze dotychczasowe systemy oczyszczania ścieków, oparte wyłącznie na metodach biologicznych oczyszczania ścieków mogą okazać się niewystarczające, a pojawiające się okresy długotrwałych susz mogą uniemożliwiać zaopatrzenie w wodę w pełnym zakresie. Do tego problemu odnosi się między innymi wydane w 2020 roku rozporządzenie UE w sprawie minimalnych wymogów ponownego wykorzystania wody [62], chociaż w zastosowaniu tylko do nawadniania rolniczego. Wydaje się, że w przyszłości będzie ono rozszerzone w stosunku do innych zastosowań, a odnowa wody stanie się ważnym sposobem uzupełniania zmniejszających się zasobów wodnych. Wdrażanie innowacyjnych technologii dla wody, ścieków i osadów ściekowych winno być wspierane przez działalność badawczo-rozwojową.

7. Podziękowania

Monografię dedykuję wszystkim, którzy przyczyniają się do dalszego rozwoju zrównoważonych systemów wodo-ciągowo-kanalizacyjnych. Wyrażam wdzięczność wielu osobom, za to, że podjęli wysiłek czytania rękopisu niniejszej monografii i za ich cenne uwagi.

Podziękowania składam szczególnie osobom, które okazały pomoc przy wyborze zakresu tej monografii. W tym miejscu pragnę podziękować ministrowi Romanowi Dziekońskiemu – architektowi i urbanście za inspirację włączenia miast amerykańskich, a szczególnie miasta Boston.

Na podziękowania zasługują prezesi i dyrektorzy krajowych firm wodociągowych, którzy wnieśli istotne uwagi i uzupełnienia, w szczególności:

Prezes Wiesław Kujawski – PEWiK Gdynia

Dyrektor Katarzyna Samburska – MZWiK w Sulejówku,

Prezes Antoni Sikoń – Wodociągi Tarnobrzeskie,

Dyrektor Paweł Specjalski – Wodociągi Mareckie,

Prezes Tadeusz Rzepecki – Tarnowskie Wodociągi,

Prezes Leszek Trzeciak – Wodociągi Miejskie w Radomiu.

Dziękuję serdecznie Karolinie Milnerowicz z Działu Komunikacji i Edukacji Ekologicznej oraz Marcie Pytkowskiej – Zastępcy Rzecznika Prasowego MPWiK w m.st. Warszawie S.A. za wniesione uwagi.

Pragnę wyrazić szczególne podziękowanie prezesowi Europejskiego Centrum Ekologicznego Tadeuszowi Krężelewskiemu za inspirację, wniesione uzupełnienia i wsparcie merytoryczne.

Dziękuję również kierownictwu Europejskiego Centrum Ekologicznego, w tym szczególnie: Wiceprezes mgr inż. Lidii Bezeg –za wniesienie uwag i poprawek oraz Prokurentowi inż. Piotrowi Kamoli za udostępnienie archiwów fotograficznych

Podziękowania specjalne kieruję do mojego syna mgr inż. Tomasza Gromiec – projekt menadżera Europejskiego Centrum Ekologicznego, który nie tylko udostępnił swoje materiały i wyraził zgodę na ich wykorzystanie, ale również wniósł znaczący wkład merytoryczny do tej monografii.

Chciałbym wyrazić wdzięczność prof. dr hab. inż. Tadeuszowi Siwcowi za wnikliwą recenzję oraz prof. dr hab. Lucjanowi Pawłowskiemu – redaktorowi naczelnemu Serii KIS PAN, za umożliwienie wydania monografii w tej serii.

Serdecznie dziękuję Dariuszowi Górskiemu za profesjonalny skład i łamanie tej książki, jak i kilkunastu moich książek, co doprowadziło do ich wydania.

Na końcu, pragnę bardzo podziękować mojej żonie Krystynie, której wkład był nieoceniony, a Jej wsparcie i wyrozumiałość podczas pisania, pozwoliły na ukończenie tej monografii.

Bibliografia

1. Gromiec M.: Ochrona zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem. Wybrane problemy rozwiązania. Monografia Nr 172 Komitetu Inżynierii Środowiska PAN. Wyd. Polskiej Akademii Nauk. Warszawa 2021, s. 300. ISBN 978-83-63714-71-03.ECE
2. Johnson Screens: Filtry do studni głębinowych, sita ssawne. Materiały opracowane przez Europejskie Centrum Ekologiczne.
3. Skoczko I.: Filtracja wody w teorii i praktyce. Monografia Nr 151 Komitetu Inżynierii Środowiska PAN. Wydawnictwo Polskiej Akademii Nauk. Warszawa 2019.
4. Materiały firmy ECE Krevox: Filtry. Warszawa.
5. Gromiec T., Gromiec M.: Technologia dezynfekcji wody i ścieków promieniami UV. W: Ochrona ujęć wody przed zanieczyszczeniem – Poprawa jakości wody dla Warszawy (red. nauk. M. Gromiec). Materiały Międzynarodowej Konferencji Naukowo-Technicznej. Wyd. MPWiK w m st. Warszawie S.A. / Międzynarodowe Stowarzyszenie Wody IWA, t. 24. Warszawa 2007, s. 117-134.
6. Gromiec T.M.: EkoInnowacje na Mazowszu. Nowoczesne technologie dla gospodarki wodno – ściekowej. W: Poradnik dobrych praktyk w ochronie środowiska na Mazowszu. Wyd. Centrum Transferu Technologii i Rozwoju Przedsiębiorczości Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2011. s. 189. ISBN 978-83-7207-999-2.
7. Gromiec T.: Zastosowanie nowych urządzeń do dezynfekcji wody i ścieków. Gaz Woda i Technika Sanitarna 9, 386, 2012.
8. Masłoń A., Tomaszek J.A.: Sekwencyjne reaktory porcjowe. Podstawy technologii, zasady projektowania i przykłady zastosowań. Seria: Innowacyjne technologie w inżynierii środowiska. Wydawnictwo Seidel-Przywecki Warszawa 2017. ISBN 978-83-60956-19-6.
9. Gromiec M.: Nereda – Innowacyjna technologia granulowanego osadu czynnego do oczyszczania ścieków przemysłowych i komunalnych. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 5, 179-183, 2011.
10. Gromiec M.: Uruchomienie pierwszej w Polsce oczyszczalni ścieków z technologią Nereda w Rykach. Gaz, Woda i Technika Sanitarna 9, 328-330, 2015.
11. Podedworna J., Piechna P.: Tlenowy granulowany osad czynny. Koncepcje mechanizmów formowania, właściwości i wymagania technologiczne. Seria: Innowacyjne technologie w inżynierii środowiska. Wydawnictwo Seidel-Przywecki. Warszawa 2017. ISBN 978-83-60956-48-9.
12. Mecana – A Metawater Company: Pile cloth media filtration.
13. Gromiec T.: Zastosowanie technologii mikrowłókien w ochronie wód powierzchniowych. Ekogmina – II Forum Praktyków pt. Zrównoważone zarządzanie gospodarką wodno-kanalizacyjną w gminach. Jachranka, 5-6 czerwca 2019.
14. Gromiec M., Gromiec T.: Podstawy strategii zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych w Polsce. W: Kierunki przeróbki i zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych (red. Z. Heidrich). Wyd. Seidel-Przywecki, 7-14. Warszawa 2010.
15. Gromiec M.: Nowe koncepcje gospodarki wodno-ściekowej- osadowej, 7-32. W: Ocena gospodarki ściekowo-osadowej w Polsce. Raport (red. J. Bień, M. Gromiec, L. Pawłowski). Monografia Nr 166 Komitetu Inżynierii Środowiska PAN. Wyd. Polskiej Akademii Nauk. Lublin 2020. ISBN 978-83-63714-65-9.

16. Gromiec T., Gromiec M.: Reaktory ze złożami fluidalnymi: Innowacyjna metoda odzysku fosforu. *Kierunek WOD KAN* 2, 50-53, 2016.
17. Gromiec T., Gromiec M.: Postęp w odzysku fosforu z odcieków z przeróbki osadów ściekowych za pomocą technologii krystalizacji struwitu w Ameryce Północnej i Europie – wybrane przykłady. *Gospodarka Wodna* 8, 2019.
18. Wodociąg Marecki: Markowa Woda. XX lat Wodociągu Mareckiego. Opracowanie wykonane pod kierunkiem Z. Heidricha, G. Stańko. Wyd. Quixi Media. Bydgoszcz, 2019. ISBN 978-83-61840-26-8.
19. Sikoń A.: Uwarunkowania techniczno- ekonomiczne inwestycji wodno-ściekowych współfinansowanych przez Unię Europejską. Seria *Gospodarowanie wodą i Ochrona Wód* Wyd. Seidel- Przywecki. Warszawa 2020. ISBN 978-93-60956-63-2.
20. Sikoń A., Hoszowska E., Paradowska B.: Procesy modernizacyjne technologii uzdatniania wody wodociągowej dla miasta Tarnobrzega na przestrzeni 2004-2020. *Wodociągi Tarnobrzegskie* . Tarnobrzeg, czerwiec 2020.
21. PEWiK Gdynia: 80 lat w słowie i obrazie, 1930-2010. Gdynia
22. PEWiK Gdynia: Żyjemy w harmonii ze środowiskiem. Gdynia 2015.
23. PEWiK Gdynia: Czysta, zdrowa woda. Projekt pt. Dolina Redy i Chylonki – Zaopatrzenie w wodę i oczyszczanie ścieków. (Nr 2003/PL/16/16/P/PE/038).
24. Karwacka K.: Logistyka zaopatrzenia Gdyni w wodę. *Logistyka* 5, 505-513, 2012.
25. Gromiec M.J., Gózdź M.: Rozwój systemu wodociągowo-kanalizacyjnego – 80 lat Wodociągów Radomskich, 1927-2007. Seria *Polskiego Komitetu IWA*, t. 25. Wyd. Wodociągi Miejskie w Radomiu. Radom, 2008, s.162. ISBN 978-83-902061-9-6.
26. Gromiec M.J., Stan W.: Radomskie Wodociągi 85 lat. Wyd. Wodociągi Miejskie w Radomiu Spółka z o.o., Radom 2011, s. 235. ISBN 978-83-932510-0-1.
27. Wodociągi Miejskie w Radomiu Sp. z o.o. Modernizacja i rozbudowa gospodarki wodno-ściekowej na terenie aglomeracji Radom Etap II. W obiektywie fotografika Wojciecha Stana. Radom 2016.
28. Rzepecki T.: Historia Tarnowskich Wodociągów i Kanalizacji. Od drugiej połowy XV wieku do 2010 roku (w stulecie powstania nowoczesnego wodociągu).Wyd. Tarnowskie Wodociągi Sp. z o. o. Tarnów, 2010. ISBN 978-83-931966-0-9.
29. Frysztak P., Rzepecki T., Kowalczyk R.: Wieloletni plan rozwoju i modernizacji urządzeń wodociągowych i urządzeń kanalizacyjnych na lata 2014-2022 Tarnowskich Wodociągów Sp. z o.o. w Tarnowie, 2014.
30. Stankiewicz P. (red.): Dla dobra publicznego. 120 lat Wodociągów Warszawskich 1886-2006. Album dla uczczenia 120-lecia Wodociągów Warszawskich. Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w m.st Warszawie S.A. Wyd. Olsztyńskie Zakłady Graficzne, 2006.
31. Czajka dla Warszawy, dla Wisły, dla Bałtyku. Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji w m.st. Warszawie S.A., 2013.
32. Snow J.: On the mode of the communication of cholera. Second edition. London 1854.
33. State Unitary Enterprise Vodokanal of Saint. Petersburg. Innovations, Traditions, Commitment. Vodokanal of Saint-Petersburg
34. Krasnow W.A.: Wodokanal St Petersburga. Krótki opis historyczny, 1858-2013 (ros.).Wydane z okazji 155 rocznicy, 2013, s. 224. ISBN 978-5-8000-003-0

35. Vodokanal of Saint-Petersburg. Always have the greatest respect for water. Neva Perspective Publishers. Saint-Petersburg 2013. ISBN 978-5-905107-14-6.
36. Vitale H.F.: Report. Get to know your drinking water – 2019 drinking water test results. Massachusetts Water Resources Authority and Boston Water and Sewer Commission. Boston 2020.
37. Burzyńska D.: Zrównoważona gospodarka wodna na przykładzie metropolii paryskiej. W; Prace naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu Nr 395 (red. G. Borys, R. Kurek). Wyd. Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu, Wrocław 2015. ISSN 1899-3192.
38. Booklet: Mosvodokanal – the art. of clean water. Mosvodokanal, Moskov.
39. Gromiec M.: Zbiornice systemy wodociągowe i kanalizacyjne Moskwy. *Technologia Wody* 1, 76-80, 2015.
40. Gromiec M.: Zlewniowa ochrona wód przed eutrofizacją w Metropolii Chicago. *Technologia Wody* 3, 2019.
41. Watershed Management for Potable Water Supply: Assessing the New York City Strategy. The National Academies Press, 2000.
42. Bloomberg M.R., Lloyd E.: New York City's wastewater treatment system. New York City Department of Environmental Protection.
43. New York State Department of Environmental Conservation: Water infrastructure needs of New York State. March 2008.
44. Office of the New York State Comptroller: Drinking Water Systems in New York. The Challenges of Aging Infrastructure. February 2017.
45. Wodociągi Polskie. Historia, zabytki, architektura (red. W Bochen). Izba Gospodarcza Wodociągi Polskie. Bydgoszcz. ISBN 978-83-60994-00-9.

Akty prawne Wspólnoty

46. Dyrektywa 2000/60/WE parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej. Dz.U. L 375, 22.12.2000.
47. Dyrektywa Rady 91/271/EWG dotycząca oczyszczania ścieków komunalnych. Dz.U. L 135, 30.5.1991.
48. Dyrektywa Rady 91/676/EWG dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego. Dz.U. L 375, 31.12.1991.
49. Dyrektywa Rady 91/414/EWG dotycząca wprowadzania do obrotu środków ochrony roślin. Dz.U. L230, 19.8.1991, uchylona rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady WE nr 1107/2009, Dz.U. L309. 24.11.2009.
50. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/1/WE dotycząca zintegrowanego zapobiegania zanieczyszczeniom i ich kontroli. Dz.U. L 28. 29.1.2008, zastąpiona dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/75/UW w sprawie emisji przemysłowych, Dz.U. L 332, 17.12.2010.
51. Rozporządzenie 1907/2006 Parlamentu Europejskiego i Rady z 18.12.2006 w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH), utworzenia Europejskiej Agencji Chemikaliów, zmieniające dyrektywę 1999/94/WE oraz uchylające . rozporządzenie Rady EWG nr 793/93 i rozporządzenie

- Komisji WE nr 1488/94, jak również dyrektywę Rady 76/769/EWG i dyrektywy Komisji 91/155/EWG, 93/105/WE.2000/21 WE, Dz.U. L 396, 30.12.2006.
52. Dyrektywa 98/8/WE Parlamentu Europejskiego i Rady dotycząca wprowadzenia do obrotu produktów biobójczych. Dz. U. L 123, 24.4.1998, zastąpiona rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 528/2012 w sprawie udostępniania na rynku i stosowania produktów biobójczych, DZ.U L 167, 26.6.2012.
 53. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE ustanawiającą ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów. Dz.U. L309, 24.11.2009.
 54. Dyrektywa 2001/83/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie wspólnotowego kodeksu odnoszącego się do produktów leczniczych stosowanych u ludzi. Dz.U. L 311, 28.11.2001.
 55. Dyrektywa 2001/82/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie wspólnotowego kodeksu odnoszącego się do weterynaryjnych produktów leczniczych. Dz.U. L 311, 28.11.2001.
 56. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/105/WE z 16.12.2008 w sprawie środowiskowych norm jakości w dziedzinie polityki wodnej, zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy Rady 82/176/EWG, 83/513/EWG, 84/156/EWG, 84/491/EWG i 86/280/EWG oraz zmieniająca na mocy dyrektywę 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady. Dz.U.L348/84, 24.12.2008.
 57. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2013/39/UE z 12.08.2013 zmieniająca dyrektywy 2000/60/WE i 2008/105/WE w zakresie substancji priorytetowych w dziedzinie polityki wodnej. Dz.U. L226/1, 24.08.2013.
 58. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2016/39/UE w zakresie substancji priorytetowych w dziedzinie gospodarki wodnej.
 59. Decyzja wykonawcza Komisji (UE) 2020/1161 z 4.08.2020 ustanawiająca listę obserwacyjną substancji do celów monitorowania obejmującego całą Unię w zakresie polityki wodnej na podstawie dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/105/WE. Dz.U. L 257/32, 6.8.2020.
 60. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2020/2184 z 16. 12. 2020 w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. L 435/34, 23.12.2020.
 61. Dyrektywa Rady 98/83/WE z 3.11.1998 w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Dz.U. L330, 5.12.1998.
 62. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) z 16.12. 2020 w sprawie minimalnych wymogów dotyczących ponownego wykorzystania wody. Dz. U .L 177/32, 5.6.2020.

Spis rysunków/ zdjęć

- Rys. 1. Rodzaje szczelin w filtrach dla ujęć wód podziemnych
- Rys. 2. Rodzaje filtrów dla ujęć wód powierzchniowych
- Rys. 3. Instalacja płukania sit ssawnych
- Rys. 4. Konstrukcja panelu filtracyjnego Triton
- Rys. 5. Sposoby przepłukiwania zwrotnego
- Rys. 6. Filtr ciśnieniowy ze złożem filtrującym
- Rys. 7. Zakres skuteczności dezaktywacji bakterii i wirusów
- Rys. 8. Zależność transmitancja – jakość wody
- Rys. 9. Rodzaje filtrów tkaninowych, od lewej: filtr bębnowy, filtr dyskowy, filtr rombowy
- Rys. 10. System poziomy z modułami ustawionymi w rzędzie
- Rys. 11. Sterowanie mocą promienników i modułów UV w zależności od przepływu
- Rys. 12. Schemat działania suszarni taśmowej i moc reaktora
- Rys. 13. Schemat przeróbki i zagospodarowania osadów według tzw. „Perfect Solution”
- Rys. 14. Widok Wodociągu Mareckiego Sp. z o.o.
- Rys. 15. Mapa Gdyńskiego Systemu Wodociągowego
- Rys. 16. Widok Stacji Uzdatniania Wody „Cedron”
- Rys. 17. Oczyszczanie ścieków na oczyszczalni „Czajka”
- Rys. 18. Stacja termiczna przeróbki osadów ściekowych na oczyszczalni „Czajka”
- Rys. 19. William Heerlein Lindley (syn), William Lindley (ojciec)
- Rys. 20. Pomnik gen. Sokratesa Starynkiewicza
- Rys. 21. Pomnik woźniwoy na terenie wodociągów Petersburga
- Rys. 22. Pomnik gen. Pawła Palibina
- Rys. 23. Wieża ciśnień w Petersburgu – muzeum wodociągów i kanalizacji
- Rys. 24. Widok oczyszczalni „Południowo-Zachodnia” w Petersburgu
- Rys. 25. Muzeum wody w Petersburgu
- Rys. 26. Stacja Uzdatniania Wody w Kętrzynie
- Rys. 27. Stacja Uzdatniania Wody w Iławie
- Rys. 28. Stacja Uzdatniania Wody w Gdyni-Reda
- Rys. 29. System filtracji w szpitalu w Radomiu
- Rys. 30. Stacja Uzdatniania Wody „Cedron” w Wejherowie
- Rys. 31. System filtracji w szpitalu w Radomiu
- Rys. 32. Stacja Uzdatniania Wody w Moskwie
- Rys. 33. Suszarnia osadów ściekowych w Radomiu
- Rys. 34. Zakład przeróbki osadów ściekowych oparty o hydrolizę termiczną i fermentację w Tarnowie
- Rys. 35. Połączenie hydrolizy termicznej i odzysku fosforu w Jarocinie
- Rys. 36. Reaktor odzysku substancji biogennej w Jarocinie

O Autorze



Marek Gromiec – ekspert ONZ, profesor Wyższej Szkoły Ekologii i Zarządzania w Warszawie, dr hab. inż. nauk technicznych. Absolwent Wydziału Inżynierii Sanitarnej i Wodnej Politechniki Warszawskiej oraz Wydziału Inżynierii Ochrony Środowiska Uniwersytetu Teksasu w Austin (USA). Członek Amerykańskiej Federacji Wodnej oraz Panelu Ekspertów Międzynarodowych (WEX Global Innovation Awards). W USA, został wybrany w skład Akademii Wybitnych Absolwentów Architektury, Budownictwa i Inżynierii Środowiska, z ramienia Uniwersytetu Texasu. Laureat: Szwedzkiej Nagrody Morza Bałtyckiego, nagrody Culligana oraz Międzynarodowej Nagrody Wodnej Grand Prix Cannes.

Stały Doradca-ekspert ds. Gospodarki Wodnej Komisji Środowiska Senatu RP, członek Państwowej Rady Gospodarki Wodnej oraz Państwowej Rady Ochrony Środowiska. Członek Komitetu Monitorującego Program Wiedza – Edukacja – Rozwój oraz Rady Programowej Izby Gospodarczej Ekorozwój i przewodniczący Kapituły Ogólnopolskiej Nagrody „Zielony Laur”. Przewodniczący Rady Doradczej Wydziału Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej oraz członek Rady Biznesu przy Wydziale Biologii i Nauk o Środowisku Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie. Członek Komitetu Inżynierii Środowiska PAN. Autor i współautor około 300 publikacji naukowych i technicznych, w tym autor i edytor 35 książek i kilku patentów. Członek rad programowych czasopism naukowych i technicznych w kraju i zagranicą oraz członek wielu stowarzyszeń zawodowych, umieszczony w Who's Who in the World (Marquis, USA)