



**INNOWACYJNA  
GOSPODARKA**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI FUNDUSZ  
ROZWOJU REGIONALNEGO



## **Projekt: KLIMAT**

### **„Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo”**

*(zmiany, skutki i sposoby ich ograniczania, wnioski dla nauki, praktyki inżynierskiej  
i planowania gospodarczego)*

**Numer Zadania: 7**

**Tytuł Zadania: *Zagrożenia i uwarunkowania oraz możliwości  
realizacji krajowego programu zaopatrzenia  
w wodę ludności w świetle przepisów Unii  
Europejskiej***

**Okres sprawozdawczy: *styczeń 2011 – grudzień 2011***

**Typ raportu: *raport roczny syntetyczny***

**Koordynator Zadania: *mgr inż. Lidia Gutowska-Siwiec***

**Warszawa – Wrocław  
2011**

## **Zespół wykonujący:**

dr inż. Marek Ślesicki,

mgr inż. Krzysztof Witowski

mgr inż. Paweł Trandziuk

mgr inż. Lidia Gutowska-Siwiec

mgr inż. Anna Bożek

mgr inż. Urszula Szykowska

mgr Marzenna Strońska.

## Spis treści

<b>1. Cel badań .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Zakres wykonanych prac .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Opis metodyki badań .....</b>	<b>5</b>
<b>4. Charakterystyka osiągniętych wyników.....</b>	<b>6</b>
<b>5. Analiza zgodności z założonymi celami oraz informacja o ewentualnych opóźnieniach wraz z wyjaśnieniem przyczyn .....</b>	<b>33</b>
<b>6. Propozycje dotyczące praktycznego wykorzystania wyników badań .....</b>	<b>33</b>
<b>7. Wykaz przygotowanych publikacji .....</b>	<b>34</b>
<b>8. Literatura wykorzystana w opracowaniu.....</b>	<b>36</b>
<b>9. Wykaz głównych wykonawców wraz z krótką informacją o rodzaju wykonanych prac .....</b>	<b>37</b>
<b>10. Informacja o sposobie odbioru zdań składowych i trybie koordynacji prac.....</b>	<b>41</b>

## 1. Cel badań

Celem głównym zadania badawczego nr 7 pt. **Zagrożenia i uwarunkowania oraz możliwości realizacji krajowego programu zaopatrzenia w wodę ludności w świetle przepisów Unii Europejskiej** jest analiza zagrożeń powodowanych przez zanieczyszczenia wody w aspekcie zmian klimatycznych oraz potrzeby udoskonalania systemów monitorowania i ostrzegania, a także określenie kierunków technologicznych uzdatniania wody zużytej i uwarunkowań prawno-technicznych usuwania organizmów patogennych z wody i ścieków. Dla osiągnięcia tak sformułowanego celu prace prowadzone są w podzadaniach badawczych z podziałem na poszczególne etapy realizacyjne. Cele szczegółowe zrealizowanych w 2011 roku prac to:

- określenie możliwości zaopatrzenia w wodę użytkowników w aspekcie wtórnego wykorzystania wód zużytych. ( podzadanie 7.3),
- określenie aspektów techniczno-prawnych usuwania organizmów patogennych z wody i ścieków ( podzadanie 7.4).
- prowadzenie analizy wyników badań pod kątem określenia kierunków działań w realizacji krajowego zaopatrzenia ludności w wodę (podzadanie 7.5)

## 2. Zakres wykonanych prac

W 2011 r. w ramach Zadania 7 realizowano prace w trzech podzadaniach:

- **7.3 - Zaopatrzenie w wodę użytkowników w aspekcie wtórnego wykorzystania wód zużytych**
- **7.4 - Aspekty techniczno-prawne usuwania organizmów patogennych z wody i ścieków**
- **7.5 - Kierunki działań w realizacji krajowego zaopatrzenia ludności w wodę w świetle przepisów Unii Europejskiej**

W odniesieniu do prac już zakończonych (podzadanie 7.1-Zanieczyszczenia wody stwarzające zagrożenia dla zdrowia ludzi w aspekcie zmian klimatycznych i 7.2-Udoskonalenie systemów automatycznego monitorowania i systemów ostrzegania dla wód do zaopatrzenia w wodę) prowadzono działalność informacyjno-promocyjną. Wybrane elementy

prac i osiągnięte w ramach ich realizacji rezultaty przedstawiono na konferencjach naukowych.

W ramach **podzadania 7.3** określono podstawy planowania przedsięwzięć wtórnego wykorzystania wód, oceniono możliwości i zaproponowano zasady ich wykorzystania do różnych celów w Polsce, na poziomie gminy położonej w wyznaczonej zlewni deficytowej. Realizację tego podzadania zakończono w czerwcu 2011 r i sporządzono raport merytoryczny.

W planowaniu przedsięwzięć wtórnego wykorzystania odnowionej wody określono podstawowe wskaźniki dla oceny projektów, oceniono ryzyko ekologiczne i środowiskowe oraz ekonomiczne aspekty wykonalności projektów wtórnego wykorzystania wód. Opracowano także krótkie studium wykonalności dla tego typu projektów. Następnie dokonano analizy możliwości wykorzystania wód zużytych na podstawie doświadczeń zagranicznych wraz z analizą uwarunkowań prawnych dotyczących ponownego ich wykorzystania.

Określono możliwości zastosowania alternatywnego źródła wody, w wybranej zlewni objętej deficytem wodnym na terenie Polski. Dla wytypowanej uprzednio zlewni pilotażowej rzeki Proсны, a w niej gminy Gołuchów dokonano bilansu niedoborów wodnych w gminie i zaproponowano sposób ich uzupełniania ściekami powstającymi na jej terenie wraz z procesem ich wtórnego oczyszczania.

W **podzadaniu 7.4** dokonano oceny zagrożenia mikrobiologicznego wód powierzchniowych przeznaczonych do zaopatrzenia ludności w wodę pitną w świetle zmian klimatu. Scharakteryzowano wybrane wodno pochodne organizmy chorobotwórcze, z omówieniem ich podatności na działanie czynników środowiskowych oraz warunków jakim poddawana jest woda w trakcie uzdatniania. Przeanalizowano wybrane metody i stopień trudności wykrywania organizmów chorobotwórczych w materiale środowiskowym takim jak woda powierzchniowa. Na podstawie wyników modelu CEQUAL-2 oceniono wpływ zmian klimatycznych na długość okresu przeżywalności bakterii w środowisku wodnym. Dokonano analizy porównawczej norm regulujących jakość wód pobieranych przez wodociągi komunalne. Określono również warunki techniczne i sposoby redukcji patogenów w poszczególnych procesach uzdatniania wody wraz z oceną ich efektywności.

Ponadto ramach podzadania 7.4 została zrealizowana, jako zewnętrzna usługa badawcza, ekspertyza pt. Ocena warunków stosowania wybranej metody do usuwania organizmów patogennych na przykładzie wody i ścieków za pomocą promieni ultrafioletowych, której

rezultaty wykorzystane zostały przez realizatorów tematu celem określenia kierunków technologicznych uzdatniania wody i oczyszczania ścieków oraz uwarunkowań prawnych i technicznych systemów zaopatrzenia w wodę w świetle przepisów Unii Europejskiej.

Prace w podzadaniu zakończono w grudniu 2011 i do końca lutego 2012 r. sporządzony zostanie raport merytoryczny

W ramach **podzadania 7.5** rozpoczęto analizę wyników badań pod kątem określenia kierunków działań w realizacji krajowego zaopatrzenia ludności w wodę biorąc pod uwagę osiągnięte rezultaty prac w zrealizowanych podzadaniach w ramach Zadania 7 i w zadaniach związanych z oceną wpływu zmian klimatycznych na zasoby wodne (zadanie 3 i 9). Prace w podzadaniu będą kontynuowane w roku 2012.

### 3. Opis metodyki badań

W związku ze zróżnicowaniem merytorycznym realizowanych podzadań, dla każdego z nich została przyjęta odpowiednia metodyka badań.

W **Podzadaniu 7.3** na podstawie doświadczeń zagranicznych przeprowadzono analizę możliwości ponownego użycia wód wtórnie oczyszczonych do różnych celów w krajach europejskich i pozaeuropejskich, z odniesieniem do wymagań jakościowych przy różnych sposobach ich wykorzystania.

W celu określenia możliwości zastosowania wód zużytych do nawodnień na terenie Polski, przeanalizowano warunki klimatyczne oraz obszary objęte deficytem wodnym i na tej podstawie wybrano zlewnię pilotażową, dla której pojęto próbę określenia możliwości zastosowania odnowionej wody. W zlewni Proсны wybrano gminę typowo rolniczą, dla której sporządzono bilans wodno-ściekowy, określono niedobory wodne w rolnictwie dla poszczególnych upraw wykorzystując wielkości opadów optymalnych wyznaczone przez Klatta. Określono także niezbędną technologię dla wtórnego oczyszczenia ścieków (wykorzystywanych do nawodnień rolniczych) wraz z określeniem efektywności procesu na poziomie cen z 2010 roku. Do pracy wykorzystano dane pochodzące z programów ochrony środowiska dla gmin, raportów WIOŚ, danych GUS, dostępnych prac dotyczących analizy presji i wpływu zanieczyszczeń antropogenicznych na środowisko wodne, a także warstwy GIS m.in. Corine Land Cover, MPHP, mapy glebowo-rolnicze, obszary chronione NATURA 2000. Szczegółowy opis metodyki wykonywania prac zawarto w raporcie merytorycznym.

W **podzadaniu 7.4** przy realizacji tematu oparto się na wynikach publikowanych i niepublikowanych prac, na podstawie których, można było określić wpływ organizmów patogennych na jakość wód i ich wpływ na skażenie mikrobiologiczne wód w okresach suszy i powodzi. Na podstawie dostępnych materiałów źródłowych dokonano wnikliwej analizy ryzyka dla zdrowia ludzi, w wyniku spożycia wody zawierającej zanieczyszczenia mikrobiologiczne pochodzenia fekalnego. Na poszczególnych etapach technologicznych uzdatniania wody określono ich skuteczność w usuwaniu organizmów patogennych z wody. Na podstawie dostępnych opracowań określono warunki techniczne końcowego etapu uzdatniania – dezynfekcji za pomocą promieni UV. Omówiono rozwiązania techniczne tego procesu zarówno w odniesieniu do dezynfekcji wody jak i biologicznie oczyszczonych ścieków.

Prace w **podzadaniu 7.5** polegają na prowadzeniu analiz zarówno globalnych jak i szczegółowych. Analizy globalne prowadzone były w oparciu o materiały publikowane i niepublikowane w tym krajowe strategie gospodarcze, prognozy rozwoju i wyniki z badań realizowanych w pozostałych zadaniach projektu. Analizy szczegółowe oparto na wynikach prac prowadzonych w ramach zadania.

#### **4. Charakterystyka osiągniętych wyników**

##### *Podzadanie 7.3*

#### **Zaopatrzenie w wodę użytkowników w aspekcie wtórnego wykorzystania wód zużytych**

Przedstawiona poniżej charakterystyka osiągniętych wyników w sposób syntetyczny prezentuje rezultaty podzadania. Raport merytoryczny z tego podzadania, sporządzony po jego zakończeniu w sierpniu 2011 r. omawia szerzej uzyskane wyniki.

#### **Podstawy planowania przedsięwzięć wtórnego wykorzystania wód zużytych**

Przeprowadzone prace pozwoliły na sformułowanie ogólnej procedury planistycznej przedsięwzięć z zakresu wtórnego wykorzystania ścieków.

Zazwyczaj w procesie planowania przedsięwzięć wtórnego wykorzystania ścieków można wyróżnić trzy zasadnicze fazy: koncepcyjną, oceny wykonalności oraz oceny potencjalnych efektów. W **fazie koncepcji** określone są główne cele przedsięwzięcia. Ocenia

się możliwości osiągnięcia wszystkich lub tylko niektórych celów, identyfikuje potencjalny popyt na wtórnie wykorzystane ścieki oraz dokonuje się przybliżonego oszacowania kosztów.

W *fazie oceny wykonalności* dokonywana jest ocena popytu, przy przeprowadzaniu bezpośrednich konsultacji z potencjalnymi użytkownikami wtórnie wykorzystywanych ścieków. Formułowane są alternatywne scenariusze rozwiązań, z uwzględnieniem ograniczeń technicznych i ekonomicznych, efektów dla środowiska i innych wskaźników. Porównanie scenariuszy jest podstawą wyboru rozwiązań, które będą dokładniej rozpatrzone w kolejnej fazie planowania.

*Faza oceny potencjalnych efektów* jest ostatnim krokiem procesu planowania. W fazie tej dokonywana jest analiza efektywności ekonomicznej wszystkich, wybranych w poprzedniej fazie rozwiązań alternatywnych. Rozpatrywane są bardziej dokładnie wszystkie z wcześniej wymienionych siedmiu kryteriów. Identyfikowane są potencjalne przeszkody w realizacji przedsięwzięć i określone metody ich usunięcia, a następnie dokonywany jest wybór jednego z rozwiązań będącego podstawą dla rozpoczęcia procesu projektowania. Dla wybranego rozwiązania dokonywane jest oszacowanie kosztów i określenie źródeł ich pokrycia. Ważnym elementem tej fazy projektowania jest dokonanie uzupełniającej analizy popytu na wtórnie wykorzystywane ścieki, obejmującej również uzgodnienia z potencjalnymi użytkownikami, w zakresie warunków dostawy i przewidywanych cen. Wszystkie te elementy stanowią podstawę opracowania planu finansowego przedsięwzięcia, obejmującego także obciążenia podatkowe, konieczne koszty operacyjne użytkowników i zagadnienie odpowiedzialności prawnej uczestników planowanego przedsięwzięcia. W tej fazie uzgodnienia pomiędzy uczestnikami powinny być potwierdzone w formie podpisania listów intencyjnych, stanowiących konieczny załącznik dokumentacji opracowanej na zakończenie procesu planowania.

Do skutecznej realizacji i wdrażania projektów ponownego wykorzystania wody w znaczący sposób może przyczynić się studium wykonalności. Badanie wykonalności to kompleksowa ocena lub analiza potencjalnego wpływu danego projektu i przeprowadzana jest przy podejmowaniu decyzji dotyczącej jego wdrażania.

Metodyka badań wykonalności dla projektów ponownego wykorzystania oczyszczonych wód zużytych winna opierać się na analizie czynników prawnych, ekonomicznych, technologicznych, społecznych i środowiskowych.

Podstawową sprawą w badaniach wykonalności jest przygotowanie informacji różnego typu, danych wyjściowych i wskaźników, pozwalających na rzetelną charakterystykę obszaru planowanego projektu i całokształtu uwarunkowań, które mogą potencjalnie wpływać



na jego realizację .

Poza przygotowaniem pełnej dokumentacji obszaru planowanego pod inwestycję szczególną uwagę należy zwrócić na społeczną akceptację ponownego wykorzystania wody. Wiele projektów ponownego wykorzystania wody nie powiodło się, z powodu braku informacji na temat opinii społecznej w kwestiach związanych z określonymi projektami lub pobieżnej analizy potrzeb użytkowników. Akceptacja społeczna może jednak się zmieniać w zależności od sposobu ponownego użycia wody. Na przykład, wtórne użytkowanie wody w nawadnianiu terenów, w rolnictwie i przemyśle jest stosunkowo szeroko akceptowane, podczas gdy, zastosowanie w pośrednich celach spożywczych nie spotyka się z dobrym przyjęciem. Należy także, rozważyć sprawy związane z propagowaniem tej koncepcji i edukacją (potencjalne korzyści i zagrożenia itd.), socjoekonomią (niebezpieczeństwo postrzegania zasobów wodnych, jako nieograniczonych i tanich, itd.). Aby poprawić stopień akceptacji społecznej dla koncepcji ponownego wykorzystania wody należy zapewnić dostęp do informacji o tej strategii zarządzania ściekami, potencjalnych korzyściach z tym związanych (środowiskowe, ekonomiczne itd.) oraz organizować odpowiednie szkolenia, dotyczące kluczowych tematów (zasoby wodne, ścieki, woda rekultywowana/odzyskana, sposoby oczyszczania i uzdatniania, jakość wody itd.). Bezpośrednia informacja daje pozytywny efekt, w odniesieniu do bezpośrednich użytkowników. Lepsze nastawienie w kierunku wdrażania nowych sposobów ponownego wykorzystania wody jest także skorelowane z wyższym poziomem przychodów i lepszym wykształceniem użytkowników. W każdym razie, koszty i zagrożenia to dwa główne aspekty społecznej akceptacji.

W raporcie merytorycznym przedstawiono podsumowanie zakresu i metodologii dla zbioru danych wejściowych, w procesie przygotowywania studium wykonawczego dla projektów wtórnego wykorzystania wód zużytych .

We wstępnej analizie społecznych, ekonomicznych i środowiskowych aspektów, uwzględnianych podczas wdrażania projektów odnowy wód istotne jest przyjęcie pomocnych parametrów wskaźnikowych.

Wskaźniki te mogą być analizowane poprzez oceny ilościowe (w szczególności, w przypadku wskaźników społecznych i środowiskowych) dzięki przyporządkowaniu każdemu z nich zakresu wartości (na podstawie technicznej ekspertyzy wskaźnika). Ponadto, musi zostać określona orientacyjna skala oceny by można było wyliczyć wykonalność każdego projektu. Wyliczenie i opis najistotniejszych wskaźników zawarto w raporcie merytorycznym.

Zazwyczaj metodologie stosowane do oceny wykonalności projektów wtórnego

wykorzystania wody są ukierunkowane na analizę kosztów wewnętrznych. Przeprowadzone analizy wykazały, że istnieje jednak konieczność przy opracowaniu metodologii oceny wykonalności projektu wtórnego wykorzystania wody, uwzględniania nie tylko skutków oddziaływań wewnętrznych, ale również wpływu czynników zewnętrznych (np. środowiskowych i społecznych) oraz możliwości obniżenia kosztów wynikających z realizacji projektu. Wewnętrzne korzyści związane z realizacją projektu wynikają z różnicy pomiędzy wewnętrznymi przychodami i kosztami. Dochód wewnętrzny obliczany jest przez pomnożenie jednostkowej ceny sprzedaży odnowionej wody przez jej objętość dostarczoną użytkownikom. Koszty wewnętrzne składają się z sumy kosztów inwestycji, kosztów operacyjnych, kosztów finansowych oraz podatków. Podczas gdy niektóre z oddziaływań mogą być wyrażone bezpośrednio w jednostkach pieniężnych, to dla czynników biofizycznych, a także aspektów społecznych konieczne jest zdefiniowanie jednostek miary tak, aby możliwe było ich uwzględnienie w rachunku ekonomicznym. Jednakże, istnieje szereg czynników zewnętrznych, dla których nie ma bezpośredniego sposobu uwzględnienia ich w rachunku ekonomicznym. W takich przypadkach stosowane są metody wyceny ekonomicznej oparte na hipotetycznych scenariuszach lub wzory obserwowane w rynkach powiązanych.

Podstawowym kryterium oceny wszystkich projektów ponownego wykorzystania ścieków jest maksymalizacja korzyści, określana jako różnica pomiędzy przychodami a kosztami. Wielkość korzyści określa, czy dany projekt jest wykonalny. Przy obliczaniu całkowitych korzyści, należy brać pod uwagę ich składowe wewnętrzne, zewnętrzne i alternatywne. Szczegółowe informacje zawiera raport merytoryczny.

### **Ocena możliwości wtórnego wykorzystania wód zużytych do różnych celów**

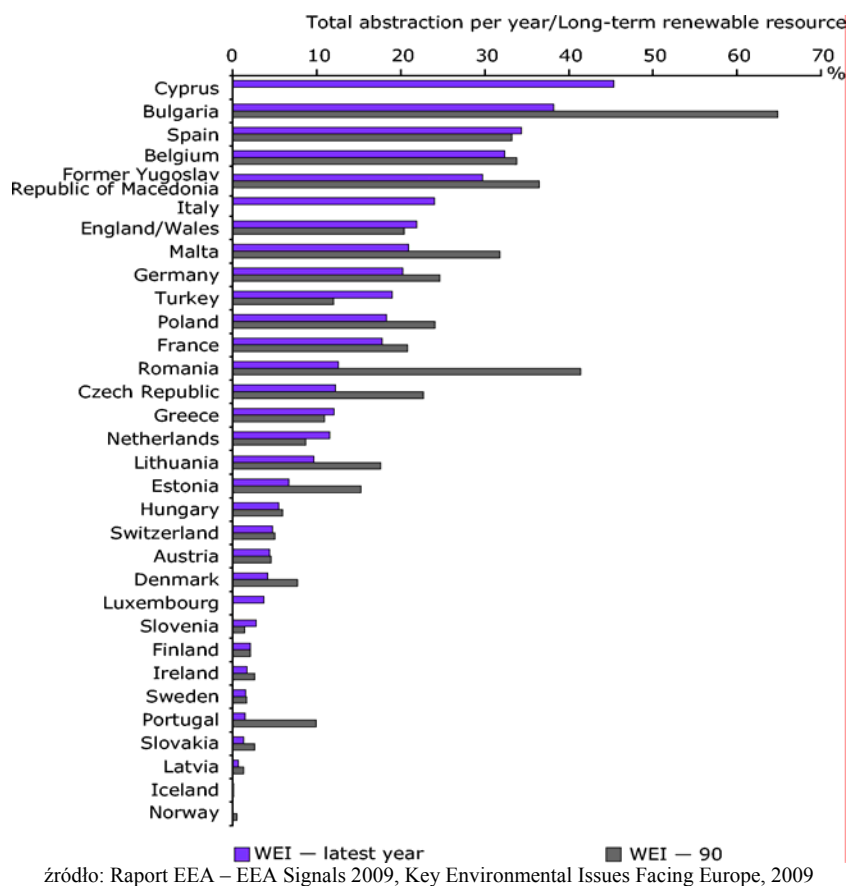
Kraje europejskie, szczególnie te północne, posiadają duże rezerwy wodne, bardzo rygorystyczne standardy środowiskowe i stosunkowo wysokie ceny wody. W państwach europejskich położonych na południu, występują natomiast bardzo ograniczone rezerwy wody dostępne do wykorzystania. Taka sytuacja jest bezpośrednią konsekwencją warunków klimatycznych występujących na tych obszarach Europy. Stwarza to potrzebę podjęcia działań mających na celu odnawianie i powiększanie zasobów wód w miejscach objętych jej deficytem. Na potrzebę szukania alternatywnych źródeł wody wpłynęły znacząco susze, które wystąpiły w latach 2003, 2005 i 2006. Działania takie do tej pory postrzegane były przede wszystkim jako ochrona zagrożonego środowiska, a nie jako priorytet pozwalający w znaczny

sposób zwiększyć zasoby wodne. Wiele dużych miast i aglomeracji miejskich zlokalizowanych w dużych dorzeczach zobowiązanych jest do prawidłowego (zgodnego z obowiązującymi przepisami) oczyszczania ścieków, które w większości wracają do obiegu poprzez zasilanie oczyszczonymi ściekami wód powierzchniowych, które zasilają wody podziemne stanowiące główne źródło zaopatrzenia w wodę do picia.

W krajach objętych deficytem wodnym zwiększa się zasoby wodne poprzez ponowne wykorzystanie oczyszczonych ścieków. Takie działania przynoszą znaczące korzyści dla rolnictwa (nawadnianie upraw), dla przemysłu (woda do chłodzenia w procesie produkcji), turystyki (utrzymanie obszarów krajobrazowych, nawadnianie pól golfowych), a także pozwalają na zwiększenie zasobów wód podziemnych. Ponowne wykorzystanie oczyszczonych ścieków stwarza także potencjalne korzyści dla krajów Europy Północnej ponieważ prowadzi do ochrony rezerw wodnych, pozwala odzyskać substancje odżywcze dla rolnictwa oraz zwiększa przepływ rzeczny. Ponowne wykorzystanie oczyszczonych ścieków uznane jest za działanie priorytetowe zarówno w Ramowej Dyrektywie Wodnej (RDW) jak i w Dyrektywie 96/61/WE (Integrated Pollution Prevention Control (IPPC) w sprawie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania (kontroli) zanieczyszczeń.

Według raportu komisji ONZ, prezentowanym na Światowym Forum Wody w Japonii w ciągu najbliższych 20 lat, przeciętna ilość wody przypadająca na jednego mieszkańca globu zmniejszy się o jedną trzecią. Wzrost niedoboru wody na świecie będzie w 20% wynikiem zmian klimatycznych. Globalna zmiana klimatu sprawi, że klimat europejski zacznie zmierzać w kierunku bardziej ekstremalnych zmian pór roku, gdzie wzrośnie częstotliwość występowania susz w sezonach suchych i powodzi w sezonach mokrych, w związku z tym zarządzanie zasobami wodnymi stanie się działaniem nadrzędnym w gospodarce wodnej. Przewiduje się również, że zmiany klimatu wpłyną na migracje ludności, co z kolei skutkować będzie trudnościami w zarządzaniu zasobami wodnymi w miastach i aglomeracjach.

W celu określenia niedoborów wody wprowadzono pojęcie wskaźnika eksploatacji wody WEI. Jest to wielkość określana stosunkiem objętości rocznego zużycia wody do objętości możliwych do uzyskania zasobów wodnych. W okresie gdy stopa zużycia wody przekracza 20% rezerw, wówczas gospodarka wodna powinna stać się podstawowym elementem ekonomii danego państwa. W ostatnich latach wskaźnik eksploatacji wody WEI klasyfikuje Polskę na 11 miejscu w Europie. Wartość tego wskaźnika utrzymuje się na poziomie niebezpiecznej wartości granicznej 20%, powyżej której to, można się spodziewać, że wystąpi niedobór wody.



### Wskaźnik eksploatacji wody (WEI)

W sytuacji, ogólnego deficytu świeżej wody, ścieki miejskie postrzegane są jako alternatywne jej źródło. W skali światowej ilość ścieków możliwych do wtórnego wykorzystania jest szacowana na 15% aktualnego spożycia wody. W skali lokalnej udział ten może być jeszcze większy, bowiem udział wtórnie wykorzystywanych ścieków w pokryciu potrzeb wodnych w Izraelu wynosi 65%, a w Algierii nawet 75%.

W związku z tym wiele europejskich państw zmuszonych będzie do prowadzenia bardziej efektywnej polityki wodnej niż ma to miejsce obecnie. Zbyt duże wykorzystywanie obecnie wód podziemnych jest działaniem, które skutkuje napływem wody morskiej do warstw wodonośnych, co w wielu wypadkach powoduje nadmierne zasolenie gleby. Dlatego wtórne wykorzystanie wód zużytych może stanowić dodatkowe źródło wody, poprawić stan zasobów wodnych regionu oraz ograniczyć ilość odprowadzanych ścieków do wód. Istnieje także możliwość wprowadzenia innych rozwiązań takich jak oszczędzanie wody (zmniejszenie wycieków wody z sieci wodociągowej, stosowanie nowoczesnych technologii), czy odsalanie wody morskiej, jednak działania takie, ze względu na aspekt ekonomiczny nie generują znaczących oszczędności. Dlatego też podstawą zintegrowanej gospodarki wodnej

i strategii przez nią przyjętej na poziomie dorzecza powinna zawsze być ocena w kontekście korzyści płynących z ponownego wykorzystania ścieków oczyszczonych.

Problem ponownego wykorzystywania ścieków oczyszczonych nie jest jeszcze w Europie integralną częścią systemu zarządzania gospodarką wodną. W Europie Północnej, gdzie zasoby wodne są na razie wystarczające, rzadko wykorzystuje się odnowioną wodę w praktyce, chociaż mogłoby to przynieść korzyści w dziedzinie ochrony środowiska. W Europie Południowej planowane używanie ścieków oczyszczonych jest ciągle ograniczone, chociaż szybko rośnie ich ilość wykorzystywanych jako źródło wody irygacyjnej, bowiem dostępne rezerwy wody są ograniczone. Zintegrowana koncepcja rekultywacji wód jest działaniem priorytetowym, w związku z postępującym deficytem wody, zyskując szerokie poparcie w krajach Unii Europejskiej, szczególnie w krajach Europy Południowej.

Obecnie na terenie Europy zinwentaryzowano około 200 projektów wykorzystujących ścieki oczyszczone. Wiadomo też, że wiele jest w fazie zaawansowanego projektowania. Dzięki takim działaniom, w praktyce można znacznie lepiej chronić środowisko wodne.

Należy jednak pamiętać, że efektywna integracja wtórnego wykorzystania ścieków z gospodarowaniem zasobami wodnymi powinna być oparta na ilościowym bilansie potrzeb wodnych różnego rodzaju użytkowników, przy uwzględnieniu ograniczeń wynikających z wymagań odnośnie jakości wody i przepisów prawnych. Dla oszacowania możliwości wtórnego wykorzystania ścieków, najważniejsze jest skorelowanie głównych celów wykorzystania wody z potencjalnymi sposobami jej wtórnego wykorzystania.

Celem realizowanych prac było określenie zasad i możliwości wykorzystania procesu odnowy oczyszczonych ścieków do pozyskania nowych źródeł wody. W tym celu dokonano przeglądu sposobu oraz uwarunkowań prawnych wtórnego wykorzystania wód zużytych w różnych krajach i na tej podstawie przedstawiono możliwości wykorzystywania wtórnice oczyszczonych ścieków w Polsce. Analiza zasobów wód w Polsce i określenie wielkości jej zużycia w różnych dziedzinach gospodarki, była podstawą dla wyboru zlewni o znaczącym deficycie wodnym oraz do określenia na tym obszarze możliwości i zasad wtórnego wykorzystania oczyszczonych ścieków. Taki sposób sprecyzowanych zagadnień był ściśle powiązany z założonym głównym celem zadania, którym jest „zaopatrzenie wodę w użytkowników w aspekcie wtórnego wykorzystania wód zużytych”.

Przeanalizowano sposoby wykorzystania odnowionej wody w krajach europejskich i w niektórych państwach poza kontynentem.

*We Francji* zrealizowano ponad trzydzieści projektów dotyczących ponownego użycia ścieków miejskich. Wśród nich znajduje się 15 projektów dotyczących nawadniania

rolniczego, 9 projektów dotyczących nawadniania pól golfowych i 6 projektów dla nawadniania obszarów miejskich. Odnowionej wody od blisko stu lat używa się do nawadniania pól uprawnych wokół Paryża, a w chwili obecnej takie praktyki nadal stosuje się w regionie Achères gdzie wykorzystuje się w ten sposób ścieki po wstępnym oczyszczeniu. Na wyspie Noirmoutier istnieje jeden z pierwszych w Europie systemów odnowy wody, pozwalający na wykorzystywanie ok. 30% ścieków oczyszczonych do nawadniania 500 ha pól uprawnych, oczyszczone ścieki przemysłowe używane są również jako woda chłodnicza, woda przemysłowa (w przemyśle motoryzacyjnym, tekstylnym, papierniczym i spożywczym).

**Cypr** jest wyspą na Morzu Śródziemnym, typowo turystyczną, z wzrastającym deficytem zasobów wodnych oraz degradacją ich jakości. Na Cyprze, planuje się aby ścieki komunalne w wysokości około 25 000 km<sup>3</sup>/rok, po trzecim stopniu oczyszczania były gromadzone i używane do nawadniania, z czego dla rolnictwa ma być dostępnych ich blisko 40%.

**We Włoszech** wtórnie oczyszczone ścieki wykorzystuje się głównie do nawadniania ponad 4000 ha terenów rolniczych w ramach kilku projektów. Przykładem może być nawadnianie sadów cytrusowych w Grammichele (1500 m<sup>3</sup>/d). Podobne projekty realizowane są w Palermo i Gela, gdzie tak pozyskaną wodę używa się do nawadniania kilku tysięcy hektarów terenów uprawnych.

W chwili obecnej, **w Belgii**, ponowne użycie oczyszczonych ścieków komunalnych dotyczy następujących projektów:

Lokalizacja	Zastosowanie	Ilość (m <sup>3</sup> /rok)	Rozpoczęto w roku
Liederkerke	Zwiększenie naturalnych zasobów, rekreacja (obserwacja ptaków)	11979000	1999
Wulpen	Uzupełnienie warstwy wodonośnej zasobów wody pitnej	2500000	2001
Tienen	Przemysłowa woda chłodnicza	2000000	2003
Brugie	Przemysłowa woda chłodnicza, woda technologiczna	640000	2000
Aartselaar	Przemysłowa woda chłodnicza	80000	1997
Roeselare	Przemysłowa woda chłodnicza, woda technologiczna	70000	2004
Houthalen	Przemysłowa woda chłodnicza	35000	2003
ST. Niklaas	Przemysłowa woda chłodnicza	b.d	b.d
Gent/Eke	Myjnie przemysłowe	18000	b.d
Leuven	Myjnie przemysłowe	5000	2004
Oostende	Myjnie przemysłowe	b.d.	b.d.
Wulpen	Nawadnianie polderów	b.d	b.d.

b.d. brak danych

**W Wielkiej Brytanii** obok pośredniego (plan Langforda) wykorzystania ścieków do celów konsumpcyjnych istnieje kilka przykładów ich bezpośredniego użycia, głównie dla nawadniania pól golfowych, parków, zielonych pasów wokół dróg, w działalności

komercyjnej w myjniach, gospodarstwach rybnych, czy w przemyśle (woda przemysłowa i chłodnicza). Istnieją też projekty dotyczące przemysłu spożywczego i papierniczego.

Na Uniwersytecie Loughborough realizowanych jest kilka projektów dotyczących zwracania do obiegu tzw. szarej wody (greywater - odpływ z pralek, z kąpieli i pryszniców) w celu spłukiwania toalet, na które zużywa się jedną trzecią wody w domowym bilansie. Kilka z nich obejmuje również zbieranie i wykorzystywanie wody deszczowej. W styczniu 1999 roku wdrożono projekt „Waterwise”. Ścieki pochodzące z 500 budynków są oczyszczane metodami konwencjonalnymi. Następnie 70% z nich jest odprowadzane do rzeki, a 30% po III. stopniu oczyszczania jest doprowadzane do osiedla 130 domków zaopatrzonych w podwójną sieć wodociagową.

*W Niemczech* pierwszy projekt (1895 rok) mający na celu wtórne wykorzystanie wód dotyczył nawadniania 490 ha terenów rolniczych w Braunschweig. Obecnej działa na tym terenie oczyszczalnia biologiczna z podwyższonym stopniem usuwania biogenów, a wielkość nawadnianego obszaru zwiększyła się do 3000 ha. Podobny projekt działa w okolicy Wolsfburg.

W Berlinie od 120 lat stosuje się recykling oczyszczonych ścieków, które są mieszane z wodą powierzchniową, następnie poprzez infiltrację wprowadzane są do warstw wodonośnych, które w 100% stanowią źródło wody do picia.

*W Szwecji*, ścieki są uważane jako dodatkowe zasoby wody, które można wykorzystywać zwłaszcza w rolnictwie do nawadniania. Ścieki są gromadzone przez okres do 9 miesięcy w zbiornikach. Związki biogenne zawarte w ściekach w czasie nawadniania pól stanowią naturalny nawóz, a rolnicy mają możliwość obniżenia kosztów upraw. Jest to korzystne dla gospodarki wodnej, ponieważ sprzedaje się wodę zamiast inwestować w budowę oczyszczalni ścieków, a także dla rolników ponieważ niewielkim nakładem kosztów zwiększają swoje plony. Działanie takie jest zgodne z założeniami polityki ekologicznej państwa.

*W Polsce* oczyszczone ścieki nie stanowią alternatywnego źródła wody, a ich zagospodarowywanie jest prowadzone sporadycznie. Jedynie w takich branżach jak przemysł cukrowniczy, chemiczny, elektrociepłowniczy oraz w jednostkach wojskowych wtórnie oczyszczone ścieki znajdują częściowo zastosowanie.

Podobne działania mające na celu oszczędne gospodarowanie zasobami wodnymi podejmuje się na innych kontynentach.

Wykorzystywanie oczyszczonych ścieków do różnych celów jest praktykowane w *Stanach Zjednoczonych* od bardzo dawna - w chwili obecnej w 27 stanach, a 25 z nich

posiada własne regulacje prawne. Szacuje się że procesowi odnowy poddaje się około 6,4 mln m<sup>3</sup>/d ścieków, najwięcej na Florydzie – 2,2 mln m<sup>3</sup>/d, w Kaliforni – 2,0 mln m<sup>3</sup>/d, a w Teksasie i Arizonie odpowiednio 0,87 i 0,76 mln m<sup>3</sup>/d. Wtórnie oczyszczone ścieki wykorzystuje się w do nawodnień upraw rolniczych, pól golfowych, parków, terenów szkolnych, pasów zieleni, ulic, terenów krajobrazowych, jak również w przemyśle, a nawet do spłukiwania toalet w budynkach komercyjnych, a także w celu ograniczenia napływu wody morskiej do warstw wodonośnych wód gruntowych, które stanowią zasoby wodne kraju.

*W południowej Afryce* wtórnie oczyszczone ścieki uzupełniają zasoby wód podziemnych i powierzchniowych, używane są w przemyśle energetycznym, papierniczym i petrochemicznym oraz aby ograniczyć zużycie świeżej wody do nawodnień terenów krajobrazowych i sportowych.

*W Japonii* od 1970 roku wykorzystywano wtórnie oczyszczone ścieki do zabezpieczenia właściwego poziomu wody w kanałach żeglownych np. w miejscowości Osaka. Dobrze rozbudowana sieć kanalizacyjna w miastach i obszarach wiejskich od dawna stwarzała możliwość wykorzystania odnowionej wody, a budynki mieszkalne i szkolne były od wielu lat modernizowane pod kątem możliwości wtórnego wykorzystania ścieków do spłukiwania toalet, ograniczając w ten sposób zużycie wody pitnej. W 1998 roku zużycie odnowionej wody kształtowało się na poziomie 130 mln m<sup>3</sup>/rok, z czego 40% było rozprowadzane w tzw. podwójnych systemach. Do nawodnień rolniczych wykorzystano około 13% wody, mniej więcej tyle samo służy do usuwania śniegu. Blisko 24% ma zastosowanie w przemyśle do rozcieńczania, jako woda chłodnicza i woda do czyszczenia.

Uwarunkowania prawne wtórnego wykorzystania ścieków powstały w USA, gdzie każdy stan określa normy w zależności od sposobu wykorzystania wód. Podobnie w krajach europejskich każde z państw, we własnym zakresie stara się ustalić normy dotyczące zasad wtórnego oczyszczania wód. Zarówno US EPA jak i WHO publikują kryteria, które powinny być brane pod uwagę przy ustalaniu wartości granicznych dla poszczególnych dopuszczalnych zanieczyszczeń. W Europie w latach 2003-2006 powstał projekt AOUAREC, w ramach którego podjęto próbę usystematyzowania wytycznych i norm dla odnowionej wody. Szczegółowe omówienie uwarunkowań prawnych w poszczególnych państwach zawarte jest w rozdziale 3.2.7 raportu merytorycznego.

### **Zasady wtórnego wykorzystania wód zużytych w Polsce**

Na podstawie przeprowadzonej analizy wtórnego wykorzystywania wód



w Europie i na świecie, przedstawiono możliwości wykorzystania wtórnie oczyszczonych ścieków w Polsce, na obszarze zlewni deficytowej, zgodnie z przyjętymi założeniami realizacji podzadania – „zaopatrzenie w wodę użytkowników w aspekcie wtórnego wykorzystania wód zużytych”. Do szczegółowej analizy wybrano obszar gminy Gołuchów, typowo rolniczy, położony w zlewni o dużym deficycie wodnym. Realizacja tego zadania wymagała zebrania informacji na temat zagospodarowania gminy, zaludnienia i gospodarki wodno-ściekowej. Dane takie udało się pozyskać dzięki współpracy z Urzędem Gminy, a przede wszystkim ze Spółką Wodno-Ściekową „Prosna”, która zarządza Grupowa Oczyszczalnią Ścieków w Kucharach. Oczyszczalnia ta odbiera ścieki z Kalisza, Nowych Skalmierzyc, i gminy Gołuchów, które to mogą stanowić (po zastosowaniu wtórnego oczyszczania) alternatywne źródło wody. W procesie mechaniczno-biologicznym z usuwaniem biogenów oczyszcza się 5794200 m<sup>3</sup> ścieków. W zakresie parametrów fizyko-chemicznych ścieki te spełniają wszystkie wymagania stawiane w pozwoleniu wodnoprawnym. Ponieważ wytyczne dotyczące wtórnego wykorzystania ścieków kładą główny nacisk na usunięcie organizmów patogennych, wirusów i bakterii pozyskano takie dane dotyczące oczyszczonych ścieków.

Realizacja jednego z zasadniczych celów pracy wymagała w pierwszej kolejności oszacowanie popytu na wtórnie oczyszczone ścieki. Na tym etapie pracy wykorzystano dane udostępnione przez RZGW w Poznaniu, Urząd Gminy w Gołuchowie, Starostwo Powiatowe w Pleszewie i Spółkę Wodno-Ściekową „Prosna”. Dane te stanowiły podstawę oszacowania, rocznego zapotrzebowania na wodę do nawodnień, które wynosi 359 029 m<sup>3</sup>. W pracy określono również niedobory wodne zdefiniowane jako różnica między opadem rzeczywistym, a opadem optymalnym. Do tego celu zastosowano metodę Klatta, wykorzystując jednocześnie dane o wysokości opadu i temperaturze pochodzące z Centralnej Bazy Danych Klimatologicznych IMGW-PIB/Warszawa. Wyniki analizy wykazały, że w latach o najniższych opadach niedobory wodne przekraczają o około 40% sumy opadów. Niedobory te mogą być uzupełnione w całości wtórnie oczyszczonymi ściekami powstającymi na tym terenie.

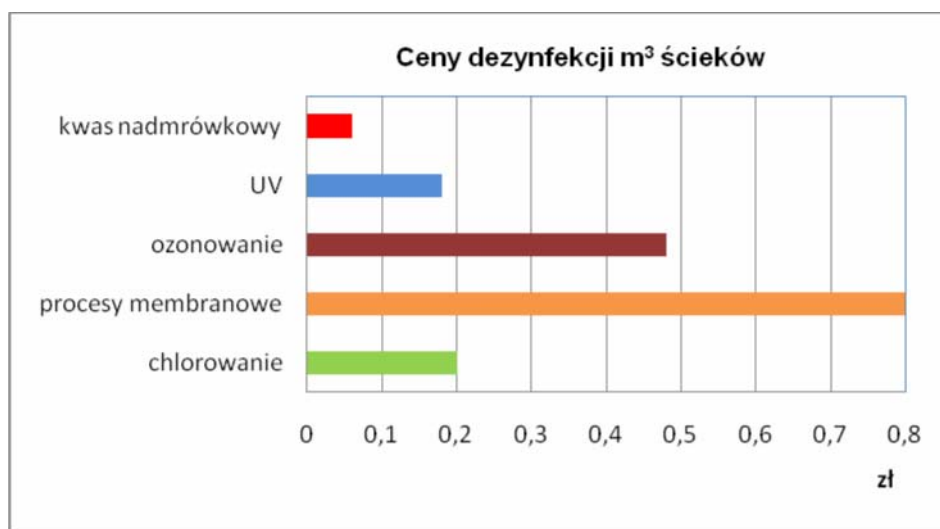
Propozycja wartości dopuszczalnych w zależności od sposobu wykorzystania wód wtórnie oczyszczonych zawarto w projekcie AQUAREC. Na tej podstawie można stwierdzić, że oczyszczone ścieki z omawianego terenu w zakresie parametrów fizyko-chemicznych odpowiadają stawianym wymaganiom do nawadniania pól, pastwisk, terenów zielonych i lasów. Wymagają one jednak procesu doczyszczania ze względu na stan bakteriologiczny. W

przypadku zastosowania ich do uzupełnienia zasobów warstw wodonośnych należy dodatkowo zwrócić uwagę na stężenia metali ciężkich.

Stwierdzone przekroczenia wskaźników bakteriologicznych spowodowały konieczność wybrania procesu dezynfekcji, który spowoduje dezaktywację substancji patogennych.

Analizę ekonomiczną proponowanego rozwiązania przeprowadzono w oparciu o pozyskane dane i dane literaturowe. Najbardziej rozpowszechnione i skuteczne w dezynfekcji oczyszczonych ścieków wydają się być następujące metody: chlorowanie, ozonowanie i stosowanie promieniowania UV oraz metoda wykorzystująca silne własności utleniające kwasu nadmanganowego. Ta ostatnia od wielu lat stosowana jest do dezynfekcji wód irygacyjnych w uprawach szklarniowych w Holandii. W Polsce jest ona opracowana i rozpowszechniana przez Spółkę KEMIPOL Police.

Analiza kosztowa wymienionych procesów w odniesieniu do kosztu dezynfekcji 1 m<sup>3</sup> ścieków przedstawiona została poniżej.



źródło: Magnus Kwant, P.Konieczny – Kemira Water, Francja, Kemipol Police

#### **Porównanie kosztów dezynfekcji 1 m<sup>3</sup> ścieków w zależności od stosowanego procesu**

Z analizy wynika, iż najbardziej ekonomicznym procesem jest zastosowanie kwasu nadmanganowego do dezynfekcji ścieków wykorzystując jego silne własności utleniające. Poza niskimi kosztami procesu jest on przyjazny środowisku ponieważ nie powstają żadne szkodliwe produkty uboczne i charakteryzuje się bardzo wysoką efektywnością (na 100 000 bakterii przeżywa co najwyżej 1).

Przeprowadzona analiza potrzeb wodnych roślin na omawianym terenie wykazała, że nawadnianie przynosi wymierne efekty ekonomiczne w postaci tzw. nadwyżki bezpośredniej szczególnie przy uprawach warzyw gruntowych, roślin okopowych i jagodowych, które to stanowią około 25% wszystkich upraw rolnych.

Poniżej przedstawiono orientacyjny koszt odnowy wody używanej do nawodnień rolniczych, przy zastosowaniu kwasu nadmirkowego do dezynfekcji oczyszczonych ścieków (wg danych otrzymanych ze Spółki Wodno-Ściekowej Proсна):

	Koszt 1 m <sup>3</sup> wody świeżej w zł	Koszt oczyszczania 1 m <sup>3</sup> ścieków w zł	Koszt dezynfekcji 1 m <sup>3</sup> oczyszczonych ścieków w zł
	2,56	2,02	0,04
<b>Koszty ogółem:</b>	<b>2,56</b>	<b>2,06</b>	

Z powyższego zestawienia wynika, że zastąpienie wody czystej odpowiednio oczyszczonymi ściekami, których duże ilości odprowadzane są z terenu gminy do wód powierzchniowych będzie o około 20% tańsze, co przy wyliczonym niedoborze wody daje oszczędności rzędu 600 000 zł w skali roku. Należy jednak pamiętać, że przed podjęciem działań konieczne jest poniesienie kosztów rzędu 100 000 zł na kompletny zestaw dozujący (zbiorniki magazynowe pompy, wytwornica kwasu mrówkowego, oprzyrządowanie i automatyka). Ze względu na sezonowość nawadniania, a także sposób rozdziału wody koniecznym wydaje się przewidzenie gromadzenia oczyszczonych ścieków w specjalnych zbiornikach bądź wykorzystywanie ich w tym okresie do zasilania warstw wodonośnych.

#### *Podzadanie 7.4*

### **Aspekty techniczno-prawne usuwania organizmów patogennych z wody i ścieków**

#### **Zagrożenie mikrobiologiczne wód powierzchniowych przeznaczonych do zaopatrzenia w wodę pitną**

Bezpieczeństwo mikrobiologiczne wody przeznaczonej do spożycia oznacza konieczność równoczesnego zastosowania szeregu zabezpieczeń zapobiegających kontaminacji wody patogenami albo obniżających liczbę obecnych w wodzie patogenów do poziomu niestanowiącego zagrożenia dla ludzi. Im więcej zostanie podjętych środków,

począwszy od ochrony źródeł wody, przez zastosowanie odpowiednich technik uzdatniania, po właściwe systemy dystrybucji wody, tym większa szansa na wyeliminowanie zagrożenia mikrobiologicznego. Najbardziej pożądaną strategią, ułatwiającą proces uzdatniania, jest ochrona źródeł wody przed kontaminacją patogenami.

Wodno pochodne epidemie wynikające z niedostatecznego usunięcia patogenów z wody pitnej mogą stać się źródłem licznych zachorowań dlatego konieczne jest nie tylko badanie mikrobiologiczne wody uzdatnionej, ale również badanie jakości mikrobiologicznej wody surowej.

Prawidłowe uzdatnienie wody jest tym bardziej konieczne, że wiele spośród patogenów charakteryzuje niska dawka infekcyjna, np. zakażenie helmintami (pasożytniczymi obleńcami czy płazińcami) może być wywołane obecnością w spożytej wodzie jednego jaja lub pojedynczej, żywej larwy. Także choroby wywoływane przez pierwotniaki jelitowe mogą, w szczególnych okolicznościach, rozwinąć się wskutek spożycia pojedynczej cysty/oocysty.

Szczególny problem stwarzają bakterie z rodzaju *Legionella*, powszechnie występujące w środowisku, mogące rozwijać się i proliferować w stosunkowo wysokich temperaturach, np. w sieciach wody ciepłej, a więc już poza obszarem stacji uzdatniania.

Znaczenie sinic w zakresie bezpieczeństwa zdrowia publicznego wynika z toksycznego wpływu rozmaitych toksyn sinicowych (cyjanotoksyn). Same sinice, w przeciwieństwie do bakterii, nie potrafią rozmnażać się w organizmie człowieka po spożyciu – całość efektu toksycznego zależy od uprzedniej proliferacji w środowisku wodnym. Uzdatnianie wody tylko częściowo rozwiązuje problem, gdyż tylko część toksyn sinicowych związanych z komórkami sinic (toksyny peptydowe, np. microcystyny) może zostać usunięta w procesie filtracji. Natomiast alkaloidy sinicowe czy neurotoksyny są wydzielane do środowiska wodnego i przechodzą przez systemy filtracyjne.

Cześć drobnoustrojów nie wywołując żadnych skutków zdrowotnych pogarsza jakość wody przez wydzielanie substancji wpływających na walory smakowe i zapachowe wody. Ponieważ większość tego rodzaju mikroorganizmów rozwija się na podłożu, tworząc w środowisku wodnym błonę biologiczną (biofilm), możliwy jest ich rozwój także w sieci wodociągowej, w strefach o stosunkowo niewielkim przepływie lub obszarach czasowych zastojów (domowe filtry czy dejonizatory).

## **Charakterystyka wybranych wodno pochodnych organizmów chorobotwórczych i metod ich wykrywania**

Liczba patogenów przenoszonych przez zanieczyszczoną wodę pitną jest dość duża oraz zmienna, zależna od zmian wielkości populacji ludzi czy zwierząt, rodzaju wykorzystania ścieków (np. nawadniania ściekami), stylu życia, jakości opieki medycznej, migracji ludności oraz naturalnych zmian genetyki populacji istniejących patogenów (np. mutacje i rekombinacje). Odporność poszczególnych osób także jest zmienna i zależna od takich czynników jak wiek, płeć, ogólny stan zdrowia oraz warunki życia.

Wpływ obecnych w wodzie patogenów na zdrowie publiczne zależy od przebiegu wywoływanej choroby i nasilenia jej objawów, od infekcyjności pasożyta oraz od wielkości populacji potencjalnie objętej możliwością zakażenia.

Większość patogenów przenoszonych drogą wodno pochodną nie jest zdolna do wzrostu i rozmnażania w wodzie. Formy przetrwalnikowe pasożytów (jaja, cysty, oocysty) oraz wszystkie wirusy nie proliferują w wodzie. Nieco inaczej zachowują się bakterie i formy wegetatywne pierwotniaków – w odpowiednich warunkach, w obecności możliwego do pozyskania węgla organicznego, mogą się rozmnażać i to zarówno w wodach powierzchniowych, jak i już w sieci wodociągowej (np. *Legionella sp.*, *Vibrio cholerae*, *Naegleria fowleri*, *Acanthamoeba sp.*). Generalnie jednak, po opuszczeniu ciała żywiciela i przedostaniu się do wód, pasożyty tracą stopniowo zdolność do infekcji oraz żywotność, zatem muszą stosunkowo szybko znaleźć nowego żywiciela. Ponieważ nie jest to zawsze łatwe, istotnym mechanizmem w ich rozprzestrzenianiu się są bezpośrednie kontakty człowiek/człowiek i transmisja choroby wynikająca raczej z niewłaściwej higieny, niż z powodu wody do picia. Przeżywalność patogenów jest efektem współpracy kilku czynników, z których najważniejszym jest temperatura otoczenia – obserwuje się gwałtowny spadek przeżywalności drobnoustrojów w podwyższonej temperaturze, w tym zwiększoną wrażliwość na inne czynniki takie jak UV.

Najpowszechniej występują, zatem takie patogeny, które przy wysokiej infekcyjności charakteryzują się dużą przeżywalnością w wodzie, sporadycznie w powiązaniu z możliwością namnażania się poza organizmem żywiciela.

Rozpoznanie patogenów w wodzie jest istotne gdyż umożliwia selekcję najwyższej jakości źródła wody surowej, stanowi wstęp do oznaczania koncentracji patogenów oraz pozwala dobrać odpowiednie techniki uzdatniania.

Występowanie patogenów oraz organizmów wskaźnikowych w wodach powierzchniowych i gruntowych zależy od licznych czynników m.in. fizykochemicznej charakterystyki zlewni, stopnia przekształcenia zlewni przez działalność człowieka, czy występowania zwierząt będących źródłem patogenów. Potencjalnymi źródłami patogenów w wodach powierzchniowych są zarówno źródła punktowe takie jak miejsca zrzutu ścieków komunalnych (w tym burzowych), jak i obszarowe, w tym spływy z obszarów rolniczych. Innym źródłem są zwierzęta dzikie oraz hodowlane posiadające swobodny dostęp do wód powierzchniowych. Wiele patogenów po przedostaniu się do wód powierzchniowych zmniejsza swoje zagęszczenie w efekcie rozcieńczenia oraz wskutek działania czynników środowiskowych (temperatura, światło słoneczne, obecność drapieżców, itp.).

Na tle pozostałych zanieczyszczeń obecnych w wodzie, patogenne mikroorganizmy posiadają szereg cech unikalnych:

- nie występują w roztworze, trudno mówić o ich stężeniu
- często występują związane z cząstkami zawieszin
- prawdopodobieństwo infekcji i wywołania objawów chorobowych zależy od inwazyjności i zjadliwości patogena oraz cech osobniczych zainfekowanego
- po zainfekowaniu patogeny proliferują, powielają się w organizmie gospodarza, przy czym pewne patogeny (np. bakterie) są w stanie proliferować poza organizmem żywiciela, jeżeli dostępne jest źródło węgla
- w przeciwieństwie do skutków działania czynników chemicznych zależność dawka/efekt nie kumuluje się przy wzroście dawki

Uzyskanie dobrej wody do picia uzależnione jest przede wszystkim, od jakości źródła, z jakiego pochodzi (klasyfikacja źródeł wody bazuje w głównej mierze na obecności lub braku zanieczyszczeń fekalnych) oraz, wynikających z tej jakości, zalecanych technologii uzdatniania. Można przyjąć (za WHO), że rygorystyczne przestrzeganie kryteriów bakteriologicznych oraz właściwe prowadzenie procesu uzdatniania powinno, z wyjątkiem ekstremalnych przypadków, wyeliminować ryzyko przenoszenia drogą wodną chorób pasożytniczych

Poza wskaźnikami bakteriologicznymi istnieje również potrzeba oznaczania w ujmowanych wodach powierzchniowych cyst i oocyst pasożytniczych pierwotniaków jelitowych, które mogą być obecne nawet w wodach, w których nie ma bakterii grupy coli pochodzenia kałowego. Podobnie pojawia się konieczność oznaczania obecności patogennych pierwotniaków jelitowych w wodzie uzdatnionej, gdyż według wytycznych WHO woda przeznaczona do konsumpcji nie powinna w ogóle zawierać organizmów patogennych dla

człowieka. Uwzględnione w wytycznych WHO wskaźniki mikrobiologiczne jakości wody to: *Escherichia coli* lub termo tolerancyjne bakterie grupy *coli* oraz wszystkie bakterie grupy *coli*. Według aktualnych zaleceń ich liczba w 100cm<sup>3</sup> wody pitnej powinna wynosić zero (WHO Guidelines, 2008).

W wytycznych WHO nie określono jednak żadnych liczbowych wartości dotyczących występowania w wodzie przeznaczonej do picia wirusów oraz chorobotwórczych pierwotniaków i innych pasożytów. Zalecono jednak wyraźnie konieczność ochrony źródeł wody i stosowanie odpowiedniego jej uzdatniania, aby nie dopuścić do występowania tych patogenów w wodzie do picia.

Szerszy opis patogenów przenoszonych drogą wodno pochodną i sposoby ich detekcji przedstawiono w raporcie merytorycznym.

### **Wpływ zmian klimatycznych na długość okresu przeżywalności bakterii w środowisku wodnym**

Bakterie wskaźnikowe typu kałowego są ważnym narzędziem weryfikacji jakości mikrobiologicznej wody. Jednak wskaźniki kałowe muszą spełniać pewne kryteria, aby dawać miarodajne wyniki. Powinny być powszechnie obecne w dużych ilościach w odchodach ludzi i innych zwierząt stałocieplnych, być łatwo wykrywalne możliwie prostymi metodami oraz nie powinny proliferować w wodzie. Organizmem wskaźnikowym służącym detekcji skażeń kałowych jest pałeczka okrężnicy (*E. coli*). Jako alternatywę w wielu zastosowaniach można uznać oznaczenie termo tolerancyjnych szczepów *E. coli*. Woda przeznaczona do spożycia przez ludzi nie powinna w ogóle zawierać organizmów wskaźnikowych a ponieważ znajdują się one w dużych ilościach w odchodach i wodach zanieczyszczonych fekaliami, monitoring pod kątem tych wskaźników zapewnia wysoki poziom bezpieczeństwa.

*E. coli* charakteryzuje się stosunkowo krótkim czasem przeżycia w wodzie powierzchniowej, zatem woda dająca negatywny wynik testu na obecność bakterii grupy *coli* wciąż może zawierać patogeny bardziej odporne na czynniki środowiskowe lub środki stosowane w uzdatnianiu i patogeny takie mogą niewykryte trafić do sieci wodociągowej.

Pierwotniaki oraz enterowirusy są dość odporne na działanie dezynfekantów takich jak chlor, i mogą pozostać żywe i zdolne do zakażenia także w wodzie uzdatnionej. Zatem istnieje potrzeba wyboru innych organizmów, które będą bardziej odporne od bakterii grupy *coli*

właściwymi wskaźnikami zagrożenia mikrobiologicznego. Wybór takich wskaźników powinien być oparty na lokalnych uwarunkowaniach i aktualnym stanie wiedzy. Dlatego weryfikacji może wymagać zastosowanie wskaźnikowe różnych organizmów, takich jak enterokoki kałowe, *Clostridium perfringens* i bakteriofagi.

Różne strategie przeżycia bakterii allochtonicznych są przyczyną różnego czasu ich przeżywania w środowisku wodnym, przy czym wyraźnie zaznacza się wpływ temperatury. Obniżenie temperatury poniżej 10 °C znacznie wydłuża ich przeżywalność, np. *E.coli* w temperaturze 28°C - 30°C przeżywa 10 dni a w 4°C - 43 dni. Przewidywane zmiany klimatyczne mają wpływ na perspektywiczne kształtowanie się wartości temperatury wody.

Występująca zależność okresu przeżywalności bakterii od temperatury wody może powodować zmiany długości tego okresu.

W projekcie KLIMAT jako podstawę rozważań przyjęto trzy spośród opracowanych przez IPCC scenariuszy rozwojowych: A2, A1B i B1.

Obliczenia długości okresu przeżywalności bakterii typu Coli w zmieniających się warunkach klimatycznych wykonano za pomocą programu CEQUAL-W2 (Cole T.M., Wells S.A. 2008.). Model ten wykorzystywany był do obliczeń symulacyjnych dla warunków Zalewu Zegrzyńskiego w ramach podzadania 7.1 (Ślesicki i inn. 2010). CEQUAL-W2 jest dwuwymiarowym (podłużnym i pionowym) modelem hydrodynamicznym i jakości wody. Opis modelu zawarty jest w sprawozdaniu merytorycznym.

W modelu całkowite bakterie typu Coli, bakterie Coli typu kałowego, paciorkowce typu kałowego i/lub inne rodzaje bakterii, jako nie wchodzące w interakcje z innymi zmiennymi stanu jakości wody, są symulowane tak jak składowe ogólne jakości wody. Zmniejszenie liczby bakterii w środowisku wodnym następuje w wyniku procesów rozkładu 1- rzędu i osadzania.

W ramach prac prowadzonych w podzadaniu 7.1 jako jeden z obiektów badawczych wybrany został Zalew Zegrzyński (Ślesicki i inn. 2010). Dla potrzeb obliczeń symulacyjnych prowadzonych dla warunków Zalewu Zegrzyńskiego, dokonano podziału tego obiektu na trzy odcinki obliczeniowe: Narew - od Pułtuska do mostu w Wierzbicy, Bug - od Popowa do połączenia ze zbiornikiem, Zbiornik - od mostu w Wierzbicy do zapory Dębe.

Obliczenia zmienności długości okresu przeżywalności bakterii typu Coli w środowisku wodnym, w zależności od przewidywanych zmian klimatycznych (scenariusze A2, A1B, B1) przeprowadzono dla warunków odcinka 1 (Narew) i okresu lat 2010-2030.



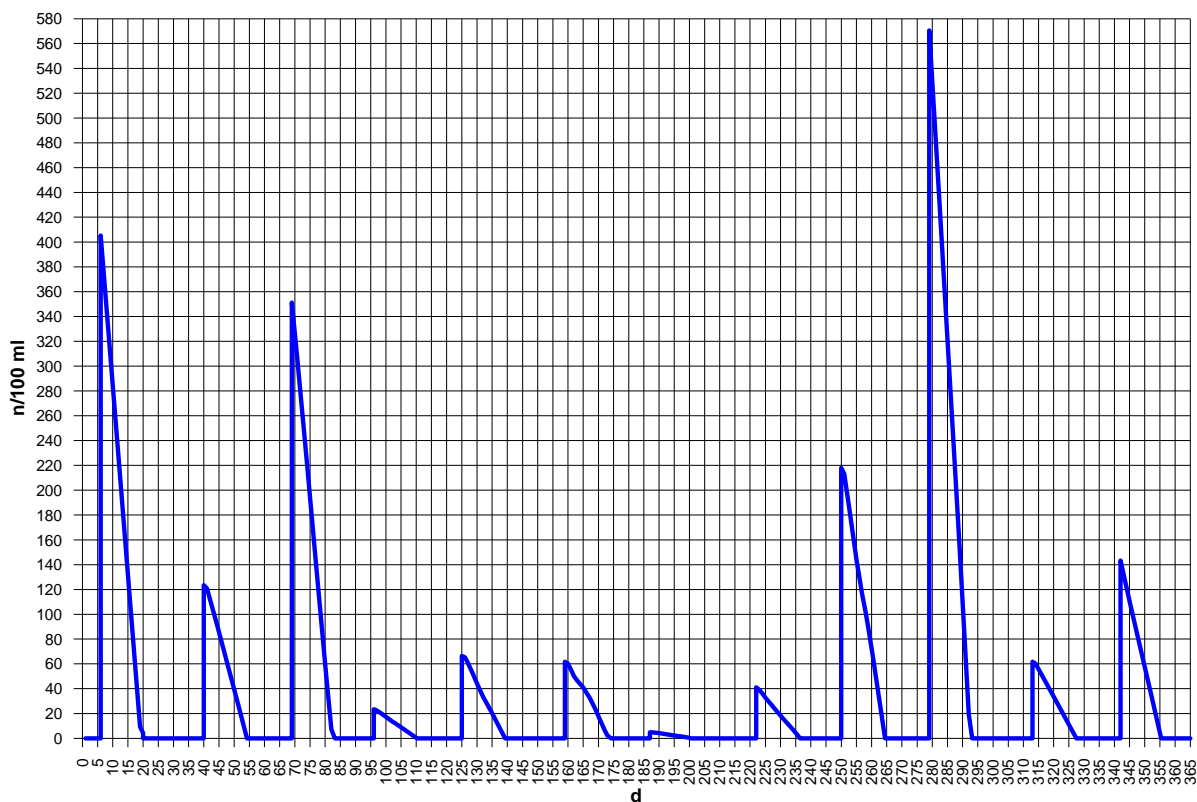
Długość okresu przeżywalności bakterii w środowisku wodnym jest, w istotny sposób, uzależniona od temperatury wody.

W ramach prac prowadzonych w podzadaniu 7.1 (Ślesicki i inn. 2010) dokonano oceny wpływu przewidywanych zmian warunków klimatycznych na kształtowanie się temperatur wody. Przeprowadzone obliczenia nie wykazały istotnego wpływu przewidywanych zmian klimatycznych na zmienność temperatury wód w rozpatrywanych obiektach badawczych. Obliczona zmienność temperatury wody ma charakter zróżnicowany dla poszczególnych scenariuszy. W przypadku scenariusza A1B występuje ogólna tendencja wzrostu temperatury, natomiast w przypadku pozostałych scenariuszy widoczne są tendencje spadkowe o różnym stopniu nasilenia (silniejsza dla scenariusza B1, słabsza dla scenariusza A2). Podobnie kształtuje się przewidywana zmienność temperatur wody dla warunków odcinka Narew. Zmienność przyrostów temperatury wody waha się w granicach  $\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ . W przypadku scenariusza A1B we wszystkich miesiącach w rozpatrywanym wieloleciu występuje tendencja wzrostowa temperatury wody. W przypadku pozostałych scenariuszy daje się zauważyć występowanie tendencji spadkowych (wyraźniejszych dla warunków scenariusza B1).

Określenie zmienności długości okresu przeżywalności bakterii typu Coli w środowisku wodnym wymaga, w pierwszej kolejności, określenia wyjściowego kształtowania się tej wielkości w roku początkowym. Wykonanie obliczeń dotyczących stanu początkowego było konieczne zarówno ze względów merytorycznych jak i numerycznych.

Punktem początkowym odcinka Narew jest punkt pomiarowo kontrolny w Pułtusku. W roku początkowym w punkcie tym wykonanych zostało 12 pomiarów ilości bakterii Coli typu kałowego. Jak już stwierdzono wcześniej bakterie tego rodzaju nie namnażają się poza organizmem nosiciela a środowisku wodnych charakteryzują się stosunkowo krótkim czasem przeżycia.

Poniżej przedstawione zostały długości okresów przeżycia dla stwierdzonych za pomocą pomiarów zawartości bakterii Coli w punkcie początkowym rozpatrywanego odcinka w roku początkowym symulacji.



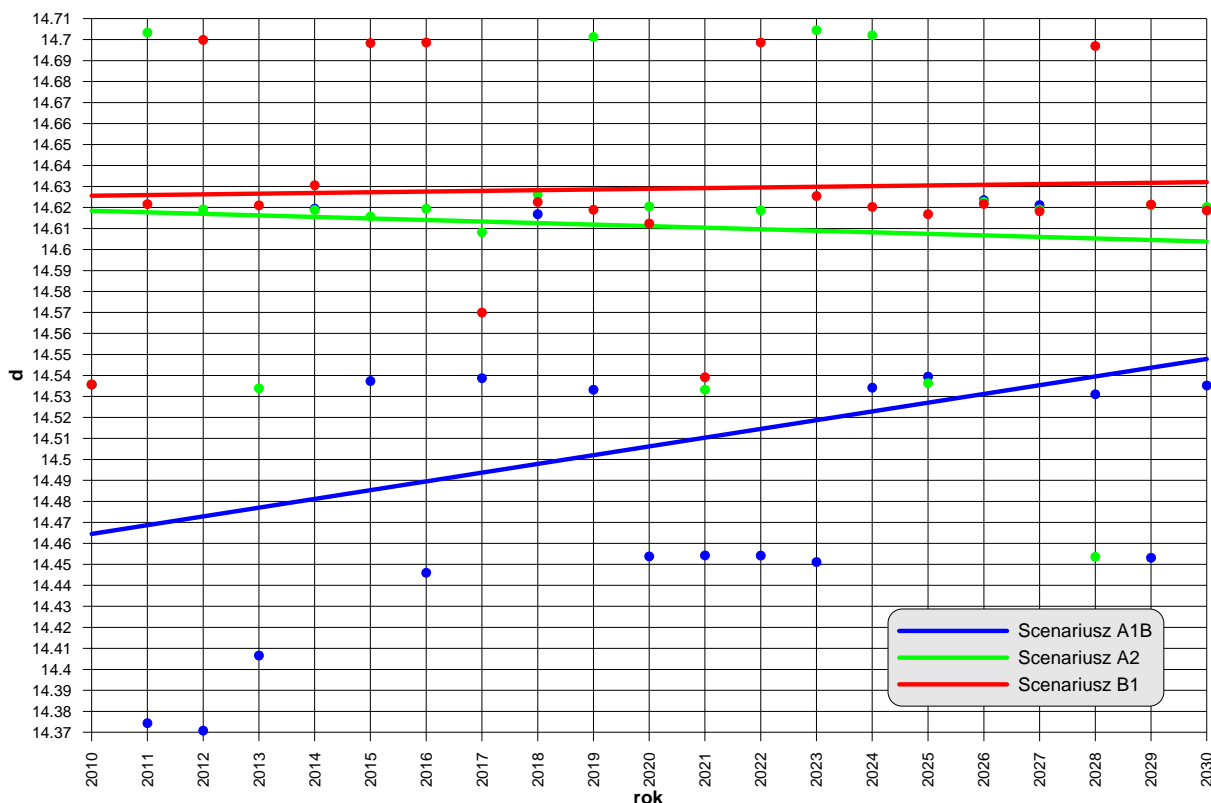
### Przebieg zmienności ilości bakterii Coli w roku początkowym – odcinek Narew

Można zauważyć, że niezależnie od pomierzonej liczby bakterii, okres ich przeżywalności w środowisku wodnym pozostaje w zasadzie niezmienny.

W celu określenia zmienności, tak obliczonej długości okresu przeżywalności bakterii Coli typu kałowego, powodowanej przewidywanymi zmianami klimatycznymi, wykonano obliczenia symulacyjne dla wszystkich lat rozpatrywanego okresu prognozy, w trzech rozpatrywanych scenariuszach rozwojowych. Generalnym założeniem przyjętym w obliczeniach (Ślesicki i inn. 2010) było założenie, że jedynym czynnikiem mogącym wywoływać zmienność jakości wód są przewidywane zmiany klimatyczne. Jest to równoznaczne z przyjęciem, że wszystkie inne czynniki mogące wpływać na stan jakościowy wód pozostają niezmiennie w całym okresie symulacji. Obliczenia obejmowały okres symulacji wynoszący 21 lat (20 letni okres prognozy + rok wyjściowy). Wykonywane były z krokiem czasowym równym 1 dobie.

W wyniku przeprowadzonych obliczeń uzyskano dobowe wartości opisujące ilość bakterii w wodach rozpatrywanego odcinka w całym okresie symulacji. W celu określenia wpływu przewidywanych zmian klimatycznych na długość okresu przeżywalności bakterii w środowisku wodnym, dla kolejnych lat rozpatrywanego przedziału czasowego określone zostały średnie długości tego okresu. Obliczone wielkości średnich długości okresu

przeżywalności bakterii w kolejnych latach okresu obliczeniowego stanowiły podstawę do wyznaczenia linii trendów ich zmienności. Do analizy trendu wykorzystano jej liniową postać, która najlepiej opisuje przebieg zjawiska. Przebieg zmienności linii trendów dla wszystkich rozpatrywanych scenariuszy rozwojowych przedstawiono poniżej.



#### Zmienność długości przeżywalności bakterii typu Coli na skutek przewidywanych zmian klimatycznych

Przebieg zmienności określonych linii trendu zależy jest od rozpatrywanego scenariusza rozwojowego. W przypadku scenariuszy A2 i B1 nie można zauważyć występowania znaczących zmian długości okresu przeżywalności bakterii w rozpatrywanym okresie. Scenariusz B1 wykazuje minimalną tendencję wzrostową tego okresu, natomiast scenariusz A2, również minimalną tendencję spadkową. Wyraźniejsze zmiany długości okresu przeżywalności bakterii występują w przypadku scenariusza A1B. Jednak również w tym przypadku nie występuje znaczące wydłużenie długości tego okresu. Analizując wielkość przyrostu linii trendu w rozpatrywanym okresie lat 2010 – 2030 można stwierdzić wydłużenie okresu przeżywalności bakterii w środowisku wodnym o ok. 0.08d (w formacie zmiennoprzecinkowym), czyli w przybliżeniu o ok. 2 godziny.

Wyniki przeprowadzonych obliczeń wskazują, że zmiany klimatyczne, w zakresie przewidywanym przez rozpatrywane scenariusze rozwojowe, nie mają istotnego wpływu na długość okresu przeżywalności bakterii Coli typu kałowego w środowisku wodnym.

### **Analiza porównawcza norm regulujących jakość wód pobieranych przez wodociągi komunalne**

Uzyskanie dobrej wody do picia uzależnione jest przede wszystkim, od jakości źródła, z którego pochodzi (klasyfikacja zasobów wód powierzchniowych bazuje w głównej mierze na obecności lub braku zanieczyszczeń fekalnych) oraz, wynikających z tej jakości, zalecanych technologii uzdatniania. Można przyjąć, że rygorystyczne przestrzeganie kryteriów bakteriologicznych oraz właściwe prowadzenie procesu uzdatniania powinno, z wyjątkiem ekstremalnych przypadków, wyeliminować ryzyko przenoszenia drogą wodną chorób pasożytniczych.

W wielu krajach, jakość wód powierzchniowych ujmowanych przez stacje uzdatniania określana jest na podstawie odrębnych aktów prawnych. Akty te najczęściej są zbieżne w zakresie parametrów mikrobiologicznych i ich dopuszczalnych wartości liczbowych w poszczególnych kategoriach jakości wody. Ocena mikrobiologicznej jakości omawianych wód opiera się głównie na wskaźnikach bakteriologicznych: bakterie grupy *coli*, bakterie grupy *coli* typu kałowego (termotolerancyjne), paciorkowce kałowe, bakterie z rodzaju *Salmonella*.

Normy regulujące jakość wód powierzchniowych ujmowanych do zaopatrzenia ludności w wodę pitną w Polsce, USA i Japonii a także zalecenia w tym zakresie formułowane przez organizacje międzynarodowe Unię Europejską i WHO podano w raporcie merytorycznym.

W Polsce jakość wód powierzchniowych ujmowanych przez stacje uzdatniania określa rozporządzenie Ministra Środowiska (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r.). Rozporządzenie to określa wymagania jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia oraz częstotliwość pobierania próbek wody, metodyki referencyjne analiz i sposób oceny, czy wody odpowiadają wymaganym warunkom.

Rozporządzenie ustala trzy kategorie, jakości wody w zależności od wartości granicznych wskaźników, jakości wody, które muszą być poddane standardowym procesom uzdatniania.

Dla oceny jakości mikrobiologicznej wody, w Rozporządzeniu wykorzystywane są cztery wskaźniki: liczba bakterii grupy Coli, liczba bakterii grupy Coli typu kałowego (terminy tolerancyjne), liczba paciorkowców kałowych (enterokoki) oraz liczba bakterii z rodzaju Salmonella.

Rozporządzenie definiuje także zalecane sposoby analizy próbek wody ze względu na zawartość zanieczyszczeń mikrobiologicznych, przy wykorzystaniu metodyki referencyjnej.

Obowiązujące w Polsce rozporządzenie określające, jakość wód powierzchniowych wykorzystywanych do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia zostało oparte o dyrektywę Unii Europejskiej (75/440/EWG). Dyrektywa ta została uchylona na mocy Decyzji Wspólnego Komitetu EOG nr 125/2007 i przestała obowiązywać z końcem 2007 roku.

Aktualnie podstawowym dokumentem prawnym, dotyczącym gospodarowania wodą i ochrony wód, jest dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 roku (2000/60/UE) w sprawie ustanowienia ram dla działalności Wspólnoty w dziedzinie polityki wodnej, zwana Dyrektywą Ramową.

Dyrektywa Ramowa nie określa dopuszczalnych wartości granicznych zanieczyszczeń mikrobiologicznych wód powierzchniowych wykorzystywanych do poboru wody do spożycia. Dyrektywa nakłada na państwa członkowskie obowiązek identyfikacji, w każdym z obszarów dorzeczy, wszystkich części wód wykorzystywanych do poboru wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, dostarczających średnio, co najmniej 10 m<sup>3</sup>/dobę lub służące więcej niż 50 osobom oraz tych części wód, które są przewidywane do takich celów w przyszłości. Ponadto państwa członkowskie mają obowiązek monitorowania, jakości tych części wód, które dostarczają powyżej 100 m<sup>3</sup>/dobę wody do spożycia. Dyrektywa Ramowa postanawia, że państwa członkowskie zapewnią konieczną ochronę wyznaczonych części wód w celu uniknięcia pogorszenia ich jakości, tak aby zredukować poziom usuwania zanieczyszczeń, wymagany przy produkcji wody pitnej. Państwa członkowskie, w myśl ustaleń Dyrektywy, mogą ustanowić strefy ochronne dla tych części wód.

Również WHO nie określa konkretnych norm dotyczących jakości wód pobieranych do celów pitnych. Określenie dokładnych norm zalecane jest dla krajowych organów regulacyjnych, na podstawie wytycznych z dokumentu WHO (WHO, 2008).

Analiza zasad klasyfikacji wód powierzchniowych, przeznaczonych do zaopatrzenia w wodę pitną, pod względem zagrożeń mikrobiologicznych wykazała, że we wszystkich rozpatrywanych państwach określone są one w podobny sposób. Klasyfikacja wód określana

jest poprzez wyznaczenie granicznych wartości występowania organizmów wskaźnikowych, w ustalonej objętości wody, na podstawie technologii uzdatniania wody niezbędnej do zapewnienia wymaganej jakości wody pitnej. W poszczególnych krajach wartości graniczne ustalane są na różnych poziomach, zróżnicowane są również wymagane technologie uzdatniania wody.

Zalecenia formułowane przez organizacje międzynarodowe, w rozpatrywanym przypadku Unię Europejską i Światową Organizację Zdrowia (WHO), dotyczą ogólnych zasad ochrony zasobów wód powierzchniowych, przeznaczonych do zaopatrzenia ludności w wodę pitną. W obydwu opisywanych przypadkach, ustalenie szczegółowych norm jakościowych dla tych zasobów, pozostawione jest do wprowadzenia przez odpowiednie organy poszczególnych państw.

### **Efektywność usuwania organizmów patogennych w procesach uzdatniania wody i oczyszczania ścieków**

Uzdatnianie wód do celów spożywczych obejmuje takie procesy jak strącanie chemiczne, koagulację i flokulację, sedymentację, filtrację i dezynfekcję. W większości metod wysokoefektywnego oczyszczania ścieków stosuje się takie same procesy jak do uzdatniania wody, a ich skuteczność w usuwaniu patogenów, przy prawidłowo prowadzonym procesie, jest wysoka.

Prędkość *sedymentacji* pierwotniaków, a tym bardziej bakterii i wirusów jest tak mała, że nie występuje samodzielny transport tych mikroorganizmów w wodzie. Dlatego też by wykorzystać sedymentację do istotnego zmniejszenia zagrożenia mikrobiologicznego wody, należy zastosować wspomaganie procesu koagulacją i flokulacją. W celu zwiększenia efektów usuwania z wody pierwotniaków - oocyty *Cryptosporidium*, zaleca się stosowanie polikrzemianowych soli żelaza. Użycie tego koagulantu zwiększa usunięcie ich z wody o około 42% w stosunku do również optymalnie dobranej dawki zhydrolizowanego polichlorku glinu.

W skuteczności procesu koagulacji i flokulacji istotną rolę odgrywa także właściwa eksploatacja i sama konstrukcja osadników. Efektywna praca osadnika wymaga zapewnienia laminarnego charakteru przepływu oraz przepływu uspokojonego. Bardzo dobre rezultaty otrzymuje się stosując osadniki wielostrumieniowe.

Stwierdzono że skuteczność procesu *filtracji* w dużym stopniu zależy od mechanizmu adhezji, a więc przyczepiania się do powierzchni ziarna mikroorganizmów, które znajdują się dość blisko. W przypadku małych organizmów jakimi są pasożyty, bakterie i wirusy, siły

adhezji są uzależnione głównie od sił oddziaływania międzycząsteczkowego. Substancje organiczne występujące w filtrowanej wodzie oraz biofilm pokrywający złoża filtracyjne również negatywnie wpływają na usuwalność oocyt. W związku z tym należałoby stosować złoża filtracyjne hamujące rozwój bakterii i nie obniżające efektywność zatrzymywania cząstek. Przykładem takiego rozwiązania jest złożo zeolitowe poddane katalizie, która ma na celu dysocjacje rozpuszczonego w wodzie tlenu i zgromadzenie na powierzchni złoża wolnych atomów tlenu, a tym samym ograniczenie rozwoju bakterii.

Na ograniczenie zagrożenia mikrobiologicznego wpływ ma proces płukania filtrów, w którym występuje pogorszenie jakości filtratu zaraz po płukaniu. Dlatego też należy cykl płukania prowadzić w ściśle określonych etapach. Właściwe prowadzenie procesu płukania filtrów ma zasadnicze znaczenie w ograniczaniu zagrożenia mikrobiologicznego, gdyż ocenia się, że 90% wszystkich cząstek stałych, które wypływają z filtratu podczas procesu, pochodzi z okresu pogorszonej jakości filtratu po płukaniu. Zagrożenie to można istotnie zmniejszyć stosując między innymi jedną z następujących metod: zrzut pierwszego filtratu do wód popłucznych, lub dodanie polimeru pod koniec płukania.

Optymalne parametry pracy filtrów należy ustalić zawsze indywidualnie w zależności od jakości wody doprowadzanej na filtr, wymagań stawianych wodzie uzdatnionej oraz warunków pracy filtrów.

W przypadku stosowania filtracji powolnej można spowodować usunięcie w 99,997% oocyt *Cryptosporidium*. Prawidłowo zbudowane filtry powolne, pomimo tego, że nie pozwalają na zmniejszenie mętności znacznie poniżej 1 NTU, są względnie efektywne przy usuwaniu cyst i oocyst pierwotniaków z wody, co jest szczególnie istotne z uwagi na wysoką ich odporność na środki dezynfekujące, a zwłaszcza na chlor.

### **Dezynfekcja promieniami UV jako końcowa metoda unieszkodliwiania zanieczyszczeń mikrobiologicznych w wodach i ściekach**

Zmiany klimatyczne mające wpływ na zmiany obiegu wody są powodem zwiększenia ryzyka skażenia mikrobiologicznego wód, szczególnie w okresach suszy i powodzi. Ryzyko to zwiększa się wraz z odprowadzaniem niedostatecznie oczyszczonych ścieków do wód powierzchniowych lub podziemnych. Powyższe powoduje konieczność efektywnej dezynfekcji wody za pomocą różnych procesów fizyczno-chemicznych, w tym również przez zastosowanie promieni UV.

Promienie ultrafioletowe mają także zastosowanie do dezynfekcji ścieków odprowadzanych do wód powierzchniowych, które są wykorzystywane do rekreacji.

W związku z następującymi zmianami klimatu i możliwym wystąpieniem deficytu zasobów wodnych będzie rosło znaczenie wtórnego wykorzystania oczyszczonych ścieków. W przypadku ich wykorzystywania szczególną rolę odgrywa również dezynfekcja promieniami UV i filtracja. Wiele zalet technologii UV w stosunku do tradycyjnych metod sprawiło, że jest ona chętnie stosowana i ulega ciągłemu rozwojowi i udoskonalaniu. Przede wszystkim jest to proces czysto fizyczny, który nie zmienia smaku i zapachu wody i nie tworzy szkodliwych produktów ubocznych.

### **Rozwiązania techniczne w dezynfekcji promieniami UV**

Do *dezynfekcji wody* zarówno na stacjach uzdatniania wody, przemyśle spożywczym oraz w basenach, stosuje się zamknięte reaktory ciśnieniowe. Równolegle rozwinęły się dwie technologie UV stosujące urządzenia niskociśnieniowe oraz urządzenia średniociśnieniowe, podział ten wynika z rodzaju zastosowanych promienników. 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 i średniociśnieniowe.

Przy doborze urządzenia bierze się pod uwagę typ ujęcia wody (powierzchniowe lub podziemne), jakość wody, ilość i rodzaj mikroorganizmów, maksymalny, średni i minimalny przepływ godzinowy, a także każdorazowo należy wykonać pomiar transmitancji wody, która decyduje o wielkości systemu. Dla bezpieczeństwa, szczególnie w przypadku wód powierzchniowych, których jakość ulega zmianie w ciągu roku, istotne są wstępne badania jakości wody przeprowadzone w okresie co najmniej jednego roku.

Ścieki z oczyszczalni odprowadzane są do odbiornika za pomocą kanałów otwartych dlatego do dezynfekcji ścieków bytowo - gospodarczych stosuje się systemy kanałowe gdzie montowane są wysokowydajne amalgamatowe promienniki niskociśnieniowe używane przez większość producentów urządzeń UV. Promienniki montowane są obecnie w dwóch systemach: horyzontalnym (równolegle do kierunku przepływu) i pionowym (prostopadle do kierunku przepływu). W oczyszczalniach o dużych przepływach oraz tam gdzie jest ograniczona powierzchnia pod zabudowę stosuje się systemy średniociśnieniowe. Posiadają



one dużą moc, co pozwala na ograniczenie ilości promienników UV. Jedna lampa średniociśnieniowa może dostarczyć taką samą dawkę UV, co około 5 lamp niskociśnieniowych.

### **Ocena efektywności procesu dezynfekcji promieniami UV**

Skuteczność procesu uzależniona jest od sposobu uzdatniania wody i oczyszczania ścieków poprzedzających dezynfekcję. Im wyższy stopień oczyszczania ścieków lub uzdatniania wody tym wyższa efektywność procesu dezynfekcji.

Efektywność procesu dezynfekcji obniża niska transmitancja UV, zawartość zawiesin, żelaza i manganu oraz rozpuszczone związki organiczne i twardość wody. Transmitancja (UVT) jest jednym z najważniejszych parametrów wpływających na proces dezynfekcji i wyraża ona ilość promieni UV w % jaka może przejść przez badaną próbkę wody lub ścieków. Wartość UVT jest określana dla każdej próbki wody czy ścieków oddzielnie ponieważ jej wartość zależy od właściwości fizycznych czy chemicznych próbki. Im wyższa wartość transmitancji tym lepszej jakości jest woda i tym mniejszy system UV (o mniejszej liczbie promienników) możemy zastosować aby zapewnić odpowiednią dawkę promieniowania. Wartości transmitancji dla wody dobrej jakości wynoszą >90%, wody słabej jakości – 85-90%, woda bardzo słabej jakości - < 85%, ścieki oczyszczone < 60%.

Zawiesina ogólna ma wpływ na wydajność dezynfekcji UV, poprzez rozpraszanie i absorbowanie promieni ultrafioletowych. Zawiesina o większej średnicy cząstek utrudnia przenikanie promieni UV przez ich wnętrza i lepiej chroni mikroorganizmy przed bakteriobójczym działaniem światła UV. Na sprawność procesu wpływ mają również metale. Rozpuszczone żelazo łatwo wchłania energię UV znacznie ograniczając dawkę UV. Związki żelaza mogą osadzać się na osłonach kwarcowych utrudniając tym samym przenikanie światła do dezynfekowanego medium. Mangan bardzo podobnie wpływa na intensywność promieniowania UV, ale nie powoduje intensywnego zarastania osadem powłok kwarcowych promienników. Obecność dużych ilości węglanów magnezu lub wapnia może również powodować powstawanie powłok na kwarcowych osłonach promienników.

Bakteriobójcza skuteczność promieniowania UV jest bezpośrednio związana z dawką energii UV absorbowaną przez mikroorganizmy, która zależy od intensywności UV i czasu kontaktu. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na intensywność UV jest wiek

promiennika i stopień czystości jego osłony. Wrażliwość mikroorganizmów na promienie UV zależy od ich rodzaju. Zazwyczaj wirusy są bardziej odporne na działanie promieni UV niż bakterie.

Na podstawie wykonanych badań ustalono minimalną dawkę do pełnej dezaktywacji wody dla wody pitnej (na koniec żywotności promienników) –  $400 \text{ J/m}^2$ , a dla ścieków po wstępnym oczyszczaniu dawkę przyjmuje się w zakresie  $300\text{-}600 \text{ J/m}^2$ .

### *Podzadanie 7.5*

## **Kierunki działań w realizacji krajowego zaopatrzenia ludności w wodę w świetle przepisów Unii Europejskiej**

W IV kwartale 2011 r. ramach podzadanie 7.5 rozpoczęto prace o charakterze podsumowującym rezultaty uzyskane zarówno w ramach realizacji zadania 7 jak i wynikające z analiz wniosków z innych zadań. Pozwalała to na ocenę zagrożeń regionalnych w zaopatrzeniu w wodę na skutek wpływu zmian klimatycznych i zdarzeń ekstremalnych na zasoby wodne w kraju. Wyniki przedstawione zostaną w merytorycznym raporcie końcowym z realizacji zadania.

## **5. Analiza zgodności z założonymi celami oraz informacja o ewentualnych opóźnieniach wraz z wyjaśnieniem ich przyczyn**

We wszystkich podzadaniach realizowanych w 2011 roku prace przebiegały zgodnie z harmonogramem

## **6. Propozycje dotyczące praktycznego wykorzystania wyników badań**

Przewidywane zmiany klimatyczne mogą mieć wpływ na wielkość zasobów wodnych dostępnych do zaopatrzenia użytkowników. W granicznych przypadkach zjawisko to może powodować konieczność poszukiwania alternatywnych źródeł zaopatrzenia w wodę. Jednym z potencjalnych takich źródeł mogą być wody zużyte. Wyniki prac w podzadaniu 7.3 pozwolą na nowe podejście do problemu wtórnego wykorzystywania oczyszczonych ścieków do różnych celów, ograniczając w ten sposób zużycie wody świeżej szczególnie w okresie jej

dużych niedoborów (w okresie suszy). Szczegółowa analiza potrzeb wodnych w wybranej zlewni pilotażowej objętej dużym deficytem wodnym oraz wskazanie możliwości wykorzystania oczyszczonych ścieków do różnych celów ukierunkowuje działania na zmniejszenie ilości wytwarzanych zanieczyszczeń oraz zmniejszenie deficytu wody i powiększenie dyspozycyjnych zasobów wodnych z ekonomicznie uzasadnioną ich ochroną przed zanieczyszczeniem. Ścieki oczyszczone i poddane doczyszczeniu mogą znaleźć zastosowanie do nawodnień rolniczych i leśnych na terenie deficytowym w wodę, a także do uzupełnienia zasobów wód podziemnych. Wyniki prac przeprowadzonych w ramach podzadania 7.3 stanowią podstawę teoretyczną dla wskazania alternatywnych źródeł zaopatrzenia wodę dla różnych użytkowników, szczególnie w zlewniach objętych deficytem wodnym.

Obowiązujące aktualnie przepisy krajowe, które określają wymagania dla wody do picia zalecają, aby w przypadku obecności w wodzie bakterii *Clostridium perfringens* badać, czy nie ma zagrożenia wynikającego z obecności w wodzie pasożytów chorobotwórczych. Ocena zagrożenia powinna być prowadzona przez wszystkich producentów wody wodociągowej, którzy ujmują wodę powierzchniową lub mieszaną. Do tej pory nadzór sanitarny nie kontrolował w Polsce skażenia wody do picia pasożytami chorobotwórczymi. Można sądzić jednak, że aktualizowana Dyrektywa UE w sprawie jakości wody wprowadzi obowiązek kontrolowania zagrożenia zdrowia ludzi pasożytami w wodzie do picia. Założono, że wyniki prac określające kierunki technologiczne uzdatniania wody oraz uwarunkowania prawne i techniczne systemów zaopatrzenia w wodę przyczynią się do rozwoju przedsiębiorstw innowacyjnych stosujących wysokoefektywne technologie oraz wykorzystane zostaną w pracach legislacyjnych .

Kierunki działań w realizacji krajowego zaopatrzenia ludności w wodę stanowiąc będą końcowy produkt zadania pomocny przy tworzeniu strategii gospodarki wodnej i podejmowaniu decyzji planistycznych.

## **7. Wykaz przygotowanych publikacji**

### **Prezentacje**

Bożek A., Strońska M., Szyjkowska U. „Oczyszczone ścieki jako alternatywne źródło wody w świetle zmian klimatu w krajach Unii Europejskiej „ Referat przedstawiony został na II Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Szkoleniowej nt. „Kształtowanie ilościowych i jakościowych zasobów wodnych na obszarach

wiejskich – aspekty techniczne, prawne i ekonomiczne” - Jodłowy Dwór k/Kielc w dniach 16-18 października 2011. Referat zostanie opublikowany w czasopiśmie „Gaz Woda i Technika Sanitarna”.

Bożek A., Strońska M., Szykowska U. Możliwości wtórnego wykorzystania ścieków oczyszczonych w zlewni rolniczej w gminie objętej deficytem wody. Poster przedstawiony został na II Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Szkoleniowej nt. „Kształtowanie ilościowych i jakościowych zasobów wodnych na obszarach wiejskich – aspekty techniczne, prawne i ekonomiczne” - Jodłowy Dwór k/Kielc w dniach 16-18 października 2011.

Slesicki M. Wpływ zmian klimatycznych na elementy bilansu tlenowego wód powierzchniowych na przykładzie Zalewu Zegrzyńskiego. Referat wygłoszony na Ogólnokrajowym Sympozjum HYDROPREZENTACJE XIV’2011 w dniach 14-16 czerwca 2011 ( opublikowany został w materiałach konferencyjnych),

Ślesicki M. Ocena wpływu zmian klimatycznych na stan jakościowy wód powierzchniowych. Referat zaprezentowany na konferencji informacyjno-promocyjnej projektu Klimat, która odbyła się w IMGW-PIB w Warszawie w dniu 18 października 2011 r.

Gutowska-Siwiec L. Zagrożenia i uwarunkowania oraz możliwości realizacji krajowego programu zaopatrzenia w wodę ludności w świetle przepisów Unii Europejskiej. Referat zaprezentowany na konferencji informacyjno-promocyjnej projektu Klimat, która odbyła się w IMGW-PIB w Warszawie w dniu 18 października 2011 r..

### **Publikacje**

Bożek A., Strońska M., Szykowska „Oczyszczone ścieki jako alternatywne źródło wody w świetle zmian klimatu” w kwartalniku Polski Cukier (nr 4(9) / czerwiec 2011).

Ślesicki M., Wpływ zmian klimatycznych na elementy bilansu tlenowego wód powierzchniowych na przykładzie Zalewu Zegrzyńskiego. Sympozjum Ogólnokrajowe HYDROPREZENTACJE’2011, Ustroń. 14-16 czerwca 2011 r. str 195-212, il.7,bibl.5.

### **Materiały promocyjne:**

Przygotowano wkładki do materiałów promujących Projekt Klimat prezentujące rezultaty podzadania 7.1 i 7.3

## 8. Literatura wykorzystana w opracowaniu

- Angelakis A.N., Durham B., Marecos de Monte M.H.F., Salgot M., Wintgens T., Thoeve C., Wastewater recycling and reuse in Eureau countries: With Emphasis on Criteria Used. EUREAU EU1/2 RECYCLING & REUSE WORKING GROUP. EU1/2-07-WR-40(1) January 2007.
- AQUAREC – Integrated concepts for reuse of upgraded wastewater. Guideline for quality standards for water reuse in Europe. Raport EVk1-CT-2002-00130, 2006.
- Bis B., Karpińska A., Feasibility study for water reuse 1-st year report, AQUAREC – Integrated concepts for reuse of upgraded wastewater, 2004.
- Bis B., Ocena możliwości wtórnego wykorzystania wód zużytych, część I, Ekspertyza, Warszawa 2011.( maszynopis)
- Bixio D., Koning J., Savic D., Wintgens T., Melin T., Thoeve C., Wastewater Reuse in Europe, Desalination 187, 89-110, 2006.
- Bożek A. i inn. (2011). „Zaopatrzenie w wodę użytkowników w aspekcie wtórnego wykorzystania wód zużytych”. Projekt „Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo. Podzadanie 7.3. IMGW. Warszawa. (maszynopis)
- Kowal A.L., Świdorska-Bróż M., Oczyszczanie wody, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Wrocław 1996,
- Dąbrowski W., Polus M., Zielina M., Bąk J., Kocwa-Haluch R., Dąbrowska B., Ocena warunków stosowania wybranych metod usuwania organizmów patogennych, Kraków, grudzień 2010.(maszynopis)
- Dąbrowski W., Korczak P., Eksploatacja stacji filtrów w aspekcie płukania, Politechnika Krakowska, Kraków 2008,
- Gromiec T., Ocena warunków stosowania wybranej metody do usuwania organizmów patogennych na przykładzie dezynfekcji wody i ścieków za pomocą promieni ultrafioletowych, Warszawa, październik 2011,
- Toczyłowska B., Rola wskaźników pomocniczych w ocenie zagrożenia zdrowia ludzi obecnością oocyt *Cryptosporidium* w wodzie, Ochrona Środowiska nr 3/2007,
- Toczyłowska B., Ocena skuteczności filtracji przez filtry pośpieszne ze względu na zagrożenie zdrowia ludzi oocystami *Cryptosporidium*„, Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”,
- Bień J., Stępnia L., Palutkiewicz J., Skuteczność dezynfekcji w polu ultradźwiękowym, Ochrona Środowiska nr 4/1995,

Timss S., Slade J.S., Fricker C.R., Removal of Cryptosporidium by slow Sand filtration.

DYREKTYWA RADY z dnia 16 czerwca, 1975 r. dotycząca wymaganej, jakości wód powierzchniowych przeznaczonych do pozyskiwania wody pitnej w Państwach Członkowskich (75/440/EWG)

DYREKTYWA 2000/60/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej. DZIENNIK URZĘDOWY WSPÓLNOT EUROPEJSKICH. L 327/1. 22.12.2000.

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 listopada 2002 r. w sprawie wymagań, jakim powinny odpowiadać wody powierzchniowe wykorzystywane do zaopatrzenia ludności w wodę przeznaczoną do spożycia (Dz. U. Nr 204, poz. 1728).

Ślesicki M., Gromiec M. J. 2008. „Dwuwymiarowy model hydrodynamiczny i jakości wody wraz z przykładowym zastosowaniem” w „Modelowanie matematyczne jakości powierzchniowych wód płynących”, praca zbiorowa pod kierunkiem M.J. Gromca. IMGW. Warszawa.

Ślesicki M. i inn. (2010). „Zanieczyszczenia wody stwarzające zagrożenia dla zdrowia ludzi w aspekcie zmian klimatycznych”. Projekt „Wpływ zmian klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo. Podzadanie 7.1. IMGW. Warszawa. (maszynopis)

US EPA. 1991. “Guidance Manual for Compliance with the Filtration and Disinfection Requirements for Public Water Systems Using Surface Water Sources”. EPA Contract No 68-01-6989.

US EPA. 2004. “The Long Term 1 Enhanced Surface Water Treatment Rule (LT1ESWTR) Implementation Guidance”. EPA 816-R-04-008.

US EPA, 2005, „Method 1622: *Cryptosporidium* in Water by Filtration/IMS/FA”, EPA 815-R-05-001

WHO, 2008, „Guidelines for drinking-water quality”, 3rd Edition incorporating the first and second addenda, Geneva, World Health Organization

## **9. Wykaz głównych wykonawców wraz z krótką informacją o rodzaju wykonanych prac**

Zespół realizujący prace w 2011 r stanowili pracownicy :

- Zakładu Gospodarki Wodnej Ośrodka Gospodarki Wodnej w Ośrodku Głównym w zakresie opracowania podstaw planowania przedsięwzięć wtórnego

wykorzystania wód zużytych , ocen możliwości wtórnego wykorzystania wód zużytych do różnych celów oraz warunków prawnych dla usuwania organizmów patogennych z wody i ścieków, analiza kierunków działań w realizacji krajowego zaopatrzenia ludności w wodę w świetle zmian klimatycznych i przepisów Unii Europejskiej.

- Zakładów: Ekologii, Badań Regionalnych i Hydrologii IMGW-PIB (OWr) w zakresie oceny możliwości wtórnego wykorzystania wód zużytych do różnych celów, zasad wtórnego wykorzystania wód zużytych w Polsce oraz warunków technicznych dla praktycznego zastosowania wybranej metody usuwania organizmów patogennych z wody i ścieków w Polsce.

Ponato w ramach realizacji podzadania 7.4 w 2011 roku wykonana została jedna ekspertyza.

Poniżej przedstawiono zakres prac wykonanych przez poszczególnych członków Zespołu:

**mgr inż. Anna Bożek (OWr) – główny wykonawca Podzadania 7.3** charakterystyka procesów jednostkowych w odnowie wody, określenie efektywności usuwania organizmów patogennych w procesach oczyszczania ścieków i odnowy wody, przegląd sposobów i uwarunkowań prawnych wykorzystania ścieków w krajach europejskich i Polsce, wybór zlewni pilotażowej do szczegółowych rozważań, analiza możliwości wykorzystania wód wtórnio oczyszczonych na terenie Polski, charakterystyka gospodarki ściekowej wybranej gminy na terenie zlewni pilotażowej, opracowanie propozycji technologii odnowy w zlewni pilotażowej wraz z analizą ekonomiczną, opracowanie raportu merytorycznego z realizacji podzadania, omówienie procesów uzdatniania wody i ich wpływu na redukcję patogenów, ocena warunków stosowania i rozwiązań technicznych dezynfekcji wody i biologicznie oczyszczonych ścieków za pomocą promieni UV, przegląd publikacji literaturowych, redakcja raportu końcowego.

**mgr Marzenna Strońska (OWr)** - zebranie i opracowanie informacji o sposobie wtórnego wykorzystania wód w Europie i na świecie przegląd uwarunkowań prawnych w kwestii wymagań jakościowych oczyszczonych ścieków do ponownego użycia w Europie i na świecie w zależności od sposobów ich wykorzystania (analiza dokumentów WHO oraz USA EPA), analiza i wybór zlewni rzecznej o znaczącym deficycie wody oraz jej opis, analiza możliwości wykorzystania wtórnego wód w zlewni deficytowej, przygotowanie warstw GIS

dla zlewni pilotowej, analiza możliwości wtórnego wykorzystania ścieków w reprezentatywnej gminie Gołuchów, analiza wybranego obszaru przy wykorzystaniu danych geograficznych, geologicznych, klimatycznych, gospodarki wodnej, ochrony środowiska i statystycznych, charakterystyka gospodarki wodnej na terenie gminy Gołuchów pod względem zasobów wodnych i ich stanu jakościowego, opisu i wielkości głównych urządzeń zaopatrzenia w wodę, trendy wykorzystania wody w gminie, przegląd metod obliczeń niedoborów wodnych, oszacowanie na podstawie dostępnych danych niedoborów wodnych występujących w rolnictwie na terenie gminy Gołuchów oraz analiza wyników, współdziałanie w redagowaniu raportu, przegląd literatury w zakresie występowania organizmów chorobotwórczych w wodzie oraz metod ich usuwania z szczególnym uwzględnieniem sposobów wykrywania patogenów w wodach powierzchniowych, opracowanie możliwości i skuteczności usuwania patogenów w procesie filtracji powolnej oraz porównanie filtracji powolnej z filtracją pośpieszną, przygotowanie i opracowanie informacji dotyczących rozwiązań technicznych stosowanych w procesie dezynfekcji wody, współdziałanie w redagowaniu raportu

**mgr inż. Urszula Szykowska (OWr)** – pozyskiwanie i przygotowywanie danych o zasobach wód powierzchniowych i podziemnych, poborze i zużyciu wody, liczbie ludności, analiza zagospodarowania reprezentatywnej gminy Gołuchów, bilans użytkowników pobierających wody i zrzucających ścieki do wód powierzchniowych, analiza dostępnych pozwoleń wodnoprawnych na użytkowanie wód na terenie gminy, opracowanie przeglądu metod dezynfekcji ścieków pod kątem ich przydatności do odnowy wody, współpraca z Urzędem Gminy w Gołuchowie, Powiatowa Stacja Sanitarno-Epidemiologiczną w Pleszewie, Starostwem Powiatowym w Pleszewie, Spółką Wodno-Ściekową „Prosna” w Kucharach oraz RZGW w Poznaniu, charakterystyka patogenów chorobotwórczych (źródła występowania, taksonomia, sposoby zakażenia, transmisja i przeżywalność w środowisku wodnym), charakterystyka procesu płukania filtrów wraz z określeniem jego wpływu na efektywność usuwania patogenów z wody, współdziałanie w redagowaniu raportu.

**mgr inż. Lidia Gutowska-Siwiac (OGI) główny wykonawca Podzadania 7.5** – określanie zasad bilansowania wielkości potrzeb i możliwości zaopatrzenia w wodę z odzysku, analiza kryteriów oceny przedsięwzięć wtórnego wykorzystania wód zużytych, analiza zarządzania ryzykiem w systemach wtórnego wykorzystania wód, prace nad sformułowaniem procedur planowania przedsięwzięć wykorzystania wód zużytych, ocena możliwości wykorzystania wód zużytych do zaopatrzenia różnych użytkowników w wodę, analiza porównawcza norm



regulujących jakość wód pobieranych przez wodociągi komunalne, analiza wpływu zmian klimatycznych na przeżywalność bakterii w środowisku wodnym, opracowanie charakterystyki wybranych metod wykrywania organizmów chorobotwórczych, opracowanie charakterystyki wybranych wodopochodnych organizmów chorobotwórczych, analiza kierunków działań w realizacji krajowego zaopatrzenia ludności w wodę w świetle zmian klimatycznych i przepisów Unii Europejskiej, koordynacja całości prac w ramach zadania, sporządzanie raportów.

**dr inż. Marek Ślesicki (OGI) główny wykonawca Podzadania 7.4** – opracowanie ogólnej koncepcji procesu planowania przedsięwzięć wtórnego wykorzystania wód, określenie kryteriów oceny przedsięwzięć wtórnego wykorzystania wód zużytych, określenie zasad i sposobów oszacowania lokalnego zapotrzebowania na wody zużyte, określenie zasad bilansowania wielkości potrzeb i możliwości zaopatrzenia w wodę z odzysku, prace nad sformułowaniem procedury planowania przedsięwzięć wykorzystania wód zużytych, analiza porównawcza norm regulujących jakość wód pobieranych przez wodociągi komunalne, analiza wpływu zmian klimatycznych na przeżywalność bakterii w środowisku wodnym, opracowanie charakterystyki wybranych metod wykrywania organizmów chorobotwórczych, opracowanie charakterystyki wybranych wodopochodnych organizmów chorobotwórczych.

**mgr inż. Krzysztof Witowski (OGI)** – opracowanie ogólnej charakterystyki potencjalnych źródeł wód zużytych, określenie kryteriów oceny przedsięwzięć wtórnego wykorzystania wód zużytych, określenie zasad i sposobów oszacowania lokalnego zapotrzebowania na wody zużyte, określenie zasad bilansowania wielkości potrzeb i możliwości zaopatrzenia w wodę z odzysku, prace nad sformułowaniem procedury planowania przedsięwzięć wykorzystania wód zużytych.

**mgr inż. Paweł Trandziuk (OGI)** – określenie możliwych sposobów wykorzystania wód zużytych i wymagań odnośnie ich jakości, określenie kryteriów oceny przedsięwzięć wtórnego wykorzystania wód zużytych, określenie zasad i sposobów oszacowania lokalnego zapotrzebowania na wody zużyte, określenie zasad bilansowania wielkości potrzeb i możliwości zaopatrzenia w wodę z odzysku, prace nad sformułowaniem procedury planowania przedsięwzięć wykorzystania wód zużytych, analiza porównawcza norm regulujących jakość wód pobieranych przez wodociągi komunalne, analiza wpływu zmian klimatycznych na przeżywalność bakterii w środowisku wodnym, opracowanie charakterystyki wybranych metod wykrywania organizmów chorobotwórczych, opracowanie charakterystyki wybranych wodopochodnych organizmów chorobotwórczych.

*mgr inż. Tomasz Gromiec* (zewnętrzna usługa badawcza) – ekspertyza pt. Ocena warunków stosowania wybranej metody do usuwania organizmów patogennych na przykładzie dezynfekcji wody i ścieków za pomocą promieni ultrafioletowych.

## **10. Informacje o sposobie odbioru zadań składowych i trybie koordynacji prac**

Prace w poszczególnych podzadaniach kierowane były przez głównych wykonawców (koordynatorów podzadań). Koordynację całości prac w ramach zadania 7 na bieżąco prowadził koordynator zadania.

W ramach realizacji zadania odbywały się spotkania koordynatora z członkami zespołu realizującego celem omówienia prac zrealizowanych i planowanych. Utrzymywana była bezpośrednia korespondencja emaliowa. Odbywały się seminaria roboczo-techniczne. Członkowie zespołu uczestniczyli również w seminariach innych zadań wiążących się tematycznie z realizowanymi przez Zespół pracami.

Przygotowane raporty oraz inne materiały wytworzone w trakcie realizacji prac archiwizowane są u Głównych wykonawców podzadań i Koordynatora Zadania.