



ZASTOSOWANIE OBIEGÓW ZAMKNIĘTYCH W ZARZĄDZANIU GOSPODARKĄ WODNĄ

Marcin Surówka¹, Agnieszka Thier², Irvin Tyli³

¹ Podhalańska Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Targu
Podhalański Ośrodek Nauk Ekonomicznych

² Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
Katedra Ekonomiki i Organizacji Przedsiębiorstw

³ Agency of Environmental Protection, Toronto

Streszczenie: Celem artykułu jest przedstawienie istoty i przejawów gospodarki obiegu zamkniętego oraz zaprezentowanie postępów we wdrażaniu tej koncepcji w zarządzaniu gospodarką wodną na podstawie literatury anglosaskiej i badań własnych. W szczególności wypunktowano cykl hydrologiczny w przyrodzie i narastanie deficytu wody, sposoby gospodarowania wodą oraz etapy w zarządzaniu gospodarką ściekową w przedsiębiorstwach prowadzące do zamykania obiegów wody, jak również zalecenia unijne w tej kwestii na tle rekomendacji do kompleksowego programu wdrażania gospodarki obiegu zamkniętego.

Słowa kluczowe: gospodarka obiegu zamkniętego, zarządzanie gospodarką wodną, cykl hydrologiczny, deficyt wody, uzdatnianie ścieków, obiegi zamknięte wody

DOI: 10.17512/znpcz.2019.2.13

Wprowadzenie

Koncepcję gospodarki obiegu zamkniętego wiążemy ze zjawiskiem ograniczoności i wyczerpywalności zasobów naturalnych, co stało się widoczne w połowie XX wieku z powodu rosnącego wydobycia surowców mineralnych, a następnie ujawniania się niedoboru zasobów wodnych w wielu regionach świata. Kłopoty te dały podstawę do sformułowania tezy o surowcowej i ekologicznej barierze rozwoju gospodarczego, a następnie o konieczności wdrożenia zasad *gospodarki obiegu zamkniętego*, czyli gospodarki cyrkulacyjnej lub *gospodarowania w pętli* (*loop economy, economy in loops*). Zatem celem artykułu jest zaprezentowanie istoty i modelu gospodarki obiegu zamkniętego oraz możliwości jego zastosowania w gospodarce wodnej. W szczególności autorzy przedstawiają kwestie gospodarczych i społecznych skutków deficytu wody, sposoby ograniczania jej zużycia, przejawy zastosowania deszczówki i podczyszczonych ścieków oraz ujmowanie zamkniętych obiegów wody w przedsiębiorstwach przemysłowych (Górka, Thier 2018, s. 3-6).

¹ Marcin Surówka, dr, marcin.surowka@uek.krakow.pl, ORCID: 0000-0001-5852-7567

² Agnieszka Thier, dr, agnieszka.thier@uek.krakow.pl, ORCID: 0000-0002-5915-2071

³ Irvin Tyli, MSc, irvtyli@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1060-6367

Geneza i istota gospodarki obiegu zamkniętego

Gospodarka obiegu zamkniętego jest przedmiotem studiów i wdrożeń od niedawna, a jej historia wiąże się z nazwiskiem Kennetha Ewarta Bouldinga, który w latach 60. XX wieku pierwszy wskazał na ograniczoność zasobów naturalnych i potrzebę nowego podejścia do tej kwestii. Wcześniej ekonomiści nie traktowali Ziemi w kategoriach gospodarki otwartej czy zamkniętej, w praktyce jednak systemy gospodarcze uznawali za otwarte. K. Boulding określił gospodarkę otwartą jako gospodarkę *cowbojską*, gdyż kowboje gospodarowali na nieograniczonych terenach, w sposób może romantyczny, ale eksploatorski. Natomiast gospodarka *zamknięta* to gospodarka na wzór statku kosmicznego, gdyż astronauta w długiej podróży jest skazany na zarządzanie ograniczonymi zasobami i technologiami przeróbki odpadów. Tak więc nowe wartości są wytwarzane z zasobów kopalnych, czyli wyczerpywanych, a w części z zasobów odnawialnych i dlatego stopień ich wykorzystania staje się kwestią krytyczną. Koncepcję gospodarki zamkniętej K. Boulding przedstawił na Forum „Zasoby dla Przyszłości” w 1966 roku, formułując w związku z tym nowe kwestie badawcze gospodarowania zasobami naturalnymi. Do koncepcji Bouldinga wrócili w latach 70. Szwajcarzy Walter R. Stahel i Geneviève Reday w raportach dla Unii Europejskiej i w licznych publikacjach, wprowadzając termin gospodarki obiegu zamkniętego. W. Stahel założył w 1982 roku Instytut Cyklu Życia Wyrobu (Product-Life Institute) w Genewie. W 2016 roku przedstawił projekt unijnego programu „The Circular Economy Package”, postulując wydłużanie okresu życia wyrobów przez ich naprawę oraz odnowę i poddawanie zużytych elementów recyklingowi, aby otrzymywać nowy wsad surowcowy. Wielokrotna przeróbka wyeksploatowanych wyrobów prowadzi zatem do sprzedaży usług, czyli *gospodarki funkcjonalnych usług* (*functional service economy*). Zamknięty system produkcyjny oznacza więc gospodarkę bezodpadową. Koncepcję tę rozwinęli niemiecki chemik Michael Braungart i amerykański architekt William McDonough, twórcy modelu wielokrotnego obiegu wyrobów przemysłowych, które są tak projektowane, aby potem ułatwić ich naprawianie i odnawianie (Braundgart, McDonough, Bollinger 2007, s. 1337-1348). W 2010 roku założyli Cradle to Cradle Products Innovation Institute w San Fransisco – z oddziałami w Amsterdamie i Venlo w Holandii. Kiedy W. Stahel zaczął propagować strategię długiego cyklu życia wyrobów, eksperci nazwali tę ideę odpowiedzialnością producenta „od kołyski do grobu” („*from cradle to grave*”), co jednak było związane z modelem linearnym, czyli rozwiązaniem typu *końca rury* (oczyszczać ścieki, a nie zapobiegać ich powstawaniu w trakcie procesu produkcji). Zaproponował więc produkcję dóbr w pętli „*from cradle back to cradle*”, czyli „od kołyski do nowego wyrobu”. Pojawiają się nowe podręczniki z tego zakresu, jak np. praca licząca ponad 400 stron autorstwa Brytyjki Catharine Weetman (Weetman 2011).

W gospodarce obiegu zamkniętego odchodzi się od modelu: zasoby surowców – wydobywanie i produkcja – konsumpcja – odpady. Dotąd wprowadzono starano się oszczędzać surowce i stosować technologie małodopadowe oraz utylizować odpady, jednak stanowi to tylko usprawnienie schematu linearnego. Dopiero w latach 80. opracowano zarys modelu gospodarki obiegu zamkniętego, określanego obrazowo

jako 3R: *reduce, reuse, recycle*, czyli: zmniejszać zużycie, wykorzystywać ponownie, zwracać do produkcji i obiegu. Oznacza to kierowanie uwagi nie tylko na skuteczność i wydajność, czyli jak robić rzeczy *dobrze*, ale także na efektywność ekologiczną, czyli jak robić *dobrze* rzeczy, to jest bez zawartości toksyn, z troską o zdrowie itp. Prowadzi to do wykorzystania całości odpadów jako użytecznych zasobów i uniezależnienia wzrostu gospodarczego od zużycia surowców. Stanowi to holistyczne podejście do kwestii produkcji i konsumpcji, mimo że system segregacji i utylizacji odpadów jest jeszcze mało sprawny (np. na świecie odzyskuje się dotąd tylko 33% zużytych wyrobów z tworzyw sztucznych), a zwłaszcza brakuje wielu niezbędnych technologii, jak depolimeryzacja, dewulkanizacja, rozdzielanie składników stopów, rozwarstwianie powłok, rozbijanie molekuł.

Wdrażanie zasad gospodarki obiegu zamkniętego

Gospodarka obiegu zamkniętego wymaga odpowiedniego systemu organizacji i zarządzania. Na szczeblu przedsiębiorstw ułatwiają to zasady zarządzania środowiskowego oparte na normach ISO 9000 i 14000 oraz systemie auditingu EMAS. Podobnie w gminach i powiatach wdraża się zaawansowane programy gospodarki odpadami, wykorzystania odnawialnych źródeł energii oraz lokalnego bilansowania gospodarki paliwami i energią, a także usług w zakresie remontów i napraw, co ułatwia zamykanie terenowych pętli gospodarowania. Również na szczeblu regionalnym podejmuje się próby zamykania pętli w przemysłowych ekosystemach. Ma to już pewną historię, poczynając od koncepcji dystryktów przemysłowych Alfreda Marshalla oraz wdrażanych w praktyce kompleksów przemysłowych Waltera Isarda, aż do współczesnych *klastrów*, czyli nowej formy współpracy różnorodnych podmiotów gospodarczych – przedsiębiorstw projektowych, produkcyjnych i usługowych, pojedynczych ekspertów itp. – wprowadzone powiązanych niekiedy bardziej siecią informatyczną niż trwałymi umowami, ale tworzących skuteczne i efektywne organizmy (Isard 1965, s. 231). Znamionuje to jedną z cech czwartej rewolucji przemysłowej (Industy 4.0). Kwestie te muszą znaleźć odbicie w systemach zarządzania przedsiębiorstwami – oraz branżami – zarówno w zakresie źródeł zaopatrzenia materiałowego, jak też jakości oferowanych wyrobów z punktu widzenia ich trwałości i możliwości naprawy.

Warto podkreślić, że w 2013 roku utworzono Instytut Gospodarki Obiegu Zamkniętego w Paryżu (Institut de l'Économie Circulaire) i podobny w 2014 roku w Montrealu w Kanadzie. Znaczący wkład w tej dziedzinie wnosi Fundacja Ellen MacArthur z siedzibą w Londynie oraz Szwedzka Fundacja ds. Strategicznych Badań Środowiskowych MISTRA. W krajach wysoko rozwiniętych omawiane zalecenia są realizowane nie tylko przez kadrę kierowniczą i inżynierską, ale również przez ruch społeczny (obywatelski), który szczególnie rozwinął się w Holandii, gdzie międzynarodową sławę zdobyła Martine Postma, przez uruchomienie kawiarni z podręcznym warsztatem naprawczym, oraz Marc de Wit, który promuje naprawianie oraz wypożyczanie wielu wyrobów zamiast ich kupowania. Z kolei w licznych krajach zaczęto zwracać uwagę na odpowiedzialność producentów za naprawę oraz wydłużanie cyklu życia wyrobów (a więc odwracając dotychczasowe tendencje).

W rezultacie już od 2012 roku w niektórych stanach USA klient otrzymuje instrukcję naprawy wyrobu (*Right to Repair Law*). Unia Europejska ogłosiła w 2011 roku strategię *Europa 2020* zawierającą program efektywnego wykorzystania zasobów, a w 2015 roku program „Zero odpadów” w ramach Circular Economy Package. Komisja Europejska zaleciła, aby kraje członkowskie opracowały własne programy wdrażania gospodarki obiegu zamkniętego, w tym promowania modeli biznesowych dóbr i komponentów o dłuższym cyklu życia, ponownym użyciu oraz ich wypożyczeniu. W Polsce powołano Międzynarodowy Zespół ds. Gospodarki o Obiegu Zamkniętym, który opracował tzw. *Mapę drogową transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym*. Ponadto pod egidą ONZ kwestie te bardziej kompleksowo podejmuje Centrum UNEP/GRID w Warszawie.

Cykl hydrologiczny i narastanie deficytu wody na świecie

Zasoby wodne stanowią specyficzny rodzaj zasobów naturalnych, które charakteryzują się odnawialnością i w skali globalnej występują we względnej obfitości i czystości (Weiner 2003, s. 47-51). Dlatego nie wzbudzały tylu obaw jak ograniczone zasoby paliw kopalnych, które są wyczerpywalne, na co zwrócił uwagę już w latach 70. raport Klubu Rzymskiego pt. *Granice wzrostu*. Natomiast niedobór wody i narastający deficyt w niektórych regionach został wyeksponowany dopiero w 2003 roku przez ONZ w *Raporcie o stanie gospodarki wodnej na świecie (World Water Development Report)*, gdy uroczyście proklamowano „Rok Słodkiej Wody”. Raport ten ujawnił, że w ciągu ostatnich 50 lat spożycie wody niemal podwoiło się z powodu rozwoju gospodarczego i wzrostu liczby ludności oraz że w najbliższych 20 latach ilość dostępnych zasobów wodnych w przeliczeniu na jednego mieszkańca Ziemi zmniejszy się o jedną trzecią. Kłopoty z zaopatrzeniem w wodę stają się przeto większą barierą rozwoju społeczno-gospodarczego niż niedobór energii. Również Polska należy do państw o skromnych zasobach wodnych i pogłębiającym się zjawisku suszy w środkowej części kraju. Średni roczny odpływ wód powierzchniowych wynosi bowiem 1,6 tys. m³ na jednego mieszkańca (w niektórych latach tylko 1,1-1,3 tys. m³), gdy w innych krajach europejskich sięga 4-4,6 tys. m³ na rok.

Woda (tlenek wodoru, H₂O) jest związkiem chemicznym rozpowszechnionym w przyrodzie i decyduje o życiu na Ziemi, a wraz z rozwojem cywilizacyjnym jej znaczenie wzrasta. Woda znajduje się w ciągłym i zamkniętym obiegu pod wpływem energii słonecznej i grawitacyjnej. Energia słoneczna powoduje podgrzewanie wody i w konsekwencji jej parowanie. Para wodna jest przenoszona w górne warstwy atmosfery, gdzie ulega schłodzeniu i kondensacji. Cząsteczki wody po przekroczeniu wielkości krytycznej spadają w postaci opadu atmosferycznego. Woda jest zatem w ciągłym ruchu, czyli w *cyklu hydrologicznym*, stanowiącym naturalny obieg wody na Ziemi.

Światowe zasoby wodne ocenia się na 1,386 mld km³. Około 97% tych zasobów to wody słone występujące w morzach i oceanach. Zaledwie 3% wód na Ziemi stanowią wody słodkie, z tego dwie trzecie zgromadzone jest w lodowcach, a pozostała część to wody gruntowe, głębinowe oraz rzeki i jeziora. Do naszej dyspozycji pozo-

staje jedynie 0,5% zasobów ziemskich. Jednak Ziemię można metaforycznie określić jako *planetę wodną*, gdyż na jej powierzchni dominującą rolę odgrywa właśnie woda. Otóż na ziemię spada każdego roku ok. 100 tys. km³ wody w postaci opadów atmosferycznych, a więc dość dużo. Jednak ponad połowy tych opadów nie można bezpośrednio wykorzystać, gdyż wyparowują z powrotem do atmosfery oraz transpirują z rosnących roślin. Jest to „zielona woda”, której nie można odzyskać. Stanowi ona ok. 61% sumy opadów. Pozostała część opadów, to jest 39%, spływa do rzek, jezior, bagien i wód gruntowych. To „woda niebieska”, którą można wykorzystać w gospodarce, zanim nie wyparuje bądź nie spłynie do mórz i oceanów. W innym ujęciu opady na świecie wynoszą przeciętnie 710 mm w ciągu roku, z czego 470 mm wraca do atmosfery w wyniku parowania, a 240 mm stanowi odpływ powierzchniowy, gruntowy i wgłębny. Średni czas zatrzymania wody w atmosferze wynosi 9 dni, w glebie 1-2 miesiące, w rzekach 2-6 miesięcy, w jeziorach 50-100 lat, w lodowcach 20-100 lat (na Antarktydzie do 20 tys. lat), w oceanach 3,2 tys. lat, w zbiornikach podziemnych 10-100 tys. lat. Wody podziemne oraz lodowce stanowią więc zasoby rezerwowe i strategiczne. Poszczególne regiony świata charakteryzują się odmiennymi bilansami wodnymi, w tym opadami, ewapotranspiracją i odpływem wód. Nad oceanami parowanie jest większe niż opady, podczas gdy nad lądami opady przewyższają parowanie. Tylko około 10% objętości wody parującej z oceanów przenoszone jest nad lądy, aby tam spaść z opadem. W Polsce średnia wielkość opadów wynosi ok. 620 mm rocznie, przy czym najniższe opady są odnotowywane w środkowej Polsce (od 392 mm rocznie), a najwyższe w Tatrach i Sudetach (do 1229 mm rocznie).

Niedobór wody w wielu regionach wynika ze zróżnicowania zasobów wodnych na świecie w rezultacie geograficznej dywersyfikacji opadów oraz zasobności rzek, jezior i lodowców. Jednak w zaopatrzeniu gospodarki w wodę pojawia się ponadto zróżnicowanie dostaw w zależności od stopnia rozwoju infrastruktury hydrotechnicznej i wodno-kanalizacyjnej. Dlatego nie zawsze występuje zgłaszany *deficyt* zasobów wodnych, lecz – zwłaszcza w krajach słabiej rozwiniętych – *kryzys* zaopatrzenia w wodę. Szczególnie ubogie w tej dziedzinie są kraje północnej Afryki, Bliskiego Wschodu i Azji Środkowej, gdyż charakteryzują się zarówno skromnymi zasobami wody, jak również niedorozwojem infrastruktury technicznej.

Miary deficytu wody i wykorzystania zasobów wodnych

Zasoby wodne mierzymy wielkością średniego rocznego odpływu wód powierzchniowych w przeliczeniu na jednego mieszkańca. Za deficyt wody uznaje się sytuację, gdy zasoby wodne wynoszą poniżej 1,7 tys. m³ na mieszkańca na rok. W praktyce oznacza to brak pełnego zaspokojenia podstawowej potrzeby o charakterze biologicznym w postaci spożycia wody. Minimalną ilość wody dla potrzeb człowieka ocenia się na ok. 50 l do 100 l na dobę, czyli 18-36 m³ na osobę na rok. W Polsce w zależności od warunków mieszkaniowych przyjmuje się normy zużycia wody przez osobę w gospodarstwie domowym od 30 l na dobę (brak wodociągu i kanalizacji) do 160 l na dobę, co odpowiada 10,8-64,8 m³ na osobę na rok. W praktyce dysproporcje między krajami są bardziej wyraźne: przykładowo w USA średnie

zapotrzebowanie na wodę w gospodarstwach domowych wyniosło w latach 1990-2000 ok. 200 m³ na osobę na rok, podczas gdy zużycie wody na poziomie 20 m³ na osobę na rok było niedostępne dla 1 mld ludzi w 55 krajach. Z nowszych danych UNDP wynika, że zużycie wody w Europie sięga 200 m³ na osobę na rok, a w USA ponad 400 m³ na osobę na rok, ale w wielu krajach słabo rozwiniętych jest to 5-20 m³ na osobę na rok, a w Mali tylko 4 m³ na osobę na rok (Sullivan 2002, s. 1195-1211).

Podział zasobów wodnych z uwzględnieniem stresu wywołanego ich niedoborem przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Klasy zasobów wodnych w tys. m³ na osobę na rok

| Klasy zasobów | Charakterystyka przedziału zasobów | Przedziały | | |
|---------------|---|----------------------|----------------------|----------------------------------|
| | | Według P. Kowalczyka | Według M. Falkenmark | Według World Resources Institute |
| I | poniżej progu wodnego | do 0,5 | do 0,5 | do 1 |
| II | chroniczny brak wody | 0,5-1,0 | 0,5-1,0 | do 1 |
| III | stres wodny | 1,001-1,7 | 1-1,6 | 1-1,7 |
| IV | podstawowe problemy korzystania z zasobów wodnych | 1,701-5,0 | 1,6-10* | 1,7-5 |
| V | bezproblemowe korzystanie z zasobów wodnych | 5,001-10,0 | 1,6-10 | 5-15 |
| VI | brak podstawowych problemów korzystania z zasobów wodnych | 10,01-100,0 | ponad 10 | 15-50 |
| VII | obfitość wody | ponad 100 | x | ponad 50 |

* Skala M. Falkenmark nie wyodrębnia osobnych wartości dla klas IV i V zasobów.

Źródło: (Thier 2016, s. 57)

Zatem zasoby wodne w ilości ok. 0,5 tys. m³ uznaje się za wodną barierę zarządzania, natomiast poniżej 1,7 tys. m³ za wskaźnik stresu wodnego, czyli występowanie trudności w prowadzeniu gospodarki wodnej. Stąd zasoby w wysokości 1,6 tys. m³ na mieszkańca lub mniej sygnalizują pojawienie się deficytu, jak ostatnio w Polsce. Do krajów z zasobami w ilości mniejszej niż 500 m³, a więc poniżej progu wodnego, należą m.in. Algieria, Arabia Saudyjska, Dżibuti, Jordania, Kenia, Libia, Malta, Mauretania, Oman, Pakistan, Sudan, Syria, Tunezja, Turkmenia. Do krajów o zasobach poniżej 100 m³ należą Zjednoczone Emiraty Arabskie, Katar, rejon Gazy w Palestynie, Wyspy Bahama oraz Kuwejt (10 m³!). Z kolei zasoby w wysokości 10 tys. m³ na mieszkańca lub według innych ocen 15 tys. m³ na mieszkańca oznaczają brak podstawowych problemów zarządzania, a zasoby powyżej 50 tys. m³ lub 100 tys. m³ stanowią o obfitości wody (np. w Gabonie, Gujanie, Gwinei, Islandii, Kongo).

Za miernik odnawialności zasobów wodnych przyjęto wskaźnik udziału rocznego poboru wody w wielkości tych zasobów, czyli *wskaźnik wykorzystania zasobów wodnych* WEI (*Water Exploitation Index*). Otóż obfitość wody występuje wtedy, gdy jej pobór nie przekracza 25% zasobów wody odnawialnej. Natomiast wskaźnik udziału w wysokości 25-60% znamionuje stres wodny, wskaźnik 60-75% oznacza niedobór wody, a wskaźnik powyżej 75% to ostry deficyt wodny. W skali globu pobór wody słodkiej stanowi tylko 9% jej zasobów. W Polsce wskaźnik ten sięga od 2000 roku 15,6-15,8% (w 2012 roku 21,8%), a więc jest korzystny. Okazuje się jednak, że w 1998 roku 36 krajów odczuwało stres wodny, a w 2011 roku już 41 krajów, w tym 10 krajów z północnej Afryki, Półwyspu Arabskiego i Azji Środkowej pobiera 100% zasobów świeżej wody odnawialnej. W praktyce jest to więcej, gdyż kraje te korzystają ze studni głębinowych oraz z odsalania wody morskiej bądź importu. Innym sposobem pomiaru deficytu zasobów jest porównywanie wielkości opadów atmosferycznych z parowaniem wody w dłuższym czasie. Jeśli parowanie wody jest intensywniejsze niż opady, znamionuje to zmniejszenie zasobów wodnych. W przypadku występowania takiej sytuacji w ciągu kilku lat mamy do czynienia z *suszą atmosferyczną*, a następnie z *suszą hydrologiczną*, gdy występuje niedobór wody w rzekach. Deficyt zasobów wodnych pojawia się m.in. w południowej Europie oraz w środkowej Polsce (coraz częściej więcej wody wyparowuje niż napada).

Etapy nowego zarządzania zasobami wodnymi w aspekcie obiegów zamkniętych

Wdrażanie idei obiegu zamkniętego w gospodarce wodnej musi być poprzedzone nastawieniem systemu zarządzania gospodarką na retencjonowanie wody i jej oszczędzanie. Następnym etapem jest upowszechnianie zamkniętych obiegów wody w przedsiębiorstwach. Dlatego w polityce wodnej wielu krajów występują następujące sposoby gospodarowania wodą:

- gromadzenie wody rzek w zbiornikach retencyjnych o charakterze sztucznym;
- oszczędzanie wody drogą unowocześniania technologii produkcji oraz świadczenia usług komunalnych, w tym w gospodarstwach domowych;
- gromadzenie i wykorzystanie wody deszczowej przez przedsiębiorstwa i gospodarstwa domowe;
- odzyskiwanie wody ze ścieków przez ich uzdatnianie;
- zamykanie obiegów wody w przedsiębiorstwach przemysłowych.

Pełny obieg zamknięty jest praktycznie niemożliwy, gdyż w skali kraju czy lokalnie zdarzają się gwałtowne opady i powodzie, co uniemożliwia retencję dostępnych zasobów (Dubel, Preisner 2015, s. 246). W przypadku wieloletniej suszy wcześniejsza retencja z kolei może okazać się niewystarczająca. W krajach nizinnych retencja wody jest trudniejsza i wiąże się ze skutkami ubocznymi. W Polsce retencja wynosi ok. 6% przeciętnego odpływu wód, a możliwości sięgają 15% (jak w Europie Zachodniej). Z kolei w procesach przemysłowych występują straty w czasie produkcji większości wyrobów oraz chłodzenia i uzdatniania wody obiegowej rzędu 3-5% i więcej (w chłodniach kominowych elektrowni węglowych znacznie więcej) oraz

straty z powodu przecieków w infrastrukturze dostawczej. W gospodarstwach domowych na cele spożywcze przeznaczają się tylko ok. 3% poboru wody, na podlewanie kwiatów i ogrodu, mycie samochodów itp. 6% oraz na spłukiwanie toalet 30%. Zatem blisko 50% tzw. „szarej wody” nadaje się do odzyskania w łatwy sposób. Deszczówkę wykorzystuje się do podlewania trawników i ogródków, a także do spłukiwania toalet. Do spłukiwania może służyć również „szara woda” spływająca z umywalk, pralek, pryszniców. Wymaga to odrębnej infrastruktury, a także ujęcia ekologicznych systemów hydraulicznych w prawie budowlanym.

Uzdatnianie ścieków jest procesem kosztownym, ale wdrażane są coraz tańsze technologie. Unia Europejska zapowiada wprowadzenie norm wtórnego wykorzystywania wody, co przyspieszy postęp w tej dziedzinie. Przede wszystkim w przedsiębiorstwach ogranicza się obiegi otwarte, w których woda pobierana bezpośrednio ze źródła zaopatrzenia po wykorzystaniu jako zużyta wraca do rzeki. Zastępują je obiegi zamknięte, w których użyta woda zwracana jest – po oczyszczeniu – do produkcji. Tak więc w zarządzaniu gospodarką ściekową w przedsiębiorstwach wyróżnia się trzy etapy:

- podczyszczanie ścieków i odprowadzanie ich do kanalizacji komunalnej,
- instalowanie własnych oczyszczalni ścieków i odprowadzanie wykorzystanej wody do rzeki,
- zamykanie obiegu wody dzięki zastosowaniu urządzeń zintegrowanych i technologii bezodpadowych.

Dlatego w strukturze organizacyjnej i systemie zarządzania większym przedsiębiorstwem powinien funkcjonować dział lub działy zajmujące się nie tylko zaopatrzeniem w wodę i odprowadzaniem ścieków, ale także oszczędzaniem wody, uzdatnianiem ścieków, retencją deszczówki oraz zamykaniem obiegu wody.

Programy określane hasłami zielonej lub niskoemisyjnej gospodarki bądź rozwoju trwałego stają się w wielu krajach, szczególnie w USA i w Europie, podstawą koncepcji gospodarki obiegu zamkniętego. Unia Europejska wyrasta na lidera w zakresie wzrostu efektywności energetycznej oraz recyklingu odpadów. W 2015 roku Komisja Europejska opublikowała komunikat pt. *Zamknięcie obiegu – plan działania UE dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym*, a w czerwcu 2016 roku Rada ds. Środowiska UE zaproponowała, aby kraje członkowskie opracowały własne programy działania w tej dziedzinie.

Zalecenia unijne w zakresie gospodarki obiegu zamkniętego obejmują 12 rekomendacji, które można krótko scharakteryzować w następujący sposób:

- 1-3. poprawa bezpieczeństwa energetycznego, podniesienie efektywności energetycznej, promowanie odnawialnych źródeł energii,
4. upowszechnienie systemu uprawnień zbywalnych do emisji zanieczyszczeń,
- 5-7. intensyfikacja zagospodarowania odpadów,
8. zwiększenie odpowiedzialności producentów za wyroby wprowadzane na rynek,
9. ochrona zasobów wodnych przed zanieczyszczeniami i nadmiernym poborem,
10. lepsze wykorzystanie ścieków i osadów ściekowych,
11. wdrożenie zasady odzysku kosztów gospodarki wodnej przy zapewnieniu lepszego dostępu do wody i urządzeń sanitarnych,

12. opracowanie powszechnie dostępnego zespołu wskaźników wydajności gospodarki wodnej celem m.in. zapewnienia wyższej jakości świadczeń ze strony dostawców wody.

W zakresie *gospodarki wodnej* sformułowano aż 4 rekomendacje i ma to poniekąd związek z faktem, że obowiązująca dyrektywa ramowa UE w sprawie wody nie zapewni jeszcze w perspektywie do 2021 roku dobrego stanu ekologicznego wód europejskich. Dlatego programy unijne eksponują kwestie wtórnego wykorzystania wody, w tym prawne określenie minimum wymogów dotyczących ponownego wykorzystania wody ściekowej, upowszechnienie tzw. najlepszych praktyk w zakresie ścieków oraz odsalanie zasobów wodnych. Zalecają intensyfikowanie badań nad zmianami klimatu oraz zjawiskami stepowienia i pustynnienia (zwłaszcza w południowej Europie, ale susza i stepowienie nasila się również w Wielkopolsce i na Kujawach), a także badań nad wpływem składników wyrobów farmaceutycznych, produktów dla higieny i środków ochrony roślin na stan środowiska naturalnego, w tym wód. Istotnym zadaniem staje się również określenie minimum poziomu usług wodnych oraz subsydiowanie ubogich warstw społecznych w dostępie do wody. Unia bowiem zaleca uwzględniać w cenie tych usług zwrot kosztów gospodarki wodnej (ale jednocześnie nie obciążać zbytnio ludności opłatami za wodę).

Korzyści z odzyskiwania surowców ze ścieków dobitnie ilustruje przykład produkcji nawozów fosforowych (fosforanowych). Otóż osady ściekowe z tych fabryk zawierają duże ilości fosforu i gdyby wprowadzić obieg zamknięty, to 20-30% zapotrzebowania na nawozy fosforowe może pokryć oczyszczanie ścieków. Jest to istotne także z tego powodu, że 90% fosforytów importuje się spoza krajów UE. Podobnie jest z zawartością kadmu w nawozach fosforowych (nawet 60 mg/kg). Odzyskiwanie zużytych surowców i wykorzystanie odpadów wpływa zatem na zmiany w technologiach produkcji oraz systemie zarządzania przedsiębiorstwami.

Podsumowanie

Na zakończenie pragniemy podkreślić, że do szczególnie ważnych zadań praktycznych na szczeblu regionalnym i lokalnym należy zaliczyć zwiększanie retencji wody w sztucznych i naturalnych zbiornikach oraz zagospodarowanie deszczówki przez przedsiębiorstwa i gospodarstwa domowe. Zadania te warto wiązać z upowszechnieniem technologii i urządzeń oszczędzających wodę oraz zamkniętych obiegów wody w przedsiębiorstwach. W ostatniej dziedzinie, mimo że technika poszła do przodu, pomocne okazują się krajowe i branżowe programy wdrażania zamkniętych obiegów wody w połączeniu z systemem instrumentów ekonomicznych. Wymienionymi zadaniami w zbyt małym stopniu zajmuje się powołane w roku 2017 Przedsiębiorstwo Państwowe „Wody Polskie”, pomimo swych daleko idących uprawnień, wynikających z dużej – poniekąd zbyt dużej – koncentracji zarządzania gospodarką wodną. Z innych wniosków warto podkreślić, że jednostki samorządu terytorialnego odpowiedzialne za zarządzanie kryzysowe powinny podejmować nie tylko problemy powodzi, ale także suszy.

Literatura

1. Braungart M., McDonough W. (2002), *Cradle to Cradle. Remarking the Way We Make Things*, North Point Press, New York.
2. Braungart M., McDonough W., Bollinger A. (2007), *Cradle-to-cradle Design: Creating Healthy Emissions – A Strategy for Eco-Effective Product System Design*, „Journal of Cleaner Production”, Vol. 15(13-14). DOI: 10.1016/j.jclepro.2006.08.003.
3. Dubel A., Preisner L. (2015), *Ryzyko powodzi i suszy: osiągnięcia i wyzwania – seminarium naukowe*, „Gospodarka Wodna”, nr 8.
4. Górka K., Thier A. (2018), *Gospodarka obiegu zamkniętego zasobów naturalnych*, „Aura”, nr 5. DOI: 10.15199/2.2018.5.1.
5. GUS (2017), *Rocznik statystyczny RP*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
6. Isard W. (1965), *Metody analizy regionalnej*, PWN, Warszawa.
7. Stahel W. (2006 i 2010), *The Performance Economy*, Palgrave MacMillan, London.
8. Stahel W. (2015 i 2017), *The Circular Economy. A Wealth of Flows*, Ellen McArthur Foundation, London.
9. Stępniewska M. (2014), *Ile wody naprawdę zużywamy?*, „Gospodarka Wodna”, 2014, nr 9.
10. Sullivan C. (2002), *Calculating a Water Poverty Index*, „World Development”, Vol. 30.
11. Thier A. (2016), *Gospodarcze i społeczne przyczyny oraz skutki deficytu zasobów wodnych*, Biblioteka „Ekonomia i Środowisko”, nr 36, Kraków.
12. UNDP (2011), *Raport o rozwoju społecznym. Więcej niż niedobór: władza, ubóstwo i globalny kryzys wodny*, Ośrodek Informacji ONZ, Warszawa.
13. Weetman C. (2011), *The Circular Economy. Handbook for Business and Supply Chains: Repair, Remake, Redesign, Rethink*, Kogan Page Publishers, New York.
14. Weiner J. (2003), *Życie i ewolucja biosfery*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
15. *World Water Development Report*, Ośrodek Informacji ONZ, Warszawa 2018.

APPLICATION OF CLOSED CIRCUITS IN WATER MANAGEMENT

Abstract: The aim of the article is to present the essence and manifestations of the closed-circuit economy and to present the progress in the implementation of this concept in water management. In particular, the article highlights the hydrological cycle and water deficit in the world, the methods of water management and stages in wastewater management in enterprises leading to closing water cycles, as well as EU recommendations on this issue against the recommendation for a comprehensive program of implementing the circular economy.

Keywords: circular economy, water management, hydrological cycle, water deficit, sewage treatment, closed water cycles