



DOI:10.18276/sip.2016.46/1-14

Agnieszka Thier\*  
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

## KWESTIA DEFICYTU ZASOBÓW WODNYCH NA ŚWIECIE

### Streszczenie

W artykule przedstawiono cykl hydrologiczny w przyrodzie, analizując pojęcia pomiaru zasobów wodnych oraz deficytu zasobów wodnych, sposoby pomiaru tych zjawisk, a także ich ocenę według kontynentów i regionów. Zbadano również zależność między wielkością dochodu narodowego (PKB) a kilkoma cechami gospodarki wodnej w przekroju kontynentów, stwierdzając wyraźną korelację między liczbą ludności a zużyciem wody i innymi wskaźnikami gospodarki wodnej. Pozwoliło to sformułować wnioski dotyczące deficytu zasobów wodnych w gospodarce światowej.

**Słowa kluczowe:** cykl hydrologiczny, deficyt zasobów wodnych, kryzys zaopatrzenia w wodę, gospodarka wodna

### Wprowadzenie

Woda stanowi najcenniejsze dobro naturalne, a jej brak rodzi nawet większe problemy niż niedobór energii. Opracowany przez ONZ w 2013 roku *Raport o stanie gospodarki wodnej na świecie* (*World Water Development Report – WWDR*) przedstawił trudną sytuację w tej dziedzinie – z oceny w nim zawartej wynika bowiem, że w latach 1970–1990 przeciętna ilość dostępnych zasobów wodnych przypadająca

---

\* E-mail: [agnieszka.thier@uek.krakow.pl](mailto:agnieszka.thier@uek.krakow.pl)

na 1 mieszkańca świata zmniejszyła się o jedną trzecią i w ciągu najbliższych 20 lat również zmniejszy się o jedną trzecią. Tendencja ta wynika głównie z rosnącej liczby ludności. W okresie po II wojnie światowej zużycie wody na świecie podwoiło się właśnie z powodu wzrostu populacji, a także rozwoju społeczno-gospodarczego i poprawy jakości życia (ale w krajach wysoko rozwiniętych w wyniku postępu technicznego obserwuje się już tendencję do zmniejszania zużycia wody). Obecnie ok. 40% światowej populacji odczuwa niedobory wody, a około 1 mld ludzi nie ma dostępu czystej wody, aż 2,6 mld ludzi pozostaje bez dostępu do podstawowych urządzeń sanitarnych (UN 2012).

Organizacje międzynarodowe często głoszą opinie o globalnym deficycie wody czy globalnym kryzysie wodnym, aby zwrócić uwagę na trudne kwestie dostępności wody. Zdaniem autorki niniejszego tekstu niedobór bądź deficyt zasobów wodnych w skali świata w zasadzie nie występuje, natomiast ujawnia się w coraz ostrzejszej formie **kryzys zaopatrzenia w wodę** o charakterze regionalnym lub lokalnym na skutek niewystarczającej infrastruktury hydrotechnicznej i wodno-kanalizacyjnej, niewłaściwej polityki gospodarczej i ekologicznej oraz ubóstwa dużych grup ludności, których po prostu nie stać na zakup wody.

**Zasoby wodne** są mierzone odpływem rzeczny w skali roku, czyli stanowią corocznie odnawialną ilość wody, wynikającą ze zmienności zjawisk atmosferycznych i dostępną do wykorzystania w gospodarce (natomiast *zapasy wody* oznaczają całkowitą ilość wody występującą na danym obszarze – w rzekach, jeziorach, lodowcach, zbiornikach sztucznych i podziemnych). Przyczyny narastania deficytu zasobów wodnych w kilku regionach świata – szczególnie w północnej i południowej Afryce, na Bliskim Wschodzie i w Azji Środkowej – są różnorodne, jak nierównomierny rozkład zasobów wodnych w skali kontynentów i regionów, wzrost liczby ludności, zanieczyszczenie środowiska naturalnego obniżające jakość wody oraz zmiany klimatyczne i narastanie zjawisk pogodowych o cechach ekstremalnych. Otóż wzrost niedoboru wody na świecie będzie w 20% wynikiem globalnego ocieplenia – w regionach wilgotnych zwiększa się wprawdzie ilość opadów, ale w rejonach zagrożonych suszą, a nawet na niektórych obszarach subtropikalnych, opady już stają się rzadsze i nieregularne.

Celem artykułu jest prezentacja problemu deficytu zasobów wodnych, ocena jego skutków gospodarczych i społecznych oraz zarys sposobów zwalczania tego zjawiska.

## 1. Cykl hydrologiczny w przyrodzie a deficyt zasobów wodnych

Około 97% światowych zasobów wodnych to wody słone występujące w morzach i oceanach. Zaledwie 3% wód na Ziemi stanowią wody słodkie, z tego ok. 2/3 zgromadzone jest w lodowcach, a pozostała część to wody gruntowe, głębinowe oraz rzeki i jeziora. Do naszej dyspozycji pozostaje jedynie 0,5% zasobów ziemskich. Zdaniem naukowców żaden z surowców nie występuje na Ziemi w takiej ilości jak woda. Stanowi ona czynnik rozwoju społeczno-gospodarczego.

Ilość wolnej wody na powierzchni Ziemi jest – upraszczając – niezmienna. Woda ta jednak znajduje się w ciągłym ruchu, nazwanym przez badaczy *cyklem hydrologicznym* (Weiner, 2003, s. 47), który obejmuje procesy zachodzące zarówno w atmosferze: parowanie, kondensacja, opady, transport wilgoci; w biosferze: pobieranie wody i jej oddawanie w procesie oddychania, czyli transpiracji, jak i w litosferze: wsiąkanie, spływ podziemny i powierzchniowy. Warto dodać, że ciepło z wody jest bardzo powoli oddawane do atmosfery i dlatego zbiorniki wodne gromadzą go bardzo dużo, co wpływa na ich otoczenie.

Na powierzchni Ziemi spada każdego roku ok. 100 tys. km<sup>3</sup> wody w postaci opadów atmosferycznych. Ponad połowy tych opadów nie można bezpośrednio wykorzystać, gdyż szybko wyparowują z powrotem do atmosfery oraz transpirują z rosnących roślin – to tzw. zielona woda, która stanowi ok. 61% sumy rocznych opadów. Pozostała część opadów, to jest 39%, spływa do rzek, jezior, bagien i wód gruntowych. Jest to woda niebieska, którą można wykorzystać w gospodarce, zanim nie wyparuje bądź nie spłynie do mórz i oceanów (Craig, 2003, s. 406). 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. Tylko około 10% objętości wody parującej z oceanów przenoszone jest nad lądy, aby tam spaść z opadem. Molekuły parującej wody spędzają około 10 dni w powietrzu, zanim wrócą na ląd czy do oceanu (Kowalczak, 2007).

W potocznym rozumieniu pojęcie deficytu wiąże się z pewnym brakiem. W gospodarce wodnej pojęcie deficytu określane jest na podstawie obliczania wskaźników, które identyfikują i oceniają stopień niedoboru wody na danym obszarze. **Deficyt wody** oznacza niedobór wynikający z przewagi zapotrzebowania nad jej dostawami, czyli podażą określaną przez wielkość dostępnych zasobów wodnych,

a przede wszystkim przez techniczne i ekonomiczne możliwości zaopatrzenia. W praktyce zatem częściej występuje kryzys zaopatrzenia w wodę, związany z ograniczeniami w istniejącej infrastrukturze technicznej oraz wysokością stawek opłat w danym regionie.

W literaturze za deficyt uznaje się przede wszystkim taką sytuację, w której niedobór wody staje się istotną barierą rozwoju człowieka, społeczeństwa, gospodarki. Oznacza to brak zaspokojenia podstawowej potrzeby o charakterze biologicznym w postaci spożycia wody, która jest konieczna do przetrwania, przygotowania posiłków i zapewnienia podstawowej higieny. Szacunkowe ilości minimalnej, niezbędnej dla potrzeb człowieka wody są dosyć rozbieżne i kształtują się na poziomie 50 litrów, a ilości zalecane od 50 do 100 litrów/dzień, czyli od 18 do 36 m<sup>3</sup>/osoba/rok. Zalecenia WHO sugerują 80–100 litrów/dobę. W polskim prawodawstwie, w zależności od warunków mieszkaniowych, przyjmuje się normy dobowego zużycia wody w gospodarstwie domowym od 30 l (brak wodociągu i kanalizacji) do 160 l na osobę przy pełnym zwodociągowaniu i skanalizowaniu, co odpowiada od 10,8 do 64,8 m<sup>3</sup>/osobę/rok. Natomiast w tym czasie z zużycie wody na poziomie tylko 20 m<sup>3</sup>/osobę/rok było niedostępne dla ponad 1 mld ludzi w 55 krajach, np. w Mali tylko 4 m<sup>3</sup>/osobę/rok. Nowsze szacunki ONZ, oparte na danych z 2011 roku, wskazują, że 40% światowej populacji odczuwa ograniczoność lub niedobór wody i że wskaźnik ten rośnie (Millennium, 2015, s. 55).

Do pomiaru **deficytu wody** wykorzystuje się różne wskaźniki, najczęściej stosowana jest skala pomiaru zasobów wodnych, zwana wskaźnikiem *stresu wodnego*. Stresem wodnym nazwano stan organizmu wywołany działaniem czynnika środowiskowego (stresora), prowadzącego do zaburzeń funkcji i struktury niekorzystnych dla roślin i zwierząt w przypadku deficytu wody (suszy) lub jej nadmiaru (zalania). W praktyce termin ten jest częściej odnoszony do sytuacji powodowanej niedoborem wody w glebie, np. wskutek niedostatecznej ilości opadów lub gdy woda jest obecna w glebie, ale jej pobieranie jest niewystarczające, np. z powodu niskiej temperatury gleby, zalania (niedobór tlenu w podłożu), zasolenia lub uszkodzeń mechanicznych. W wyniku stresu dochodzi do zaburzeń procesów życiowych, zwłaszcza zahamowania wzrostu i ograniczenia plonowania roślin. Z czasem terminu stres wodny zaczęto używać również w odniesieniu do ludzi. Podział zasobów wodnych z uwzględnieniem stresu wywołanego ich niedoborem przedstawia się następująco (Milly, 2008):

- powyżej 10 tys. m<sup>3</sup>/mieszkańca/rok – organiczne problemy zarządzania,
- 10 000 → 1600 m<sup>3</sup>/mieszkańca /rok – podstawowe problemy zarządzania,
- 1600 → 1000 m<sup>3</sup>/mieszkańca/rok – stres wodny,
- 1000 → 500 m<sup>3</sup>/mieszkańca/rok – chroniczny brak wody,
- poniżej 500 m<sup>3</sup>/mieszkańca/rok – poniżej wodnej bariery zarządzania.

Należy podkreślić, że chodzi tu o skalę pomiaru zasobów wodnych, a nie minimalne czy średnie zużycie wody, co jest równie ważną, chociaż nieco inną kwestią.

W literaturze przedmiotu występuje jeszcze jedna skala, którą często wykorzystuje się do pomiaru deficytu zasobów wodnych, zwłaszcza w kartografii. Skala stosowana przez *World Resources Institute* jest zbliżona do skali Malin Falkenmark (Rockstrom, 2014), ale zakłada większą rozpiętość przedziałów. Przyjmowany jest więc następujący podział wielkości zasobów wodnych: 15–50 tys., 5–15 tys., 1.7–5 tys., 1 – 1.7 tys. oraz poniżej 1 tys. m<sup>3</sup>/mieszkańca/rok.

*International Water Management Institute* w analizie deficytu zasobów wodnych uwzględnia tzw. czynnik potrzeb ludzkich oraz infrastrukturę wodną, czyli innymi słowy bierze pod uwagę kwestię warunków zaopatrzenia w wodę, który to czynnik w wielu regionach można bez cienia przesady uznać za podstawowy w odniesieniu do operacjonalizacji deficytu zasobów wodnych. W określeniu tego, czym jest deficyt zasobów wodnych, uwzględnia się również tzw. wskaźnik ubóstwa wodnego, opracowany przez Caroline Sullivan, który uwzględnia zaopatrzenie w wodę pojedynczego gospodarstwa rolnego oraz większych społeczności na podstawie oceny wielkości zasobów wodnych, dostępu do wody i zużycia wody przez główne sektory gospodarcze, wpływ gospodarki wodnej na politykę państwa (Sullivan, 2002). Dla porównania te trzy skale przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Skala pomiaru zasobów wodnych w tys. m<sup>3</sup>/mieszkańca/rok

Klasa zasobów	Charakterystyka przedziału zasobów	Przedziały		
		wg P. Kowalczyka	wg M. Falkenmark	wg World Resources Institute
I	poniżej wodnej bariery zarządzania	do 0,5	do 0,5	do 1
II	chroniczny brak wody	0,5 – 1,0	0,5 – 1	do 1
III	stres wodny	1,001 – 1,7	1 – 1,6	1 – 1,7
IV	podstawowe problemy zarządzania zasobami	1,701 – 5,0	1,6 – 10 <sup>a)</sup>	1,7 – 5
V	organiczne problemy zarządzania zasobami	5,001 – 10,0	1,6 – 10	5 – 15
VI	brak podstawowych problemów zarządzania	10,01 – 100,0	ponad 10	15 – 50
VII	obfitość wody	ponad 100	X	ponad 50

a) Skala opracowana przez M. Falkenmark nie wyodrębnia osobnych wartości dla IV i V klasy zasobów.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: A. Brown, M.D. Matlock (2011); P. Kowalczyk (2007); <http://www.wri.org/our-work/topics/water> (20.05.2016).

## 2. Ocena deficytu zasobów wodnych

Najbardziej ubogie w wodę są kraje północnej Afryki, Bliskiego Wschodu i Azji Środkowej. Do krajów z zasobami w ilości mniejszej niż 500 m<sup>3</sup>, a więc poniżej wodnej bariery zarządzania, należą m.in. Algieria, Arabia Saudyjska, Barbados, Dżibuti, Jordania, Kenia, Libia, Malediwy, Malta, Mauretania, Oman, Pakistan, Sudan, Syria, Tunezja i Turkmenia. Do krajów o zasobach poniżej 100 m<sup>3</sup> należą Zjednoczone Emiraty Arabskie, Katar, Strefa Gazy w Palestynie, Wyspy Bahama oraz Kuwejt (10 m<sup>3</sup>!).

Na podstawie wskaźnika HDI (uwzględniającego skutki globalnego ocieplenia, w tym spadek produkcji rolnej z powodu zmian klimatu i mniejszych opadów, utrudniony dostęp do czystej wody, pogorszenie warunków sanitarnych itp. – *Raport*, s. 17) oraz wskaźnika wielowymiarowego ubóstwa MPI (*Multidimensional Poverty Index*, w którym brak czystej wody i złe warunki sanitarne odgrywają istotną rolę)

zapropo­nowano w Polsce klasyfikację Kowalcza­ka, którą wykorzystano w tabeli 1. Wynika z niej, że Polska z zasobami 1600 m<sup>3</sup>/mieszkańca/rok znajduje się na pograniczu klasy III (stres wodny) i klasy IV (podstawowe problemy zarząd­zania zasobami wodnymi) – jest to ponad dwukrotnie mniej niż średnia europejska, oceniana na 3,9 tys. m<sup>3</sup>/osobę/rok (przy średniej światowej 5,4 tys. m<sup>3</sup>). Jeśli jednak przyjmiemy wskaźnik eksploatacji wód, okreś­lający stosunek ilości pobieranej wody do całkowitych zasobów wodnych, to Polska plasuje się lepiej, chociaż poniżej średniej europejskiej. Problemem gospodarki wodnej w Polsce jest duża czasowa i przestrzenna zmienność opadów oraz ekstremalne zjawiska hydrologiczne, które w ostatnich latach raczej się pogłębiły (natomiast, wbrew pojawiającym się opiniom o zmniejszaniu się wielkości opadów, dane statystyczne nie potwierdzają takiej tendencji w latach 1951–2013).

Podstawowy sposób pomiaru i oceny deficytu zasobów wodnych jest dość prosty, ale komplikuje się w praktycznym zastosowaniu w zależności od przyjętych – przez różnych autorów i stowarzyszenia naukowe – założeń oraz normatywów racjonalnego zapotrzebowania na wodę i jej zużycia. Otóż zasoby w wysokości poniżej 0,5 tys. m<sup>3</sup>/mieszkańca/rok uznaje się za wodną barierę zarząd­zania, natomiast zasoby poniżej 1,6 tys. m<sup>3</sup>/mieszkańca/rok ocenia się jako wskaźnik *stresu wodnego*, czyli występowanie trudności w prowadzeniu gospodarki wodnej. Zasoby w wysokości 1,5 tys. m<sup>3</sup>/mieszkańca lub mniejsze sygnalizują zatem pojawienie się deficytu zasobów wodnych (jak ostatnio w niektórych latach w Polsce), ale może on przyjmować różną skalę. Z kolei zasoby w wysokości 10 lub według innych ocen 15 tys. m<sup>3</sup>/mieszkańca oznaczają brak podstawowych problemów zarząd­zania, a zasoby powyżej 50 lub 100 tys. m<sup>3</sup>/mieszkańca stanowią o obfitości wody. W tym ujęciu największe zasoby występują w takich krajach, jak Gabon, Gujana, Gwinea, Islandia, Kongo.

Z kolei autorzy cytowanego już Raportu *Milenijne cele rozwoju* za miernik odnawialnych zasobów wodnych przyjęli wskaźnik udziału rocznego poboru wody w wielkości tych zasobów, jest to tzw. **wskaźnik wykorzystania zasobów wodnych WEI** (*Water Explotation Index*). Otóż, obfitość wody występuje wówczas, 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% – ostry deficyt wodny. Warto zaznaczyć, że w skali globu pobór wody słodkiej stanowi tylko 9% jej zasobów. W Polsce wskaźnik



ten według wyliczenia autorki sięga 15,6–16%, z wyjątkiem 2012 roku z odsetkiem 21,8%, a więc jest korzystny. Okazuje się jednak, że w 1998 roku 36 krajów odczuwało stres wodny, natomiast w 2011 roku było ich już 41, 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 – pomniejszając zasoby wód podziemnych – 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, to znamionuje to zmniejszenie zasobów wodnych. W przypadku występowania takiej sytuacji w ciągu kilku lat – opinie hydrologów na ten temat zależą także od uwarunkowań terenowych – mamy do czynienia z *suszą atmosferyczną*, a następnie z *suszą hydrologiczną*, gdy pojawia się niedobór wody w rzekach, co oczywiście oznacza deficyt zasobów wodnych.

Mimo rosnącego deficytu zasobów wodnych w wielu krajach, w tym także w Europie, oraz wynikającej zeń bariery rozwoju społeczno-gospodarczego, zwłaszcza w krajach słabo rozwiniętych zaznacza się jednak widoczny **w skali globalnej postęp w zwiększaniu dostępu do wody**. Otóż w latach 1990–2015 udział ludności korzystającej z wody zdatnej do picia wzrósł z 76% do 91%, osiągając wskaźnik 99% w krajach rozwiniętych i 89% w krajach słabo rozwiniętych, w których liczba ludności bez dostępu do świeżej wody spadła aż o 50%. Udział populacji bez dostępu do wody pitnej zmniejszył się z 38% do 16% na terenach wiejskich oraz z 16% do 4% w miastach. Z kolei odsetek ludności mającej dostęp do urządzeń sanitarnych wzrósł z 54% do 68%. Poprawa jest więc wyraźna, ale nadal znaczący odsetek ludności w krajach słabo rozwiniętych będzie mieć kłopoty z dostępem do wody pitnej oraz urządzeń sanitarnych. Szacuje się, że w 2015 roku jeszcze ok. 660 mln ludzi cierpiało z powodu niedoboru wody pitnej, w tym około 160 mln ludzi korzystało tylko z wody powierzchniowej bez uzdatniania. W 3 krajach ponad 50% ludności korzysta z nieuzdatnionej wody pitnej, a w 47 krajach podobny odsetek nie może korzystać z właściwych urządzeń sanitarnych (Progress, 2015). Najgorzej sytuacja przedstawia się na wsiach, gdyż na świecie średnio tylko 14% ludności wiejskiej ma wystarczający dostęp do czystej wody pitnej, a w krajach takich, jak Afganistan, Egipt, Indie i Pakistan wskaźnik ten sięga jedynie 1–2%.



### 3. Inne spojrzenie na korzystanie z zasobów wodnych

Bilanse gospodarki wodnej uwzględniają zwykle bezpośrednio zużycie wody w ciągu roku, ostatnio jednak uzupełnia się je o zużycie pośrednie wody do wytwarzania wyrobów finalnych. Tak jest w przypadku pomiaru zużycia wody za pomocą tzw. śladu wodnego. Wskaźniki takiego zużycia wody można nazwać również wskaźnikami *ciągnionymi* – jako suma zużycia wody we wszystkich etapach wytwarzania, w tym poza krajem, poprzez import – na wzór już od dawna branych pod uwagę ciągnionych nakładów pracy żywej (mierzonych czasem pracy, a częściej płacami) lub ciągnionych nakładów inwestycyjnych. Obrazują one tzw. wodę wirtualną w pełnym łańcuchu produkcyjnym i pozwalają oceniać wpływ struktury konsumpcji na rzeczywiste zużycie wody. Przykładowo zużycie wody potrzebnej do wyprodukowania 1 kg wołowiny sięga 15 m<sup>3</sup>, a 1 kg mięsa kurczaka tylko 4 m<sup>3</sup>, co wpływa na cenę mięsa determinującą decyzję konsumentów.

Kraje rozwinięte charakteryzują się na ogół mniejszym zużyciem jednostkowym wody oraz importem bardziej wodochłonnych produktów, np. 40% śladu wodnego Europy wywodzi się spoza kontynentu. Szczególnym regionem jest Ameryka Łacińska, która zarówno importuje, jak i eksportuje dużo produktów wodochłonnych. Największymi eksporterami wody wirtualnej *per saldo* są następujące kraje: USA, Kanada, Brazylia, Argentyna, Indie, Pakistan i Indonezja, natomiast importerami: państwa północnej Afryki, Środkowego Wschodu, Europa, Japonia, Korea Południowa oraz Meksyk, który dzięki importowi kukurydzy (mimo, że ma warunki do jej uprawy) oszczędza 12 mld m<sup>3</sup> zasobów wodnych rocznie.

W celu wykazania, że zużycie wody w danym kraju jest w większym stopniu powiązane z jego poziomem rozwoju gospodarczego niż wielkością zasobów wodnych, autorka zastosowała rachunek korelacji liniowej Pearsona, wykorzystując dane źródłowe większości państw świata z podziałem na kontynenty (Thier, 2015). Z obliczeń tych wynika, że w Europie, Azji i Afryce wielkość wewnętrznych zasobów wody słodkiej, jak również rocznego poboru tej wody, wykazuje słabą korelację z dochodem narodowym i jest ona ujemna, czyli wzrostowi PKB na 1 mieszkańca towarzyszy spadek poboru wody. Natomiast w Ameryce Południowej i Północnej zależność ta jest dodatnia, przy czym jedynie w USA i Kanadzie korelacja jest wysoka i istotna, co zapewne wynika z obfitości wody, stanowiącej czynnik rozwoju gospodarczego. Podobnie mało istotna jest zależność między poziomem PKB a wskaźnikiem WEI. Wszystko

to potwierdza przyjętą hipotezę o występowaniu nie tyle deficytu zasobów wodnych, co kryzysu zaopatrzenia w wodę, który dotyka przede wszystkim kraje słabiej rozwinięte i gorzej zarządzane, a niekoniecznie ubogie w zasoby wodne. Natomiast bardziej wyraźna zależność o charakterze dodatnim występuje między poziomem PKB a zużyciem wody na mieszkańca w Afryce i zwłaszcza w Ameryce Północnej oraz zużyciem wody w przeliczeniu na PKB *per capita* z tym, że ma ona charakter ujemny, czyli spadek obciążeń wytwarzania dochodu narodowego zużyciem wody powoduje wzrost PKB. Jeszcze wyższa korelacja, gdyż  $r = 0,6 - 0,86$ , nie licząc Ameryki, występuje w przypadku zależności między poziomem PKB a wielkością PKB uzyskiwaną z 1 m<sup>3</sup> pobieranej wody. Dostęp do wody chronionej przed zanieczyszczeniem, czyli wody wodociągowej, jest dodatnio skorelowany z dochodem narodowym na wszystkich kontynentach, czyli im wyższy jest poziom rozwoju mierzony wielkością PKB, tym większy odsetek ludności ma dostęp do czystej wody. Współczynniki korelacji nie są jednak wysokie, gdyż w Europie i Ameryce Północnej wskaźnik dostępu do wodociągów sięga 99%, w innych zaś krajach o poziomie infrastruktury wodno-kanalizacyjnej decydują także czynniki społeczno-kulturowe. Z analizy współzależności między liczbą ludności krajów oraz zmiennymi reprezentującymi gospodarkę wodną wynika, że odnawialne zasoby wodne, zwłaszcza roczne pobory wody wykazują dodatni i na ogół bardzo wysoki związek z liczbą mieszkańców na wszystkich kontynentach (od 0,887 w Europie do 0,994 w Azji, jedynie w Afryce  $r = 0,266$  ze względu na deficyt wody), co potwierdza wyrażoną opinię o wielkiej wadze wzrostu populacji.

## Podsumowanie

Reasumując, ograniczanie deficytu zasobów wodnych następuje przez zwiększanie retencji wody, zwiększanie dostępności wód podziemnych, zmniejszanie parowania wody (dzięki zalesianiu, zadrzewianiu oraz stosowaniu specjalnych technik upraw), odsalanie wody morskiej (proste, ale kosztowne), odzyskiwanie wody z lodowców (są pierwsze próby na niewielką skalę). Czasami nawet przez odwracanie biegu rzek, co jednak jest oceniane krytycznie.

Wzrost podaży wody uzyskuje się dzięki inwestowaniu w infrastrukturę hydrotechniczną i wodnokanalizacyjną oraz sanitariaty, gdyż w ten sposób łatwiej jest udostępnić zasoby wodne potencjalnym odbiorcom. Państwa słabiej rozwinięte cierpią na niedobór środków technicznych i finansowych na ten cel, co jeszcze bar-

dziej odczuwają w tych krajach warstwy społeczne żyjące w ubóstwie. Niezbędna jest więc pomoc z zewnątrz i społeczność międzynarodowa stara się być solidarna, jednak efekty są wysoce niezadowolające.

Zmniejszanie popytu na wodę odbywa się głównie przez jej oszczędzanie dzięki nowym technologiom przesyłania wody (ograniczanie strat) i ich stosowaniu w różnych dziedzinach gospodarki i życia społecznego oraz dzięki upowszechnieniu wodomierzy. Wyraźny spadek wodochłonności dochodu narodowego i produkcji przemysłowej oraz zużycia wody w gospodarstwach domowych w przeliczeniu na 1 mieszkańca obserwujemy już w krajach rozwiniętych, w tym w Polsce. Natomiast w krajach słabo rozwiniętych nadal następuje wzrost zużycia wody w wyniku zwiększania się liczby ludności oraz postępu cywilizacyjnego (zainstalowanie wodociągu zwiększa zużycie wody nawet kilka razy, a zbudowanie łazienki może ten wskaźnik podwoić). Próbuje się jednak hamować wzrost zużycia wody przez wydawanie licencji i ograniczeń ilościowych dla rolnictwa i przemysłu, ograniczanie lub rezygnację z dopłat i ulg w przypadku nawadniania bądź korzystania z wód podziemnych. Istotną kwestią jest wysokość opłat ekologicznych za pobór wody – występujących tylko w krajach wysoko rozwiniętych – a zwłaszcza wysokość stawek za zaopatrzenie w wodę gospodarstw domowych. Unia Europejska – a także w pewnym stopniu ONZ – zaleca, aby cena wody dla ludności zapewniała zwrot kosztów jej dostarczenia przez przedsiębiorstwa wodno-kanalizacyjne, ale żeby obciążenie to nie przekraczało 4% budżetów domowych. W Polsce w wielu gminach zbliżamy się już do 4%, ale w Wielkiej Brytanii wskaźnik ten wynosi tylko ok. 3%, natomiast w krajach słabo rozwiniętych sięga nawet 8–10%. Relacje te potwierdzają tezę o konieczności rozwoju infrastruktury gospodarki wodnej, a także potrzebę pomocy międzynarodowej krajom biednym.

## Literatura

- Bednarek, H. (2014). Susze i ich skutki. *Aura*, nr 11.
- Craig, J.R., Vaughan, D.J., Skinner, B.J. (2003). *Zasoby Ziemi*. Warszawa: PWN.
- Hołdys, A. (2015). Raz za sucho, raz za mokro. *Polityka*, nr 33/2015.
- Kowalczak, P. (2007). *Konflikty o wodę*. Poznań: Wydawnictwo Kurpisz.
- Kundzewicz, W., Zalewski, M., Kędziora, A., Pierzgałski, E. (2010). Zagrożenia związane z wodą. *Nauka*, nr 4/2010.

- Mikulski Z. (1996). Potrzeby wodne gospodarki wodnej – próba prognozy. *Gospodarka Wodna*, z. 8.
- The Millennium Development Goals Report* (2015). Nowy Jork: United Nations.
- Milly, P.C.D., Falkenmark, M., Kundzewicz, Z.W., i inni (2008). Stationarity is dead: whither water management? *Science*, nr 319.
- Progress on Sanitation and Drinking Water* (2015). Genewa: UNICEF-WHO.
- Raport o rozwoju społecznym* (2011). Waszyngton: UNDP.
- Rockstrom, J., Falkenmark, M. i inni (2014). *Water Resilience for Human Prosperity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Stępniewska, M. (2014). Ile wody naprawdę zużywamy? *Gospodarka Wodna*, nr 9/2014.
- Sullivan, C. (2002). Calculating a Water Poverty Index. *World Development*, vol. 30, z. 7.
- Thier, A.: Dysertacja doktorska, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie, Kraków 2015.
- UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking Water* (2012). WHO, Genewa: WHO.
- Weiner, J. (2003). *Życie i ewolucja biosfery*. Warszawa: PWN.
- World Water Development Report (2015) Warszawa: Ośrodek Informacji ONZ.

## QUESTIONS OF THE SHORTAGE OF WATER RESOURCES IN THE WORLD

### Abstract

The paper presents a hydrological cycle that takes place in nature and addresses the concept of water resources and the methods of their measurement as well as the shortage of water resources and conditions by the continents and regions, pointing out the difficult situation in Northern Africa, the Middle East and Central Asia. Further, it presents an investigation of the correlation between the volume of GDP and the particular features of water management within the continents. The results of calculations show differences, yet there is a clear correlation between the number of population, the water consumption and other indexes of water management. This made it possible to formulate the corresponding proposal for a deficit of water resources in the world economy .

*Translated by Wit Górski*

**Keywords:** hydrological cycle, shortage of water resources, crisis in water supply, water management

**Kod JEL:** Q130