

MAŁGORZATA GUTRY-KORYCKA, ANDRZEJ SADURSKI, ZBIGNIEW W. KUNDZEWICZ,  
JOANNA POCIASK-KARTECZKA, LESŁAW SKRZYPCZYK

## Zasoby wodne a ich wykorzystanie

### 1. Wstęp

Zasoby wodne, składające się z wód powierzchniowych i podziemnych, są narodowym bogactwem Polski. Dostępność wody, w odpowiedniej ilości i jakości, jest niezbędna do podtrzymania życia i do wszelkiej aktywności człowieka. Łatwo dostępne zasoby wód powierzchniowych, w przeliczeniu na mieszkańca, są w naszym kraju stosunkowo niewielkie w porównaniu do innych krajów Unii Europejskiej. Zdając sobie sprawę z ograniczeń wielkości zasobów wodnych, warto podjąć stosowne działania umożliwiające redukcję zagrożeń.

W niniejszym artykule analizowano uwarunkowania geograficzne zasobów wodnych Polski i ich rozmieszczenie. Przedstawiamy także prawidłowości dotyczące zmienności czasowej zasobów w odniesieniu do wykorzystania wody. Rozważamy zagrożenia związane z zasobami wodnymi, zarówno na podstawie analizy już poczynionych obserwacji, jak i prognoz.

### 2. Zasoby wodne – uwarunkowania geograficzne

Procesy klimatyczne i hydrologiczne kształtują składowe bilansu wodnego oraz proporcje między nimi. Zasoby wodne rzek, jezior i wód podziemnych odpowiadają opadom, decydującym o ich zasilaniu i o naturalnej odnawialności.

Oprócz zasobów własnych (autochtonicznych) wynoszących  $53,9 \text{ km}^3$  (87,5%), Polska dysponuje zasobami pochodzącymi spoza granic kraju  $12,7 \text{ km}^3$  (12,5%). Średnie w wieloletnim zasoby całkowite wód powierzchniowych wynoszą  $61,6 \text{ km}^3$  (z uwzględnieniem dopływu spoza granic). Główna część tych zasobów (95,5%) odpływa bezpośrednio do Bałtyku, a pozostała do krajów sąsiednich  $2,8 \text{ km}^3$  (4,5%). Średni współczynnik odpływu z zasobów własnych wynosi 0,275. Jednostkowe zasoby całkowite na mieszkańca wynoszą  $1839,3 \text{ m}^3/\text{rok}$  (średnia w latach 1946-2011), a jednostkowe zasoby własne na

---

Prof. dr hab. Małgorzata Gutry-Korycka, Uniwersytet Warszawski, Instytut Geografii Fizycznej;  
prof. dr hab. Andrzej Sadurski, Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa, Uniwersytet  
Mikołaja Kopernika, Toruń;

prof. dr hab. Zbigniew W. Kundzewicz, członek korespondent PAN, Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN, Poznań;

prof. dr hab. Joanna Pociask-Karteczka, Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej;

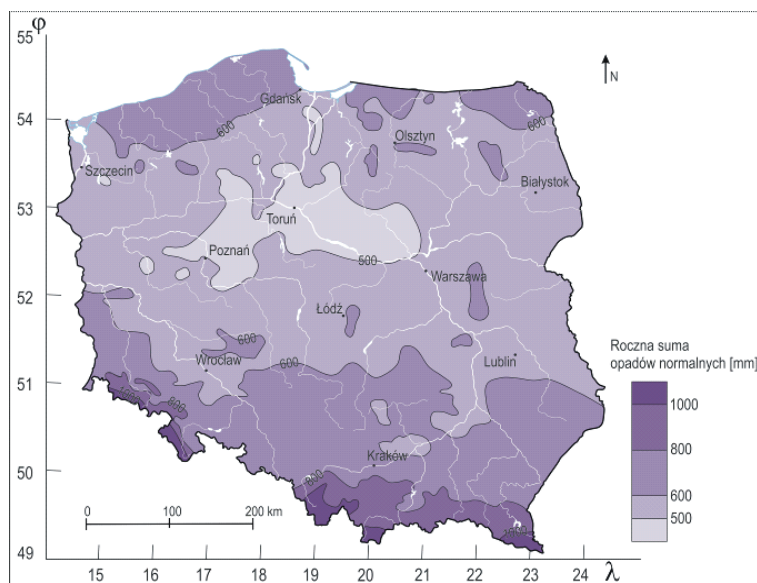
dr Lesław Skrzypczak, Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa

mieszkańca  $1590 \text{ m}^3/\text{rok}$ . EUROSTAT ocenia, że pod względem zasobów wody słodkiej na mieszkańca Polska znajduje się na dalekim miejscu na liście krajów UE. Przed nami jest ponad 20 krajów, a za Polską Czechy ( $1600 \text{ m}^3/\text{mieszkańca}/\text{rok}$ ) oraz Cypr i Malta, które mają znacznie mniej wody słodkiej, odpowiednio,  $400$  i  $100 \text{ m}^3/\text{mieszkańca}/\text{rok}$ ).

Tab. 1. Średnie wielkości powierzchniowych zasobów wodnych Polski w latach 1946-2011 (wg danych IMGW, zestawienie własne)

Rodzaje odnawialnych zasobów wodnych	Objętość [ $\text{km}^3$ ]	Warstwa [mm]
Opady atmosferyczne (1951-2005)	196,0	626,9
Dopływ spoza granic kraju	7,7	24,6
Zasoby całkowite (powierzchniowe)	61,6	197,0
Zasoby własne (powierzchniowe)	53,9	172,4

Zróżnicowanie obszarowe rocznej sumy opadów atmosferycznych, decydujących o wielkości zasobów, jest w Polsce bardzo duże i zawiera się w przedziale od wartości poniżej  $500 \text{ mm}$  (na Kujawach i w Wielkopolsce) do wartości powyżej  $1000 \text{ mm}$  rocznie (w Tatrach). Rozkład przestrzenny opadów przedstawia ryc. 1.



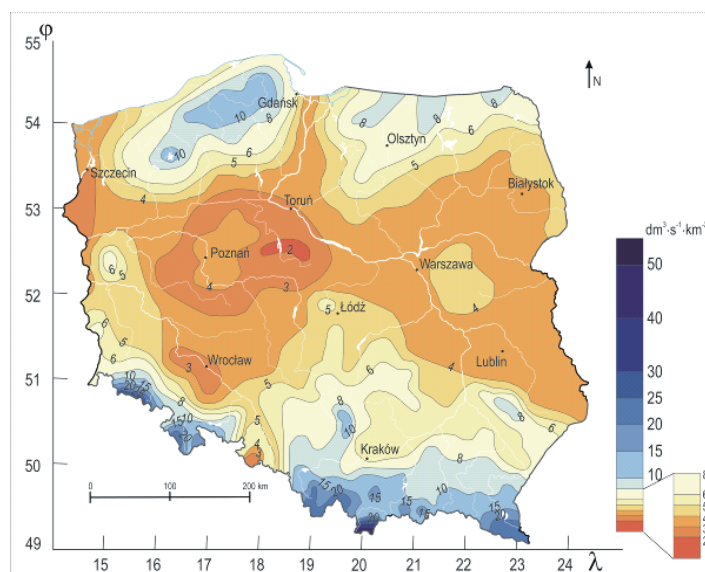
Ryc. 1. Zróżnicowanie przestrzenne rocznej sumy opadów normalnych w wieloleciu 1951-2005 (wg Jaworskiej i in. 2008)

Rozkład regionalny zasobów wodnych kraju jest wynikiem znacznego zróżnicowania warunków środowiska przyrodniczego (abiotycznego i biotycznego) kształtujących obieg wody. Zróżnicowanie regionalne elementów bilansu wodnego – opadów atmosferycznych,

parowania terenowego i odpływu (powierzchniowego, podpowierzchniowego i podziemnego) – wynika z odmienności klimatu, cech pokrycia terenu (w tym zabudowy i lasów), rzeźby (pasm górskich jako bariery orograficznej), budowy geologicznej (litologii) i gleb.

Zasoby dyspozycyjne wód powierzchniowych stanowią łącznie 40% średnich zasobów, co wg IMGW odpowiada 24,4 mld m<sup>3</sup> wody. Natomiast dyspozycyjne zasoby wód płynących kraju (o gwarancji 95%) wynoszą średnio 10 mld m<sup>3</sup> (Strategia gospodarowania..., 2008).

Miarą zróżnicowania własnych zasobów wodnych kraju jest odpływ jednostkowy głównych obszarów hydrograficznych (dorzeczy lub ich części). Średni odpływ jednostkowy z wielolecia 1951-1990 w dorzeczu Wisły wynosił 5,54 dm<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>, a w dorzeczu Odry 5,3 dm<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup> (ryc. 2). Największy odpływ jednostkowy (12 dm<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>) charakteryzuje zlewnie górskich dopływów Wisły, a najmniejszy, ≈ 4 dm<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>, zlewnie rzek nizin środkowych, Kujaw i Wielkopolski. Najwyższe średnie roczne odpływy jednostkowe zostały zarejestrowane w Tatrach (ponad 50 dm<sup>3</sup>/s/km<sup>2</sup>).



Ryc. 2. Średni odpływ jednostkowy w latach 1951-2000 określający wielkość i zróżnicowanie przestrzenne zasobów wodnych własnych Polski (wg Jokiel 2004 za IMGW – poprawione)

Połowa średniego odpływu rzekami Polski do Bałtyku pochodzi z zasilania wodami podziemnymi. W jeziorach, zbiornikach retencyjnych oraz bagnach i torfowiskach zgromadzonych jest ok. 40 km<sup>3</sup> wód powierzchniowych, podczas gdy zasoby wód podziemnych, występujące w warstwach wodonośnych, wynoszą ok. 5000 km<sup>3</sup>. Wynika to z powszechnego występowania w podłożu porowatych, dobrze przepuszczalnych ośrodków skalnych, zapewniających niemal ciągły dopływ wód podziemnych do rzek.

Tabela 2. Zasoby eksploatacyjne wód podziemnych w kraju, stan na 2011 r. (wg GUS 2012).  
Wartości zasobów zaokrąglono do 1000 m<sup>3</sup>/h

Lp	Województwo	Powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	Zasoby eksploatacyjne [tys.m <sup>3</sup> /h]	Stan zasobów eksploatacyjnych [tys. m <sup>3</sup> /h] z utworów geologicznych			
				czwartorzędowych	trzeciorzędowych	kredowych	starszych okresów
	Ogółem	312 685	1 972	1 306	205	270	192
1	Dolnośląskie	19 948	90	61	20	3	5
2	Kujawsko-Pomorskie	17 970	165	129	27	7	2
3	Lubelskie	25 114	136	22	13	100	1
4	Lubuskie	13 984	94	87	7	0	0
5	Łódzkie	18 219	164	64	8	61	31
6	Małopolskie	15 144	71	39	9	13	10
7	Mazowieckie	35 598	244	191	18	25	10
8	Opolskie	9 412	56	24	15	2	15
9	Podkarpackie	17 926	58	52	5	1	0
10	Podlaskie	20 180	77	750	2	0	0
11	Pomorskie	18 293	163	135	16	12	0
12	Śląskie	12 294	106	23	2	4	76
13	Świętokrzyskie	11 672	60	7	4	14	34
14	Warmińsko-Mazurskie	24 203	131	124	7	0	0
15	Wielkopolskie	29 826	185	113	45	24	3
16	Zachodniopomorskie	22 902	173	160	7	1	5

Tabela 3. Zasoby dyspozycyjne i perspektywiczne wód podziemnych w głównych dorzeczach polskich (wg PIG-PIB), w zaokrągleniu do 1000 m<sup>3</sup>/d

Główne dorzecza	Powierzchnia [km <sup>2</sup> ]	Zasoby dyspozycyjne [tys. m <sup>3</sup> /d]	Zasoby perspektywiczne [tys. m <sup>3</sup> /d]
Mała Wisła	3806	298	529
Górna Wisła	43608	742	4076
Środkowa Wisła	112305	5253	7209
Dolna Wisła	34670	1748	2376
Górna Odra	3693	97	525
Warta	54520	2037	2856
Dolna Odra i Przymorze Zach.	19962	1328	966
Dorzecze Wisły	194389	2363	14190
Dorzecze Odry	116983	8041	10167
Kraj	311372	5826	24357

Zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych są bilansowane w jednostkach administracyjnych (tab. 2) w podziale na piętra hydrogeologiczne, tj. zespoły warstw wodonośnych należących do tego samego okresu geologicznego, np. czwartorzędu.

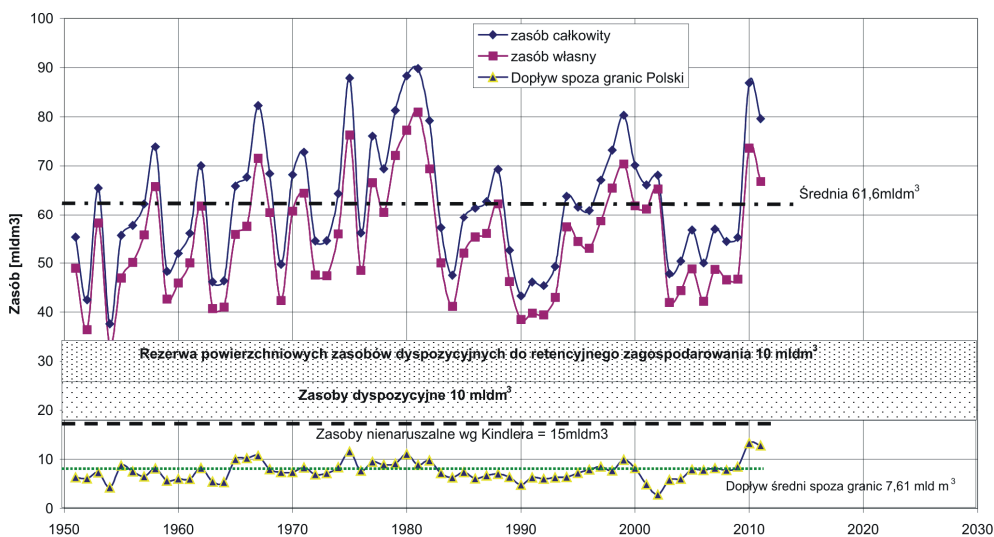
Punktem wyjścia do oceny zasobów możliwych do zagospodarowania jest ocena odnawialności zasobów wód podziemnych. Zasoby dyspozycyjne regionu (zlewni) nie są rozumiane jako tempo eksploatacji wód podziemnych.

W tabeli 3 przedstawiono przestrzenną zmienność zasobów dyspozycyjnych i perspektywicznych wód podziemnych w głównych dorzeczach polskich.

### 3. Zmienność czasowa zasobów wodnych

Zmienność zasobów wodnych kraju w poszczególnych latach w dużym stopniu reaguje na sumę i rozkład w czasie opadów atmosferycznych. Rycina 3 ilustruje roczną zmienność czasową zasobów rzecznych całkowitych i własnych.

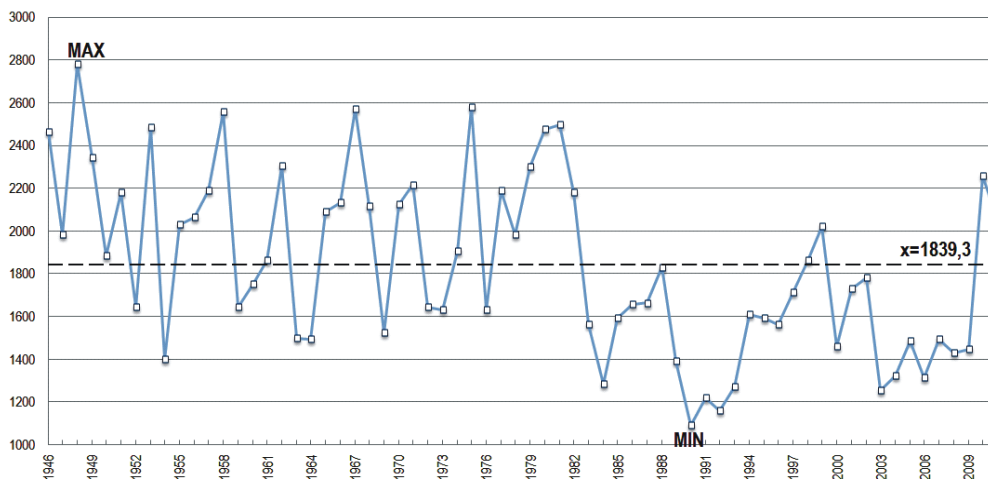
Zasoby wód płynących Polski przypadające na mieszkańca w latach od 1946 do 2011 wahały się, w efekcie zmian wielkości opadu i liczby ludności, od  $1090,6 \text{ m}^3/\text{rok}$  (w roku 1990) do  $2780 \text{ m}^3/\text{rok}$  (1948 r.). Średnio zasoby wynosiły  $1839,3 \text{ m}^3/\text{mieszkańca}/\text{rok}$  (ryc. 4). Od lat 90. XX wieku zasoby przyjmują niższe wartości. Zmienność odpływu rocznego brutto na mieszkańca kraju można scharakteryzować przez wartość 10. percentyla, którego wartość wynosi  $1311,5 \text{ m}^3/\text{rok}$  oraz 90. percentyla równego  $2476,4 \text{ m}^3/\text{rok}$ .



Ryc. 3. Rodzaje zasobów wód powierzchniowych kraju: całkowite, własne, dopływ spoza granic, nienaruszalne, dyspozycyjne i rezerwa do zagospodarowania retencyjnego (wg danych GUS, opracowanie własne)

Duża zmienność warunków pogodowych wynikająca z cyrkulacji atmosferycznej decyduje o sezonowości i charakterze cyklu hydrologicznego. Głównym czynnikiem jest

tu zachodnia cyrkulacja strefowa nasilająca się dwukrotnie w ciągu roku – w sezonie jesienno-zimowym oraz latem. Formowanie się zasobów wodnych w kraju wiąże się przede wszystkim z napływem wilgotnych mas powietrza z zachodu oraz z występowaniem cyrkulacji cyklonalnej.



Ryc. 4. Odpływ brutto z obszaru Polski [m<sup>3</sup>/per capita rok] (1946-2011)  
(wg danych GUS, opracowanie własne)

Wzrost cyrkulacji strefowej (rozwój wpływów oceanicznych) przynosi w zimie wzrost opadów, podczas gdy w lecie sumy opadów są niższe. Susze oraz długotrwałe okresy bezopadowe wiążą się z antycyklonalną cyrkulacją z sektorów wschodnich – choć wiosną i jesienią zdarzają się wyjątki, gdy rozbudowuje się dobrze wykształcona cyrkulacja cyklonalna (Wibig 2001, Kożuchowski 2008). Mimo iż w długookresowej zmienności odpływu największych rzek kraju nie zaznaczył się wyraźny, istotny statystycznie trend, jednak w latach 1901-2010 obserwujemy wyraźną quasi-cykliczność. Cechą ustroju hydrologicznego rzek jest tendencja do formowania się serii lat mokrych i suchych, wywołanych dominacją różnych typów cyrkulacji atmosferycznej.

Zasoby wodne rzek zmieniają się dość nieregularnie w każdej skali czasowej, np. w układzie sezonowym, półrocznym (półrocze chłodne wykazuje większy odpływ niż ciepłe), rocznym, dekadowym itd. Zmienia się rozkład sezonowy zasobów wodnych Polski. Na przykład, zaobserwowano wzrost stosunku sumy opadu w półroczu chłodnym do sumy opadu w półroczu ciepłym.

Deficyty i nadwyżki zasobów wodnych Wisły i Odry wykazywały różną rytmikę zmian w ostatnim stuleciu. Zasoby wodne Odry zmieniały się w cyklach 3-6-letnich, natomiast w przypadku Wisły dominuje krótszy cykl 2-4-letni, a wahania dłuższe (od 3 do 7 lat) są słabsze. Wyraźnie uwypuklają się cykle deficytu od sierpnia do września, podczas gdy

wysoki stan zasobów wodnych zaznacza się późną jesienią, zimą oraz w okresie roztopo-wo-opadowym (Michalczyk, Paszczyk 2011).

Oprócz zasobów wód płynących Polski ważna jest potencjalna retencja powierzchniowa w postaci 2856 jezior o powierzchni ponad 10 ha oraz łącznej objętości 18,2 mld m<sup>3</sup>. Jeziora są różnej morfogenezy (w zdecydowanej większości – jeziora postglacjalne) i o znacznie różniących się głębokościach. Ponadto szacuje się, że zbliżona objętość wody zgromadzona jest w obszarach bagiennych i w torfowiskach rozmieszczonych w różnych regionach kraju.

Sztuczne zbiorniki retencyjne posiadają małą pojemność, mogą zmagazynować jedynie 5 mld m<sup>3</sup> wody, czyli 6,5% rocznego odpływu (Strategia gospodarowania..., 2008). Istnieje 100 zbiorników retencyjnych o objętości akumulacyjnej ponad 2 mln m<sup>3</sup> każdy, co daje sumaryczną objętość około 3,5 mld m<sup>3</sup>. Retencja zbiornikowa jest zbyt mała, aby znacząco ograniczać skutki niedoboru i nadmiaru wody – podczas powodzi lub susz.

Stany wód podziemnych systematycznie rejestrowane od połowy lat 70. ubiegłego wieku. W sieci obserwacyjno-badawczej PIG-PIB wskazują na quasi-okresowe zmiany zwierciadła wód podziemnych w następstwie wahań zasilania infiltracyjnego, które z opóźnieniem dociera z opadów atmosferycznych do warstw wodonośnych.

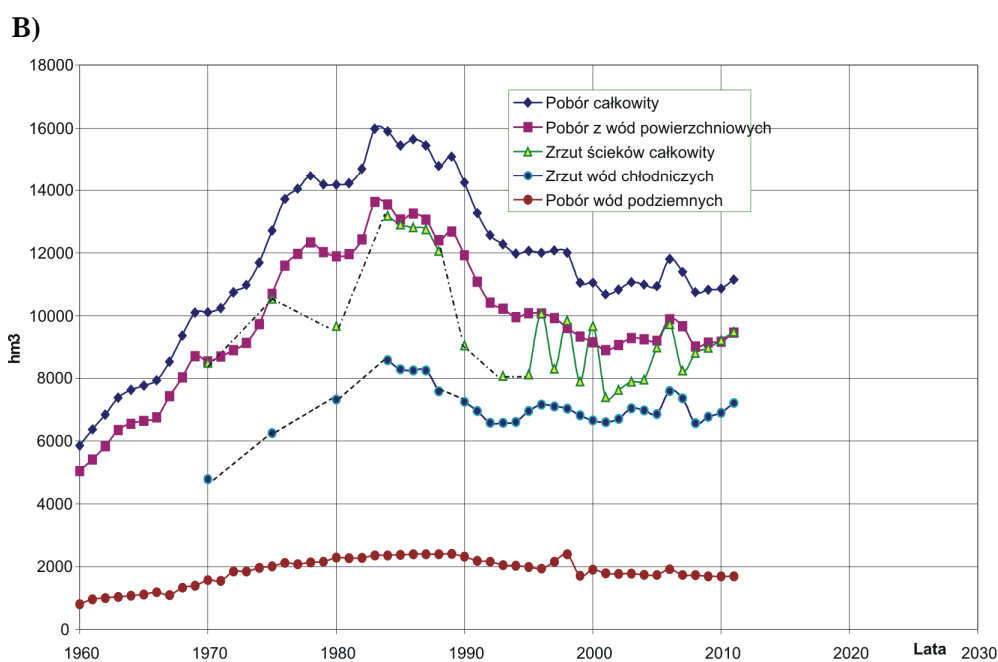
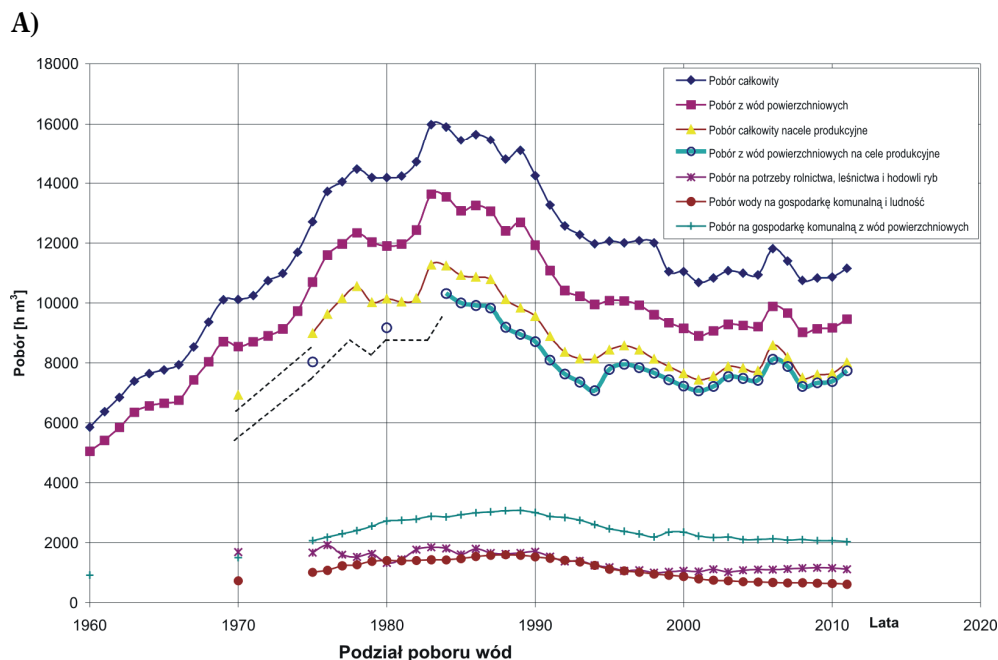
#### 4. Wykorzystanie wody

Racjonalne wykorzystanie zasobów wodnych powinno umożliwiać spełnienie potrzeb ludności, gospodarki i ekosystemów.

Łączne zapotrzebowanie na wodę dla przemysłu, energetyki, rolnictwa i gospodarki komunalnej wynosi ok. 11 km<sup>3</sup> (Ochrona Środowiska, GUS, 2011). W ostatnim 10-leciu całkowity pobór wody w kraju wahał się w niewielkim zakresie – od 10,9 do 12,1 mld m<sup>3</sup>/rok. Rozkład wielkości poborów w poszczególnych sektorach gospodarki również nie ulegał istotnym zmianom. Proporcje wykorzystania kształtowały się na poziomie 70% wody dla przemysłu, 20% dla gospodarki komunalnej, a jedynie 10% dla rolnictwa i leśnictwa (w tym 9% do napelnienia stawów rybnych, zaś zaledwie 1% do nawadniania upraw). Dominowały uprawy rolne zasilane wodą z opadów atmosferycznych bez dodatkowego nawadniania.

Po 1960 r. ponad 80% poborów wód pochodziło z wód powierzchniowych, ok. 15% z wód podziemnych, a reszta (ok. 5%) z odwodnień górniczych oraz budowlanych.

Średni pobór wód powierzchniowych w wieloleciu 1960-2011 wynosił 8939 mln m<sup>3</sup>, zaś maksymalny 11267 mln m<sup>3</sup> (w roku 1983), natomiast minimalny 6932 mln m<sup>3</sup> (w roku 1970). Rytm zmian poboru wód powierzchniowych na różne cele: rolnictwo i leśnictwo, gospodarkę komunalną i potrzeby ludności był dosyć podobny. Pobór wód podziemnych był znacznie niższy: wartość średnia wynosiła 1843,5 mln m<sup>3</sup>, natomiast amplituda w wieloleciu osiągnęła 1600 mln m<sup>3</sup>.

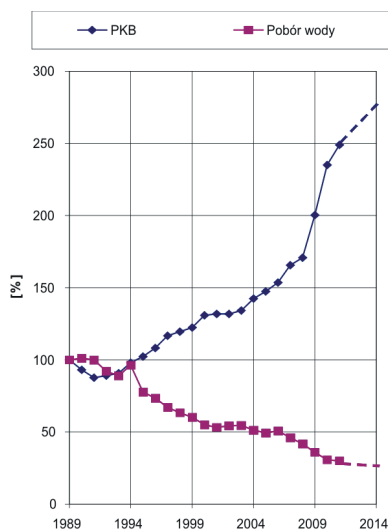


Ryc. 5. Wykorzystanie zasobów wód powierzchniowych i podziemnych na cele różnych sektorów gospodarki w latach 1960-2011. (A) Pobór wód z podziałem na różne cele. (B) Pobór z wód powierzchniowych i podziemnych oraz zrzuty ścieków – całkowity i wód chłodniczych z energetyki ( $1 \text{ hm}^3/\text{rok} = 1 \text{ mln m}^3/\text{rok}$ ) (wg danych GUS, opracowanie własne)



Przebieg tego poboru był zbliżony do rytmu poboru wód powierzchniowych. Odpowiednie wartości współczynników zmienności poborów odniesione do wartości średnich są bliskie ( $C_{v\text{ pow.}} = 0,217$ ,  $C_{v\text{ podz.}} = 0,238$ ). Minimalny pobór wód powierzchniowych i podziemnych wystąpił na początku analizowanego okresu (1960 r.), natomiast pobór maksymalny wód powierzchniowych przypada przed okresem transformacji ustrojowej w okresie kryzysu gospodarczego (1983 r.), podczas gdy spadek poboru wód podziemnych nastąpił po roku 1989. Przyczyny kolejnych fluktuacji wód podziemnych (lata 1996, 2000, 2006) są trudne do wyjaśnienia i zauważa się ich synchroniczność z poborem wód powierzchniowych. Ponad 80% poboru wód powierzchniowych przeznaczanych dla przemysłu powracało ponownie do rzek w postaci ścieków bardziej lub mniej oczyszczonych. Wody chłodnicze zrzucane poniżej elektrowni i elektrociepłowni stanowiły maksymalnie nieco ponad 8000 hm<sup>3</sup> w połowie lat 80. ubiegłego wieku (ryc. 5).

W ostatnich dekadach gospodarka kraju podlegała znaczącym przemianom spowodowanym transformacją ustrojową i systemową. W efekcie uzyskano znaczne zmniejszenie wodochłonności i ściekogenności gospodarki, na co wskazali Graczyk (1994) i Miłaszewski (2003). Stosunek zmian poboru całkowitego wody do wzrostu dochodu narodowego silnie rósł w latach 1960-1975 (Szelański 1985). Po 1975 roku tempo wzrostu poboru wód powierzchniowych i podziemnych zaczęło się zmniejszać.



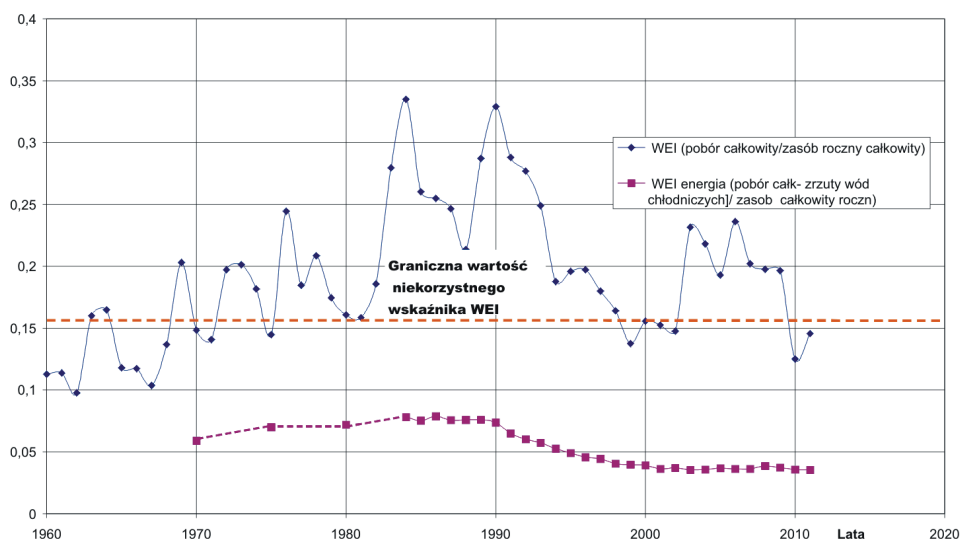
Ryc. 6. Dynamika całkowitego poboru wody przez gospodarke, na tle PKB (w cenach z 1989 roku w latach 1989-2011 wg danych GUS, opracowanie własne); ekstrapolacja przy zachowaniu tej samej tendencji

W początkowej fazie transformacji (1990-1993) nastąpił spadek wykorzystania wody i spadek PKB (Graczyk 1994), por. ryc. 6. Również ilość ścieków przemysłowych i komunalnych dochodzących do rzek ulegała systematycznemu zmniejszaniu, co wynikało z załamania przemysłu, zmniejszania masy ścieków wymagających oczyszczenia, a także z pozytywnych efektów budowy wielu oczyszczalni. Okres wzrostu PKB po roku 1992

charakteryzował się coraz wyraźniejszymi symptomami obniżania wodochłonności i ściekogenności gospodarki wynikającymi ze zmian struktury produkcji (Graczyk 1994). Zarówno producenci, jak i konsumenci, stanęli wobec konieczności przystosowania się do wzrostu kosztów i cen wody.

Na jednostkę Produktu Krajowego Brutto (1000 USD /per capita) przypada w Polsce pobór 4,5% odnawialnych zasobów wodnych brutto/per capita (Miłaszewski 2003), a więc więcej niż w wielu innych krajach europejskich. Niezbędne jest zmniejszenie tego wskaźnika przez racjonalizację zużycia wody.

Wskaźnik mierzący stosunek poboru wody do zasobów, WEI, wynosi średnio 0,2, a więc przekracza poziom krytyczny (0,16) uznany przez Europejską Agencję Środowiska (EEA) za „beztresowy”. Sytuacja pogarsza się w okresach znacznych niedoborów wody i niżówek (ryc. 7).



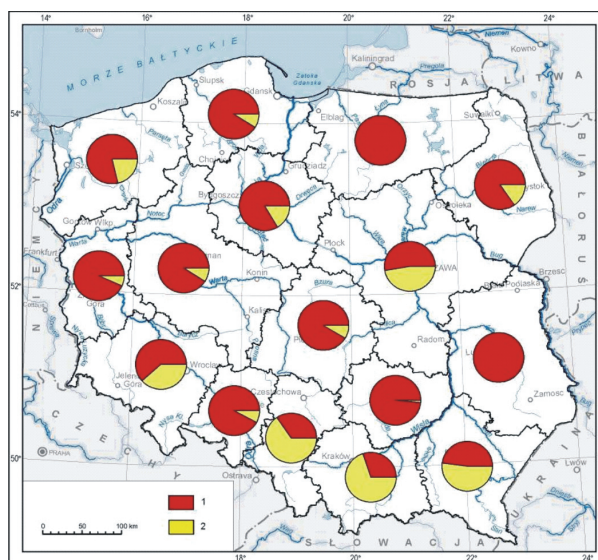
Ryc. 7. Wskaźniki poboru wody Europejskiej Agencji Środowiska (EEA) w Polsce: WEI zużycia wody (**W**ater **E**nvironment **I**ndex) oraz WEI-energia (**W**ater **E**nvironmental **I**ndex-**E**nergy) (wg danych GUS, opracowanie własne)

Roczne zapotrzebowanie na wodę o jakości wody pitnej w Polsce wynosi około 1,8 km<sup>3</sup>, co w 70% pokrywane jest z zasobów podziemnych.

Jaka była i jest wodochłonność głównych sektorów gospodarczych Polski w analizowanych latach w porównaniu z krajami UE? W roku 1994 zużycie wody w przemyśle wynosiło 69%, wobec średniej europejskiej równej tylko 53%. Zużycie wody przez sektor rolnoleśny w Polsce było niewielkie ≈11% w porównaniu z Europą (26%). Zbliżony okazał się pobór dla gospodarki komunalnej, 20%, a w Europie średnio 19%. Udział energetyki

w poborach przemysłowych w Polsce, 81%, jest porównywalny z krajami UE (70-80%). Wartość wskaźnika WEI-energia jest wysoka,  $\approx 0,04$  (ryc. 7), i wartość ta będzie rosła wraz z przewidywanym dalszym wzrostem produkcji energii elektrycznej. Pobór wody do celów komunalnych wynosi w Europie  $\approx 190 \text{ dm}^3/\text{mieszkańca}/\text{dobę}$ , natomiast w Polsce od 150 do  $300 \text{ dm}^3/\text{mieszkańca}/\text{dobę}$ . Jednocześnie warto zauważyć, że pobór wód powierzchniowych w 1994 r. na jednostkę PKB (1000 USD) wynosił w kraju  $76 \text{ m}^3$ , to jest znacznie więcej niż w innych państwach OECD ( $60 \text{ m}^3$ ). Stopień wykorzystania zasobów wodnych brutto kraju został oceniony na 19%. W latach 1999-2009 pobór wód powierzchniowych (EUROSTAT 2010) stanowił 77,3% poboru całkowitego. Wskaźnik wykorzystania zasobów wodnych WEI zmienił się z 24% w 1990r. na 18% w 2007 r., co jest tendencją korzystną. Jest to jednak więc więcej niż średnio w krajach UE (15%), por. EUROSTAT (2007).

Dokładna ocena poboru wód podziemnych nie jest możliwa. W ustawie Prawo Wodne wyróżnia się szczególne korzystanie z wód, na które wymagane jest pozwolenie wodno-prawne i rejestr poboru wody na ujęciu. Natomiast na tzw. zwykłe korzystanie z wód pozwolenie wodno-prawne nie jest wymagane i nie jest prowadzony rejestr poboru wód (Frankowski i in. 2009). Zwykłe korzystanie z wód (od 2 do  $5 \text{ m}^3/\text{dobę}$ ) obejmuje jednak setki tysięcy indywidualnych gospodarstw, dając łącznie znaczący pobór, zwłaszcza na obszarach intensywnego rolnictwa i hodowli. Wielkość ta szacowana jest na ok. 30% całkowitego poboru wód podziemnych.



Ryc. 8. Proporcje średniego rocznego poboru wody do picia w poszczególnych województwach w latach 2000-2005. 1 – wody podziemne; 2 – wody powierzchniowe.  
(Źródło: Frankowski i in. 2009)

Zmiany poboru wód podziemnych przez ujęcia przemysłowe i kopalnie w latach 1980-2005 są bardzo istotne. W tym czasie pobór wód uległ trzykrotnemu zmniejszeniu. Spadek pod koniec XX w. był wynikiem upadku wielu zakładów przemysłowych i wprowadzenia wodoszczędnych technologii, w tym obiegów zamkniętych. Od 2000 r., gdy przemysł pobierał 800 mln m<sup>3</sup>/rok, notowany jest dalszy spadek poboru wód przez ujęcia zakładowe i komunalne. Aktualnie pobór wód podziemnych przez przemysł wynosi około 220 mln m<sup>3</sup>/rok. Największy i skoncentrowany pobór wód spowodował powstanie regionalnych lejów depresji, schodzącej w przypadku odwodnień górniczych (szczególnie odkrywek kopalń węgla brunatnego) nawet kilkaset metrów poniżej pierwotnego poziomu zwierciadła wód gruntowych.

Jak pokazuje rycina 8 w trzech województwach (śląskim, małopolskim i rzeszowskim) zaopatrzenie ludności w wodę do picia jest w ponad 50% pokrywane z wód powierzchniowych. W pozostałych województwach dominuje zaopatrzenie z wód podziemnych.

Zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania (dyspozycyjne i perspektywiczne) zostały ocenione przez PIG-PIB na 15,99 mln m<sup>3</sup>/d (5,83 mld m<sup>3</sup>/r). Herlich (Strategia..., 2008) szacuje zasoby perspektywiczne z 55,9% obszaru kraju na 22,5 mln m<sup>3</sup>/d (8,2 mld m<sup>3</sup>/r), zaś per capita 1 m<sup>3</sup>/d (tabela 3). Zasoby dyspozycyjne są udokumentowane hydrogeologicznie w regionach wodno-gospodarczych, zasoby perspektywiczne oszacowano wg SNQ rzek w przekrojach kontrolowanych zlewni, są one zawyżone i tymczasowe do czasu ich weryfikacji i zatwierdzenia przez Krajową Dokumentację Hydrogeologiczną.

Można sformułować następujące wnioski odnośnie oceny wielkości zasobów wód podziemnych i ich wykorzystania.

- Sumaryczna ilość zasobów wód podziemnych możliwych do zagospodarowania wynosi łącznie około 13,9 mld m<sup>3</sup>/r., co jest wartością niższą od wartości  $18 \pm 3$  mld m<sup>3</sup>/r, przedstawionej w *Atlasie hydrogeologicznym Polski* (1993). Obecnie wykorzystuje się do zaopatrzenia około 20% zasobów wód podziemnych możliwych do zagospodarowania;
- W dorzeczu Wisły (194,4 tys. km<sup>2</sup>) oszacowano zasoby wód podziemnych możliwych do zagospodarowania na 22,2 mln m<sup>3</sup>/dobę, tj. 8,1 mld m<sup>3</sup>/r. Zasoby perspektywiczne wód podziemnych stanowią zatem 63,8%, zaś dyspozycyjne 36,2% łącznej ilości zasobów możliwych do zagospodarowania;
- W dorzeczu Odry i rzek Przymorza Zachodniego (116,9 tys. km<sup>2</sup>) wstępnie ustalone ilości zasobów wód podziemnych, możliwych do zagospodarowania, wynoszą łącznie 15,9 mln m<sup>3</sup>/dobę, co daje 5,83 mld m<sup>3</sup>/r. Zasoby perspektywiczne wód podziemnych stanowią 63,6%, zaś dyspozycyjne 36,4% łącznej ilości zasobów możliwych do zagospodarowania.

Łączne zasoby wód podziemnych można zwiększyć, sterując wymuszoną infiltracją podczas wezbrań rzek, na przykład kierując część fali wezbraniowej do suchych polderów budowanych na podłożu przepuszczalnym z głębokim horyzontem wód podziemnych.

### 5. Zagrożenia zasobów wodnych

Polska jest krajem stosunkowo ubogim w zasoby wodne. Na dodatek społeczeństwu brakuje szerszej wiedzy o deficytach wody i świadomości potrzeby oszczędzania wody.

Oszacowania wielkości zasobów, rezerw i wykorzystania (zwłaszcza wielokrotnego) wód w procesach przemysłowych np. chłodniczych, są mało dokładne. Niedoskonałe jest także monitorowanie nie tylko wielkości zasobów, ale również ich wykorzystania i strat wody w wielkich aglomeracjach miejskich oraz w procesach przemysłowych. Zagrożenia związane z nieodpowiednią ilością (zbyt mało lub zbyt dużo wody) i niedostateczną jej jakością są przedstawione szerzej w innych artykułach w tym numerze kwartalnika (odpowiednio: Kędziora i in., 2014, Romanowicz i in., 2014, Gromiec i in., 2014-ibidem).

Znaczna część obszaru kraju (Mazowsze, Kujawy, Wielkopolska, Łódzkie i Świętokrzyskie) wykazuje coraz istotniejsze dla ekosystemów zagrożenia spowodowane obniżeniem zasobów wód powierzchniowych. Obszary zagrożone deficytem ilościowym zasobów tych wód na początku lat 90. były bardzo duże, również z powodu nieodpowiedniego gospodarowania wodą w regionach. Ograniczona dostępność zasobów coraz częściej stanowi barierę rozwoju gospodarczego.

Zagrożenia wód podziemnych dotyczą ilości i jakości i są spowodowane nie tylko nadmierną eksploatacją i górniczymi odwodnieniami wyrobisk, ale także występującym na znacznie większych obszarach dopływem pozostałości nawozów, ścieków i wód zanieczyszczonych oraz niekontrolowanych przecieków paliw i substancji chemicznych.

Zagrożenie zasobów wód podziemnych występuje w sąsiedztwie zlikwidowanych zakładów przemysłowych (np. w Tarnowskich Górach). W połowie lat 70. zamknięte zostały kopalnie rud żelaza w zagłębiu kłobucko-częstochowskim. Kwaśne wody kopalniane nadal jednak wypływają w tym rejonie z dawnych otworów wiertniczych (samowypływy) i stwarzają poważne zagrożenia ekologiczne wskutek utleniania siarczków towarzyszących złożom, co obniża odczyn tych wód do poziomu poniżej  $\text{pH} < 3$ . Duże ładunki azotanów wprowadzono do warstw wodonośnych w państwowych gospodarstwach rolnych (PGR) i spółdzielniach produkcyjnych w okresie PRL, zwłaszcza tam, gdzie stosowano przemysłową hodowlę zwierząt. W wielu miastach pozostały do rekultywacji tereny po zlikwidowanych zakładach przemysłowych i ich składowiskach odpadów. Częściowo unieszkodliwiono zanieczyszczenia na terenach dawnych jednostek wojskowych Armii Czerwonej. Sukcesem natomiast zakończono likwidację tzw. mogiłników –

silosów, w których przechowywano przeterminowane środki chwasto- i owadobójcze stosowane w rolnictwie.

Każdy z wymienionych problemów został zbadany pod kątem zmian warunków hydrogeologicznych i zasobów wód podziemnych. W wyniku decyzji administracyjnych z 2010 r. ujęcia wód podziemnych utraciły strefy ochrony pośredniej, które utożsamiano z terenami ochrony zasobów eksploatacyjnych. W następstwie tych decyzji stwierdzono degradację zasobów ujęć eksploatacyjnych i zabudowę dawnych stref ochrony pośredniej ujęć. Systematycznie zwiększa się powierzchnia terenów przeznaczonych do budowy dróg, w tym autostrad i dróg ekspresowych, rozbudowywane są tereny zurbanizowane, oraz obszary wzdłuż głównych ciągów komunikacyjnych (centra handlowe, magazyny, hurtownie itp.). Obecnie następuje koncentracja zapotrzebowania na wodę, gdyż większość mieszkańców dużych wsi korzysta z grupowych (gminnych) systemów wodociągowych, których ujęcia notują rosnący pobór wód podziemnych. Rozwój obszarów wiejskich wymusza obecnie szereg nowych funkcji, jak: hodowla, usługi, turystyka, rekreacja oraz mieszkalnictwo. Bardzo wyraźnie zwiększają się obszary przedmieść wokół dużych aglomeracji. Zmiany te będą się zwiększać, co wymusi dalszy rozwój kanalizacji i oczyszczalni ścieków, budowę składowisk odpadów i spowoduje wyłączenie większego obszaru dotychczas użytkowanego rolniczo.

Zgodnie z wymaganiami Komisji Europejskiej, Polska jako kraj unijny zobowiązana jest do monitorowania stanu ilościowego wód podziemnych i składania corocznych raportów na temat ich stanu ilościowego i jakościowego. Prowadzone przez GIOŚ oceny wykazują, że zagrożenie słabym stanem wód podziemnych występuje na łącznej powierzchni ponad 44 tys. km<sup>2</sup>, co stanowi 14,2% obszaru kraju.

Dobry stan ilościowy oznacza wg Ramowej Dyrektywy Wodnej i Dyrektywy Wód Podziemnych, że ich zwierciadło znajduje się na poziomie, który gwarantuje nieprzekraczanie dostępnych zasobów przy długotrwałym poborze. Obniżenie stanu wód podziemnych nie powinno zatem przekraczać ustalonej wartości krytycznej powodującej takie zagrożenia, jak:

- niespełnienie celów środowiskowych w wyniku przerwania związku hydraulicznego wód powierzchniowych i podziemnych;
- znaczne obniżenie stanu tych wód;
- szkody w ekosystemach lądowych bezpośrednio zależnych od części wód podziemnych;
- możliwość intruzji wód słonych lub innych zmineralizowanych z podłoża lub słonych, morskich wód od strony brzegu morskiego.

Zagrożenie deficytem wód podziemnych odnosi się w 50% do płytkich i głębszych horyzontów w dorzeczu Wisły, co najwyraźniej występuje w okresie niżówek, szczególnie głębokich w obszarach nizinnych (Mazowieckie, Wielkopolskie, Świętokrzyskie).

Decydują o tym zróżnicowane warunki zasilania i niskie sumy opadów atmosferycznych, pomniejszone przez wysoką ewapotranspirację oraz wpływ cech fizycznogeograficznych zlewni. Tomaszewski (2012) podkreśla, że szczególne znaczenie posiada struktura, pojemność i dynamika zbiorników wód potamicznych strefy aktywnej wymiany i udział jezior przepływowych oraz bagien. Melioracje, alokacje, kopalnictwo odkrywkowe oraz ujęcia wód komunalnych wpływają na pobory i zrzuty ścieków do rzek, pogłębiając coraz częstsze deficyty wody (ubytki rezerw zasobów ze względu na coraz słabszą odnawialność).

### **6. Zagrożenia dla zasobów wodnych – projekcje na przyszłość**

Projekcje klimatyczne i prognozy potrzeb wodnych zmieniających się w wyniku przemian społeczno-gospodarczych nakładających się na zmiany klimatu są obciążone znaczną niepewnością. Modele klimatyczne (globalnej cyrkulacji atmosfery) oraz modele demograficzne i modele rozwoju gospodarczego nie pozwalają na uzyskanie precyzyjnych projekcji o dużej wiarygodności.

Prognoza potrzeb wodnych, jaką zawierał Projekt Narodowej Strategii Gospodarowania Wodami (2008), uwzględniała prognozę zmian ludności kraju opracowaną przez GUS (2000), gdzie stan wyjściowy ludności w roku 2011 przyjmowany był na 38,538 mln, a projekcje na lata 2020 i 2035, odpowiednio: 37,85 mln i 35,99 mln. Spadek ten można tłumaczyć niską dzietnością kobiet i emigracją za granicę.

Jak wynika z treści cytowanej „Strategii gospodarowania...” (2008), zmiany demograficzne w kraju do 2030 r. nie powinny istotnie wpływać na eksploatację i wykorzystanie zasobów wodnych. Jednak chaotyczny rozwój urbanizacji, której następstwem jest wzmocniony, niekontrolowany pobór zasobów wodnych oraz wzrost produkcji energii elektrycznej i ciepła może spowodować zmiany ustroju hydrologicznego rzek przepływających przez obszary przemysłowe, zurbanizowane i wokół miast. Silna antropopresja, prowadząca do znacznego uszczelnienia i zabudowania podłoża, uniemożliwia wsiąkanie wody w grunt i przyspiesza cykl hydrologiczny. Rośnie dominacja odpływu powierzchniowego i ewapotranspiracja wzmocniona przez efekt miejskiej wyspy ciepła. Taka sytuacja zdecyduje o dalszym wzroście wielkości potrzeb wodnych miast, a w nich gospodarki komunalnej i sanitacji oraz przemysłu.

### **Prognozy potrzeb wodnych**

Ocena ryzyka realizacji Strategii Lizbońskiej w odniesieniu do rozwoju gospodarczego Polski na tle Europy (por. Twaróg 2006) dotyczyła zużycia wody na różnych etapach rozwoju gospodarczego charakteryzowanych liczbą ludności, produktem PKB na mieszkańca oraz energochłonnością gospodarki. Takie podejście jest preferowane przez Europejską Agencję Środowiska (EEA).

Prognoza ekonomiczna długookresowych potrzeb wodnych Polski i poszczególnych województw na lata 2021-2050 oraz 2071-2100 w porównaniu z okresem referencyjnym (1998-2010) została przeprowadzona przez Instytut Badań Strukturalnych Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie dla Instytutu Kształtowania Środowiska (Strategia adaptacji Polski do zmian klimatu, 2012). Potrzeby wodne kraju oceniono w podziale na sektory gospodarcze: przemysł, energetyka, gospodarka komunalna (ludność i usługi) oraz rolnictwo. Pobór wód przez przemysł traktowano oddzielnie od potrzeb energetyki, natomiast eksploatację sieci wodociągowej oceniono na podstawie symulacji. Do generowania długookresowej prognozy wykorzystano następujące zmienne parametry wskazujące tempo wzrostu gospodarki kraju i zamożności społeczeństwa: PKB oraz wartość dodana i struktura sektorowa jej wytwarzania, zużycie energii, emisja gazów cieplarnianych, energochłonność oraz emisyjność całej gospodarki (zużycie energii i emisje przypadające na jednostkę wytworzonego PKB).

Potrzeby wodne przemysłu obniżą się (według wszystkich scenariuszy), w tempie znacznie szybszym niż w innych sektorach. Jeśli będzie następowało stopniowe przejście technologii o mniejszej wodochłonności oraz wykorzystanie zasobów będzie bardziej efektywne, zużycie wody w przemyśle do końca 2100 r. będzie malało pomimo dalszego wzrostu produkcji.

Zmiany poboru wody do celów chłodniczych w energetyce zmierzają w podobnym kierunku, jednak znaczna część urządzeń wymaga modernizacji, co wpłynie na spadek wodochłonności. Produkcja energii elektrycznej wzrasta we wszystkich rozpatrywanych scenariuszach. W wyniku stosowania nowoczesnych rozwiązań technicznych oczekuje się obniżenia jednostkowych potrzeb wodnych. Oczekuje się poprawy efektywności produkcji energii elektrycznej oraz wprowadzania zamkniętych obiegów wód chłodniczych.

Najważniejszym z punktu widzenia społecznego jest pobór wody w celu zaopatrzenia ludności miast i wsi. Prognoza tego procesu niesie wiele niepewności. Zużycie wody na mieszkańca w gospodarstwach domowych wzrasta w wyniku dwóch przeciwnych czynników: wzrostu zamożności społeczeństwa, co wpływa na dalszy wzrost popytu i lepszą dostępność do infrastruktury, oraz oszczędności (np. spowodowanej wzrostem świadomości środowiskowej i/lub wzrostem ceny wody) prowadzącej do niższych poborów wody. Oczekuje się jednak spadku potrzeb wodnych gospodarki komunalnej, spotęgowanego zmniejszaniem się liczby ludności w stosunku do okresu referencyjnego. Zmniejszenie liczby ludności wyjaśnia redukcję poboru wody w tym sektorze o 15-20% w stosunku do lat referencyjnych.

Jak należało przypuszczać, rolnictwo jest sektorem o największych potrzebach wzrostu o 25-30% do lat 2021-2050 oraz o 40-125% do lat 2071-2100. Potrzeby wodne rolnictwa wykazują trwałą tendencję wzrostową. Spadek wodochłonności rolnictwa w przeliczeniu na jednostkę PKB będzie zależny od postępu technicznego. Rolnictwo



polskie jest aktualnie mało wodochłonne w porównaniu z innymi krajami UE, ale można przyjąć hipotezę, że nastąpi efektywny rozwój powodujący zwiększenie zużycia wody. W końcu lat 30. XXI w. wzrost gospodarczy w rolnictwie będzie jednak mniejszy niż zmiana PKB. Następnie w latach 50. nastąpi spowolnienie tempa spadku zużycia wody na jednostkę produkcji, a struktura demograficzna wpłynie na jego stabilizację.

Tendencja zużycia wód powierzchniowych i podziemnych w gospodarce narodowej jest pochodną wzrostu gospodarczego oraz wodochłonności. Należy założyć, że zużycie wody będzie stopniowo malało. Można spodziewać się wzrostu nawodnień rolnych w celu przeciwdziałaniu suszom. Objętość poboru wody wzrośnie, a tym samym zwiększy się ewapotranspiracja i parowanie potencjalne w okresie wegetacji. Przewiduje się ponadto wzrost lesistości do 30%, a nawet 33% w 2050 r., jednak bez specjalnych nawodnień.

Potrzeby wodne gospodarki komunalnej do 2030 r. są związane ze wzrostem ( $\approx 5\%$ ) zużycia wody na obszarach zurbanizowanych, zwłaszcza aglomeracjach miejsko-przemysłowych. Łączne pobory na gospodarkę komunalną, przemysł i rolnictwo w 2030 r. szacowane są na tym samym poziomie co obecnie ( $\approx 11,1$  mld m<sup>3</sup>).

#### *Ograniczenia wykorzystania zasobów wodnych wynikające z ochrony przyrody*

Przyjęcie koncepcji ekorozwoju i nowej polityki ekologicznej państwa po 1989 r., w szczególności wstąpienie Polski do UE, spowodowało silną ekologizację gospodarki wodnej. Miało to przełożenie w dokumentach, a częściowo – w działaniach. Dało się jednak zauważyć wyraźnie przewartościowanie założeń teoretycznych, a także gospodarki wodnej jako nauki. W nowym ujęciu Kundzewicz (2000) zwraca uwagę na poszukiwanie „negalitrow” (woda zaoszczędzona) traktowanych równorzędnie – lub nawet priorytetowo – wobec poszukiwania „megalitrow” (woda do użytku). Konieczność zaspokojenia potrzeb wodnych ekosystemów stanowi istotny cel gospodarowania zasobami wodnymi i będzie silnie warunkować możliwości realizacji innych potrzeb wodnych (Strategia..., 2008). Do pełnej ekologizacji gospodarki wodnej w kraju konieczne jest zapewnienie dobrej kondycji środowiska przyrodniczego na obszarach prawnie chronionych, których liczba i powierzchnia stopniowo wzrasta. Obecnie łączna liczba obszarów chronionych wynosi około 44 tys. Parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu, i obszary Natura 2000 zajmują, odpowiednio, 8,1%, 22,5% oraz 20% powierzchni kraju. A zatem tylko te trzy kategorie obszarów chronionych zajmują ponad połowę całej powierzchni Polski.

Istniejące oraz planowane obszary chronione będą wymagać zapewnienia odpowiednich zasobów wodnych, aby zagwarantować funkcjonowanie dolin rzecznych oraz innych obszarów występowania ekosystemów wodnych i od wody zależnych oraz właściwą ochronę korytarzy ekologicznych. Dotyczy to wszystkich cieków i ich dolin, zarówno na obszarach chronionych, jak i poza nimi. W takim ujęciu realizacja celów ochrony przyrody może w znacznym stopniu ograniczać inwestycje na obszarach chronionych,

zwłaszcza tam, gdzie w obliczu zachodzących zmian klimatycznych wzrośnie zagrożenie suszą lub powodzią.

#### *Prognozy zagrożeń zasobów wodnych wynikające ze zmian klimatu*

Dotychczasowe projekcje zmian klimatu przewidują dla Polski wzrost temperatury powietrza (we wszystkich sezonach, według wszystkich modeli). Projekcje przewidują do końca XXI w. wzrost temperatury średniej rocznej o 3-3,5 °C, wzrost temperatury zimy o 3,5-5 °C, a lata o 3-3,5 °C. Projekcje zmian opadów są znacznie trudniejsze i zależą w istotny sposób od scenariusza emisji gazów cieplarnianych, ale także od przyjętego modelu klimatycznego (Graczyk 2013, Kundzewicz 2013). Dla okresu letniego (czerwiec-sierpień) tylko niektóre modele przewidują wzrost opadów (inne – obniżenie). W zimie (grudzień-luty) wszystkie rozważane modele zgodnie przewidują kierunek (choć nie amplitudę) zmian – wzrost opadów, przy czym wzrośnie częstość opadów deszczu w zimie, a zmaleje częstość opadów śniegu. Projekcje wskazują na skrócenie okresu zalegania pokrywy śnieżnej oraz zmniejszenie jej grubości. Zmniejszenie częstości występowania pokrywy śnieżnej przewidywane jest nie tylko na nizinach, ale także w górach, zwłaszcza na niższych wysokościach n.p.m. Wymienione zmiany klimatyczne będą raczej niekorzystnie wpływały na wielkość zasobów wodnych oraz ich rozkład czasowy i przestrzenny, pogarszając dostępność i ograniczając dyspozycyjność zarówno wód powierzchniowych, jak i podziemnych.

Przewidywane zmiany elementów klimatu mogą prowadzić do przekształcenia obiegu wody w zlewni i zmniejszenia zasobów wodnych oraz zmian struktury bilansu wodnego. W perspektywie najbliższych dziesięcioleci przewiduje się wzrost zagrożenia pogłębionymi niżówkami, co odbije się na zmniejszeniu zasobów wód płynących i ograniczeniu zasobów wód podziemnych. W zlewniach nizinnych zwiększy się ewapotranspiracja kosztem zmniejszenia zasobów wodnych. Prognozowane zmiany klimatyczne mogą zatem spowodować wzrost częstotliwości i zasięgu susz, które grożą wystąpieniem dotkliwych strat w rolnictwie i leśnictwie, ekosystemach i środowisku przyrodniczym. Potrzebne są działania w kierunku łagodzenia ich przyszłych skutków. Spodziewane zmiany wielkości zasobów wodnych prowadzą do obniżenia stopnia zaspokojenia potrzeb wodnych ludności i przyrody, zwiększonego występowania skażeń wody przeznaczonej dla zaopatrzenia ludności, okresowych lokalnych deficytów wody do zaopatrzenia ludności oraz okresowych niedoborów wody do nawodnień w rolnictwie i leśnictwie.

Przyspieszenie cyklu hydrologicznego może prowadzić do coraz częściej powtarzających się zjawisk ekstremalnych związanych z wodą – zarówno susz, jak i powodzi. Aby ograniczyć ryzyko powodziowe, potrzebna jest rozbudowa systemów retencji w drodze budowy stopni piętrzących, suchych polderów i rozwój „małej retencji” wód opadowych. Prawie 16% powierzchni Lasów Państwowych w kraju (1430 tys. ha) ma formalny status „lasów wodochronnych” i zapewne obszary te ulegną powiększeniu w związku z ustana-

wianiem nowych terenów prawnie chronionych, jak parki narodowe, obszary NATURA 2000, rezerваты i ostoje zwierząt.

## **7. Podsumowanie i wnioski**

Zasoby wód powierzchniowych i podziemnych Polski cechują się znaczącą zmiennością czasową (z okresowymi nadmiarami i deficytami) oraz zróżnicowaniem przestrzennym. W analizowanych latach 1946-2011 wyraźnie zmieniały się proporcje wykorzystania zasobów wodnych przez sektory.

Coraz częściej ujawniają się niżówki rzek. Z projekcji na przyszłość wynika, że można oczekiwać bardziej głębokich susz, które będą obejmować coraz większe obszary regionu nizin środkowopolskich. W perspektywie globalnego ocieplenia klimatu skutkującego pogłębieniem okresowych deficytów wód powierzchniowych i podziemnych, trzeba będzie sięgać do coraz głębszych zbiorników wód podziemnych (o lepszej jakości), co pociągnie za sobą wzrost kosztów pozyskania i ceny wody. W kontekście prognozy demograficznej można spodziewać się, że wskaźniki zasobów wodnych na mieszkańca nie powinny ulec znacznym zmianom.

Przejściowość klimatu Polski i dynamika warunków meteorologicznych sprawia, że ocena zmian zasobów wodnych w przewidywanych warunkach globalnych zmian klimatu jest trudna. Wysoka niepewność projekcji opadów i odpływu rzecznoego, zależna od scenariusza emisji, ale także od zastosowanego modelu, uniemożliwia postawienie prognoz o wysokiej wiarygodności. Projekcje pokazują różne tendencje i intensywności zmian symulowane przez różne modele klimatyczne, zarówno w skali kraju, jak też poszczególnych regionów, województw i pojedynczych zlewni.

Podsumowując, efektywność długofalowych prognoz klimatycznych i scenariuszy ekonomicznych związanych z oceną zagrożeń wielkości zasobów wodnych (wpływających na podejmowanie decyzji gospodarczych) zależy od możliwości zmniejszenia niepewności odnośnie do kierunku oszacowania i zakresu zmian. Zmiany zasobów wód powierzchniowych i podziemnych kraju, które mogą nastąpić (por. Strategia 2008, 2012), mieszczą się w granicach wyznaczonych przez naturalną zmienność obiegu wody, kształtowaną przez opady i parowanie terenowe, decydujące o wielkości odpływu rzek. Jak wcześniej pokazali Gutry-Korycka (1996, 1997) i Kaczmarek (1996), odpływ najniższy rzek nizinnych jest znacznie bardziej wrażliwy na zmiany globalne klimatu niż rzek charakteryzujących się dużą zmiennością odpływu (karpackich, sudeckich) oraz rzek pojeziernych i wyżynnych (w tym krasowych) z dużym udziałem składowej retencji, zarówno powierzchniowej, jak też podziemnej.

Zasoby dyspozycyjne wód podziemnych o najwyższej jakości powinny być objęte coraz większą ochroną i pozostawione jako rezerwa wód pitnych. Jest to szczególnie ważne w kontekście powolnej odnawialności głębokich wód podziemnych. W perspek-

tywie należy poddać jeszcze ściślejszej ochronie zasoby nienaruszalne rzek, które ulegać będą coraz głębszym deficytom, zaś horyzonty wodonośne o najwyższej czystości nie mogą być eksploatowane bardziej niż ich możliwości realimentacyjne.

Reasumując, zasoby wód powierzchniowych są stale narażane na negatywne zmiany pod wpływem antropopresji. Zabiegi prowadzące do poprawy oszczędności, zmniejszenia wodochłonności, racjonalnego wykorzystania oraz recyklingu wody są bardzo ważne. Najbardziej nabrzmiałym problemem był stale utrzymujący się w Polsce do końca lat 90. wysoki pobór wody i zrzuty punktowe zanieczyszczonych wód do rzek. Z punktu widzenia ekonomicznego istotne jest ograniczenie wodochłonności procesów produkcyjnych i potrzeb komunalnych. Ochrona zasobów wodnych powinna zmierzać do ograniczenia nadmiernej eksploatacji i wodochłonności, tak by nie przekraczać możliwości naturalnej odnawialności. Eksploatacja powinna zachowywać dopuszczalne normy. Nie powinny być osiągane, ani tym bardziej przekraczane, wartości krytyczne (progowe) groźne dla życia ekosystemów roślinnych i zwierzęcych rzek oraz szczególnie wrażliwych na niżówki źródeł, jezior i mokradeł.

Wody mamy w Polsce dość mało i trudno ją magazynować w zbiornikach, gdyż większość kraju zajmują niziny i twory porowe o dużej przepuszczalności. Dla stworzenia dużego sztucznego zbiornika zaporowego należałoby więc zalać wodą wielki obszar, a to spowodowałoby ogromną ingerencję w środowisko. Można jednak, i trzeba, lepiej i oszczędniej wodą gospodarować. Widać to na przykładzie Izraela, gdzie na jednego mieszkańca przypada niemal siedem razy mniej wody niż na statystycznego Polaka. A jednak ludzie potrafią sobie tam radzić, powszechnie stosując recykling wody. Woda np. z umywalki czy z płukania w pralce, która u nas kierowana jest do oczyszczalni, tam jest wielokrotnie wykorzystywana. Innym przykładem do naśladowania jest Japonia, gdzie uzyskano bardzo wysoki wzrost efektywności użycia wody. W ciągu kilku dekad woda podróżowała dla dużych odbiorców o dwa rzędy wielkości, co stymuluje zamykanie obiegów wody przez zakłady przemysłowe. Oszczędność wody bardzo się tam opłaca. Gospodarka i społeczność Polski powinny być w pełni świadome zagrożeń w odniesieniu do zasobów wodnych i ich przyszłości.

## Literatura

- Atlas Hydrogeologiczny Polski* (1993) red. Paczyński B., Wydawnictwo PIG, Warszawa.
- EUROSTAT [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/index.php/Water\\_statistics](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Water_statistics)
- Frankowski Z., Gałkowski P., Mitrega J. (2009) *Struktura poboru wód podziemnych w Polsce*. Wyd. PIG-PIB. Warszawa, str. 162.
- Graczyk A. (1994) *Zmiany wodochłonności i ściekogenności gospodarki polskiej w okresie transformacji systemowej*. Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji „Ekonomika zasobów wodnych i ochrony wód” Warszawa, str. 131-140.
- Graczyk D. (2013) *Warunki temperaturowe Polski w zmieniającym się klimacie Europy*. Rozpr. doktorska, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.

- Gutry-Korycka M. (1996) *Długookresowe tendencje elementów obiegu wody w zlewni w istniejących i w przewidywanych warunkach zmian globalnych klimatu* [w:] M. Gutry-Korycka, red., *Studia nad wpływem globalnych zmian klimatu na obieg wody*. Wydział Geografii i Studiów Regionalnych UW, Warszawa, str. 159.
- Gutry-Korycka M. (1997) *Próba oceny odpływu rzek polskich w XXI wieku*. Annales UMCS, vol. LII, 8, Sectio B, Lublin, str. 123-132.
- Herbich P., Dąbrowski S., Nowakowski Cz. (2003) *Ustalenie zasobów perspektywicznych wód podziemnych w obszarach Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej*. (Raport końcowy). Niepublikowany, Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa.
- Hebrich P., Przytuła E. (2012) *Bilans wodno-gospodarczy wód podziemnych z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi w dorzeczu Wisły*, Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa, str. 123.
- Jaworska B., Szuster A., Utrysko B. (2008) *Hydraulika i Hydrologia*, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa, str. 141.
- Jokiel P. (2004) *Zasoby wodne środkowej Polski na progę XXI wieku*. Wyd. UŁ, Łódź, str. 114.
- Kaczmarek Z. (1996) *Wpływ niestacjonarności globalnych procesów geofizycznych na zasoby wodne Polski*. Monografie KGW PAN, Oficyna Wyd. PW, z. 12, str. 96.
- Kożuchowski K. (2003) *Cyrkulacyjne czynniki klimatu Polski*. Czasopismo Geograficzne 731-2, str. 93-105.
- Kundzewicz Z.W. (2000) *Gdyby mała wody miarka. Zasoby wodne dla trwałego rozwoju*. PWN, Warszawa.
- Kundzewicz Z.W. (2013) *Cieplejszy świat, Rzecz o zmianach klimatu*. ss. 159, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Małecki J. red. (2011) *Ocena stanu chemicznego i ilościowego jednolitych części wód podziemnych w 2010 r.*, Biblioteka Monitoringu Środowiska. IOŚ. Warszawa.
- Mapa hydrogeologiczna Polski 1: 50 000, 1996-2002, Państwowy Instytut Geologiczny.
- Michalczyk Z., Paszczyk J. (2011) *Changes in components to the water balance in the basins of the Vistula and Odra, 1901-2000*. Czasop. Geograf. nr 82, str. 49-68.
- Miłaszewski R. (1993) *Ochrona wód* [w:] *Interdyscyplinarne podstawy ochrony środowiska przyrodniczego*, red. Prandecka B., Ossolineum, Wrocław.
- Miłaszewski R. (2003) *Zastosowanie modeli decyzyjnych w programowaniu inwestycji ochrony wód*. Wyd. IMGW, Warszawa, str. 76.
- Ochrona Środowiska, 1961-2008*, GUS Warszawa.
- Ochrona Środowiska, 2009-2012*, GUS Warszawa.
- Projekt Narodowej Strategii Gospodarowania Wodami 2030 (z uwzględnieniem etapu 2015), (2008) red. Kindler J. i in. PROEKO CDM, Warszawa; on-line.
- Stan i wykorzystanie zasobów wód powierzchniowych Polski* (1996), Wyd. IMGW, str. 52.
- Strategia adaptacji Polski do zmian klimatu w zakresie sektora „Zasoby i gospodarka wodna”*, (2012), Osuch M., Kindler J., Romanowicz R.J., Berbeka K., Banrowska A., Ekspertyza IKŚ, Warszawa. [http://www.portfel.pl/pl/ekologia/arttykul/54/15753/strategia-adaptacja\\_do\\_zmian\\_klimatu](http://www.portfel.pl/pl/ekologia/arttykul/54/15753/strategia-adaptacja_do_zmian_klimatu).
- Strategia gospodarki wodnej* (2006) Ministerstwo Środowiska, Warszawa, on line.
- Szelągowski Z. (1985) *Ekonomia gospodarki wodnej*, PWE, Warszawa, str. 220.
- Tomaszewski E. (2012) *Wieloletnia i sezonowa dynamika niszówek w rzekach środkowej Polski*, Wyd. UŁ, Łódź, str. 264.

- Twaróg B. (2006) *Ocena ryzyka realizacji Strategii Lizbońskiej w kontekście rozwoju gospodarczego Polski*. Mat. XVI Ogólnopolskiej Szkoły Naukowej Gospodarki Wodnej, Paszków 26-27, 2006, str. 132-154.
- Wibig J. (2001) *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na rozkład przestrzenny anomalii temperatury i opadów w Europie*. Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, str. 208.
- Wody europejskie: Ocena oparta na wskaźnikach*. Podsumowanie, 2003, Europejska Agencja Środowiska, EEA, Copenhagen.
- [http://www.eea.europa.eu/pl/publications/report\\_2003\\_0617\\_150910](http://www.eea.europa.eu/pl/publications/report_2003_0617_150910).

### Water resources and their use

This contribution reviews surface and ground water resources of Poland and their use, with focus on their spatial and temporal distribution. Geographic background of freshwater resources in Poland is discussed. Water resources assessment is reported, with particular focus on renewable freshwater resources. Water use in various economic sectors is discussed, therein municipal, agricultural, and industrial water use. Water use in energy sector is also examined, including non-consumptive water use. Long-term variability of water resources and their use is illustrated. Projections for the future are presented, accounting effects of climate change (anthropogenic global warming caused by enhanced greenhouse gas emissions, demographic changes and prospective needs of major economic sectors).

**Key words:** water resources, water use, surface water, ground water, variability, projections of change