

IZABELA GODYŃ*

ANALIZA WYKORZYSTANIA ZASOBÓW WODNYCH
WOJEWÓDZTWA ŚLĄSKIEGO Z ZASTOSOWANIEM
MODELOWANIA INPUT-OUTPUTWATER USE ANALYSIS IN SILESIA VOIVODSHIP
USING AN INPUT-OUTPUT MODEL

Streszczenie

W artykule zaproponowano wykorzystanie modelowania input-output do sporządzania oceny wodochłonności gospodarki. Przedstawiono koncepcję oceny wodochłonności gospodarki na podstawie analizy pośredniego zużycia wody w poszczególnych sektorach gospodarki. Dla potrzeb analizy wodochłonności gospodarki województwa śląskiego opracowano regionalny model *input-output*, stosując technikę ilorazu lokacyjnego.

Słowa kluczowe: zarządzanie zasobami wodnymi, analiza input-output, zapotrzebowanie na wodę, województwo śląskie

Abstract

In the paper an input-output modeling is proposed for working out an assessment of water use of the economy. It is presented the conception of the assessment of water requirements of the economy on the basis of an analysis of the indirect water use. For the purpose of water use analysis for Silesian voivodship the regional input-output model is carried out by using location quotient technique.

Keywords: water resources management, input-output analysis, water demand, Silesian voivodship

* Dr inż. Izabela Godyń, Instytut Inżynierii i Gospodarki Wodnej, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Celem zarządzania zasobami wodnymi, zgodnie z ustawą prawo wodne, jest m.in. zapewnienie odpowiedniej ilości i jakości wody dla ludności, rolnictwa i przemysłu oraz ochrona zasobów wodnych przed zanieczyszczeniem oraz niewłaściwą lub nadmierną eksploatacją. Większość zadań związanych z zarządzaniem zasobami wodnymi jest powierzona dwuszczeblowej władzy wodnej działającej na obszarach hydrograficznych: Prezesowi Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej oraz dyrektorom 7 regionalnych zarządów gospodarki wodnej. Jednym z najistotniejszych narzędzi zarządzania, które umożliwiają wykonywanie powierzonych im zadań i prowadzą do racjonalnego gospodarowania zasobami wodnymi, jest planowanie w gospodarowaniu wodami.

Sporządzane dokumenty planistyczne (m.in. program wodno-środowiskowy kraju, plany gospodarowania wodami na obszarze dorzeczy i warunki korzystania z wód regionu wodnego oraz dodatkowe dokumentacje i analizy, takie jak identyfikacja i ocena oddziaływań antropogenicznych, analizy ekonomiczne) powinny prowadzić do zdefiniowania stanu obecnego zasobów i potrzeb wodnych, ustalenia celów perspektywicznych oraz działań umożliwiających ich osiągnięcie.

Analiza obecnego i prognozowanego korzystania z zasobów wodnych powinna obejmować ocenę istotności zasobów wodnych dla rozwoju ekonomicznego i socjoekonomicznego regionu wodnego m.in. poprzez ocenę wodochłonności kluczowych sektorów gospodarki oraz opracowanie prognoz dotyczących użytkowania wody dla poszczególnych rodzajów użytkowników wody.

W artykule przedstawiono propozycję oceny wodochłonności gospodarki województwa śląskiego¹ z zastosowaniem regionalnego modelu *input-output* rozbudowanego ekologicznie o dane dotyczące poborów wód powierzchniowych i podziemnych oraz zrzutów ścieków oczyszczonych i nieoczyszczonych. Analiza wodochłonności gospodarki oparta na modelu *input-output* rozszerza analizę wielkości poborów wody o analizę tzw. zużycia pośredniego wody, które obrazuje pośrednie zużycie wody w produktach innych sektorów wykorzystywanych w produkcji własnej danego sektora. W ten sposób można ocenić wpływ wszystkich sektorów na globalny pobór gospodarki oraz zwrócić uwagę na rozwój sektorów, które same nie ujmują wód, ale poprzez powiązania w łańcuchu produkcji powodują wzrost poborów w innych sektorach dostarczających im półproduktów, materiałów, energii elektrycznej itd.

Niniejszy artykuł został wykonany w ramach projektu naukowego GENESIS (<http://www.thegenesisproject.eu>), finansowanego przez Komisję Europejską, nr umowy 7FP 226536. Celem projektu GENESIS jest stworzenie efektywnych koncepcji, metod i narzędzi do lepszego zarządzania zasobami wód podziemnych.

¹ Analiza jest prowadzona dla obszaru województwa śląskiego, ponieważ na jego terenie leży obszar testowy zgłoszony do projektu GENESIS – główny zbiornik wód podziemnych nr 326 Częstochowa.

2. Modelowanie input-output

2.1. Klasyczny model input-output

Podstawy teoretyczne analizy przepływów międzygałęziowych (tzw. *input-output analysis*) stworzone zostały przez W. Leontiefa (w 1941 r.). Analizy te opierają się na macierzach zależności pomiędzy sektorami gospodarki. W tablicy przepływów gałęziowych wyróżnia się dla danego roku produkcję x_i poszczególnych sektorów gospodarki ($i = 1, \dots, n$) w rozbięciu na zużycie pośrednie w gałęziach x_{ij} i zużycie końcowe y_i (przez gospodarstwa domowe, sektor rządowy oraz akumulację i eksport).

Klasyczny model *input-output* Leontiefa najczęściej jest przedstawiany równaniem w zapisie macierzowym:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{y} \quad (1)$$

gdzie:

- \mathbf{x} – wektor ($n \times 1$) produkcji globalnej we wszystkich gałęziach,
- \mathbf{I} – macierz jednostkowa,
- \mathbf{A} – macierz ($n \times n$) współczynników produktywności a_{ij} (wyznaczanych jako $a_{ij} = x_{ij}/x_i$, gdzie: x_i – produkcja globalna w gałęzi i ; x_{ij} – zużycie pośrednie produktów gałęzi i przez gałąź j),
- \mathbf{y} – wektor ($n \times 1$) zużycia końcowego we wszystkich gałęziach.

2.2. Rozbudowany model input-output – model ekonomiczno-ekologiczny

Do analiz ekonomiczno-środowiskowych rozbudowuje się tablice przepływów międzygałęziowych o dane o zużyciu zasobów naturalnych oraz o wytwarzanych zanieczyszczeniach [11]. Najszersze zastosowania rozbudowanych ekologicznie macierzy dotyczyły modelowania wpływu gospodarki na zanieczyszczenia powietrza. Badania takie podejmowali na świecie: jako pierwszy J. Cumberland w 1966 r. oraz w 1970 r. sam autor teorii analizy *input-output* W. Leontief (za Ł. Tomaszewicz [13]). Analizy dotyczące zużycia wód w gospodarce, powiązań między sektorami gospodarki w kategorii zużycia wody oraz prognozowania wodochłonności są licznie prezentowane w literaturze, m.in. przez prace Dietzenbachera [2], Duarte'a [3], Guana [6], Lenzena [9]. W Polsce rozszerzeniem modelu *input-output* o rachunki dotyczące wpływu gospodarki na środowisko zajmował się m.in. Plich [11], który zbudował model ekonomiczno-ekologiczny uwzględniający zużycie paliw i produkcję zanieczyszczeń gazowych, Kiwiła i Śleszyński [8], którzy modelowali efekty ekologicznej reformy podatkowej (wprowadzenie podatku za siarkę) oraz autorka niniejszego artykułu na potrzebę analizy wodochłonności i budowy prognoz zapotrzebowania na wodę poszczególnych gałęzi polskiej gospodarki [4, 5].

Rozbudowa macierzy *input-output* polega na dodaniu wierszy obrazujących zużycie dóbr środowiskowych i/lub kolumn obrazujących produkcję zanieczyszczeń przez poszczególne sektory gospodarki.

$$Z_k = \sum_{j=1}^n Z_{kj} = Z_{k1} + Z_{k2} + \dots + Z_{kn} \quad (2)$$

gdzie:

Z_k – zużycie k -tego dobra środowiskowego (lub emisja k -tego zanieczyszczenia) przez całą gospodarkę,

Z_{kj} – zużycie k -tego dobra środowiskowego (lub emisja k -tego zanieczyszczenia) przez j -tą gałąź gospodarki.

Tabela 1

Schemat rozbudowanej ekologicznie tablicy input-output [11]

Produkty		Kierunki wykorzystania		Miejsce przeznaczenia				zuzycie koncowe	Produkt globalny
				zuzycie posrednie					
				sektory					
				1	2	...	n		
Miejsce pochodzenia	sektory	1	x_{11}	x_{12}	y_1	x_1	
		2	x_{21}	x_{22}	y_2	x_2	
		
		n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{nn}	y_n	x_n	
		wartość dodana	v_1	v_2	...	v_n	y	x	
Produkt globalny			x_1	x_2	...	x_n	x		
Zużycie dóbr ekologicznych/Emisja zanieczyszczeń									
1	woda	Z_{11}	Z_{12}	...	Z_{1n}	Z_1			
2	paliwa	Z_{21}	Z_{22}	...	Z_{2n}	Z_2			
3	ścieki	Z_{31}	Z_{32}	...	Z_{3n}	Z_3			
4	gazy cieplarniane	Z_{41}	Z_{42}	...	Z_{4n}	Z_4			
...			
k	k -te dobro/zanieczyszczenie	Z_{k1}	Z_{k2}	...	Z_{kn}	Z_k			
...			

Modelowanie opiera się na wyznaczeniu współczynników zużycia b_{kj} dóbr środowiskowych w przeliczeniu na jednostkę pieniężną produkcji j -tej gałęzi gospodarki.

$$b_{kj} = \frac{Z_k}{x_j} \quad (3)$$

Globalne zużycie (lub całkowita emisja) może być zapisana w zależności od produkcji globalnej lub – korzystając z zapisu (1) – można wyznaczyć zależność zużycia dóbr środowiskowych od zużycia końcowego produkcji gospodarki:

$$\mathbf{z} = \mathbf{Bx} = \mathbf{B}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{y} \quad (4)$$

gdzie:

- B** – macierz $(k \times n)$ współczynników zużycia b_{kj} poszczególnych k dóbr przez n sektorów,
- z** – wektor $(k \times 1)$ zużycie k dóbr środowiskowych (lub emisji k zanieczyszczeń) przez całą gospodarkę,
- x** – wektor $(n \times 1)$ produkcji globalnej dla n gałęzi gospodarki,
- I** – macierz jednostkowa $(n \times n)$,
- $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ – macierz Leontiefa,
- y** – wektor $(n \times 1)$ zużycia końcowego dla n gałęzi gospodarki.

Wyrazy macierzy $\mathbf{B}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ przedstawiają, dla poszczególnych gałęzi gospodarki, wartość, o jaką wzrośnie globalne zużycie k -tego dobra środowiskowego przy wzroście popytu finalnego na produkty j -tej gałęzi o jedną jednostkę. Macierz ta jest również nazywana macierzą **globalnego zużycia** będącego sumą **zużycia bezpośredniego** (dóbr zużytych do produkcji własnej) i **zużycia pośredniego** (dóbr zużytych pośrednio poprzez wykorzystanie produktów innych gałęzi).

Równanie (4) daje wartości sumaryczne zużycia globalnego dla całej gospodarki. Do analizy globalnego zużycia poszczególnych dóbr środowiskowych w poszczególnych gałęziach gospodarki można wyznaczyć wektory zużycia globalnego wg równania [6]:

$$\mathbf{u} = \hat{\mathbf{b}}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{y} \quad (5)$$

gdzie:

- u** – wektor $(n \times 1)$ zużycie globalne dobra środowiskowego przez n sektorów,
- b** – wektor współczynników zużycia b_j dobra środowiskowego przez n sektorów,
- $\hat{}$ – przekształcenie wektora w macierz diagonalną, elementy wektora są ułożone na przekątnej macierzy,
- $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ – macierz Leontiefa,
- y** – wektor $(n \times 1)$ zużycia końcowego dla n gałęzi gospodarki.

2.3. Budowa regionalnego modelu Leontiefa

Modelowanie gospodarki w podziale na sektory na poziomie regionalnym jest trudne, ponieważ nie ma badań statystycznych dotyczących powiązań między sektorami gospodarki w skali regionu czy województwa, a jedynie na poziomie całego kraju. Jedną z częściej stosowanych metod modelowania regionalnej gospodarki jest szacowanie współczynników regionalnych na podstawie znanych zależności krajowych, określonych w tablicach przepływów międzygałęziowych dla całej gospodarki oraz pewnych informacji regionalnych [13]. Metoda budowy modelu regionalnego opiera się na podzieleniu gospodarki na dwie części – badanego regionu (1) i reszty kraju (2).

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11} & \mathbf{A}_{12} \\ \mathbf{A}_{21} & \mathbf{A}_{22} \end{bmatrix} \quad (6)$$

gdzie:

- \mathbf{A}_{11} – macierz współczynników produkcji w regionie (1),
- \mathbf{A}_{22} – macierz współczynników produkcji w reszcie kraju (2),
- \mathbf{A}_{12} – macierz przepływów z regionu (1) do reszty kraju (2),
- \mathbf{A}_{21} – macierz przepływów z reszty kraju (2) do regionu (1).

Analogicznie można przedstawić wektory produkcji globalnej i popytu finalnego:

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{y} = \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

gdzie:

- $\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2$ – wektor produkcji globalnej w regionie (1) i reszcie kraju (2),
- $\mathbf{y}_1, \mathbf{y}_2$ – wektor popytu finalnego w regionie (1) i reszcie kraju (2).

Przy oznaczeniach jak wyżej model można zapisać równaniem:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{x}_1 \\ \mathbf{x}_2 \end{bmatrix} = \left(\begin{bmatrix} \mathbf{I} & 0 \\ 0 & \mathbf{I} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11} & \mathbf{A}_{12} \\ \mathbf{A}_{21} & \mathbf{A}_{22} \end{bmatrix} \right)^{-1} \begin{bmatrix} \mathbf{y}_1 \\ \mathbf{y}_2 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Macierze współczynników można przedstawić jako:

$$\begin{aligned} \mathbf{A}_{11} &= \hat{c}_1 \mathbf{A} & \mathbf{A}_{12} &= (I - \hat{c}_2) \mathbf{A} \\ \mathbf{A}_{22} &= \hat{c}_2 \mathbf{A} & \mathbf{A}_{21} &= (I - \hat{c}_1) \mathbf{A} \end{aligned} \quad (9)$$

gdzie:

$$\begin{aligned} a_{ij(11)} &= \hat{c}_1 a_{ij} & a_{ij(12)} &= (I - \hat{c}_2) a_{ij} \\ a_{ij(22)} &= \hat{c}_2 a_{ij} & a_{ij(21)} &= (I - \hat{c}_1) a_{ij} \end{aligned} \quad (10)$$

(oznaczenia w nawiasach dolnych wskazują, do której macierzy należy współczynnik a_{ij}).

Współczynniki \hat{c}_1 oraz \hat{c}_2 zwykle nie są znane i muszą być szacowane. Jedną z metod szacowania jest metoda tzw. ilorazu lokacyjnego (za Ł. Tomaszewicz [13]). Iloraz lokacyjny $LQ_{i(1)}$ jest ilorazem charakteryzującym udział produkcji globalnej sektora i w produkcji globalnej w regionie (1) w stosunku do udziału sektora w produkcji całej gospodarki:

$$LQ_{i(1)} = \frac{x_{i(1)}}{x_{(1)}} \bigg/ \frac{x_i}{x} \quad (11)$$

Wykorzystując iloraz lokacyjny, oblicza się wartości współczynników \hat{c}_1 oraz \hat{c}_2 :

$$\hat{c}_1 = \begin{cases} 1 & \text{gdy } LQ_{i(1)} \geq 1 \\ LQ_{i(1)} & \text{gdy } LQ_{i(1)} < 1 \end{cases}$$

oraz analogicznie:

$$\hat{c}_2 = \begin{cases} 1 & \text{gdy } LQ_{i(1)} \geq 1 \\ LQ_{i(2)} & \text{gdy } LQ_{i(1)} < 1 \end{cases} \quad (12)$$

Stąd po podstawieniu do (9) otrzymujemy:

$$\begin{aligned} a_{ij(11)} &= a_{ij} \quad \text{oraz} \quad a_{ij(21)} = 0 && \text{gdy} \quad LQ_{i(1)} \geq 1 \\ a_{ij(11)} &= LQ_{i(1)} a_{ij} \quad \text{oraz} \quad a_{ij(21)} = (1 - LQ_{i(1)}) a_{ij} && \text{gdy} \quad LQ_{i(1)} < 1 \end{aligned}$$

oraz analogicznie:

$$\begin{aligned} a_{ij(22)} &= a_{ij} \quad \text{oraz} \quad a_{ij(12)} = 0 && \text{gdy} \quad LQ_{i(2)} \geq 1 \\ a_{ij(22)} &= LQ_{i(2)} a_{ij} \quad \text{oraz} \quad a_{ij(12)} = (1 - LQ_{i(2)}) a_{ij} && \text{gdy} \quad LQ_{i(2)} < 1 \end{aligned} \quad (13)$$

Wzory (13) pozwalają na budowę regionalnej macierzy przepływów międzygałęziowych i utworzenie modelu gospodarki obrazującego powiązania pomiędzy sektorami na poziomie regionu/województwa.

3. Analiza *input-output* wodochłonności gospodarki województwa śląskiego

3.1. Regionalny model *input-output* województwa śląskiego

Do analizy województwa śląskiego wykorzystano najnowszą tablicę przepływów międzygałęziowych w gospodarce narodowej z 2005 r. [1]. Model ogólnopolski zawiera informacje o gospodarce w układzie 55×55 działów wg schematu klasyfikacji PKD 2004 (Polskiej Klasyfikacji Działalności). Schemat PKD wyróżnia: działy, grupy, klasy i podklasy. Dane ekonomiczne i dane środowiskowe nie są publikowane w sposób spójny, tablice *input-output* są zestawione dla 55 działów (lub grup działów: działy 11–14 oraz działy 61–62 są przedstawione razem). Natomiast dane o zużyciu wody i produkcji ścieków są przedstawiane w rozbiu na działy (część jest pogrupowanych), grupy, a także w niektórych grupach wyróżnia się klasy. Zastosowanie tak szczegółowych danych środowiskowych do ekologicznie rozbudowanego modelu *input-output* jest niemożliwe, bo tablice przepływów międzygałęziowych nie dostarczają informacji ekonomicznych dla grup i klas i odwrotnie – nie można wykorzystać wszystkich danych ekonomicznych, ponieważ dla niektórych działów nie ma dostępnych danych ekologicznych. Z powodu niejednolitego układu dane muszą zostać zagregowane do wspólnego schematu. Traci się w ten sposób część informacji, np. o zużyciu wody w grupach i klasach, ale dopiero wówczas można ich używać do analiz ekonomiczno-środowiskowych. Ostatecznie dokonano agregacji i przedstawiono gospodarkę w podziale na 27 działów (ew. grup działów). Przejścia z tablicy 55×55 działów na 27×27 działów gospodarki dokonano metodą agregacji nieważonej przedstawionej w pracy Ł. Tomaszewicz [13].

Następnie, w celu budowy regionalnego modelu *input-output* dla województwa śląskiego, wyznaczono:

- 1) macierz \mathbf{A} współczynników produktywności a_{ij} dla zagregowanej struktury krajowej gospodarki,
- 2) współczynniki alokacji dla gospodarki regionu województwa śląskiego,
- 3) na podstawie ilorazów alokacji oraz krajowych współczynników produktywności wyznaczono macierz współczynników produktywności a_{ij} województwa śląskiego.

Przyjęty podział gospodarki na działy i sekcje (wg PKD 2004²)

Lp.	Nazwa działu/sekcji		PKWiU 2004	
	skrótowa	pełna	sekcja	dział
1	Rolnictwo	Rolnictwo, łowiectwo, leśnictwo, rybactwo	A, B	1, 2, 5
2	Górnictwo	Górnictwo surowców energetycznych, nieenergetycznych, pozostałe	C	10–14
3	Artykuły spożywcze	Produkcja artykułów spożywczych i napojów	D	15
4	Włókiennictwo	Włókiennictwo		17
5	Papiernictwo	Produkcja masy włóknistej, papieru i wyrobów z papieru		21
6	Koks, ropa naftowa	Wytwarzanie koksu, produktów rafinacji ropy naftowej i paliw jądrowych		23
7	Wyroby chemiczne	Produkcja wyrobów chemicznych		24
8	Wyroby gumowe	Produkcja wyrobów gumowych i z tworzyw sztucznych		25
9	Wyroby z surowców niemetalicznych	Produkcja wyrobów z pozostałych surowców niemetalicznych		26
10	Metale	Produkcja metali		27
11	Wyroby metalowe	Produkcja metalowych wyrobów gotowych, z wyłączeniem maszyn i urządzeń		28
12	Maszyny i urządzenia	Produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej niesklasyfikowana		29
13	Maszyny i aparatura elektryczna	Produkcja maszyn i aparatury elektrycznej, gdzie indziej niesklasyfikowana		31
14	Meble	Produkcja mebli; działalność produkcyjna, gdzie indziej niesklasyfikowana		36
15	Pozostałe działy sekcji D	Pozostałe działy sekcji D Przetwórstwo przemysłowe: produkcja wyrobów tytoniowych; odzieży, skór, drewna, druk, maszyn biurowych, sprzętu RTV, urządzeń medycznych, pojazdów i sprzętu transportowego, surowce wtórne		16, 18, 19, 20, 22, 30, 32–35, 37
16	Energetyka	Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz, wodę		E
17	Budownictwo	Budownictwo	F	45
18	Handel	Handel hurtowy i detaliczny; naprawa pojazdów samochodowych, motocykli oraz artykułów użytku osobistego i domowego	G	50–52

² Użyto schematu PKD 2004, ponieważ tablice powiązań międzygałęziowych z 2005 r. były tworzone na podstawie tej klasyfikacji.

cd. tab. 2

Lp.	Nazwa działu/sekcji		PKWiU 2004	
	skrótowa	pełna	sekcja	dział
19	Hotele	Hotele i restauracje	H	55
20	Transport	Transport, gospodarka magazynowa i łączność	I	60–64
21	Pośrednictwo finansowe	Pośrednictwo finansowe	J	65–67
22	Obsługa nieruchomości	Obsługa nieruchomości, wynajem i usługi związane z prowadzeniem działalności gospodarczej	K	70–74
23	Administracja publiczna	Administracja publiczna i obrona narodowa; obowiązkowe ubezpieczenia społeczne i powszechne ubezpieczenie zdrowotne	L	75
24	Edukacja	Edukacja	M	80
25	Ochrona zdrowia	Ochrona zdrowia i pomoc społeczna	N	85
26	Działalność usługowa	Działalność usługowa komunalna, społeczna i indywidualna, pozostała	O	90–93
27	Gospodarstwa domowe	Gospodarstwa domowe zatrudniające pracowników	P	95

3.2. Ocena wodochłonności gospodarki województwa śląskiego

Regionalny model *input-output* województwa śląskiego został rozbudowany w aspekcie gospodarki wodno-ściekowej o dane dotyczące poborów wód podziemnych i powierzchniowych (powiększone o wysokość zakupów wody od innych jednostek), a także wielkości odprowadzanych ścieków (ogółem odprowadzonych oraz nieoczyszczonych) (tabela 3).

Jak wynika z danych zestawionych w tabeli 3, głównym źródłem zaspokojenia zapotrzebowania na wodę gospodarki województwa śląskiego są wody powierzchniowe (z ujęć wód powierzchniowych pokrywane jest ok. 68% potrzeb). Kolejnym źródłem, wykorzystywanym głównie przez kopalnie, są wody z odwodnienia zakładów górniczych (41,4 hm³, co stanowi ok. 18% całkowitego poboru), natomiast wody podziemne – to ok. 14% wszystkich pobranych wód w regionie i wykorzystywane są głównie przez sektory: Artykuły spożywcze, Energetyka, Metale, Koks, Wyroby chemiczne.

Analiza gospodarki wodnej województwa śląskiego prezentuje się następująco:

Najwyższe zużycie wody:

wody ogółem:

1. Rolnictwo (głównie napełnianie stawów rybnych) – 35% wody ujmowanej przez całą gospodarke regionu
2. Energetyka – 24%
3. Górnictwo – 23%
4. Metale – 5%
5. Artykuły spożywcze – 3%

Gospodarka wodno-ściekowa przemysłu województwa śląskiego³

Lp	Dział/sekcja gospodarki	Wody wykorzystane do produkcji [hm ³]		Ścieki odprowadzone ⁴ [hm ³]	
		wody powierzchniowe	wody podziemne ⁵	ścieki odprowadzone	ścieki nieoczyszczone
1	Rolnictwo	82,0	–	–	–
2	Górnictwo	5,9	48,1 (41,4) ⁵	161,2 ⁶	29,0
3	Artykuły spożywcze	2,2	3,9	4,6	0,0
4	Włókiennictwo	0,4	0,1	0,4	0,0
5	Papiernictwo	2,3	0,6	1,6	0,2
6	Koks, ropa naftowa	3,5	2,2	2,4	–
7	Wyroby chemiczne	0,1	1,2	1,1	0,6
8	Wyroby gumowe	0,2	0,3	0,4	0,1
9	Wyroby z surowców niemetalicznych	0,3	0,7	0,3	0,1
10	Metale	6,8	5,8	5,1	0,1
11	Wyroby metalowe	0,3	0,2	0,5	0,1
12	Maszyny i urządzenia	0,7	0,1	0,5	0,2
13	Maszyny i aparatura elektryczna	0,5	0,2	0,6	0,0
14	Meble	–	0,1	0,1	–
15	Pozostałe działy sekcji D	0,3	0,1	0,6	0,1
16	Energetyka	45,3	9,3	17,2	1,6
17	Budownictwo	0,3	0,2	0,5	0,0
18	Handel	–	0,0	0,0	–
19	Hotele	–	0,0	0,0	–
20	Transport	–	0,0	13,8	0,0
21	Pośrednictwo finansowe	–	–	–	–
22	Obsługa nieruchomości	0,5	0,6	1,1	0,0

³ Przyjęto za [10]: kreska (–) zjawisko nie wystąpiło, (0,0) zjawisko istniało w wielkości mniejszej niż 0,05.

⁴ Łącznie z wodami chłodniczymi i zanieczyszczonymi wodami z odwadniania zakładów górniczych oraz obiektów budowlanych, a także zanieczyszczonymi wodami opadowymi.

⁵ W tym wody z odwodnienia zakładów górniczych użyte do produkcji 41,4 hm³.

⁶ W tym wody zasolone 116,6 hm³.

cd. tab. 3

23	Administracja publiczna	–	–	–	–
24	Edukacja	–	–	–	–
25	Ochrona zdrowia	0,2	0,2	0,4	–
26	Działalność usługowa	5,9	–	1,0	–
27	Gospodarstwa domowe	–	–	–	–
	OGÓLEM	157,7	74,0	213,4	32,1

wody powierzchniowe:

1. Rolnictwo – 52%
2. Energetyka – 29%
3. Metale, Artykuły spożywcze, Dz. usługowa – po 4% każdy z sektorów,

wody podziemne (bez wód kopalnianych w ilości 41,4 hm³):

1. Energetyka – 29%
2. Górnictwo – 21%
3. Metale – 18%
4. Artykuły spożywcze – 12%
5. Koks, ropa naftowa – 7%

wody z odwodnienia zakładów górniczych użyte do produkcji w ilości 41,4 hm³ rocznie są wykorzystywane przez sektor Górnictwo.

Najwyższa produkcja ścieków:

ogółem ścieki odprowadzone:

1. Górnictwo – 76%
2. Energetyka – 8%
3. Transport – 6%
4. Metale, Artykuły spożywcze po 2% każdy z sektorów

ścieki nieoczyszczone:

1. Górnictwo – 90%,
2. Energetyka – 5%,
3. Wyroby chemiczne – 2%,
4. Papiernictwo, maszyny i urządzenia po 1% każdy z sektorów.

Dane dotyczące sektorowego zużycia wody i produkcji ścieków oraz dane o produktywności sektorów stanowią podstawę do oceny ekonomiczno-gospodarczej korzystania z zasobów wodnych. Na ich podstawie można wyznaczyć współczynniki wodochłonności (zużycie wody w stosunku do produkcji sektora) – współczynniki bezpośredniego zużycia wody [5].

Zgodnie z przedstawionymi podstawami teoretycznymi (równanie (5)), na podstawie modelu *input-output* można również wyznaczyć zużycie globalne, które obrazuje zarówno zużycie bezpośrednie, jak i pośrednie w sektorach–dostawcach. Analiza wartości zużycia globalnego (uwzględniającego pośrednie zużycie wody w produktach innych sektorów i zużycie na potrzeby własnej produkcji finalnej), wyliczonych i przedstawionych poniżej (tabela 4 oraz tabela 5), pozwala wytypować dodatkowe sektory, które mają zdecydowany wpływ na wartości poborów wód powierzchniowych i podziemnych.

Analiza wodochłonności – zużycia wód powierzchniowych

Lp.	Nazwa działu/sekcji	Produkcja globalna	Współczynniki zużycia wody		
			bezpośredniego	pośredniego	globalnego
		[mln zł]	[m ³ /tys. zł]		
1	Rolnictwo	3 260	25,15	0,10	25,25
2	Górnictwo	18 709	0,32	0,10	0,41
3	Artykuły spożywcze	10 639	0,20	0,15	0,36
4	Włókiennictwo	1 185	0,35	0,16	0,51
5	Papiernictwo	460	5,00	0,18	5,18
6	Koks, ropa naftowa	3 877	0,90	0,04	0,94
7	Wyr. chemiczne	1 487	0,07	0,11	0,18
8	Wyr. gumowe	5 218	0,03	0,12	0,15
9	Wyr. z sur. niemetalicznych	3 862	0,09	0,22	0,31
10	Metale	20 908	0,33	0,18	0,50
11	Wyroby metalowe	7 775	0,04	0,20	0,24
12	Maszyny i urządzenia	6 951	0,10	0,17	0,28
13	Maszyny i aparatura elektr.	4 395	0,11	0,15	0,26
14	Meble	1 921	–	0,61	0,61
15	Pozostałe działy sekcji D	35 307	0,01	0,52	0,53
16	Energetyka	9 791	4,63	0,11	4,74
17	Budownictwo	18 140	0,02	0,22	0,24
18	Handel	42 114	–	0,13	0,13
19	Hotele	2 874	–	0,18	0,18
20	Transport	15 581	–	0,22	0,22
21	Pośrednictwo finansowe	5 506	–	0,16	0,16
22	Obsługa nieruchomości	28 581	0,02	0,14	0,16
23	Administracja publiczna	7 220	–	0,09	0,09
24	Edukacja	6 026	–	0,12	0,12
25	Ochrona zdrowia	5 853	0,03	0,20	0,22
26	Działalność usługowa	6 809	0,87	0,22	1,08
27	Gospodarstwa domowe	743	–	0,26	0,26

(Cieniowaniem wyróżniono dla każdej kolumny po 10 sektorów uzyskujących najwyższe wartości).

Ocena wodochłonności **bezpośredniej** sektorów (wody powierzchniowe):

1. Rolnictwo (rybactwo – napełnianie stawów rybnych) potrzebuje najwięcej – ok. 25,15 m³ wody na 1 tys. zł produkcji
2. Papiernictwo – 5,00 m³/tys. zł
3. Energetyka – 4,63 m³/tys. zł
4. Koks, ropa naftowa – 0,90 m³/tys. zł
5. Działalność usługowa – 0,87 m³/tys. zł

Ocena wodochłonności **pośredniej** sektorów (wody powierzchniowe):

1. Meble – 0,61 m³/tys. zł
2. Pozostałe działy sekcji D – 0,52 m³/tys. zł
3. Gospodarstwa domowe – 0,26 m³/tys. zł
4. Wyroby z surowców niemetalicznych, Budownictwo, Działalność usługowa – każdy z sektorów po 0,22 m³/tys. zł

Ocena wodochłonności **globalnej** sektorów (wody powierzchniowe):

1. Rolnictwo – 25,25 m³/tys. zł
2. Papiernictwo – 5,18 m³/tys. zł
3. Energetyka – 4,74 m³/tys. zł
4. Działalność usługowa – 1,08 m³/tys. zł
5. Koks, ropa naftowa – 0,94 m³/tys. zł

Niektóre z sektorów o znaczącym zużyciu pośrednim bezpośrednio pobierają mało wody (np. Budownictwo i Działalność usługowa) lub nawet w ogóle nie ujmują wód (Transport), jednak korzystają z produkcji innych, wodochłonnych sektorów. Na podstawie wartości zużycia pośredniego można oszacować, jaki wpływ ma rozwój danego sektora na wodochłonność innych sektorów – dostawców. Przykładowo: 1% wzrost produkcji w sektorze Budownictwo (o 1 814 tys. zł) spowoduje wzrost ilości pobieranych wód przez przedsiębiorstwa tego sektora o ok. 36 m³ (wzrost zużycia bezpośredniego wody). Jednocześnie rozwój tej branży wywoła wzrost produkcji w sektorach dostarczających produkty dla sektora Budownictwo. Wzrost produkcji u dostawców wywoła także zwiększenie poboru wody – i tak ww. przykładowy 1% wzrost produkcji w sektorze Budownictwo spowoduje zwiększenie poborów wody o ok. 435 m³ (zużycie pośrednie wody). Suma **zużycia bezpośredniego** (wody pobranej dla potrzeb do produkcji własnej) i **zużycia pośredniego** (wody zużytej pośrednio poprzez wykorzystanie produktów innych gałęzi) to wzrost **globalnego zużycia wody** w całej gospodarce wywołany zwiększeniem produkcji o 1% w sektorze Budownictwa, które wyniesie ok. 470 m³.

Ocena wodochłonności **bezpośredniej** sektorów (wody podziemne i kopalniane):

1. Górnictwo – ok. 2,57 m³ wody na 1 tys. zł produkcji
2. Papiernictwo – 1,30 m³/tys. zł
3. Energetyka – 0,95 m³/tys. zł
4. Wyroby chemiczne – 0,81 m³/tys. zł
5. Koks, ropa naftowa – 0,57 m³/tys. zł

Ocena wodochłonności **pośredniej** sektorów (wody podziemne i kopalniane):

1. Meble – 0,15 m³/tys. zł
2. Pozostałe działy sekcji D – 0,12 m³/tys. zł

3. Wyroby z surowców niemetalicznych – 0,10 m³/tys. zł
4. Papiernictwo – 0,09 m³/tys. zł
5. Budownictwo – 0,08 m³/tys. zł

Tabela 5

Analiza wodochłonności – zużycia wód podziemnych

Lp.	Nazwa działu/sekcji	Produkcja globalna	Współczynniki zużycia wód		
			bezpośredniego	pośredniego	globalnego
		[mln zł]	[m ³ /tys. zł]		
1	Rolnictwo	3 260	–	0,03	0,03
2	Górnictwo	18 709	2,57	0,03	2,60
3	Artykuły spożywcze	10 639	0,37	0,06	0,43
4	Włókiennictwo	1 185	0,10	0,05	0,15
5	Papiernictwo	460	1,30	0,09	1,40
6	Koks, ropa naftowa	3 877	0,57	0,04	0,61
7	Wyr. chemiczne	1 487	0,81	0,05	0,86
8	Wyr. gumowe	5 218	0,07	0,06	0,13
9	Wyr. z sur. niemetalicznych	3 862	0,17	0,10	0,27
10	Metale	20 908	0,28	0,07	0,35
11	Wyroby metalowe	7 775	0,02	0,05	0,08
12	Maszyny i urządzenia	6 951	0,01	0,05	0,07
13	Maszyny i aparatura elektr.	4 395	0,04	0,05	0,09
14	Meble	1 921	0,05	0,15	0,21
15	Pozostałe działy sekcji D	35 307	0,00	0,12	0,12
16	Energetyka	9 791	0,95	0,06	1,01
17	Budownictwo	18 140	0,01	0,08	0,09
18	Handel	42 114	0,00	0,04	0,04
19	Hotele	2 874	0,01	0,06	0,07
20	Transport	15 581	0,00	0,06	0,06
21	Pośrednictwo finansowe	5 506	–	0,04	0,04
22	Obsługa nieruchomości	28 581	0,02	0,04	0,06
23	Administracja publiczna	7 220	–	0,02	0,02
24	Edukacja	6 026	–	0,03	0,03
25	Ochrona zdrowia	5 853	0,04	0,04	0,08
26	Działalność usługowa	6 809	–	0,06	0,06
27	Gospodarstwa domowe	743	–	0,06	0,06

Podobne wielkości można również wyznaczyć w zakresie produkcji ścieków. Poniżej w tabeli 6 przedstawiono współczynniki bezpośredniej i pośredniej produkcji ścieków ogółem i ścieków nieoczyszczonych.

Tabela 6

Analiza gospodarki ściekowej – produkcja ścieków ogółem i ścieków nieoczyszczonych

Lp.	Nazwa działu/sekcji	Współczynniki produkcji ścieków ogółem		Współczynniki produkcji ścieków nieoczyszczonych	
		bezpośr.	pośr.	bezpośr.	pośr.
		[m ³ /tys. zł]			
1	Rolnictwo	–	0,07	–	0,006
2	Górnictwo	8,62	0,06	1,550	0,006
3	Artykuły spożywcze	0,43	0,11	0,000	0,005
4	Włókiennictwo	0,34	0,11	0,000	0,010
5	Papiernictwo	3,48	0,12	0,434	0,004
6	Koks, ropa naftowa	0,62	0,05	0,000	0,002
7	Wyr. chemiczne	0,74	0,08	0,404	0,008
8	Wyr. gumowe	0,08	0,08	0,019	0,009
9	Wyr. z sur. niemetalicznych	0,08	0,13	0,026	0,010
10	Metale	0,24	0,11	0,005	0,015
11	Wyroby metalowe	0,06	0,10	0,013	0,012
12	Maszyny i urządzenia	0,07	0,10	0,029	0,010
13	Maszyny i aparatura elektr.	0,14	0,08	0,000	0,009
14	Meble	0,05	0,27	–	0,024
15	Pozostałe działy sekcji D	0,02	0,22	0,003	0,020
16	Energetyka	1,76	0,09	0,163	0,004
17	Budownictwo	0,03	0,12	0,000	0,012
18	Handel	0,00	0,07	–	0,006
19	Hotele	0,00	0,13	–	0,006
20	Transport	0,89	0,11	0,000	0,012
21	Pośrednictwo finansowe	–	0,08	–	0,007
22	Obsługa nieruchomości	0,04	0,07	0,000	0,006
23	Administracja publiczna	–	0,04	–	0,004
24	Edukacja	–	0,06	–	0,005
25	Ochrona zdrowia	0,07	0,07	–	0,006
26	Działalność usługowa	0,15	0,10	–	0,009
27	Gospodarstwa domowe	–	0,11	–	0,010

Działy gospodarki generujące największą ilość ścieków na 1 tys. zł produkcji globalnej, współczynniki bezpośredniej produkcji ścieków ogółem:

1. Górnictwo – ok. 8,62 m³ ścieków na 1 tys. zł produkcji
2. Papiernictwo – 3,48 m³/tys. zł
3. Energetyka – 1,76 m³/tys. zł
4. Transport – 0,89 m³/tys. zł
5. Wyroby chemiczne – 0,74 m³/tys. zł

Współczynniki pośredniej produkcji ścieków ogółem:

1. Meble – 0,27 m³/tys. zł
2. Pozostałe działy sekcji D – 0,22 m³/tys. zł
3. Wyroby z surowców niemetalicznych, Hotele – po 0,13 m³/tys. zł
4. Papiernictwo, Budownictwo – po 0,12 m³/tys. zł

Największą ilość ścieków nieoczyszczonych na 1 tys. zł produkcji globalnej, współczynniki bezpośredniej produkcji ścieków nieoczyszczonych:

1. Górnictwo – ok. 1,550 m³ ścieków na 1 tys. zł produkcji
2. Papiernictwo – 0,434 m³/tys. zł
3. Wyroby chemiczne – 0,404 m³/tys. zł
4. Energetyka – 0,163 m³/tys. zł
5. Maszyny i urządzenia – 0,029 m³/tys. zł

Współczynniki pośredniej produkcji ścieków nieoczyszczonych:

1. Meble – 0,024 m³/tys. zł
2. Pozostałe działy sekcji D – 0,020 m³/tys. zł
3. Metale – 0,015 m³/tys. zł
4. Wyroby metalowe, Budownictwo, Transport – po 0,012 m³/tys. zł

4. Wnioski

Dla analizowanego obszaru – województwa śląskiego – istotnymi sektorami wykorzystującymi znaczne ilości wód powierzchniowych i podziemnych są: Rolnictwo, Górnictwo, Energetyka i Metale.

Przeprowadzona analiza wodochłonności gospodarki oparta na modelu *input-output* pozwoliła wyznaczyć wartości zużycia pośredniego wody w poszczególnych gałęziach gospodarki, które obrazuje zużycie wody w produktach innych sektorów, wykorzystywanych w produkcji własnej danego sektora. W kategorii istotnego pośredniego oddziaływania na pobór wód powierzchniowych i podziemnych wyróżniają się takie gałęzie gospodarki, jak: Budownictwo, niektóre sekcje przetwórstwa przemysłowego, takie jak: produkcja mebli, produkcja metali, produkcja wyrobów z surowców niemetalicznych, przemysł papierniczy. Wzrost produkcji w tych sektorach może spowodować znaczące zużycie wody w całej gospodarce województwa. Podobny wpływ mają ww. sektory także w zakresie produkcji ścieków oczyszczanych i nieoczyszczanych. Sektory: Budownictwo, Meble, Papiernictwo, Metale bezpośrednio nie odprowadzają znaczącej ilości ścieków, ale w sposób pośredni ich rozwój może wpłynąć na wzrost ilości odprowadzanych ścieków.

Literatura

- [1] *Bilans przepływów międzygałęziowych w bieżących cenach bazowych w 2005 r. Informacje i opracowania statystyczne*, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2009.
- [2] Dietzenbacher E., Velázquez E., *Analysing Andalusian Virtual Water Trade in an Input-Output Framework*, Regional Studies, Vol. 41, Issue 2, 2007, 185-196.
- [3] Duarte R., Sánchez-Chóliz J., Bielsa J., *Water use in the Spanish economy: an input-output approach*, Ecological Economics, Vol. 43, 2002, 71-85.
- [4] Godyń I., *Analiza i prognoza wodochłonności sektorów gospodarki z wykorzystaniem wnioskowania rozmytego*, Czasopismo Techniczne, z. 15/2007, z. 2-Ś/2007, 2007, 77-98.
- [5] Godyń I., *Metodyka sporządzania analiz ekonomicznych wykorzystywanych w zarządzaniu zasobami wodnymi*, praca doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków 2007.
- [6] Guan D., Hubacek K., *Assessment of Regional Trade and Virtual Water Flows in China*, Ecological Economics, vol. 61, 2007, 159-170.
- [7] Gurgul H., *Modele input-output w warunkach niepełnej informacji*, Rozprawy i monografie, Wydawnictwa AGH, Kraków, 1998.
- [8] Kiwila O., Śleszyński J., *Expected effects of the ecological tax reform for the Polish economy*, Ecological Economics, vol. 46, 2003, 103-122.
- [9] Lenzen M., Foran B., *An input-output analysis of Australian water usage Water Policy*, Vol. 3, 2001, 321-340.
- [10] *Ochrona środowiska w województwie śląskim w latach 2000-2006*, Urząd Statystyczny w Katowicach, Katowice 2007.
- [11] Plich M., *Budowa i zastosowanie wielosektorowych modeli ekonomiczno-ekologicznych*, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2002.
- [12] *Rachunki narodowe. Wybrane problemy i przykłady zastosowań*, pod red. Mariusza Plicha, Materiały Konferencji zorganizowanej przez GUS i Katedrę Teorii i Analiz Systemów Ekonomicznych Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2007.
- [13] Tomaszewicz Ł., *Metody analizy input-output*, PWE, Warszawa, 1994.