POLITECHNIKA KRAKOWSKA
INSTYTUT INŻYNIERII I GOSPODARKI WODNEJ
ZAKŁAD GOSPODARKI WODNEJ

mgr inż. Izabela Godyń

METODYKA SPORZĄDZANIA ANALIZ EKONOMICZNYCH WYKORZYSTYWANYCH W ZARZĄDZANIU ZASOBAMI WODNYMI

PRACA DOKTORSKA

Promotorzy:

prof.dr hab. inż. Henryk SŁOTA

dr hab. inż. Wojciech CHMIELOWSKI

Kraków 2007

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Spis treści:

1. Wstęp ... 1
1.1. Uzasadnienie podjęcia tematu ... 1
1.2. Cel i zakres pracy ... 3
2. Podstawy teorii i modeli wykorzystanych w pracy ... 4
2.1. Modele Input-Output ... 4
2.1.1. Klasyczne modele input-output – model Leontief'a i model Ghosh'a ... 4
2.1.2. Rozbudowany model input-output – model ekonomiczno-ekologiczny ... 6
2.1.3. Mnożniki modelu Leontief'a ... 10
2.1.4. Budowa macierzy zużycia wody w sektorach gospodarki i typowanie sektorów kluczowych kształtujących zużycie zasobów wodnych ... 12
2.2. Wnioskowanie rozmyte ... 15
2.2.1. Zbiory rozmyte, działania na zbiorach rozmytych, relacje rozmyte ... 15
2.2.2. Zmienna lingwistyczna, rozmyte zdanie warunkowe, wnioskowanie rozmyte ... 18
3. Opracowanie metodyki sporządzania wybranych elementów analizy ekonomicznej gospodarowania wodami ... 22
3.1. Propozycja zastosowania modelu input-output w analizie ekonomicznej gospodarowania wodami ... 22
3.2. Propozycje modelowania i prognozowania zmian współczynników wodochłonności ... 25
3.2.1. Prognoza współczynnika zużycia wody na podstawie modeli trendu ... 25
3.2.2. Prognoza współczynnika zużycia wody przy wykorzystaniu modeli regresji wielorakiej ... 31
3.2.3. Propozycja zastosowania wnioskowania rozmytego do modelowania dynamiki współczynników zużycia wody ... 33
3.3. Podsumowanie autorskiej metodyki sporządzania wybranych elementów analizy ekonomicznej gospodarowania wodami ... 39
4. Zastosowanie opracowanej metodyki sporządzania analizy ekonomicznej gospodarowania wodami ... 40
4.1. Analiza społeczno-gospodarcza ... 41
4.1.1. Ocena – ranking sektorów wg wielkości produkcji globalnej, wartości dodanej i zatrudnienia ... 43
4.1.2. Ocena sektorów wg wskaźników forward i backward linkages, typowanie kluczowych sektorów gospodarki ... 46
4.2. Ocena ekonomiczno-gospodarcza korzystania z zasobów wodnych ... 49
4.2.1. Ocena sektorów gospodarki wg wielkości poborów wody i współczynników wodochłonności ... 49
4.2.2. Ocena sektorów gospodarki wg wielkości pośredniego i całkowitego zużycia wody ... 53
4.2.3. Ocena sektorów gospodarki wg mnożników analizy input-output ... 57
4.3. Prognoza korzystania z zasobów ... 61
4.3.1. Prognoza zużycia wody z wykorzystaniem statystycznych modeli współczynników wodochłonności ... 61
4.3.1.1. Prognoza współczynnika zużycia wody na podstawie modeli trendu ... 61
4.3.1.2. Prognoza współczynnika zużycia wody przy wykorzystaniu modelu z wieloma zmiennymi ... 68
4.3.1.3. Prognoza zużycia wody w 2015 r. – model statystyczny ... 77
4.3.2. Prognoza zużycia wody z wykorzystaniem modeli opartych na zbiorach rozmytych ... 87
4.3.2.1. Dane wejściowe ... 87
4.3.2.2. Prognoza zużycia wody z wykorzystaniem modeli dynamiki wodochłonności opartych na architekturze Mamdaniego ... 89
4.3.2.3. Prognoza zużycia wody z wykorzystaniem modeli dynamiki wodochłonności opartych na architekturze Takagi-Sugeno ... 113
4.3.3. Porównanie prognoz zużycia zasobów wodnych otrzymanych z przyjętych technik modelowania wodochłonności – ekonometrycznych i wnioskowania rozmytego ... 126
5. Podsumowanie i wnioski ... 136
6. Literatura ... 139
7. Spis rysunków i tabel ... 145
8. Załączniki ... 149

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1. WSTĘP

1.1. UZASADNIENIE PODJĘCIA TEMATU

Ustawa z 18 lipca 2001 r. prawo wodne wprowadziła obowiązek sporządzania *analizy ekonomicznej gospodarowania wodami w regionie wodnym*. Analizy te, sporządzane przez dyrektorów regionalnych zarządów gospodarki wodnej, będą podstawą, wraz z innymi dokumentacjami planistycznymi, do sporządzenia planów gospodarowania wodami na obszarze dorzecza, a także dokumentów planistycznych, które będą przedkładane Komisji Europejskiej zgodnie z zapisami Ramowej Dyrektywy Wodnej. Zasady sporządzania analizy ekonomicznej gospodarowania wodami zostały opracowane przez międzynarodowe komisje specjalistów w ramach opracowanego zespołu podręczników metodycznych wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej. Metodyczne wskazówki do sporządzania wszelkich analiz ekonomicznych zawiera podręcznik tzw. grupy WATECO (water economics), który stawia przed analizą ekonomiczną dwa główne cele:

- ✓ określenie wagi (istotności) zasobów wodnych dla rozwoju ekonomicznego i socjoekonomicznego regionu wodnego;
- ✓ ocenę ekonomiczną programów działań prowadzących do dobrego stanu ekologicznego wód.

Aby spełnić powyższe zadania analiza powinna zawierać m.in.:

- ✓ identyfikację usług wodnych (usług świadczonych dla gospodarstw domowych, instytucji publicznych lub podmiotów gospodarczych, które m.in. obejmują: pobór, spiętrzanie, magazynowanie, uzdatnianie i dystrybucję wód powierzchniowych lub podziemnych, oraz gromadzenie i oczyszczanie ścieków) oraz innych działań związanych z użytkowaniem wód. Identyfikacja powinna także określić istotnych użytkowników korzystających z usług wodnych w poszczególnych kategoriach (gospodarka komunalna, przemysł, rolnictwo) oraz obejmować ich charakterystykę;
- ✓ ocenę stosowania zasady zwrotu kosztów usług wodnych. W miarę możliwości, powinny być określone całkowite koszty usług wodnych – koszty finansowe, koszty ekologiczne a także koszty zasobów wodnych;
- ✓ opracowanie długoterminowych prognoz dotyczących użytkowania wody w obszarze regionu wodnego dla poszczególnych kategorii użytkowników wody, prognozy powinny być oparte na prognozach demograficznych, istniejących politykach i strategiach rozwoju regionu i poszczególnych sektorów gospodarki, a także na przewidywanych efektach stosowanych regulacji prawnych oraz polityki ekologicznej;
- ✓ ocenę ekonomiczną (wraz z uwzględnieniem udziału finansowego poszczególnych kategorii użytkowników wody) programu działań umożliwiających zaspokojenie prognozowanego poziomu zapotrzebowania na wodę;
- ✓ opracowanie listy priorytetowych zadań inwestycyjnych wraz z oszacowanymi kosztami i możliwościami finansowania. Wybór zadań inwestycyjnych powinien opierać się na analizach efektywności kosztowej (cost-effectiveness analysis).

Podręcznik metodyczny jest obszerny, powstał na bazie doświadczeń wielu specjalistów, proponowana metodyka sporządzania poszczególnych etapów analizy ekonomicznej była sprawdzana w zlewniach testowych. Pomimo tak szerokich prac, wiele kwestii pozostało w podręczniku nierozwiązanych, bądź przedstawionych wariantowo. Między innymi nierozwiązane pozostawiono problemy dotyczące sposobu opracowania prognoz dotyczących korzystania z zasobów wodnych.

Ramowa Dyrektywa Wodna zobowiązuje do składania raportów dla obszaru dorzecza, obejmujących między innymi analizę ekonomiczną. Pierwsze analizy ekonomiczne dla dorzecza Wisły i dorzecza Odry zostały już

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

sporządzone i przedłożone do Komisji Europejskiej w marcu 2005 r.. Analizy ekonomiczne zawarte w tych raportach są uproszczone i niepełne – z uwagi na krótki okres, w którym należało je sporządzić, dopuszczono taki zakres. Dopiero kolejne analizy, przewidziane na 2007 rok mają opisywać stan gospodarki wodnej i projekcje jego rozwoju w sposób bardziej kompleksowy i kompletny. W pierwszym raporcie z 2005 roku, wśród usług wodnych wyodrębniono jedynie zaopatrzenie w wodę, analiza zwrotu kosztów została przeprowadzona tylko dla sektora komunalnego (bez przemysłu i rolnictwa), nie wyceniono kosztów ekologicznych i zasobowych, a prognozy użytkowania zasobów wodnych opracowano w podziale na jedynie dwie grupy odbiorców: gospodarstwa domowe i gospodarkę. Prognozy zapotrzebowania na wodę dla potrzeb zaopatrzenia ludności zostały opracowane na podstawie dwóch wariantów jednostkowego zużycia wody oraz prognozy liczby ludności, natomiast prognoza zapotrzebowania na wodę przez gospodarkę jest obliczana jako zgodna z prognozą wzrostu gospodarczego. Autorzy wspominają o trudnościach z prognozowaniem poborów wody w gospodarce związanych z ciągłymi zmianami wodochłonności, ale nie uwzględniają tego zjawiska w prognozowaniu. Tymczasem zmiany w wodochłonności są w ostatnich latach decydującym czynnikiem kształtującym zmiany w zapotrzebowaniu na wodę – nawet przy znacznie rosnących wartościach produkcji mamy do czynienia w ostatnich latach ze spadkami w poborach wody. Dlatego budowa prognoz zapotrzebowania na wodę w gospodarce powinna być prowadzona w oparciu o modele uwzględniające wodochłonność poszczególnych sektorów gospodarki.

W pracy postawiono następującą **tezę**:

Zastosowanie modelu input-output umożliwia kompleksową analizę wodochłonności gospodarki w podziale na sektory oraz sektorową prognozę zapotrzebowania na wodę uwzględniającą dynamikę wodochłonności.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

1.2. CEL I ZAKRES PRACY

Celem rozprawy jest opracowanie metodyki sporządzania wybranych elementów analizy ekonomicznej gospodarowania wodami wspomagających zarządzanie zasobami wodnymi. Zgodnie z założeniami analiza ekonomiczna powinna zawierać analizę i ocenę: użytkowania zasobów wodnych i ich ekonomicznej istotności w rozwoju gospodarczym oraz formułować wiarygodne prognozy potrzeb wodnych. Wyniki analizy ekonomicznej są następnie podstawą zarządzania zasobami wodnymi – w tym m.in. do podejmowania decyzji inwestycyjnych dot. infrastruktury gospodarki wodnej. Metodyka, która zostanie przedstawiona w pracy opierać się będzie na zastosowaniu rozszerzonego modelu input-output (opartego na przepływach międzygałęziowych Leontief'a) oraz modeli wodochłonności poszczególnych sektorów gospodarki. Model ten będzie przedstawiał gospodarkę w podziale na sektory i pozwalał na uwzględnienie jednocześnie dwóch decydujących o zużyciu wody wielkości - wzrostu gospodarczego oraz wodochłonności.

Praca składa się z trzech zasadniczych części: przybliżenia podstaw teoretycznych, opracowania koncepcji wykonywania analizy ekonomicznej gospodarowania wodami oraz aplikacji opracowanej metodyki na danych rzeczywistych. Szczegółowy układ niniejszej pracy:

- ✓ przedstawienie teoretycznych podstaw analiz i modeli stosowanych w pracy (rozdział 2):
  - o modele i analizy input-output i możliwości ich wykorzystania do:
    - oceny gospodarki pod względem ekonomiczno-gospodarczym,
    - analizy wodochłonności gospodarki,
    - prognozowania zapotrzebowania na wodę,
  - o logika zbiorów rozmytych i zasady budowy modeli wnioskowania rozmytego;
- ✓ opracowanie metodyki sporządzania wybranych elementów analizy ekonomicznej gospodarowania wodami (rozdział 3):
  - o propozycja metody analizy i oceny wodochłonności sektorów gospodarki;
  - o propozycje metod modelowania wodochłonności sektorów gospodarki przy użyciu:
    - technik ekonometrycznych;
    - wnioskowania rozmytego;
  - o propozycja metody prognozowania zapotrzebowania na wodę w gospodarce;
- ✓ zastosowanie opracowanej metodyki – wykonanie wybranych elementów analizy ekonomicznej gospodarowania wodami (rozdział 4):
  - o ocena społeczno-ekonomiczna gospodarki w podziale na sektory (w tym przy wykorzystaniu wskaźników backward i forward linkages);
  - o ocena wodochłonności gospodarki w podziale na sektory:
    - analiza poborów,
    - analiza mnożników Leontief'a,
    - budowa macierzy zużycia pośredniego wody;
  - o modele zmienności wodochłonności sektorów gospodarki:
    - modele ekonometryczne;
    - modele wnioskowania rozmytego (Mamdaniego i Sugeno);
  - o prognoza zapotrzebowania na wodę w gospodarce;
- ✓ podsumowanie i wnioski (rozdział 5).

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

2. PODSTAWY TEORII I MODELI WYKORZYSTANYCH W PRACY

2.1. MODELE INPUT-OUTPUT

2.1.1. Klasyczne modele input-output – model Leontief'a i model Ghosh'a

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. Zależności te przedstawia tablica nakładów i wyników produkcji dla poszczególnych sektorów gospodarki – jej schemat zamieszczono niżej w tabeli (Tabela 1).

Tabela 1. Schemat tablicy przepływów międzygałęziowych

Kierunki wykorzystania / Produkty				Miejsce przeznaczenia: zużycie pośrednie – sektory: 1	2	...	n	zużycie końcowe – kategorie: spożycie indywidualne	wydatki rządowe	inwestycje	eksport	zmiany zapasów	Produkt globalny
Miejsce pochodzenia	czynniki wtórne	sektory	1	x_{11}	x_{12}	...	x_{1n}	C_1	G_1	J_1	E_1	R_1	x_1
			2	x_{21}	x_{22}	...	x_{2n}	C_2	G_2	J_2	E_2	R_2	x_2
			...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
			n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{nn}	C_n	G_n	J_n	E_n	R_n	x_n
	czynniki pierwotne	import		M_1	M_2	...	M_n	M^C	M^G	M^J	E	R	x
		wartość dodana	podatki pośrenie	T_1	T_2	...	T_n	T					
			wynagrodzenia	W_1	W_2	...	W_n	W					
			zyski	Z_1	Z_2	...	Z_n	Z					
Produkt globalny				x_1	x_2	...	x_n	x					

Źródło: [92] Plich M. – Budowa i zastosowanie wielosektorowych modeli ekonomiczno-ekologicznych, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 2002

W tablicy przepływów gałęziowych wyróżnia się dla danego roku produkcję x_i poszczególnych sektorów/gałęzi gospodarki (i=1, ... , n) w rozbiciu na zużycie pośrednie w gałęziach x_{ij} i zużycie końcowe y_i (przez gospodarstwa domowe, sektor rządowy oraz akumulację i eksport). Zgodnie z powyższym można zapisać produkcję globalną dla i-tej gałęzi/sektora gospodarki:

$$x_i = \sum_{j=1}^{n} x_{ij} + y_i, \text{dla } i = 1, \ldots, n \qquad \textbf{2-1}$$

gdzie:

x_i – produkcja globalna w gałęzi i;

x_{ij} – zużycie pośrednie produktów gałęzi i przez gałąź j;

y_i – zużycie końcowe produktów gałęzi i.

$$y_i = C_i + G_i + J_i + E_i + R_i \qquad \textbf{2-2}$$

gdzie:

C_i – zużycie końcowe produktów gałęzi i przez gospodarstwa domowe;

G_i – zużycie końcowe produktów gałęzi i przez sektor rządowy;

J_i – zużycie końcowe produktów gałęzi i przez inwestycje;

E_i – zużycie końcowe produktów gałęzi i na eksport.

R_i – zużycie końcowe produktów gałęzi i przez zmiany zapasów.

Powyższe równania bilansowe są podstawą budowy modeli ekonomicznych.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Można wyznaczyć współczynniki a_{ij} charakteryzujące udział nakładu gałęzi *i* w wartości (produkcji) globalnej gałęzi *j,* czyli współczynnik wyznaczany poprzez:

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j} \qquad \textbf{2-3}$$

Stąd równanie 2-1, używając współczynników a_{ij}, przyjmuje postać:

$$\begin{aligned} x_1 &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \cdots + a_{1n}x_n + y_1 \\ x_2 &= a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \cdots + a_{2n}x_n + y_2 \\ &\vdots \\ x_n &= a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \cdots + a_{nn}x_n + y_n \end{aligned} \qquad \textbf{2-4}$$

Klasyczny model input-output Leontief'a przedstawia strukturę gospodarki dla wszystkich gałęzi, w danym roku, równaniem w zapisie macierzowym:

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{y} \qquad \textbf{2-5}$$

po przekształceniu:

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y} \qquad \textbf{2-6}$$

gdzie:

x – wektor $(n \times 1)$ produkcji globalnej we wszystkich gałęziach;

I – macierz jednostkowa,

A – macierz $(n \times n)$ współczynników produktochłonności (współczynników produkcji a_{ij}),

y – wektor $(n \times 1)$ zużycia końcowego we wszystkich gałęziach.

Wyrażenie $(\mathbf{I}–\mathbf{A})^{-1}$ jest nazywane macierzą odwrotną Leontief'a. Elementy tej macierzy przedstawiają wartość o jaką wzrośnie globalna produkcja sektora *i* przy wzroście popytu finalnego na produkty gałęzi *j* o jedną jednostkę lub inaczej: pokazują o ile musi wzrosnąć produkcja w każdym sektorze *i* aby umożliwić wzrost produkcji sektora *j* o jedną jednostkę.

Pewną modyfikację (a właściwie alternatywę) modelu Leontief'a zaproponował w 1964 roku Ghosh (za: Davar [22], Dietzenbacher [24] [25] [26], i inn.). Ghosh oparł się również na tablicy input-output, jednakże do wyznaczania produkcji globalnej posłużył się wartością dodaną (a nie jak Leontief zużyciem końcowym).

Zużycie pośrednie $\mathbf{x_{ij}}$	**Zużycie końcowe** $\mathbf{y_i}$	**Produkcja globalna** $\mathbf{x_i}$
Wartość dodana $\mathbf{v_j}$		
Produkcja globalna $\mathbf{x_j}$		

Model Ghosh'a ma zatem postać:

$$x_j = \sum_{i=1}^{n} x_{ij} + v_j, \text{ dla } j = 1, \ldots, n \qquad \textbf{2-7}$$

gdzie:

x_{ij} – zużycie pośrednie produktów gałęzi *i* przez gałąź *j*;

v_j – wartość dodana gałęzi *j*.

Stąd można wyznaczyć współczynniki:

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

$$g_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_i} \qquad \textbf{2-8}$$

$$\begin{array}{ccccc} x_1 & x_2 & & x_n \\ \Updownarrow & \Updownarrow & & \Updownarrow \\ g_{11}x_1 & g_{12}x_1 & & g_{1n}x_1 \\ + & + & & + \\ g_{21}x_2 & g_{22}x_2 & & g_{2n}x_2 \\ + & + & \cdots & + \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ + & + & & + \\ g_{n1}x_n & g_{n2}x_n & & g_{nn}x_n \\ + & + & & + \\ v_1 & v_{21} & & v_n \end{array} \qquad \textbf{2-9}$$

W zapisie macierzowym:

$$\mathbf{x}^T = \left(\mathbf{v}(\mathbf{I} - \mathbf{G})^{-1}\right)^T \qquad \textbf{2-10}$$

gdzie:

- **x** – wektor $(n \times 1)$ produkcji globalnej dla gałęzi,
- ^{T} – transpozycja wektora lub macierzy,
- **v** – wektor $(1 \times n)$ wartości dodanej wg gałęzi,
- **I** – macierz jednostkowa,
- **G** – macierz $(n \times n)$ współczynników produkcji g_{ij}.

Wyrażenie $(I–G)^{-1}$ jest nazywane macierzą odwrotną Ghosh'a.

Model Leontief'a umożliwia symulację np. zmian produkcji globalnej całej gospodarki i poszczególnych sektorów na podstawie prognoz zużycia końcowego, natomiast Ghosh'a – na podstawie prognozy wartości dodanej. Modele w klasycznej formie zakładają tzw. stabilność struktury gospodarki (a więc niezmienności współczynników obrazujących powiązania między sektorami).

Powyżej opisana postać modeli obrazuje tzw. **model otwarty**. Wyróżnia się także **model zamknięty,** w którym sektor gospodarstw domowych staje się n+1 sektorem gospodarki. Rozróżnienie to jest istotne z punktu widzenia teorii ekonomii – gospodarstwa domowe rzeczywiście zużywają środki i dobra, więc zachowują się gałąź gospodarki. Jednakże z uwagi na fakt, iż publikowane tablice przepływów międzygałęziowych mają formę modelu otwartego – to w późniejszych wszystkich analizach będzie używany model otwarty.

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

Dla potrzeb analiz ekonomiczno-środowiskowych rozbudowuje się tablice przepływów międzygałęziowych o dane o zużyciu zasobów naturalnych oraz o wytwarzanych zanieczyszczeniach [92]. Najszersze zastosowania rozbudowanych ekologicznie macierzy dotyczyły modelowania wpływu gospodarki na zanieczyszczenia powietrza. Badania takie podejmowali na świecie: jako pierwszy Cumberland J. w 1966 oraz w 1970 sam autor teorii analizy input-output Leontief W. (za Tomaszewicz Ł. [112]), a także Duchin F. [32] [33] i inni. W Polsce rozszerzeniem modelu input-output o rachunki dotyczące wpływu gospodarki na środowisko zajmował się m.in. Plich M. [92] i [93], który zbudował model ekonomiczno-ekologiczny uwzględniający zużycie paliw i produkcję zanieczyszczeń gazowych, a

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

także Kiuila i Śleszyński [65], którzy modelowali efekty ekologicznej reformy podatkowej (wprowadzenie podatku za siarkę).

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

Tabela 2. Schemat rozbudowanej ekologicznie tablicy input-output

Kierunki wykorzystania / Produkty			Miejsce przeznaczenia: zużycie pośrednie, sektory 1	2	...	n	zużycie końcowe	Produkt globalny	Emisja zanieczyszczeń: 1	2	...
									BZT5	CO_2	⋮
Miejsce pochodzenia	sektory	1	x_{11}	x_{12}	...	...	y_1	x_1	S_{11}	S_{12}	...
		2	x_{21}	x_{22}	...	...	y_2	x_2	S_{21}	S_{22}	...
		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
		n	x_{n1}	x_{n2}	...	x_{nn}	y_n	x_n	S_{n1}	S_{n2}	...
	wartość dodana		v_1	v_2	...	v_n	y / v	x	S_1	S_2	...
Produkt globalny			x_1	x_2	...	x_n	x				
Zużycie dóbr ekologicznych											
1	woda		Z_{11}	Z_{12}	...	Z_{1n}	Z_1				
2	paliwa		Z_{21}	Z_{22}	...	Z_{2n}	Z_2				
…	…		…	…	…	…	…				
k	grunty		Z_{k1}	Z_{k2}	...	Z_{kn}	Z_k				
…	…		…	…	…	…	…				

$$Z_k = \sum_{j=1}^{n} Z_{kj} = Z_{k1} + Z_{k2} + \dots Z_{kn} \qquad \textbf{2-11}$$

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.

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

$$b_{kj} = \frac{Z_k}{x_j} \qquad \textbf{2-12}$$

Podstawiając 2-12 do równania 2-11 otrzymujemy równanie:

$$\begin{aligned} Z_1 &= b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + \dots + b_{1n}x_n \\ Z_2 &= b_{21}x_1 + b_{22}x_2 + \dots + b_{2n}x_n \\ \dots &\quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ Z_k &= b_{k1}x_1 + b_{k2}x_2 + \dots + b_{kn}x_n \end{aligned} \qquad \textbf{2-13}$$

gdzie: x_j – jak poprzednio, produkcja globalna w *j*-tej gałęzi gospodarki.

Globalne zużycie (lub całkowita emisja) może być zapisana w zależności od produkcji globalnej lub korzystając z zapisu (2-6) i (2-10) można wyznaczyć zależność zużycia dóbr środowiskowych od zużycia końcowego produkcji gospodarki:

$$\mathbf{z} = \mathbf{Bx} = \mathbf{B}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{y} = \mathbf{B}\left(\mathbf{v}(\mathbf{I} - \mathbf{G})^{-1}\right)^T \qquad \textbf{2-14}$$

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

gdzie: **B** jest macierzą $(k \times n)$ 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 $(n \times n)$ Leontief'a,

y – wektor $(n \times 1)$ zużycia końcowego dla *n* gałęzi gospodarki,

v – wektor $(1 \times n)$ wartości dodanej dla *n* gałęzi gospodarki,

$(\mathbf{I} - \mathbf{G})^{-1}$ – macierz $(n \times n)$ Ghosh'a.

Analizy ekonomiczno-ekologiczne często prowadzone są dla jednego czynnika produkcji czy też jednego określonego zanieczyszczenia, korzysta się wtedy nie z macierzy **B**, tylko z wektora **b**, który jest wierszem macierzy **B** i zawiera wartości współczynników zużycia danego czynnika produkcji (lub współczynnika emisji danego zanieczyszczenia). Stąd globalne zużycie (lub całkowita emisja) danego czynnika produkcji może być zapisana:

$$Z_k = \mathbf{b}_k \mathbf{x} = \mathbf{b}_k (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{y} = \mathbf{b}_k \left(\mathbf{v}(\mathbf{I} - \mathbf{G})^{-1}\right)^T \qquad \textbf{2-15}$$

gdzie: Z_k – wielkość zużycia *k*-tego dobra środowiskowego (lub emisji zanieczyszczenia) przez całą gospodarkę,

$\mathbf{b}_k$ – wektor $(1 \times n)$ współczynników zużycia b_{kj} *k*-tego dobra przez *n* gałęzi gospodarki,

pozostałe – jw.

Wyrazy macierzy $\mathbf{B}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ (i wektora $\mathbf{b}_k (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$) 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. Lub inaczej: współczynniki pokazują o ile musi wzrosnąć zużycie *k*-tego dobra, aby umożliwić wzrost produkcji *j*- tego sektora o jedną jednostkę.

Rozszerzony ekologicznie model input-output może być wykorzystany w zarządzaniu zasobami wodnymi w analizie zużycia zasobów wodnych przez sektory gospodarki. Przy znajomości struktury gospodarki i założeniu jej stałości, można, w oparciu o prognozy rozwoju konsumpcji, prognozować zanieczyszczenie środowiska czy zapotrzebowanie na wodę.

Kojarzenie tablicy przepływów międzygałęziowych z danymi o zużyciu zasobów wodnych daje możliwość prostej oceny wodochłonności sektorów, a także wiedzę o wskaźnikach wtórnych np. zużyciu wody w stosunku do produkcji globalnej sektora, pozwala także na równoczesne oceny ważności sektora w całości gospodarki (wytwarzany w sektorze produkt do globalnej produkcji gospodarki). Dane tego typu i ich analiza są wymagane przy sporządzaniu analizy ekonomicznej gospodarowania wodami w regionie wodnym oraz w dorzeczu.

Tablice input-output można również rozszerzyć o dane dotyczące produkcji ścieków (ich ilości i jakości, wielkości odprowadzanych ładunkach poszczególnych rodzajów zanieczyszczeń) przez poszczególne sektory gospodarki. Dane o ściekach tworzą podstawę do analizy wpływu sektorów na stan środowiska. Analogicznie do analizy zużycia wody można ocenić udział sektora w zanieczyszczaniu środowiska w globalnym zanieczyszczeniu, wyłonić sektory mające decydujący wpływ na zanieczyszczenie środowiska, wyznaczyć ilość zanieczyszczeń w odniesieniu do produkcji globalnej sektora (np. rocznie x kg zanieczyszczenia na 1 zł produkcji globalnej generowanej przez sektor).

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

W oparciu o tablicę przepływów międzygałęziowych oraz zużycie wody w sektorach można także wyznaczyć współczynniki bezpośredniego i pośredniego zużycia wody. Podział na bezpośrednie i pośrednie zużycie wody i wyznaczenie współczynników jest cenne dla wspomagania planowania w zarządzaniu. Proste prognozowanie w oparciu o istniejące zużycie przynosi, bowiem niepełny obraz wykorzystania zasobów wodnych. Przykład zamieszczony poniżej ilustruje różnice w prognozowaniu w oparciu o klasyczne podejście i podejście wspomagane modelem input-output:

Prognozowany jest dynamiczny rozwój sektora x gospodarki. Zużycie wody przez sektor x jest bardzo niskie, prognoza zużycia oparta o wzrost produkcji i wymagane do produkcji zasoby prowadzi do wniosku, że ***rozwój gospodarczy*** *w tym sektorze* ***nie będzie miał wpływu na zużycie*** *wody.*
Podejście oparte o tablice input-output: na podstawie tablic przepływów międzygałęziowych można wyznaczyć sektory, z których produkcji korzysta sektor x – okazuje się, że korzysta z produkcji bardzo wodochłonnych sektorów. Prognoza wzrostu zapotrzebowania na produkty sektora x jest przekładana na związany z tym wzrost produkcji w pozostałych sektorach, a następnie wyznaczany jest wzrost zużycia wody w tych sektorach. Ostatecznie określa się, że ***rozwój gospodarczy*** *w sektorze x* ***będzie miał wpływ na zużycie*** *wody.*

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

2.1.3. Mnożniki modelu Leontief'a

W poprzednich rozdziałach dotyczących klasycznego modelu Leontief'a oraz modelu rozszerzonego ekologicznie pojawiły się wielkości nazywane mnożnikami. Poniżej zostaną zdefiniowane mnożniki charakterystyczne dla modelowania input-output.

Mnożniki produkcji

mnożniki produkcji (inne stosowane w literaturze nazwy to: prosty mnożnik produkcji, mnożnik modelu Leontief'a) to elementy macierzy odwrotnej Leontief'a – elementy α_{ij} macierzy $(\mathbf{I}\text{-}\mathbf{A})^{-1}$.

Mnożnik α_{ij} przedstawia wartość o jaką wzrośnie globalna produkcja sektora *i* przy wzroście popytu finalnego gałęzi *j* o jedną jednostkę; inna interpretacja: mnożnik α_{ij} pokazuje o ile musi wzrosnąć produkcja w każdym sektorze *i* aby umożliwić wzrost produkcji sektora *j* o jedną jednostkę.

Mnożniki czynnika produkcji (lub rezultatu produkcji)

(inne nazwy: mnożniki rezultatu produkcji, proste mnożniki czynnika, proste mnożniki rezultatu, mnożniki efektu ekologicznego)

Najczęściej analizowane czynniki i rezultaty produkcji – wielkości: zatrudnienia, wynagrodzeń, nakłady dóbr ekologicznych lub emisja zanieczyszczeń.

Mnożnik czynnika produkcji to elementy β_j wektora $\mathbf{b}_k(\mathbf{I}-\mathbf{A})^{-1}$ otrzymanego poprzez wymnożenie wektora czynnika produkcji b_k (o elementach $b_{kj}=\frac{Z_{kj}}{x_j}$) przez macierz odwrotną Leontief'a.

Mnożnik β_j przedstawia dla *j*-tej gałęzi: łączną zmianę czynnika produkcji w całej gospodarce wywołaną jednostkową zmianą produktu końcowego *j*-tej gałęzi.

Mnożniki typu I

mnożnik typu I jest definiowany jako $M_j^I=\frac{\beta_j}{b_{kj}}$ przedstawia łączne zużycie czynnika produkcji w całej gospodarce wywołane jednostkową zmianą tego czynnika w *j*-tej gałęzi (w odróżnieniu do mnożnika prostego, który odnosił się do jednostkowej zmiany produktu końcowego *j*-tej gałęzi).

Mnożniki mogą być wykorzystywane do prognozowania rozwoju gospodarki, uwzględniającego powiązania sektorowe. Model Leontief'a rozbudowany o czynniki produkcji (np. zużycie wody) lub efektu produkcji (np. produkcja ścieków) daje, przy znanej prognozie gospodarczej, predykcję wartości czynnika, wymaganego zmianą poziomu produkcji. Dzięki tablicy przepływów międzygałęziowych można określić wpływ rozwoju danego sektora na poziom produkcji pozostałych gałęzi przemysłu (i analogicznie poziomu wszelkich czynników czy efektów produkcji).

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Wskaźniki zależności sektorów (*backward linkages* oraz *forward linkages*), typowanie sektorów kluczowych

Na podstawie mnożników input-output rozwinęła się teoria analizy łańcucha produkcji oraz powiązań sektorów w łańcuchu produkcji (do tyłu – *backward* oraz do przodu - *forward linkages*). Idea wskaźników *backward* i *forward linkages* oraz ich zastosowanie do analizy powiązań sektorów w łańcuchu produkcji zostały opracowane przez Rasmussena (za Lenzen [69]). Wskaźniki te obrazują:

- zakres powiązań z dostawcami dóbr niezbędnych dla wytwarzania danego dobra (tak zwane backward linkages),
- zakres powiązań z odbiorcami, wykorzystującymi to dobro przy produkcji innych dóbr finalnych bądź pośrednich (tak zwane forward linkages).

Wskaźniki te wyznacza się na podstawie macierzy odwrotnej Leontief'a (**I-A**)$^{-1}$ o elementach α_{ij} ([51], [52], [69]):

- wskaźnik forward linkages:

$$FL_{i\bullet} = \frac{\alpha_{i\bullet}}{\overline{\alpha}} \qquad \textbf{2-16}$$

gdzie: $\alpha_{i\bullet} = \frac{\sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij}}{N}$ - średni współczynnik w wierszu,

N – wymiar macierzy,

$\overline{\alpha} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \alpha_{ij}}{N^2}$ - średni współczynnik w macierzy.

- wskaźnik backward linkages:

$$BL_{\bullet j} = \frac{\alpha_{\bullet j}}{\overline{\alpha}} \qquad \textbf{2-17}$$

gdzie: $\alpha_{\bullet j} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \alpha_{ij}}{N}$ - średni współczynnik w kolumnie.

Analiza powyższych wskaźników pozwala na wyłonienie sektorów, które jako „sprzedawcy" bądź „nabywcy" półproduktów dla potrzeb zużycia pośredniego odgrywają rolę najistotniejszą (powyżej średniej). Jeśli $FL_{i\bullet}$>1 to oznacza silne powiązanie typu „forward" sektora *i* („do przodu" w łańcuchu produkcyjnym), które oznacza, że jednostkowy wzrost w popycie we wszystkich sektorach spowoduje ponadprzeciętny wzrost produkcji w sektorze *i*, co oznacza że na produkty sektora *i* będzie największe zapotrzebowanie (powyżej średniej dla wszystkich sektorów). Jeśli $BL_{\bullet j}$ >1 to oznacza silne powiązanie typu „backward" sektora *j* („do tyłu" w łańcuchu produkcyjnym), które oznacza, że jednostkowy wzrost w popycie na produkty sektora *j* spowoduje ponadprzeciętny wzrost produkcji w całej gospodarce.

Na podstawie wartości tych wskaźników można, wg Rasmussena, wytypować ***sektory kluczowe***, które mają jednocześnie silne powiązania typu „forward" jak i „backward" – których rozwój pociąga rozwój całej gospodarki.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

2.1.4. Budowa macierzy zużycia wody w sektorach gospodarki i typowanie sektorów kluczowych kształtujących zużycie zasobów wodnych

Bazując na strukturze powiązań produkcyjnych międzygałęziowych można zbudować, analogiczne do tablic przepływów pieniężnych, ***tablice zużycia wody***. Tak jak tablice input-output pokazują dla poszczególnych gałęzi gospodarki wykorzystanie produktów wszystkich sektorów (zużycie pośrednie), tak tablice (macierze) zużycia wody obrazują powiązania sektorów w kategoriach pośredniego zużycia wody.

Budowa tablicy zużycia wody może być oparta o tablice przepływów międzygałęziowych dot. produkcji. Jedne z pierwszych tego typu analiz gospodarki wodnej to prace Duarte [31], Lenzen [67], Velazquez [113] i in.. Koncepcja ta opiera się na rozdziale poboru wody na dwie części: wody zużyte dla potrzeb produkcji półproduktów dostarczonych innym sektorom (pośrednia sprzedaż wody poszczególnym sektorom) oraz wody zużyte dla potrzeb produkcji finalnej (zużycie własne) – analogicznie do podziału produkcji na dwie części: zużycie pośrednie i zużycie końcowe (patrz Tabela 1 na str. 4 oraz wzór 2-1).

Równanie produkcji w sektorze *i*: $x_i = \sum_{j=1}^{n} x_{ij} + y_i$ oraz „*per analogiam*" równanie zużycia pobranej wody w sektorze *i*:

$$p_i = \sum_{j=1}^{n} s_{ij} + w_i^w \qquad \textbf{2-18}$$

gdzie:

p_i – pobór wód przez gałąź *i;*

s_{ij} – pośrednia sprzedaż wody w produktach sprzedanych przez gałąź *i* do gałęzi *j*;

w_i^w – zużycie wody dla potrzeb finalnej produkcji własnej w gałęzi *i*.

Można wyznaczyć współczynniki d_{ij} charakteryzujące rozdział pobranej wody przez *i*-ty sektor na pośrednią sprzedaż wody do poszczególnych gałęzi *j*, poprzez:

$$d_{ij} = \frac{s_{ij}}{p_i} \qquad \textbf{2-19}$$

Stąd równanie (2-18), używając współczynników (2-19) przyjmuje postać:

$$\begin{aligned} p_1 &= d_{11}p_1 + d_{12}p_1 + \cdots + d_{1n}p_1 + w_1^w \\ p_2 &= d_{21}p_2 + d_{22}p_2 + \cdots + d_{2n}p_2 + w_2^w \\ &\vdots \\ p_n &= d_{n1}p_n + d_{n2}p_n + \cdots + d_{nn}p_n + w_n^w \end{aligned} \qquad \textbf{2-20}$$

Przy braku znajomości rzeczywistych powiązań pomiędzy sektorami dot. pośredniego zużycia wody (w produktach innych sektorów) można przyjąć, że zużycie to jest proporcjonalne do wykorzystania produktów, czyli, że są równoznaczne ze współczynnikami wyznaczanymi do modelu Ghosh'a. Stąd wracając do schematu tablicy powiązań międzygałęziowych w kategoriach produkcji, można przyjąć, że współczynniki d_{ij} wynoszą:

$$d_{ij} = \frac{s_{ij}}{p_i} = \frac{x_{ij}}{x_i} = g_{ij} \qquad \textbf{2-21}$$

Wówczas równanie (2-20) przyjmuje postać:

$$\begin{aligned} p_1 &= g_{11}p_1 + g_{12}p_1 + \cdots + g_{1n}p_1 + w_1^w \\ p_2 &= g_{21}p_2 + g_{22}p_2 + \cdots + g_{2n}p_2 + w_2^w \\ &\vdots \\ p_n &= g_{n1}p_n + g_{n2}p_n + \cdots + g_{nn}p_n + w_n^w \end{aligned} \qquad \textbf{2-22}$$

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Tablica wyznaczona na podstawie znajomości współczynników g_{ij} oraz poboru wody w sektorach p_i obrazuje pośrednie zużycie wody w sektorach (tablica zużycia pośredniego):

$$\begin{matrix} g_{11}p_1 & g_{12}p_1 & \cdots & g_{1n}p_1 \\ g_{21}p_2 & g_{22}p_2 & \cdots & g_{2n}p_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{n1}p_n & g_{n2}p_n & \cdots & g_{nn}p_n \end{matrix} \qquad \textbf{2-23}$$

Tablica ta ma następujące własności:

- ✓ Dla każdego sektora *i,* suma w wierszu obrazuje „sprzedaż wody" sp_i w produktach własnych *i*-tej gałęzi na potrzeby zużycia pośredniego we wszystkich gałęziach $s_i = \sum_{j=1}^{n} s_{ij}$;

$$\begin{matrix} g_{11}p_1 + g_{12}p_1 + \cdots + g_{1n}p_1 \Rightarrow s_1 \\ g_{21}p_2 + g_{22}p_2 + \cdots + g_{2n}p_2 \Rightarrow s_2 \\ \vdots \\ g_{n1}p_n + g_{n2}p_n + \cdots + g_{nn}p_n \Rightarrow s_n \end{matrix} \qquad \textbf{2-24}$$

- ✓ Dla każdego sektora *j* suma w kolumnie obrazuje „zakup wody" w produktach wszystkich gałęzi na potrzeby zużycia pośredniego w *j*–tej gałęzi $w_j^p = \sum_{i=1}^{n} s_{ij}$.

$$\begin{matrix} g_{11}p_1 & g_{21}p_1 & g_{1n}p_1 \\ + & + & + \\ g_{21}p_2 & g_{22}p_2 & g_{2n}p_2 \\ + & + & + \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ + & + & + \\ g_{n1}p_n & g_{n2}p_n & g_{nn}p_n \\ \Downarrow & \Downarrow & \Downarrow \\ w_1^p & w_2^p & w_n^p \end{matrix} \qquad \textbf{2-25}$$

Tablicę zużycia pośredniego można wyznaczyć w rachunku macierzowym jako $\hat{\mathbf{p}}\,\mathbf{G}$, gdzie $\hat{\mathbf{p}}$ jest macierzą diagonalną utworzoną na podstawie wektora zużycia poboru wody **p** (elementy wektora **p** są ułożone na przekątnej macierzy $\hat{\mathbf{p}}$), natomiast **G** jest macierzą współczynników g_{ij}.

$$\mathbf{p} \Rightarrow \hat{\mathbf{p}} \qquad \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ \vdots \\ p_n \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} p_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & p_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & p_{nn} \end{bmatrix} \qquad \textbf{2-26}$$

Notacja w macierzy wymaga użycia dwóch indeksów *ij*, jednakże ponieważ operacja ta ma na celu wyznaczenie tablicy o elementach $g_{ij}p_i$ a elementy p_{ii} są równe p_i to przyjęto notację w macierzy tylko z jednym indeksem p_i.

$$\hat{\mathbf{p}}\mathbf{G} = \begin{bmatrix} p_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & p_2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & p_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} g_{11} & g_{12} & \cdots & g_{1n} \\ g_{21} & g_{22} & \cdots & g_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ g_{n1} & g_{n2} & \cdots & g_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_1g_{11} & p_1g_{12} & \cdots & p_1g_{1n} \\ p_2g_{21} & p_2g_{22} & \cdots & p_2g_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_ng_{n1} & p_ng_{n2} & \cdots & p_ng_{nn} \end{bmatrix} \qquad \textbf{2-27}$$

Na podstawie macierzy pośredniego zużycia wody oraz zużycia własnego można wyznaczyć całkowite zużycie wody:

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

$$
\begin{array}{ccccccccccccc}
p_1g_{11} & + & p_1g_{12} & + & \cdots & + & p_1g_{1n} & \Rightarrow & sp_1 & + & w_1^w & \Rightarrow & p_1 \\
+ & & + & & & & + & & & & & & + \\
p_2g_{21} & + & p_2g_{22} & + & \cdots & + & p_2d_{2n} & \Rightarrow & sp_2 & + & w_2^w & \Rightarrow & p_2 \\
+ & & + & & & & + & & & & & & + \\
\vdots & & \vdots & & & & \vdots & & & & & & \vdots \\
+ & & + & & & & + & & & & & & + \\
p_ng_{n1} & + & p_ng_{n2} & + & \cdots & + & p_ng_{nn} & \Rightarrow & sp_n & + & w_n^w & \Rightarrow & p_n \\
\Downarrow & & \Downarrow & & & & \Downarrow & & & & & & \Downarrow \\
w_1^p & & w_2^p & & & & w_n^p & & & & & & P \\
+ & & + & & & & + & & & & & & \\
w_1^w & & w_2^w & & & & w_n^w & & & & & & \\
\Downarrow & & \Downarrow & & & & \Downarrow & & & & & & \\
w_1^c & + & w_2^c & + & \cdots & + & w_n^c & \Rightarrow & W^c & & & & W^c = P
\end{array}
\qquad \textbf{2-28}
$$

Całkowite zużycie wody dla *j*-tego sektora gospodarki można zapisać jako:

$$w_j^c = \sum_{i=1}^{n} p_i g_{ij} + w_j{}^w \qquad \textbf{2-29}$$

gdzie:

w_j^c – całkowite zużycie wody przez *j*-tą gałąź gospodarki,

p_i – pobór wody przez *i*-tą gałąź,

g_{ij} – współczynniki wyznaczane w modelu Ghosh'a,

w_j^w – zużycie wody dla potrzeb finalnej produkcji własnej w *j*-tej gałęzi,

lub w zapisie macierzowym:

$$\mathbf{w}^c = \mathbf{p}^T\mathbf{G} + \left(\mathbf{w}^w\right)^T \qquad \textbf{2-30}$$

gdzie:

$\mathbf{w}^c$– wektor wierszowy zużycia całkowitego wody w sektorach,

$\mathbf{p}$ i $\mathbf{w}^w$ – wektory kolumnowe odpowiednio: poboru i zużycia wody dla potrzeb finalnej produkcji własnej,

$\mathbf{G}$ – macierz współczynników wyznaczanych w modelu Ghosh'a,

$(\,)^T$ – transpozycja wektora.

Wielkość *całkowitego zużycia wody* dobrze opisuje rzeczywistą wodochłonność sektorów gospodarki. Całkowite zużycie wody zależy, bowiem nie tylko od wartości poboru własnego, także od zużycia wody w sektorach, które dostarczały „półprodukty". Podobną charakterystykę sektorów dają również opisane w rozdziale wcześniejszym mnożniki czynnika produkcji analizy Leontief'a. Jednakże mnożniki dają wielkości wskaźnikowe - względne, natomiast tablica zużycia wody (zużycie pośrednie wody) daje obraz bezwzględnych wartości wodochłonności sektorów.

Idea powiązań i wzajemnej zależności sektorów, wskaźników *backward* oraz *forward linkages* może zostać również zaadoptowana na potrzeby analizy zapotrzebowania i zużycia wód dla potrzeb produkcji. Bazując na macierzy zużycia pośredniego wody (wyznaczonej na podstawie równania 2-27) można wyznaczyć macierz *Q* współczynników q_{ij} (analogiczne do macierzy *A* i współczynników a_{ij} w modelu Leontief'a). A następnie wyznaczyć na ich podstawie wskaźniki *backward linkages* oraz *forward linkages* obrazujące powiązania sektorów gospodarki w kategorii zużycia wody.

Wg wiedzy autorki, w Polsce nie były realizowane takie badania, nie wyznaczono jak dotąd macierzy zużycia wody w sektorach gospodarki.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

2.2. WNIOSKOWANIE ROZMYTE

Teorię zbiorów rozmytych opracował Lofti Zadeh w latach 60-tych, ale praktyczne zastosowania logiki zbiorów rozmytych powstały dopiero w ostatnich 20 latach. Opracowano i wdrożono na skalę przemysłową szereg sterowników – począwszy od rozwiązujących drobne zadania w sprzętach elektronicznych (aparaty, kamery, pralki), poprzez sterowniki urządzeń klimatyzacyjnych, biomedycznych (sterowanie poziomem cukru we krwi) jak i rozwiązujące złożone problemy – neuro-rozmyte systemy sterujące komunikacją [89]. Logika rozmyta znalazła również zastosowanie w opisie i modelowaniu problemów nietechnicznych. Najczęściej modelowanie rozmyte było stosowane do modelowania i prognozowania systemów społeczno-ekonomicznych, środowiskowych, logistycznych czy też medycznych. Kasprzyk [58] wymienia szereg tego typu przykładowych modeli rozmytych w tym: model społeczno-ekonomicznego rozwoju regionalnego, model wyznaczania harmonogramu włączania jednostek w systemie energetycznym, model sterowania dozowania środków anestezjologicznych podczas operacji, model sterowania zapasami i inne.

Poniżej zostaną przedstawione podstawowe pojęcia z zakresu teorii zbiorów rozmytych oraz teoretyczne podstawy wnioskowania rozmytego.

2.2.1. Zbiory rozmyte, działania na zbiorach rozmytych, relacje rozmyte

Zbiorem rozmytym A w pewnej (niepustej) przestrzeni *X (uniwersum)* nazywamy zbiór par $(x,\mu_a(x))$, gdzie $\mu_a(x)$ jest *funkcją przynależności* do zbioru rozmytego *A.* Zbiór rozmyty można zapisać jako:

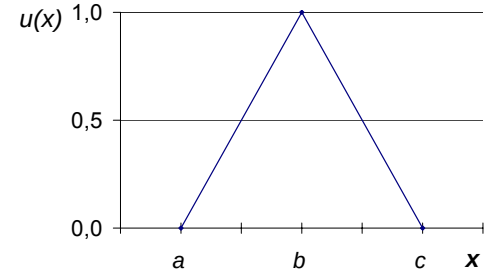
$$A=\{(x,\mu_a(x)):x\in U\} \qquad \textbf{2-31}$$

Funkcja przynależności każdemu elementowi *x* należącemu do *X* przypisuje jego *stopień przynależności* do zbioru rozmytego *A*:

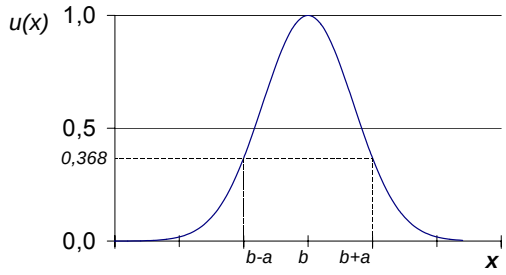
$$\mu_A(x):X\rightarrow[0,1] \qquad \textbf{2-32}$$

W praktycznych zastosowaniach najczęściej używa się kilka rodzajów funkcji przynależności o dziedzinie w zbiorze liczb rzeczywistych, są to m.in. funkcje trójkątne, trapezowe, gaussowskie, dzwonowe, które można łatwo opisać matematycznie, np.:

f. trójkątna: $$\mu_A(x)=\begin{cases}0 & dla\ \ x\le a\vee x\ge c\\ \dfrac{x-a}{b-a} & dla\ \ a<x\le bc\\ \dfrac{c-x}{c-b} & dla\ \ b<x<c\end{cases} \qquad \textbf{2-33}$$



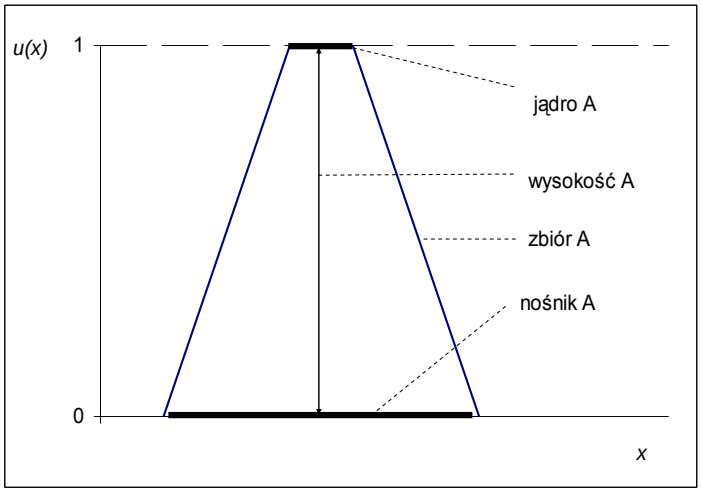
f. gaussowska: $$\mu_A(x)=e^{-\left(\frac{x-b}{a}\right)^2} \qquad \textbf{2-34}$$



BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Zbiór rozmyty można opisać kilkoma charakterystycznymi parametrami, są to m.in.:

- ***wysokość zbioru*** rozmytego *A* – jest to maksymalna wartość jaką funkcja przynależności przyjmuje w przestrzeni *X*,
- ***nośnik zbioru*** rozmytego *A* to podzbiór nierozmyty zbioru *A,* którego wszystkie elementy mają niezerowy stopień przynależności,
- ***jądro zbioru*** rozmytego *A* to podzbiór nierozmyty zbioru *A,* którego wszystkie elementy mają stopień przynależności równy 1.



Na zbiorach rozmytych można, jak na klasycznych zbiorach, wykonywać działania logiczne i matematyczne. Najistotniejsze działania to dopełnienie zbioru, suma i iloczyn zbiorów. Definicje tych operacji są następujące:

niech *A* i *B* będą zbiorami rozmytymi zawartymi w przestrzeni *X*

- **dopełnienie zbioru rozmytego**

$$\neg A = \{(x, \mu_{\neg A}(x) = 1 - \mu_A(x)\}, \qquad \textbf{2-35}$$

- **suma zbiorów rozmytych**

$$C = A \cup B, C = \{(x, \mu_C(x)\}, \textbf{ gdzie: } \mu_C(x) = \mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \qquad \textbf{2-36}$$

- **iloczyn zbiorów rozmytych**

$$C = A \cap B, C = \{(x, \mu_C(x)\}, \textbf{ gdzie: } \mu_C(x) = \mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \qquad \textbf{2-37}$$

Powyższe operacje na zbiorach rozmytych są nazywane operacjami mnogościowymi. Oprócz mnogościowych wyróżnia się także inne operacje, które w inny (niż min i max) sposób wyznaczają wynik działania sumy i iloczynu, są to operacje: algebraiczne (probabilistyczne), logiczne, drastyczne oraz ich modyfikacje tworzone przez różnych autorów (S-normy i dualne do nich T-normy, S-norma=1 – T-norma). Definicje najczęściej stosowanych operacji przedstawiono w tabelach poniżej.

Tabela 3. Definicje operacji sumy i S-norm

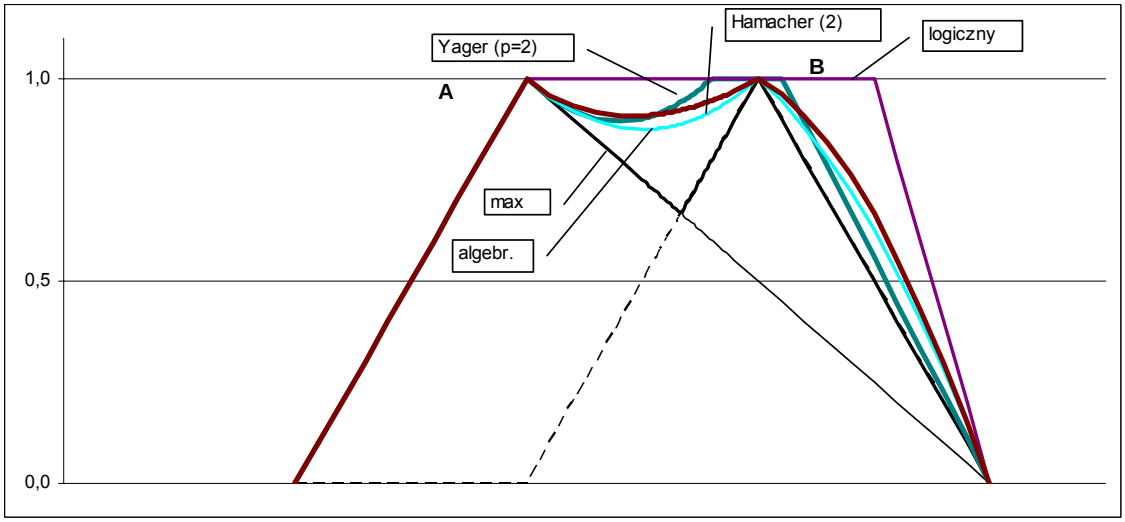
	Rodzaj operacji	Definicja
Suma, S-norma	Maksimum (MAX)	$\mu_{A \cup B}(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$
	Suma algebraiczna	$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)$
	S-norma Hamachera	$\mu_{A \cup B}(x) = \frac{\mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \cdot \mu_B(x) - (1-\gamma) \cdot \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)}{1 - (1-\gamma) \cdot \mu_A(x) \cdot \mu_B(x)}$ gdzie: γ – parametr normy, $\gamma > 0$
	Suma logiczna	$\mu_{A \cup B}(x) = \min\{1, \mu_A(x) + \mu_B(x)\}$
	S-norma Yagera	$\mu_{A \cup B}(x) = \min\left\{1, \left((\mu_A(x))^p + (\mu_B(x))^p\right)^{\frac{1}{p}}\right\}$, gdzie: *p* – parametr normy, *p*>0
	Suma drastyczna	$\mu_{A \cup B}(x) = \begin{cases} 1 & dla \quad \mu_A(x) > 0, \mu_B(x) > 0 \\ \mu_A(x) & dla \quad \mu_B(x) = 0 \\ \mu_B(x) & dla \quad \mu_A(x) = 0 \end{cases}$

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

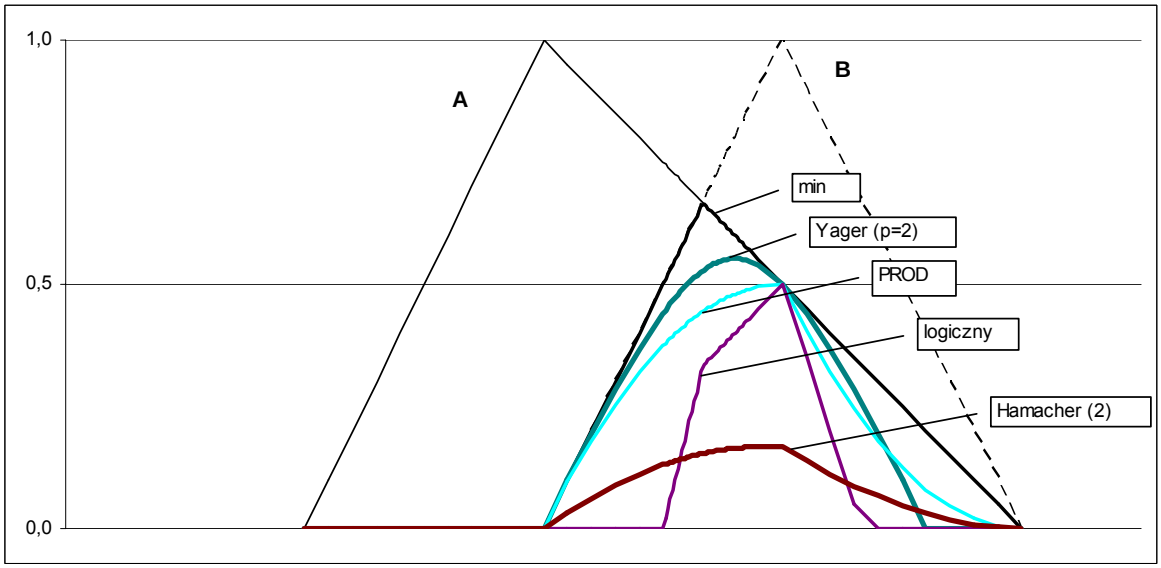
Tabela 4. Definicje operacji iloczynu i T-norm

Iloczyn, T-norma	Minimum (MIN)	$\mu_{A\cap B}(x)=\min\{\mu_A(x),\mu_B(x)\}$
	Iloczyn algebraiczny (PROD)	$\mu_{A\cap B}(x)=\mu_A(x)\cdot\mu_B(x)$
	T-norma Hamachera (Hamacher PROD)	$\mu_{A\cap B}(x)=\frac{\mu_A(x)\cdot\mu_B(x)}{\gamma+(1-\gamma)\cdot(\mu_A(x)+\mu_B(x)-\mu_A(x)\cdot\mu_B(x))}$, gdzie: γ – parametr normy, $\gamma>0$
	Iloczyn logiczny	$\mu_{A\cap B}(x)=\max\{0,\mu_A(x)+\mu_B(x)-1\}$
	T-norma Yagera	$\mu_{A\cap B}(x)=1-\min\left\{1,\left((1-\mu_A(x))^p+(1-\mu_B(x))^p\right)^{\frac{1}{p}}\right\}$, gdzie p – parametr normy, $p>0$
	Iloczyn drastyczny	$\mu_{A\cap B}(x)=\begin{cases}0 & dla\ \ \mu_A(x)<1,\mu_B(x)<1\\ \mu_A(x) & dla\ \ \mu_B(x)=1\\ \mu_B(x) & dla\ \ \mu_A(x)=1\end{cases}$

Wyznaczanie niektórych operacji przedstawiono na rysunkach poniżej.



Rysunek 1. Operatory sumy zbiorów rozmytych A i B: suma mnogościowa (max), algebraiczna, logiczna oraz S-normy Hamachera (parametr $\gamma=2$) i Yagera (parametr p=2)



Rysunek 2. Iloczyny zbiorów rozmytych A i B: mnogościowy (min), algebraiczny (PROD), logiczny oraz T-normy Hamachera (parametr $\gamma=2$) i Yagera (parametr p=2)

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

RELACJE ROZMYTE

Ogólnie relacje opisują związek pomiędzy elementami dwóch (lub więcej) zbiorów. Relacja klasyczna dwóch zbiorów określa pary liczb, które spełniają zadaną relację. Relacja rozmyta dwóch zbiorów ostrych określa pary liczb, które spełniają zadaną relację zbiorach wraz ze stopniem przynależności do tej relacji, przy czym stopień przynależności nie jest zero-jedynkowy tylko może przyjmować wartości z przedziału [0, 1]. Definicja relacji rozmytej:

Relacja rozmyta *R*

Relacją rozmytą R określoną na niepustych zbiorach ostrych *X* i *Y* nazywamy zbiór rozmyty określony na iloczynie kartezjańskim $X \times Y$:

$$R = \int_{X \times Y} \mu_R(x,y) \backslash (x,y) \qquad \textbf{2-38}$$

Złożenie relacji

Złożeniem typu sup-T dwóch relacji rozmytych *R* w $X \times Y$ i *S* w $Y \times Z$ nazywamy relację rozmytą $R \circ S$ określoną w $X \times Z$:

$$\mu_{R \circ S}(x,y) = \sup_{y \in Y} \left[\mu_R(x,y) {}^{T}\!* \mu_S(y,z) \right] \qquad \textbf{2-39}$$

Najczęściej stosowanymi T-normami są minimum oraz iloczyn, jeśli dodatkowo zbiór *Y* jest skończony to mamy do czynienia z dwoma najpopularniejszymi złożeniami – max-min oraz max-produkt:

Złożenie typu max-min (złożenie maksyminowe)

Złożeniem maksyminowym dwóch relacji rozmytych *R* w $X \times Y$ i *S* w $Y \times Z$, (oznaczanym jako $R \underset{\max-\min}{\circ} S$), nazywamy relację rozmytą w $X \times Z$:

$$\mu_{R \underset{\max-\min}{\circ} S}(x,y) = \max_y \left[\min\left(\mu_R(x,y), \mu_S(y,z)\right) \right] \qquad \textbf{2-40}$$

Złożenie typu max-prod

Złożeniem typu max-produkt dwóch relacji rozmytych *R* w $X \times Y$ i *S* w $Y \times Z$, (oznaczanym jako $R \underset{\max-prod}{\circ} S$), nazywamy relację rozmytą w $X \times Z$:

$$\mu_{R \underset{\max-prod}{\circ} S}(x,y) = \max_y \left[\mu_R(x,y) \cdot \mu_S(y,z) \right] \qquad \textbf{2-41}$$

Iloczyn kartezjański

Iloczynem kartezjańskim dwóch zbiorów rozmytych, *A* w *X* i *B* w *Y*, oznaczamy jako $A \times B$ nazywamy zbiór rozmyty (relację rozmytą) w $X \times Y$, taki że:

$$\mu_{A \times B}(x,y) = \left[\mu_A(x) \wedge \mu_B(y) \right], \textbf{ dla każdego } x \in X, y \in Y \qquad \textbf{2-42}$$

2.2.2. Zmienna lingwistyczna, rozmyte zdanie warunkowe, wnioskowanie rozmyte

Za Kasprzykiem [58]: Zadeh zaproponował tzw. *podejście lingwistyczne do analizy systemowej* i to podejście stanowi podstawę sterowania rozmytego. Podstawowym elementem tego podejścia jest pojęcie *zmiennej lingwistycznej* (np. „wodochłonność produkcji"), która przyjmuje *wartości lingwistyczne* takie jak „niska", „bardzo niska", „średnia", „wysoka", „bardzo wysoka" itp. Wartościom lingwistycznym są przypisywane odpowiednie zbiory rozmyte. Zbiory rozmyte dobrze opisują wartości lingwistyczne, gdyż rozgraniczenie poszczególnych wartości jest właśnie z

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

natury nieprecyzyjne, nieostre - rozmyte. Zależności między zmiennymi lingwistycznymi są opisywane *rozmytymi zdaniami warunkowymi*. Przykładowo: mamy dwie zmienne lingwistyczne *L* i *K* takie, że wartość zmiennej *L* jest zbiorem rozmytym *A* określonym w *X* oraz wartość zmiennej *K* jest zbiorem rozmytym *B* określonym w *Y*, to zależność między *L* i *K*, a właściwie między wartościami *A* i *B* można zapisać jako:

JEŻELI $L=A$ TO $K=B$ lub jako: JEŻELI A TO B

Przyjmuje się, że rozmyte zdanie warunkowe „JEŻELI *A* TO *B*" jest równoważne iloczynowi kartezjańskiemu dwóch zbiorów rozmytych *A* i *B*, czyli:

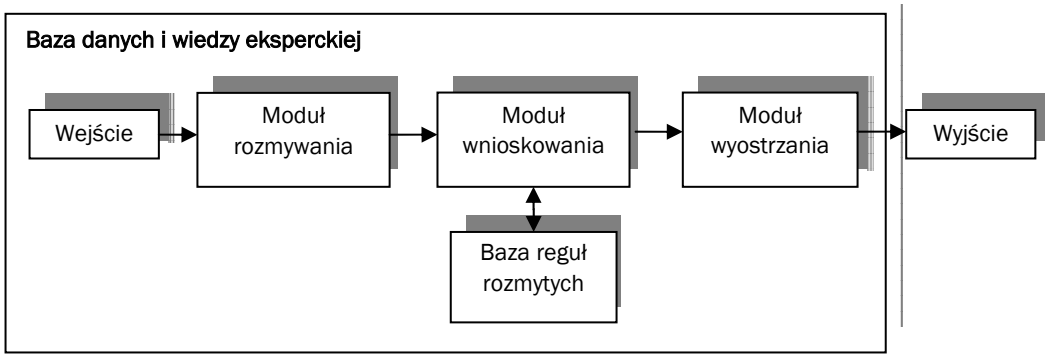
$$\text{JEŻELI } A \text{ TO } B \quad = \quad A \times B \qquad \textbf{2-43}$$

Wnioskowanie rozmyte oparte na logice zbiorów rozmytych polega wyciąganiu wniosków na podstawie reguł opartych na wartościach lingwistycznych. Reguły te tworzone są na podstawie wiedzy eksperckiej oddającej zależności zmiennych wejściowych i wyjściowych. Budowa algorytmu wnioskowania z wykorzystaniem teorii zbiorów rozmytych obejmuje następujące etapy:

- analiza zmiennych wejściowych i wyjściowych:
  - ustalenie uniwersum – przestrzeni zmienności wejść i wyjść,
  - określenie zmiennych lingwistycznych opisujących wejścia i wyjścia (np. od „*duży ujemny*" do „*duży dodatni*"), podział uniwersum na zbiory rozmyte i przypisanie im zmiennych lingwistycznych,
  - określenie postaci i wartości funkcji przynależności zmiennych,
- zbudowanie bazy relacji (wnioskowania),
  - określenie reguł „jeżeli – to" opisujących wyjście w zależności od wejścia, zmienne wejściowe i wyjściowe są opisywane w postaci zmiennych lingwistycznych,
- dobór rodzaju implikacji, operatorów, metod wyostrzania.

Moduły systemu wnioskowania rozmytego [58]:

- fuzyfikacja – rozmywanie, w tym bloku następuje obliczanie stopnia przynależności wartości nierozmytych poszczególnych wejść do zbiorów rozmytych, przetwarzane są ostre wartości zmiennych na pojęcia lingwistyczne wyrażone w postaci zbiorów rozmytych,
- moduł wnioskowania, w którym następuje wyciąganie wniosków na podstawie reguł opartych na zmiennych lingwistycznych, wynikiem jest rozwiązanie w postaci zbioru rozmytego,
- moduł defuzyfikacji – wyostrzania, w którym następuje przeliczenie rozwiązania rozmytego na wartość ostrą (wartość liczbową).



Rysunek 3. Schemat wnioskowania rozmytego

We wnioskowaniu rozmytym najczęściej stosowane są dwie architektury – Mamdaniego oraz Takagi-Sugeno. Struktura modelu Mamdaniego wymaga wiedzy eksperckiej na temat wartości zmiennych wejściowych i odpowiadających im wartości wyjściowych. Na podstawie wiedzy eksperta tworzy się bazę reguł postaci, przykłado-

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

wo dla dwóch zmiennych wejściowych *x*1 i *x*2, zmiennej wyjściowej *y,* przyjmujących po trzy wartości lingwistyczne (*ujemny U, zero Z, dodatni D*) możliwe jest utworzenie 9 reguł odpowiadających wszystkim kombinacjom zmiennych wejściowych. Reguły te mogą, przykładowo, mieć postać: „Jeżeli *x*1 przyjmuje wartość *ujemny* i *x*2 przyjmuje wartość *ujemny* to wielkość wyjściowa *y* przyjmie wartość *ujemny*, co można zapisać jako:

1) JEŻELI *x*1=*U* ORAZ *x*2=*U* TO *y=U*

i kolejne reguły:

2) JEŻELI *x*1=*U* ORAZ *x*2=*Z* TO *y=U*
3) JEŻELI *x*1=*U* ORAZ *x*2=*D* TO *y=Z*
4) JEŻELI *x*1=*Z* ORAZ *x*2=*U* TO *y=U*
5) JEŻELI *x*1=*Z* ORAZ *x*2=*Z* TO *y=Z*
6) JEŻELI *x*1=*Z* ORAZ *x*2=*D* TO *y=D*
7) JEŻELI *x*1=*D* ORAZ *x*2=*U* TO *y=Z*
8) JEŻELI *x*1=*D* ORAZ *x*2=*Z* TO *y=D*
9) JEŻELI *x*1=*D* ORAZ *x*2=*D* TO *y=D*

Praca modelu Mamdaniego przebiega następująco: do modelu wprowadzane są ostre wielkości zmiennych wejściowych, które są zamieniane na odpowiednie zbiory rozmyte (dana wartość ostra może odpowiadać jednemu lub dwóm zbiorom rozmytym, np. wartość -0.001 będzie w pewnym stopniu przynależała do zbioru „*ujemny*" oraz do zbioru „*zero*"), stąd ostre wartości dwóch zmiennych mogą uruchomić od 1 do kilku reguł (w zależności od podziału uniwersum). Każda z tych reguł jest spełniona w pewnym stopniu, ponieważ wejścia miały pewne określone stopnie przynależności do odpowiadających im zbiorów rozmytych. Jeżeli przesłanka reguły składa się z dwóch przesłanek dot. dwóch wejść połączonych spójnikiem koniunkcyjnym „oraz" to stopień przynależności do całej reguły liczy się najczęściej jako stopień przynależności do relacji będącej iloczynem dwóch zbiorów rozmytych, a najczęściej stosowanym do obliczeń operatorem są operatory t-normy: minimum MIN oraz iloczyn algebraiczny PROD. W wyniku uruchomienia przykładowo 4 reguł otrzymujemy 4 konkluzje i odpowiadające im wielkości wyjścia (o różnych stopniach przynależności). Końcowy wynikowy zbiór rozmyty jest otrzymywany jako suma konkluzji poszczególnych reguł czyli suma zbiorów rozmytych będących wyjściami z poszczególnych reguł. Przynależność do takiej relacji obliczana jest najczęściej jako maksimum MAX lub inny operator typu s-normy np. suma logiczna. W efekcie końcowym w bloku wnioskowania otrzymywana jest wartość zmiennej wyjściowej w postaci zbioru rozmytego. Ostatnim blokiem modelu jest blok wyostrzania – defuzyfikacji, który pozwala na przekształcenie wyjściowego zbioru rozmytego do wyjścia w postaci wielkości ostrej. Opracowano szereg metod defuzyfikacji, najpopularniejsze to: metoda środka maksimum, metoda pierwszego maksimum, metoda ostatniego maksimum, metoda środka ciężkości, metoda środka sum – szeroko opisane w literaturze ([89], [71] i in.).

Wiedza eksperta jest wykorzystywana do stworzenia bazy reguł, a także do strojenia modelu, które polega na kalibracji modelu metodą prób i błędów poprzez wielokrotne symulacje pracy modelu i analizę otrzymanych wyników. Strojenie modelu polega na modyfikacji zakresu uniwersum i jego podziału, funkcji przynależności wartości lingwistycznych poszczególnych zmiennych – przyjęty wstępnie model, najczęściej o równomiernym podziale uniwersum oraz przyjęte funkcje przynależności mogą być zmieniane w celu otrzymania lepszego dopasowania modelu do danych historycznych.

Drugi najszerzej używany model rozmyty to model oparty na architekturze Takagi-Sugeno. Struktura tego modelu wymaga znajomości funkcyjnej zależności *f* między wejściami i wyjściami, przy czym dla każdej z możliwych realizacji zmiennych wejściowych zależność funkcyjna może (ale nie musi) być inna. Zapis reguł przykładowo może przyjmować postać:

1) JEŻELI *x*1=*U* ORAZ *x*2=*U* TO $y = f_{1,1}(x1, x2)$
2) JEŻELI *x*1=*U* ORAZ *x*2=Z TO $y = f_{1,2}(x1, x2)$

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

3) JEŻELI $x1=U$ ORAZ $x2=D$ TO $y = f_{1,3}(x1, x2)$
4) JEŻELI $x1=Z$ ORAZ $x2=U$ TO $y = f_{2,1}(x1, x2)$
5) JEŻELI $x1=Z$ ORAZ $x2=Z$ TO $y = f_{2,2}(x1, x2)$
6) JEŻELI $x1=Z$ ORAZ $x2=D$ TO $y = f_{2,3}(x1, x2)$
7) JEŻELI $x1=D$ ORAZ $x2=U$ TO $y = f_{3,1}(x1, x2)$
8) JEŻELI $x1=D$ ORAZ $x2=Z$ TO $y = f_{3,2}(x1, x2)$
9) JEŻELI $x1=D$ ORAZ $x2=D$ TO $y = f_{3,3}(x1, x2)$

Model Takagi-Sugeno jest tworzony na ogólnych zasadach modelu wnioskowania rozmytego – wymaga przygotowania zmiennych wejściowych (definiowanie uniwersów, wartości lingwistycznych, funkcji przynależności, typów operatorów do działań na zbiorach rozmytych). Zmienna wyjściowa jest definiowana w formie zależności funkcyjnych i te zależności są konkluzjami poszczególnych reguł. Model zawiera trzy podatkowe bloki – fuzyfikacji, wnioskowania i wyznaczania ostrej wartości wyjściowej, pracujące wg zasad opisanych wcześniej.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

3. OPRACOWANIE METODYKI SPORZĄDZANIA WYBRANYCH ELEMENTÓW ANALIZY EKONOMICZNEJ GOSPODAROWANIA WODAMI

3.1. PROPOZYCJA ZASTOSOWANIA MODELU INPUT-OUTPUT W ANALIZIE EKONOMICZNEJ GOSPODAROWANIA WODAMI

Analizy ekonomiczne gospodarowania wodami zgodnie z wytycznymi unijnymi dot. wdrażania dyrektywy wodnej „Economics and the environment" [36] powinny składać z następujących etapów/elementów:

etap 1	analiza społeczno-gospodarcza
etap 2	identyfikacja rodzajów i wielkości korzystania z zasobów wodnych oraz usług wodnych
etap 3	ocena ekonomiczno-gospodarcza korzystania z zasobów
etap 4	ocena kosztów usług wodnych
etap 5	ocena kosztów korzystania z zasobów
etap 6	ocena stopnia zwrotu kosztów
etap 7	prognoza korzystania z zasobów
etap 8	ocena wpływu prognozowanego korzystania z zasobów na stan zasobów
etap 9	opracowanie programu działań w odpowiedzi na prognozowany stan gospodarki wodnej

Klasyczny oraz rozszerzony ekologicznie model Leontief'a może być wykorzystany w 4 etapach (na 9 wyodrębnionych), tj. na etapach:

etap 1	analiza społeczno-gospodarcza
...	
etap 3	ocena ekonomiczno-gospodarcza korzystania z zasobów
...	
etap 7	prognoza korzystania z zasobów
...	
etap 9	opracowanie programu działań w odpowiedzi na prognozowany stan gospodarki wodnej

Dane dot. gospodarki, gromadzone dla potrzeb sporządzenia analizy ekonomicznej gospodarowania wodami są bardzo szczegółowe – na ich podstawie oraz w oparciu o krajowe tablice przepływów międzygałęziowych można zbudować regionalny model input-output. Nakład pracy, jaki należy ponieść przy budowie tego modelu z pewnością zostanie zrekompensowany korzyściami, jakie przyniesie jego używanie na poszczególnych etapach wykonywania analizy ekonomicznej gospodarowania wodami. Jak wspomniano wyżej, model input-output może być wykorzystany na 4 etapach analizy ekonomicznej. Użytkowanie tego modelu rozszerza sposób prowadzenia ocen ekonomicznych i analiz wodochłonności i dostarcza wiele nowych cennych informacji:

Etap 1 – obejmuje identyfikację gospodarki na analizowanym obszarze. Tablice przepływów międzygałęziowych, na których opiera się model input-output zawierają dane dot.:

- produkcji globalnej poszczególnych sektorów gospodarki,
- wartości dodanej dla poszczególnych sektorów gospodarki,
- powiązań między sektorami.

Model input-output daje możliwość oceny poszczególnych sektorów wg wartości produkcji globalnej oraz wartości dodanej. Znajomość powiązań między gałęziami gospodarki daje możliwość (wg teorii opisanej w rozdz. 2.1.3):

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

- oceny istotności poszczególnych sektorów dla gospodarki całego regionu, typowanie sektorów kluczowych,
- symulacji rozwoju gospodarczego regionu w odpowiedzi na rozwój wybranych sektorów gospodarki.

Etap 3 – ocena ekonomiczno-gospodarcza korzystania z zasobów – dzięki własnościom rozbudowanego modelu input-output, poprzez wyznaczenie współczynników zużycia zasobów oraz mnożników zużycia zasobów można określić udział zasobów wodnych w generowaniu produkcji globalnej w poszczególnych sektorach. Model input-output pozwala wyznaczyć macierz zużycia pośredniego wody w gospodarce (wg teorii opisanej w rozdz. 2.1.4). Wyznaczanie zużycia pośredniego wody pozwala na zwrócenie uwagi na sektory, które same nie zużywają wody, lecz poprzez wykorzystanie produktów innych, wodochłonnych gałęzi przemysłu generują, w efekcie końcowym, zużycie wody. Stąd każdy sektor gospodarki może być analizowany przez pryzmat jego wpływu na zużycie pośrednie wody i oczywiście końcowo – całkowite zużycie wody w gospodarce.

Etap 7 – rozbudowany model input-output umożliwia prognozowanie zużycia zasobów wodnych oraz prognozowanie ilości ścieków przy znanych (prognozowanych) wielkościach produkcji globalnej lub popytu końcowego. Włączenie do modelu input-output opracowanych modeli wodochłonności poszczególnych sektorów gospodarki pozwala na opracowanie wiarygodnych prognoz, które uwzględniają zmienność wodochłonności.

Etap 9 – opracowanie programu działań w odpowiedzi na prognozowany stan gospodarki wodnej – w oparciu o rozszerzony model input-output można badać wpływ zmian w zużyciu jednostkowym na globalne zużycie wody.

Model oparty na tablicy powiązań międzysektorowych (input-output) oraz danych dotyczących poborów wody, umożliwia prognozowanie zużycia zasobów wodnych przy znanych (prognozowanych) wielkościach produkcji globalnej lub popytu końcowego. Model zużycia zasobów wodnych oparty na statycznym modelu ekonomiczno-ekologicznym, zgodnie z zapisem równania (2-15), ma postać:

- model Leontief'a $Z_k = \mathbf{b}_k \mathbf{x} = \mathbf{b}_k \left(\mathbf{I} - \mathbf{A}\right)^{-1} \mathbf{y}$,
- modelu Ghosh'a $Z_k = \mathbf{b}_k \mathbf{x} = \mathbf{b}_k \left(\mathbf{v}\left(\mathbf{I} - \mathbf{G}\right)^{-1}\right)^T$,

gdzie: Z_k – zużycie zasobów wodnych (k=1 – wody powierzchniowe, k=2 – wody podziemne) przez gospodarkę,

$\mathbf{b}_k$ – wektor współczynników zużycia zasobów wodnych (k=1 – wody powierzchniowe, k=2 – wody podziemne) dla poszczególnych gałęzi gospodarki.

Model ten jest jednak posiada wiele ograniczeń i jest statyczny. Prognoza w oparciu o mnożniki Leontief'a ($\mathbf{b}_k \left(\mathbf{I} - \mathbf{A}\right)^{-1}$) zakłada, że wektor współczynników zużycia wody $\mathbf{b}_k$, jest na poziomie odpowiadającym potrzebom produkcyjnym i możliwościom technologicznym, a w związku z tym jest stały w czasie. Dlatego prognoza oparta na takim modelu pokazuje przy wzroście produkcji wzrost zużycia wody. Tymczasem dane historyczne dla większości sektorów gospodarki wykazują, że wzrostowi produkcji towarzyszy spadek zużycia wody. Wynika to ze zmian w gospodarce wodnej zakładów – w ostatnich latach przeprowadzono szereg działań ograniczających wodochłonność

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

produkcji. Dlatego w modelowaniu polskiej gospodarki i wielkości jej potrzeb wodnych należy uwzględniać zmiany współczynników zużycia wód powierzchniowych i podziemnych $\mathbf{b}_k$. Taki dynamiczny model można opisać jako:

$$Z_k(t) = \mathbf{b}_k(t)\mathbf{x}(t) \qquad \textbf{3-1}$$

lub

$$Z_k(t) = \mathbf{b}_k(t)\left(\mathbf{I} - \mathbf{A}\right)^{-1}\mathbf{y}(t) \qquad \textbf{3-2}$$

lub

$$Z_k(t) = \mathbf{b}_k(t)\left(\mathbf{v}(t)\left(\mathbf{I} - \mathbf{G}\right)^{-1}\right)^T \qquad \textbf{3-3}$$

Macierze **A** i **G**, obrazujące przepływy produktów pomiędzy gałęziami przemysłu, również ulegają zmianie w czasie, jednakże zmiany te nie są decydujące dla zużycia wody, dlatego przyjęto, że **A** i **G** są stałe w czasie.

W pracy do modelowania dynamicznych zmian zużycia wody oraz produkcji ścieków zdecydowano się stosować wzór (3-3), z uwagi na fakt, że dostępność danych (w rozbiciu na sektory) o wartości dodanej $\mathbf{v}(t)$ jest większa niż danych o popycie końcowym $\mathbf{y}(t)$.

Przy znanych zewnętrznie prognozach ekonomicznych rozwoju gospodarki, opracowanie prognozy zużycia wód powierzchniowych i podziemnych jest równoznaczne z prognozą współczynników wodochłonności b_{kj} w poszczególnych *j*-tych sektorach gospodarki. Modelowanie zużycia zasobów wodnych dotyczy dwóch najistotniejszych źródeł poborów – wód powierzchniowych i wód podziemnych (k=1, 2), czyli modelowane będą współczynniki zużycia wód powierzchniowych oraz współczynniki zużycia wód podziemnych przez poszczególne sektory gospodarki. Wielkości współczynnika wodochłonności proponuje się prognozować w oparciu o:

1. ekstrapolację modelu trendu – współczynnik zużycia wody w funkcji czasu $b_{ki} = f(t)$,
2. budowę modelu zużycia wody w funkcji innych zmiennych mających wpływ na poziom zużycia np. ceny wody, wielkości produkcji, wielkości nakładów inwestycyjnych i in. $b_{ki} = f(x_1, x_2, ..., x_m)$,
3. budowę modelu zmian współczynników zużycia wody opartego na wnioskowaniu rozmytym.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

3.2. PROPOZYCJE MODELOWANIA I PROGNOZOWANIA ZMIAN WSPÓŁCZYNNIKÓW WODOCHŁONNOŚCI

3.2.1. Prognoza współczynnika zużycia wody na podstawie modeli trendu

Jedną z metod uzyskania prognozy zużycia wody może być analiza trendów zaistniałych historycznie i ich projekcja na przyszłość. Model tendencji rozwojowej współczynnika zużycia wody można ogólnie analitycznie zapisać jako:

$$b_i(t) = f_i(t) + \xi_i \qquad \textbf{3-4}$$

gdzie: b_i – zużycie jednostkowe wody (powierzchniowej lub podziemnej) w *i*-tym sektorze,

t - zmienna niezależna, czas, zmienna czasowa,

f_i - funkcja opisująca zmiany wskaźnika b_i w *i*-tym sektorze,

ξ_i - składnik losowy w *i*-tym sektorze,

przykładowo przy przyjęciu funkcji liniowej:

$$b_i(t) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot t + \xi(t) \qquad \textbf{3-5}$$

gdzie: α_0, α_1 – parametry modelu,

w zapisie macierzowym:

$$\mathbf{b}_i = \mathbf{X}\alpha + \xi_i \qquad \textbf{3-6}$$

gdzie:

$\mathbf{b}_i = \begin{bmatrix} b_{i1} \\ b_{i2} \\ \vdots \\ b_{in} \end{bmatrix}$ – wektor znanych wartości historycznych współczynników zużycia wody w *i*-tym sektorze w czasie (t=1,2,…, n),

X – macierz wartości zmiennej czasowej t (jej wymiar i wartości zależą od zakładanej postaci funkcji trendu),

α – wektor, nieznanych *a priori,* parametrów modelu,

ξ_i – wektor składników losowych,

np. dla funkcji liniowej: $\mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & t \\ \vdots & \vdots \\ 1 & n \end{bmatrix}$, $\alpha = \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \end{bmatrix}$, $\xi = \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \vdots \\ \xi_n \end{bmatrix}$.

Nieznane parametry zależności zmiennej objaśnianej od czasu mogą być szacowane różnymi sposobami. Jedną z prostszych metod, ale zarazem dającą satysfakcjonujące wyniki, jest klasyczna metoda najmniejszych kwadratów.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Polega ona na wyznaczeniu wektora parametrów α, które dają ***minimalną*** sumę kwadratów odchyleń pomiędzy wartościami empirycznymi zmiennej objaśnianej (w tym przypadku współczynnika zużycia wody $\mathbf{b}_i$) oraz wartościami otrzymywanymi z modelu $\mathbf{X}\alpha$, co można zapisać jako:

$$S(\hat{\alpha}) = \min_{\alpha} S(\alpha) = \min\left\{[\mathbf{b}_i - \mathbf{X}\alpha]^T [\mathbf{b}_i - \mathbf{X}\alpha]\right\} \qquad \textbf{3-7}$$

gdzie: $\hat{\alpha}$ - optymalne wartości wektora parametrów α dające minimum wartości $S(\alpha)$.

Sumę kwadratów odchyleń można zatem zapisać macierzowo jako:

$$S(\alpha) = [\mathbf{b}_i - \mathbf{X}\alpha]^T [\mathbf{b}_i - \mathbf{X}\alpha] \qquad \textbf{3-8}$$

a po odpowiednich przekształceniach:

$$S(\alpha) = \mathbf{b}_i^T \mathbf{b}_i - 2\mathbf{b}_i^T \mathbf{X}\alpha + \alpha^T \mathbf{X}^T \mathbf{X}\alpha$$

Jak wspomniano wcześniej, metoda opiera się na minimalizacji sumy kwadratów odchyleń. Warunkiem koniecznym istnienia ekstremum lokalnego różniczkowalnej funkcji w punkcie $\hat{\alpha}$ jest zerowanie się w tym punkcie wektora pierwszych pochodnych (gradientu). Dodatkowym warunkiem wystarczającym by optimum było globalne, jest by funkcja była wypukła – co zależy od określoności macierzy drugich pochodnych cząstkowych (Hessianu). Jeśli Hessian jest dodatnio określony dla każdego α, znaleziony punkt zerowania gradientu $\hat{\alpha}$ to minimum.

Warunki osiągania minimum to:

$$S(\hat{\alpha}) = \min \quad \textbf{jeżeli } \nabla_{\hat{\alpha}} S = \mathbf{0} \textbf{ oraz } \nabla^2_{\hat{\alpha}} S > \mathbf{0} \qquad \textbf{3-9}$$

Z warunku na pierwszą pochodną można wyprowadzić wzór pozwalający na obliczanie wartości parametrów modelu:

$\nabla_{\hat{\alpha}} S = \mathbf{0}$ **gdzie:** $S(\alpha) = \mathbf{b}_i^T \mathbf{b}_i - 2\mathbf{b}_i^T \mathbf{X}\alpha + \alpha^T \mathbf{X}^T \mathbf{X}\alpha$

$$\nabla_{\hat{\alpha}} S = -2\mathbf{X}^T \mathbf{b}_i + (\mathbf{X}^T \mathbf{X} + \mathbf{X}\mathbf{X}^T)\hat{\alpha} = 0$$

$$-2\mathbf{X}^T \mathbf{b}_i + 2\mathbf{X}^T \mathbf{X}\hat{\alpha} = 0$$

skąd:

$$\hat{\alpha} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{b}_i \qquad \textbf{3-10}$$

natomiast drugi warunek jest zawsze spełniony, ponieważ $\nabla^2_{\hat{\alpha}} S = 2\mathbf{X}^T \mathbf{X} > 0$**.**

Trendy zmian można aproksymować następującymi funkcjami liniowymi i nieliniowymi (linearyzowanymi wg poniższych schematów):

$\Rightarrow$ funkcja liniowa:

$$b_i(t) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot t + \xi(t)\,,\ \mathbf{b}_i = \mathbf{X}\alpha + \xi\,,\ \mathbf{b}_i = \begin{bmatrix} b_{i1} \\ b_{i2} \\ \vdots \\ b_{in} \end{bmatrix},\ \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & n \end{bmatrix},\ \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \end{bmatrix} \qquad \textbf{3-11}$$

$\Rightarrow$ funkcja kwadratowa

$$b_i(t) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot t + \alpha_2 \cdot t^2 + \xi(t)\,,$$

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

$$\mathbf{b}_i = \mathbf{X}\alpha + \xi,\ \mathbf{b}_i = \begin{bmatrix} b_{i1} \\ b_{i2} \\ \vdots \\ b_{in} \end{bmatrix},\ \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 4 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & n & n^2 \end{bmatrix},\ \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{bmatrix} \qquad \textbf{3-12}$$

$\Rightarrow$ wielomian 3-ciego stopnia

$$b_i(t) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot t + \alpha_2 \cdot t^2 + \alpha_3 \cdot t^3 + \xi(t),$$

$$\mathbf{b}_i = \mathbf{X}\alpha + \xi,\ \mathbf{b}_i = \begin{bmatrix} b_{i1} \\ b_{i2} \\ \vdots \\ b_{in} \end{bmatrix},\ \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 4 & 8 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & n & n^2 & n^3 \end{bmatrix},\ \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{bmatrix} \qquad \textbf{3-13}$$

$\Rightarrow$ funkcja wykładnicza

$$b_i(t) = e^{\alpha_0 + \alpha_1 t} e^{\xi(t)},\ \mathbf{b}_i = \mathbf{X}\alpha + \xi,\ \mathbf{b}_i = \begin{bmatrix} \ln b_{i1} \\ \ln b_{i2} \\ \vdots \\ \ln b_{in} \end{bmatrix},\ \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & n \end{bmatrix},\ \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \end{bmatrix} \qquad \textbf{3-14}$$

$\Rightarrow$ funkcja potęgowa:

$$b_i(t) = e^{\alpha_0 + \alpha_1 \ln t} e^{\xi(t)},\ \mathbf{b}_i = \mathbf{X}\alpha + \xi,\ \mathbf{b}_i = \begin{bmatrix} \ln b_{i1} \\ \ln b_{i2} \\ \vdots \\ \ln b_{in} \end{bmatrix},\ \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & \ln 1 \\ 1 & \ln 2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \ln n \end{bmatrix},\ \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \end{bmatrix} \qquad \textbf{3-15}$$

$\Rightarrow$ funkcja logarytmiczna:

$$b_i(t) = \alpha_0 + \alpha_1 \ln t + \xi(t),\ \mathbf{b}_i = \mathbf{X}\alpha + \xi,\ \mathbf{b}_i = \begin{bmatrix} b_{i1} \\ b_{i2} \\ \vdots \\ b_{in} \end{bmatrix},\ \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & \ln 1 \\ 1 & \ln 2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \ln n \end{bmatrix},\ \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \end{bmatrix} \qquad \textbf{3-16}$$

$\Rightarrow$ hiperbola:

$$b_i(t) = \alpha_0 + \alpha_1 \frac{1}{t} + \xi(t),\ \mathbf{b}_i = \mathbf{X}\alpha + \xi,\ \mathbf{b}_i = \begin{bmatrix} b_{i1} \\ b_{i2} \\ \vdots \\ b_{in} \end{bmatrix},\ \mathbf{X} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & \frac{1}{2} \\ \vdots & \vdots \\ 1 & \frac{1}{n} \end{bmatrix},\ \alpha = \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \end{bmatrix} \qquad \textbf{3-17}$$

Do oceny i weryfikacji estymacji funkcji trendu wybrano następujące miary i testy statystyczne:

- wariancja resztowa:

$$s_e^2 = \frac{[\mathbf{b}_i - \mathbf{X}\alpha]^T [\mathbf{b}_i - \mathbf{X}\alpha]}{n - k} \qquad \textbf{3-18}$$

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

gdzie: *n* to liczebność próby, na której szacuje się model, *k* – liczba szacowanych parametrów, pozostałe - jak wyżej,

- odchylenie standardowe reszt:

$$s_e = \sqrt{s_e^2} \qquad \textbf{3-19}$$

- współczynnik zmienności resztowej:

$$V_e = \frac{s_e}{\overline{b_i}} \qquad \textbf{3-20}$$

gdzie: $\overline{b_i} = \frac{\sum_{t=1}^{n} b_i(t)}{n}$ – średni współczynnik zużycia wody,

- współczynnik zbieżności:

$$\varphi^2 = \frac{[\mathbf{b}_i - \mathbf{X}\alpha]^T[\mathbf{b}_i - \mathbf{X}\alpha]}{\mathbf{b}_i^T\mathbf{b}_i - \frac{1}{n}(\mathbf{b}_i^T\mathbf{I})^2} \qquad \textbf{3-21}$$

gdzie: **I** – wektor jednostkowy o wymiarach $(n \times 1)$,

- współczynnik determinacji:

$$R^2 = 1 - \varphi^2 \qquad \textbf{3-22}$$

- macierz wariancji i kowariancji oszacowań parametrów:

$$\mathrm{var}(\hat{\alpha}_i) = s_e^2 \cdot (\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1} \qquad \textbf{3-23}$$

- błąd standardowy poszczególnych oszacowań parametrów jako pierwiastek kwadratowy z odpowiednich diagonalnych elementów macierzy wariancji i kowariancji:

$$D(\hat{\alpha}_i) = \sqrt{\mathrm{var}(\hat{\alpha}_i)} \qquad \textbf{3-24}$$

- **o przyjęciu lub odrzuceniu modelu decydować będzie wartość współczynnika zmienności resztowej oraz współczynników zbieżności i determinacji, które muszą spełnić warunki krytyczne,** $V_e \le V_{kryt}$ *oraz* $R^2 = 1 - \varphi^2 \ge R^2_{kryt}$ **, jako** V_{kryt} *oraz* R^2_{kryt} **przyjęto odpowiednio 15% i 70%,**

- test istotności parametrów funkcji trendu sprawdzano testem *t*-Studenta.

W kolejnym – drugim etapie weryfikacji modeli będą przeprowadzane testy statystyczne składnika losowego. W ramach tych badań analizowane będą reszty modeli, obliczane wg wzoru:

$$e_t = e(t) = b_i(t) - \hat{b}_i(t) \qquad \textbf{3-25}$$

gdzie: $b_i(t)$ rzeczywisty współczynnik zużycia wody w roku *t*,

$\hat{b}_i(t)$ oszacowany modelem współczynnik zużycia wody w roku *t*,

$$\mathbf{e} = \mathbf{b} - \mathbf{X}\alpha \qquad \textbf{3-26}$$

Reszty te muszą spełniać szereg warunków, które świadczą o dobrym dopasowaniu modelu do rzeczywistości i o trafnym doborze postaci modelu, a tym samym dopuszczają późniejsze użycie modeli do prognozowania. Są to

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

również warunki stosowalności metody najmniejszych kwadratów ([39], [75]). Składnik losowy (reszty modelu) musi wykazywać:

- brak autokorelacji, czyli brak zależności pomiędzy resztami z różnych jednostek czasu,
- reszty powinny mieć rozkład normalny, co sugerować będzie ich losowy charakter i prawidłowe dobranie postaci modelu,
- symetryczność, czyli liczba odchyleń *in-plus* oraz *in-minus* wartości historycznych od wartości modelowych powinna być podobna (liczba reszt ujemnych i dodatnich),
- stacjonarność, czyli reszty powinny być stałe w czasie – nie powinny wykazywać tendencji rozwojowych w czasie,
- losowość, czyli rozkład otrzymywanych reszt powinien być losowy, nie wykazywać widocznych tendencji odbiegania modelu od wartości historycznych co sugerowałoby zły dobór postaci modelu.

Na tym etapie weryfikacji będą stosowane następujące testy statystyczne ([39], [82]):

- badanie autokorelacji składnika losowego testem Durbina-Watsona,
- badanie normalności rozkładu składnika losowego za pomocą testu normalności Shapiro-Wilka,
- badanie symetrii składnika losowego, poprzez analizę liczby reszt dodatnich (i ujemnych) w ogólnej liczbie reszt *n* oraz testowanie hipotezy, że liczba ta jest równa połowie liczebności reszt,
- badanie losowości składnika losowego testem serii,
- badanie stacjonarności składnika losowego, poprzez testowanie hipotezy o braku korelacji składnika losowego i zmiennej czasowej.

Ocena *ex ante* otrzymywanych prognoz współczynników wodochłonności będzie prowadzona poprzez średni błąd predykcji S_d oraz błąd względny predykcji V_d, obliczanych ze wzorów:

$$S_d = \sqrt{s_e^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{n} + \frac{(t_p - \bar{t})^2}{\sum_{t=1}^{n}(t - \bar{t})^2}\right)} \qquad \textbf{3-27}$$

w zapisie macierzowym:

$$S_d = \sqrt{s_e^2 \cdot \left(1 + \mathbf{c}(\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1}\mathbf{c}^T\right)} \qquad \textbf{3-28}$$

gdzie:

t (t=1,2,…, n) – zmienna czasowa,
n - rozmiar „próby historycznej",
$\bar{t}$ - średnia arytmetyczna zmiennej czasowej w „próbie",
t_p – moment czasowy dla którego sporządzamy prognozę,
$\mathbf{c} = [1\, t_p]$ - wektor czasowy - okres prognozy,
$\mathbf{X}$ – macierz wartości zmiennej/zmiennych wejściowych,
s_e^2 - wariancja resztowa.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

$$V_d = \frac{S_d}{b_i^P} \cdot 100\% \qquad \textbf{3-29}$$

gdzie: b_i^p – prognozowana wartość współczynnika zużycia wody.

Ostatecznie do prognozowania będą dopuszczane modele, które spełnią następujące warunki:

- $b_i^p > 0$ - współczynniki zużycia wody muszą być dodatnie,
- $V_d < 20\%$ - błąd przy prognozie na 2015 rok nie może być większy od 20%.

Na podstawie wielkości średniego błędu S_d będzie obliczana również prognoza przedziałowa współczynnika zużycia wody. Prognoza przedziałowa będzie budowana symetrycznie wokół prognozy punktowej b_i^p, przyjmując określoną wiarygodność predykcji γ :

$$P(b_i^P - \mu \cdot S_d < b_i(t_p) < b_i^P + \mu \cdot S_d) = \gamma \qquad \textbf{3-30}$$

gdzie:

$b_i(t_p)$ - wartość współczynnika zużycia wody w momencie t_p,

γ - wiarygodność prognozy,

μ - współczynnik związany z wiarygodnością prognozy, rozkładem zmiennej prognozowanej oraz długością „próby historycznej",
jeżeli reszty mają rozkład normalny to μ odczytuje się z tablic rozkładu *t*-Studenta dla $n-2$ stopni swobody i prawdopodobieństwa $1-\gamma$.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

3.2.2. Prognoza współczynnika zużycia wody przy wykorzystaniu modeli regresji wielorakiej

Inną metodą prognozowania jest budowa prognostycznego modelu liniowego o wielu zmiennych. W modelu regresji wielorakiej estymuje się zależność zmiennej objaśnianej (współczynnika zużycia wody *b*) oraz pewnego zbioru zmiennych objaśniających $x_1, x_2, \ldots, x_k$. Model liniowy oparty o wiele zmiennych objaśniających można ogólnie zapisać jako:

$$b_i = \alpha_0 + \alpha_1 + \alpha_2 x_2 + \ldots + \alpha_k x_k + \xi_i \qquad \textbf{3-31}$$

$$\mathbf{b}_i = \mathbf{X}\alpha + \xi_i \qquad \textbf{3-32}$$

$$\begin{bmatrix} b_{i1} \\ b_{i2} \\ \vdots \\ b_{in} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \cdots & X_{1k} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \cdots & X_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & X_{n1} & X_{n2} & \cdots & X_{nk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \vdots \\ \xi_n \end{bmatrix}$$

gdzie: $\mathbf{b}_i$ – wektor znanych wartości historycznych współczynników zużycia wody w *i*-tym sektorze,

$\mathbf{X}$ – macierz wartości zmiennych objaśniających o wymiarach $(n \times k+1)$, gdzie *k* to ilość zmiennych, elementy macierzy są wartościami historycznymi zmiennych objaśniających w dyskretnych chwilach czasu *t* (*t*=1,2, …,*n*); kolumny macierzy **X** to poszczególne zmienne objaśniające,

α – wektor, nieznanych *a priori, k* parametrów modelu,

ξ – wektor składników losowych.

Parametry liniowego modelu z wieloma zmiennymi można oszacować przy użyciu klasycznej metody najmniejszych kwadratów, opisanej w 3.2.1, korzystając ze wzoru (3-10): $\hat{\alpha} = (\mathbf{X}^T\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}^T\mathbf{b}_i$.

Dobór zmiennych

Jedną z metod doboru zmiennych jest metoda Hellwiga – metoda maksymalnej pojemności informacyjnej zmiennych. Jest to metoda zarówno doboru zmiennych, jak i oceny dopasowania modelu do danych empirycznych. Metoda ta polega na analizie *pojemności informacyjnej* możliwych kombinacji zmiennych objaśniających, metoda ta uznaje za najlepszą, kombinację o największej pojemności informacji. Wielkość tego parametru nie zależy od ilości wprowadzanych zmiennych objaśniających i zmienna ma tym większe znaczenie im silniej jest skorelowana ze zmienną wyjściową i jednocześnie im słabiej jest skorelowana z innymi zmiennymi wejściowymi uwzględnionymi w modelu [122]. Procedura metody Hellwiga zawiera następujące etapy ([39], str.36):

1. ustalenie liczby możliwych kombinacji $L = 2^m - 1$, gdzie *m* liczba zmiennych,
2. dla każdej kombinacji określa się pojemności informacyjne indywidualne oraz integralne:

pojemność indywidualna: $$h_{lj} = \frac{r_j^2}{1 + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^{m_l} |r_{ij}|} \; dla\; l = 1, 2, \ldots, L;\; j = 1, 2, \ldots, m_l \qquad \textbf{3-33}$$

gdzie: r_j – współczynnik korelacji liniowej między zmienną objaśnianą i *j*-tą zmienną objaśniającą,

r_{ij} – współczynnik korelacji liniowej między *i*-tą i *j*-tą zmienną objaśniającą,

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

pojemność integralna: $$H_l = \sum_{j=1}^{m_l} h_{lj} \; dla \; l = 1, 2, \ldots, L$$ **3-34**

3. za najlepszą kombinację zmiennych objaśniających uznaje się kombinację, dla której wartość pojemności integralnej jest największa $L^{opt} \Leftrightarrow \max_l H_l$.

Modele wytypowane metodą Hellwiga, po estymacji parametrów metodą najmniejszych kwadratów będą poddawane weryfikacji zgodnie ze schematem weryfikacji przedstawionym w rozdziale 3.2.1 . Wstępna weryfikacja modeli ze względu na dopasowanie modelu oraz istotność oszacowanych parametrów (warunki: współczynnik zmienności resztowej $V_e < 15\%$ oraz współczynnik determinacji $R^2 > 70\%$ oraz pozytywny wynik testu istotności parametrów). Końcowy etap weryfikacji – badania własności składnika losowego modelu i wymóg pozytywnego przejścia przez wszystkie testy.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

3.2.3. Propozycja zastosowania wnioskowania rozmytego do modelowania dynamiki współczynników zużycia wody

Alternatywnym, do metod ekonometrycznych, sposobem prognozowania współczynników wodochłonności może być wnioskowanie rozmyte. Wnioskowanie tego typu znajduje zastosowanie w modelowaniu w sytuacji, gdy trudno zapisać matematycznie zależności pomiędzy zmiennymi objaśniającymi i objaśnianymi (wejściowymi i wyjściowymi), a jednocześnie dysponuje się wiedzą o odpowiadających sobie wartościach wejść i wyjść. Wnioskowanie rozmyte można przeprowadzić dzięki odpowiedniej wiedzy eksperckiej opisującej dany problem za pomocą zbiorów rozmytych oraz dzięki wykorzystaniu logiki i działań na zbiorach rozmytych.

Modele oparte na wnioskowaniu rozmytym to modele typu „czarna skrzynka" i są stosowane do opisywania zjawisk o nieznanym modelu matematycznym, ale dającym się opisać jakościowo przebiegu. Analizowany w niniejszej pracy problem – zmienność wodochłonności sektorów gospodarki w odpowiedzi na zmienny poziom produkcji, nakładów inwestycyjnych, rozwój/regresję sektora – jest trudny do zamodelowania matematycznego (jak pokażą wyniki prac przedstawione w dalszych rozdziałach), jednakże, na podstawie analizy danych można uzyskać pewne informacje dot. zależności odpowiadających sobie wartości wejściowych i wyjściowych, wiedza ta może być wystarczająca do budowy modelu typu „czarnej skrzynki" – czyli np. modeli wykorzystujących logikę rozmytą.

Pierwszym krokiem przy budowie każdego, a więc także i tego typu modelu, jest dobór zmiennych. Należy zatem wytypować zmienne wejściowe, na podstawie których można wnioskować o zmianach współczynnika wodochłonności sektora gospodarki (zmiennej wyjściowej). Wybór zmiennych wejściowych może być podyktowany funkcjonalnością tych zmiennych - przykładowo ponieważ budowany model zmienności wodochłonności ma służyć prognozowaniu zapotrzebowania na wodę oraz opracowywaniu strategii zarządzania zasobami wodnymi to zmiennymi niezależnymi mogą być wielkości, które z jednej strony mają wpływ na kształtowanie się wodochłonności a z drugiej strony są instrumentami zarządzania, którymi oddziałuje się na wodochłonność. Taką typową wielkością są stawki opłat za pobór wód – w ostatnich 20-stu latach znaczące podwyżki stawek niewątpliwie przyczyniły się do ograniczenia poborów wody. Oczywiście trudno rozdzielić wpływ podwyżek opłat od wpływu innych, zastosowanych narzędzi prawnych i ekonomicznych takich jak ograniczenie dofinansowywania działalności przedsiębiorstw wodociągowych, ograniczenie wykorzystania wód podziemnych w przemyśle i in.. Innym istotnym instrumentem zarządzania zasobami wodnymi kształtującym poziom wodochłonności gospodarki jest wspomaganie finansowania inwestycji (poprzez dotacje i preferencyjne warunki kredytowania) – inwestycji ograniczających wodochłonność i służących zaopatrzeniu w wodę. Stąd umieszczenie w modelu jako zmiennej wejściowej wielkości nakładów inwestycyjnych i/lub stawek opłat za pobór wód pozwala na symulowanie zachowania się gospodarki (jej wodochłonności) w odpowiedzi na różne wartości zmiennych. W efekcie takiego doboru zmiennych wejściowych do modelu wodochłonności można otrzymać:

- prognozę wodochłonności dla znanych (prognozowanych) wartości zmiennych wejściowych
- a także – w wyniku wariantowych symulacji – wymagane wartości zmiennych wejściowych-bodźcowych, które gwarantują osiągnięcie pożądanego poziomu wodochłonności gospodarki.

Budowa modeli opartych na wnioskowaniu rozmytym składa się z trzech podstawowych etapów - odpowiedniego przygotowania zmiennych, zdefiniowania wstępnej struktury modelu (budowa bazy reguł wnioskowania oraz dobór metod i operatorów działań na zbiorach rozmytych) oraz strojenia modelu.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Wybrane zmienne muszą zostać przygotowane zgodnie z wymaganiami wnioskowania rozmytego – należy dla każdej ze zmiennych przeprowadzić dobór uniwersum i jego podział (przyjęcie wartości lingwistycznych) oraz wybrać funkcje przynależności (podstawy teoretyczne w rozdz. 2.2.). Dobór uniwersum oraz jego podział można przeprowadzić na podstawie analizy wartości historycznych – uniwersum jest bowiem przedziałem zmienności i może być przedziałem pomiędzy historycznymi wartościami minimalną i maksymalną. Podział uniwersum na wartości lingwistyczne powinien brać pod uwagę kilka istotnych zależności:

- im więcej wartości lingwistycznych tym więcej reguł w bazie relacji – należy zdefiniować każdą możliwą kombinację wartości wejść i podać odpowiadającą im wartość wyjściową – jeśli wartości lingwistycznych będzie zbyt dużo to ekspert może mieć trudności ze stworzeniem tak rozbudowanej, dokładnej bazy relacji. Wielkość bazy reguł jest zależna od liczby wartości lingwistycznych (x) oraz od liczby zmiennych wejściowych (y) i wynosi x^y. Stąd dla dwóch zmiennych zdefiniowanych przez 5 wartości – baza obejmuje 25 reguł, a dla dwóch zmiennych zdefiniowanych przez 7 wartości – baza obejmuje już 49 reguł, przy większej liczbie zmiennych rozmiar bazy jest jeszcze większy. Dlatego podział uniwersum musi być podyktowany szczegółowością wiedzy eksperta – możliwością zdefiniowania zależności z określoną dokładnością.
- z drugiej strony im więcej wartości lingwistycznych tym bardziej oszacowany model rozmyty jest dokładny, uwzględnia dokładniejsze zależności, więcej możliwych do wystąpienia wartości wejściowych i wyjściowych.

Budowa bazy reguł jest ściśle powiązana z wyborem rodzaju modelu. Najczęściej stosowanymi architekturami są architektury Mamdaniego i Takagi-Sugeno (podstawy teoretyczne w rozdz. 2.2.2.). W pracy zostanie podjęta próba aplikacji obydwu rodzajów modeli. Budowa modelu typu Mamdaniego wymaga zdefiniowania reguł w postaci opisanej powyżej – relacje definiują wartość zmiennej wyjściowej w odpowiedzi na możliwe kombinacje wartości zmiennych wejściowych. W przypadku zastosowania modelu Takagi-Sugeno – należy w bazie reguł zapisać funkcyjne zależności pomiędzy wielkościami wyjściową i wejściowymi. Model Takagi-Sugeno jest więc modelem opierającym się na odcinkowych modelach regresji. W przypadku nieznajomości zależności funkcyjnych wy=f(we) muszą być one oszacowane (np. na drodze analiz statystycznych, przy pomocy technik sztucznej inteligencji i in.).

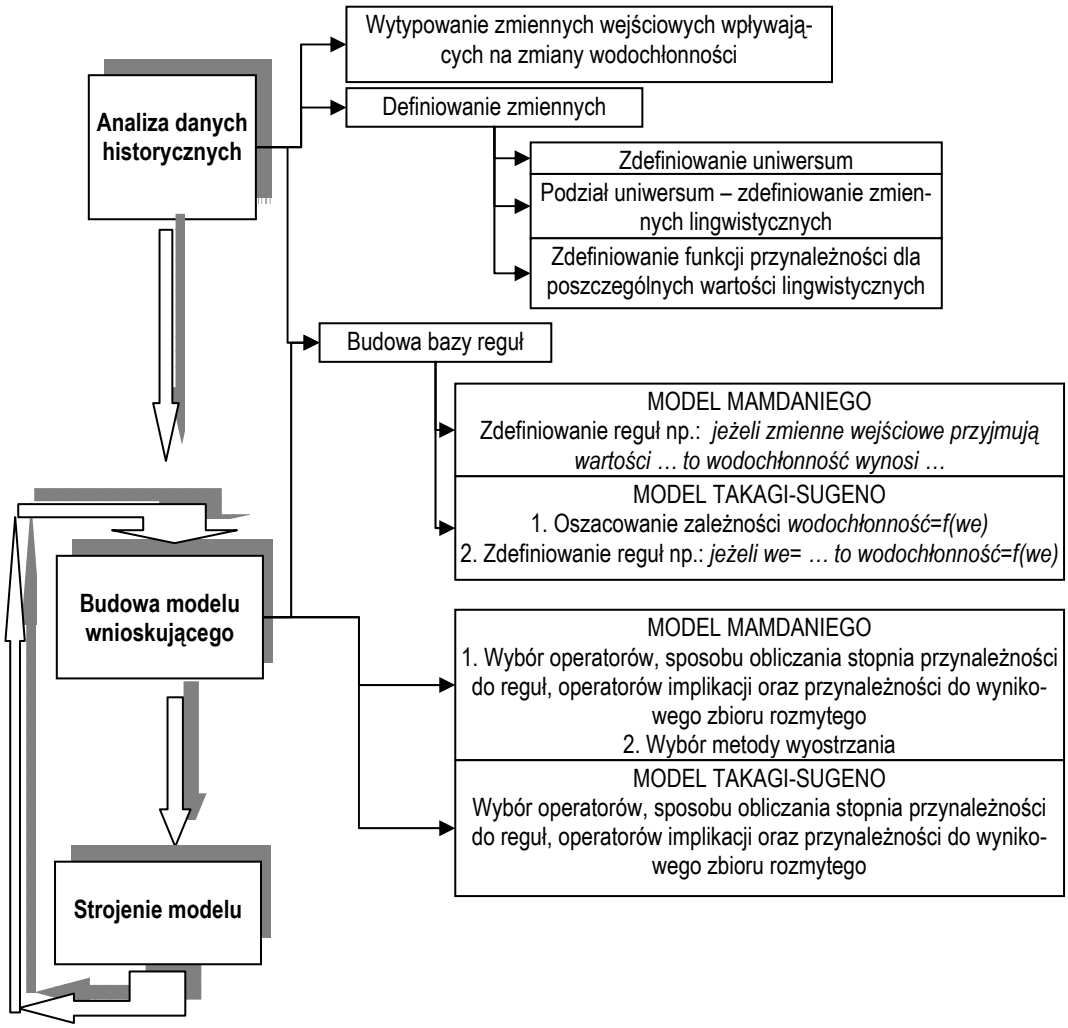
Wnioskowanie rozmyte opiera się na działaniach na zbiorach rozmytych oraz logice rozmytej – jak pokazano w rozdz. 2.2.2 wiele operacji na zbiorach oraz relacjach rozmytych może być realizowane na szereg różnych sposobów, w tabelach 3 i 4 - przedstawiono po kilka, najpopularniejszych w literaturze, metod obliczania sumy i iloczynu zbiorów rozmytych, jest wiele sposobów definiowania/obliczania implikacji itd. Budowa struktury modelu wymaga wyboru ww. metod – wybór ten może być wiążący lub podlegać zmianom podczas procesu kalibracji - strojenia modelu.

Wyjściem z wnioskowania są – w przypadku modelu Mamdaniego zbiór rozmyty a w modelu Takagi-Sugeno – jedna lub kilka wartości ostrych. Wyjścia te są następnie przez model przeliczane na pojedynczą wartość ostrą – w modelu Mamdaniego poprzez przyjętą metodą defuzyfikacji (wyostrzania), a w modelu Takagi-Sugeno najczęściej wynikiem jest wartość średnia ważona z wyników poszczególnych reguł.

Podstawowy schemat konstrukcji modelu jest, dla modeli rozmytych Mamdaniego i Takagi-Sugeno, podobny – należy stworzyć trzy podstawowe bloki – rozmywania, wnioskowania i wyostrzania. Różnica tkwi głownie w konstrukcji modułu wnioskowania – idei tworzenia reguł, które w modelu Mamdaniego mają w konkluzjach zbiory rozmyte a w Takagi-Sugeno – zależności funkcyjne. Najistotniejsze etapy budowy modelu opartego na wnioskowaniu rozmytym zostały przedstawione na schemacie poniżej.

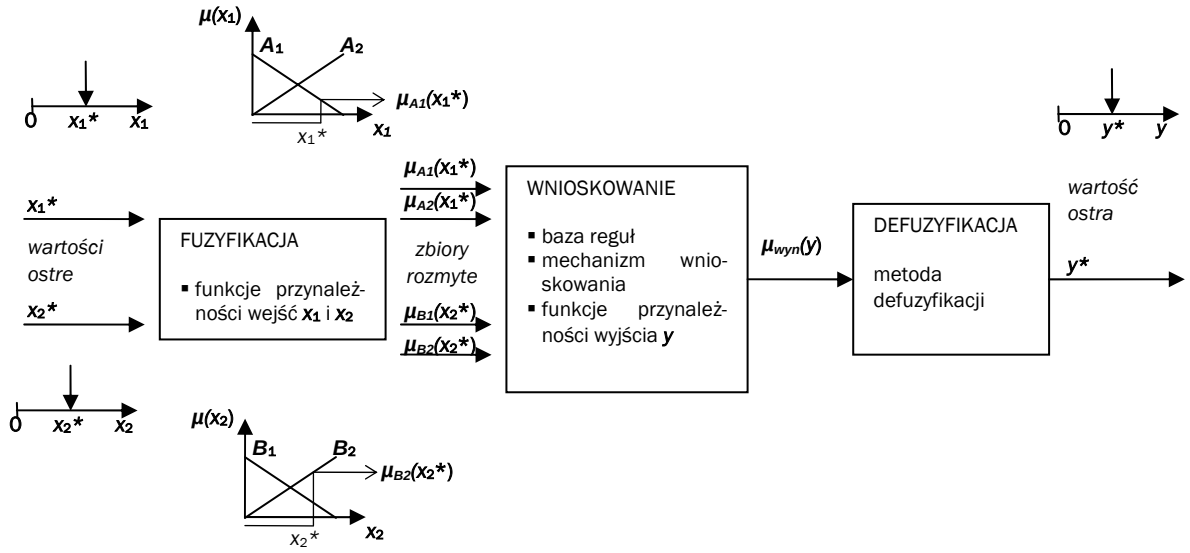
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 4. Podstawowe etapy budowy modelu opartego na wnioskowaniu rozmytym



Działanie przykładowego modelu rozmytego o dwóch zmiennych wejściowych i jednej zmiennej wyjściowej jest przedstawione na schemacie poniżej. Każda ze zmiennych wejściowych (x_1 i x_2) zdefiniowana jest poprzez dwie wartości lingwistyczne (dwa zbiory rozmyte odpowiednio A_1 i A_2 oraz B_1 i B_2).

Rysunek 5. Schemat modelu rozmytego



Źródło: [86] Piegat A. – „Modelowanie i sterowanie rozmyte", EXIT, W-wa 2003

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Matematyczny zapis modelu Mamdaniego

Rozmywanie wartości ostrych odbywa się poprzez odniesienie ich do zdefiniowanych zbiorów rozmytych reprezentujących poszczególne wartości lingwistyczne – w wyniku tego procesu otrzymywane są wartości stopni przynależności $\mu_{Ai}(x_1^*), \mu_{Bj}(x_2^*)$ wartości ostrych x_1^*, x_2^* do poszczególnych zbiorów rozmytych A_{1i}, A_2, B_1, B_2.

Wnioskowanie (inferencja) odbywa się na podstawie bazy reguł, założonego mechanizmu wnioskowania oraz funkcji przynależności zmiennej wyjściowej do zdefiniowanych zbiorów rozmytych opisujących uniwersum zmiennej i jego podział. Baza reguł składa się z relacji logicznych opisujących zależności pomiędzy zmiennymi wejściowymi i wyjściem. Relacje te są przedstawiane w postaci relacji logicznych zbiorów rozmytych przedstawiających możliwe zależności pomiędzy zdefiniowanymi lingwistycznymi wartościami wejść i wyjść, np.: dla przyjętych dwóch zmiennych wejściowych (x_1 i x_2) zdefiniowanych poprzez dwie wartości lingwistyczne (odpowiednio A_1 i A_2 oraz B_1 i B_2) oraz zmiennej wyjściowej (y) zdefiniowanej poprzez trzy wartości lingwistyczne (odpowiednio C_1, C_2 i C_3), baza reguł może mieć postać:

R_1: jeżeli (x_1=A_1) oraz (x_2=B_1) to (y=C_1)

R_2: jeżeli (x_1=A_1) oraz (x_2=B_2) to (y=C_2)

R_3: jeżeli (x_1=A_2) oraz (x_2=B_1) to (y=C_2)

R_4: jeżeli (x_1=A_2) oraz (x_2=B_2) to (y=C_3)

Wnioskowanie składa się z trzech podstawowych etapów:

1. obliczenia stopnia spełnienia przesłanek poszczególnych reguł (w tym agregacja przesłanek złożonych, np. koniunkcja przesłanek prostych dot. poszczególnych wejść),
2. obliczenia stopnia aktywizacji konkluzji poszczególnych reguł,
3. obliczenia końcowej wartości wyjścia na podstawie wszystkich reguł (akumulacja wyników z poszczególnych reguł).

Matematyczny zapis poszczególnych etapów dla przyjętego schematu modelu:

1. obliczenie stopnia spełnienia przesłanek – stopnia spełnienia koniunkcji przesłanek prostych dot. x_1 i x_2:

$$\mu_{A_i \cap B_j}(x_1^*, x_2^*) = T\left(\mu_{A_i}(x_1^*), \mu_{B_j}(x_2^*)\right) \qquad \textbf{3-35}$$

gdzie: T jest operatorem t-normy (najczęściej stosowane są operatory *MIN* i *PROD*)

MIN: $$\mu_{A_i \cap B_j}(x_1^*, x_2^*) = \min\left(\mu_{A_i}(x_1^*), \mu_{B_j}(x_2^*)\right) \qquad \textbf{3-36}$$

PROD: $$\mu_{A_i \cap B_j}(x_1^*, x_2^*) = \mu_{A_i}(x_1^*) \cdot \mu_{B_j}(x_2^*) \qquad \textbf{3-37}$$

ocena 4 przesłanek bazy reguł dla przyjętej struktury modelu:

R_1: (x_1=A_1) oraz (x_2=B_1) $\Rightarrow \mu_{A_1 \cap B_1}(x_1^*, x_2^*) = \min\left(\mu_{A_1}(x_1^*), \mu_{B_1}(x_2^*)\right)$

R_2: (x_1=A_1) oraz (x_2=B_2) $\Rightarrow \mu_{A_1 \cap B_2}(x_1^*, x_2^*) = \min\left(\mu_{A_1}(x_1^*), \mu_{B_2}(x_2^*)\right)$

R_3: (x_1=A_2) oraz (x_2=B_1) $\Rightarrow \mu_{A_2 \cap B_1}(x_1^*, x_2^*) = \min\left(\mu_{A_2}(x_1^*), \mu_{B_1}(x_2^*)\right)$

R_4: (x_1=A_2) oraz (x_2=B_2) $\Rightarrow \mu_{A_2 \cap B_2}(x_1^*, x_2^*) = \min\left(\mu_{A_2}(x_1^*), \mu_{B_2}(x_2^*)\right)$

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

2. obliczenie stopnia aktywizacji konkluzji poszczególnych reguł (R_k) jest równoznaczne z określeniem stopnia przynależności $\mu_{R_k}(x_1^*, x_2^*, y)$ relacji będących wynikiem operacji złożenia zbioru rozmytego (wyniku przesłanki) i relacji rozmytej (reguły), przy zastosowaniu implikacji Mamdaniego (MIN) wynik można obliczyć jako:

$$\mu_{R_k}(x_1^*, x_2^*, y) = \min\left(\mu_{A_i \cap B_j}(x_1^*, x_2^*), \mu_{R_k}(x_1, x_2, y)\right) \quad \textbf{3-38}$$

$$\mu_{R_k}(x_1^*, x_2^*, y) = \min\left(\mu_{A_j}(x_1^*), \mu_{B_j}(x_2^*), \mu_{C_{akt}(R_k)}(y)\right) \quad \textbf{3-39}$$

gdzie $C_{akt(Rk)}$ – aktywowany zbiór rozmyty w *k*-tej regule – obecny w konkluzji *k*-tej reguły,

ocena stopnia spełnienia konkluzji bazy reguł dla przyjętej struktury modelu:

R1: jeżeli (x_1=A_1) oraz (x_2=B_1) to (y=C_1) $\Rightarrow \mu_{R_1}(x_1^*, x_2^*, y) = \min\left(\mu_{A_1}(x_1^*), \mu_{B_1}(x_2^*), \mu_{C_1}(y)\right)$

R2: jeżeli (x_1=A_1) oraz (x_2=B_2) to (y=C_2) $\Rightarrow \mu_{R_2}(x_1^*, x_2^*, y) = \min\left(\mu_{A_1}(x_1^*), \mu_{B_2}(x_2^*), \mu_{C_2}(y)\right)$

R3: jeżeli (x_1=A_2) oraz (x_2=B_1) to (y=C_2) $\Rightarrow \mu_{R_3}(x_1^*, x_2^*, y) = \min\left(\mu_{A_2}(x_1^*), \mu_{B_1}(x_2^*), \mu_{C_2}(y)\right)$

R4: jeżeli (x_1=A_2) oraz (x_2=B_2) to (y=C_3) $\Rightarrow \mu_{R_4}(x_1^*, x_2^*, y) = \min\left(\mu_{A_2}(x_1^*), \mu_{B_2}(x_2^*), \mu_{C_3}(y)\right)$

3. obliczenia końcowej wartości wyjścia na podstawie wszystkich reguł – tzw. akumulacja, przeprowadzona może być operatorem MAX (lub innym operatorem typu s-normy).

$$\mu_{C^*}(y) = \max_k\left(\min\left(\mu_{A_j}(x_1^*), \mu_{B_j}(x_2^*), \mu_{C_{akt}(R_k)}(y)\right)\right) \quad \textbf{3-40}$$

Ostatecznie w wyniku wnioskowania otrzymujemy zbiór rozmyty C^* o wartościach przynależności $\mu_{c^*}(y)$. Na podstawie C^* i $\mu_{c^*}(y)$ wyliczana jest następnie wartość ostra zmiennej wyjściowej y^* - jest to tzw. proces defuzyfikacji (wyostrzania). Często stosowaną metodą jest metoda środka ciężkości:

$$y^* = \frac{\int y \cdot \mu_{C^*}(y) dy}{\int \mu_{C^*}(y) dy} \quad \textbf{3-41}$$

Matematyczny zapis modelu Takagi-Sugeno (TS)

Rozmywanie wartości ostrych odbywa się analogicznie do modelu Mamdaniego. Różnica między tymi modelami tkwi w konstrukcji bazy reguł. W modelu TS w konkluzjach reguł znajdują się funkcje zależności $y=f(x_1,\ldots, x_n)$. Dla podobnej struktury modelu – dwóch zmiennych wejściowych (x_1 i x_2) zdefiniowanych poprzez dwie wartości lingwistyczne (odpowiednio A_1 i A_2 oraz B_1 i B_2), baza reguł w modelu TS postać:

R1: jeżeli (x_1=A_1) oraz (x_2=B_1) to $y_1=f_1(x_1, x_2)$

R2: jeżeli (x_1=A_1) oraz (x_2=B_2) to $y_2=f_2(x_1, x_2)$

R3: jeżeli (x_1=A_2) oraz (x_2=B_1) to $y_3=f_3(x_1, x_2)$

R4: jeżeli (x_1=A_2) oraz (x_2=B_2) to $y_4=f_4(x_1, x_2)$

Stopień aktywacji reguły jest wyznaczany jako stopień spełnienia przesłanki, np. przy konkluzji dwóch przesłanek prostych może być wyznaczony jako:

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

$$\mu_{A_i \cap B_j}\left(x_1^*, x_2^*\right) = \min\left(\mu_{A_i}\left(x_1^*\right), \mu_{B_j}\left(x_2^*\right)\right) \quad \textbf{3-42}$$

lub

$$\mu_{A_i \cap B_j}\left(x_1^*, x_2^*\right) = \mu_{A_i}\left(x_1^*\right) \cdot \mu_{B_j}\left(x_2^*\right) \quad \textbf{3-43}$$

Wartość wynikowa *y* z modelu TS jest obliczana jako średnia ważona z wartości otrzymywanych z aktywowanych reguł, a wagami są stopnie aktywacji konkluzji reguł:

$$y = \frac{\sum_{k=1}^{4} \mu_{A_i \cap B_j}\left(x_1^*, x_2^*\right) f_k\left(x_1^*, x_2^*\right)}{\sum_{k=1}^{4} \mu_{A_i \cap B_j}\left(x_1^*, x_2^*\right)} \quad \textbf{3-44}$$

Modele oparte na wnioskowaniu rozmytym są typowymi modelami eksperckimi, które wymagają wiedzy na temat modelowanych wielkości – ich wartości, zmienności a także wzajemnej zależności wartości wejściowych i wyjściowych. Nie można stworzyć modelu uniwersalnego, dla każdego z analizowanych sektorów gospodarki model będzie unikalny - modele należy opracować osobno dla każdego z sektorów dla współczynników zużycia wód powierzchniowych i podziemnych.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

3.3. PODSUMOWANIE AUTORSKIEJ METODYKI SPORZĄDZANIA WYBRANYCH ELEMENTÓW ANALIZY EKONOMICZNEJ GOSPODAROWANIA WODAMI

W pracy proponuje się, aby przy sporządzaniu analizy ekonomicznej wykorzystać rozszerzony ekologicznie model input-output wraz z modelami zmienności wodochłonności w poszczególnych sektorach gospodarki. Model ten w podstawowym, głównym celu będzie służył do wyznaczania prognozy zużycia wód powierzchniowych i podziemnych przez poszczególne sektory gospodarki, a dodatkowo może zostać wykorzystany na innych etapach sporządzania analizy ekonomicznej.

Metodyka sporządzania wybranych elementów analizy ekonomicznej gospodarowania wodami:

1. budowa modelu input-output – budowa tablicy przepływów międzygałęziowych dla obszaru analizy, agregacja tablicy do wybranej struktury gospodarki, wyznaczenie współczynników Leontief'a i/lub Ghosh'a;
2. ocena ekonomiczna sektorów gospodarki:
    i. ocena ekonomicznej istotności poszczególnych sektorów wg wartości produkcji globalnej i wartości dodanej;
    ii. ocena powiązań między sektorami i roli sektorów w łańcuchu produkcji – wyznaczenie wskaźników backward linkages i forward linkages, typowanie sektorów kluczowych gospodarki;
3. ocena wodochłonności sektorów:
    i. ocena wodochłonności poszczególnych sektorów wg wartości poborów i współczynników zużycia wód;
    ii. ocena wodochłonności poszczególnych sektorów wg mnożników Leontiefa;
    iii. wyznaczenie macierzy zużycia pośredniego wody – ocena sektorów wg wartości zużycia pośredniego i zużycia całkowitego wody;
    iv. wyznaczenie wskaźników backward linkages i forward linkages w kategorii wody, typowanie sektorów kluczowych, których rozwój pociąga znaczący wzrost zużycia wody w całej gospodarce – ocena powiązań między sektorami i rola sektorów w łańcuchu produkcji w kategorii wody;
4. prognozowanie poborów wody w gospodarce w podziale na sektory:
    i. analiza historycznej zmienności wodochłonności poszczególnych sektorów;
    ii. budowa modeli zmienności wodochłonności poszczególnych sektorów – modele ekonometryczne i modele oparte na wnioskowaniu rozmytym;
    iii. wyznaczanie prognoz poborów wód przez gospodarkę w podziale na sektory przy użyciu modelu input-output i modeli wodochłonności poszczególnych sektorów gospodarki;

Model może być również wykorzystany w finalnych pracach analizy ekonomicznej – przy opracowywaniu programu działań, które mają na celu wpływanie poziom poborów wody – np. można na drodze symulacji szacować bezpieczny poziom wodochłonności poszczególnych sektorów. Przy odpowiednich przyjętych strukturach modeli wodochłonności, np. jeśli modele wodochłonności sektorów uzależniałyby poziom wodochłonności od przykładowo nakładów inwestycyjnych czy opłat ekologicznych można oszacować pożądane poziomy bodźców (łatwo dostępnych dotacji inwestycyjnych celowych lub stawek opłat), które pozwoliłyby na osiągnięcie wymaganego spadku wodochłonności.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4. ZASTOSOWANIE OPRACOWANEJ METODYKI SPORZĄDZANIA ANALIZY EKONOMICZNEJ GOSPODAROWANIA WODAMI

System planistyczny z zakresu gospodarki wodnej funkcjonuje w obecnej formie od niedawna – w 2001 r. ustanowiono w „nowym" prawie wodnym zasady programowania gospodarki wodnej. Zakres potrzebnych danych jest wciąż formułowany, w resorcie ochrony środowiska i gospodarki wodnej opracowywane są tzw. wskaźniki zrównoważonego rozwoju, które mają być używane do kontroli realizacji planów i programów środowiskowych. Pod tym kątem przebudowywany jest także system zbierania i gromadzenia danych środowiskowych i gospodarczych. Obecnie funkcjonujący system jest dość zasobny w dane na poziomie krajowym – statystyka na tym poziomie była prowadzona od kilkunastu lat (roczniki GUS Ochrona Środowiska). Jednakże tylko niewielka część danych jest przedstawiana w rozbiciu na regiony wodne i województwa. Pełny system statystyczny na poziomie regionu wodnego powstanie dopiero wraz z wdrożeniem w życie przepisów dot. katastru wodnego.

Analiza ekonomiczna gospodarowania wodami, zgodnie z przepisami ustawy prawo wodne, ma być wykonywana na poziomie regionu wodnego. Do Komisji Europejskiej mają być składane raporty z realizacji procesu wdrażania Ramowej Dyrektywy Wodnej dot. obszarów dorzeczy (zawierające analizy ekonomiczne o takim zakresie obszarowym). W ramach niniejszej pracy zdecydowano się na sporządzenie analizy dla obszaru całego kraju. Głównym powodem przyjęcia takiego obszaru aplikacyjnego była dostępność danych. Szereg wskaźników ekologicznych, ekonomicznych i gospodarczych jest publikowanych w ogólnie dostępnych rocznikach jedynie na poziomie kraju. W czasie prac nad niniejszą rozprawą regionalne zarządy gospodarki wodnej zaczynały dopiero gromadzić dane, ich zakres nie był jeszcze ustalony, część analiz była prowadzona w formie testowej i dotyczyła tylko wytypowanych problemów. Dlatego pozyskanie kompletnych danych dla poziomu regionu wodnego było niemożliwe. Ponadto niniejsza praca ma charakter badawczy, metodyczny i dlatego uznano, że zakres aplikacji nie ma znaczącego wpływu na kształt opracowanej metodyki.

Analiza ekonomiczna wymaga przedstawienia wielu informacji oraz sporządzenia szeregu analiz w podziale na sektory gospodarki – rozszerzony model input-output umożliwia wykonanie ich znacznej części. Przy jego wykorzystaniu można dokonać kompleksowej oceny ekonomicznej poszczególnych sektorów i ich wzajemnych powiązań, oceny wodochłonności gospodarki w ujęciu klasycznym (poprzez analizę poborów i współczynników wodochłonności) a także poprzez analizę wodochłonności pod kątem powiązań międzysektorowych i ich wpływu na wodochłonność gospodarki. Model ten umożliwia również przeprowadzenie symulacji rozwoju gospodarki i budowę prognoz gospodarczych, co w połączeniu z modelami wodochłonności sektorów gospodarki daje możliwość budowy prognoz zapotrzebowania na wodę.

Poniżej w kolejnych podrozdziałach zostaną wykonane wybrane elementy analizy ekonomicznej gospodarowania wodami przy wykorzystaniu modelu input-output oraz podjęta zostanie próba zamodelowania zmienności wodochłonności gospodarki w podziale na sektory. Modele wodochłonności wraz z modelem input-output zostaną następnie wykorzystane do prognozowania poborów wody dla wyodrębnionych sektorów gospodarki.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4.1. ANALIZA SPOŁECZNO-GOSPODARCZA

Etap 1 analizy ekonomicznej gospodarowania wodami obejmuje identyfikację i analizę społeczno-gospodarczą na analizowanym obszarze. Do identyfikacji i analizy gospodarki mogą być wykorzystane tablice przepływów międzygałęziowych (tablice input-output), na których opiera się model Leontief'a. Tablice te zawierają dane dot.: powiązań między sektorami gospodarki oraz m.in.: wielkości produkcji globalnej, popytu końcowego, wartości dodanej poszczególnych sektorów gospodarki. Dane zawarte w tablicy input-output (wraz z dodatkowymi danymi o zatrudnieniu) są wystarczające do oceny społecznej i gospodarczej istotności poszczególnych sektorów, a także mogą stanowić bazę danych ekonomicznych do oceny ekologiczno-ekomicznej sektorów, która będzie dokonana w dalszej części pracy.

Do budowy modelu input-output wykorzystuje się tablice przepływów międzygałęziowych. W Polsce tablice te opracowywane i publikowane co 5 lat, najnowsze przedstawiają dane dot. 2000 r., ten sam system klasyfikacji i podziału gospodarki na gałęzie posiada jeszcze tablica z 1995 r., natomiast wcześniejsze są nieporównywalne – oparte o inny schemat rachunków narodowych i podziału na sektory gospodarki. Z uwagi iż najnowsza tablica input-output prezentuje dane z 2000 r., a niniejsza praca ma charakter naukowy (a nie analityczny), wybrano rok 2000 jako bazowy i większość obliczeń statycznych, punktowych w czasie będzie oparta na danych z tegoż roku.

Statystyka przedstawiająca dane w rozbiciu na sektory gospodarki używa do opisu sektorów schematu klasyfikacji PKD (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 rozbiciu na działy (ale nie wszystkie, część jest pogrupowanych), grupy a także, w niektórych grupach, wyróżnia się klasy. Z powodu niejednolitego układu, dane muszą zostać zagregowane do wspólnego schematu, traci się w ten sposób część informacji, ale dopiero wtedy można je używać do analiz ekonomiczno-środowiskowych. Ostatecznie można przeprowadzać analizy dla 35 działów (ew. grup działów).

Tabela 5. Sektory i grupy sektorów uwzględnione w analizie

Lp.	Nazwa działu (sekcji)	symbol działu	dział gospodarki wg PKD
1	Rolnictwo, leśnictwo	A	1, 2
2	Rybactwo	B	5
3	Górnictwo węgla kamiennego i brunatnego (lignitu); wydobywanie torfu	C	10
4	Górnictwo ropy naftowej i gazu ziemnego i pozostałych surowców		11-14
5	Produkcja artykułów spożywczych i napojów	D	15
6	Produkcja wyrobów tytoniowych		16
7	Włókiennictwo		17
8	Produkcja odzieży i wyrobów futrzarskich		18
9	Produkcja skór wyprawionych i wyrobów ze skór wyprawionych		19
10	Produkcja drewna i wyrobów z drewna oraz z korka (z wyłączeniem mebli), wyrobów ze słomy i materiałów używanych do wyplatania		20
11	Produkcja masy włóknistej, papieru oraz wyrobów z papieru		21
12	Działalność wydawnicza; poligrafia i reprodukcja zapisanych nośników informacji		22
13	Wytwarzanie koksu, produktów rafinacji ropy naftowej i paliw jądrowych		23
14	Produkcja wyrobów chemicznych		24
15	Produkcja wyrobów gumowych i z tworzyw sztucznych		25
16	Produkcja wyrobów z pozostałych surowców niemetalicznych		26
17	Produkcja metali		27
18	Produkcja metalowych wyrobów gotowych, z wyłączeniem maszyn i urządzeń		28
19	Produkcja maszyn i urządzeń, gdzie indziej niesklasyfikowana		29
20	Produkcja maszyn biurowych i komputerów, Produkcja instrumentów medycznych, precyzyjnych i optycznych, zegarów i zegarków		30 i 33
21	Produkcja maszyn i aparatury elektrycznej, gdzie indziej niesklasyfikowana		31

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Lp.	Nazwa działu (sekcji)	symbol działu	dział gospodarki wg PKD
22	Produkcja sprzętu i urządzeń radiowych, telewizyjnych i telekomunikacyjnych		32
23	Produkcja pojazdów samochodowych, przyczep i naczep		34
24	Produkcja pozostałego sprzętu transportowego		35
25	Produkcja mebli; działalność produkcyjna, gdzie indziej niesklasyfikowana		36
26	Przetwarzanie odpadów		37
27	Wytwarzanie i zaopatrywanie w energię elektryczną, gaz, parę wodną i gorącą wodę	E	40
28	Pobór, uzdatnianie i rozprowadzanie wody		41
29	Budownictwo	F	45
30	Handel hurtowy i detaliczny; naprawa pojazdów samochodowych, motocykli oraz art. użytku osobistego i domowego	G	50-52
31	Administracja publiczna i obrona narodowa; obowiązkowe ubezp. społeczne i powszechne ubezp. zdrowotne	L	75
32	Ochrona zdrowia i pomoc społeczna	N	85
33	Odprowadzanie i oczyszczanie ścieków, gospodarowanie odpadami, pozostałe usługi sanitarne i pokrewne	O	90
34	Działalność organizacji członkowskich, gdzie indziej niesklasyfikowana, działalność związana z kulturą, rekreacją i sportem, działalność usługowa pozostała		91-93
35	Pozostałe działy		pozost.

W ostatnim wierszu w Tabeli 5 jest pozycja „Pozostałe działy”, są to:

1	Hotele i restauracje	H	55
2	Transport lądowy; transport rurociągowy	I	60
3	Transport wodny, lotniczy		61-62
4	Działalność wspomagająca transport; działalność związana z turystyką		63
5	Poczta i telekomunikacja		64
6	Pośrednictwo finansowe, z wyłączeniem ubezpieczeń i funduszów emerytalno-rentowych	J	65
7	Ubezpieczenia oraz fundusze emerytalno-rentowe, bez gwarantowanej prawnie opieki społecznej		66
8	Działalność pomocnicza związana z pośrednictwem finansowym i ubezpieczeniami		67
9	Obsługa nieruchomości	K	70
10	Wynajem maszyn i urządzeń bez obsługi oraz wypożyczanie art. użytku osobistego i domowego		71
11	Informatyka		72
12	Działalność badawczo-rozwojowa		73
13	Działalność gospodarcza pozostała		74
14	Edukacja	M	80
15	Gospodarstwa domowe zatrudniające pracowników	P	95

Jak widać w powyższych tabelach, tablice input-output obejmują również tzw. „gospodarkę komunalną”, przedsiębiorstwa zajmujące się zbiorowym zaopatrzeniem w wodę ludności. W tablicach przepływów gałęziowych jest to sektor E dział 41 – „Pobór, uzdatnianie i rozprowadzanie wody”. Zazwyczaj sektor ten jest modelowany osobno – nie z całą gospodarką i modelowanie zapotrzebowania na wodę opiera się na prognozie trzech wartości: jednostkowego zużycia wody (na osobę), prognozie demograficznej oraz wielkości strat w sieci wodociągowej. Modelowanie oparte na tablicach input-output traktuje ten sektor jak pozostałe sektory i uzależnia jego produkcję od poziomu popytu odbiorców (zarówno gospodarstw domowych jak i innych sektorów, które kupują wodę na potrzeby produkcji). Sektor ten jest powiązany z innymi gałęziami gospodarki, jest nabywcą szeregu produktów od jednych i także sprzedawcą własnej produkcji do innych sektorów. Stąd jego produkcja, kształtowanie się kosztów produkcji, kosztów zbytu są w pewnej mierze zależne od tych powiązań. Modelowanie input-output nie pomija jednakże tych decydujących wielkości, jakimi są jednostkowe zużycia wody (na osobę) i liczba ludności. Wielkości te powinny być uwzględniane w prognozie wartości popytu końcowego czy też prognozie rozwoju sektora.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4.1.1. Ocena – ranking sektorów wg wielkości produkcji globalnej, wartości dodanej i zatrudnienia

Pierwszym etapem analizy ekonomicznej gospodarowania wodami jest ocena społeczno-gospodarcza. Dane potrzebne do takiej analizy w dużej mierze pokrywają się z zakresem danych w modelu input-output. Jeśli tego typu model zostanie opracowany, to dostarczy szereg danych ekonomicznych dotyczących poszczególnych sektorów gospodarki. Tablice przepływów międzygałęziowych zawierają podstawowe dane do oceny społeczno-gospodarczej poszczególnych gałęzi gospodarki – takie jak produkcja globalna i wartość dodana. Osobno należałoby jedynie zebrać dane dotyczące poziomu zatrudnienia w sektorach gospodarki. Poniżej zostanie przedstawiona przykładowa analiza społeczno-gospodarcza przy pomocy tych ww. wymienionych trzech wielkości:

- ***produkcji globalnej***, która charakteryzuje wielkość sektora, jego produktywność, produkcja globalna to suma zużycia pośredniego (przez inne sektory) i wartości dodanej,
- ***wartości dodanej***, która jest częścią „produkcji globalnej", ale oddaje „przyrost" wartości dóbr związanej z działalnością sektora, wartość dodana to suma wypracowanych zysków, kosztów zatrudnienia i podatków pomniejszona o dotacje,
- oraz ***zatrudnienia*** – charakteryzującego sektor pod względem jego społecznej istotności.

Tabela 6. Dane społeczno-gospodarcze wg działów gospodarki (rok 2000, ceny bieżące)

sekcja		Nazwa działu (sekcji)		wg PKD	produkcja globalna			wartość dodana			zatrudnienie		
					mln zł	%		mln zł	%		tys. osób	%	
1	A	1	Rolnictwo	1, 2	62 790	4,43%		21 960	3,47%		***4 305***	***28,40%***	
2	B	2	Rybactwo	5	630	0,04%		180,65	0,03%		10	0,07%	
3	C	3	Górnictwo	10	16 918	1,19%	1,60%	10 619	1,68%	2,17%	174	1,15%	1,47%
		4	Ropa gaz	11-14	5 744	0,41%		3 124	0,49%		49	0,32%	
4	D	5	Art. spożywcze	15	***96 976***	***6,85%***	***30,86%***	19 583	3,09%	***19,52%***	492	3,24%	***17,64%***
		6	Tytoń	16	3 739	0,26%		1 153	0,18%		9	0,06%	
		7	Włókiennictwo	17	8 957	0,63%		3 295	0,52%		102	0,67%	
		8	Odzież	18	13 243	0,93%		5 120	0,81%		238	1,57%	
		9	Skóry	19	3 756	0,27%		1 417	0,22%		54	0,36%	
		10	Drewno	20	16 033	1,13%		4 552	0,72%		148	0,97%	
		11	Papier	21	11 543	0,81%		2 589	0,41%		41	0,27%	
		12	Poligrafia	22	18 554	1,31%		7 607	1,20%		96	0,63%	
		13	Koks, rafinacji ropy	23	23 332	1,65%		4 085	0,65%		18	0,12%	
		14	Chemiczne	24	29 004	2,05%		8 821	1,39%		110	0,72%	
		15	Guma i tw. sztuczne	25	19 683	1,39%		7 012	1,11%		123	0,81%	
		16	Wyr niemetaliczne	26	23 636	1,67%		8 330	1,32%		167	1,10%	
		17	Metale	27	26 957	1,90%		5 360	0,85%		97	0,64%	
		18	Metalowe wyroby	28	27 796	1,96%		10 300	1,63%		207	1,37%	
		19	Maszyny	29	24 392	1,72%		8 486	1,34%		222	1,46%	
		20	Komputery	30 i 33	14 679	1,04%		5 165	0,82%		101	0,67%	
		21	Aparatura elektr.	31	8 688	0,61%		2 425	0,38%		35	0,23%	
		22	Sprzętu RTV	32	5 983	0,42%		2 243	0,35%		46	0,30%	
		23	Samochody	34	30 176	2,13%		6 477	1,02%		97	0,64%	
		24	Sprzęt transportowy	35	10 885	0,77%		3 208	0,51%		80	0,53%	
		25	Meble	36	18 178	1,28%		5 971	0,94%		187	1,23%	
		26	Odpady	37	1 062	0,07%		386,745	0,06%		8	0,05%	
5	E	27	Energia elektryczna	40	44 631	3,15%	3,40%	15 437	2,44%	2,74%	178	1,18%	1,56%
		28	Pobór wody	41	3 587	0,25%		1 879	0,30%		58	0,38%	
6	F	29	Budownictwo	45	***134 185***	***9,47%***		***48 604***	***7,68%***		***815***	***5,37%***	
7	G	30	Handel	50-52	***209 252***	***14,77%***		***130 348***	***20,59%***		***2 075***	***13,69%***	
8	L	31	Administracja publ.	75	59 045	4,17%		***44 044***	***6,96%***		493	3,25%	
9	N	32	Ochrona zdrowia	85	37 826	2,67%		26 793	4,23%		***908***	***5,99%***	
10	O	33	Oczyszcz. ścieków	90	6 655	0,47%	3,01%	3 976	0,63%	3,64%	53	0,35%	1,36%
		34	Inna działalność	91-93	35 938	2,54%		19 074	3,01%		153	1,01%	
11		35	Pozostałe	pozost.	***362 225***	***25,57%***		***183 469***	***28,98%***		***3 214***	***21,20%***	
				ogółem	**1 416 676**	**100%**		**633 092**	**100%**		**15 159**	**100%**	

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Ocena społeczno-gospodarcza

Najistotniejszymi gałęziami gospodarki w kraju są:

⇒ pod względem wielkości ***produkcji globalnej***:
- ❖ sekcja D przetwórstwo przemysłowe – ok. 30% ogólnokrajowej produkcji,
- ❖ grupa sekcji "pozostałe" – ponad 20%,
- ❖ sekcja G handel – ok.15%,
- ❖ sekcja F budownictwo – ok. 7%,
- ❖ sekcja A rolnictwo – ok. 5%,

⇒ pod względem wielkości ***wartości dodanej***:
- ❖ grupa sekcji „pozostałe" – ok. 30%,
- ❖ sekcja G handel – ok. 20%,
- ❖ sekcja D przetwórstwo przemysłowe – ok. 20%,
- ❖ sekcja F budownictwo – ok. 6%,
- ❖ sekcja L administracja publiczna – ok. 6%,

⇒ pod względem wielkości ***zatrudnienia***:
- ❖ grupa sekcji "pozostałe" – ponad 20% z wyraźną tendencją wzrostową,
- ❖ sekcja D przetwórstwo przemysłowe – ok. 20%,
- ❖ sekcja A rolnictwo – ok.20% z wyraźną tendencją spadkową,
- ❖ sekcja G handel – 15%,
- ❖ sekcja L administracja publiczna – ok. 7%.

Nie bez znaczenia jest również dynamika wyżej analizowanych wielkości – w tabeli poniżej przedstawiono zmiany, jakie miały miejsce w ostatnich latach.

Tabela 7. Wartość dodana i zatrudnienie w głównych sektorach gospodarki w latach: 1995, 2000 i 2004

Sekcja	Produkcja globalna			Wartość dodana			Zatrudnienie		
	1995	2000	2004	1995	2000	2004	1995	2000	2004
	Ceny stałe w mln zł 2004 r.			Ceny stałe w mln zł 2004 r.			tys. osób		
A	94 469	71 720	92 540	34 843	24 408	41 537	4 194[A]	4 294[A]	2 138[B]
B	977	777	395	248	222	183	14	10	6
C	37 090	29 962	33 425	20 988	17 781	20 842	357	223	189
D	389 731	481 390	598 017	119 725	137 676	155 722	3 103	2 675	2 488
E	46 867	54 981	70 134	19 926	21 698	30 460	269	249	225
F	89 857	139 151	121 666	36 880	56 761	45 451	827	815	610
G	179 413	263 698	282 193	101 297	140 038	154 357	1 903	2 075	2 032
L	43 028	64 505	69 371	27 912	48 126	50 118	738	822	851
N	29 439	39 936	43 864	20 747	28 288	29 610	1 003	908	698
O	36 086	53 450	58 380	19 733	28 262	31 437	335	399	375
Pozost.	195 030	373 693	467 763	104 962	197 335	256 798	2 743	3 039	3 125
Ogółem	**1 141 986**	**1 573 262**	**1 837 748**	**507 261**	**700 595**	**816 515**	**15 486**	**15 509**	**12 737**
Struktura									
A	**8%**	**5%**	**5%**	7%	3%	5%	**27%**	**28%**	**17%**
B	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
C	3%	2%	2%	4%	3%	3%	2%	1%	1%
D	**34%**	**31%**	**33%**	**24%**	**20%**	**19%**	**20%**	**17%**	**20%**
E	4%	3%	4%	4%	3%	4%	2%	2%	2%
F	**8%**	**9%**	**7%**	**7%**	**8%**	**6%**	5%	5%	5%
G	**16%**	**17%**	**15%**	**20%**	**20%**	**19%**	**12%**	**13%**	**16%**
L	4%	4%	4%	**6%**	**7%**	**6%**	**5%**	**5%**	**7%**
N	3%	3%	2%	4%	4%	4%	6%	6%	5%
O	3%	3%	3%	4%	4%	4%	2%	3%	3%
Pozost.	17%	24%	25%	21%	28%	31%	18%	20%	25%
Ogółem	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**	**100%**
Tempo zmian									
A		-24%	29%		-30%	70%		2%	-50%[B]
B		-21%	-49%		-10%	-18%		-29%	-40%
C		-19%	12%		-15%	17%		-38%	-15%
D		24%	24%		15%	13%		-14%	-7%
E		17%	28%		9%	40%		-7%	-10%
F		55%	-13%		54%	-20%		-1%	-25%

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Sekcja	Produkcja globalna			Wartość dodana			Zatrudnienie		
	1995	2000	2004	1995	2000	2004	1995	2000	2004
	Ceny stałe w mln zł 2004 r.			Ceny stałe w mln zł 2004 r.			tys. osób		
G		47%	7%		38%	10%		9%	-2%
L		50%	8%		72%	4%		11%	4%
N		36%	10%		36%	5%		-9%	-23%
O		48%	9%		43%	11%		19%	-6%
Pozost.		92%	25%		88%	30%		11%	3%
Ogółem		38%	17%		38%	17%		0%	-18%

Uwaga: [A,B] – dane dotyczące zatrudnienia w rolnictwie z lat 1995 i 2000 są oszacowane na podstawie Powszechnego Spisu Rolnego z 1996 r., natomiast dane za rok 2004 oszacowano na podstawie Narodowego Powszechnego Spisu Ludności z 2002 r., Powszechnego Spis Rolnego z 2002 roku oraz innych zasad oceny zatrudnienia w gospodarstwach indywidualnych – stąd dane te są nieporównywalne.

Dominującą rolę gospodarce kraju odgrywa sektor D – grupujący przedsiębiorstwa przetwórstwa przemysłowego, jest to sektor stabilny – udział jego produkcji na przestrzeni ostatnich 10 lat jest na mniej więcej stałym poziomie (1995 – 34%, 2000 – 31%, 2004 – 33% produkcji globalnej całej gospodarki), przy nieznacznie zmniejszającym się wkładzie w wartość dodaną oraz stałym udziale w krajowym poziomie zatrudnienia. Dynamika wielkości produkcji globalnej z przetwórstwa przemysłowego jest korzystna i wynosiła w latach 1995/2000 jak i 2000/2004 ok. 24% (ogólnie w ostatnich 10 latach wzrosła o prawie 50%). Korzystnej dynamice produkcji towarzyszy jednak mniejsza dynamika wartości dodanej (co świadczy o mniejszej zyskowności sektora) i obniżenie zatrudnienia w 2004 r. zatrudnienie było mniejsze o ok. 20% niż w 1995 r.

Drugim kluczowym sektorem polskiej gospodarki jest sektor G – obejmujący handel hurtowy i detaliczny. Sektor ten ma prawie stały udział w krajowych wartościach produkcji globalnej ok. 15% i wartości dodanej ok. 20%, a udział w zatrudnieniu nieznacznie rośnie (w 1995 r. 12% ogółu zatrudnionych, w 2004 r. – 16%). Dynamika analizowanych wielkości jest generalnie korzystna, ponieważ w większości przypadków jest dodatnia, jedyna ujemna wartość to spadek zatrudnienia o 2% w 2004 r. w stosunku do 2000 r. (ale jest to niewielki spadek w porównaniu do średniej krajowej, która wyniosła ok. -18%). Rozwój tego sektora w latach 1995-2000 był bardzo dynamiczny i przekraczał średnie krajowe zarówno w zakresie wzrostu poziomu produkcji jak i zatrudnienia. Dynamika produkcji (ok. 7%) i wartości dodanej (10%) w ostatnich pięciu latach (2000-2004) jest spokojniejsza w poniżej ogólnych tendencji w gospodarce (odpowiednio 17% i 17%).

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4.1.2. Ocena sektorów wg wskaźników forward i backward linkages, typowanie kluczowych sektorów gospodarki

Analizę społeczno-gospodarczą warto rozszerzyć o **analizę wzajemnych powiązań pomiędzy sektorami poprzez wskaźniki „*forward linkages FL*" i „*backward linkages BL*", która pozwala na wyłonienie sektorów kluczowych**. Zgodnie z teorią przedstawioną w rozdz. 2.1.3, w oparciu o tablice przepływów międzygałęziowych z 2000 r., dla struktury gospodarki zagregowanej do 35 sektorów, wyznaczono macierz współczynników produkcji a_{ij}, macierz przedstawiona jest w tabeli w załącznikach do pracy – Załącznik 1. Następnie obliczono macierz odwrotną Leontief'a i na jej podstawie (wzory 2-16 i 2-17) wyznaczono wartości wskaźników FL i BL dla poszczególnych sektorów - wyniki poniżej w tabeli oraz na wykresie (Tabela 8, Rysunek 6).

Tabela 8. Wskaźniki „*forward linkages FL*" i „*backward linkages BL*" dla poszczególnych sektorów gospodarki

Lp.	Sekcja	Lp.	Dział (sekcja)	Wskaźnik forward linkages FL	Zmiana w produkcji globalnej *danego sektora* wywołana jednostkowym wzrostem popytu [o 1 tys. zł] na produkty *wszystkich sektorów* [tys. zł]	Wskaźnik backward linkages BL	Zmiana w produkcji globalnej *w całej gospodarce* wywołana jednostkowym wzrostem popytu [o 1 tys. zł] na produkty *danego sektora* [tys. zł]
1	A	**1**	**Rolnictwo**	**1,37**	**2,45**	**1,21**	**2,16**
2	B	2	Rybactwo	0,60	1,07	1,18	2,10
3	C	3	Górnictwo	1,04	1,85	0,90	1,62
		4	Ropa gaz	0,74	1,32	0,95	1,70
4	D	**5**	**Art. spożywcze**	**1,08**	**1,93**	**1,36**	**2,43**
		6	Tytoń	0,63	1,13	0,94	1,67
		7	Włókiennictwo	0,70	1,25	0,89	1,59
		8	Odzież	0,59	1,05	0,89	1,59
		9	Skóry	0,57	1,02	0,88	1,57
		10	Drewno	0,85	1,52	1,15	2,05
		11	Papier	0,84	1,49	1,05	1,88
		12	Poligrafia	0,76	1,36	0,96	1,72
		13	Koks, rafinacji ropy	0,97	1,72	0,72	1,29
		14	Chemiczne	0,93	1,66	0,96	1,71
		15	Guma i tw. sztuczne	0,90	1,61	0,94	1,68
		16	Wyr niemetaliczne	0,92	1,65	1,09	1,94
		17	**Metale**	**1,37**	**2,45**	**1,18**	**2,11**
		18	**Metalowe wyroby**	**1,02**	**1,83**	**1,05**	**1,87**
		19	Maszyny	0,88	1,58	1,04	1,86
		20	Komputery	0,78	1,40	1,02	1,82
		21	Aparatura elektr.	0,59	1,05	0,80	1,43
		22	Sprzętu RTV	0,60	1,06	1,01	1,81
		23	Samochody	0,65	1,16	0,99	1,76
		24	Sprzęt transportowy	0,72	1,29	1,15	2,06
		25	Meble	0,69	1,24	1,07	1,90
		26	Odpady	0,66	1,19	1,19	2,13
5	E	**27**	**Energia elektryczna**	**1,57**	**2,80**	**1,07**	**1,91**
		28	Pobór wody	0,68	1,21	1,01	1,81
6	F	**29**	**Budownictwo**	**1,29**	**2,30**	**1,10**	**1,97**
7	G	30	Handel	3,00	5,36	0,88	1,58
8	L	31	Administracja publ.	0,56	1,00	0,76	1,36
9	N	32	Ochrona zdrowia	0,61	1,10	0,79	1,14
10	O	33	Oczyszcz. ścieków	0,78	1,39	0,89	1,59
		34	Inna działalność	0,72	1,29	0,95	1,70
11		35	Pozostałe	4,33	7,73	0,97	1,74
			średnio	***1.00***	***1.79***	***1.00***	***1.79***

Z analizy wartości wskaźników FL i BL wynika, że ***kluczowymi sektorami*** dla całej gospodarki są (rangowanie wg wielkości produkcji globalnej): Budownictwo, Produkcja artykułów spożywczych, Rolnictwo, Produkcja energii elektrycznej, Produkcja metali oraz Produkcja wyrobów metalowych.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Tabela 9. Sektory kluczowe w polskiej gospodarce wg wskaźników *forward* i *backward linkages*

Lp.	Sektor gospodarki	Produkcja globalna [tys. zł]	Wskaźnik FL	Wskaźnik BL
1	Budownictwo	134 184 940	**1,29**	**1,10**
2	Art. spożywcze	96 975 684	**1,08**	**1,36**
3	Rolnictwo	62 790 107	**1,37**	**1,21**
4	Energia elektryczna	44 631 374	**1,57**	**1,07**
5	Metale	26 956 771	**1,37**	**1,18**
6	Metalowe wyroby	27 796 245	**1,02**	**1,05**

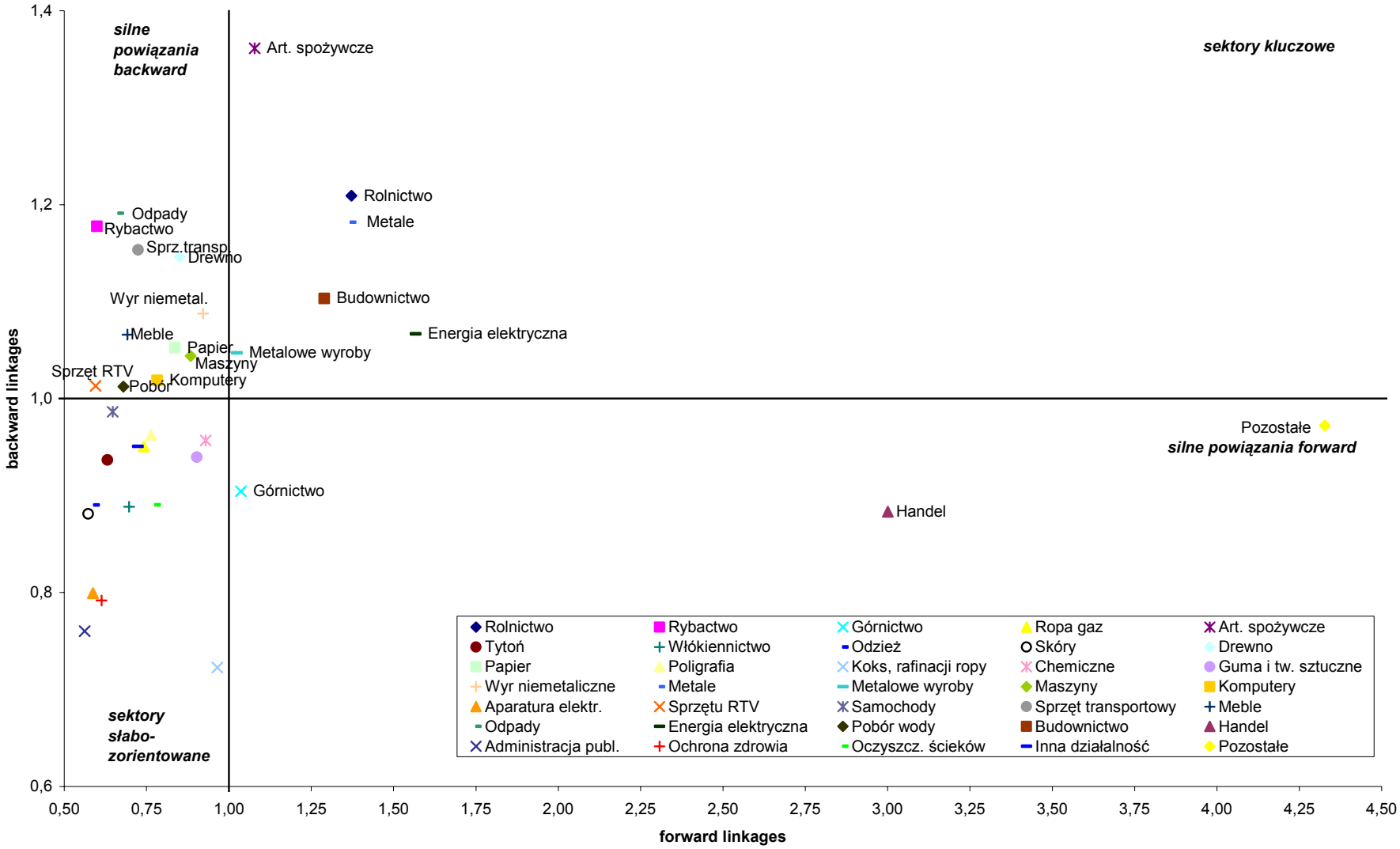
Kluczowe sektory są zarówno istotnymi nabywcami jak i sprzedawcami produktów w łańcuchu produkcyjnym całej gospodarki. Wzrost zapotrzebowania na ich produkty a także wzrost popytu ogólnego powoduje, że produkcja w tych sektorach wzrasta ponadprzeciętnie – ich produkty są znacząco wykorzystywane w zużyciu pośrednim przez wiele sektorów. Wzrost zapotrzebowania na ich produkty powoduje także wzrost ponadprzeciętny wzrost produkcji w całej gospodarce, gdyż są one znaczącym nabywcą półproduktów od wielu innych sektorów. Rozwój tych sektorów powoduje rozwój całej gospodarki.

Sektorami o znaczącym powiązaniu typu „forward – do przodu" są, oprócz sektorów kluczowych, trzy inne sektory: grupa sektorów Pozostałe, Handel oraz Górnictwo. Grupa sektorów Pozostałe to między innymi *przedsiębiorstwa transportowe* oraz *działalność gospodarcza* (patrz Tabela 5), wzrost produkcji w tego typu sektorach zwykle wyprzedza ogólny/średni wzrost gospodarczy – np. przy takim samym jednostkowym wzroście popytu (o 1 tys. zł) na produkty poszczególnych sektorów, gospodarka średnio musi podnieść produkcję globalną o 1,77 tys. zł. W sektorach „forward" wzrost produkcji będzie wyższy niż średnia np. Handel wzrost produkcji o 5 tys. zł, Górnictwo – 1,85 tys. zł. Ponadprzeciętny wzrost jest wywołany tym, że Handel (Górnictwo) świadczą szereg usług (dostarczają produkty) dla potrzeb zużycia pośredniego – pozostałe sektory do podniesienia produkcji własnej korzystają znacząco z produkcji tych sektorów.

Sektorami o znaczącym powiązaniu typu „backward – do tyłu" są, oprócz sektorów kluczowych, 11 innych sektorów: Rybactwo, Art. spożywcze, Drewno, Papier, Wyroby niemetaliczne, Metalowe wyroby, Maszyny, Aparatura elektryczna, Sprzęt transportowy, Meble, Pobór wody. Wzrost produkcji w tych sektorach wymaga ponadprzeciętnego wzrostu w całej gospodarce, np. aby pokryć zwiększony o 1 tys. zł popyt na produkty sektora Art. spożywcze zwiększyć produkcję w całej gospodarce o 2,43 tys. zł (największy wzrost jest wymagany oczywiście w tym sektorze o 1,27 tys. zł, ale także o 0,41 tys. zł musi wzrosnąć produkcja Rolnictwa, o 0,31 – Handlu, o 0,18 w grupie Pozostałe o 0,27 tys. zł).

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 6. Klasyfikacja sektorów wg ich wzajemnych powiązań w łańcuchu produkcji



BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4.2. OCENA EKONOMICZNO-GOSPODARCZA KORZYSTANIA Z ZASOBÓW WODNYCH

4.2.1. Ocena sektorów gospodarki wg wielkości poborów wody i współczynników wodochłonności

Woda jest niezbędnym czynnikiem technologicznym w sektorach produkcyjnych (sektory A, B, C, D – rolnictwo, rybactwo, górnictwo, przetwórstwo przemysłowe), czynnikiem chłodniczym (sektor E – energetyka), jest także przedmiotem bezpośredniej konsumpcji i źródłem zaspokojenia potrzeb bytowych (sektor E – pobór wód, L – administracja publiczna, N – ochrona zdrowia).

Głównym źródłem zaspokojenia ww. potrzeb gospodarki są wody powierzchniowe (z ujęć wód powierzchniowych pokrywane jest ponad 80% potrzeb). Kolejnym źródłem, wykorzystywanym głównie dla celów zaopatrzenia ludności, są zasoby wód podziemnych – to ok. 15% wszystkich pobranych wód w kraju. Pozostałe pobory są realizowane poprzez zagospodarowanie wód z odwodnień, przy czym najistotniejsze są tzw. wody kopalniane pochodzące z odwodnień górnośląskich kopalń węgla.

Tabela 10. Pobory wody w kraju wg działów gospodarki i źródeł poboru w 2000 r.

Lp.	Sekcja	Lp.	Nazwa działu (sekcji)	wg PKD	Pobór ogółem		Pobór wód powierzchniowych		Pobór wód podziemnych		Pobór wód z odwodnień	
					hm³	%	hm³	%	hm³	%	hm³	%
1	A	1	Rolnictwo	1, 2	**110,4**	**1,0%**	**110,4**	**1,2%**	-	-	-	-
2	B	2	Rybactwo	5	**950,3**	**8,6%**	**950,3**	**10,4%**	-	-	-	-
3	C	3	Górnictwo	10	80,8	0,7%	4,4	0,0%	7,8	0,4%	**68,6**	**45,5%**
		4	Ropa gaz	11-14	73,0	0,7%	18,6	0,2%	4,7	0,3%	**49,7**	**33,0%**
4	D	5	Art. spożywcze	15	102,3	0,9%	21,3	0,2%	**81,0**	**4,6%**	-	-
		6	Tytoń	16	0,2	0,0%	0,0	0,0%	0,2	0,0%	-	-
		7	Włókiennictwo	17	15,0	0,1%	7,6	0,1%	7,4	0,4%	-	-
		8	Odzież	18	0,3	0,0%	0,1	0,0%	0,2	0,0%	-	-
		9	Skóry	19	1,5	0,0%	0,8	0,0%	0,8	0,0%	-	-
		10	Drewno	20	7,1	0,1%	4,6	0,1%	2,5	0,1%	-	-
		11	Papier	21	86,5	0,8%	81,6	0,9%	4,9	0,3%	-	-
		12	Poligrafia	22	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	-	-
		13	Koks, rafinacji ropy	23	30,1	0,3%	25,9	0,3%	4,2	0,2%	-	-
		14	Chemiczne	24	**360,4**	**3,3%**	**340,6**	**3,7%**	**19,8**	**1,1%**	-	-
		15	Guma i tw. sztuczne	25	18,8	0,2%	16,1	0,2%	2,6	0,1%	0,1	0,1%
		16	Wyr niemetaliczne	26	27,2	0,2%	4,2	0,0%	13,9	0,8%	**9,1**	**6,0%**
		17	Metale	27	87,0	0,8%	52,2	0,6%	13,2	0,8%	**21,6**	**14,3%**
		18	Metalowe wyroby	28	2,5	0,0%	0,3	0,0%	2,2	0,1%	-	-
		19	Maszyny	29	10,3	0,1%	1,4	0,0%	8,9	0,5%	-	-
		20	Komputery	30 i 33	0,4	0,0%	0,0	0,0%	0,4	0,0%	-	-
		21	Aparatura elektr.	31	3,6	0,0%	0,8	0,0%	2,8	0,2%	-	-
		22	Sprzętu RTV	32	2,9	0,0%	0,0	0,0%	2,9	0,2%	-	-
		23	Samochody	34	3,9	0,0%	1,5	0,0%	2,4	0,1%	-	-
		24	Sprzęt transportowy	35	13,7	0,1%	6,8	0,1%	6,9	0,4%	-	-
		25	Meble	36	1,3	0,0%	0,0	0,0%	1,2	0,1%	0,0	0,0%
		26	Odpady	37	0,0	0,0%	0,0	0,0%	0,0	0,0%	-	-
5	E	27	Energia elektryczna	40	**6 649,2**	**60,2%**	**6 621,8**	**72,4%**	**25,9**	**1,5%**	**1,5**	**1,0%**
		28	Pobór wody	41	**2 360,0**	**21,4%**	**875,8**	**9,6%**	**1 484,2**	**84,9%**	-	-
6	F	29	Budownictwo	45	2,5	0,0%	0,4	0,0%	2,1	0,1%	-	-
7	G	30	Handel	50-52	2,6	0,0%	0,0	0,0%	2,6	0,1%	-	-
8	L	31	Administracja publ.	75	11,3	0,1%	0,1	0,0%	11,2	0,6%	-	-
9	N	32	Ochrona zdrowia	85	12,8	0,1%	0,5	0,0%	12,3	0,7%	-	-
10	O	33	Oczyszcz. ścieków	90	0,2	0,0%	0,0	0,0%	0,2	0,0%	-	-
		34	Inna działalność	91-93	0,7	0,0%	-	-	0,7	0,0%	-	-
11		35	Pozostałe	pozost.	19,5	0,2%	2,4	0,0%	17,1	1,0%	0,0	0,0%
				Ogółem	**11 048,4**	**100%**	**9150,5**	**100%**	**1747,2**	**100%**	**150,6**	**100%**
					100%		**83%**		**16%**		**1%**	

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

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).

Tabela 11. Współczynniki wodochłonności sektorów gospodarki w 2000 r.

Lp.	Sekcja	Lp.	Nazwa działu (sekcji)	wg PKD	Produkcja globalna	Wszystkie wody[1]		Wody powierzchniowe		Wody podziemne	
						pobór	wsp. wodochł.	pobór	wsp. wodochł.	pobór	wsp. wodochł.
					tys. zł	hm^3	m^3/tys. zł	hm^3	m^3/tys. zł	hm^3	m^3/tys. zł
1	A	1	Rolnictwo	1, 2	62 790 107	110,4	1,76	110,4	1,76	-	-
2	B	2	Rybactwo	5	629 503	950,3	1509,60	950,3	1509,60	-	-
3	C	3	Górnictwo	10	16 917 962	80,8	4,78	4,4	0,26	7,8	0,46
		4	Ropa gaz	11-14	5 744 224	73,0	12,71	18,6	3,24	4,7	0,82
4	D	5	Art. spożywcze	15	96 975 684	102,3	1,05	21,3	0,22	81,0	0,84
		6	Tytoń		3738576	0,2	0,06	0,0	0,00	0,2	0,05
		7	Włókiennictwo	17	8 956 978	15,0	1,67	7,6	0,85	7,4	0,83
		8	Odzież	18	13 243 386	0,3	0,02	0,1	0,01	0,2	0,02
		9	Skóry	19	3 756 308	1,5	0,40	0,8	0,20	0,8	0,20
		10	Drewno	20	16 032 606	7,1	0,44	4,6	0,29	2,5	0,16
		11	Papier	21	11 542 711	86,5	7,49	81,6	7,07	4,9	0,42
		12	Poligrafia		18554332	0,0	0,00	0,0	0,00	0,0	0,00
		13	Koks, rafinacji ropy	23	23 332 415	30,1	1,29	25,9	1,11	4,2	0,18
		14	Chemiczne	24	29 003 567	360,4	12,43	340,6	11,74	19,8	0,68
		15	Guma i tw. sztuczne	25	19 682 636	18,8	0,96	16,1	0,82	2,6	0,13
		16	Wyr niemetaliczne	26	23 635 742	27,2	1,15	4,2	0,18	13,9	0,59
		17	Metale	27	26 956 771	87,0	3,23	52,2	1,94	13,2	0,49
		18	Metalowe wyroby	28	27 796 245	2,5	0,09	0,3	0,01	2,2	0,08
		19	Maszyny	29	24 391 976	10,3	0,42	1,4	0,06	8,9	0,36
		20	Komputery		14679114	0,4	0,03	0,0	0,00	0,4	0,03
		21	Aparatura elektr.	31	8 687 848	3,6	0,41	0,8	0,09	2,8	0,32
		22	Sprzętu RTV	32	5 982 506	2,9	0,49	0,0	0,00	2,9	0,48
		23	Samochody	34	30 176 253	3,9	0,13	1,5	0,05	2,4	0,08
		24	Sprzęt transportowy	35	10 884 516	13,7	1,26	6,8	0,62	6,9	0,63
		25	Meble	36	18 178 010	1,3	0,07	0,0	0,00	1,2	0,07
		26	Odpady		1061793	0,0	0,02	0,0	0,01	0,0	0,01
5	E	27	Energia elektryczna	40	44 631 374	6649,2	148,98	6621,8	148,37	25,9	0,58
		28	Pobór wody	41	3 587 039	2360,0	657,92	875,8	244,16	1484,2	413,77
6	F	29	Budownictwo	45	134 184 940	2,5	0,02	0,4	0,00	2,1	0,02
7	G	30	Handel	50-52	209 251 766	2,6	0,01	0,0	0,00	2,6	0,01
8	L	31	Administracja publ.	75	59 044 819	11,3	0,19	0,1	0,00	11,2	0,19
9	N	32	Ochrona zdrowia	85	37 825 773	12,8	0,34	0,5	0,01	12,3	0,33
10	O	33	Oczyszcz. ścieków	90	6 655 396	0,2	0,03	0,0	0,00	0,2	0,03
		34	Inna działalność	91-93	35 938 051	0,7	0,02	-	-	0,7	0,02
11		35	Pozostałe	pozost.	362 224 919	19,5	0,05	2,4	0,01	17,1	0,05
				Ogółem	**1 416 675 846**	**11 048,4**	średnio **7,8**	**9 150,5**	średnio **6,5**	**1 747,2**	średnio **1,2**

Dla każdej kategorii wód szarym cieniowaniem zaznaczono po 10 sektorów o najwyższych poborach.

Analiza gospodarki wodnej kraju:

Najwyższe zużycie wody:

wody ogółem:

1. sektor E dział 40 - wytwarzanie i dostarczanie energii elektrycznej - 60% wody ujmowanej w całej krajowej gospodarce,
2. sektor E dział 41 - pobór i dostarczanie wody 21%,
3. sektor B rybactwo - 9%,
4. sektor D dział 24 – przemysł chemiczny 3%,
5. sektor A rolnictwo - 1%,

wody powierzchniowe:

1. sektor E dział 40 - wytwarzanie i dostarczanie energii elektrycznej 72% wód powierzchniowych ujmowanych dla całej krajowej gospodarki,

[1] Wszystkie wody to sumarycznie: wody powierzchniowe, wody podziemne oraz wody z odwodnień

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

2. sektor B rybactwo - 10%,
3. sektor E dział 41 - pobór i dostarczanie wody - 10%,
4. sektor D dział 24 – przemysł chemiczny 4%,
5. sektor A rolnictwo - 1%,

wody podziemne:

1. sektor E dział 41 - pobór i dostarczanie wody – 85% wód podziemnych ujmowanych w kraju,
2. sektor D art. spożywcze – 5%,
3. sektor E dział 40 - wytwarzanie i dostarczanie energii elektrycznej 1%,
4. sektor D dział 24 – przemysł chemiczny 1%,
5. grupa sektorów „Pozostałe" 1%.

Najwyższa ekonomiczna korzyść z ujętej wody (współczynniki wodochłonności):

wody ogółem:

1. sektor sektor D poligrafia potrzebuje najmniej – 0,001 m^3 wody na 1 tys. zł produkcji,
2. sektor G handel – ok. 0,012[3]
3. sektor F budownictwo – ok. 0,019 m^3
4. sektor D odpady – 0,019 m^3
5. sektor O inna działalność (działy 91-93) – 0,019 m^3 ,

wody powierzchniowe:

w sektorze O (działy 91-93 inna działalność) nie ujmują wód powierzchniowych do prowadzenia swojej działalności produkcyjnej - współczynniki wodochłonności = 0m^3/zł,

wśród pozostałych:

1. sektor G handel – ok. 0,000 m^3
2. sektor D poligrafia – 0,001 m^3
3. sektor D komputery – 0,001 m^3
4. sektor D meble– 0,001 m^3
5. sektor O dział 90 oczyszczanie ścieków – 0,002 m^3

wody podziemne:

nie pobierają wód podziemnych sektory A rolnictwo i B rybactwo - współczynniki wodochłonności = 0m^3/zł,

wśród pozostałych:

1. sektor D poligrafia potrzebuje – 0,001 m^3
2. sektor D odpady – 0,009 m^3
3. sektor G handel – 0,012 m^3
4. sektor D odzież – 0,015 m^3
5. sektor F budownictwo – 0,016 m^3.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Współczynniki pobór/produkcja są niezwykle istotne w przypadku wodochłonnych gałęzi gospodarki, które mają decydujący wpływ na wartości poborów wód. Poniżej w tabeli przedstawiono wartości tych współczynników dla 10 sektorów o najwyższych poborach.

Tabela 12. Współczynniki wodochłonności sektorów o najwyższych poborach (2000 r.)

Lp.	Nazwa działu (sekcji)	Dział wg PKD	Sekcja wg PKD	Produkcja globalna	Wszystkie wody[1]	
					pobór	wsp. wchł.
				tys. zł	hm³	m³/tys. zł
1	Art. spożywcze	15	D	96 975 684	102,3	**1,05**
2	Rolnictwo	1, 2	A	62 790 107	110,4	**1,76**
3	Metale	27	D	26 956 771	87,0	**3,23**
4	Górnictwo	10	C	16 917 962	80,8	**4,78**
5	Papier	21	D	11 542 711	86,5	**7,49**
6	Chemiczne	24	D	29 003 567	360,4	**12,43**
7	Ropa gaz	11-14	C	5 744 224	73,0	**12,71**
8	Energia elektryczna	40	E	44 631 374	6649,2	**1498,98**
9	Pobór wody	41	E	3 587 039	2360,0	**657,92**
10	Rybactwo	5	B	629 503	950,3	**1509,60**
Lp.	**Nazwa działu (sekcji)**	**Dział wg PKD**	**Sekcja wg PKD**	**Produkcja globalna**	**Wody powierzchniowe**	
					pobór	**wsp. wchł.**
				tys. zł	**hm³**	**m³/tys. zł**
1	Art. spożywcze	15	D	96 975 684	21,3	**0,22**
2	Koks, ropa	23	D	23 635 742	25,9	**1,11**
3	Rolnictwo	1, 2	A	62 790 107	110,4	**1,76**
4	Metale	27	D	26 956 771	52,2	**1,94**
5	Ropa gaz	11-14	C	5 744 224	18,6	**3,24**
6	Papier	21	D	11 542 711	81,6	**7,07**
7	Chemiczne	24	D	2 903 567	340,6	**11,74**
8	Energia elektryczna	40	E	44 631 374	6 621,8	**148,37**
9	Pobór wody	41	E	3 58739	875,8	**244,16**
10	Rybactwo	5	B	629 503	950,3	**1 509,60**
Lp.	**Nazwa działu (sekcji)**	**Dział wg PKD**	**Sekcja wg PKD**	**Produkcja globalna**	**Wody podziemne**	
					pobór	**wsp. wchł.**
				tys. zł	**hm³**	**m³/tys. zł**
1	Pozostałe			391 562 126	17.1	**0.05**
2	Administracja publ.	75	L	59 044 819	11.2	**0.19**
3	Ochrona zdrowia	85	N	37 825 773	12.3	**0.33**
4	Maszyny	29	D	24 391 976	8.9	**0.36**
5	Metale	27	D	26 956 771	13.2	**0.49**
6	Energia elektryczna	40	E	44 631 374	25.9	**0.58**
7	Wyr niemetaliczne	26	D	23 635 742	13.9	**0.59**
8	Chemiczne	24	D	29 003 567	19.8	**0.68**
9	Art.spożywcze	15	D	96 975 684	81.0	**0.84**
10	Pobór wody	41	E	3 587 039	1 484.2	**413.77**

Ocena wodochłonnych sektorów:

wody ogółem:

1. sektor B rybactwo potrzebuje najwięcej – ok. 1510 m³ wody na 1 tys. zł produkcji
2. sektor E pobór wód dla celów zaopatrzenia – ok. 660 m³
3. sektor E energetyka – głównie wody do chłodzenia – 149 m³
4. sektor C ropa, gaz – 13 m³
5. sektor D produkcja wyrobów chemicznych (dział 24) – 12 m³

wody powierzchniowe:

1. sektor B rybactwo potrzebuje najwięcej – ok. 1510 m³ wody na 1 tys. zł produkcji
2. sektor E pobór wód dla celów zaopatrzenia – ok. 244 m³
3. sektor E energetyka – głównie wody do chłodzenia – 149 m³
4. sektor D produkcja wyrobów chemicznych (dział 24) – 12 m³
5. sektor D papier (dział 21) – 7 m³

[1] Wszystkie wody to sumarycznie: wody powierzchniowe, wody podziemne oraz wody z odwodnień

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

wody podziemne:

1. sektor E pobór wód dla celów zaopatrzenia – ok. 414 m^3
2. sektor D art. spożywcze (dział 15) – 0,84 m^3
3. sektor D produkcja wyrobów chemicznych (dział 24) – 0,83 m^3
4. sektor D dział 17 – przemysł włókienniczy – 0,83 m^3
5. sektor C górnictwo - ropa, gaz – 0,82 m^3.

4.2.2. Ocena sektorów gospodarki wg wielkości pośredniego i całkowitego zużycia wody

Analiza ekonomiczno-ekologiczna oparta na wielkościach dot. jedynie poborów wody może prowadzić do mylnych wniosków, np. analiza sektora F budownictwo na podstawie wielkości poborów wygląda następująco:

> Sektor *budownictwa* jest sektorem istotnym gospodarczo – pod względem wielkości produkcji globalnej (134 mld zł, ok. 10% produkcji globalnej całego kraju) większe wartości osiąga jedynie sektor G – handel oraz sumarycznie wszystkie działy sekcji D przetwórstwa przemysłowego;
>
> Pobór wód powierzchniowych i podziemnych realizowanych przez wszystkie jednostki sektora F *budownictwo* jest niewielki 2,5 hm^3 rocznie (26 pozycja na 31 działów); wskaźnik wodochłonności wynosi więc 0,02 m^3/1 tys. zł produkcji i plasuje sektor na 30 pozycji (na 35 działów).

Analiza na podstawie poborów pomija fakt, iż sektor budownictwa korzystał z produkcji innych sektorów, np. korzystał z produkcji sektora energetycznego, wpływając tym samym na znaczne zużycie wód powierzchniowych w energetyce. Stąd np. rozwój sektora budownictwo, który wiąże się z większym zapotrzebowaniem na energię może generować wzrost poborów wody przez energetykę.

Analizę takich powiązań pomiędzy sektorami, które mają znaczenie dla zagadnień związanych z zapotrzebowaniem na wodę umożliwiają modele input-output. W oparciu o tablice powiązań międzysektorowych, które przedstawiają m.in.: dla poszczególnych sektorów zużycie pośrednie produktów wszystkich sektorów, można wyznaczyć powiązania sektorów także w kategorii zużycia pośredniego wody. Teoretyczne podstawy wyznaczania zużycia pośredniego i całkowitego przedstawiono w rozdz. 2.1.4. Zgodnie z założeniami teoretycznymi, w oparciu o tablice przepływów międzygałęziowych z 2000 r., wyznaczono macierz współczynników g_{ij} (wzór 2-8), macierz przedstawiona jest w tabeli Załącznik 2. Następnie, opierając się na równaniu (wzór 2-27), wyznaczono tablice pośredniego zużycia wody ogółem, wód powierzchniowych i wód podziemnych (tablice przedstawiono w załącznikach Załącznik 3 i 4). Wyznaczono również zużycie własne (na potrzeby własnej produkcji finalnej) i zużycie całkowite wody, które jest sumą zużycia własnego oraz zużycia pośredniego wody w produktach innych sektorów. W tabeli poniżej (Tabela 13 oraz Rysunek 7) zestawiono dla poszczególnych gałęzi gospodarki sumaryczne wielkości poboru, zużycia pośredniego i zużycia całkowitego wód powierzchniowych i podziemnych.

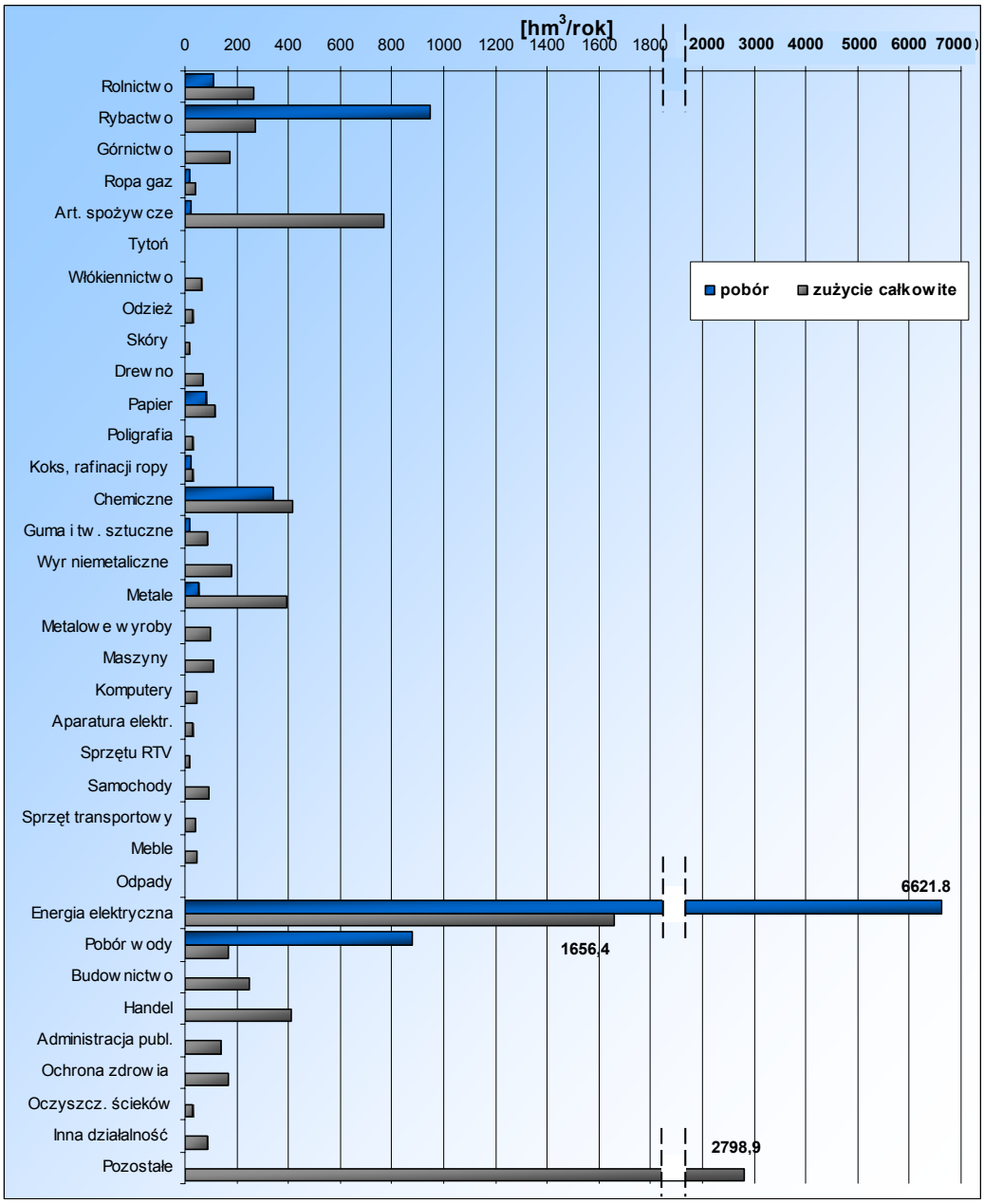
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Tabela 13. Pobór, zużycie pośrednie i całkowite wód powierzchniowych i podziemnych w 2000 r.

Lp.	Sek-cja	Lp.	Nazwa sektora	Wody powierzchniowe			Wody podziemne		
				Pobór	Zużycie pośrednie	Zużycie całkowite	Pobór	Zużycie pośrednie	Zużycie całkowite
				[hm³/rok]					
1	A	1	Rolnictwo	110,40	233,72	**266,88**	-	29,13	**29,13**
2	B	2	Rybactwo	950,30	56,29	**274,24**	-	0,36	**0,36**
3	C	3	Górnictwo	4,40	170,59	**171,50**	7,80	11,45	**13,07**
		4	Ropa gaz	18,60	39,30	**41,69**	4,70	2,88	**3,48**
4	D	5	Art. spożywcze	21,30	752,61	**766,33**	81,00	37,98	**90,17**
		6	Tytoń	0,00	6,20	**6,20**	0,20	1,03	**1,21**
		7	Włókiennictwo	7,60	60,24	**65,53**	7,40	6,03	**11,18**
		8	Odzież	0,10	30,58	**30,67**	0,20	7,22	**7,40**
		9	Skóry	0,80	15,18	**15,93**	0,80	3,33	**4,08**
		10	Drewno	4,60	70,23	**72,13**	2,50	4,67	**5,70**
		11	Papier	81,60	84,32	**114,19**	4,90	8,13	**9,92**
		12	Poligrafia	0,00	30,86	**30,86**	0,00	5,01	**5,01**
		13	Koks, rafinacji ropy	25,90	23,56	**31,65**	4,20	3,69	**5,00**
		14	Chemiczne	340,60	219,99	**415,33**	19,80	9,61	**20,97**
		15	Guma i tw. sztuczne	16,10	80,42	**84,77**	2,60	7,73	**8,43**
		16	Wyr niemetaliczne	4,20	177,34	**178,52**	13,90	18,93	**22,83**
		17	Metale	52,20	374,87	**395,56**	13,20	21,43	**26,66**
		18	Metalowe wyroby	0,30	100,35	**100,47**	2,20	15,47	**16,39**
		19	Maszyny	1,40	107,56	**108,42**	8,90	16,48	**21,90**
		20	Komputery	0,00	45,30	**45,30**	0,40	6,25	**6,43**
		21	Aparatura elektr.	0,80	29,19	**29,88**	2,80	2,32	**4,73**
		22	Sprzętu RTV	0,00	18,18	**18,18**	2,90	5,61	**7,86**
		23	Samochody	1,50	92,81	**94,12**	2,40	9,31	**11,40**
		24	Sprzęt transportowy	6,80	35,54	**40,60**	6,90	6,98	**12,11**
		25	Meble	0,00	45,85	**45,85**	1,20	5,71	**6,59**
		26	Odpady	0,00	2,98	**2,98**	0,00	0,52	**0,52**
5	E	27	Energia elektryczna	6 621,80	349,36	**1 656,40**	25,90	40,39	**45,50**
		28	Pobór wody	875,80	133,62	**170,01**	1 484,20	134,85	**196,51**
6	F	29	Budownictwo	0,40	250,50	**250,77**	2,10	36,00	**37,42**
7	G	30	Handel	0,00	410,80	**410,80**	2,60	126,91	**128,32**
8	L	31	Administracja publ.	0,10	139,57	**139,67**	11,20	9,34	**20,52**
9	N	32	Ochrona zdrowia	0,50	164,47	**164,94**	12,30	13,05	**24,41**
10	O	33	Oczyszcz. ścieków	0,00	26,14	**26,14**	0,20	10,09	**10,13**
		34	Inna działalność	0,00	85,17	**85,17**	0,70	28,85	**29,39**
11		35	Pozostałe	2,40	2 797,57	**2 798,85**	17,10	893,31	**902,44**
			Ogółem	***9150.60***	***7 262.27***	***9150.60***	***1 747,20***	***1 540,06***	***1 747,20***

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 7. Pobór a zużycie całkowite wód powierzchniowych w sektorach gospodarki w 2000 r.



Analiza wartości zużycia całkowitego (uwzględniającego pośrednie zużycie wody w produktach innych sektorów i zużycie na potrzeby własnej produkcji finalnej), zobrazowanych powyżej (Tabela 13 oraz Rysunek 7), pozwala wytypować dodatkowe sektory, które mają zdecydowany wpływ na wartości poborów wód powierzchniowych i podziemnych. I tak dla wód powierzchniowych dziesięcioma istotniejszymi sektorami kształtującymi pobory są:

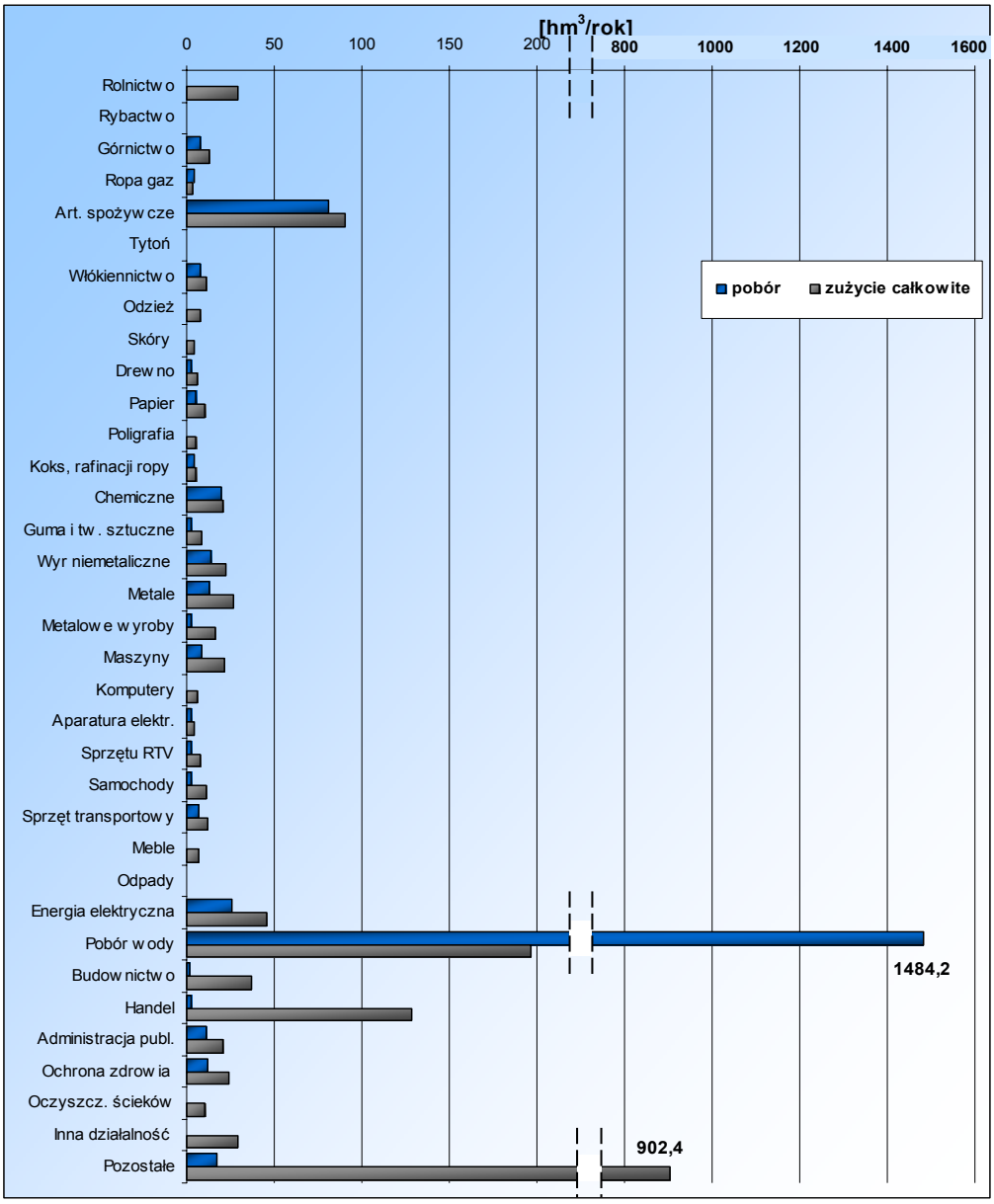
- ✓ grupa sektorów „pozostałe” zużycie całkowite 2799 hm^3 (pobór ok. 2,4 hm^3!)
- ✓ sektor E – dział energetyka zużycie całkowite 1656 hm^3 rocznie
- ✓ sektor D – dział art. spożywcze zużycie całkowite 766 hm^3
- ✓ sektor D – dział wyroby chemiczne 415 hm^3
- ✓ sektor G – handel 410 hm^3 (pobór ok. 0 hm^3!)
- ✓ sektor D – dział metale 396 hm^3
- ✓ sektor B – rybactwo 274 hm^3
- ✓ sektor A – rolnictwo 267 hm^3
- ✓ sektor F – budownictwo 251 hm^3 (pobór ok. 0,4 hm^3!)

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

- ✓ sektor D – dział wyroby niemetaliczne 179 hm^3 (pobór ok. 4,2 hm^3!).

Wśród nich są 4 sektory (działy), które samodzielnie, bezpośrednio pobierają bardzo mało wody, jednakże intensywnie korzystają z produkcji innych wodochłonnych sektorów.

Rysunek 8. Pobór a zużycie całkowite wód podziemnych w sektorach gospodarki w 2000 r.



W przypadku wód podziemnych dziesięcioma najistotniejszymi sektorami są:

- ✓ grupa sektorów „pozostałe” zużycie całkowite 902 hm^3 rocznie
- ✓ sektor E – dział pobór wody zużycie całkowite 197 hm^3 rocznie
- ✓ sektor G – handel zużycie całkowite 128 hm^3 (pobór ok. 2,6 hm^3!)
- ✓ sektor D – dział art. spożywcze zużycie całkowite 90 hm^3
- ✓ sektor E – dział energia elektryczna zużycie całkowite 46 hm^3 rocznie
- ✓ sektor F – budownictwo zużycie całkowite 37 hm^3 (pobór ok. 2,1 hm^3!)
- ✓ sektor O – dział pozostałe usługi zużycie całkowite 29 hm^3 (pobór ok. 0,7 hm^3!)
- ✓ sektor A – rolnictwo zużycie całkowite 29 hm3 (pobór 0 hm^3!)
- ✓ sektor D – dział metale 27 hm^3
- ✓ sektor N – ochrona zdrowia 24 hm^3.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4.2.3. Ocena sektorów gospodarki wg mnożników analizy input-output

Rozbudowany ekologicznie model Leontief'a daje możliwość wyznaczenia jednostkowego wpływu poszczególnych sektorów na zużycie czynników produkcji. W oparciu o dane dla Polski z 2000 r. oraz teorię przedstawioną w rozdziale 2.1.3., wyznaczono mnożniki Leontief'a dla wód powierzchniowych i podziemnych – wartości zawiera Tabela 14.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Tabela 14. Mnożniki analizy Leontief'a

Lp.	Nazwa działu (sekcji)	wg PKD	Produkcja globalna	Wszystkie wody				Wody powierzchniowe				Wody podziemne			
				pobór wód	pobór / produkcja	mnożnik czynnika produkcji	mnożnik typu I	pobór	pobór / produkcja	mnożnik czynnika produkcji	mnożnik typu I	pobór	pobór / produkcja	mnożnik czynnika produkcji	mnożnik typu I
			tys. zł	hm^3	m^3/tys. zł	m3/tys. zł	$m^3/1m^3$	hm^3	m^3/tys. zł	m^3/tys. zł	$m^3/1m^3$	hm^3	m^3/tys. zł	m^3/tys. zł	$m^3/1m^3$
1	Rolnictwo	1, 2	62 790 107	110,4	1,76	12,57	7,15	110,4	1,76	11,05	6,28	-	-	1,40	-
2	Rybactwo	5	629 503	950,3	1 509,60	1 611,56	1,07	950,3	1 509,60	1 609,71	1,07	-	-	1,75	-
3	Górnictwo	10	16 917 962	80,8	4,78	20,35	4,26	4,4	0,26	14,11	54,26	7,8	0,46	1,94	4,21
4	Ropa gaz	11-14	5 744 224	73,0	12,71	25,73	2,02	18,6	3,24	14,32	4,42	4,7	0,82	2,31	2,82
5	Art. spożywcze	15	96 975 684	102,3	1,05	18,04	17,10	21,3	0,22	15,53	70,73	81,0	0,84	2,39	2,86
6	Tytoń	16	3 738 576	0,2	0,05	5,90	110,23	0,0	0,00	4,72	-	0,2	0,05	1,13	21,10
7	Włókiennictwo	17	8 956 978	15,0	1,67	13,24	7,91	7,6	0,85	10,93	12,88	7,4	0,83	2,21	2,68
8	Odzież	18	13 243 386	0,3	0,02	7,03	310,18	0,1	0,01	5,60	741,22	0,2	0,02	1,37	90,51
9	Skóry	19	3 756 308	1,5	0,40	9,36	23,45	0,8	0,21	7,47	35,07	0,8	0,21	1,85	8,67
10	Drewno	20	16 032 606	7,1	0,44	11,83	26,71	4,6	0,29	10,16	35,41	2,5	0,16	1,54	9,89
11	Papier	21	11 542 711	86,5	7,49	21,86	2,92	81,6	7,07	19,53	2,76	4,9	0,42	2,16	5,10
12	Poligrafia	22	18 554 332	0,0	0,00	6,87	12 737,84	0,0	0,00	5,52	-	0,0	0,00	1,28	-
13	Koks, rafinacji ropy	23	23 332 415	30,1	1,29	4,86	3,77	25,9	1,11	3,93	3,54	4,2	0,18	0,71	3,97
14	Chemiczne	24	29 003 567	360,4	12,43	25,53	2,05	340,6	11,74	23,43	1,99	19,8	0,68	1,91	2,80
15	Guma i tw. sztuczne	25	19 682 636	18,8	0,96	10,03	10,50	16,1	0,82	8,63	10,54	2,6	0,13	1,28	9,71
16	Wyr niemetaliczne	26	23 635 742	27,2	1,15	17,29	15,02	4,2	0,18	13,53	76,13	13,9	0,59	2,58	4,40
17	Metale	27	26 956 771	87,0	3,23	28,31	8,77	52,2	1,94	24,32	12,56	13,2	0,49	2,54	5,20
18	Metalowe wyroby	28	27 796 245	2,5	0,09	11,24	125,01	0,3	0,01	9,35	866,29	2,2	0,08	1,65	20,80
19	Maszyny	29	24 391 976	10,3	0,42	12,38	29,32	1,4	0,06	10,04	174,88	8,9	0,36	2,09	5,74
20	Komputery	30 i 33	14 679 114	0,4	0,03	10,17	373,29	0,0	0,00	8,52	-	0,4	0,03	1,38	50,46
21	Aparatura elektr.	31	8 687 848	3,6	0,41	6,92	16,71	0,8	0,09	5,74	62,33	2,8	0,32	1,10	3,43
22	Sprzętu RTV	32	5 982 506	2,9	0,48	10,84	22,36	0,0	0,00	8,10	-	2,9	0,48	2,60	5,36
23	Samochody	34	30 176 253	3,9	0,13	8,69	67,26	1,5	0,05	7,28	146,48	2,4	0,08	1,28	16,13
24	Sprzęt transportowy	35	10 884 516	13,7	1,26	12,85	10,21	6,8	0,62	10,05	16,09	6,9	0,63	2,62	4,13
25	Meble	36	18 178 010	1,3	0,07	8,63	120,62	0,0	0,00	7,21	-	1,2	0,07	1,30	19,75
26	Odpady	37	1 061 793	0,0	0,01	14,13	1 500,64	0,0	0,00	11,84	-	0,0	0,00	1,80	-
27	Energia elektryczna	40	44 631 374	6 649,2	148,98	166,03	1,11	6 621,8	148,37	162,17	1,09	25,9	0,58	2,59	4,46
28	Pobór wody	41	3 587 039	2 360,0	657,92	745,18	1,13	875,8	244,16	289,05	1,18	1 484,2	413,77	455,91	1,10
29	Budownictwo	45	134 184 940	2,5	0,02	8,14	436,71	0,4	0,00	6,69	2 244,53	2,1	0,02	1,23	78,56
30	Handel	50-52	209 251 766	2,6	0,01	6,96	560,51	0,0	0,00	5,39	-	2,6	0,01	1,51	121,47
31	Administracja publ.	75	59 044 819	11,3	0,19	5,06	26,43	0,1	0,00	4,22	2 491,80	11,2	0,19	0,78	4,12
32	Ochrona zdrowia	85	37 825 773	12,8	0,34	7,94	23,46	0,5	0,01	6,75	510,44	12,3	0,33	1,13	3,48
33	Oczyszcz. ścieków	90	6 655 396	0,2	0,03	9,86	327,95	0,0	0,00	7,20	-	0,2	0,03	2,54	84,56
34	Inna działalność	91-93	35 938 051	0,7	0,02	7,99	410,04	-	-	6,11	-	0,7	0,02	1,78	91,21
35	Pozostałe	pozost.	362 224 919	19,5	0,05	16,22	301,37	2,4	0,01	12,28	1 852,69	17,1	0,05	3,83	81,05
			1 416 675 846	**11 048.5**	średnio **7.8**			**9 150.6**	średnio **6.5**			**1 747.3**	średnio **1.2**		

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

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Analiza wartości mnożników:

Mnożnik czynnika produkcji – wzrost zużycia wody we wszystkich sektorach wywołany jednostkowym wzrostem popytu finalnego na produkcję poszczególnych sektorów:

Mnożnik czynnika produkcji pokazuje o ile wzrośnie zapotrzebowanie na wodę w danym sektorze i pozostałych sektorach, które również będą musiały pobrać więcej wody, aby dostarczyć więcej „półproduktów" do tego sektora. Różnice pomiędzy współczynnikiem zużycia wody na jednostkę produkcji a mnożnikiem prostym czynnika produkcji pokazują pośrednie zużycie wody – zużycie w produktach innych sektorów, wykorzystywanych do produkcji.

wody powierzchniowe:

1. sektor B rybactwo - 1610 m^3/tys. zł, co oznacza, że wzrost o 1 tys. zł popytu końcowego na produkcję rybactwa spowoduje wzrost zużycia wody w całej gospodarce o 1610 m^3
2. sektor E dział 41 pobór i dostarczanie wody – 290 m^3
3. sektor E dział 40 wytwarzanie i dostarczanie energii elektrycznej – 162 m^3
4. sektor D dział 27 metale – 24 m^3
5. sektor D dział 24 przemysł chemiczny – 23 m^3

wody podziemne:

1. sektor E dział 41 pobór i dostarczanie wody – 456 m^3
2. grupa sektorów „Pozostałe" – 3,8 m^3
3. sektor D dział 35 sprzęt transportowy – 2,6 m^3
4. sektor D dział 32 sprzęt RTV – 2,6 m^3
5. sektor E dział 40 wytwarzanie i dostarczanie energii elektrycznej – 2,6 m^3

Mnożnik typu I – wzrost zużycia wody w całej gospodarce wywołany jednostkowym wzrostem zużycia wody w poszczególnych sektorach

mnożnik typu I pokazuje intensywność pośredniego zużycia wody w produkcji pośredniej (w powiązaniach międzysektorowych) w stosunku do bezpośredniego zużycia wody w sektorze. Mnożnik ten osiąga najwyższe wartości w sektorach o najniższych poborach, ale najistotniejsze są maksima osiągane w sektorach istotnych wodochłonnych i takie wielkości są skomentowane poniżej:

wody powierzchniowe:

1. sektor D art. spożywcze - 70,7 m^3/1 m^3, co oznacza, że wzrost o 1 m^3 zużycia wody w sektorze art. spożywcze spowoduje wzrost zużycia wody w całej gospodarce aż o 70,7 m^3
2. sektor D metale - 12,6 m^3
3. sektor A rolnictwo – 6,3 m^3
4. sektor C górnictwo ropy i gazu – 4,4 m^3
5. sektor D koks, rafinacja ropy – 3,5 m^3

wody podziemne:

1. grupa sektorów „Pozostałe" – 81,1 m^3
2. sektor D maszyny – 5,7 m^3
3. sektor D metale – 5,2 m^3
4. sektor E energia elektryczna – 4,5 m^3
5. sektor D wyroby niemetaliczne – 4,4 m^3

Na podstawie macierzy zużycia pośredniego wody można również wyznaczyć wskaźniki forward i backward linkages w kategorii zużycia wody. W znacznej mierze wskaźniki te pokrywają się z mnożnikami (maksymalne wskaźniki backward linkages są równoznaczne z maksymalnymi wartościami mnożnika I, a wskaźniki forward linkages z mnożnikiem czynnika produkcji). Analiza otrzymanych wartości prowadzi do następujących wniosków:

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

- nie ma kluczowych sektorów w kategorii wody – sektorów o jednocześnie wysokich wskaźnikach back- i forward linkages (jednocześnie silnych sprzedawców i nabywców),
- sektory o wysokich poborach są jednocześnie sektorami o silnych powiązaniach „forward” – jednostkowy wzrost poboru (poprzez zwiększony popyt na produkcję) we wszystkich sektorach spowoduje ponadprzeciętny wzrost poboru w sektorze „forward”,
- sektory o niskich poborach i mocnym powiązaniu z innymi są jednocześnie sektorami o silnych powiązaniach „backward” – jednostkowy wzrost poboru w sektorach „backward” spowoduje ponadprzeciętny wzrost zużycia w całej gospodarce.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4.3. PROGNOZA KORZYSTANIA Z ZASOBÓW

4.3.1. Prognoza zużycia wody z wykorzystaniem statystycznych modeli współczynników wodochłonności

4.3.1.1. Prognoza współczynnika zużycia wody na podstawie modeli trendu

Dane wejściowe

Modelowanie zmienności współczynnika zużycia wody należy przeprowadzić dla każdego z sektorów gospodarki. Z uwagi na fakt, iż w dalszej części pracy będą budowane modele oparte na wielu zmiennych decyzyjnych – modele ekonometryczne i wykorzystujące logikę zbiorów rozmytych, a większość danych statystycznych dot. zmiennych, które będą wykorzystywane w modelach (nakłady inwestycyjne, nakłady na ochronę środowiska w sektorach gospodarki) jest dostępnych na poziomie głównych sektorów gospodarki dokonano agregacji struktury gospodarki do następującego schematu głównych sektorów.

Tabela 15. Schemat gospodarki przyjęty do modelowania współczynnika zużycia wody

Lp.	Sektor		Udział w poborach wód ogółem w 2004 r.	Udział w poborach wód powierzchniowych w 2004 r.	Udział w poborach wód podziemnych w 2004 r.
1	Rolnictwo	A	**0,8%**	**0,9%**	**-**
2	Rybactwo	B	**9,0%**	**10,6%**	**-**
3	Górnictwo	C	**0,8%**	**0,1%**	**0,5%**
4	Przetwórstwo przemysłowe	D	**5,9%**	**5,2%**	**8,9%**
5	Energetyka	E-en.	**63,7%**	**75,3%**	**1,5%**
6	Pobór wód	E-pob.	**19,2%**	**7,6%**	**86,6%**
7	Pozostałe	F-O	**0,6%**	**0,0%**	**2,4%**

Dla takiej struktury wyznaczono współczynniki zużycia wody jako stosunek wielkości poboru wód i wartości produkcji globalnej sektora gospodarki. Produkcja globalna została przeliczona na ceny stałe 2004 roku poprzez współczynniki cen produkcji globalnej publikowane przez GUS. Wyznaczono współczynniki zużycia wód powierzchniowych oraz wód podziemnych.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Tabela 16. Współczynniki zużycia wód powierzchniowych w sektorach (w m³/tys. zł w cenach stałych 2004 r.)

Współczynnik zużycia wód powierzchniowych [m³/tys. zł]													
Sektor	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**
A	3,605	3,215	2,632	2,163	1,391	1,291	1,371	1,231	1,516	1,120	1,262	1,260	1,192
B	630,880	921,194	875,470	1003,928	916,738	953,786	969,783	996,147	1205,117	1613,763	2341,926	1873,707	2494,177
C	2,345	2,221	1,949	2,078	1,808	1,578	0,807	0,780	0,756	0,641	0,556	0,609	0,353
D	2,853	2,463	2,172	2,062	1,847	1,608	1,429	1,226	1,157	0,982	0,984	0,575	0,812
E-en.	139,088	155,222	154,661	161,940	169,407	163,975	163,489	142,581	133,105	111,887	108,944	107,359	110,474
E-pob.	349,334	293,120	255,722	284,014	262,228	233,896	211,895	185,025	143,935	126,706	104,151	101,989	100,068
F-O	0,002	0,004	0,005	0,014	0,008	0,005	0,003	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003
Dynamika współczynnika zużycia wód powierzchniowych													
Sektor	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**
A		-11%	-23%	-18%	-36%	-7%	6%	-10%	23%	-26%	13%	0%	-5%
B		46%	-5%	15%	-9%	4%	2%	3%	21%	34%	45%	-29%	33%
C		-5%	-12%	7%	-13%	-13%	-49%	-3%	-3%	-15%	-13%	9%	-42%
D		-14%	-12%	-5%	-10%	-13%	-11%	-14%	-6%	-15%	0%	-42%	41%
E-en.		12%	0%	5%	5%	-3%	0%	-13%	-7%	-16%	-3%	-1%	3%
E-pob.		-16%	-13%	11%	-8%	-11%	-9%	-13%	-22%	-12%	-18%	-2%	-2%
F-O		85%	36%	173%	-44%	-34%	-51%	42%	0%	-14%	4%	5%	-1%

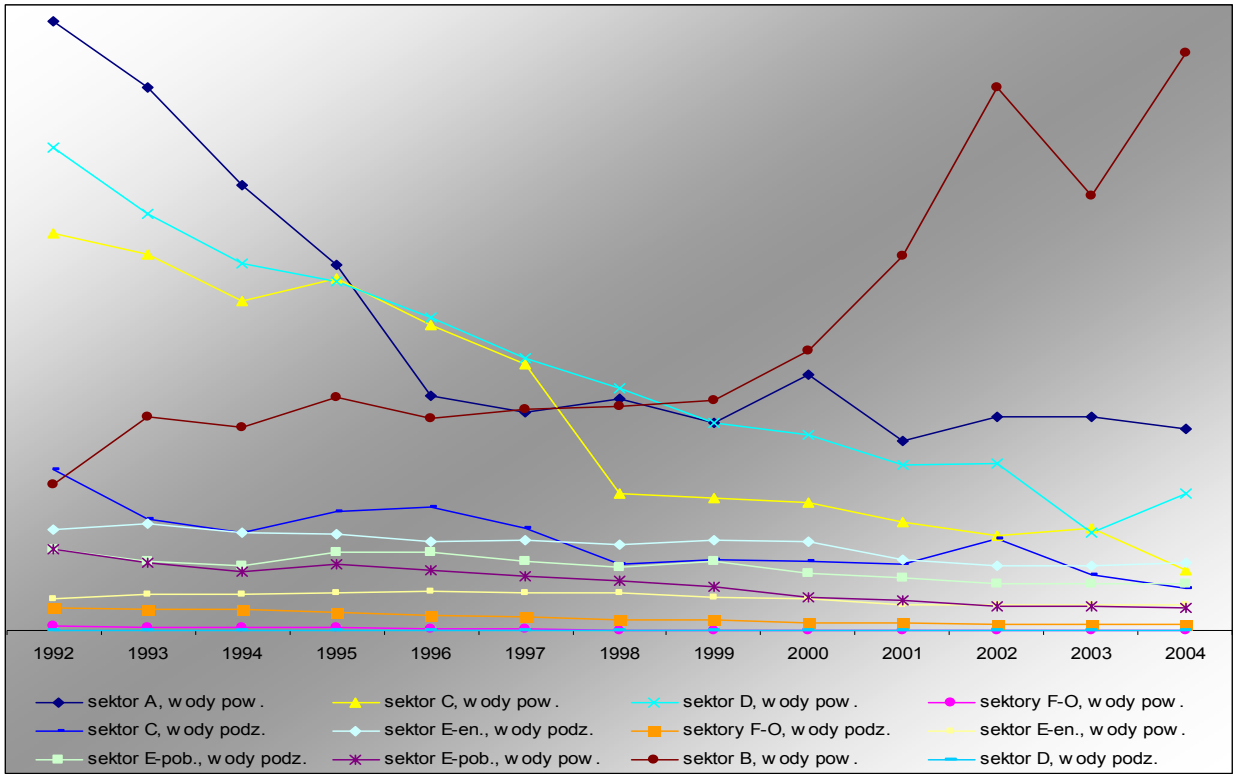
Tabela 17. Współczynniki zużycia wód podziemnych w sektorach (w m³/tys. zł w cenach stałych 2004 r.)

Współczynnik zużycia wód podziemnych [m³/tys. zł]													
Sektor	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**
C	0,951	0,660	0,575	0,706	0,728	0,603	0,394	0,415	0,411	0,391	0,542	0,333	0,248
D	1,028	0,915	0,791	0,696	0,647	0,596	0,504	0,441	0,365	0,331	0,319	0,283	0,244
E-en.	0,595	0,634	0,580	0,568	0,528	0,535	0,506	0,529	0,521	0,420	0,382	0,385	0,399
E-pob.	348,553	296,460	278,776	338,141	336,961	295,632	275,330	296,852	243,924	224,986	198,579	199,600	200,705
F-O	0,131	0,126	0,127	0,108	0,088	0,080	0,066	0,061	0,049	0,043	0,038	0,038	0,038
Dynamika współczynnika zużycia wód podziemnych													
Sektor	**1992**	**1993**	**1994**	**1995**	**1996**	**1997**	**1998**	**1999**	**2000**	**2001**	**2002**	**2003**	**2004**
C		-31%	-13%	23%	3%	-17%	-35%	5%	-1%	-5%	39%	-39%	-25%
D		-11%	-14%	-12%	-7%	-8%	-15%	-13%	-17%	-9%	-4%	-11%	-14%
E-en.		6%	-8%	-2%	-7%	1%	-5%	5%	-2%	-19%	-9%	1%	4%
E-pob.		-15%	-6%	21%	0%	-12%	-7%	8%	-18%	-8%	-12%	1%	1%
F-O		-4%	1%	-15%	-18%	-9%	-18%	-7%	-20%	-12%	-11%	1%	0%

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Dane w tabeli powyżej wykazują dużą dynamikę współczynników wodochłonności. Zmiany te nie mają stałego, gładkiego charakteru, ulegają znacznym wahaniom, np. po 20%-wym wzroście współczynnika wodochłonności w jednym roku następuje spadek o 15% w kolejnym roku. Jednakże na rysunku poniżej (Rysunek 9), mimo znacznych wahań w dynamice rocznych wartości, można dostrzec wyraźne trendy spadkowe w przypadku kilku sektorów (i tendencję wzrostową dla sektora B – rybactwo).

Rysunek 9. Zmienność współczynników zużycia wód powierzchniowych i podziemnych w latach 1992-2004



Modelowanie współczynnika zużycia wód powierzchniowych i jego prognoza na 2015 r.

Dla każdego z 7 sektorów, klasyczną metodą najmniejszych kwadratów (wzór 3-10), oszacowano parametry modeli zmian współczynnika zużycia wód powierzchniowych (przyjmując następujące funkcje trendu: liniową, wielomiany stopnia 2-go i 3-go, logarytmiczną, potęgową, wykładniczą i hiperbolę). Pierwszym etapem weryfikacji ww. modeli była ich ocena poprawności poprzez ocenę dopasowania współczynnikami zmienności resztowej i determinacji a także ocena, testem istotności, oszacowanych parametrów. Odrzucono modele, które negatywnie przeszły:

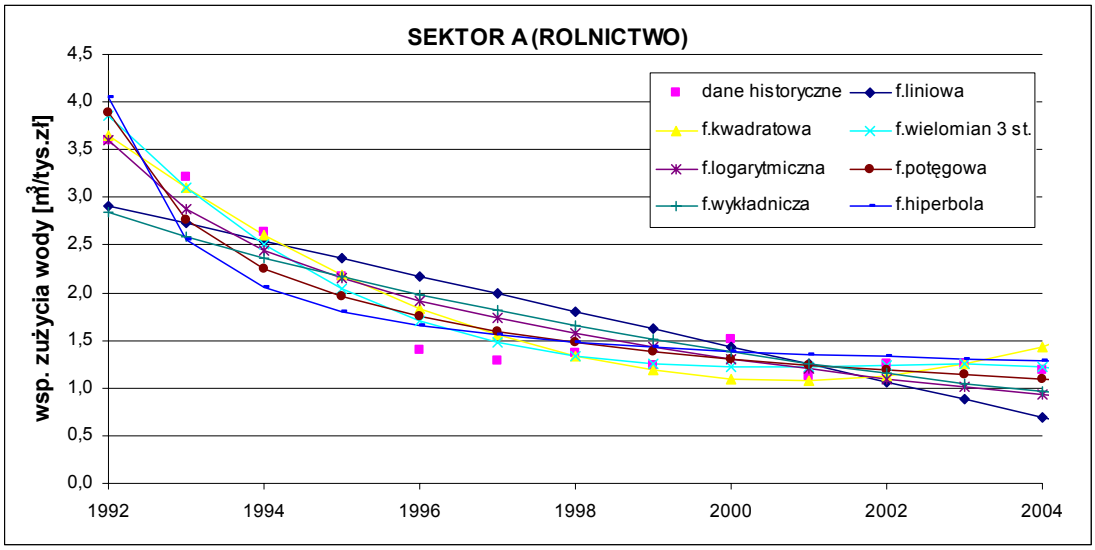
- ocenę istotności oszacowanych parametrów testem t-Studenta **lub**
- ocenę dopasowania modelu poprzez współczynnik zmienności resztowej V_e, obrazujący udział odchylenia standardowego reszt s_e w średniej wielkości współczynnika zużycia wody $\overline{b_i}$ – czyli jeśli V_e przekracza 15% **lub**
- ocenę dopasowania modelu poprzez współczynnik determinacji R^2, obrazujący jak model tłumaczy zmienność w czasie współczynnika zużycia wody – jeśli $R^2 < 70\%$.

Wszystkie analizowane modele trendu dla każdego sektora przedstawione są w załącznikach (Załącznik 5), szarym szafowaniem zaznaczono modele, które odrzucono w tym etapie weryfikacji.

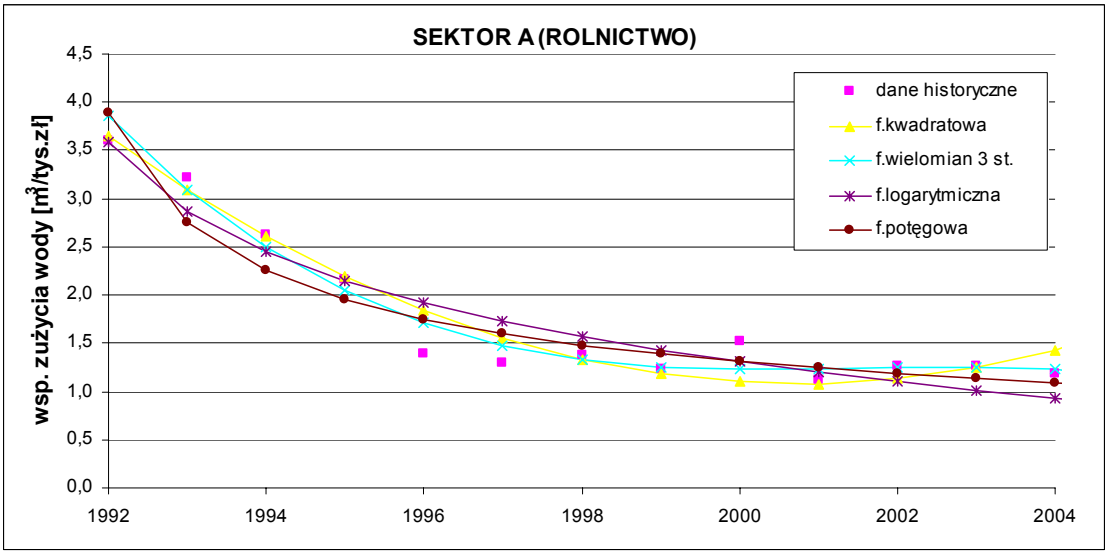
W drugim etapie weryfikacji modeli przeprowadzono testy składnika losowego – wyniki testów dla modeli, zweryfikowanych pozytywnie w pierwszym etapie, przedstawia kolejna tabela – Załącznik 6.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 10. Analizowane funkcje trendu – sektor A Rolnictwo

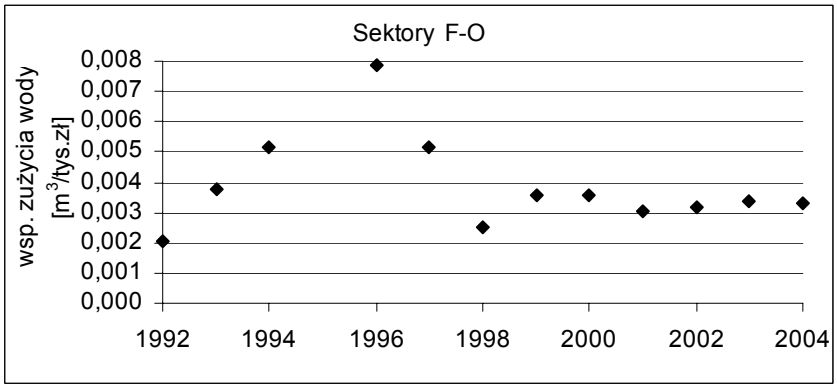


Rysunek 11. Funkcje trendu zaakceptowane w pierwszym i drugim etapie weryfikacji statystycznej – sektor A Rolnictwo



Dla każdego z 7 sektorów analizowano 7 modeli, niestety procedura weryfikacyjna odrzuciła znaczną część przyjmowanych funkcji trendów. W przypadku grupy sektorów F-O nie można dopasować żadnej funkcji, ale analiza danych historycznych (pokazane na rysunku poniżej) nasuwa ten sam wniosek – nie ma widocznych trendów w zmianach współczynnika zużycia wód powierzchniowych tej grupy sektorów.

Rysunek 12. Wartości współczynnika wodochłonności wód powierzchn. w latach 1992-2004 w grupie sektorów F-O



BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

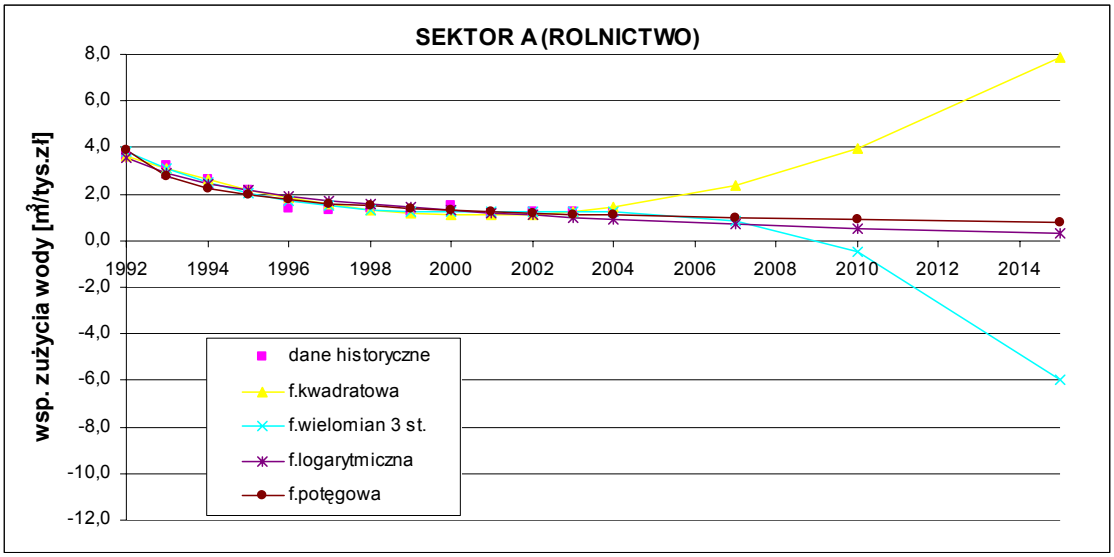
Takie kształtowanie się wartości współczynników wodochłonności wynika m.in. z charakteru wykorzystania wody w tym sektorze. O ile w pozostałych sektorach woda jest używana w procesach technologicznych, to w przypadku tej grupy sektorów woda tylko w znikomej części jest wykorzystywana w produkcji. Zużycie wody dla potrzeb produkcyjnych zmienia się wraz z postępem technologii, które ulegają unowocześnieniu, ograniczającym także wodochłonność procesów produkcyjnych – stąd widoczne tendencje spadkowe. Przedsiębiorstwa sektorów F-O to głównie różnego rodzaju „usługi", a zapotrzebowanie na wodę jest związane przede wszystkim z zapewnieniem „wody bytowej" pracownikom.

Reguła „*unowocześnienie = spadek wodochłonności*" dotyczy przedsiębiorstw sektorów D i C. Natomiast w przypadku sektorów A i B (rolnictwo i rybołówstwo) zachodzi odwrotna prawidłowość „*unowocześnienie = wzrost wodochłonności*". Efekt ten jest widoczny w sektorze B, gdzie głównym celem poboru wód jest napełnianie stawów rybnych – rozwój tego sektora związany ze wzrostem produkcji oraz zmianami w profilu hodowli (rozwój akwakultury dla pstrągów) pociąga za sobą wzrost poboru wody. Efekt ten jest jeszcze niewidoczny w sektorze A, gdzie woda jest użytkowana głównie do celów nawodnień. Ma to dwie główne przyczyny – rolnictwo w analizowanym okresie 1992-2004 przeżywa raczej czas kryzysu, inwestycje czynione w tym okresie nie zmieniły jeszcze charakteru produkcji, który zgodnie z kilkudziesięcioletnią tradycją nie wykorzystuje sztucznych nawodnień. Obserwując jednakże ekspansywny rozwój tego sektora w 2005 i 2006 r. związany z przestąpieniem do UE, które zaowocowało rozwojem eksportu oraz znaczącym dopływem środków finansowych na inwestycje z unijnych dotacji, można się spodziewać punktu zwrotnego w dotychczasowej spadkowej tendencji wodochłonności rolnictwa.

PROGNOZA WSPÓŁCZYNNIKA ZUŻYCIA WÓD POWIERZCHNIOWYCH W 2015 R.

Pozytywnie zweryfikowane modele zostały wykorzystane do prognozy wielkości współczynnika zużycia wody poprzez ekstrapolację trendów na okres do 2015 r. Poniżej na Rysunku 13 przedstawiono, dla wybranego sektora – sektora A rolnictwo, dane historyczne i modele trendu współczynnika wodochłonności, zaakceptowane dotychczasową procedurą weryfikacyjną.

Rysunek 13. Prognoza współczynnika zużycia wody w sektorze A, w oparciu o analizy trendu z lat 1992-2004.



Następnie dla każdego z sektorów dokonano selekcji – odrzucono funkcje trendu o nieakceptowanych przebiegach prognozy – odrzucono funkcje dające ujemne prognozy współczynnika zużycia wody (np. model oparty na wielomianie 3-go stopnia dla sektora A), a także funkcje, które przy ekstrapolacji nie utrzymywały dotychczasowych trendów

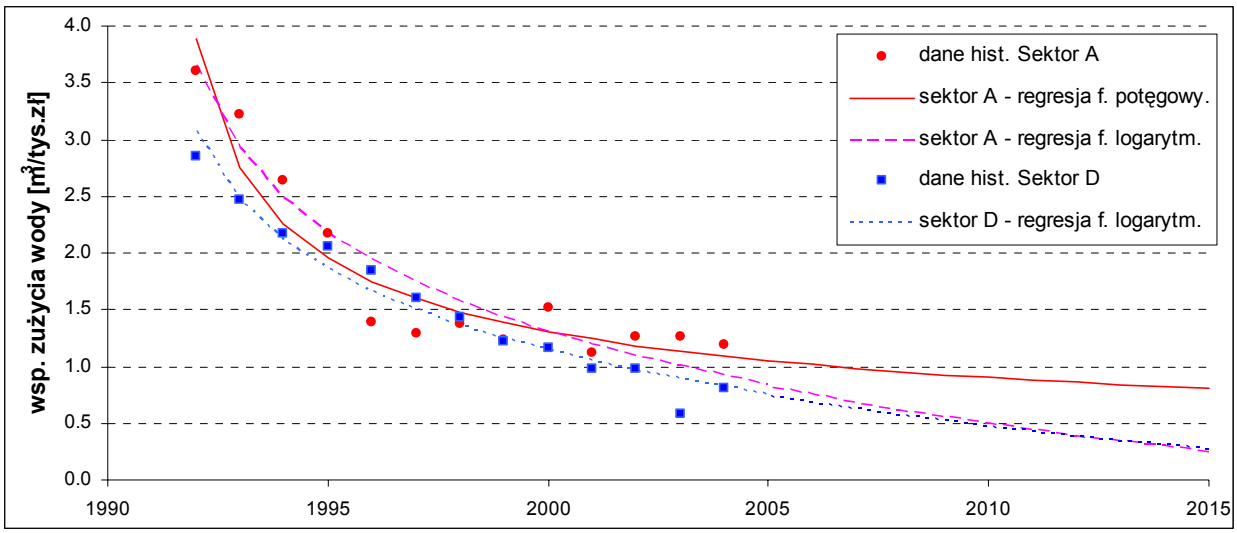
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

(np. wielomiany 2-go lub 3-go stopnia dla sektorów A, D, E). Funkcje trendu o akceptowalnych przebiegach zamieszczono poniżej (Tabela 18).

Tabela 18. Prognozowane na 2015 r. wielkości współczynnika zużycia wód powierzchniowych

Lp.	Sektor	Funkcja trendu	Dopasowanie funkcji trendu R^2	Współczynnik zużycia wody prognoza punktowa [m^3/tys zł]	Ocena prognozy punktowej		Współcz. zużycia wody prognoza przedziałowa	
					śr. błąd S_d [m^3/tys zł]	błąd względny V_d	min [m^3/tys zł]	max [m^3/tys zł]
1	A	f.logarytmiczna b=3,69-1,10*ln(t)	89%	0.29	0.34	117%	-0.45	1.03
2		f.potęgowa b=exp(1.36-0,50ln(t))	**88%**	**0.80**	**0.14**	**16%**	**0.55**	**1.17**
3	B	f.wykladnicza b=exp(6,40+0,10*t)	83%	6 224	1 828	29%	2 201	10 247
4	D	f.logarytmiczna b=3,08-0,88*ln(t)	**96%**	**0.28**	**0.18**	**19%**	**0.16**	**0.40**

Rysunek 14. Prognoza współczynników zużycia wód powierzchniowych – wybrane modele regresji



Otrzymane prognozowane wartości współczynnika zużycia wody są obarczone dużymi błędami – jedynie w przypadku sektorów A i D trendy aproksymowane odpowiednio funkcją potęgową i logarytmiczną dają akceptowalne wyniki, błąd wynosi 16% i 19%. W pozostałych przypadkach błędy są wynoszą 30, 120%. Tak wysokie wartości błędu dyskwalifikują możliwość wykorzystania otrzymanych wyników.

W wyniku weryfikacji modeli, a następnie procedury oceny *ex ante* z estymowanych 49 modeli współczynników do prognozowania wybrano ostatecznie tylko dwa modele. Główną przyczyną takiej sytuacji, ewidentną dla grupy sektorów F-O, jest po prostu nieobecność tendencji w zmianach współczynnika wodochłonności, lub też trendy są słabe lub też są ostro zakłócane przez inne (niż czas) czynniki. Inną, ważną przyczyną jest oczywiście niewielka liczebność zbioru danych historycznych użytych do estymacji modelu. Lepsze wyniki modelowania można uzyskać poprzez wydłużenie próby, na której estymowane były parametry modeli –zarówno w stronę przeszłości (teoretycznie) jak i poprzez dodanie najnowszych danych statystycznych. Jednakże dodanie wcześniejszych danych niż dot. 1992 roku byłoby dla tej analizy niekorzystne – po pierwsze: statystyka na przestrzeni ostatnich lat zdecydowanie się zmienia (na początku lat 90-tych zmianom uległ sposób wyliczania podstawowych wielkości ekonomicznego rachunku narodowego, w tym także wartości produkcji globalnej i wartości dodanej), stąd dane wcześniejsze mogą być nieporównywalne. Po drugie – zmienił się także schemat podziału gospodarki na sektory, stąd trudno uzyskać dane dot. zużycia wód w jednolitym podziale na sektory dla lat wcześniejszych. Innym ważnym powodem, dla którego nie

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

należy wydłużać ciągu w stronę przeszłości to fakt, iż są to lata bardzo intensywnych zmian politycznych i gospodarczych – przemian ustrojowych. Teoria tendencji czasowej zakłada, że zmiany są rozwojowe, zależne głównie od czasu, natomiast przełom lat 90-tych to okres silnych bodźców zewnętrznych, które powodowały zmiany także w badanej dziedzinie i były decydujące dla kształtowania się analizowanych wielkości. W tym miejscu należy zaznaczyć, że także wzięte do analizy dane z lat początkowych 1992-1994 mogą być pod wpływem tych czynników. Zdecydowano się przyjąć taki okres ze względu na fakt, iż dla wielu sektorów był to już okres działania wg zasad rynkowych i warunków podobnych do panujących w późniejszym czasie (porównywalne stawki opłat ekologicznych, wolny rynek ekonomiczny, stabilizująca się sytuacja w zakresie przekształceń własnościowych itd.). Oczywiście na pozostawienie takiego zakresu danych miał także wpływ fakt, że chciano dysponować jak najdłuższym materiałem historycznym.

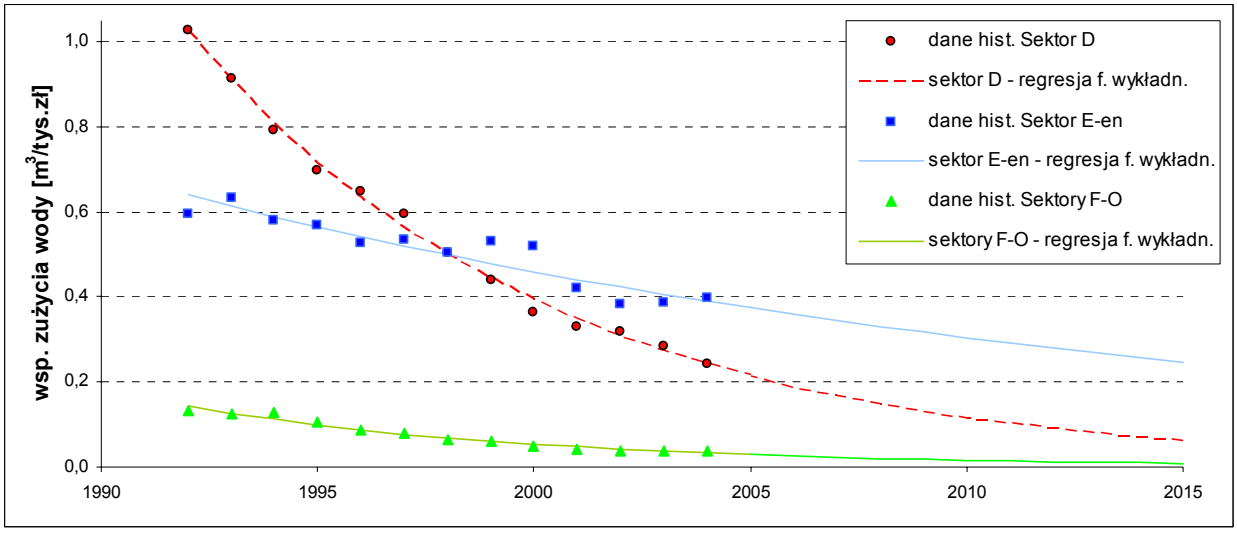
Modelowanie współczynnika zużycia wód podziemnych i jego prognoza na 2015 r.

Modelowanie i prognozowanie współczynników zużycia wód podziemnych zostało przeprowadzone analogicznie do zasad przyjętych dla współczynników wód powierzchniowych. Wyniki zestawiono w tabelach (Załącznik 7, Załącznik 8 oraz Tabela 19).

Tabela 19. Prognozowane na 2015 r. wielkości współczynnika zużycia wód podziemnych

Lp.	Sektor	Funkcja trendu	Dopasowanie trendu R^2	Wsp. zużycia wody prognoza w 2015 r. [m^3/tys zł]	Ocena prognozy punktowej		Wsp. zużycia wody prognoza przedziałowa	
					S_d [m^3/tys zł]	V_d	min [m^3/tys zł]	max [m^3/tys zł]
1	D	f.kwadratowa b=1,13-,012*t+0,004*t^2	100%	0.51	0.11	22%	0.27	0.76
2		f.wykladnicza b=exp(0,14-0,12*t)	**99%**	**0.06**	**0.00**	**6%**	**0.06**	**0.07**
3	E-en.	f.wykladnicza b=exp(-0,40-0,04*t)	**86%**	**0.25**	**0.03**	**11%**	**0.19**	**0.32**
4	F-O	f.wykladnicza b=exp(-1,8-,012*t)	**97%**	**0.008**	**0.001**	**15%**	**0.006**	**0.012**
5		f.kwadratowa b=0,16-0,02*t+0,0005*t^2	97%	0.059	0.040	68%	-0.031	0.149

Rysunek 15. Prognoza współczynników zużycia wód podziemnych – akceptowalne modele regresji



Tak jak w przypadku współczynnika zużycia wód powierzchniowych w poprzednim rozdziale, modelowanie i prognozowanie współczynnika zużycia wód podziemnych w oparciu analizy trednów czasowych przyniosły prognozy obarczone dość wysokimi błędami, akceptowalne są predykcje dla sektora D, E-energ. oraz F-O (błąd od 6 do 15%). Wszystkie analizowane modele trendu dla sektorów C i E-pobór wód zostały odrzucone na etapie weryfikacji statystycznej.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4.3.1.2. Prognoza współczynnika zużycia wody przy wykorzystaniu modelu z wieloma zmiennymi

Dane wejściowe

Pierwszym zadaniem przy budowie tego typu modelu jest wybranie zmiennych objaśniających. Na poziom jednostkowego zużycia wody wpływało wiele czynników, intuicyjnie wśród zmiennych można wymienić:

- wielkość produkcji globalnej i zużycia pośredniego,
- wielkość nakładów inwestycyjnych:
  - ogółem na inwestycje,
  - nakłady na gospodarkę wodną (w tym na ujęcia),
  - nakłady na ochronę środowiska, w tym na ochronę wód (w tym na obiegi zamknięte),
  - cena wody (stawki opłat ekologicznych za pobór wód powierzchniowych i podziemnych).

Analiza dostępności danych – dane dotyczące ww. wielkości są zestawione w różnych rocznikach GUS, jednakże długości ciągów danych historycznych są różne, np. dane dot. wydatków na inwestycje ekologiczne na poziomie sektorów gospodarki są publikowane dopiero od 1999 r. Dlatego do dalszych analiz wybrano te dane, które są dostępne dla okresu 1992-2004 – dane zestawiono poniżej w Tabeli 20. W tabeli tej, oprócz wielkości oryginalnie publikowanych (takich jak produkcja, nakłady), znajdują się również wielkości wskaźnikowe – zaproponowane przez autorkę, które oddają poziom wartości wielkości oryginalnych. Wielkości wskaźnikowe obliczane są na podstawie wielkości nakładów inwestycyjnych oraz wartości brutto środków trwałych w danym sektorze (lub dla całej gospodarki).

Tabela 20. Testowane zmienne objaśniające

Lp.	Zmienna	Szczegółowość danych
1	Cena wody (stawka opłaty ekologicznej)	dane szczegółowe sektorowe
2	Produkcja globalna	
3	Zużycie pośrednie	
4	Wartość dodana	
5	Nakłady inwestycyjne	
6	Wskaźnik nakłady inwestycyjne/wartość brutto środków trwałych	
7	Nakłady inwestycyjne na ochronę środowiska	
8	Wskaźnik nakłady inwestycyjne na ochronę środowiska /wartość brutto środków trwałych	
9	Średnia cena wody (średnia opłata ekologiczna)	dane ogólne, dla całej gospodarki
10	Nakłady inwestycyjne na ochronę środowiska	
11	Wskaźnik nakłady inwestycyjne na ochronę środowiska /wartość brutto środków trwałych	
12	Nakłady inwestycyjne na ochronę wód	
13	Wskaźnik nakłady inwestycyjne na ochronę wód /wartość brutto środków trwałych	
14	Nakłady inwestycyjne na ujęcia wód	
15	Wskaźnik nakłady inwestycyjne na ujęcia wód /wartość brutto środków trwałych	
16	Nakłady inwestycyjne na obiegi zamknięte	
17	Wskaźnik nakłady inwestycyjne na obiegi zamknięte /wartość brutto środków trwałych	

Taka ilość zmiennych powoduje, że możliwych jest ponad 130 tysięcy kombinacji zmiennych objaśniających ($2^{17} - 1 = 131071$). Dokonano wstępnej kwalifikacji zmiennych poprzez analizę współczynników korelacji kandydatek na zmienne ze zmienną objaśnianą, czyli współczynnikami zużycia wody. Wybrano po 8 kandydatek (dla wód powierzchniowych i podziemnych), które wykazywały, dla większości sektorów, wysoką korelację ze zmienną objaśnianą– wybrane zmienne przedstawiono w tabelach poniżej.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Tabela 21. Wody powierzchniowe – zmienne wstępnie zakwalifikowane

Lp.	Zmienne	Szczegółowość danych
1	Cena wody (stawka opłaty ekologicznej)	dane szczegółowe sektorowe
2	Produkcja globalna	
3	Zużycie pośrednie	
4	Nakłady inwestycyjne	
5	Wskaźnik nakłady inwestycyjne/wartość brutto środków trwałych	
6	Średnia cena wody (średnia opłata ekologiczna)	dane ogólne, dla całej gospodarki
7	Nakłady inwestycyjne na ujęcia wód	
8	Wskaźnik nakłady inwestycyjne na ujęcia wód /wartość brutto środków trwałych	

Tabela 22. Wody podziemne – zmienne wstępnie zakwalifikowane

Lp.	Zmienne	Szczegółowość danych
1	Cena wody (stawka opłaty ekologicznej)	dane szczegółowe sektorowe
2	Produkcja globalna	
3	Zużycie pośrednie	
4	Nakłady inwestycyjne	
5	Wskaźnik nakłady inwestycyjne/wartość brutto środków trwałych	
6	Wskaźnik nakłady inwestycyjne na ochronę środowiska /wartość brutto środków trwałych	dane ogólne, dla całej gospodarki
7	Nakłady inwestycyjne na ujęcia wód	
8	Wskaźnik nakłady inwestycyjne na ujęcia wód /wartość brutto środków trwałych	

Modelowanie współczynników zużycia wód powierzchniowych

Dla potrzeb modelowania współczynnika zużycia wód powierzchniowych wybrano wstępnie 8 zmiennych (Tabela 21), taka liczba zmiennych daje możliwość 255 kombinacji zmiennych dla każdego analizowanego sektora. Aby ograniczyć ilość obliczeń, dla każdego sektora metodą Hellwiga (wg wzorów 3-33 i 3-34) wybrano po 20 modeli o kombinacjach zmiennych, które posiadają najwyższe pojemności integralne. Wybrane kombinacje przedstawiono w załącznikach (Załącznik 9).

Parametry modeli poszczególnych kombinacji zmiennych oszacowano klasyczną metodą najmniejszych kwadratów. Analizowane modele zostały następnie poddane weryfikacji zgodnie ze schematem weryfikacji przedstawionym w rozdziale 3.2.1. Wyniki przedstawiono w dwóch tabelach w załącznikach – Załącznik 10 zawiera wszystkie wybrane metodą Hellwiga kombinacje (po 20 dla każdego z sektorów). W tabeli tej dokonano wstępnej weryfikacji modeli ze względu na dopasowanie modelu oraz istotność oszacowanych parametrów. Szarym szafowaniem zaznaczono modele, które nie przeszły weryfikacji, czyli modele, dla których współczynnik zmienności resztowej $V_e > 15\%$ lub współczynnik determinacji $R^2 < 70\%$ lub test istotności parametrów wykazał nieistotność więcej niż jednej zmiennej przy kombinacjach o liczbie zmiennych > 1 (przy modelu o jednej zmiennej jeśli test wykazał nieistotność tej zmiennej). Kolejna tabela w załącznikach (Załącznik 11) zawiera wyniki drugiego etapu weryfikacji – badania własności składnika losowego modelu.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Tabela 23. Pozytywnie zweryfikowane modele współczynników zużycia wód powierzchniowych

Sektor	Kombinacja zmiennych	Oszacowane parametry modeli					Błąd oszacowania parametrów modelu				
		a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	$D(a_0)$	$D(a_1)$	$D(a_2)$	$D(a_3)$	$D(a_4)$
A	5 8	3,47E+00	-1,38E+02	1,09E+00			5,10E-01	2,17E+01	1,65E-01		
	5 6 8	3,96E+00	-1,36E+02	-3,49E+00	1,10E+00		6,31E-01	2,11E+01	2,76E+00	1,60E-01	
	4 5 7	3,43E+00	-6,68E-04	-8,82E+01	1,52E-06		6,00E-01	1,97E-04	2,90E+01	2,38E-07	
	5 7 8	3,60E+00	-1,39E+02	-2,18E-07	1,24E+00		6,14E-01	2,27E+01	4,91E-07	3,76E-01	
	4 5 8	3,67E+00	-1,60E-04	-1,27E+02	1,09E+00		5,63E-01	1,80E-04	2,53E+01	1,67E-01	
	1 5 8	3,52E+00	-1,75E+00	-1,38E+02	1,08E+00		5,55E-01	4,84E+00	2,27E+01	1,79E-01	
	1 4 5 7	3,66E+00	-6,00E+00	-7,11E-04	-8,52E+01	1,46E-06	6,06E-01	4,66E+00	1,93E-04	2,81E+01	2,34E-07
B	3	2,53E+03	-2,01E+00				1,62E+02	2,40E-01			
D	3 7	2,48E+00	-6,10E-06	8,29E-07			5,33E-01	1,04E-06	2,05E-07		
	2 7	2,67E+00	-5,02E-06	9,41E-07			6,15E-01	9,32E-07	2,06E-07		
	3 4 7	2,48E+00	-5,79E-06	-3,94E-06	8,34E-07		5,57E-01	1,36E-06	1,07E-05	2,15E-07	
	2 4 7	2,65E+00	-4,66E-06	-5,66E-06	9,40E-07		6,40E-01	1,21E-06	1,12E-05	2,14E-07	
	2 7 8	2,73E+00	-5,29E-06	1,17E-06	-2,27E-01		6,27E-01	1,00E-06	3,43E-07	2,69E-01	
	3 7 8	2,55E+00	-6,55E-06	1,11E-06	-2,89E-01		5,26E-01	1,09E-06	3,12E-07	2,46E-01	
E-en.	2 3 4	2,14E+02	9,18E-04	-5,03E-03	3,63E-03		1,16E+01	9,07E-04	1,34E-03	7,66E-04	
	3	2,53E+02	-3,82E-03				8,08E+00	2,68E-04			
	2 3 6	2,04E+02	7,97E-04	-4,57E-03	2,10E+02		2,15E+01	1,26E-03	1,82E-03	7,46E+01	
	3 4	2,23E+02	-3,69E-03	3,33E-03			8,07E+00	1,59E-04	7,07E-04		
	3 6	2,13E+02	-3,44E-03	1,90E+02			1,51E+01	2,45E-04	6,51E+01		
	2 4	2,43E+02	-2,48E-03	2,57E-03			1,34E+01	1,64E-04	1,09E-03		
E-pob.	2 7	2,61E+02	-3,57E-02	1,16E-04			7,79E+01	8,63E-03	3,13E-05		
	2 8	3,89E+02	-4,56E-02	6,77E+01			4,94E+01	6,95E-03	1,91E+01		
	3 5	4,17E+02	-1,42E-01	8,81E+02			4,69E+01	1,05E-02	1,45E+01		

Modelowanie współczynników zużycia wód podziemnych

Procedura modelowania współczynników zużycia wód podziemnych jest analogiczna do opisanej w poprzednim podrozdziale dot. wód powierzchniowych. Dla potrzeb modelowania współczynnika zużycia wód podziemnych wybrano wstępnie 8 zmiennych (Tabela 22), w tym etapie, metodą Hellwiga, wyznaczono 20 kombinacji zmiennych o najwyższych wartościach pojemności integralnych, wyniki zestawiono w załącznikach (Załącznik 12). Wyniki procedur estymacji i weryfikacji modeli wymienionych zostały przedstawione w Załączniku 13 oraz 14. W efekcie do modelowania współczynników zużycia wód podziemnych zaakceptowane zostały modele przedstawione w tabeli poniżej.

Tabela 24. Pozytywnie zweryfikowane modele zużycia współczynników wód podziemnych

Sektor	Kombinacja zmiennych	Oszacowane parametry modeli						Błąd oszacowania parametrów modelu					
		a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	$D(a_0)$	$D(a_1)$	$D(a_2)$	$D(a_3)$	$D(a_4)$	$D(a_5)$
D	3 7	8,78E-01	-2,26E-06	3,11E-07				1,15E-01	2,23E-07	4,42E-08			
	2 7	9,46E-01	-1,86E-06	3,54E-07				1,48E-01	2,25E-07	4,97E-08			
	2 3 7	7,01E-01	3,59E-06	-6,51E-06	2,49E-07			1,34E-01	1,67E-06	1,99E-06	4,85E-08		
	2 3 4 7 8	6,74E-01	4,63E-06	-7,70E-06	-3,05E-06	3,57E-07	-1,27E-01	9,18E-02	1,19E-06	1,44E-06	1,44E-06	4,52E-08	3,69E-02
	2 7 8	9,66E-01	-1,89E-06	3,88E-07	-3,41E-02			1,59E-01	2,54E-07	8,73E-08	6,85E-02		
	3 7 8	9,04E-01	-2,34E-06	3,66E-07	-5,64E-02			1,18E-01	2,44E-07	7,00E-08	5,53E-02		
	2 3 5 7 8	7,08E-01	4,17E-06	-7,23E-06	-6,56E-01	3,55E-07	-1,10E-01	8,75E-02	1,13E-06	1,37E-06	2,67E-01	4,17E-08	3,23E-02
	3 8	1,16E+00	-2,52E-06	1,86E-01				1,66E-01	3,90E-07	5,91E-02			
	2 3 6 7 8	7,22E-01	4,15E-06	-7,32E-06	-8,58E-03	3,48E-07	-1,04E-01	9,37E-02	1,19E-06	1,44E-06	3,92E-03	4,32E-08	3,36E-02
	3 4 7	8,89E-01	-2,14E-06	-1,53E-06	3,13E-07			1,21E-01	2,96E-07	2,31E-06	4,67E-08		
	2 8	1,24E+00	-2,05E-06	2,26E-01				2,07E-01	3,67E-07	6,18E-02			
	2 4 7	9,50E-01	-1,71E-06	-2,20E-06	3,53E-07			1,56E-01	2,93E-07	2,72E-06	5,21E-08		
E-en.	2 8	6,47E-01	-4,58E-06	9,33E-02				8,81E-02	1,40E-06	2,74E-02			
	3 8	6,30E-01	-6,97E-06	8,75E-02				8,92E-02	2,30E-06	3,02E-02			
	2 5	6,46E-01	-5,11E-06	1,74E+00				9,34E-02	1,37E-06	5,47E-01			
	3 5	6,30E-01	-7,82E-06	1,63E+00				8,96E-02	2,11E-06	5,67E-01			
E-pob.	2	4,92E+02	-4,11E-02					1,88E+01	3,44E-03				
	2 3	5,12E+02	-3,71E-02	-2,01E-02				2,83E+01	5,37E-03	2,04E-02			
F-O	2	2,06E-01	-1,67E-07					6,05E-03	7,55E-09				
	2 3	2,05E-01	-2,19E-07	1,12E-07				6,39E-03	8,39E-08	1,80E-07			
	3 8	1,54E-01	-2,66E-07	2,27E-02				1,56E-02	2,86E-08	6,28E-03			
	2 8	1,65E-01	-1,35E-07	1,72E-02				1,46E-02	1,26E-08	5,91E-03			
	3	2,07E-01	-3,55E-07					7,82E-03	2,06E-08				
	2 7	1,77E-01	-1,49E-07	1,21E-08				3,15E-02	2,15E-08	1,33E-08			

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Dla sektora D, oszacowano 12 modeli o różnej ilości zmiennych (od dwóch do pięciu zmiennych), zmiennymi, które najczęściej wchodziły do modeli są: produkcja globalna, zużycie pośrednie oraz nakłady inwestycyjne na ujęcia wód. Dla sektora E-energetyka, pozytywnie weryfikację przeszły cztery modele o dwóch zmiennych – oparte na zależności współczynnika wodochłonności od:

- produkcji globalnej oraz współczynnika nakładów inwestycyjnych w tym sektorze,
- zużycia pośredniego oraz współczynnika nakładów inwestycyjnych w tym sektorze,
- produkcji globalnej oraz współczynnika nakładów na ujęcia wód,
- zużycia pośredniego oraz współczynnika nakładów na ujęcia wód.

Dla sektora E-pobór wód, pozytywnie weryfikację przeszły dwa modele– oparte na liniowej zależności współczynnika wodochłonności od produkcji globalnej oraz od produkcji globalnej i zużycia pośredniego w tym sektorze.

Dla grupy sektorów F-O, oszacowano 6 modeli uzależniających współczynnik wodochłonności od:

- produkcji globalnej,
- produkcji globalnej i zużycia pośredniego w tym sektorze,
- zużycia pośredniego i współczynnika nakładów na ujęcia wód,
- produkcji globalnej i współczynnika nakładów na ujęcia wód,
- zużycia pośredniego,
- produkcji globalnej i nakładów na ujęcia wód.

Prognoza zmiennych objaśniających i współczynników zużycia wód powierzchniowych i podziemnych

W modelu opartym na zmiennych objaśniających, do uzyskania prognozy modelowanej wielkości, wymagane są wartości zmiennych objaśniających w prognozowanym okresie. Źródłem tych wartości mogą być rządowe dokumenty planistyczne i strategiczne, prognozy gospodarcze i inne. W przypadku braku takich danych, zmienne objaśniające można zamodelować (np. funkcjami trendu) i wyznaczyć ich prognozy.

Tabela 25. Zmienne objaśniające występujące w modelach, które pozytywnie przeszły weryfikację statystyczną

Lp.	Sektor	Zmienna objaśniająca	
		Nazwa	Symbol
1	A	Cena wody powierzchniowej	1
2		Nakłady inwestycyjne	4
3		Wskaźnik nakł. inw. / wartość br. środk.trw.	5
4	B	Zużycie pośrednie	3
5	D	Zużycie pośrednie	3
6		Nakłady inwestycyjne	4
7		Wskaźnik nakł. inw. / wartość br. środk.trw.	5
8	E-en	Zużycie pośrednie	3
9		Nakłady inwestycyjne	4
10		Wskaźnik nakł. inw. / wartość br. środk.trw.	5
11	E-pob	Zużycie pośrednie	3
12		Wskaźnik nakł. inw. / wartość br. środk.trw.	5
13	F-O	Zużycie pośrednie	3
14	Ogółem	Średnia cena wody (średnia opłata ekol.)	6- wody pow.
15		Wskaźnik nakł. inw. na ochr. środ. / wart. br. środk.trw.	6 – wody podz.
16		Nakłady inwestycyjne na ujęcia wód	7
17		Wsk. nakł. inw. na ujęcia wód / wart. br. środk.trw.	8

Modelowanie produkcji globalnej i wartości dodanej

Istotnymi zmiennymi w modelowaniu zużycia wody są wielkości produkcji globalnej oraz wartości dodanej. Produkcja globalna jest jedną ze zmiennych typowanych do modeli współczynników wodochłonności m.in. dla sektora przetwórstwa przemysłowego D i dla sektorów E: energetyki i poboru wód. Produkcja globalna jest wielkością wynikową otrzymywaną z modelu input-output i w ten sposób zostaną wyznaczone prognozy produkcji globalnej dla

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

poszczególnych sektorów. Natomiast wartość dodana jest wielkością wejściową do wyznaczania produkcji globalnej w modelu input-output. Prognozowane wartości dynamiki wartości dodanej w analizowanych sektorach przyjęto jako zmienne egzogeniczne, dane na ten temat zaczerpnięto z rządowych - planistycznych i strategicznych dokumentów i programów. W dokumentach tych podawane są projekcje wielkości wzrostu wartości produktu krajowego brutto, produkcji lub innych wielkości charakteryzujących produktywność gospodarki. Produkt krajowy brutto jest ściśle związany z wielkością wartości dodanej (jest to wartość dodana powiększona o saldo dotacji i podatków od produktów), stąd przenoszenie prognoz dotyczących dynamiki PKB na wielkości wartości dodanej jest uzasadnione i nie powinno przynieść znaczącego błędu w prognozie wartości dodanej.

Tabela 26. Prognoza dynamiki produktu krajowego brutto PKB i wartości dodanej WD (w cenach stałych)

Lp.	Sektor	dynamika WD (2005-15)	Źródło danych:
1	Cała gospodarka PKB	4,7-5%	Krajowy Program Reform na lata 2005-2008 na rzecz realizacji Strategii Lizbońskiej Narodowe strategiczne ramy odniesienia 2007-2013 wspierające wzrost gospodarczy i zatrudnienie Strategia rozwoju kraju 2007 – 2015
2	A	2%	Strategia rozwoju obszarów wiejskich i rolnictwa na lata 2007-2013 (z elementami prognozy do roku 2020) Krajowy Plan Strategiczny Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013 Program Operacyjny Rozwój Obszarów Wiejskich na lata 2007-2013
3	B	2%	Strategia rozwoju rybołówstwa na lata 2007-2013 Program Operacyjny „Zrównoważony rozwój sektora rybołówstwa i nadbrzeżnych obszarów rybackich 2007-2013"
4	C	-2%	Restrukturyzacja górnictwa węgla kamiennego w latach 2004 – 2006 oraz Strategia na lata 2007 – 2010 oraz „Informacje o przebiegu restrukturyzacji górnictwa węgla kamiennego"
5	E-en.	3%	Polityka energetyczna Polski do 2025 roku
6	E-pob.	1%	Prognoza demograficzna, Strategia gospodarki wodnej, Polityka ekologiczna państwa
7	D, F-O	5%	założono dynamikę wartości dodanej na poziomie prognozy wzrostu całej gospodarki

W przypadku sektora E-pob. Pobór wód, podana wartość 1% dynamiki wartości dodanej jest założona przez autorkę. Dokumenty wymienione jako dane źródłowe – Strategia gospodarki wodnej i Polityka ekologiczna a także prognozy demograficzne publikowane przez GUS były źródłem bazowych informacji, które posłużyły do oszacowania dynamiki prognozowanego rozwoju tego sektora. Prognozy demograficzne opracowane w ostatnich latach przewidują spadek liczby ludności – tendencja ma mieć charakter narastający od spadków liczby ludności na poziomie -0,1% w latach 2004-2006 do -0,15% w roku 2015. Ogółem prognozuje się, że okresie 2004-2015 liczba ludności spadnie o ok.1,5%. Nie jest to zmiana znacząca dla zapotrzebowania na wodę, istotniejsze wydają się więc pozostałe czynniki wpływające na rozwój tego sektora – a głównie jednostkowe zapotrzebowanie na wodę – zapotrzebowanie wody przez 1 osobę. Średnio w skali kraju jednostkowe zapotrzebowanie kształtuje się na poziomie ok. 100 l/dobę. Ministerstwo Środowiska w *Raporcie dla Obszaru Dorzecza Wisły z 2004 r.* … [98] przewiduje, na podstawie wartości w innych krajach europejskich, że zapotrzebowanie może wzrosnąć do ok. 120 l/dobę. Aby osiągnąć taką wartość w 2015 r. to zapotrzebowanie powinno rosnąć o ok. 2% rocznie w okresie 2005-2015.

Wzrost jednostkowego zapotrzebowania niekoniecznie przełoży się na wzrost poborów wody – trzecią bowiem wielkością kształtującą pobór jest wielkość strat w sieci wodociągowej. Średnia ogólnokrajowa to ok. 30% - ok. 30% pobranej wody nie dociera do końcowego odbiorcy. Szacuje się, że modernizacja i prawidłowe zarządzanie (monitoring, eksploatacja) może ograniczyć straty do ok. 20%. Stąd ograniczenie strat może „pokryć" wzrost jednostkowego zapotrzebowania na wodę.

Dodatkową informacją przemawiającą za rozwojem, dodatnią dynamiką tego sektora jest fakt, iż jest to sektor wspierany zewnętrznie w zakresie inwestycji – zarówno ze środków krajowych jak i unijnych kierowane są znaczne dotacje na realizacje nowych inwestycji i modernizacje istniejącej infrastruktury.

Reasumując, założono, że w sektorze E Pobór wód nastąpi rozwój w najbliższych latach – nie będą to wielkości na poziomie 5% osiąganych w sektorach przemysłowych czy usług komercyjnych, ale z pewnością będzie można zanotować systematyczny przyrost wartości dodanej na poziomie ok. 1%. I takie założenie dot. dynamiki sektora przyjęto do dalszych obliczeń.

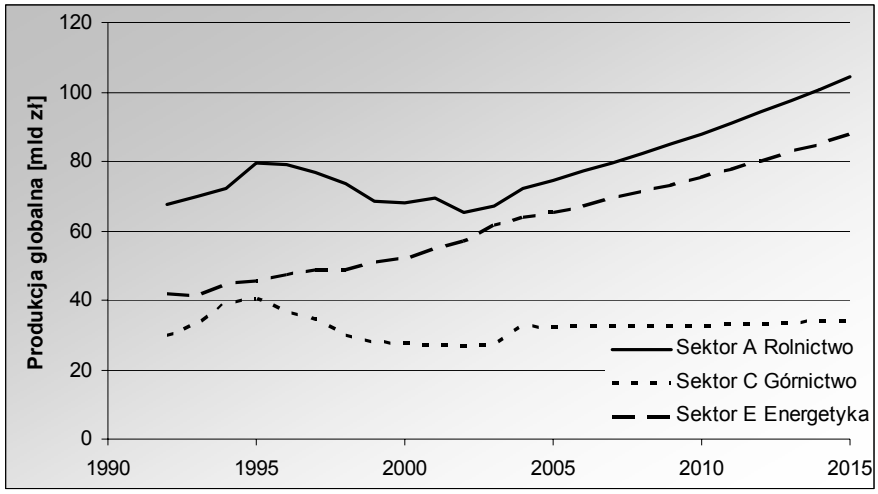
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Bazując na danych zawartych w powyższej tabeli, stosując model Ghosh'a zasymulowano produkcję globalną gospodarki na rok 2015, otrzymano następujące wartości:

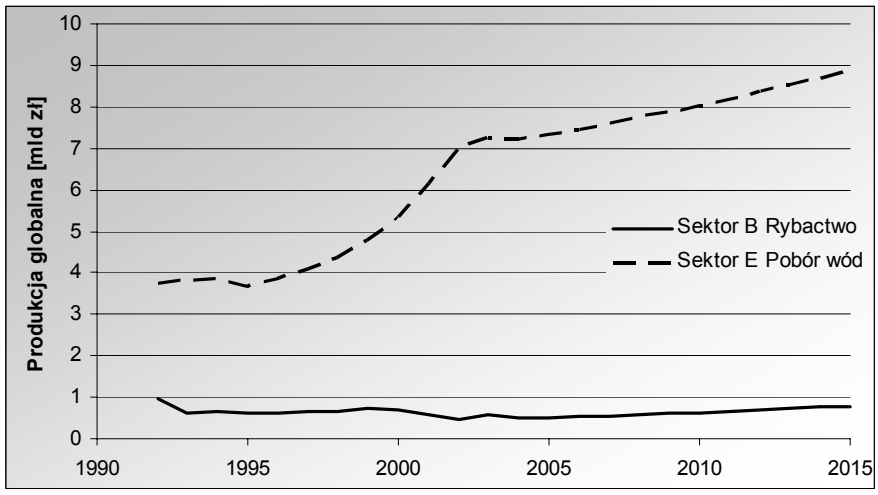
Tabela 27. Prognoza produkcji w 2015 r.

Lp.	Sektor		Produkcja globalna w 2004 r.	Prognoza produkcji w 2015 r.
			[mln zł]	[mln zł]
1	Rolnictwo	A	72 321	104 302
2	Rybactwo	B	395	789
3	Górnictwo	C	33 425	34 134
4	Przetw. przemysłowe	D	598 017	949 800
5	Energetyka	E-en.	63 102	87 797
6	Pobór wód	E-pob.	7 032	8 884
7	Pozostałe	F-O	1 037 636	1 749 194
8	Ogółem		1 811 928	2 934 904

Rysunek 16. Prognoza produkcji globalnej do 2015 r. w sektorach A rolnictwo, C górnictwo i E-en. energetyka

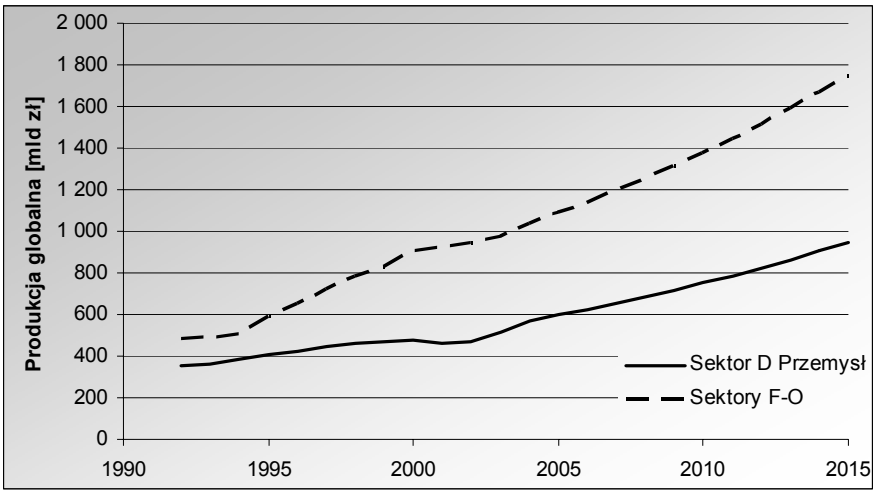


Rysunek 17. Prognoza produkcji globalnej do 2015 r. w sektorach B rybactwo i E-pob. pobór wód



BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 18. Prognoza produkcji globalnej do 2015 r. w sektorze D przetw. przemysłowe i w sektorach F-O



Modelowanie pozostałych zmiennych objaśniających

Zmienne objaśniające, które nie są prognozowane w dokumentach strategicznych (nakłady inwestycyjne, wskaźnikowe wielkości dot. nakładów), zostały poddane analizie statystycznej, przeprowadzono estymację modeli trendu (funkcje: liniowa, logarytmiczna, potęgowa, wykładnicza i hiperbola wg 3-11 – 3-17), oszacowane modele weryfikowano następnie przy pomocy współczynników zmienności resztowej i determinacji oraz testu istotności parametrów (wg wzorów 3-18 – 3-22). Zestawienie pozytywnie zweryfikowanych modeli trendu zmiennych zawiera Załącznik 15. Zużycie pośrednie wyliczano na podstawie różnicy prognozowanych wartości produkcji globalnej i wartości dodanej. Część zmiennych nie poddała się modelowaniu i dla tych wielkości przyjęto pewne założenia bazując na analizie danych historycznych - ostatecznie dla potrzeb dalszych obliczeń przyjęto:

- ✓ zmienne „*cena wody powierzchniowej*" dla sektora A oraz „*średnia cena wody*" dla całej gospodarki zostały zamodelowane poprzez przyjęcie średniorocznego wzrostu zgodnego z planowaną inflacją (2,5%);
- ✓ „nakłady inwestycyjne" dla sektora A - przyjęto dynamikę wielkości zgodną z prognozą finansowania rozwoju rolnictwa (5% w latach 2007-2010 oraz 1,2% w okresie 2011-15);
- ✓ „wskaźnik nakłady inwestycyjne/wartość brutto środków trwałych" dla sektora A została zamodelowana przez przyjęcie dynamiki wielkości niższej o 1% od dynamiki nakładów (takie różnice występowały w ostatnich 5 latach);
- ✓ „nakłady inwestycyjne" dla sektora D – założono dynamikę na poziomie wzrostu gospodarczego – 5%;
- ✓ „wskaźnik nakłady inwestycyjne / wartość brutto środków trwałych" dla sektora D przyjęto na poziomie 2% - o 3% mniej niż dynamika nakładów inwestycyjnych (takie różnice występowały w ostatnich 5 latach);
- ✓ „nakłady inwestycyjne" dla sektora E-en. – założono, że nakłady pozostaną na poziomie 2004 r.*;
- ✓ „wskaźnik nakłady inwestycyjne / wartość brutto środków trwałych" dla sektora E-en. założono zmienność wg oszacowanego trendu funkcji potęgowej – opisującego powolne spadkowe tendencje tej wielkości, które utrzymają się przy prognozowanym braku wzrostu nakładów inwestycyjnych w tym sektorze;
- ✓ „wskaźnik nakłady inwestycyjne / wartość brutto środków trwałych" dla sektora E-pob. założono wysoką dynamikę 2%, z racji znaczących unijnych środków inwestycyjnych kierowanych do tego sektora;
- ✓ „wskaźnik nakłady inwestycyjne na ochronę środowiska / wartość brutto środków trwałych" dla gospodarki ogółem przyjęto dynamikę 1%;
- ✓ „nakłady inwestycyjne na ujęcia wód" dla gospodarki ogółem założono zmienność wg oszacowanego trendu funkcji potęgowej, opisującego spadek nakładów;

* Dokładniejsza analiza wielkości nakładów inwestycyjnych znajduje się na str. 103

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

- ✓ „wskaźnik nakłady inwestycyjne na ujęcia wód / wartość brutto środków trwałych" dla gospodarki ogółem przyjęto spadek o 3.5% odpowiadający spadkowi nakładów inwestycyjnych.

Tabela 28. Prognozowane na 2015 r. wartości zmiennych objaśniających

Lp.	Sektor	Zmienna objaśniająca		Prognoza zmiennej na 2015 r.	
		Nazwa	Symbol		
1	A	Cena wody powierzchniowej	1	zł/m^3	0,055
2		Nakłady inwestycyjne	4	mln zł	3880
3		Wskaźnik nakł. inw. / wartość br. środk.trw.	5	-	0,029
4	B	Zużycie pośrednie	3	mln zł	520
5	D	Zużycie pośrednie	3	mln zł	600 000
6		Nakłady inwestycyjne	4	mln zł	51 600
7		Wskaźnik nakł. inw. / wartość br. środk.trw.	5	-	0,126
8	E-en	Zużycie pośrednie	3	mln zł	42 700
9		Nakłady inwestycyjne	4		7 010
10		Wskaźnik nakł. inw. / wartość br. środk.trw.	5	-	0,036
11	E-pob	Zużycie pośrednie	3	mln zł	2 788
12		Wskaźnik nakł. inw. / wartość br. środk.trw.	5	-	0,099
13	F-O	Zużycie pośrednie	3	mln zł	540 000
14	Ogółem	Średnia cena wody (średnia opłata ekol.)	6- wody pow.	zł/m^3	0,149
15		Wskaźnik nakł. inw. na ochr. środ. / wart. br. środk.trw.	6 – wody podz.	-	3,41
16		Nakłady inwestycyjne na ujęcia wód	7	mln zł	670 000
17		Wsk. nakł. inw. na ujęcia wód / wart. br. środk.trw.	8	-	0,385

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Prognozowanie współczynników zużycia wód

Na podstawie prognozowanych wielkości zmiennych objaśniających oraz oszacowanych parametrów modeli dokonano prognozy współczynników zużycia wody – prognozę punktową oraz przedziałową z wiarygodnością 90% (wg wzoru 3-30). Dokonano również oceny predykcji – wyznaczono średni oraz względny błąd predykcji (wg wzorów oceny *ex ante* 3-28 – 3-29).

Tabela 29. Prognozowane na 2015 r. wielkości współczynnika zużycia wód powierzchniowych

Lp.	Sektor	Kombinacja zmiennych	Dopasowanie modelu R^2	Wsp. zużycia wody prognoza w 2015 r. [m^3/tys zł]	Ocena prognozy punktowej		Wsp. zużycia wody prognoza przedziałowa	
					S_d [m^3/tys zł]	V_d [%]	min [m^3/tys zł]	max [m^3/tys zł]
1	A	5 8	95%	0,92	0,24	26%	0,38	1,46
2		5 6 8	96%	0,94	0,38	40%	0,09	1,78
3		4 5 7	95%	-0,17	0,54	-312%	-1,37	1,02
4		5 7 8	95%	0,98	0,44	45%	0,00	1,97
5		4 5 8	95%	0,76	0,48	64%	-0,32	1,84
6		1 5 8	95%	0,86	0,47	55%	-0,19	1,91
7		1 4 5 7	96%	-0,41	0,85	-207%	-2,30	-0,41
	B	3	88%	1 490	0,33	0%	1490	1491
8	D	3 7	96%	-0,62	0,27	-44%	-1,23	-0,01
9		2 7	96%	-1,53	0,45	-29%	-2,52	-0,53
10		3 4 7	96%	-0,64	0,60	-94%	-1,97	0,69
11		2 4 7	96%	-1,49	0,93	-63%	-3,56	0,58
12		2 7 8	96%	-1,71	1,01	-59%	-3,97	0,54
13		3 7 8	97%	-0,80	0,66	-82%	-2,26	0,66
14	E-en.	2 3 4	99%	100,86	0,33	0%	100,12	101,60
15		3	95%	90,20	0,27	0%	89,58	90,81
16		2 3 6	97%	104,07	0,42	0%	103,14	105,00
17		3 4	98%	94,85	3,87	4%	86,22	103,48
18		3 6	97%	98,46	5,29	5%	86,67	110,25
19		2 4	96%	79,48	6,47	8%	65,07	93,89
20	E-pob.	2 7	93%	45,98	29,46	64%	-19,66	111,61
21		2 8	93%	53,77	30,48	57%	-14,14	121,68
22		3 5	92%	107,17	19,23	18%	86,39	172,09

Tabela 30. Prognozowane na 2015 r. wielkości współczynnika zużycia wód podziemnych

Lp.	Sektor	Kombinacja zmiennych	Dopasowanie modelu R^2	Wsp. zużycia wody prognoza w 2015 r. [m^3/tys zł]	Ocena prognozy punktowej		Wsp. zużycia wody prognoza przedziałowa	
					S_d [m^3/tys zł]	V_d [%]	min [m^3/tys zł]	max [m^3/tys zł]
1	D	3 7	99%	-0,25	0,06	-24%	-0,39	-0,12
2		2 7	98%	-0,59	0,11	-19%	-0,84	-0,34
3		2 3 7	99%	0,45	0,32	72%	-0,27	1,17
4		2 3 4 7 8	99%	0,54	0,23	42%	0,03	1,05
5		2 7 8	98%	-0,62	0,13	-21%	-0,90	-0,33
6		3 7 8	99%	-0,29	0,07	-24%	-0,44	-0,13
7		2 3 5 7 8	99%	0,50	0,23	46%	-0,02	1,01
8		3 8	95%	-0,26	0,13	51%	-0,55	0,04
9		2 3 6 7 8	99%	0,52	0,23	44%	0,01	1,04
10		3 4 7	99%	-0,26	0,06	-24%	-0,40	-0,12
11		2 8	94%	-0,61	0,22	-36%	-1,10	-0,13
12		2 4 7	94%	-0,57	0,11	-20%	-0,83	-0,32
13	E-en.	2 8	90%	0,33	0,04	14%	0,23	0,42
14		3 8	89%	0,28	0,05	18%	0,17	0,40
15		2 5	89%	0,31	0,04	13%	0,22	0,41
16		3 5	88%	0,25	0,05	20%	0,14	0,37
17	E-pob.	2	93%	126,19	0,35	0%	125,41	126,97
18		2 3	95%	129,84	20,18	16%	84,88	174,80
19	F-O	2	98%	-0,09	0,26	-280%	-0,66	0,48
20		2 3	98%	-0,12	0,05	-44%	-0,24	0,00
21		3 8	99%	0,02	0,01	19%	0,01	0,03
22		2 8	99%	-0,06	0,01	18%	-0,09	-0,04
23		3	96%	0,02	0,22	1447%	-0,47	0,50
24		2 7	98%	-0,08	0,02	-22%	-0,12	-0,04

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Akceptowalne ze względu na błąd predykcji są jedynie:

- współczynniki zużycia wód powierzchniowych wyznaczone dla sektorów: rolnictwo B (1 model), energetyka E-en. (6 modeli) oraz pobór wód E-pob. (2 modele),
- współczynniki zużycia wód podziemnych wyznaczone dla sektorów: energetyka E-en. (4 modele), pobór wód E-pob. (2 modele) oraz sektorów F-O (1 model).

Pozostałe prognozy obarczone są zbyt dużym błędem i/lub wyznaczone współczynniki wodochłonności są ujemne i nie mogą być użyte do prognozy zapotrzebowania na wodę.

4.3.1.3. Prognoza zużycia wody w 2015 r. – model statystyczny

Modele zmienności współczynników wodochłonności, dzięki którym otrzymujemy prognozę współczynników zużycia wody (wektor współczynników $\mathbf{b}(t)$) oraz prognoza rozwoju gospodarczego (wektor wartości dodanej $\mathbf{v}(t)$) pozwalają wyznaczyć prognozowane zużycie wody $Z(t)$ dla całej gospodarki – zgodnie ze wzorem (3-3): $Z_k(t) = \mathbf{b}_k(t)\left(\mathbf{v}(t)\left(\mathbf{I}-\mathbf{G}\right)^{-1}\right)^T$. Ponieważ modelowanie zmienności współczynników wodochłonności za pomocą modeli trendu oraz modeli regresji wielorakiej pozwoliło na sformułowanie jedynie po kilka modeli – zdecydowano, że zostanie zbudowany jeden wspólny model prognozujący pobór wód, zawierający modele trendu czasowego i modele regresji wielorakiej. Model ten nazwano modelem statystycznym.

Na podstawie badań dot. modelowania zmienności współczynników wodochłonności, przeprowadzonych w poprzednich rozdziałach, można stwierdzić, że współczynniki dla większości sektorów poddały się modelowaniu, a otrzymane modele dają wiarygodne prognozy. Przyjęte procedury estymacji i oceny modeli współczynników zużycia wód powierzchniowych i podziemnych typują 22 modele dające wiarygodne (w horyzoncie do 2015 r.) prognozy współczynników wodochłonności.

Tabela 31. Ilość pozytywnie zweryfikowanych modeli ekonometrycznych współczynników wodochłonności

Lp.	Sektor		Ilość modeli współczynnika wód powierzchniowych			Ilość modeli współczynnika wód podziemnych		
			modele trendu czasowego	modele regresji wielorakiej	RAZEM	modele trendu czasowego	modele regresji wielorakiej	RAZEM
1	Rolnictwo	A	1	0	**1**	-	-	**-**
2	Rybactwo	B	0	1	**1**	-	-	**-**
3	Górnictwo	C	0	0	**0**	0	0	**0**
4	Przetw. przemysłowe	D	1	0	**1**	1	0	**1**
5	Energetyka	E-en.	0	6	**6**	2	4	**6**
6	Pobór wód	E-pob.	0	2	**2**	0	2	**2**
7	Pozostałe	F-O	0	0	**0**	1	1	**2**
		RAZEM	**2**	**9**	**11**	**4**	**7**	**11**

Do dalszego modelowania i prognozowania poborów wody wybrano po jednym modelu dla każdego z sektorów. Kryteria wyboru były następujące: prostota modelu (wybierano modele o jak najmniejszej liczbie zmiennych wejściowych), szacowany błąd prognozy ($\min(V_d)$) oraz dopasowanie modelu ($\max(R^2)$). Ostatecznie do modelu prognozującego pobór wód wybrano następujące modele współczynników zużycia wód:

- wody powierzchniowe sektor A

$$b_{A\,w.pow.}(t) = e^{1{,}357662 - 0{,}495776\ln(t)}$$

gdzie t - to zmienna czasowa (przy czym t=1 to rok 1992)

- wody powierzchniowe sektor B

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

$$b_{B\,w.pow.}(t) = 2534{,}76 - 2{,}01 \cdot ZP(t)$$

gdzie: *ZP(t)* – zużycie pośrednie w sektorze B w roku *t*, *t* - jak wyżej

- wody powierzchniowe sektor D

$$b_{D\,w.pow.}(t) = 3{,}076567 - 0{,}879079 \ln(t)$$

- wody powierzchniowe sektor E-en.

$$b_{E-en.\,w.pow.}(t) = 253{,}303438 - 0{,}003820 \cdot ZP(t)$$

gdzie: *ZP(t)* – zużycie pośrednie w sektorze E-en. w roku *t*,

- wody powierzchniowe sektor E-pob.

$$b_{E-pob.\,w.pow.}(t) = 416{,}727781 - 0{,}142213 \cdot ZP(t) + 880{,}771532 \cdot W_{NI}(t)$$

gdzie: *ZP(t)* – zużycie pośrednie w sektorze E-pob. w roku *t*,

$W_{NI}(t)$ – wskaźnik dot. nakładów inwestycyjnych w sektorze E-pob. w roku *t*,

- wody podziemne sektor D

$$b_{D\,w.podz.}(t) = e^{0{,}143326 - 0{,}119869t}$$

- wody podziemne sektor E-en.

$$b_{E-en.\,w.podz.}(t) = e^{-0{,}404955 - 0{,}041258t}$$

- wody podziemne sektor E-pob.

$$b_{E-pob.\,w.podz.}(t) = 491{,}602506 - 0{,}041131 \cdot P(t)$$

gdzie: *P(t)* - produkcja globalna w sektorze E-pob. w roku *t,*

- wody podziemne sektory F-O

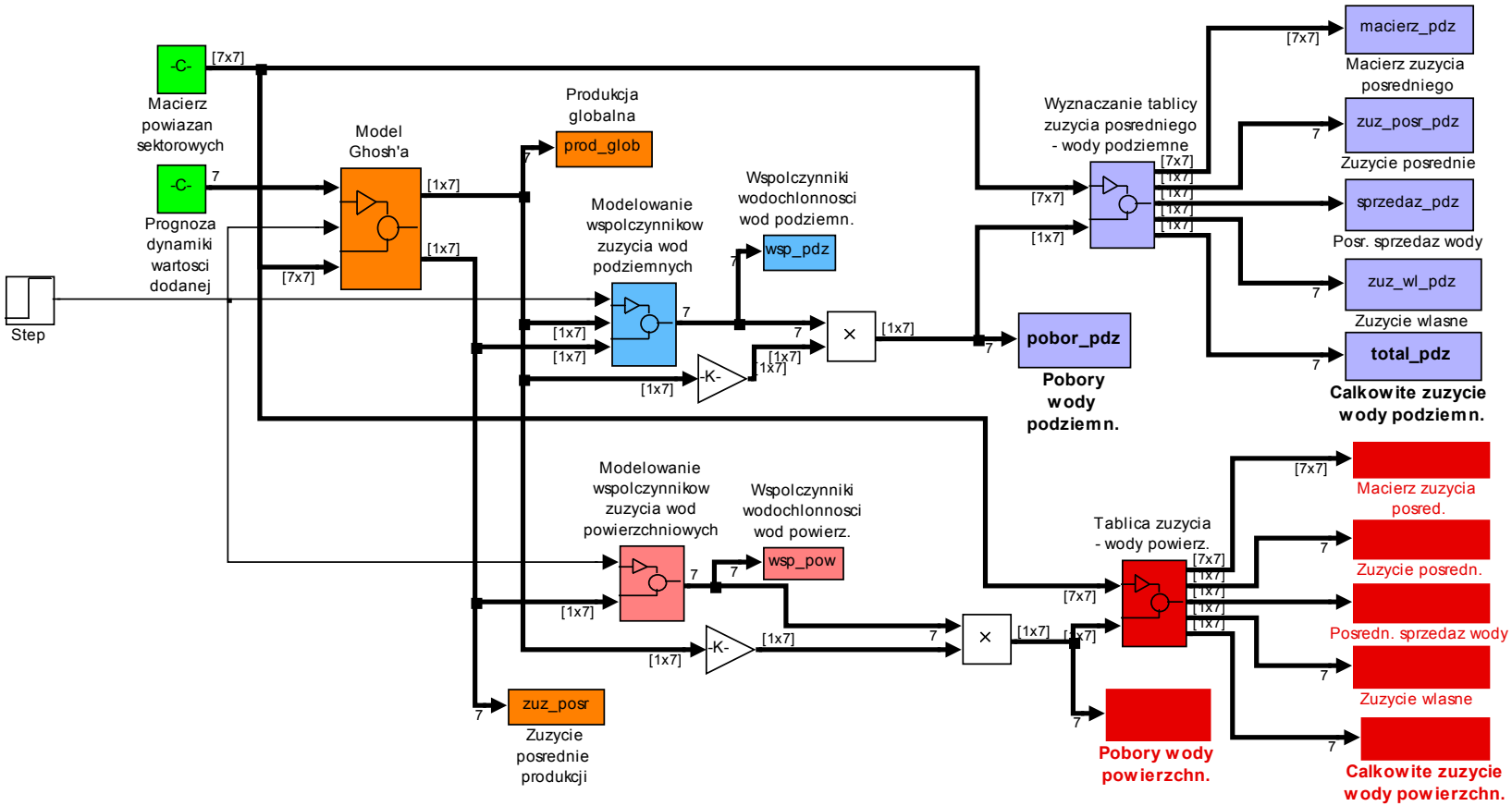
$$b_{F-O\,w.podz.}(t) = e^{-1{,}819505 - 0{,}122848t}$$

Dla trzech przypadków nie dopasowano żadnego modelu: dla sektora C górnictwo zarówno dla wód powierzchniowych jak i podziemnych, a dla grupy sektorów F-O nie dopasowano modelu współczynnika wodochłonności wód powierzchniowych. Współczynnik zużycia wód powierzchniowych sektorów F-O nie poddał się modelowaniu modelem trendu, ponieważ nie ma widocznej tendencji w zmianach jego wartości w latach 1992-2004. Także próba opisu zmian przy pomocy liniowej zależności tego współczynnika od innych wielkości (produkcji, nakładów, opłat ekologicznych) nie powiodła się. Jednakże zużycie wody w tej części gospodarki jest niewielkie, i nie jest to sektor, który swoimi poborami znacząco wpływa na globalne zużycie wód powierzchniowych. Dlatego dla potrzeb budowania prognozy zużycia wody współczynnik wodochłonności tego sektora będzie przyjmowany na poziomie wartości ostatnio obserwowanych tj. z 2004 r. Także dla sektora C, dla którego modelowanie i prognozowanie nie dało akceptowalnych rezultatów przyjęto, że współczynniki zużycia wód powierzchniowych i podziemnych w 2015 r. będą na poziomie wartości z 2004 r.

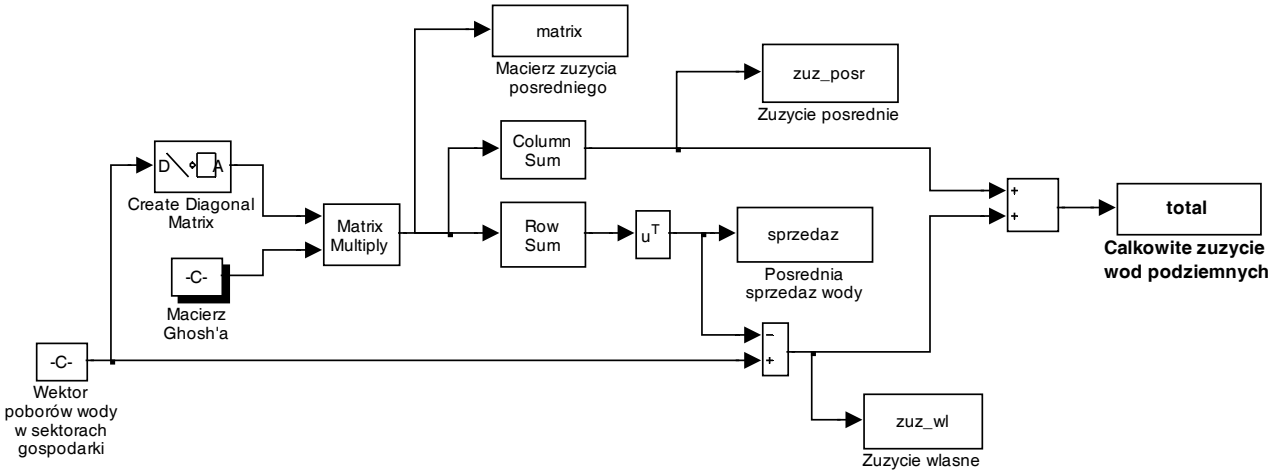
Na podstawie ww. modeli współczynników zużycia wód powierzchniowych i podziemnych oraz dynamiki wartości dodanej zbudowano dynamiczny model zużycia wód powierzchniowych i podziemnych dla gospodarki w podziale na 7 sektorów. Model ten rozszerzono o moduł, który wykorzystując tablicę przepływów międzysektorowych, wyznacza zużycie pośrednie oraz całkowite wód powierzchniowych i podziemnych w rozbiciu na sektory. Wyznaczanie zużycia pośredniego i całkowitego prowadzone jest wg teorii opisanej w rozdz. 2.1.4 (wzory: od 2-18 do 2-30).

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 19. Schemat modelu do prognozowania zużycia wód podziemnych i powierzchniowych w 7 sektorach gospodarki



BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rysunek 20. Schemat modułu do wyznaczania macierzy powiązań między sektorami w kategorii pośredniego zużycia wody oraz obliczania wielkości zużycia pośredniego, pośredniej sprzedaży wody, zużycia na potrzeby własnej produkcji finalnej i całkowitego zużycia wody w 7 sektorach gospodarki

Model zaprezentowany powyżej posłużył do wyznaczenia prognozy wodochłonności gospodarki w latach 2007-2015. Wyniki obliczeń dot. najistotniejszych wielkości są przedstawione w tabelach poniżej, w Tabeli 32 zamieszczono prognozy współczynników wodochłonności poszczególnych sektorów, a w Tabeli 33 prognozy poborów wody w latach: 2007, 2010 i 2015.

Tabela 32. Prognozowane współczynniki wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych

Lp.	Sektor		Dane historyczne	Prognozowane współczynniki zużycia wód powierzchniowych [m³/tys. zł]			
			2004	2007	2010	2015	*2015/2004*
1	Rolnictwo	A	1,1919	0,9832	0,9029	0,8042	***67%***
2	Rybactwo	B	2 494,1772	1805,8410	1700,3117	1486,8321	***60%***
3	Górnictwo*	C	0,3530*	0,3530*	0,3530*	0,3530*	
4	Przetw. przemysłowe	D	0,8118	0,6393	0,4882	0,2828	***35%***
5	Energetyka	E-en.	110,4739	105,1608	99,7043	90,1597	***82%***
6	Pobór wód	E-pob.	100,0683	128,9994	121,7482	107,1136	***107%***
7	Pozostałe	F-O	0,0033*	0,0033*	0,0033*	0,0033*	
Lp.	**Sektor**		**Dane historyczne**	**Prognozowane współczynniki zużycia wód podziemnych [m³/tys. zł]**			
			2004	**2007**	**2010**	**2015**	***2015/2004***
1	Górnictwo*	C	0,2483*	0,2483*	0,2483*	0,2483*	
2	Przetw. przemysłowe	D	0,2438	0,1697	0,1185	0,0651	***27%***
3	Energetyka	E-en.	0,3994	0,3447	0,3046	0,2478	***62%***
4	Pobór wód	E-pob.	200,7053	178,9449	160,8212	126,1659	***63%***
5	Pozostałe	F-O	0,0385	0,0227	0,0157	0,0085	***22%***

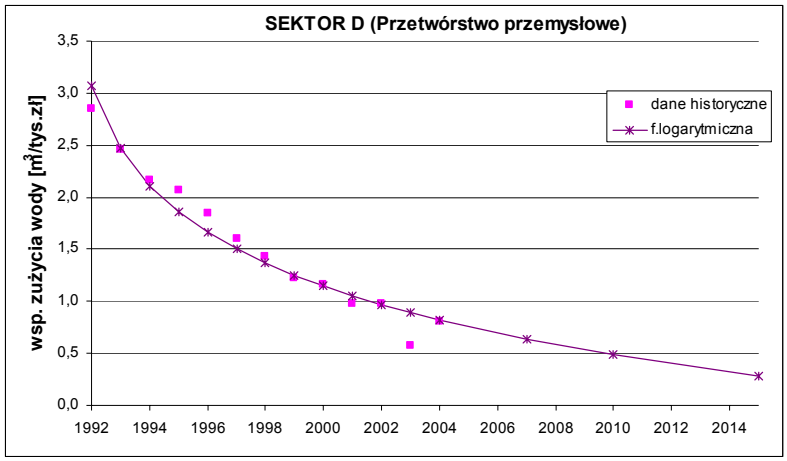
* - współczynniki „nie poddały się" modelowaniu, przyjęto stałe na poziomie wartości z 2004 r.

Zgodnie z wynikami zamieszczonymi w powyższej tabeli, modele zmienności współczynników wodochłonności poszczególnych sektorów dały następujące wyniki: ogólną tendencją prognozowaną na lata 2005-2015 jest spadek wodochłonności we wszystkich sektorach oprócz sektora E pobór wód (i oczywiście sektorów C i F-O, których wodochłonność nie była modelowana tylko przyjęta jako stała).

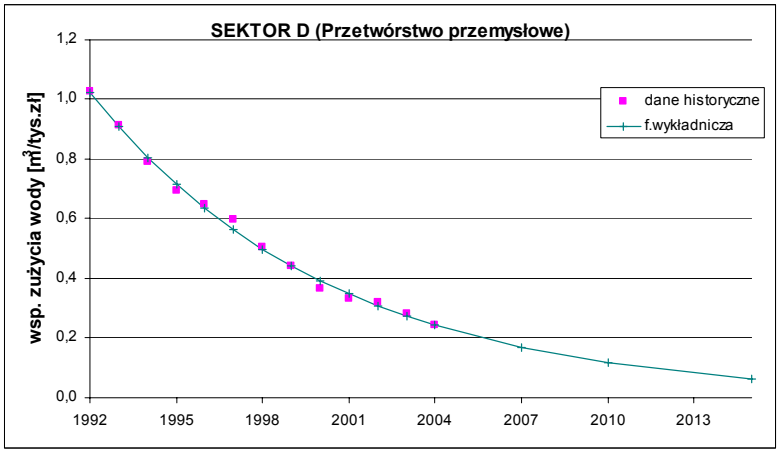
Spadki te będą najwyższe w przypadku sektorów F-O (spadek wsp. wodochłonności wód podziemnych o ok. 78%) oraz sektora D przetwórstwo przemysłowe wsp. zużycia wód powierzchniowych - o ok. 65% i podziemnych - o ok. 73%. Prognozuje się także dość duży spadek współczynników wodochłonności: w rolnictwie 33% (dot. wód powierzchniowych), w rybactwie 40% (dot. wód powierzchniowych), w sektorze E-Energetyka 18% (wody powierzchniowe) i 38% (wody podziemne) oraz w sektorze E-pobór 37% (wody podziemne).

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Zmienność współczynników wodochłonności została opisana modelami trendu oraz modelami regresji wielorakiej, które dobrze opisywały przebieg zmian w przeszłości. Ekstrapolacja tych zależności daje dosyć wysokie spadki w przyszłości. Oczywiście, może nastąpić sytuacja, że dotychczasowe tendencje ulegną zmianie i np. wodochłonność ustali się na pewnym poziomie i nie będziemy obserwować takiego obniżania zużycia wód. Modele te wymagają niezmiennych „warunków zewnętrznych", horyzont budowanej prognozy – 11 lat może być zbyt odległy i oszacowane tendencje mogą się nie „utrzymać". Jednym z sektorów, w którym tendencje historyczne były bardzo dynamiczne jest sektor D przetwórstwo przemysłowe. Sektor ten był w latach 1992-2004 miejscem dużych przeobrażeń technologicznych, ograniczania wodochłonności, jednakże na pytanie czy proces ten jest już zakończony – trudno jednoznacznie odpowiedzieć. W ramach opracowywanych na zlecenie Ministerstwa Środowiska technik BAT, przeanalizowano niektóre rodzaje przedsiębiorstw tego sektora m.in. mleczarstwo, browarnictwo, przemysł papierniczy, niektóre rodzaje przedsiębiorstw chemicznych, część przemysłu hutniczego i metalurgicznego. Wszystkie te rodzaje przedsiębiorstw należą do 4 działów tego sektora, które generują razem ok. 82% poborów całego sektora. Analizy te nie wyczerpują jednak wszystkich rodzajów działalności tych działów, wyniki też nie są formułowane w sposób identyczny we wszystkich BAT-ach – część komentuje obecną wodochłonność analizowanych przedsiębiorstw, a część podaje jedynie normy zalecane możliwe do osiągnięcia przy stosowaniu najnowszych technologii. Prawdopodobnie w najbliższych latach zostanie opracowany kompletny zestaw najlepszych technologii BAT z normami wodochłonności dla sektora D – i wtedy będzie można wyznaczyć dla modeli tendencji dolną granicę zmienności. Natomiast obecnie można przyjąć, że prawdopodobnie wodochłonność będzie się kształtowała jak na rysunkach poniżej – zgodnie z ekstrapolacją trendów estymowanych na danych historycznych.



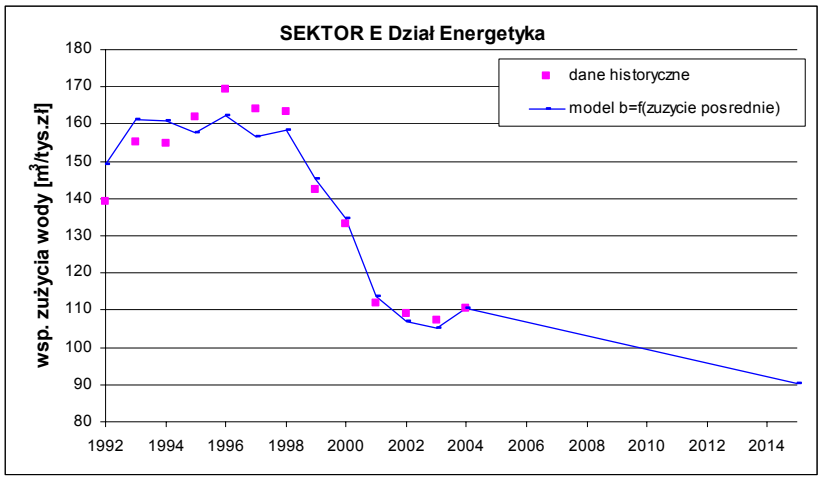
Rysunek 21. Prognoza współczynnika wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze przemysłu



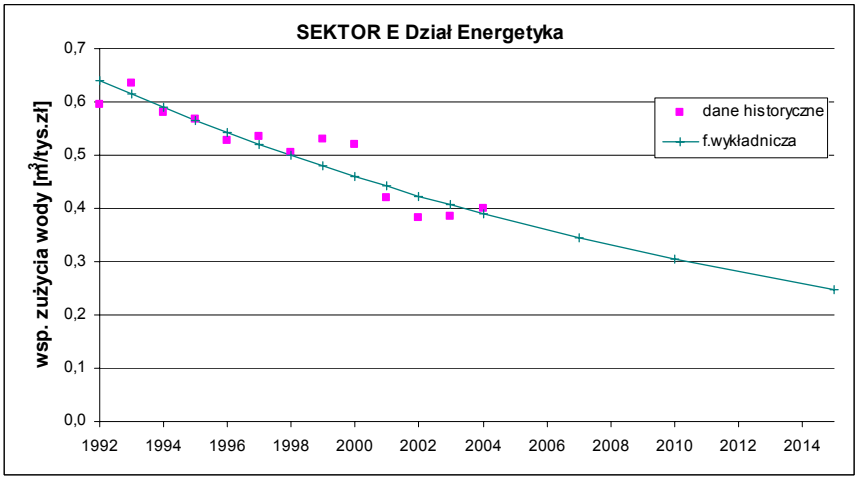
Rysunek 22. Prognoza współczynnika wodochłonności wód podziemnych w sektorze przemysłu

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Znaczne spadki współczynników wodochłonności są prognozowane także w sektorze energetyki E-en. – w wodach powierzchniowych o ok. 18% i podziemnych – o 38% w perspektywie 11 lat. Zmienność współczynników wodochłonności tego sektora była opisana modelami: zależności liniowej w przypadku wód powierzchniowych – zależności od zużycia pośredniego (zależność liniowa o ujemnym współczynniku kierunkowym – wzrost zużycia pośredniego powoduje spadek współczynników zużycia wody), a w przypadku wód podziemnych – modelem trendu.



Rysunek 23. Prognoza współczynnika wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze energetyki



Rysunek 24. Prognoza współczynnika wodochłonności wód podziemnych w sektorze energetyki

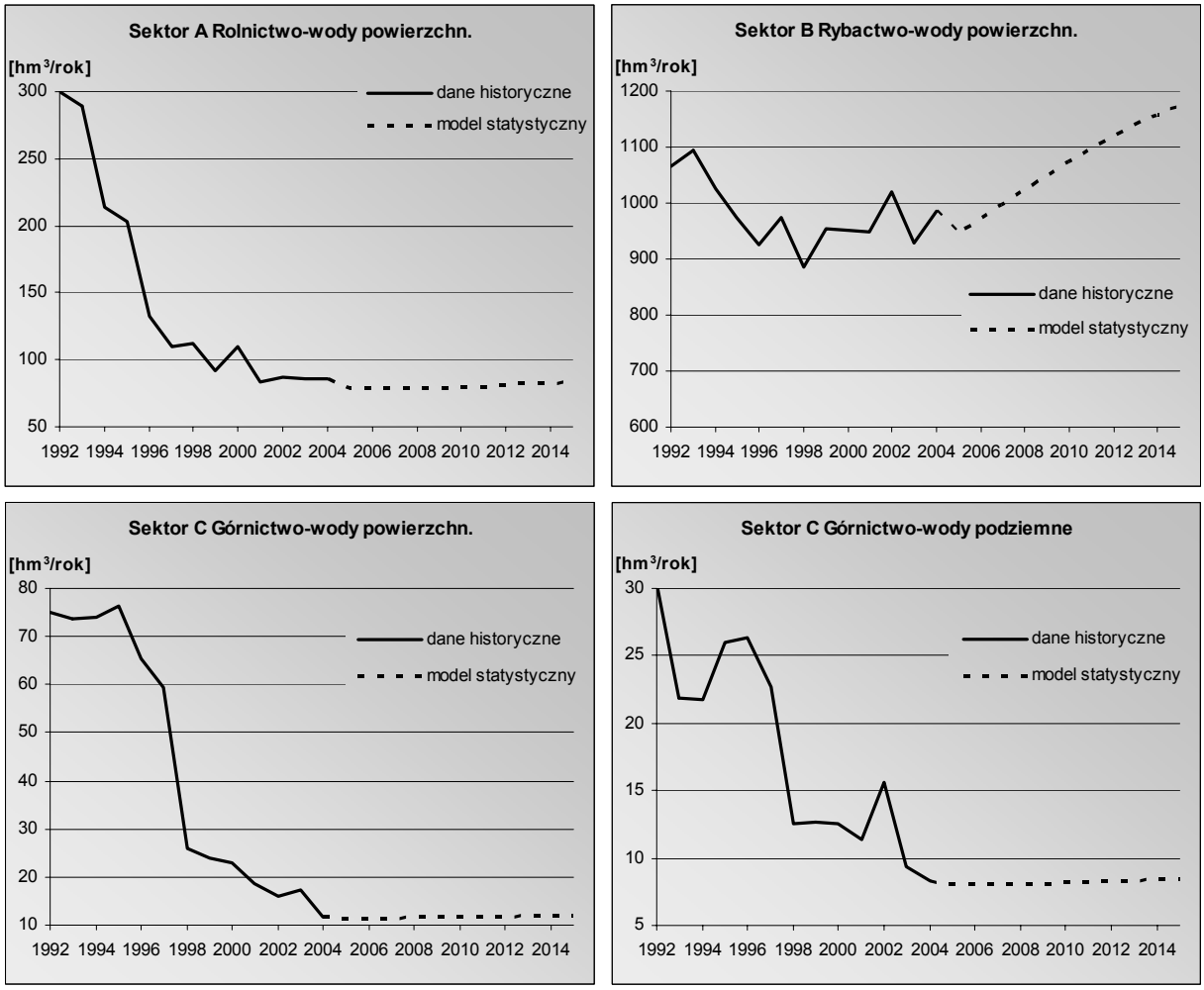
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Modele prognostyczne współczynników wodochłonności wraz z modelem Ghosh'a pozwoliły na postawienie następujących prognoz poborów wody w sektorach:

Tabela 33. Prognozowany pobór wód powierzchniowych i podziemnych

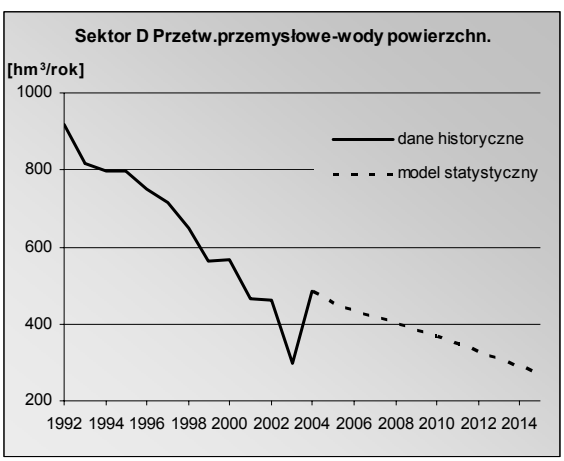
Lp.	Sektor		Dane historyczne	Prognozowany pobór wód powierzchniowych [hm³/rok]			
			2004	2007	2010	2015	*2015/2004*
1	Rolnictwo	A	86,20	78,33	79,44	83,88	***97%***
2	Rybactwo	B	985,20	998,47	1073,50	1174,26	***119%***
3	Górnictwo	C	11,80	11,47	11,59	12,05	***102%***
4	Przetw. przemysłowe	D	485,50	418,74	367,33	268,64	***55%***
5	Energetyka	E-en.	6 971,10	7278,45	7521,20	7915,82	***114%***
6	Pobór wód	E-pob.	703,70	980,59	979,12	951,67	***135%***
7	Pozostałe	F-O	3,46	3,99	4,60	5,83	***169%***
8	OGÓŁEM		**9 246,96**	**9 770,04**	**10 036,77**	**10 412,15**	***113%***
Lp.	**Sektor**		**Dane historyczne**	**Prognozowany pobór wód podziemnych [hm³/rok]**			
			2004	**2007**	**2010**	**2015**	***2015/2004***
1	Górnictwo	C	8,30	8,07	8,15	8,48	***102%***
2	Przetw. przemysłowe	D	145,80	111,06	89,04	61,73	***42%***
3	Energetyka	E-en.	25,20	23,86	22,98	21,76	***86%***
4	Pobór wód	E-pob.	1 411,40	1360,25	1293,35	1120,95	***79%***
5	Pozostałe	F-O	39,91	27,17	21,66	14,87	***37%***
8	OGÓŁEM		**1 630,61**	**1530,40**	**1435,17**	**1227,77**	***75%***

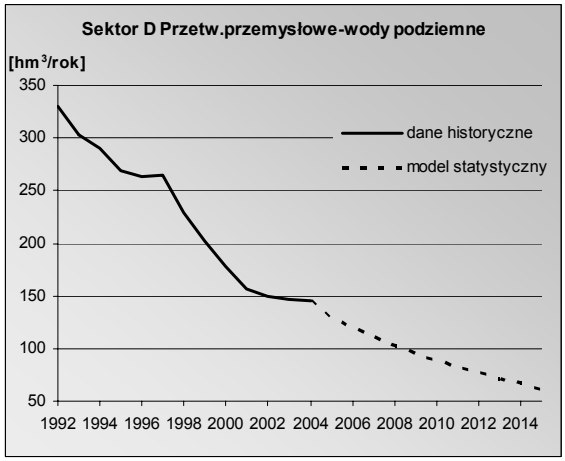
Rysunek 25. Prognoza poborów wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach A rolnictwo, B rybactwo i C górnictwo

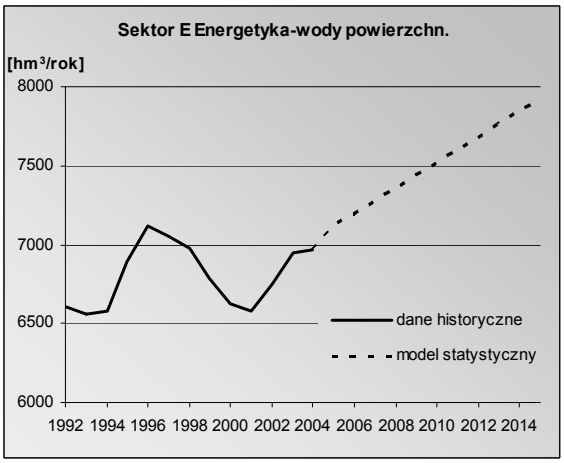


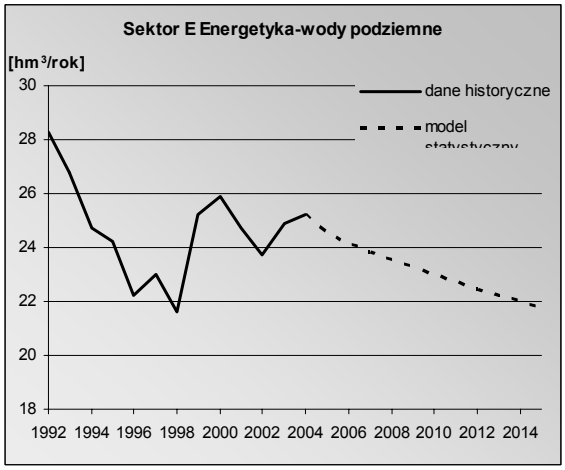
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

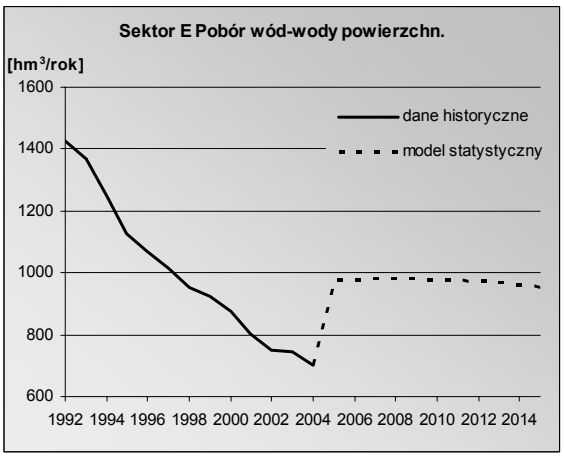
Rysunek 26. Prognoza poborów wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach D przetwórstwo przemysłowe, E energetyka, E pobór wód i w grupie sektorów F-O

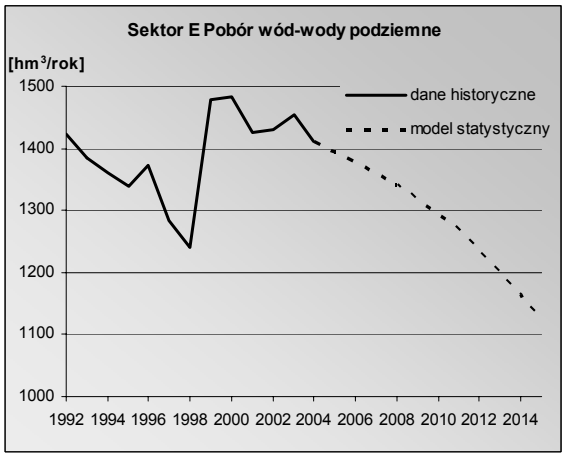


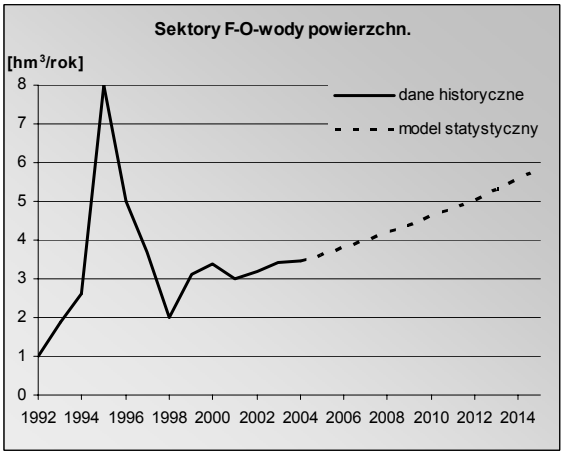


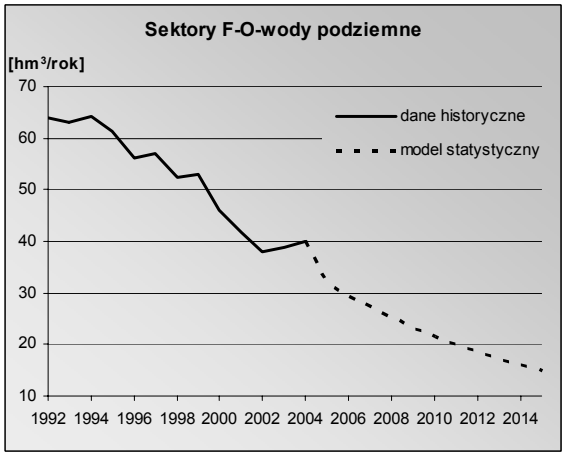












BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Na otrzymane powyżej prognozy wartości poboru w większości sektorów składają się dwie prognozowane tendencje: spadków współczynnika wodochłonności i łagodzących je tendencji wzrostowych poziomu produkcji globalnej. Według zbudowanego modelu, w 2015 roku najistotniejszym sektorem pobierającym wody powierzchniowe będzie sektor E – energetyka. Pobór sektora E będzie na poziomie 7916 hm^3 i będzie o ok. 14% wyższy niż ostatnio notowany w 2004 roku. Natomiast w przypadku wód podziemnych najistotniejszym sektorem pozostanie sektor E – pobór wód z poborem rzędu 1120 hm^3, przy czym porównując z rokiem 2004 będzie to ok. 21% mniej.

Obniżenie poborów wód w stosunku do 2004 roku będzie miało miejsce w sektorze D – pobory będą niższe o ok. 50% - zarówno ze źródeł wód powierzchniowych jak i podziemnych. Natomiast w przypadku pozostałych sektorów obniżenia poborów można się spodziewać tylko w poborach wód podziemnych o 15-20% w działach energetyka i pobór wód i o 60% pozostałych sektorach F-O.

Wzrostu poborów, w porównaniu z wartościami obserwowanymi w 2004 r., można się spodziewać w sektorze B rybołówstwo – wyższe o 20% pobory wód powierzchniowych, spowodowane znaczącym wzrostem produkcji w tym sektorze. Z wód powierzchniowych czerpać będą więcej także sektory: o 14% E – energetyka i o 35% E – pobór wód. W przypadku sektora E – energetyka wysoki wzrost produkcji niweluje nawet prognozowane spadki we współczynniku wodochłonności tego sektora. Prognozowany jest również wzrost sumarycznego poboru w pozostałych sektorach od F do O – prognozuje się większe o ok. 70% pobory wód powierzchniowych – wartość ta wynika ze wzrostu produkcji o taką wartość – zmienność wodochłonności tego sektora nie była modelowana.

Globalnie gospodarka będzie pobierać 10410 hm^3 wód powierzchniowych, czyli o około 13% więcej niż w 2004 r. W przypadku wód podziemnych, globalny pobór przez całą gospodarkę będzie na poziomie 1230 hm^3 co stanowi ok. 75% poboru z roku 2004.

Opierając się na tablicy powiązań międzygałęziowych wyznaczono także macierz pośredniego zużycia wody, która obrazują pośrednie zużycie poprzez wykorzystywanie w procesie produkcji produktów innych sektorów. A więc zapotrzebowaniem na półprodukty generują pobór u ich producentów. Na podstawie macierzy zużycia pośredniego obliczono wielkości całkowitego zużycia wody, na które składa się zużycie pośrednie i zużycie własne (część poboru, która pokrywa zapotrzebowanie na produkcję finalną danego sektora). Zużycie całkowite jest w swej ogólnej wielkości równe ogólnemu poborowi dla całej gospodarki, ale rozkład pomiędzy sektory jest inny i pokazuje rzeczywisty wpływ poszczególnych sektorów na globalne zużycie wody w gospodarce. Wielkość zużycia całkowitego w latach 2007, 2010 i 2015 przedstawiono poniżej w tabelach.

Tabela 34. Prognozowany rozkład całkowitego zużycia wód powierzchniowych w sektorach

Lp.	Sektor		Dane historyczne		Zużycie całkowite wód powierzchniowych [hm^3/rok]				
			2004		2007	2010	2015		*2015/2004*
1	Rolnictwo	A	248	3%	254	260	270	3%	***109%***
2	Rybactwo	B	284	3%	288	310	339	3%	***119%***
3	Górnictwo	C	220	2%	232	238	250	2%	***113%***
4	Przetw. przemysłowe	D	2 706	29%	2 760	2 821	2 896	28%	***107%***
5	Energetyka	E-en.	1 736	19%	1 817	1 877	1 973	19%	***114%***
6	Pobór wód	E-pob.	150	2%	189	191	190	2%	***127%***
7	Pozostałe	F-O	3 903	42%	4 230	4 340	4 495	43%	***115%***
8	OGÓŁEM		**9 247**	**100%**	**9 770**	**10 037**	**1 0 412**	**100%**	***113%***

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Tabela 35. Prognozowany rozkład całkowitego zużycia wód podziemnych w sektorach

Lp.	Sektor		Dane historyczne		Zużycie całkowite wód podziemnych [hm^3/rok]				
			2004		2007	2010	2015		*2015/2004*
1	Rolnictwo	A	25,9	2%	24,11	22,52	19,20	2%	***74%***
2	Rybactwo	B	0,3	0%	0,31	0,29	0,24	0%	***74%***
3	Górnictwo	C	15,3	1%	14,53	13,81	12,21	1%	***80%***
4	Przetw. przemysłowe	D	269,6	17%	235,88	211,28	171,59	14%	***64%***
5	Energetyka	E-en.	42,5	3%	40,61	38,79	34,58	3%	***81%***
6	Pobór wód	E-pob.	186,9	11%	180,10	171,23	148,41	12%	***79%***
7	Pozostałe	F-O	1 090,2	67%	1 034,85	977,25	841,53	69%	***77%***
8	OGÓŁEM		**1 631,0**	**100%**	**1 530,40**	**1 435,17**	**1 227,77**	**100%**	***75%***

Analizując prognozowane na 2015 r. wartości całkowitego zużycia wód należy głównie zwrócić uwagę na udział danego sektora w globalnym zużyciu całej gospodarki. W zużyciu wód powierzchniowych dominującą rolę odgrywają dwa sektory – grupa F-O oraz sektor D, ich produkcja czy też działalność wymaga zakupu szeregu produktów i usług od innych sektorów, często bardzo wodochłonnych. Tak, więc to one i ich rozwój wpływają na globalne zapotrzebowanie na wodę w gospodarce. Przy czym udział sektora F-O wzrośnie o 1%, a udział sektora D zmaleje o 1% - różnice wynikają z charakteru zmian wodochłonności u „dostawców" – sektor D korzysta w dużej mierze np. z produkcji sektorów, w których prognozowany jest wzrost wodochłonności – sektor B lub zmiany są niewielkie A i C. Trzecim, co do wielkości, sektorem jest energetyka, ale w porównaniu do wartości poboru wartość zużycia całkowitego jest mniejsza 4-krotnie.

W całkowitym zużyciu wód podziemnych sektorami wiodącymi są grupa sektorów F-O, sektor przemysłu D oraz pobór wód E-pob. W latach 2004-2015 prognozowany jest wzrost udziału sektorów F-O i sektora poboru wód, natomiast w przypadku sektora D obserwowany będzie spadek udziału tego sektora w globalnym zużyciu całkowitym wód podziemnych w gospodarce.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4.3.2. Prognoza zużycia wody z wykorzystaniem modeli opartych na zbiorach rozmytych

4.3.2.1. Dane wejściowe

Pierwszym krokiem przy budowie modelu jest wybór zmiennych wejściowych. Dobór zmiennych w modelu eksperckim, jakim jest model rozmyty, może być oczywiście podyktowany przez eksperta, który definiuje jakie wielkości wpływają na wodochłonność sektorów gospodarki. Zmienne mogą być również wytypowane na podstawie analizy dostępnych danych historycznych dla poszczególnych sektorów – np. przy pomocy narzędzi statystycznych (przykładowo na podstawie analizy współczynników korelacji zmiennej wyjściowej i badanych kandydatek na zmienne wejściowe).

Na podstawie analizy danych historycznych oraz obliczeń statystycznych dokonanych w poprzednich rozdziałach proponuje się, aby jedną ze zmiennych wejściowych była wielkość produkcji globalnej w sektorach gospodarki. Wielkość ta odzwierciedla wzrost gospodarczy, była najczęściej typowana na zmienną objaśniającą w modelach ekonometrycznych i jest wielkością wyjściową ze stosowanego modelu Ghosh'a – a więc będą znane jej prognozowane wartości. Jednakże użycie tylko tej jednej zmiennej – produkcji globalnej nie pozwala zamodelować zmienności wodochłonności – zmienna ta nie wyjaśnia w sposób wystarczający zmian w wodochłonności poszczególnych sektorów – na zmiany w wodochłonności wpływa nie tylko dynamika produkcji. Z tego powodu zdecydowano się na modelowanie na podstawie dwóch zmiennych wejściowych. Podjęto również próbę dodania trzeciej zmiennej objaśniającej – jednakże wprowadzenie trzeciej zmiennej wyraźnie komplikuje model – przy dwóch zmiennych (opisanych pięcioma wartościami lingwistycznymi) w modelu Mamdaniego należy zdefiniować $5 \times 5 = 25$ relacji pomiędzy zmienną wyjściową a możliwymi kombinacjami wartości zmiennych wejściowych. Ilość relacji (reguł) opisujących zależność wyjścia od zmiennych wejściowych zależy, bowiem od przyjętej ilości wartości lingwistycznych (zbiorów rozmytych) opisujących zmienne (*x*) oraz od ilości zmiennych wejściowych (*y*) i wynosi x^y, czyli dla trzech zmiennych wynosi $5^3 = 125$. Ostatecznie przyjęto, że modele dynamiki wodochłonności będą oparte na dwóch zmiennych wejściowych. Jako kandydatki na drugą zmienną wejściową zaproponowano wielkości dynamiki: stawek opłat za pobór wód oraz nakładów inwestycyjnych. Wybór ten jest podyktowany chęcią stworzenia modeli wodochłonności, które mogą być wykorzystane również do kształtowania polityki zarządzania zasobami wodnymi, ponieważ te wielkości są ważnymi instrumentami zarządzania. Stworzenie takich modeli pozwala, obok modelowania wodochłonności, stwarza możliwość modelowania kształtowania, dobierania bodźcowych zmiennych wpływających na wodochłonność – dobierania poziomu zmiennych wejściowych, który gwarantuje uzyskanie pożądanego poziomu wodochłonności.

Zdecydowano, że zaaplikowane będą dwie najpopularniejsze w literaturze architektury – Mamdaniego i Takagi-Sugeno. Zastosowanie obydwu typu modeli pozwoli na przedstawienie możliwości i ograniczeń tych architektur – wymaganych danych, rodzaju wiedzy eksperckiej, czy też liczebności danych historycznych, która taką wiedzę może zastąpić i/lub wspomóc.

Modele budowano i kalibrowano w programie *MATLAB* firmy *The MathWorks Inc*., w pakiecie *Simulink*, w którym jest dostępny przybornik *Fuzzy Logic Toolbox* – umożliwiający projektowanie oraz analizę (w tym graficzną) modeli rozmytych. Dla każdego z sektorów zbudowano model oparty na implikacji Mamdaniego oraz Takagi-Sugeno. Zbudowano modele Mamdaniego i Takagi-Sugeno o następujących danych wejściowych:

1. dynamika produkcji globalnej i stawek opłat za pobór wód,
2. dynamika produkcji globalnej i nakładów inwestycyjnych.

Niestety nie można było utworzyć akceptowalnych modeli opartych na dynamice stawek opłat ekologicznych dla wszystkich sektorów. Głównym powodem tego niepowodzenia jest fakt, iż w przypadku niektórych sektorów

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

same stawki opłat są zbyt niskie i stąd ani stawki ani ich dynamika nie mają wpływu na zmienność wodochłonności. Ponadto dane historyczne dot. niektórych sektorów dają obraz sugerujący, że wzrostowi stawek opłat paradoksalnie towarzyszy wzrost wodochłonności. Trudności w tworzeniu modeli opartych na dynamice stawek opłat występowały w obu typach modeli:

- ✓ w modelach Mamdaniego, które są tworzone przez eksperta, można zdefiniować relacje, które odzwierciedlają logiczne zależności pomiędzy zmiennymi – czyli w tym przypadku: wzrost stawek opłat wywołuje spadek wodochłonności. Jednakże model podlega następnie strojeniu, podczas którego zmieniane są wstępnie dobrane parametry w celu uzyskania jak najlepszego dopasowania wyników modelu z wartościami historycznymi. W przypadku, gdy w danym sektorze ma miejsce sytuacja opisana powyżej – zbyt niskich stawek opłat, to nie można dostroić modelu bez naruszenia poprawnych logicznie, ale nie popartych historią zależności,
- ✓ w modelach Takagi-Sugeno ich parametry były estymowane poprzez adaptacyjną sieć neuronową na podstawie danych historycznych, modele powstałe na tej drodze dla wielu sektorów wykazywały mały wpływ dynamiki stawek na zmienności wodochłonności lub też wykazywały, że wzrostowi stawek towarzyszy wzrost wodochłonności, co jest logicznie nieakceptowalne i wyklucza stosowanie takich modeli.

Ostatecznie przyjęto, że do modeli dynamiki wodochłonności (osobno wód podziemnych i powierzchniowych) poszczególnych sektorów gospodarki będą używane dwie zmienne – dynamika produkcji globalnej oraz dynamika nakładów inwestycyjnych w tych sektorach. Każda ze zmiennych w przypadku stosowania modelu Mamdaniego będzie opisana przez pięć wartości lingwistycznych (5 zbiorów rozmytych) obejmujących przyjęte dla danej zmiennej uniwersum (obszar zmienności), najczęściej przyjmowano następujący schemat definiowania zmiennych: dynamika (wodochłonności, produkcji lub nakładów) – „duży spadek", „spadek", „zero", „wzrost", „duży wzrost". Natomiast dla potrzeb modeli Takagi-Sugeno zmienne wejściowe będą opisane dwiema wartościami lingwistycznymi – najczęściej stosowany schemat definiowania zmiennych: „spadek", „wzrost". Zastosowanie opisu tylko dwiema funkcjami przynależności wynika z ograniczeń związanych z estymacją wymaganych w bazie reguł zależności funkcyjnych wy=f(we). Problem ten zostanie dokładnie przedstawiony w następnym podrozdziale dotyczącym budowy tego typu modeli – rozdz. 4.3.2.3.

Dla potrzeb modeli wyznaczono (i zestawiono poniżej w Tabeli 36) historyczne wartości dynamiki (względnej zmiany w stosunku do roku poprzedniego) produkcji globalnej, nakładów inwestycyjnych, zużycia wód powierzchniowych i podziemnych, wartości zmiennych w danym roku *t* obliczano jako: $\frac{x(t)-x(t-1)}{x(t)}$.

Tabela 36. Zmienność (w stosunku do roku poprzedniego) produkcji globalnej, nakładów inwestycyjnych i wodochłonności w poszczególnych sektorach gospodarki w latach 1993-2004

Sektor	Nazwa zmiennej	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
A	dyn. produkcji globalnej	0,015	-0,041	0,157	0,012	-0,105	-0,032	-0,093	-0,023	0,021	-0,066	-0,014	0,056
	dyn. nakładów inwest.	-0,017	0,058	0,237	0,311	-0,051	-0,188	0,009	-0,037	-0,092	-0,016	-0,025	0,161
	dyn. zużycia wód pow.	-0,108	-0,181	-0,178	-0,357	-0,072	0,062	-0,102	0,231	-0,261	0,126	-0,001	-0,054
B	dyn. produkcji globalnej	-0,297	-0,014	-0,171	0,041	0,011	-0,104	0,047	-0,176	-0,253	-0,344	0,283	-0,203
	dyn. nakładów inwest.	0,802	-0,544	-0,688	1,632	-0,218	0,242	0,305	-0,087	-0,280	-0,233	-0,042	0,562
	dyn. zużycia wód pow.	0,460	-0,050	0,147	-0,087	0,040	0,017	0,027	0,210	0,339	0,451	-0,120	0,331
C	dyn. produkcji globalnej	0,037	0,143	-0,029	-0,019	0,042	-0,150	-0,043	-0,006	-0,041	-0,014	-0,018	0,183
	dyn. nakładów inwest.	-0,062	0,121	-0,053	-0,060	-0,017	0,022	-0,004	-0,215	0,183	-0,046	-0,014	0,059
	dyn. zużycia wód pow.	-0,053	-0,123	0,066	-0,130	-0,127	-0,489	-0,032	-0,031	-0,152	-0,132	0,094	-0,420
	dyn. zużycia wód podz.	-0,306	-0,129	0,228	0,031	-0,171	-0,347	0,053	-0,009	-0,049	0,388	-0,387	-0,254

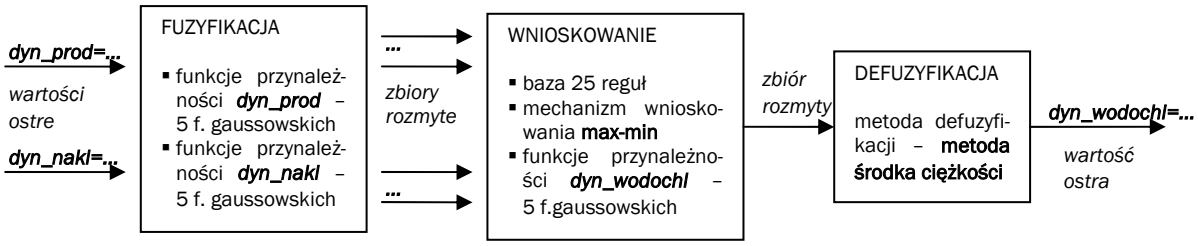
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Sektor	Nazwa zmiennej	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
D	dyn. produkcji globalnej	0,031	0,105	0,055	0,049	0,093	0,025	0,011	0,063	-0,034	-0,005	0,104	0,152
	dyn. nakładów inwest.	-0,125	0,355	0,142	0,254	0,179	0,152	-0,077	-0,113	-0,134	-0,015	0,117	0,134
	dyn. zużycia wód pow.	-0,137	-0,118	-0,050	-0,104	-0,129	-0,112	-0,142	-0,056	-0,152	0,002	-0,416	0,412
	dyn. zużycia wód podz.	-0,110	-0,136	-0,119	-0,070	-0,079	-0,154	-0,126	-0,171	-0,092	-0,039	-0,112	-0,138
E-en.	dyn. produkcji globalnej	-0,111	0,007	0,000	-0,012	0,023	-0,007	0,115	0,045	0,182	0,054	0,044	-0,025
	dyn. nakładów inwest.	0,141	0,097	0,223	0,135	-0,001	-0,039	-0,009	-0,203	0,149	-0,005	-0,127	-0,061
	dyn. zużycia wód pow.	0,116	-0,004	0,047	0,046	-0,032	-0,003	-0,128	-0,066	-0,159	-0,026	-0,015	0,029
	dyn. zużycia wód podz.	0,065	-0,084	-0,021	-0,071	0,013	-0,054	0,046	-0,016	-0,193	-0,090	0,006	0,038
E-pob.	dyn. produkcji globalnej	0,144	0,046	-0,189	0,028	0,068	0,037	0,105	0,222	0,041	0,136	0,012	-0,035
	dyn. nakładów inwest.	0,170	0,083	-0,066	0,026	0,027	-0,145	-0,077	-0,081	-0,051	-0,126	-0,024	0,220
	dyn. zużycia wód pow.	-0,161	-0,128	0,111	-0,077	-0,108	-0,094	-0,127	-0,222	-0,120	-0,178	-0,021	-0,019
	dyn. zużycia wód podz.	-0,149	-0,060	0,213	-0,003	-0,123	-0,069	0,078	-0,178	-0,078	-0,117	0,005	0,006
F-O	dyn. produkcji globalnej	0,025	0,009	0,127	0,122	0,121	0,111	0,090	0,096	0,032	0,023	0,011	0,025
	dyn. nakładów inwest.	0,004	0,012	0,148	0,189	0,309	0,197	0,125	0,076	-0,116	-0,137	-0,026	0,043
	dyn. zużycia wód pow.	0,853	0,356	1,731	-0,443	-0,340	-0,513	0,422	0,001	-0,145	0,043	0,054	-0,010
	dyn. zużycia wód podz.	-0,035	0,007	-0,150	-0,184	-0,094	-0,175	-0,073	-0,202	-0,123	-0,111	0,012	0,001

4.3.2.2. Prognoza zużycia wody z wykorzystaniem modeli dynamiki wodochłonności opartych na architekturze Mamdaniego

Budowa modeli dynamiki współczynników wodochłonności

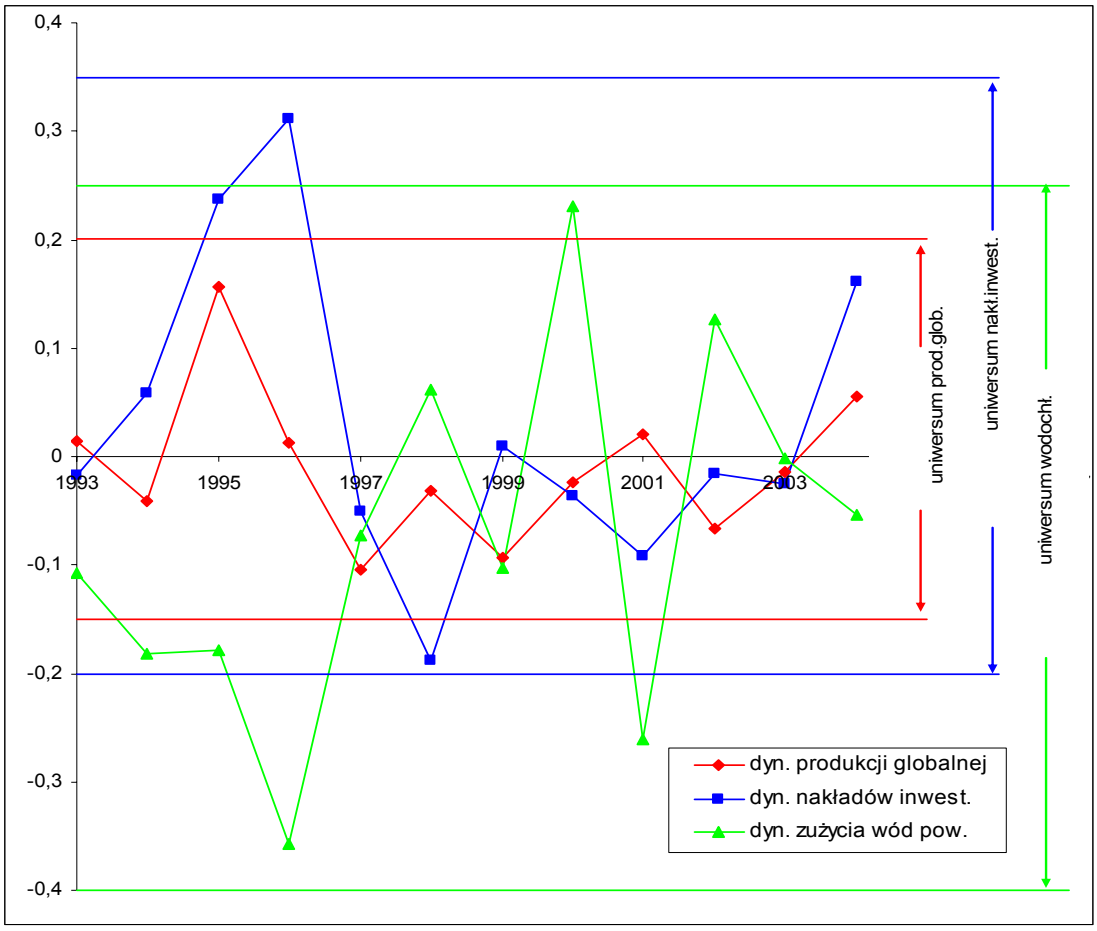
W ramach tej części pracy zbudowano modele Mamdaniego zmienności wodochłonności poszczególnych sektorów gospodarki bazujące na wnioskowaniu rozmytym na podstawie dwóch zmiennych wejściowych – dynamice produkcji globalnej i nakładów inwestycyjnych. Zastosowano mechanizmy inferencji MAX-MIN. Matematyczny zapis takiego modelu został przedstawiony w rozdz. 3.2.3 (równania od 3-35 do 3.41). Przyjęto następujący schemat modelu:



Prace obejmowały budowę modeli wodochłonności wód powierzchniowych oraz wód podziemnych dla poszczególnych sektorów – odpowiednio 7 i 5 modeli. Zakres prac nad każdym z 12 modeli obejmował: przygotowanie zmiennych, budowę wstępnej struktury modelu oraz strojenie modelu.

Pierwsze zadanie, obejmujące przygotowanie zmiennych - zmienne definiowane są w postaci zbiorów rozmytych, zostało wykonane na podstawie analizy wartości historycznych (przedstawionych w Tabeli 36). Dla każdej ze zmiennych (dynamika produkcji, nakładów i wodochłonności) wyznaczono uniwersum zmiennej. Uniwersum zmiennej *x* jest wyznaczane na podstawie przedziału zmienności obserwowanego w danych historycznych – jako $\langle \min(x), \max(x) \rangle$. Poniżej zostanie przedstawiony przebieg prac nad tworzeniem modelu zmienności wodochłonności sektora A rolnictwo.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rysunek 27. Wykres danych historycznych – dynamiki produkcji globalnej, nakładów inwestycyjnych i wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze A rolnictwo w latach 1993-2004. Definiowanie uniwersów zmiennych na podstawie przedziału zmienności historycznej.

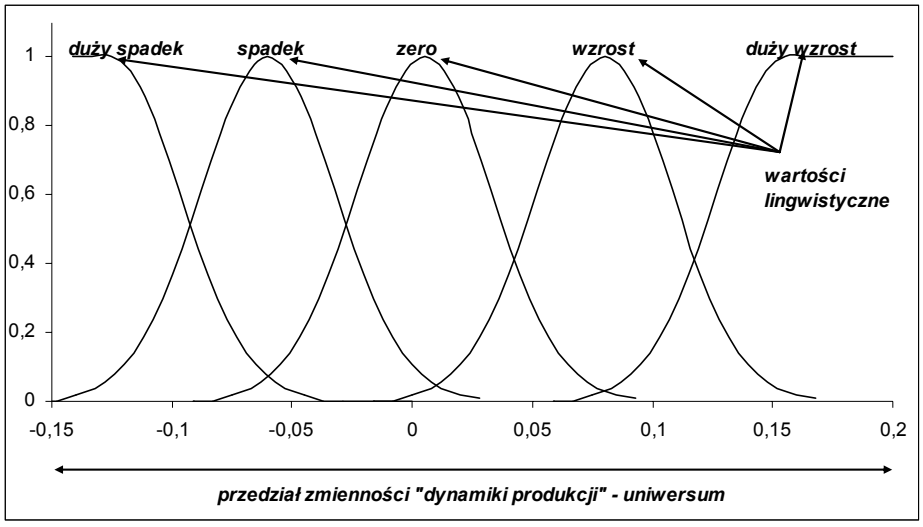
Następnie uniwersa dzielono na pięć zbiorów rozmytych i przypisywano im odpowiednie wartości lingwistyczne. Zmienne zwykle przyjmowały wartości od ok. -0,5 do ok. 0,5 i przyjmowano następujący zmienne lingwistyczne – „duży spadek", „spadek", „zero", „wzrost", „duży wzrost". Uniwersum było dzielone równomiernie, ale utrzymywano układ zmiennych, który zapewniał, że zmienne „duży spadek" i „spadek" miały ujemne jądro i w większości ujemne nośniki*, zmienna „zero" miała jądro* w zerze, a zmienne „wzrost" i „duży wzrost" – dodatnie jądro i znaczne części nośników. Na Rysunkach 28-30 przedstawiono przygotowane w ten sposób zmienne dla sektora A rolnictwo. Zastosowano funkcje przynależności typu gaussowskiego, testowane były również funkcje trójkątne, jednakże lepsze dopasowanie modeli (w dalej opisanym procesie strojenia modeli) osiągnięto dla funkcji gaussowskich – i z tego powodu ostatecznie wybrano tego typu funkcje przynależności do modelowania. W programie *MATLAB* funkcje przynależności typu gaussowskiego są definiowane jako:

$f(x,\sigma,c) = e^{\frac{-(x-c)^2}{2\sigma^2}}$, gdzie σ, c - parametry funkcji.

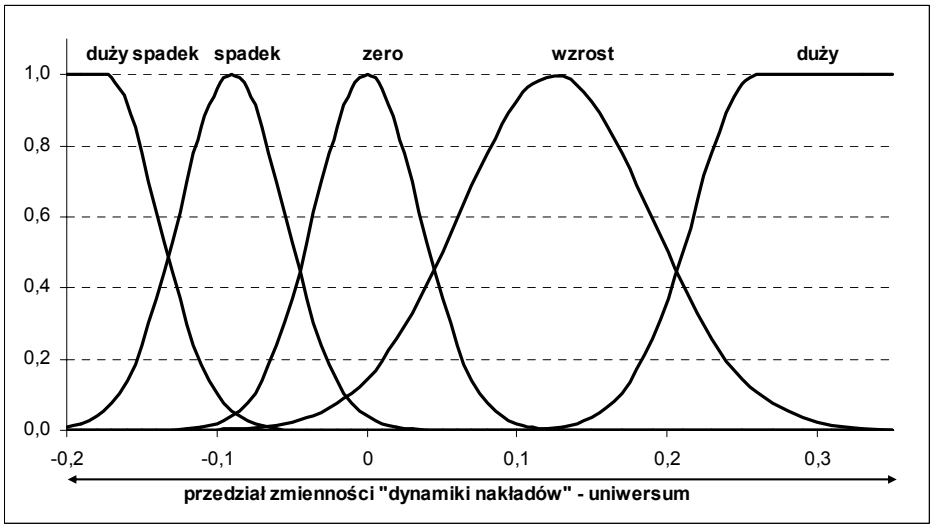
Stosowano dwa rodzaje funkcji przynależności – funkcje symetryczne o dwóch parametrach dla wartości lingwistycznych „środkowych" takich jak „spadek", „zero", „wzrost" oraz funkcje niesymetryczne o czterech parametrach – o różnych parametrach σ, c dla prawego i lewego ramienia funkcji dla opisania wartości skrajnych – „duży spadek" i „duży wzrost".

* nośnik, jądro – definicje podano w rozdz. 2.2.1

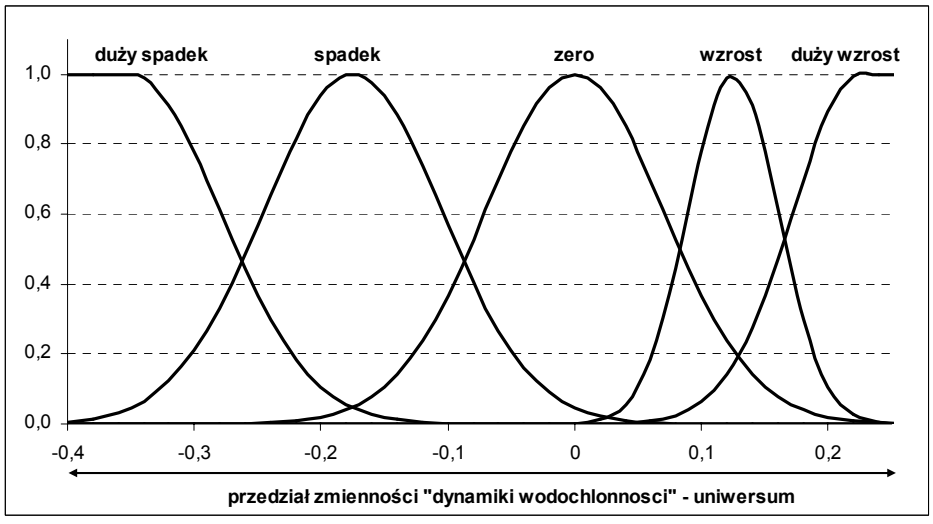
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rysunek 28. Zdefiniowanie zmiennej (uniwersum, wartości lingwistyczne, funkcje przynależności) dla potrzeb modelu rozmytego, zmienna „*dynamika produkcji globalnej*" sektor A-rolnictwo.



Rysunek 29. Zdefiniowanie zmiennej (uniwersum, wartości lingwistyczne, funkcje przynależności) dla potrzeb modelu rozmytego, zmienna „*dynamika nakładów inwestycyjnych*" sektor A-rolnictwo.



Rysunek 30. Zdefiniowanie zmiennej (uniwersum, wartości lingwistyczne, funkcje przynależności) dla potrzeb modelu rozmytego, zmienna „*dynamika wodochlonnosci*" sektor A-rolnictwo.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Następnie tworzono bazę reguł opisujących relacje pomiędzy poszczególnymi wartościami zmiennych, tzn. opisujący zmienność wodochłonności w zależności od zmian w produkcji globalnej i nakładach inwestycyjnych. Wiedzę na temat tego typu zależności czerpano z analizy danych historycznych. Schemat bazy reguł dla sektora rolnictwo A:

1) JEŻELI *dyn_prod=duży_spadek* ORAZ *dyn_nakl=duży_spadek* TO *dyn_wodochł=duży_spadek*
2) JEŻELI *dyn_prod=duży_spadek* ORAZ *dyn_nakl=spadek* TO *dyn_wodochł=duży_spadek*
3) JEŻELI *dyn_prod=duży_spadek* ORAZ *dyn_nakl=zero* TO *dyn_wodochł=duży_spadek*
4) JEŻELI *dyn_prod=duży_spadek* ORAZ *dyn_nakl=wzrost* TO *dyn_wodochł=spadek*
5) JEŻELI *dyn_prod=duży_spadek* ORAZ *dyn_nakl=duży_wzrost* TO *dyn_wodochł=spadek*
6) JEŻELI *dyn_prod=spadek* ORAZ *dyn_nakl=duży_spadek* TO *dyn_wodochł=duży_spadek*
7) JEŻELI *dyn_prod=spadek* ORAZ *dyn_nakl=spadek* TO *dyn_wodochł=spadek*
8) JEŻELI *dyn_prod=spadek* ORAZ *dyn_nakl=zero* TO *dyn_wodochł=spadek*
9) JEŻELI *dyn_prod=spadek* ORAZ *dyn_nakl=wzrost* TO *dyn_wodochł=spadek*
10) JEŻELI *dyn_prod=spadek* ORAZ *dyn_nakl=duży_wzrost* TO *dyn_wodochł=zero*
11) JEŻELI *dyn_prod= zero* ORAZ *dyn_nakl=duży_spadek* TO *dyn_wodochł=spadek*
12) JEŻELI *dyn_prod= zero* ORAZ *dyn_nakl=spadek* TO *dyn_wodochł=spadek*
13) JEŻELI *dyn_prod= zero* ORAZ *dyn_nakl=zero* TO *dyn_wodochł=zero*
14) JEŻELI *dyn_prod= zero* ORAZ *dyn_nakl=wzrost* TO *dyn_wodochł=zero*
15) JEŻELI *dyn_prod= zero* ORAZ *dyn_nakl=duży_wzrost* TO *dyn_wodochł=zero*
16) JEŻELI *dyn_prod=wzrost* ORAZ *dyn_nakl=duży_spadek* TO *dyn_wodochł=spadek*
17) JEŻELI *dyn_prod=wzrost* ORAZ *dyn_nakl=spadek* TO *dyn_wodochł=zero*
18) JEŻELI *dyn_prod=wzrost* ORAZ *dyn_nakl=zero* TO *dyn_wodochł=zero*
19) JEŻELI *dyn_prod=wzrost* ORAZ *dyn_nakl=wzrost* TO *dyn_wodochł=zero*
20) JEŻELI *dyn_prod=wzrost* ORAZ *dyn_nakl=duży_wzrost* TO *dyn_wodochł=wzrost*
21) JEŻELI *dyn_prod=duży_wzrost* ORAZ *dyn_nakl=duży_spadek* TO *dyn_wodochł=zero*
22) JEŻELI *dyn_prod=duży_wzrost* ORAZ *dyn_nakl=spadek* TO *dyn_wodochł=zero*
23) JEŻELI *dyn_prod=duży_wzrost* ORAZ *dyn_nakl=zero* TO *dyn_wodochł=wzrost*
24) JEŻELI *dyn_prod=duży_wzrost* ORAZ *dyn_nakl=wzrost* TO *dyn_wodochł=wzrost*
25) JEŻELI *dyn_prod=duży_wzrost* ORAZ *dyn_nakl=duży_wzrost* TO *dyn_wodochł=duży_wzrost*

Kolejnym etapem budowy modelu Mamdaniego było zdefiniowanie zasad wnioskowania – wybrano operatory czytania złożonych przesłanek oraz metod agregacji i defuzyfikacji. Wybrano następujące zasady działania:

a. w przesłankach reguł zawarto koniunkcję – iloczyn dwóch zbiorów rozmytych, jako operator takiego działania przyjęto MIN, czyli spełnienie całej przesłanki (przynależność do przesłanki) będzie obliczane jako minimum z przynależności do poszczególnych składowych (rozdz. 3.2.3, wzór 3-36),

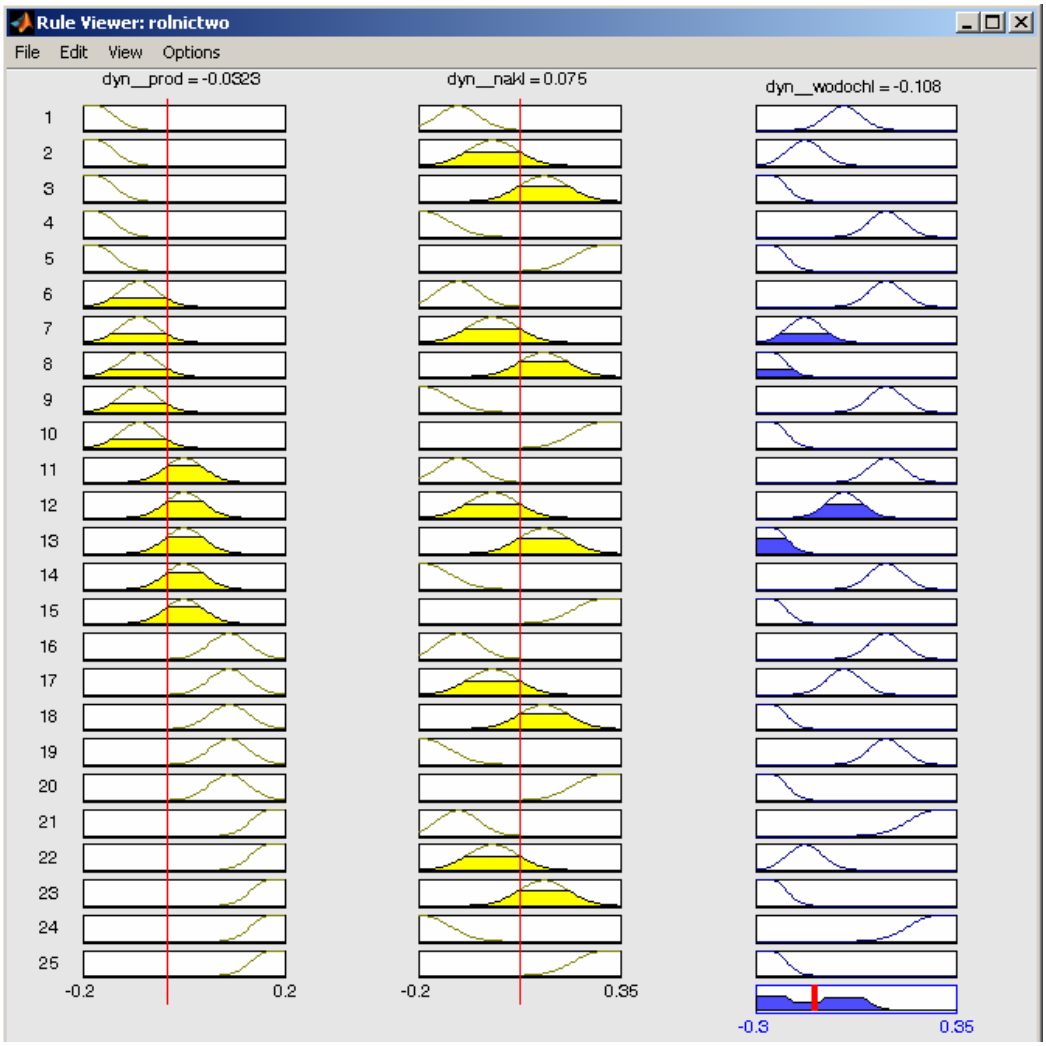
b. jako operator implikacji – wyznaczający przynależność do rozmytego zbioru wynikowego wybrany został operator MIN (wzór 3-39),

c. ponieważ każde uruchomienie modelu – zadanie wartości ostrych zmiennych wejściowych może uruchomić kilka reguł i w efekcie otrzymujemy kilka wynikowych zbiorów rozmytych – zbiory te są następnie sumowane a operatorem realizującym akumulację jest MAX (wzór 3-40),

d. w wyniku działania wnioskowania rozmytego otrzymuje się zbiór rozmyty, na podstawie którego wyliczana jest następnie wartość ostra – do wyostrzania wybrano metodę CENTROID, polegającą na obliczeniu środka ciężkości zbioru (wzór 3-41).

Schemat działania tak zdefiniowanego modelu Mamdaniego zmienności wodochłonności dla sektora A rolnictwo dla przykładowych wartości wejść (dynamika produkcji w wysokości -3,23% i dynamika nakładów na poziomie 7,5%) został przedstawiony na rysunku poniżej. Wartości ostre wejściowe przedstawione są w postaci pionowych linii.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rysunek 31. Przykładowe obliczenia modelu Mamdaniego dynamiki wodochłonności w sektorze A rolnictwo

Zadano następujące wartości zmiennych dynamika produkcji globalnej dyn_prod=-3,2% oraz dynamika nakładów inwestycyjnych dyn_nakl=7,5%. Każda z tych wartości przynależy do dwóch zbiorów rozmytych – dyn_prod jest przynależna do zbioru „spadek" i „zero", a dyn_nakł do zbiorów „zero" i „wzrost" (zbiory te zaznaczone są na schemacie kolorem jasnoszarym). Tym samym w procesie fuzyfikacji przekształcono ostre wejścia na zbiory rozmyte.

Każda z dwóch zmiennych wejściowych jest opisywana przez pięć wartości lingwistycznych:

Tabela 37. Zmienne, wartości lingwistyczne i parametry funkcji przynależności – sektor A rolnictwo

Zmienna		Wartości lingwistyczne		Parametry funkcji przynależności	
nazwa	**symbol**	**nazwa**	**symbol**	**σ**	***c***
dynamika produkcji globalnej	*dyn_prod*	*duży_spadek*	*PDS*	0.0891 0.0247	-0.2165 -0.1247
	P	*spadek*	*PS*	0.0273	-0.0702
		zero	*PZ*	0.0342	0.0019
		wzrost	*PW*	0.0355	0.0811
		duży_wzrost	*PDW*	0.0248 0.0950	0.1525 0.2519
dynamika nakładów inwestycyjnych	*dyn_nakl*	*duży_spadek*	*NDS*	0.0907 0.0907	-0.4702 -0.3557
	N	*spadek*	*NS*	0.0781	-0.1571
		zero	*NZ*	0.0606	0.0037
		wzrost	*NW*	0.0474	0.1290
		duży_wzrost	*NDW*	0.0423 0.0907	0.2359 0.4040

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Zmienna		Wartości lingwistyczne		Parametry funkcji przynależności	
nazwa	symbol	nazwa	symbol	σ	c
dynamika wodochłonności	*dyn_wodochl W*	*duży_spadek*	*WDS*	0.1670 0.0475	-0.5100 -0.3070
		spadek	*WS*	0.0705	-0.1670
		zero	*WZ*	0.0653	-0.0019
		wzrost	*WW*	0.0427	0.1290
		duży_wzrost	*WDW*	0.0557 0.1710	0.2455 0.5485

Zbiory rozmyte obrazujące poszczególne wartości lingwistyczne mają funkcje przynależności typu gaussowskiego, która określona jest wzorem:

$f(x,\sigma,c) = e^{\frac{-(x-c)^2}{2\sigma^2}}$, gdzie σ i c to parametry funkcji przynależności,

a więc rozmywanie wartości ostrych odbywa się poprzez obliczenie stopnia przynależności tych wartości ostrych do przyjętych wartości lingwistycznych:

P=-3,2% P=PS o stopniu przynależności:

$$\mu_{PS}(-0.032) = f_{PS}(-0.032, \sigma_{PS}, c_{PS}) = f_{PS}(-0.032, 0.0273, -0.0702) = 0{,}38$$

P=-3,2% P=PS o $\mu_{PZ}(-0.032) = f_{PZ}(-0.032, 0.0342, 0.0019) = 0{,}61$

N=7,5% N=NZ o $\mu_{NZ}(0.075) = f_{NZ}(0.075, 0.0606, 0.0037) = 0{,}50$

N=7,5% N=NW o $\mu_{NW}(0.075) = f_{NW}(0.075, 0.0474, 0.129) = 0{,}52$

Taki zestaw danych wejściowych uruchamia 4 reguły:

reguła 1 JEŻELI dyn_prod=„spadek" ORAZ dyn_nakł=„zero" TO dyn_wodochl="spadek"

reguła 2 JEŻELI dyn_prod=„spadek" ORAZ dyn_nakł=„wzrost" TO dyn_wodochl="duży spadek"

reguła 3 JEŻELI dyn_prod=„zero" ORAZ dyn_nakł=„zero" TO dyn_wodochl="spadek"

reguła 4 JEŻELI dyn_prod=„zero" ORAZ dyn_nakł=„wzrost" TO dyn_wodochl="duży spadek"

wg skróconych nazw zmiennych:

reguła 1 JEŻELI P=PS ORAZ N=NZ TO W=WS

reguła 2 JEŻELI P=PS ORAZ N=NW TO W=WDS

reguła 3 JEŻELI P=PZ ORAZ N=NZ TO W=WS

reguła 4 JEŻELI P=PZ ORAZ N=NW TO W=WDS

Zarówno przesłanki jak i konkluzje są spełnione w pewnym stopniu co jest na Rysunku 31 zobrazowane poprzez wypełnienie kolorem tylko części zbioru rozmytego - wysokość wypełnienia to wartość stopnia przynależności. Ponieważ zastosowanym operatorem koniunkcji jest operator MIN, to stopień przynależności do zbioru wynikowego jest na poziomie mniejszej z dwóch wartości przynależności do wybranych w przesłance zbioru dyn_prod i zbioru dyn_nakł. Następnie po ocenie spełnienia przesłanki uruchamiany jest mechanizm implikacji i obliczany jest wynik – stopień spełnienia konkluzji. Zbiór końcowy obrazujący zmienność wodochłonności biorący pod uwagę 4 uruchomione reguły został obliczony jako suma czterech zbiorów wynikowych – zastosowany operator MAX określa stopień przynależności do tego zbioru jako najwyższe z obliczonych stopni przynależności w wynikach dla poszczególnych reguł.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

ocena stopni spełnienia przesłanek reguł:

reguła 1 P=PS ORAZ N=NZ $h_1 = \mu_{PS \cap NZ}(-0.032, 0.075)$

$$\mu_{PS \cap NZ}(-0.032, 0.075) = \min(\mu_{PS}(-0.032), \mu_{NZ}(0.075)) = \min(0.38, 0.50) = 0.38$$

reguła 2 P=PS ORAZ N=NW $h_2 = \mu_{PS \cap NW}(-0.032, 0.075)$

$$\mu_{PS \cap NW}(-0.032, 0.075) = \min(\mu_{PS}(-0.032), \mu_{NW}(0.075)) = \min(0.38, 0.52) = 0.38$$

reguła 3 P=PZ ORAZ N=NZ $h_3 = \mu_{PZ \cap NZ}(-0.032, 0.075)$

$$\mu_{PZ \cap NZ}(-0.032, 0.075) = \min(\mu_{PZ}(-0.032), \mu_{NZ}(0.075)) = \min(0.61, 0.50) = 0.50$$

reguła 4 P=PZ ORAZ N=NW $h_4 = \mu_{PZ \cap NW}(-0.032, 0.075)$

$$\mu_{PZ \cap NW}(-0.032, 0.075) = \min(\mu_{PZ}(-0.032), \mu_{NW}(0.075)) = \min(0.61, 0.52) = 0.52$$

ocena stopni spełnienia konkluzji reguł:

reguła 1 JEŻELI P=PS ORAZ N=NZ TO W=WS - stopień spełnienia konkluzji:

$$\mu_{PS \cap NZ \to WS}(-0.032, 0.075, WS) = \min(h_1, \mu_{WS}(W)) = 0.38$$

reguła 2 JEŻELI P=PS ORAZ N=NW TO W=WDS

$$\mu_{PS \cap NW \to WDS}(-0.032, 0.075, WDS) = \min(h_2, \mu_{WDS}(W)) = 0.38$$

reguła 3 JEŻELI P=PZ ORAZ N=NZ TO W=WS

$$\mu_{PZ \cap NZ \to WS}(-0.032, 0.075, WS) = \min(h_3, \mu_{WS}(W)) = 0.50$$

reguła 4 JEŻELI P=PZ ORAZ N=NW TO W=WDS

$$\mu_{PZ \cap NW \to WDS}(-0.032, 0.075, WDS) = \min(h_4, \mu_{WDS}(W)) = 0.52$$

konkluzji wynikowa – uwzględniająca wyniki z wszystkich reguł jest obliczana wg wzoru 3-40 i stanowi sumę wyników z poszczególnych reguł:

reguła 1 W=WS* o stopniu przynależności $\mu_{R_1}(W) = 0.38$

reguła 2 W=WDS* o stopniu przynależności $\mu_{R_2}(W) = 0.38$

reguła 3 W=WS* o stopniu przynależności $\mu_{R_3}(W) = 0.50$

reguła 4 W=WDS* o stopniu przynależności $\mu_{R_4}(W) = 0.52$

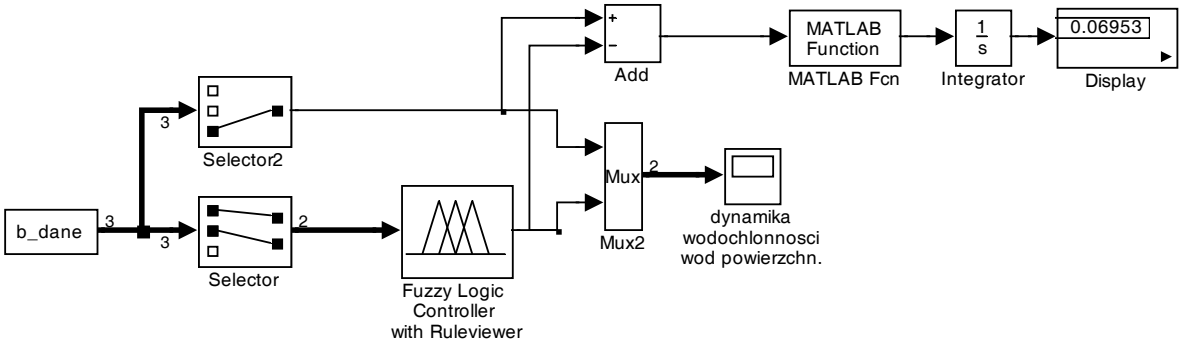
$$\mu_{W^*}(W) = \max_k(\mu_{W_{akt}(R_k)}(W))$$

W tym przypadku będzie to zbiór rozmyty W* będący sumą zbiorów WS* i WDS* (zbiory WS i WDS ograniczone stopniami przynależności odpowiednio 0.50 i 0.52) – zaznaczone na Rysunku 31 ciemnoszarym kolorem.

Następnie przy pomocy metody defuzyfikacji wyliczana jest wartość ostra. Do wyostrzania wybrano metodę środka ciężkości zbioru, która oblicza wg wzoru 3-41, środek ciężkości zbioru W* i podaje odpowiadającą mu wielkość zmiennej na osi uniwersum. W odpowiedzi na ww. wartości danych wejściowych (-3,2%, 7,5%) **wodochłonność spadnie o 10,8% (dyn_wodochl=-0,108)**.

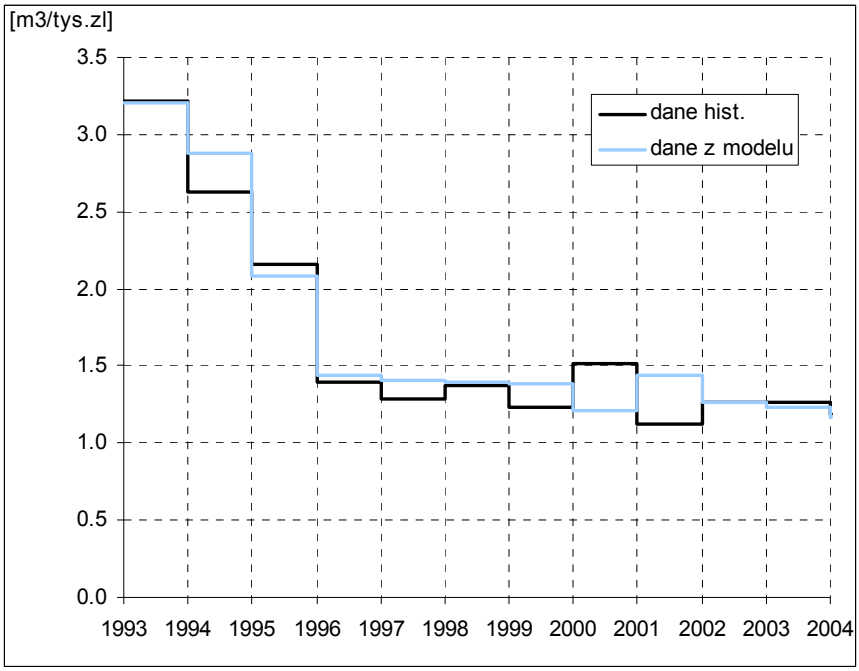
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Po zbudowaniu modelu – zdefiniowaniu i przygotowaniu zmiennych, zbudowaniu bazy relacji i doborze metod logicznych i matematycznych działania model należy poddać strojeniu. Strojenie modeli prowadzone było metodą prób i błędów, przy użyciu zbudowanego prostego modelu w *Simulink'u* obliczającego sumę kwadratów odchyłek pomiędzy wartościami historycznymi i wyznaczanymi na podstawie modelu. Strojenia modelu dokonywano dążąc do minimalizacji ww. sumy kwadratów poprzez zmianę uniwersów, kształtu funkcji przynależności, modyfikację reguł oraz nadawanie wag poszczególnym regułom.



Rysunek 32. Schemat modelu służącego do oceny i strojenia modelu rozmytego

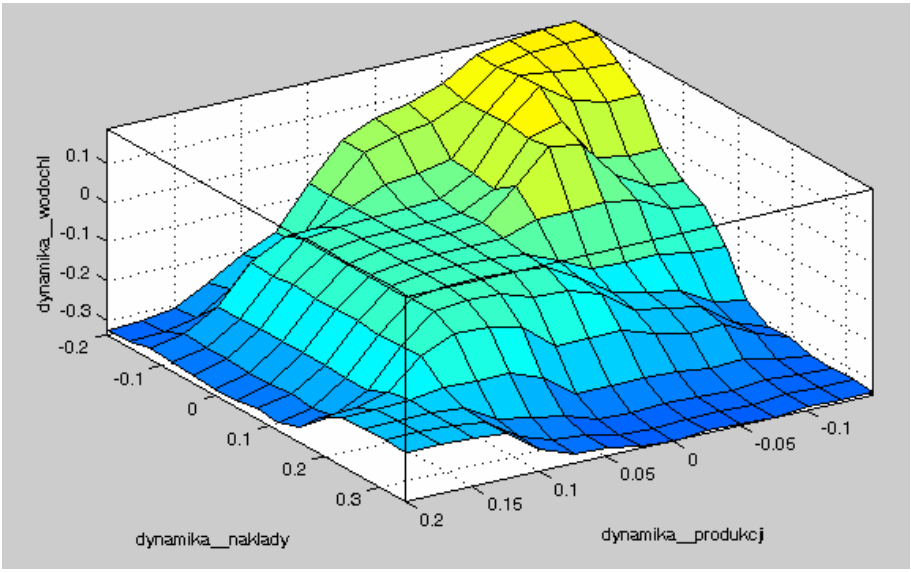
Przykładowo, po zestrojeniu modelu wodochłonności sektora A rolnictwo, otrzymano następujące dopasowanie wykresu zmienności współczynnika historycznego i modelowego:



Rysunek 33. Współczynnik wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze A rolnictwo w latach 1993-2004, dane historyczne i otrzymane na podstawie modelu Mamdaniego

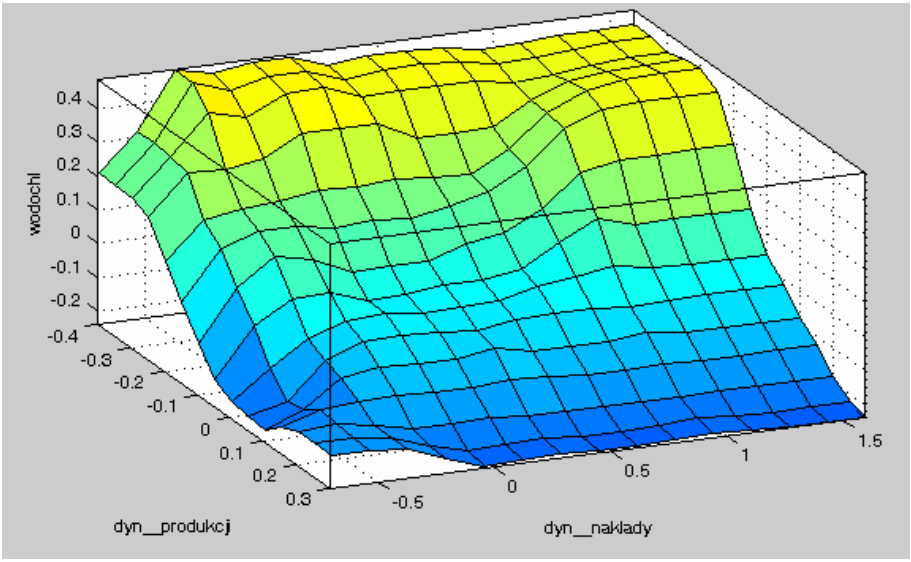
Ogółem stworzono 12 modeli dynamiki wodochłonności – dot. wód powierzchniowych dla 7 sektorów i dot. wód podziemnych dla 5 sektorów.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rysunek 34. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze A rolnictwo

W przypadku sektora rolnictwo model opisuje zmienność wodochłonności w następujący sposób: wodochłonność spada o 25-35% przy wzroście produkcji rzędu 10-20% lub wzroście nakładów o 15-35%, oraz wodochłonność wzrasta o 10-15% przy spadku produkcji o 5-15% i jednoczesnym spadku nakładów inwestycyjnych o 5-20%.



Rysunek 35. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze B rybactwo

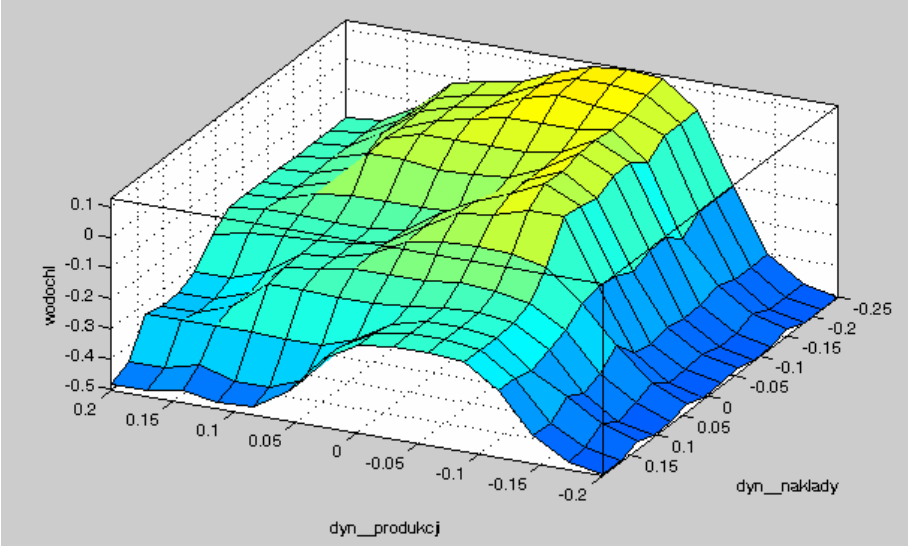
W sektorze B rybactwo wysoki wzrost współczynnika wodochłonności powoduje głównie spadek produkcji niemal niezależnie od poziomu zmian w nakładach inwestycyjnych. Zależność ta jest logiczna dla tego sektora – proces produkcji wymaga ujmowania pewnej ilości wody w zależności od osiągniętych efektów produkcji, popytu i cen osiąga się pewien poziom produkcji globalnej – im będzie ona wyższa tym niższy współczynnik wodochłonności. Zauważalna jest również nieznaczna tendencja wzrostu wodochłonności ze wzrostem nakładów, która może być wytłumaczona charakterem inwestycji w tym sektorze – inwestycje to w dużej mierze nowe stawy i nowe ujęcia, które powodują wzrost poborów przy początkowo niepełnej produktywności tych obiektów, a więc w efekcie takie inwestycje podwyższają wodochłonność.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

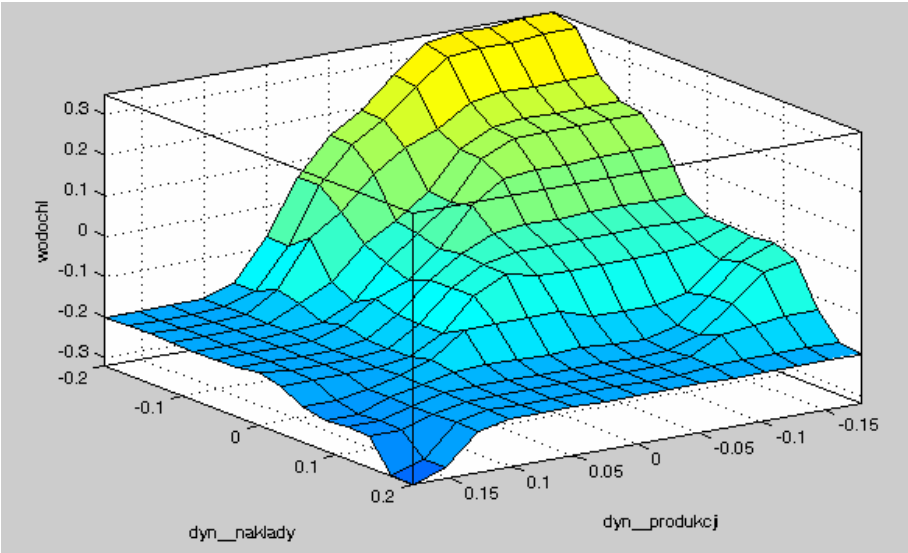
W podobny sposób można scharakteryzować zależności opisujące modele zmian współczynników wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych pozostałych sektorów. W modelach tych najczęściej zakładano:

- spadek wodochłonności przy wysokim wzroście dynamiki produkcji, co można interpretować jako pełniejsze wykorzystanie zdolności produkcyjnych – sektor C (wody podziemne), sektor D (wody powierzchniowe i wody podziemne), sektor E energetyka (wody powierzchniowe i wody podziemne), sektor E pobór wód (wody powierzchniowe i wody podziemne), sektory F-O (wody podziemne),
- spadek wodochłonności przy wysokim wzroście nakładów, które w pewnym zakresie są także przeznaczane na racjonalizację technologii produkcji – sektor C (wody podziemne), sektor D (wody powierzchniowe i wody podziemne), sektor E energetyka (wody powierzchniowe i wody podziemne), sektor E pobór wód (wody powierzchniowe i wody podziemne), sektory F-O (wody powierzchniowe i wody podziemne),
- wzrost wodochłonności przy spadku dynamiki produkcji jest zauważalny we wszystkich modelach za wyjątkiem modelu współczynnika wód powierzchniowych sektora C, który przy zdecydowanych spadkach w produkcji generuje równoczesne spadki we wodochłonności wód powierzchniowych,

Należy jednak zaznaczyć, że nie są to tendencje generalne – np. jednoczesny układ zmiennych na poziomie wzrost nakładów i spadek produkcji może powodować wzrost wodochłonności – sektor E energetyka (wody powierzchniowe i wody podziemne). Pozostałe modele zostały przedstawione poniżej na rysunkach 36 – 45.

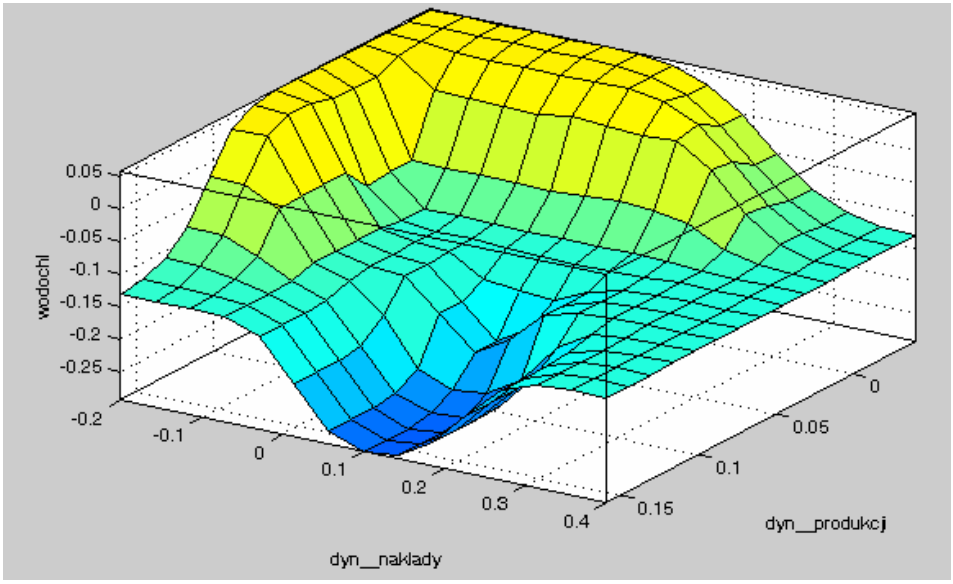


Rysunek 36. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze C górnictwo

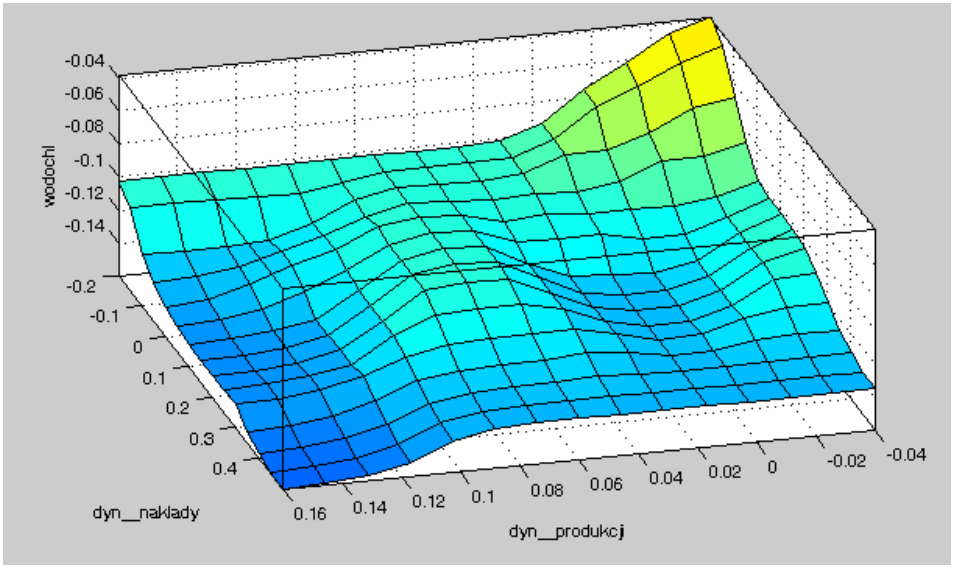


Rysunek 37. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorze C górnictwo

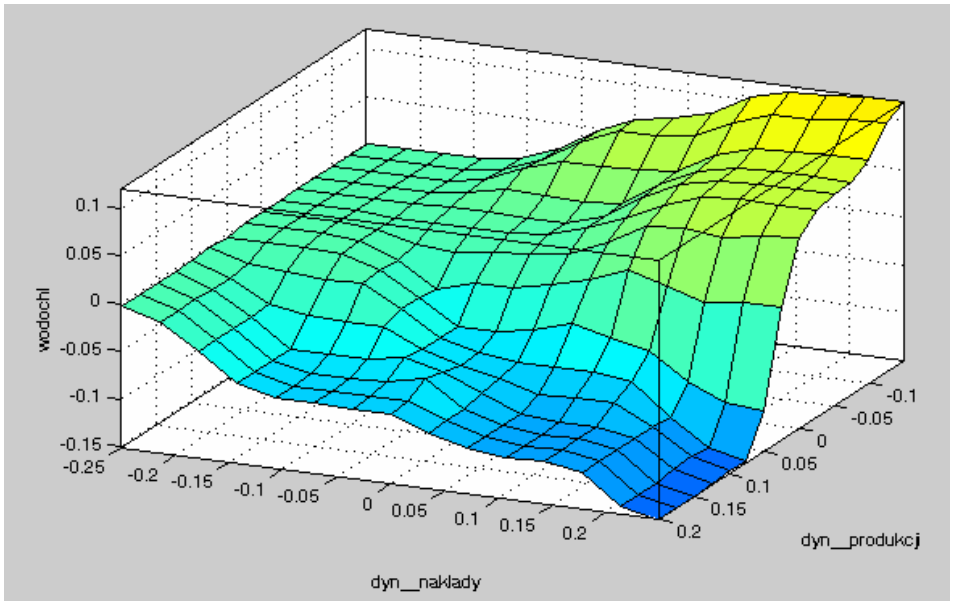
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rysunek 38. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze D przetwórstwo przemysłowe

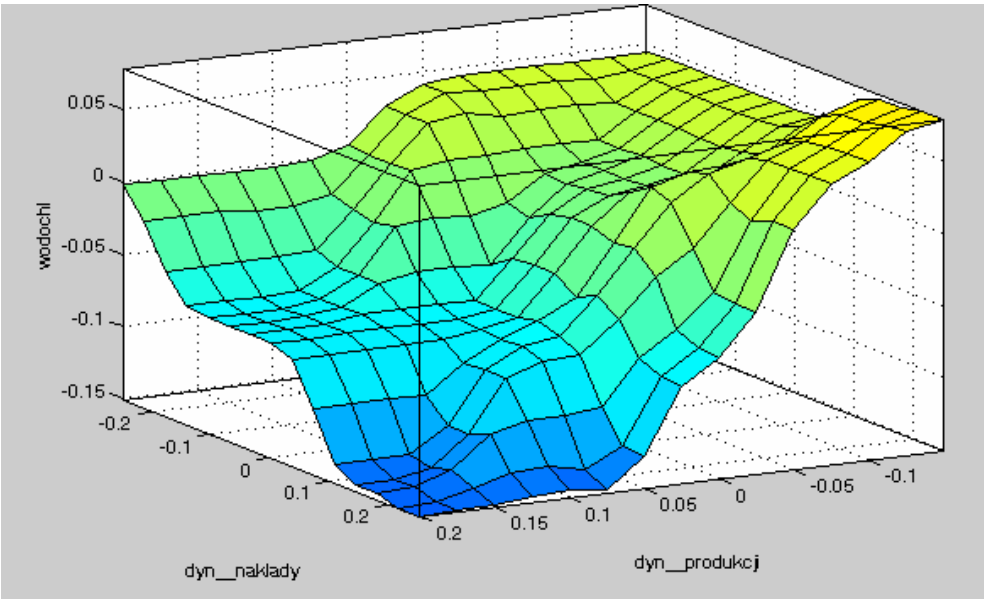


Rysunek 39. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorze D przetwórstwo przemysłowe

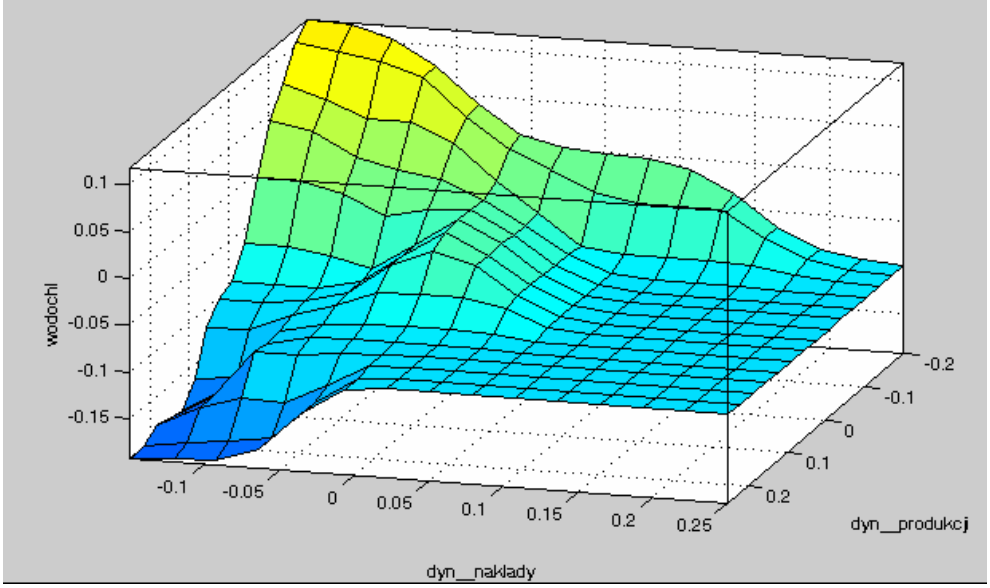


Rysunek 40. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze E energetyka

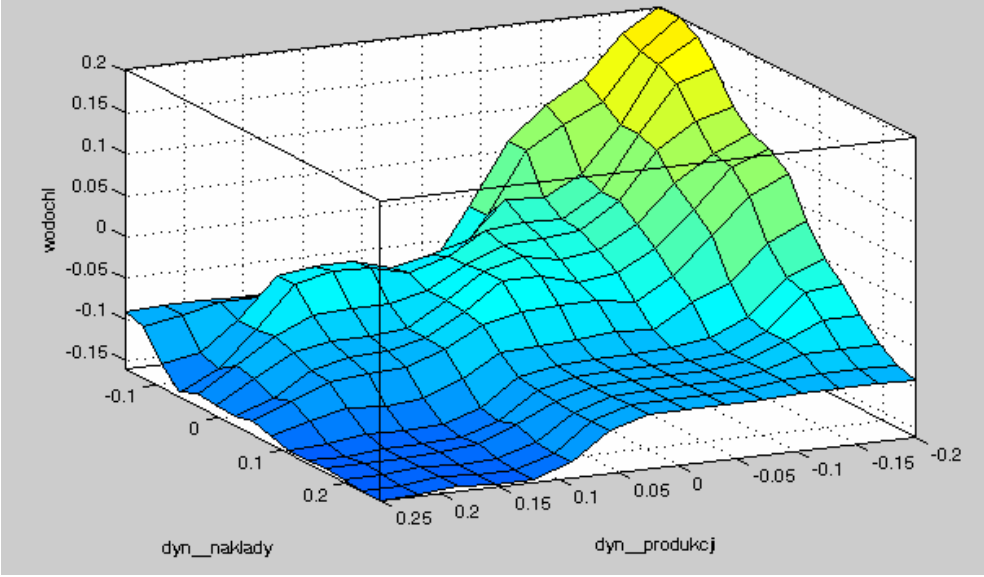
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rysunek 41. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorze E energetyka

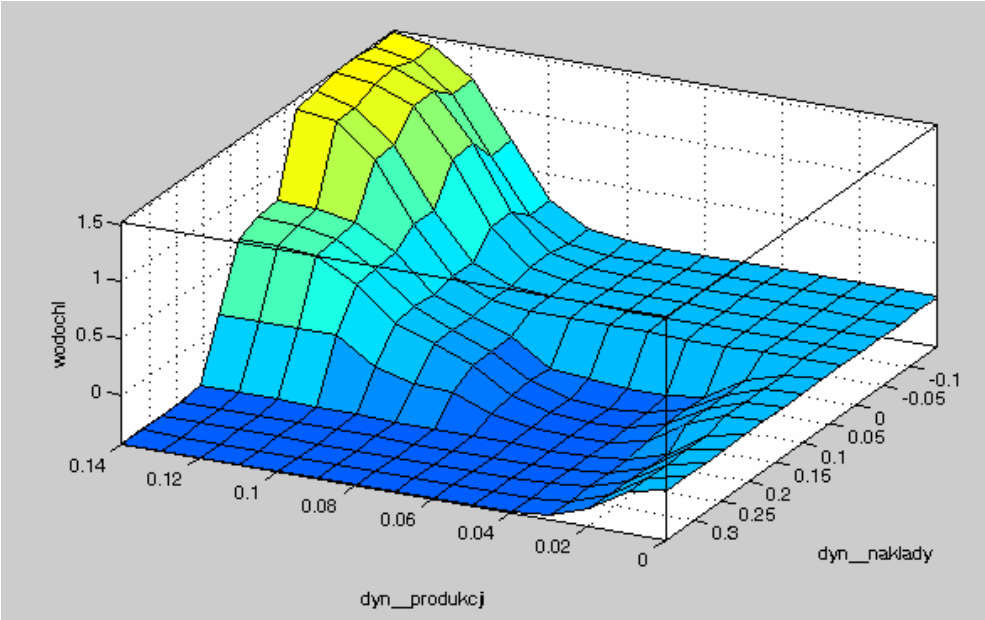


Rysunek 42. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze E – pobór wód

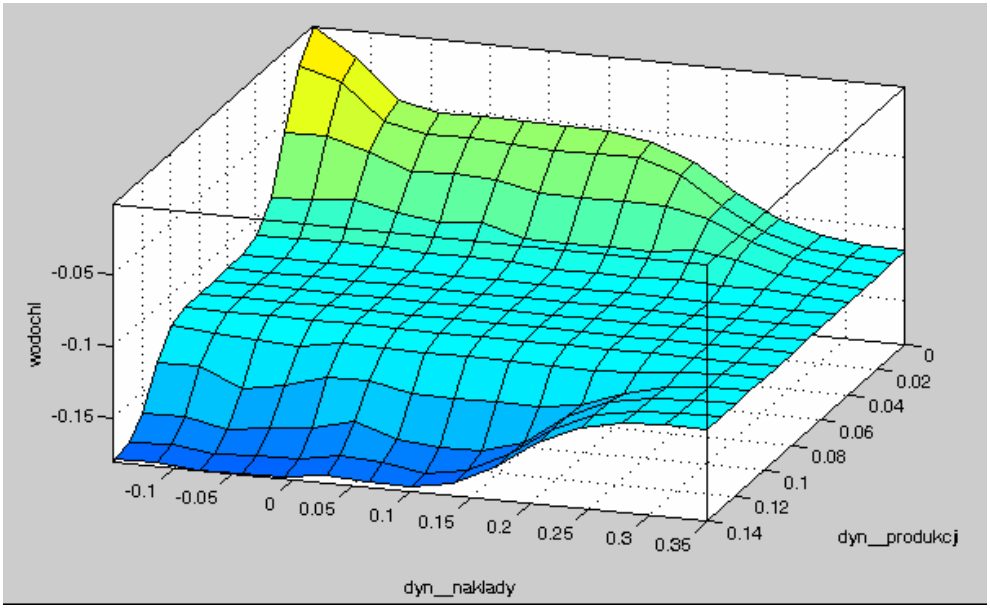


Rysunek 43. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorze E – pobór wód

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rysunek 44. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorach F-O

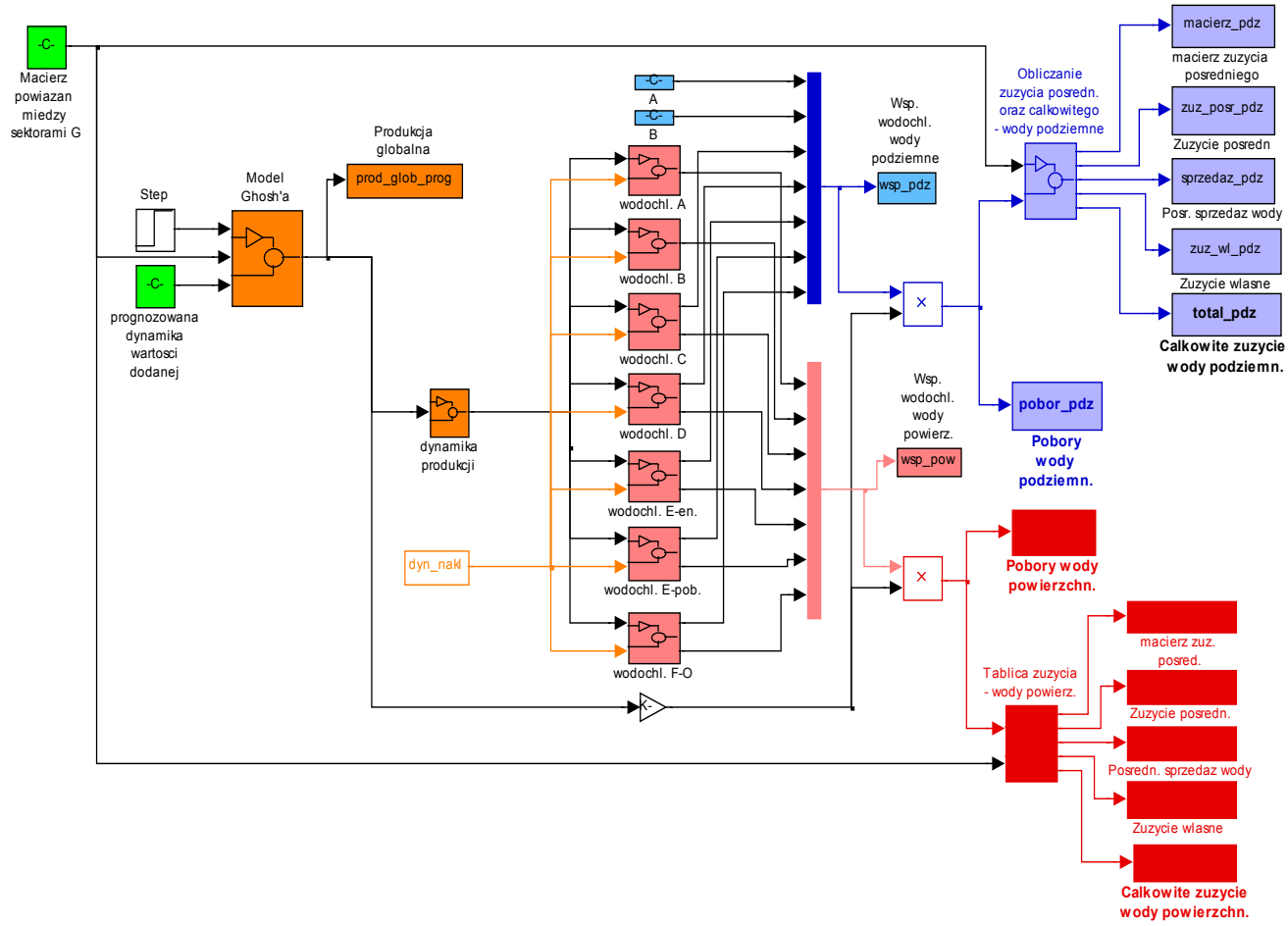


Rysunek 45. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorach F-O

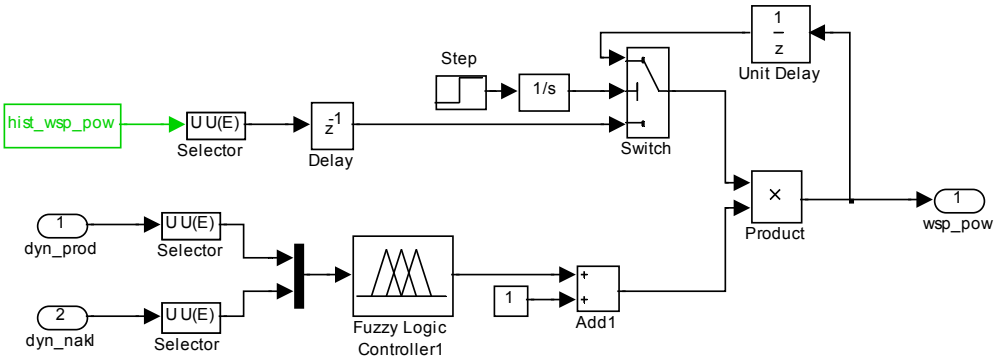
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Prognoza zużycia wód powierzchniowych i podziemnych przy wykorzystaniu sektorowych modeli dynamiki wodochłonności (modele Mamdaniego)

Modele dynamiki współczynników zużycia wód powierzchniowych podziemnych poszczególnych sektorów zostały następnie połączone z modelem input-output i użyte do prognozy zużycia zasobów wodnych w latach 2005-2015. Schemat modelu został przedstawiony na Rysunku 46.



Rysunek 46. Schemat modelu input-output powiązanego z sektorowymi modelami dynamiki wodochłonności



Rysunek 47. Schemat modułu obliczającego współczynnik wodochłonności na podstawie modelu rozmytego dynamiki wodochłonności – wody powierzchniowe, sektor A rolnictwo

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Danymi wejściowymi do prezentowanego modelu prognostycznego, obok prognozy dynamiki wartości dodanej wymaganej do modelu Ghosh'a, jest prognoza dynamiki nakładów inwestycyjnych w sektorach. Dynamika produkcji globalnej, wymagana jako jedno z dwóch wejść do modeli Mamdaniego współczynników wodochłonności, jest w modelu wyliczana na podstawie prognozowanych wielkości produkcji globalnej otrzymywanych z modelu Ghosh'a. Natomiast dynamika nakładów inwestycyjnych musi zostać zadana zewnętrznie do modelu. Taka struktura modelu dot. danych wejściowych jest celowa, jedna ze zmiennych jest zmienną sterującą modelowanym zjawiskiem – wodochłonnością sektorów. Taki układ pozwala na symulację strategii oddziaływania na sektory w celu wywołania pożądanych zmian wodochłonności. Wybrano zmienną w postaci nakładów inwestycyjnych, ponieważ wspieranie aktywności inwestycyjnej, jest obok opłat ekologicznych, najsilniejszym sposobem oddziaływania na poziom korzystania ze środowiska (w tym wodochłonność).

Przeanalizowano wartości dynamiki nakładów inwestycyjnych w ostatnich latach. Wielkość ta wykazuje się dużą zmiennością i ma różne tendencje dla poszczególnych sektorów.

Tabela 38. Średnie wartości dynamiki nakładów inwestycyjnych

Lp.	Sektor		Dynamika nakładów inwestycyjnych		
			średnia z pięciu lat 2000-2004	średnia z trzech lat 2002-2004	średnia z dwóch lat 2003-2004
1	Rolnictwo	A	-0,2%	4,0%	6,8%
2	Rybactwo	B	-1,6%	9,6%	26,0%
3	Górnictwo	C	-0,7%	0,0%	2,2%
4	Przetw. przemysłowe	D	-0,2%	7,9%	12,6%
5	Energetyka	E-en.	-4,9%	-6,4%	-9,4%
6	Pobór wód	E-pob.	-1,2%	2,3%	9,8%
7	Pozostałe	F-O	-3,2%	-4,0%	0,8%

W sektorze A rolnictwo i B rybactwo po latach niskich nakładów tendencja spadkowa się odwraca i prognozowany jest 5-6% wzrost nakładów, powodowany głównie dużymi środkami unijnymi kierowanymi do tych sektorów. W sektorze C górnictwo obserwuje się głównie tendencje zniżkowe w dynamice nakładów inwestycyjnych, ostatni rok 2004 przyniósł drobny wzrost, ale wynikało to głównie z dobrej koniunktury rynkowej, która niestety wygasa i przyniesie prawdopodobnie spadki w nakładach inwestycyjnych. Sektor D przetwórstwo przemysłowe i sektory grupy F-O są sektorami, które w latach 1993-2004 przeważnie coraz więcej inwestowały, sektor D miał okres zniżkowy w latach 199-2002, ale ostatnie lata 2003-2004 to znów dodatnia dynamika zarówno produkcji jak i inwestycji, i tendencje te najprawdopodobniej utrzymają się w najbliższych latach. Natomiast sektory F-O po zniżkach w latach 2001-2003 dopiero przez jeden rok 2004 notują wzrost nakładów, na razie trudno przesądzić czy będzie to trwała tendencja. Sektor energetyczny od 1997 roku inwestuje co roku coraz mniej (jedynie 2001 r. wzrost o 15% w stos. do 2000 r.), ale biorąc pod uwagę korzystne prognozy rozwoju tego sektora, zawarte w „Polityce energetyki Polski do 2025 roku" można założyć, że w najbliższych latach sektor będzie zwiększał wydatki na inwestycje. Sektor E pobór wód, podobnie jak energetyka, w ostatnich latach obniżał poziom nakładów inwestycyjnych, jednakże rok 2004 przyniósł wzrost, a dodatkowo prognozowane są znaczące unijne dotacje inwestycyjne w tym sektorze, stąd można założyć, że będzie to trwały trend. Ostatecznie przyjęto następujące wartości dynamiki nakładów inwestycyjnych:

- dla sektora A rolnictwo – przyjęto zgodnie ze strategicznymi dokumentami rządowymi dla tego sektora, w okresie 2005-2010 na poziomie 5%, w okresie 2011-2015 na poziomie 1,2%,
- dla sektora B rybactwo – przyjęto na poziomie 5%,
- dla sektora C górnictwo – przyjęto na poziomie 0%,
- dla sektora D przetwórstwo przemysłowe – przyjęto na poziomie 5%,
- dla sektora E-en. energetyka – przyjęto na poziomie 1%,
- dla sektora E-pob. pobór wód – przyjęto na poziomie 2%,
- dla pozostałych sektorów F-O – przyjęto na poziomie 1%.

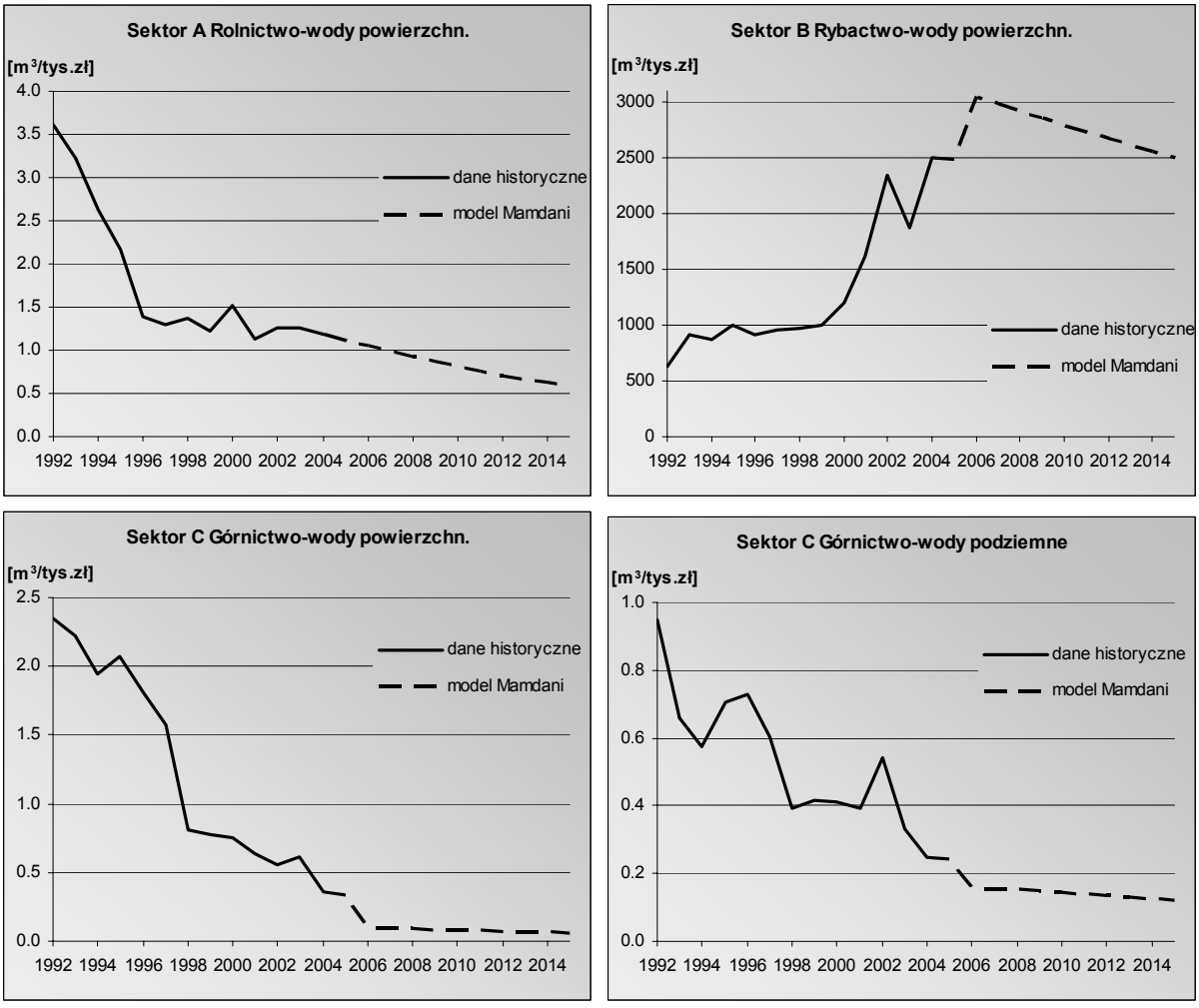
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

W wyniku modelowania, przy tak przyjętych wartościach dynamiki nakładów inwestycyjnych otrzymano następujące prognozy współczynników wodochłonności i poborów wody – Tabele 39 i 40 oraz Rysunki 48 - 53.

Tabela 39. Prognozowane współczynniki wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych

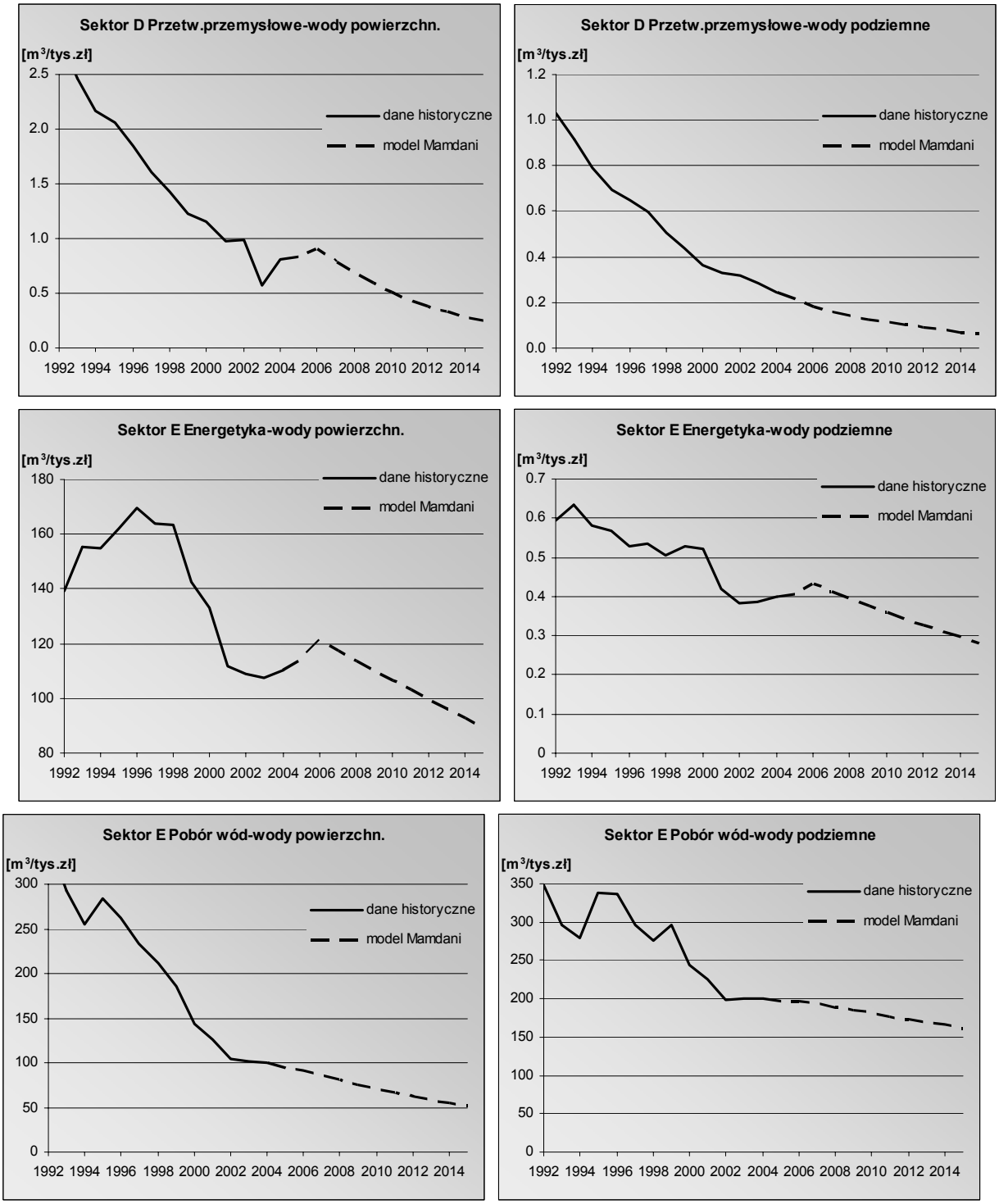
Lp.	Sektor		Dane historyczne	Prognozowane współczynniki zużycia wód powierzchniowych [m³/tys. zł]			
			2004	2007	2010	2015	*2015/2004*
1	Rolnictwo	A	1,1919	0,9864	0,8113	0,5859	***49%***
2	Rybactwo	B	2 494,1772	2982,4407	2792,3537	2497,3492	***100%***
3	Górnictwo	C	0,3530	0,0906	0,0804	0,0633	***18%***
4	Przetw. przemysłowe	D	0,8118	0,7867	0,5108	0,2483	***31%***
5	Energetyka	E-en.	110,4739	117,4366	106,5322	89,3927	***81%***
6	Pobór wód	E-pob.	100,0683	86,2777	71,0877	51,4637	***51%***
7	Pozostałe	F-O	0,0033	0,0034	0,0036	0,0039	***116%***
Lp.	**Sektor**		**Dane historyczne**	**Prognozowane współczynniki zużycia wód podziemnych [m³/tys. zł]**			
			2004	**2007**	**2010**	**2015**	***2015/2004***
1	Rolnictwo	A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	**-**
2	Rybactwo	B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	**-**
3	Górnictwo	C	0,2483	0,1565	0,1447	0,1237	***50%***
4	Przetw. przemysłowe	D	0,2438	0,1611	0,1125	0,0619	***25%***
5	Energetyka	E-en.	0,3994	0,4136	0,3597	0,2814	***70%***
6	Pobór wód	E-pob.	200,7053	193,2278	181,0069	162,2647	***81%***
7	Pozostałe	F-O	0,0385	0,0301	0,0208	0,0113	***29%***

Rysunek 48. Prognoza współczynników zużycia wód powierzchniowych w sektorach: A Rolnictwo, B Rybactwo i C Górnictwo



BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 49. Prognoza współczynników zużycia wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach: D Przetwórstwo przemysłowe, E-en. Energetyka, E-pob. Pobór wód i w grupie pozostałych sektorów F-O



BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 50. Prognoza współczynników zużycia wód powierzchniowych i podziemnych w grupie sektorów F-O

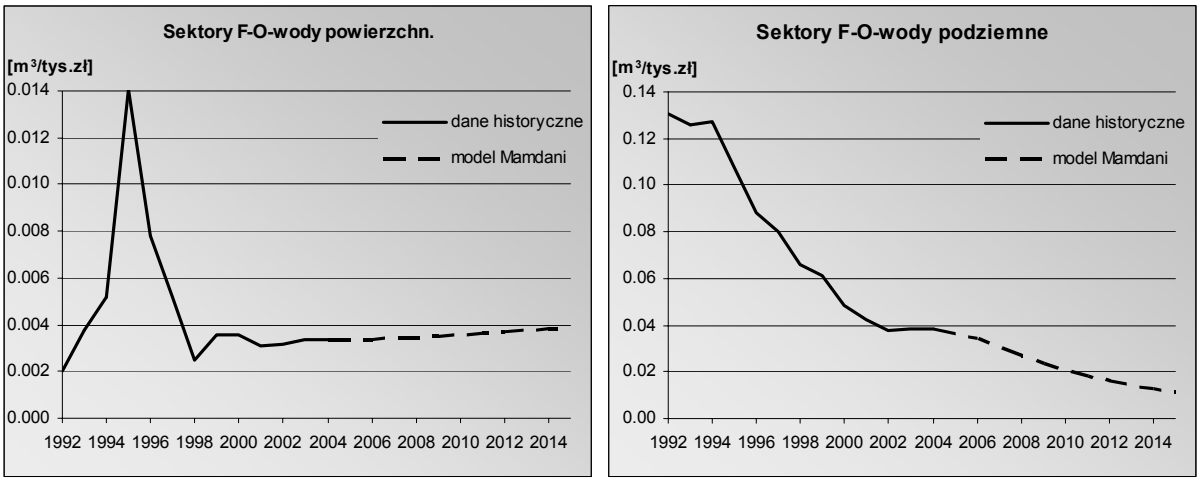
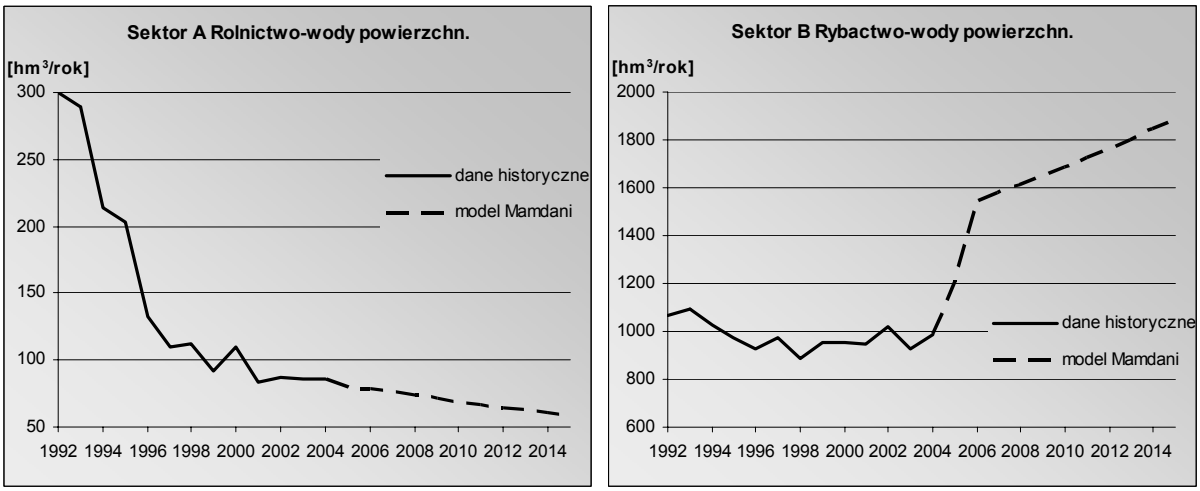


Tabela 40. Prognozowany pobór wód powierzchniowych i podziemnych

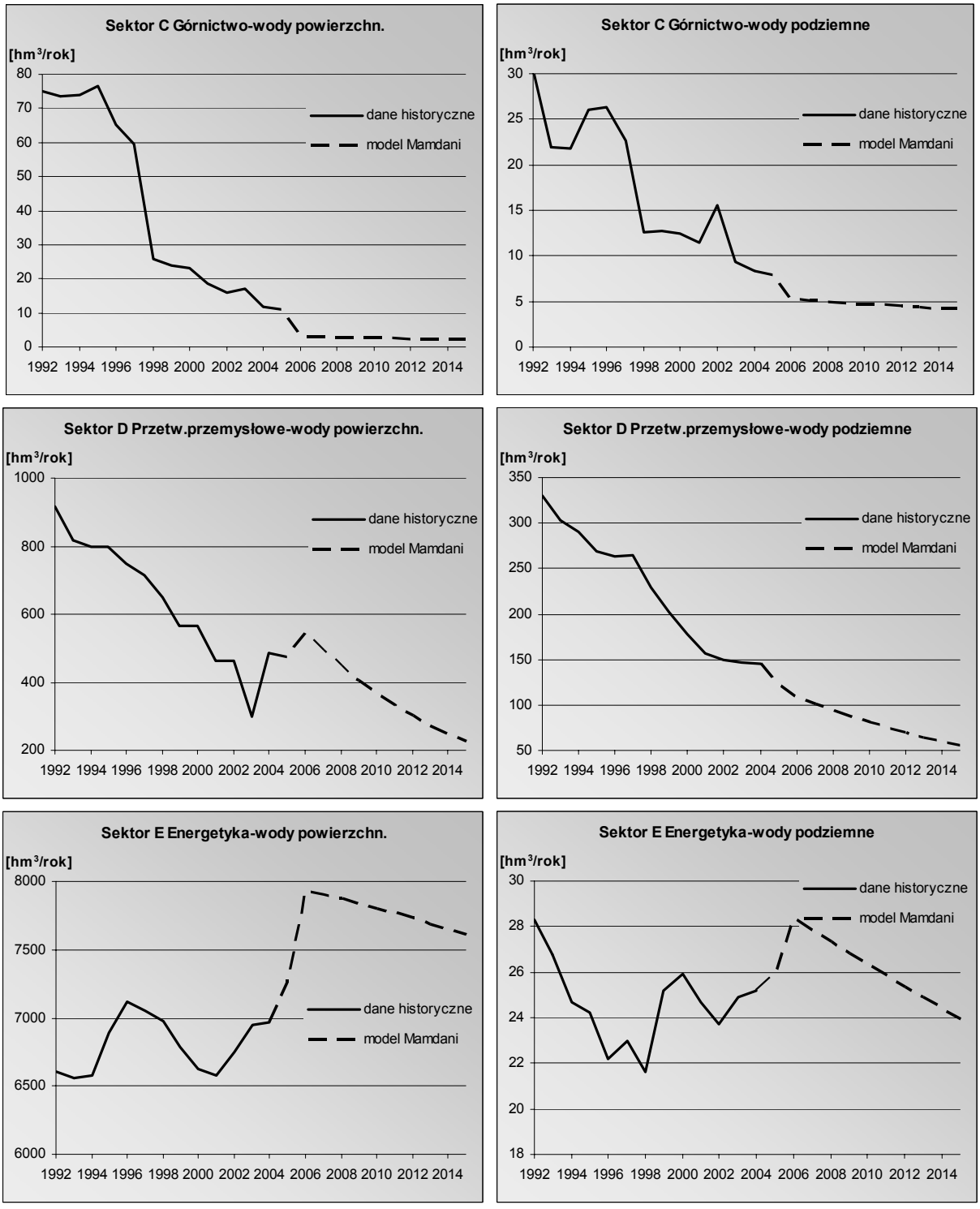
Lp.	Sektor		Dane historyczne	Prognozowany pobór wód powierzchniowych [hm³/rok]			
			2004	2007	2010	2015	*2015/2004*
1	Rolnictwo	A	86,20	76,07	69,04	59,03	***68%***
2	Rybactwo	B	985,20	1578,17	1686,45	1885,49	***191%***
3	Górnictwo	C	11,80	2,94	2,63	2,14	***18%***
4	Przetw. przemysłowe	D	485,50	492,18	366,93	225,03	***46%***
5	Energetyka	E-en.	6 971,10	7905,30	7805,51	7607,97	***109%***
6	Pobór wód	E-pob.	703,70	643,99	560,90	447,95	***64%***
7	Pozostałe	F-O	3,46	3,89	4,71	6,47	***187%***
8	OGÓŁEM		**9 246,96**	**10 702,53**	**10 496,16**	**10 234,09**	***111%***
Lp.	**Sektor**		**Dane historyczne**	**Prognozowany pobór wód podziemnych [hm³/rok]**			
			2004	**2007**	**2010**	**2015**	***2015/2004***
1	Rolnictwo	A	0,00	0,00	0,00	0,00	*--*
2	Rybactwo	B	0,00	0,00	0,00	0,00	*--*
3	Górnictwo	C	8,30	5,07	4,73	4,18	***50%***
4	Przetw. przemysłowe	D	145,80	100,75	80,80	56,15	***39%***
5	Energetyka	E-en.	25,20	27,84	26,36	23,95	***95%***
6	Pobór wód	E-pob.	1 411,40	1 442,28	1 428,20	1 412,39	***100%***
7	Pozostałe	F-O	39,91	34,37	27,41	18,82	***47%***
8	OGÓŁEM		**1 630,61**	**1 610,32**	**1 567,50**	**1 515,49**	***93%***

Rysunek 51. Prognoza poborów wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach: A Rolnictwo, B Rybactwo



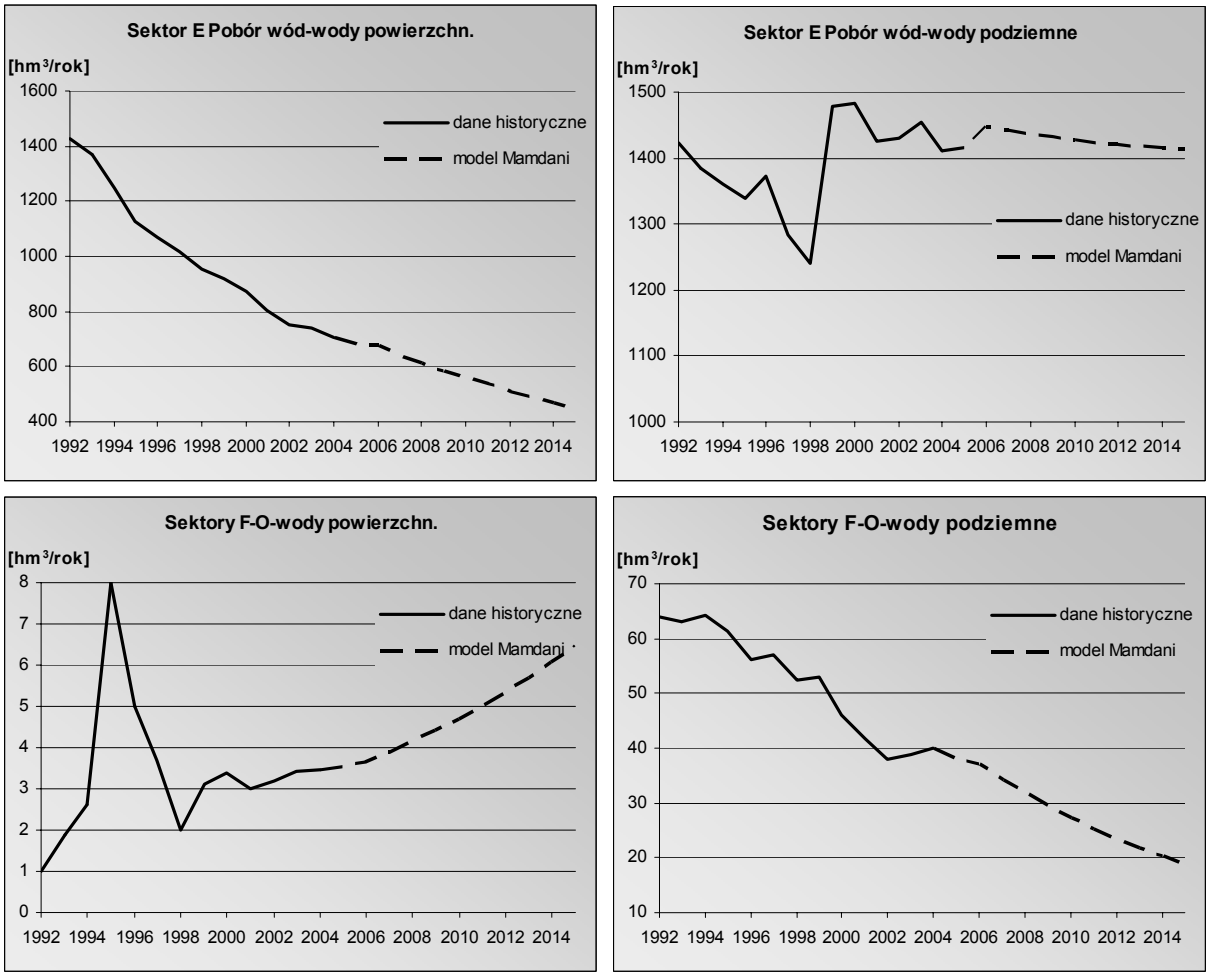
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 52. Prognoza poborów wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach: C Górnictwo i D Przetwórstwo przemysłowe, E-en. Energetyka, E-pob. Pobór wód i w grupie pozostałych sektorów F-O



BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 53. Prognoza poborów wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach: E-pob. Pobór wód i w grupie pozostałych sektorów F-O



Modele dynamiki współczynników wodochłonności prognozują na 2015 rok spadki współczynników dla 10 z 12 sektorów. Natomiast prognozy wartości poborów mają bardziej zróżnicowane tendencje, powodowane z jednej strony spadkiem współczynników wodochłonności a z drugiej wzrostem produkcji. Pobór wód powierzchniowych będzie w 2015 roku wyższy o ok. 11% niż obecnie – najwyższy wzrost o 90% nastąpi w sektorze B rybactwo, w sektorach F-O 87% i w E energetyka 9% (przy czym w sektorze B jest on powodowany tylko wzrostem produkcji, bo współczynnik wodochłonności w 2015 r. ma być na poziomie wartości z 2004 r., natomiast w sektorze E-en. wzrost o 9% wystąpi przy obniżeniu wodochłonności o 20%, jeśli wodochłonność nie ulegnie takiemu obniżeniu to można się spodziewać wyższych poborów). Wzrost poborów wód powierzchniowych (o 87%) jest prognozowany także w sektorach F-O przy jednoczesnym wzroście współczynnika wodochłonności o 16%. W pozostałych sektorach nastąpi obniżenie poborów wód powierzchniowych o ok. 32% w rolnictwie, w sektorze górnictwa o ok. 80%, o 54% w sektorze D przetw.przemysłowego i o 34% w sektorach E-pobór wód.

W przypadku wód podziemnych spadki w wodochłonności powodują, pomimo wzrostu produkcji, obniżenie poborów – w całej gospodarce o ok. 7%. Najwięcej, bo o 60% obniży pobór wód podziemnych sektor D, o 50% - górnictwo i sektory F-O i o 5% energetyka. Natomiast pobory sektora E-Pobór wód będą na poziomie wartości z 2004 r.

Aby dokonać oceny jak mocno wpływają przyjęte założenia o dynamice nakładów na otrzymywane prognozy, wykonano również dwie inne symulacje – pierwszą opierającą się na wariancie pesymistycznym - dynamice

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

nakładów niższej o 2% dla każdego z sektorów i drugą optymistyczną – dynamika na poziomie wyższym o 2% w stosunku do wariantu bazowego – dane zestawiono poniżej:

Tabela 41. Warianty prognoz dynamiki nakładów inwestycyjnych

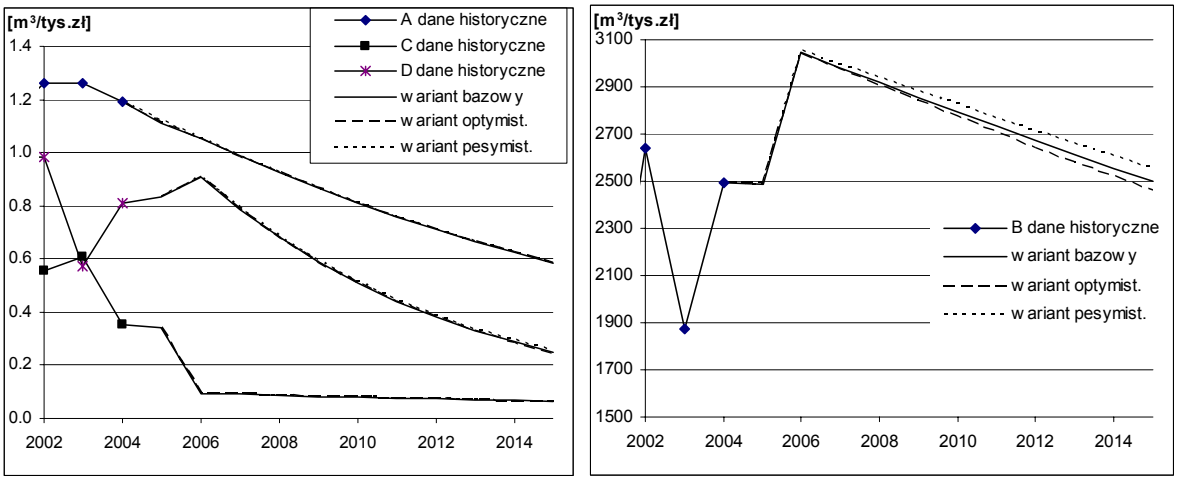
Lp.	Sektor		Dynamika nakładów inwestycyjnych		
			wariant bazowy rzeczywisty	wariant pesymistyczny	wariant optymistyczny
1	Rolnictwo	A	5%	3%	7%
2	Rybactwo	B	5%	3%	7%
3	Górnictwo	C	0%	-2%	2%
4	Przetw. przemysłowe	D	5%	3%	7%
5	Energetyka	E-en.	1%	-1%	3%
6	Pobór wód	E-pob.	2%	0%	4%
7	Pozostałe	F-O	1%	-1%	3%

Dla tak przyjętych wariantów nakładów inwestycyjnych otrzymano wariantowe wartości współczynników wodochłonności – Tabela 42 i Rysunki 54-56.

Tabela 42. Prognozowane na 2015 r. współczynniki wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych wg różnych wariantów dynamiki nakładów inwestycyjnych

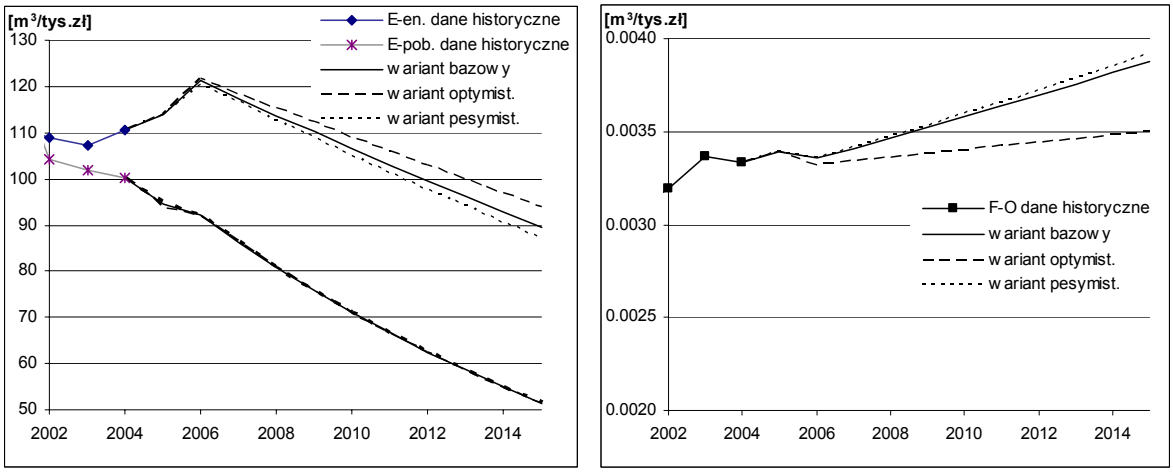
Lp.	Sektor		Współczynniki zużycia wód powierzchniowych w 2015 r. (dynamika nakładów inwestycyjnych)		
			wariant pesymistyczny	wariant bazowy rzeczywisty	wariant optymistyczny
1	Rolnictwo	A	0,5862	0,5859	0,5852
2	Rybactwo	B	2553,9299	2497,3492	2458,8129
3	Górnictwo	C	0,0623	0,0633	0,0623
4	Przetw. przemysłowe	D	0,2538	0,2483	0,2454
5	Energetyka	E-en.	87,0992	89,3927	93,7367
6	Pobór wód	E-pob.	51,5791	51,4637	51,1887
7	Pozostałe	F-O	0,0039	0,0039	0,0035
Lp.	Sektor		Współczynniki zużycia wód podziemnych w 2015 r. (dynamika nakładów inwestycyjnych)		
			wariant pesymistyczny	wariant bazowy rzeczywisty	wariant optymistyczny
1	Górnictwo	C	0,1288	0,1237	0,1198
2	Przetw. przemysłowe	D	0,0621	0,0619	0,0602
3	Energetyka	E-en.	0,2814	0,2814	0,2816
4	Pobór wód	E-pob.	167,9940	162,2647	138,5602
5	Pozostałe	F-O	0,0113	0,0113	0,0113

Rysunek 54. Wariantowa prognoza współczynników wodochłonności wód powierzchniowych – sektory A rolnictwo, B rybactwo, C górnictwo i D przetwórstwo przemysłowe

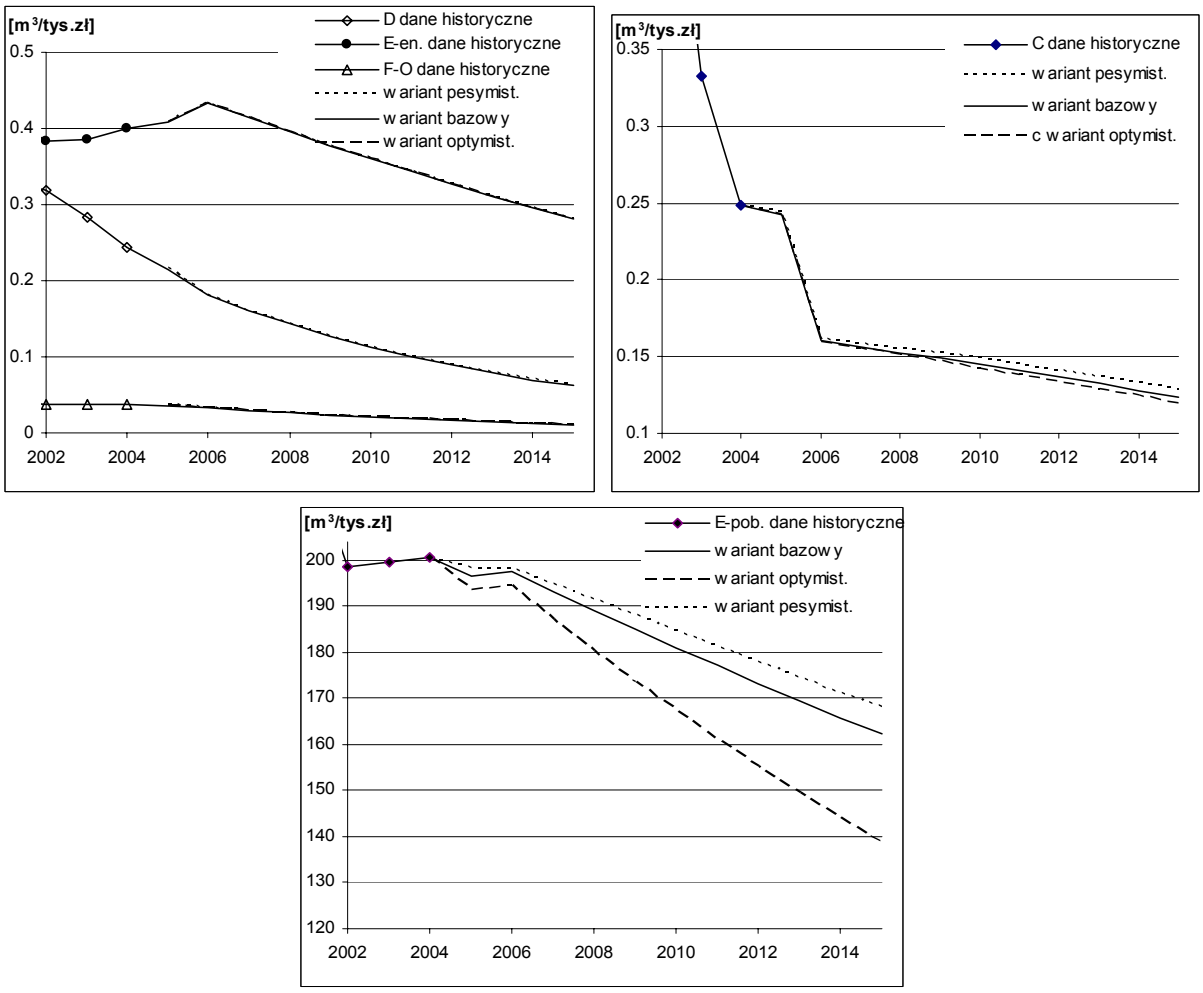


BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 55. Wariantowa prognoza współczynników wodochłonności wód powierzchniowych – sektory E energetyka, E pobór wód i sektory F-O



Rysunek 56. Wariantowa prognoza współczynników wodochłonności wód podziemnych



Wyniki otrzymane w poszczególnych wariantach sugerują następujące zależności zmienności wodochłonności i poziomu nakładów inwestycyjnych dla poszczególnych sektorów (oczywiście przy założonej modelowanej dynamice produkcji):

- różnice w nakładach przyjęte w wariantach nie mają znaczącego wpływu na dynamikę współczynnika wodochłonności wód (jest to widoczne na rysunkach – linie obrazujące wartości otrzymane w poszczególnych wariantach pokrywają się):

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

- wody powierzchniowe – sektor A rolnictwo, C górnictwo, D przetw. przemysłowe (Rys. 54) oraz sektor E pobór wód (Rys. 55),
- wody podziemne – sektor D przetw. przemysłowe, E energetyka i sektory F-O (Rys.56),

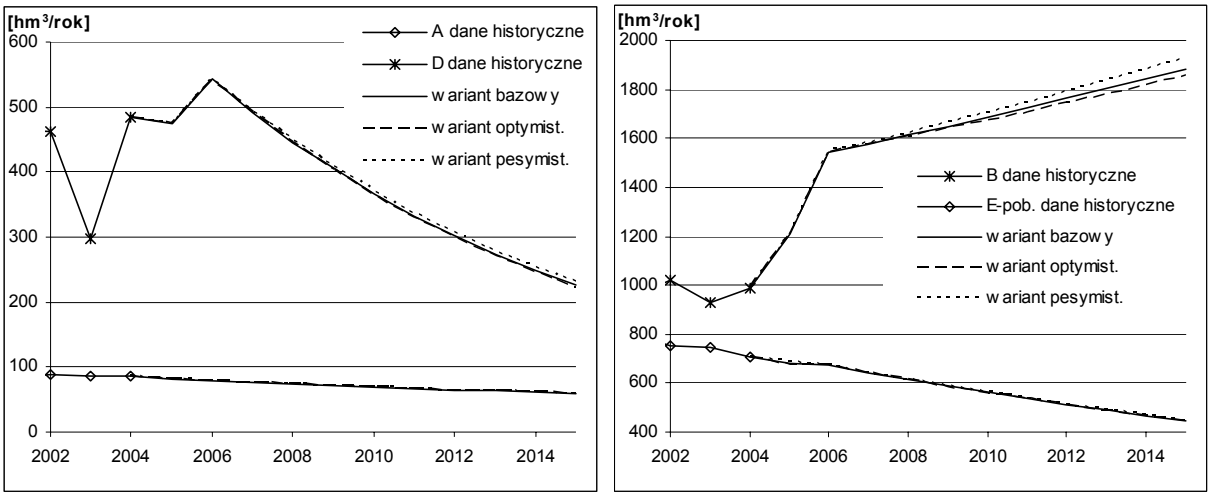
- spadek wodochłonności przy wzroście nakładów wykazują modele dynamiki współczynnika wodochłonności wód:
  - wody powierzchniowe – sektor B rybactwo (Rys. 54) oraz sektory F-O (Rys. 55),
  - wody podziemne – sektor C górnictwo i E pobór wód (Rys.56),
- wzrost wodochłonności przy wzroście nakładów wykazuje model dynamiki współczynnika wodochłonności wód powierzchniowych dla sektora E energetyka (Rys. 55).

Na podstawie wariantowych wartości współczynników obliczono odpowiadające im prognozy poborów wód – wyniki przedstawiono w Tabeli 43 i na Rysunkach 57-58.

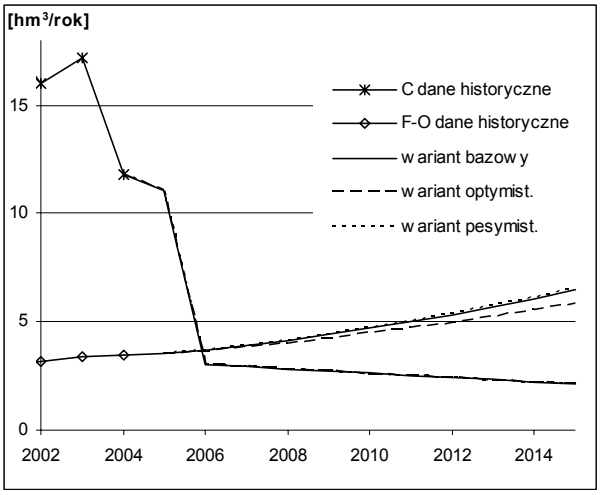
Tabela 43. Prognozowany na 2015 r. pobór wód powierzchniowych i podziemnych wg różnych wariantów dynamiki nakładów inwestycyjnych

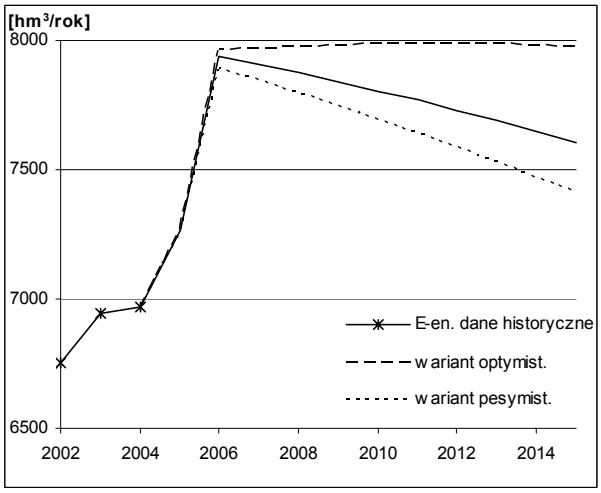
Lp.	Sektor		Pobór wód powierzchniowych w 2015 r. (dynamika nakładów inwestycyjnych)		
			wariant pesymi-styczny	wariant bazowy rzeczywisty	wariant optymi-styczny
1	Rolnictwo	A	59,07	59,03	58,96
2	Rybactwo	B	1 928,21	1 885,49	1 856,40
3	Górnictwo	C	2,11	2,14	2,10
4	Przetw. przemysłowe	D	230,01	225,03	222,44
5	Energetyka	E-en.	7 412,78	7 607,97	7 977,68
6	Pobór wód	E-pob.	448,96	447,95	445,56
7	Pozostałe	F-O	6,53	6,47	5,84
8	***OGÓŁEM***		**10 087,66**	**10 234,09**	**10 568,99**
Lp.	**Sektor**		**Pobór wód podziemnych w 2015 r. (dynamika nakładów inwestycyjnych)**		
			wariant pesymi-styczny	**wariant bazowy rzeczywisty**	**wariant optymi-styczny**
1	Górnictwo	C	4,35	4,18	4,05
2	Przetw. przemysłowe	D	56,27	56,15	54,54
3	Energetyka	E-en.	23,95	23,95	23,97
4	Pobór wód	E-pob.	1 462,26	1 412,39	1 206,06
5	Pozostałe	F-O	18,82	18,82	18,83
6	***OGÓŁEM***		**1 565,65**	**1 515,49**	**1 307,46**

Rysunek 57. Wariantowa prognoza poborów wód powierzchniowych

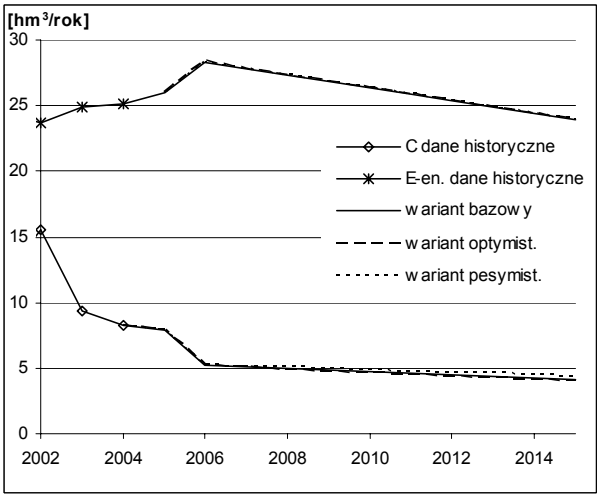


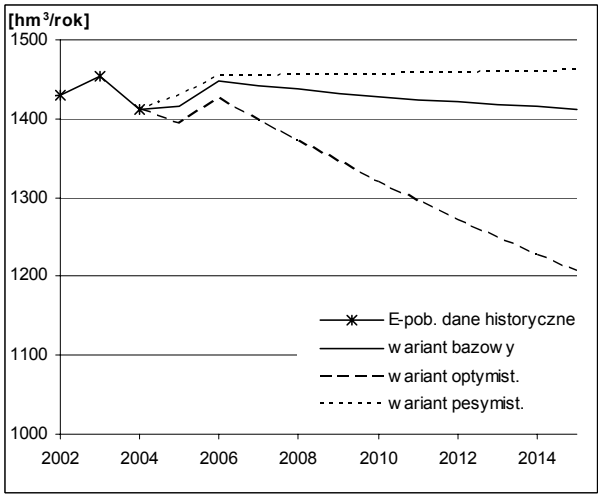
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

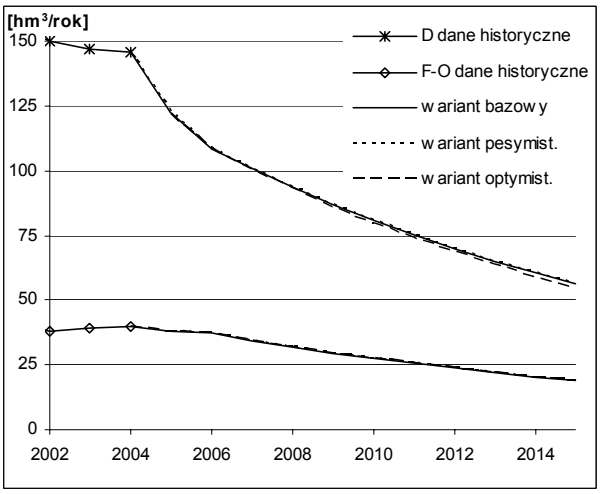




Rysunek 58. Wariantowa prognoza poborów wód podziemnych







BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4.3.2.3. Prognoza zużycia wody z wykorzystaniem modeli dynamiki wodochłonności opartych na architekturze Takagi-Sugeno

Budowa modeli dynamiki współczynników wodochłonności

Model Takagi-Sugeno jest modelem opartym na wnioskowaniu rozmytym i składa się z trzech podstawowych modułów – rozmywania, wnioskowania i wyostrzania. Rozmywanie wielkości wejściowych odbywa się, tak jak w modelu Mamdaniego, poprzez zdefiniowanie zmiennych wejściowych w postaci wartości lingwistycznych wraz z przypisanymi im zbiorami rozmytymi. Baza reguł, na których przeprowadza się wnioskowanie w modelu Takagi-Sugeno zawiera w konkluzjach funkcyjne zależności wielkości wyjściowej i wejściowych $y = f(x_1, x_2, ...)$. Moduł wyostrzania, w modelu tego typu, oblicza wartość wynikową jako średnią ważoną z wartości otrzymanych z poszczególnych reguł a wagami są stopnie aktywacji reguł.

Wymagane w konkluzjach reguł zależności funkcyjne dot. analizowanych zmiennych – dynamiki wodochłonności, produkcji globalnej i nakładów inwestycyjnych nie są znane, stąd pierwszym krokiem jest ich estymacja. Pakiet *Simulink* zawiera zaawansowane narzędzie ANFIS (A*daptive Network based Fuzzy Inference System*), które pozwala na zbudowanie modelu rozmytego o parametrach dobieranych przez sieć neuronową. W pierwszym etapie ANFIS, na podstawie zbioru danych historycznych, tworzy wstępną strukturę modelu – dobiera uniwersa i kształt funkcji przynależności zmiennych wejściowych. Model jest tworzony na podstawie pewnych zadanych wielkości – należy podać rodzaj i liczbę funkcji przynależności, a także należy przyjąć rodzaj zależności funkcyjnej $y = f(x_1, x_2, ...)$ - dopuszczalne są dwa rozwiązania – zależność liniowa lub można przyjąć, że wyjście jest stałe, ale różne dla poszczególnych przedziałów uniwersum. Następnie uruchamiana jest adaptacyjna sieć neuronowa, która uczy się i dobiera parametry modelu – model poddawany jest strojeniu: zmieniane są parametry funkcji przynależności zmiennych wejściowych, tworzona jest baza reguł, a także obliczane są parametry funkcji zależności $y = f(x_1, x_2, ...)$. Nauka sieci może być prowadzona algorytmem wstecznej propagacji błędu z metodą największego spadku lub metodą hybrydową*.

Możliwości zastosowania tego narzędzia do modelowania zmian współczynnika wodochłonności są dość ograniczone ze względu na szczupłość zbioru danych historycznych (tylko 12 lat). Sieć neuronowa wymaga zestawu danych treningowych o liczebności co najmniej na poziomie liczby estymowanych parametrów. Na ogólną liczbę parametrów składają się – parametry funkcji przynależności zmiennych wejściowych oraz parametry funkcji opisujących zmienną wyjściową. Przy przyjęciu do modelowania dwóch zmiennych wejściowych (dynamiki produkcji globalnej oraz dynamiki nakładów inwestycyjnych) model o minimalnej liczbie parametrów miałby postać:

- zmienne wejściowe definiowane przez dwie wartości lingwistyczne o gaussowskich funkcjach przynależności (które mają tylko dwa paramerty) – liczba parametrów=liczba zmiennych*liczba wartości*liczba parametrów funkcji, czyli $2 \times 2 \times 2 = 8$,
- zmienna wyjściowa opisana za pomocą stałych wartości dla poszczególnych konkluzji reguł, czyli dla poszczególnych możliwych kombinacji zmiennych wejściowych – liczba paramertów=liczbie reguł, czyli 4.

Podsumowując jedna z prostszych struktur modelu – model o dwóch zmiennych wejściowych opisanych przez dwie wartości lingwistyczne wymaga dobrania 12 parametrów, czyli jednocześnie trzeba dysponować zbiorem danych historycznych o co najmniej takiej liczebności. Ilość danych, jakimi dysponowano w ramach niniejszych badań jest właśnie na granicy stosowalności tego modelu. Zdecydowano się jednak zbudować modele typu Takagi-Sugeno, aby pokazać jak efektywnym narzędziem jest estymacja parametrów modelu przy pomocy sieci neuronowych. Dla po-

* Metoda hybrydowa to jednoczesne zastosowanie dwóch metod – metody najmniejszych kwadratów oraz metody wstecznej propagacji błędu z gradientem.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

szczególnych sektorów zostały zbudowane modele dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych o ww. strukturze. Podczas, gdy budowa modeli Mamdaniego opartych na tych samych danych, a następnie ich strojenie (czyli estymacja parametrów) jest procesem bardzo praco- i czaso- chłonnym to estymacja parametrów modeli Sugeno (przy ww. strukturze i na takim zbiorze danych historycznych) jest procesem wykonywanym przez sieć w przeciągu kilkunastu sekund.

Przyjęto następującą strukturę modelu i rozwiązania:

- Każda z dwóch zmiennych wejściowych jest opisywana przez dwie wartości lingwistyczne, najczęściej stosowano schemat:

zmienna		**wartości lingwistyczne**	
nazwa	**symbol**	**nazwa**	**symbol**
dynamika produkcji globalnej	*dyn_prod, P*	*spadek* *wzrost*	*PS* *PW*
dynamika nakładów inwestycyjnych	*dyn_nakl, N*	*spadek* *wzrost*	*NS* *NW*

Zbiory rozmyte obrazujące poszczególne wartości lingwistyczne mają funkcje przynależności typu gaussowskiego, która określona jest wzorem:

$f(x,\sigma,c) = e^{\frac{-(x-c)^2}{2\sigma^2}}$, gdzie σ i c to parametry funkcji przynależności,

a więc rozmywanie wartości ostrych P^* i N^* odbywa się poprzez obliczenie stopnia przynależności tych wartości ostrych do przyjętych wartości lingwistycznych wg:

$\mu_{PS}(P^*) = f_{PS}(P^*, \sigma_{PS}, c_{PS})$

$\mu_{PW}(P^*) = f_{PW}(P^*, \sigma_{PW}, c_{PW})$

$\mu_{NS}(N^*) = f_{NS}(N^*, \sigma_{NS}, c_{NS})$

$\mu_{NW}(N^*) = f_{NW}(N^*, \sigma_{NW}, c_{NW})$

gdzie σ i c to parametry funkcji przynależności,

- Baza reguł w modelu o dwóch zmiennych wejściowych (każda opisana dwiema ww. wartościami lingwistycznymi) składa się z czterech reguł:

R_1: jeżeli (P=*PS*) oraz (N=*NS*) to $y_1=f_1(P,N)$

R_2: jeżeli (P=*PS*) oraz (N=*NW*) to $y_2=f_2(P,N)$

R_3: jeżeli (P=*PW*) oraz (N=*NS*) to $y_3=f_3(P,N)$

R_4: jeżeli (P=*PW*) oraz (N=*NW*) to $y_4=f_4(P,N)$

Funkcje $f_k(P,N)$ opisujące zależność zmiennej wyjściowej od wejść mogą mieć postać:

  - funkcji liniowych $\text{dyn_wodochl} = f_k(P,N) = a_{k0} + a_{k1}P + a_{k2}N$
  - wartości stałych (zależność liniowa o zerowych współczynnikach przy zmiennych wejściowych) $\text{dyn_wodochl} = f_k(P,N) = a_{k0}$

Przyjęto, że funkcje będą w postaci wartości stałej $\text{dyn_wodochl} = f_k(P,N) = a_{k0}$.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

- Przesłanki reguł są złożone, są to koniunkcje dwóch przesłanek prostych. Koniunkcja jest wyznaczana przez operator *PROD* (wzór 3-43), który oblicza przynależność do przesłanki złożonej jako iloczyn przynależności do przesłanek prostych, np.:

$$\mu_{PS\cap NS} = \mu_{PS}(P^*) \cdot \mu_{NS}(N^*)$$

- Wartość wynikowa (końcowa) dynamiki wodochłonności jest obliczana jako średnia ważona z wyników otrzymanych z poszczególnych reguł (wzór 3-44), wagami są stopnie spełnienia konkluzji reguł:

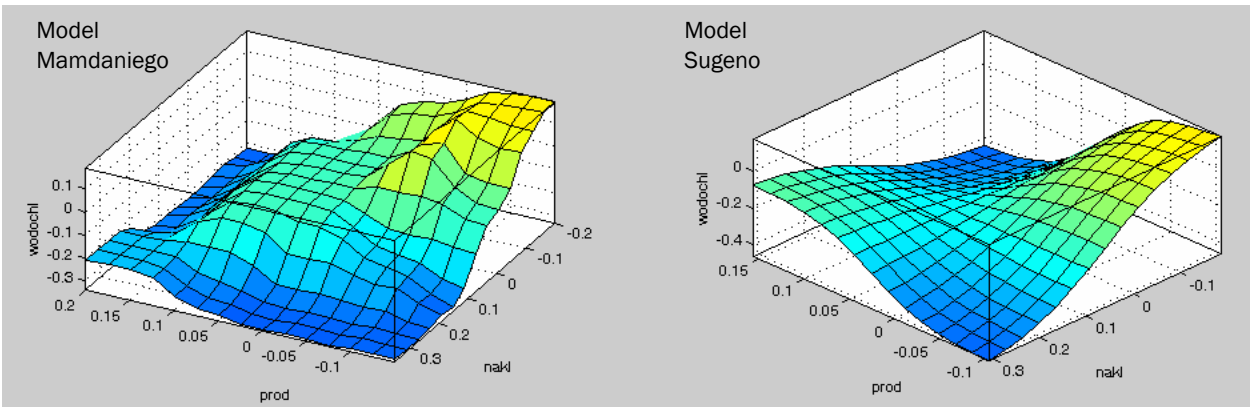
$$y^* = \frac{\sum_{k=1}^{n} \mu_{Pk\cap Nk}(P^*,N^*) y_k(P^*,N^*)}{\sum_{k=1}^{n} \mu_{Pk\cap Nk}(P^*,N^*)},$$

gdzie: k – to numer reguły, n – liczba reguł,

$P_{(k)}$, $N_{(k)}$ – wartości lingwistyczne występujące w k-tej regule,

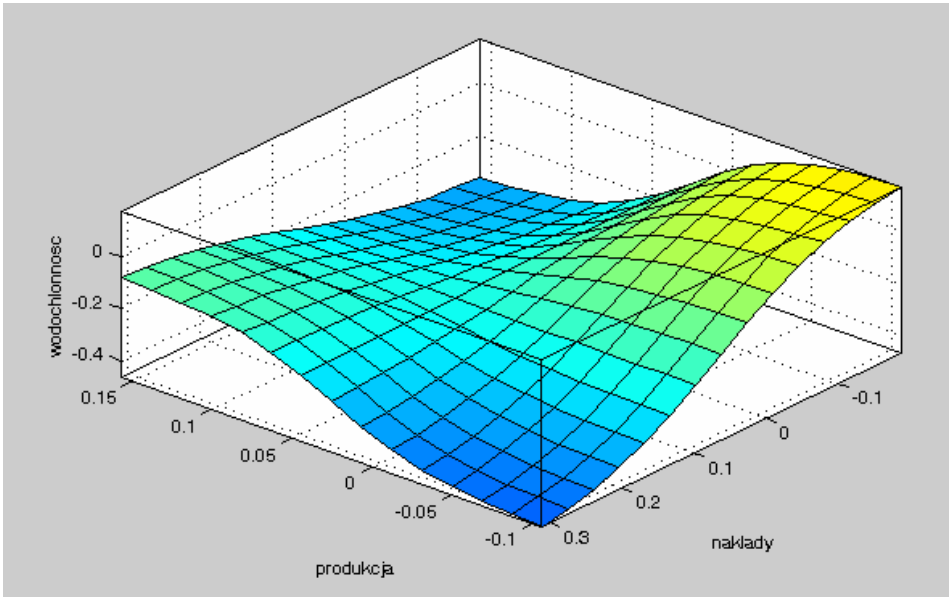
$y_k(P^*,N^*) = f_k(P^*,N^*)$ - wartość wyjścia wyliczona w k-tej regule, wg funkcji $f_k(P,N)$ występującej w konkluzji tej reguły.

Otrzymane modele zależności zmienności współczynników wodochłonności od dynamiki produkcji i nakładów inwestycyjnych są bardzo zbliżone do opracowanych modeli Mamdaniego (opisanych w rozdziale wcześniejszym).

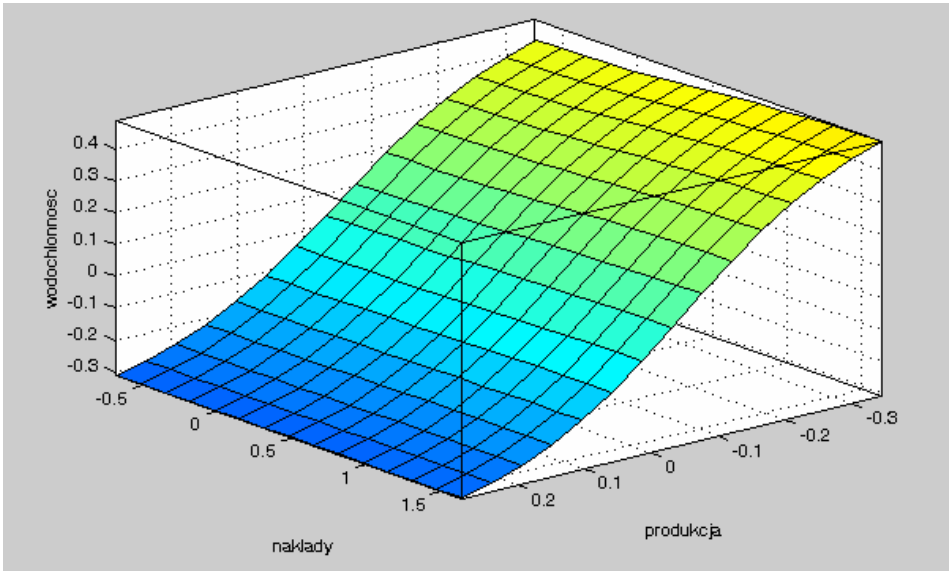


Rysunek 59. Porównanie modeli Mamdaniego i Sugeno dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych dla sektora A rolnictwo

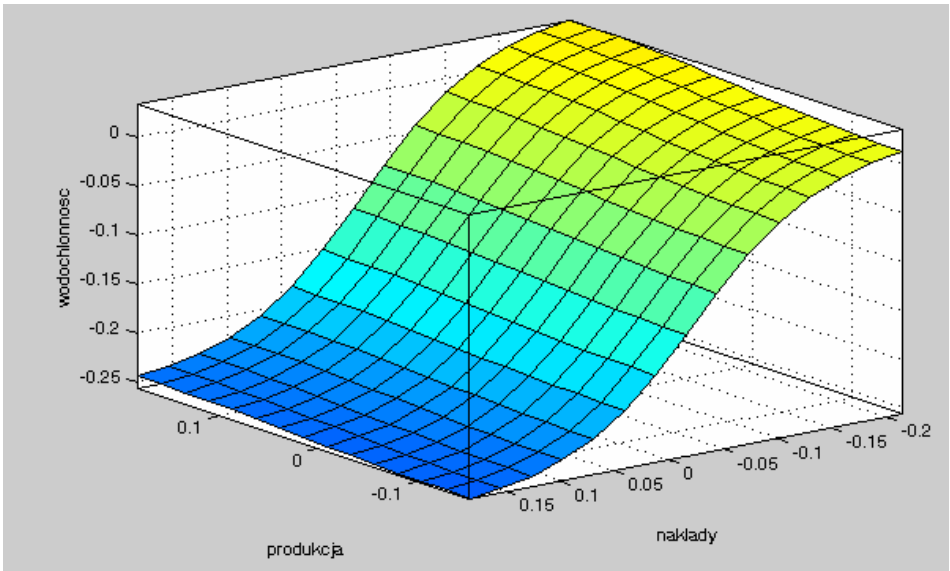
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rysunek 60. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze A rolnictwo

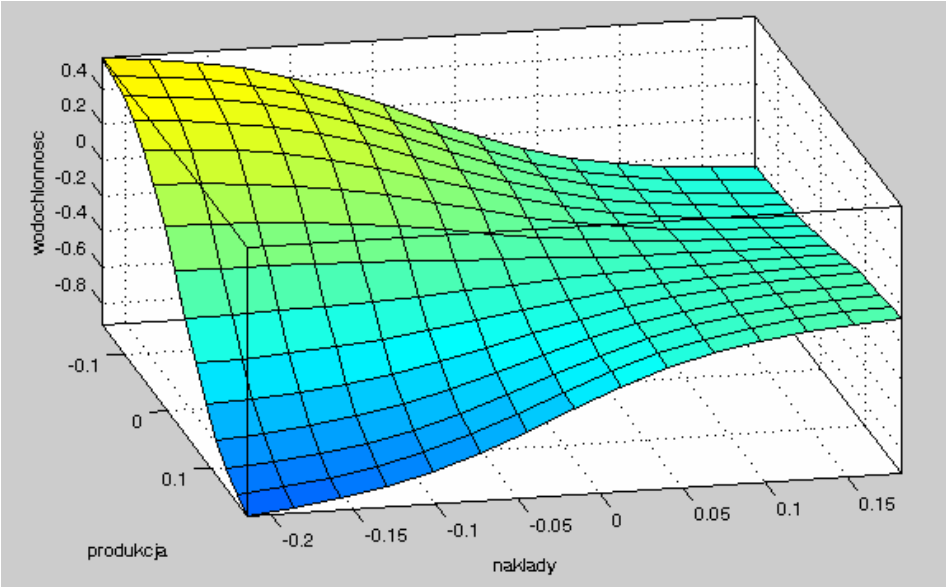


Rysunek 61. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze B rybactwo

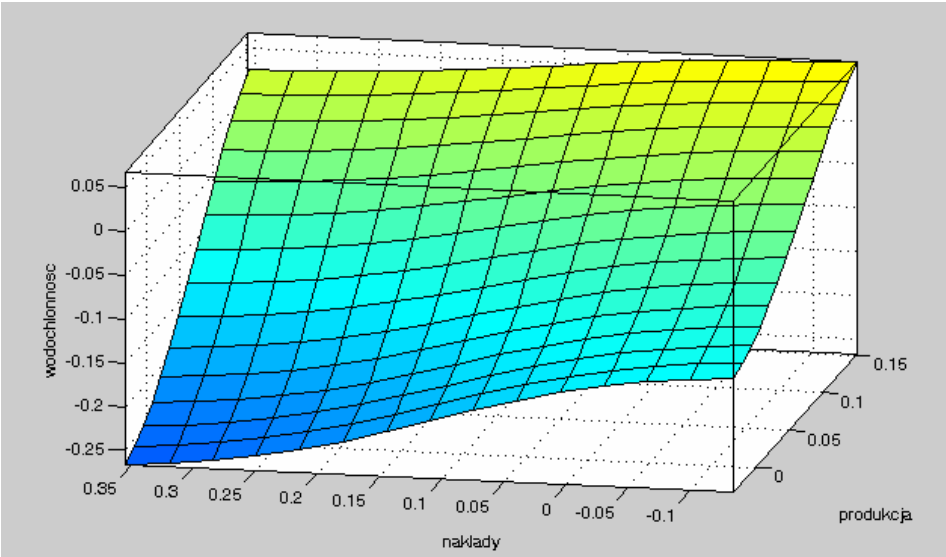


Rysunek 62. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze C górnictwo

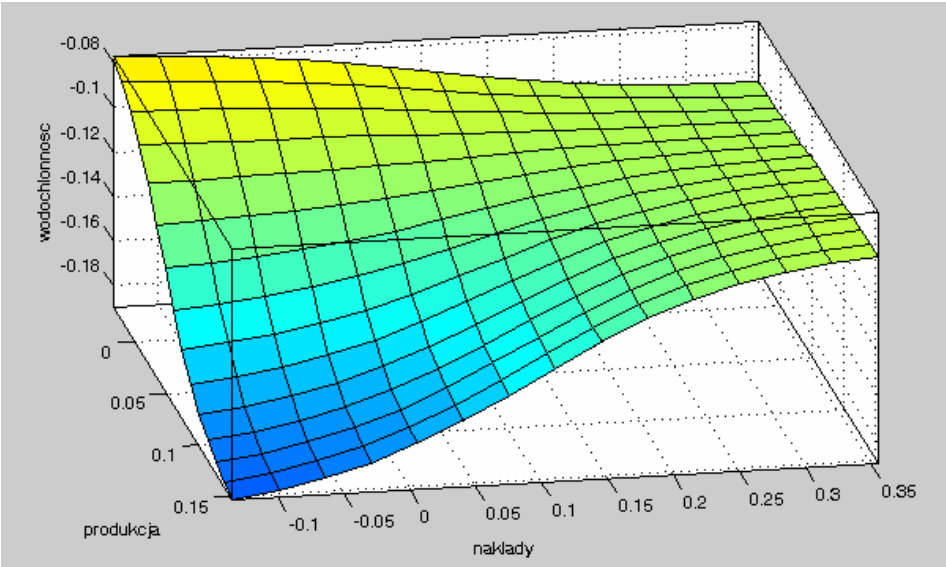
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rysunek 63. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorze C górnictwo

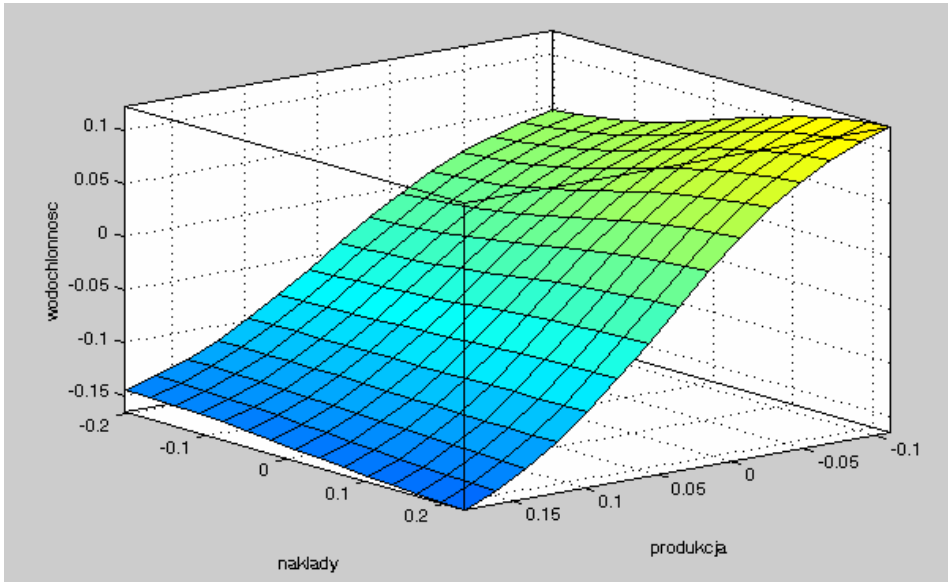


Rysunek 64. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze D przetwórstwo przemysłowe

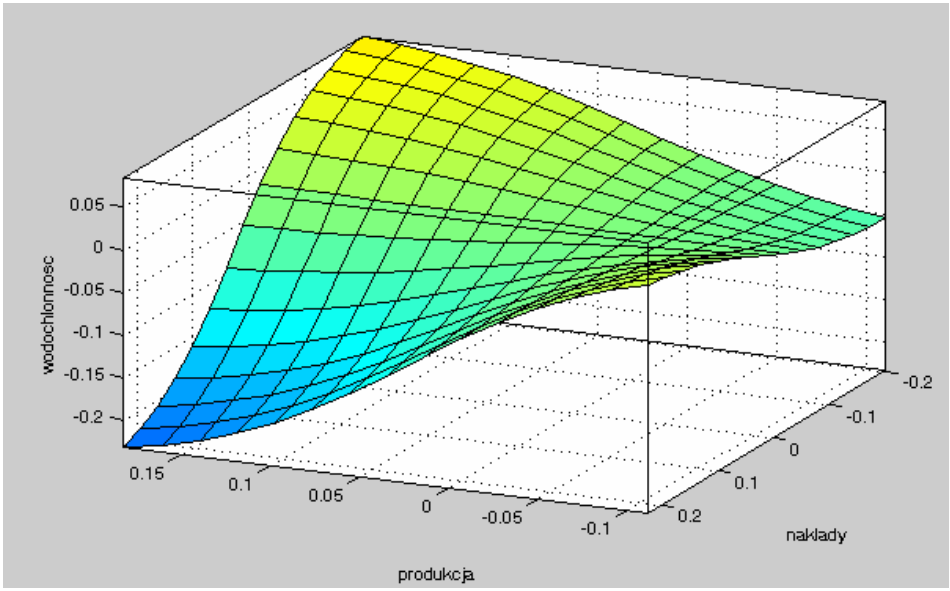


Rysunek 65. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorze D przetwórstwo przemysłowe

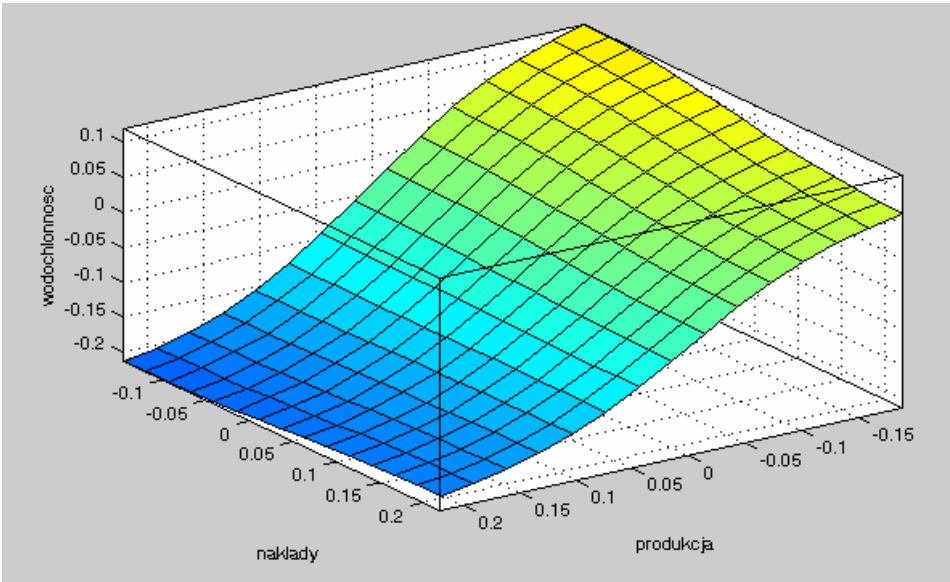
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rysunek 66. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze E energetyka

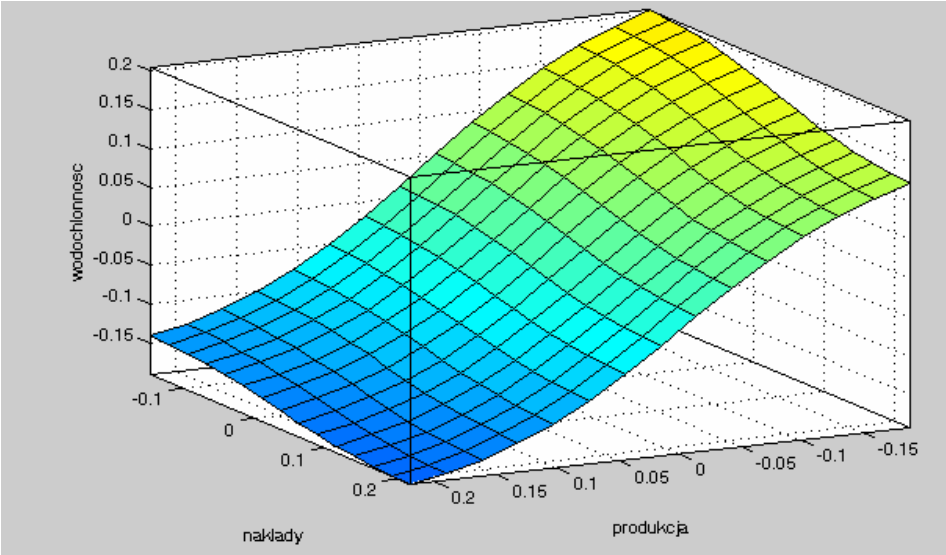


Rysunek 67. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorze E energetyka

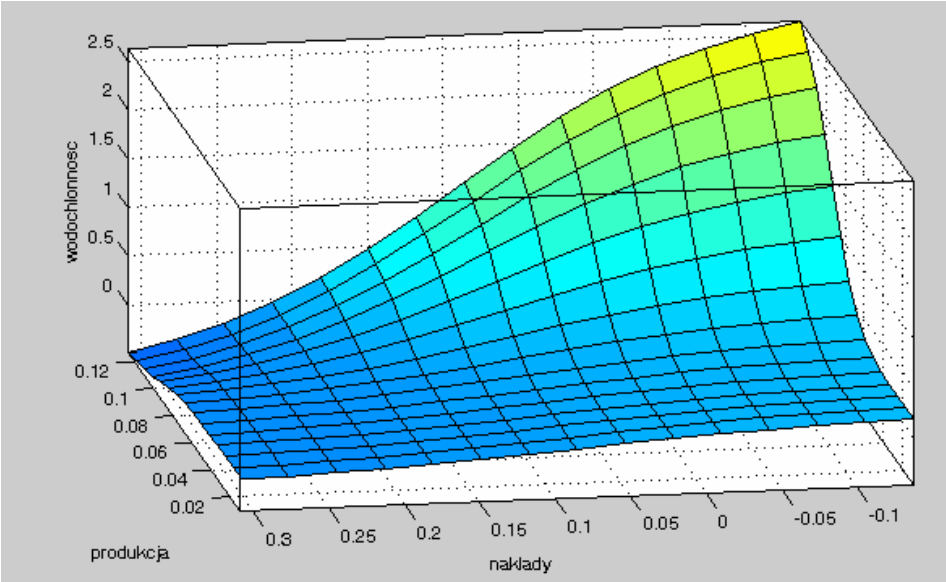


Rysunek 68. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze E pobór wód

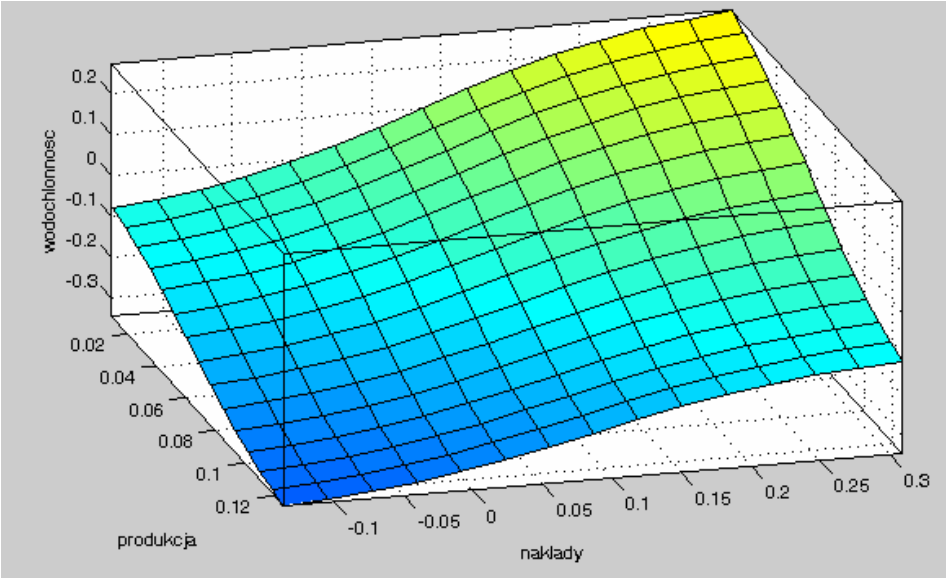
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rysunek 69. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorze E pobór wód



Rysunek 70. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorach F-O



Rysunek 71. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorach F-O

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

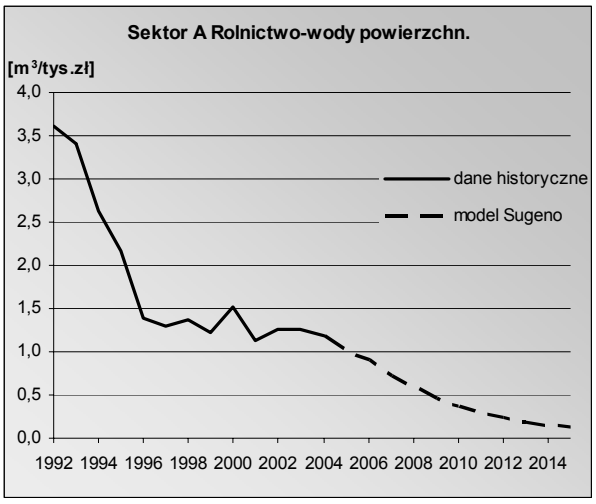
Prognoza zużycia wód powierzchniowych i podziemnych przy wykorzystaniu sektorowych modeli dynamiki wodochłonności (modele Takagi-Sugeno)

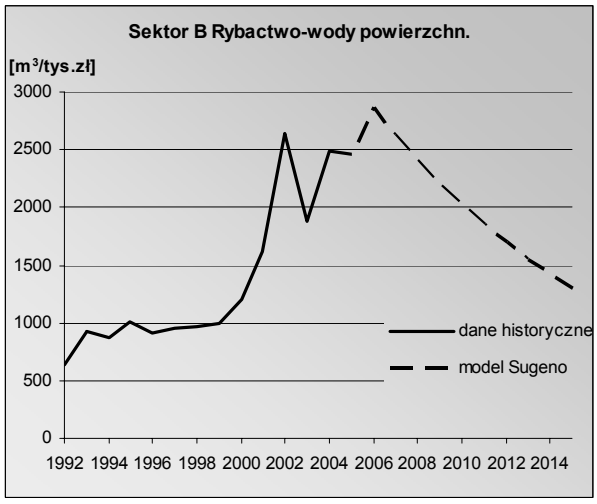
Opracowane modele dynamiki wodochłonności zostały następnie dodane do modelu input-output prognozującego zużycie zasobów wodnych – schemat ogólny takiego modelu jest identyczny jak na schemacie modelu zawierającego rozmyte modele dynamiki wodochłonności typu Mamdaniego (Rysunek 46). Wejściowymi wielkościami do modelu były tak jak poprzednio: macierz powiązań międzysektorowych, prognoza dynamiki wartości dodanej oraz prognoza dynamiki nakładów inwestycyjnych. Dynamika nakładów inwestycyjnych była przyjęta na poziomie realnych wartości – wariantu bazowego (przedstawionego w Tabeli 41). Prognoza wodochłonności gospodarki przy użyciu tego modelu jest przedstawiona w tabelach poniżej.

Tabela 44. Prognozowane współczynniki wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych

Lp.	Sektor		Dane historyczne	Prognozowane współczynniki zużycia wód powierzchniowych [m³/tys. zł]			
			2004	2007	2010	2015	*2015/2004*
1	Rolnictwo	A	1,1919	0,7279	0,3773	0,1244	***10%***
2	Rybactwo	B	2 494,1772	2 622,9628	2 020,3638	1 297,5020	***52%***
3	Górnictwo	C	0,3530	0,0710	0,0444	0,0203	***6%***
4	Przetw. przemysłowe	D	0,8118	0,8547	0,6303	0,3815	***47%***
5	Energetyka	E-en.	110,4739	113,6651	113,1826	110,7269	***100%***
6	Pobór wód	E-pob.	100,0683	71,6878	44,4300	19,5959	***20%***
7	Pozostałe	F-O	0,0033	0,0042	0,0061	0,0114	***341%***
Lp.	**Sektor**		**Dane historyczne**	**Prognozowane współczynniki zużycia wód podziemnych [m³/tys. zł]**			
			2004	**2007**	**2010**	**2015**	***2015/2004***
1	Rolnictwo	A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	**-**
2	Rybactwo	B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	**-**
3	Górnictwo	C	0,2483	0,1302	0,0906	0,0471	***19%***
4	Przetw. przemysłowe	D	0,2438	0,1574	0,1061	0,0548	***22%***
5	Energetyka	E-en.	0,3994	0,3882	0,3522	0,2987	***75%***
6	Pobór wód	E-pob.	200,7053	200,2881	197,3247	190,5010	***95%***
7	Pozostałe	F-O	0,0385	0,0326	0,0254	0,0166	***43%***

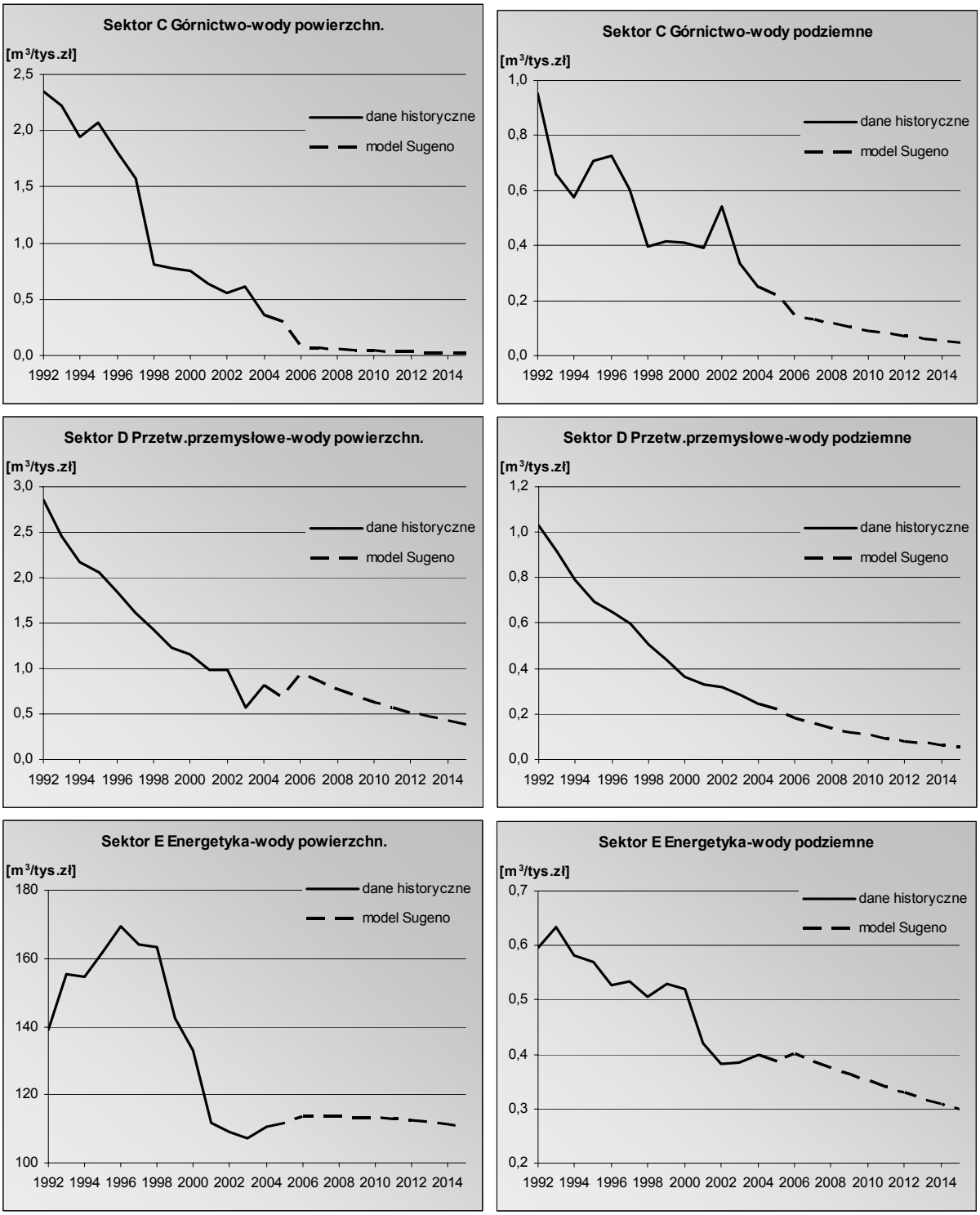
Rysunek 72. Prognoza współczynników wodochłonności wód powierzchniowych w sektorach A rolnictwo i B rybactwo





BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 73. Prognoza współczynników wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach C górnictwo, D przetwórstwo przemysłowe i E energetyka



BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 74. Prognoza współczynników wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach E pobór wód i w grupie sektorów F-O

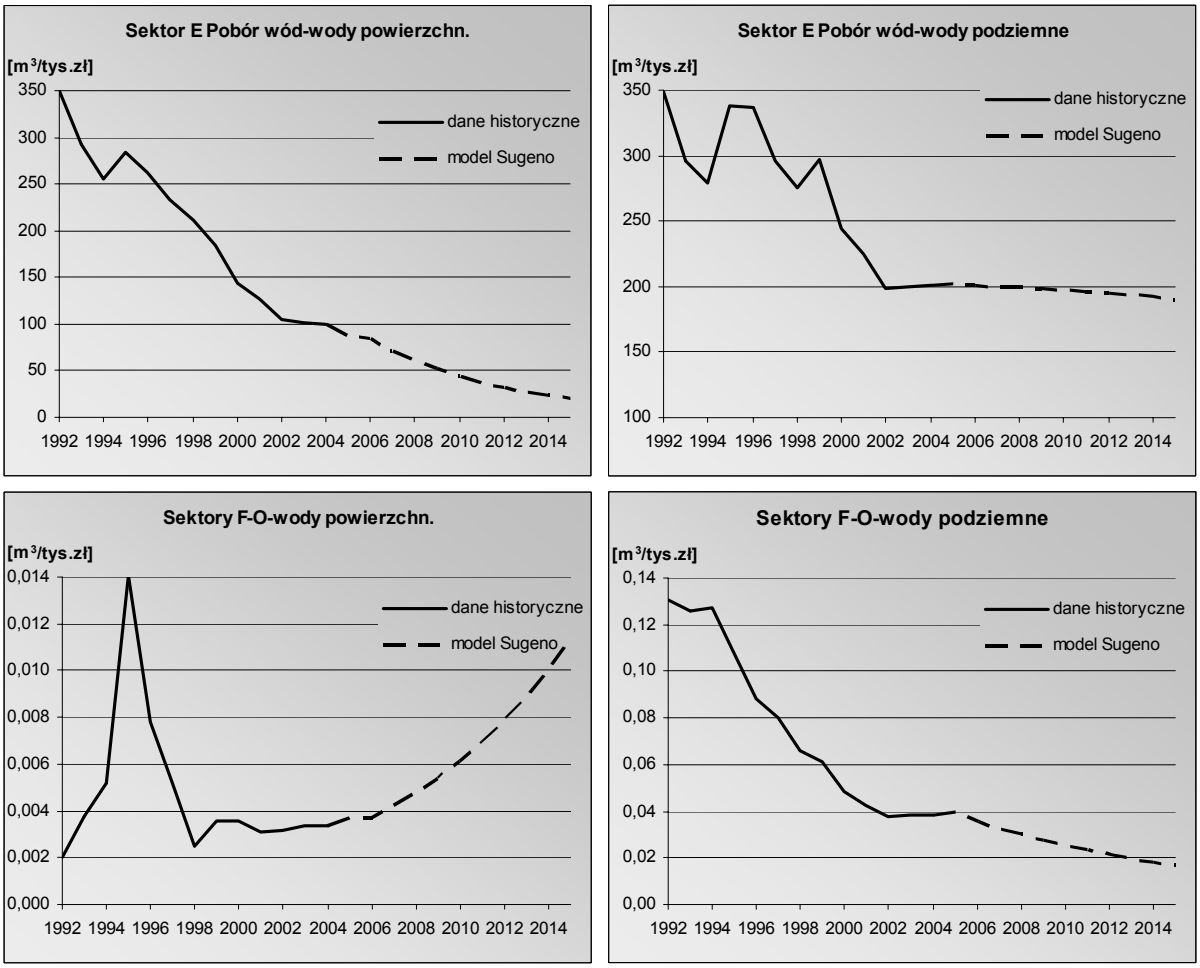
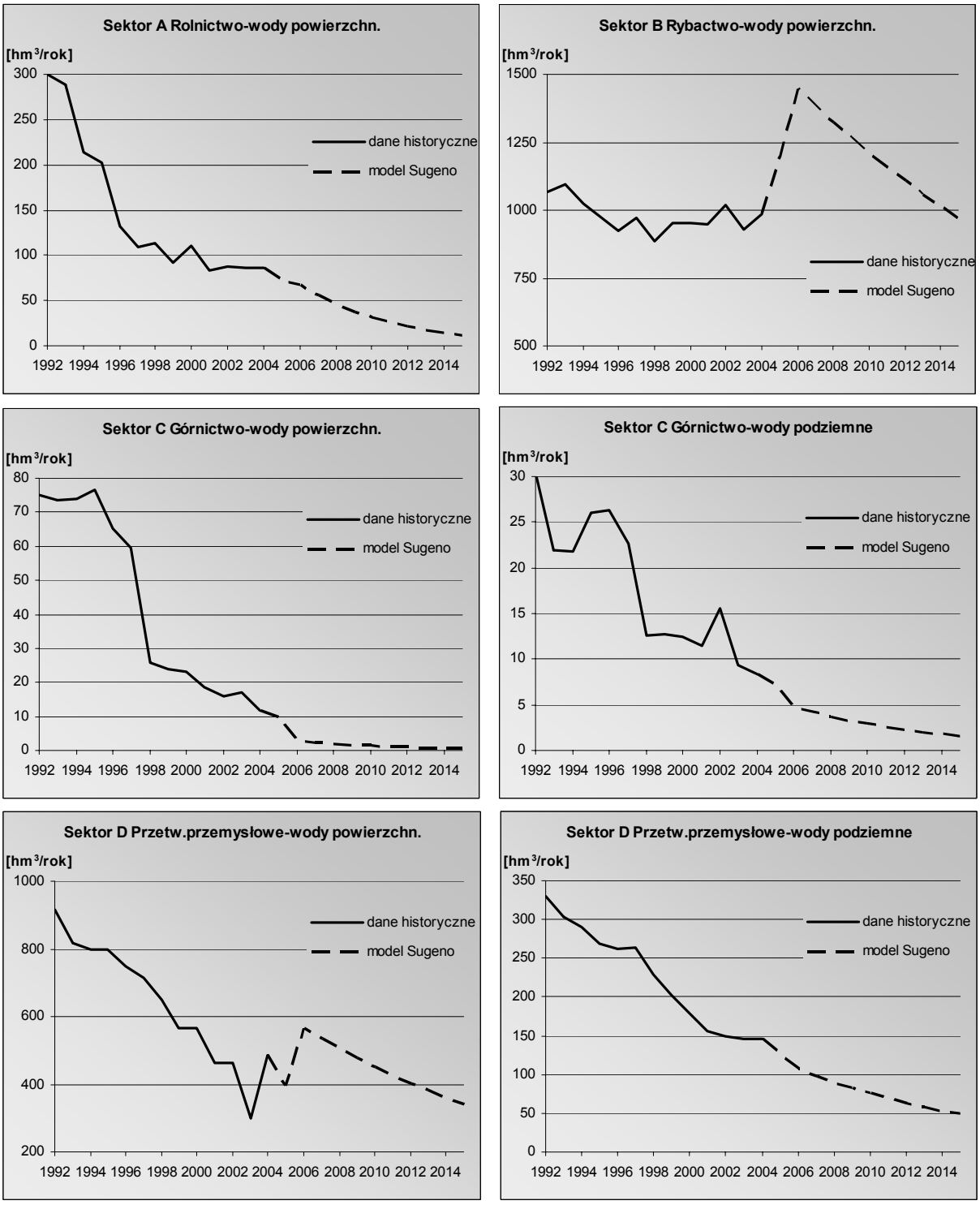


Tabela 45. Prognozowany pobór wód powierzchniowych i podziemnych

Lp.	Sektor		Dane historyczne	Prognozowany pobór wód powierzchniowych [hm³/rok]			
			2004	2007	2010	2015	*2015/2004*
1	Rolnictwo	A	86,20	55,49	31,24	11,92	***14%***
2	Rybactwo	B	985,20	1 383,52	1 211,29	967,28	***98%***
3	Górnictwo	C	11,80	2,30	1,44	0,68	***6%***
4	Przetw. przemysłowe	D	485,50	533,51	450,50	342,85	***71%***
5	Energetyka	E-en.	6 971,10	7 406,67	7 655,42	8 077,48	***116%***
6	Pobór wód	E-pob.	703,70	525,81	335,90	157,18	***22%***
7	Pozostałe	F-O	3,46	4,80	8,00	18,84	***545%***
8	OGÓŁEM		**9 246,96**	**9 912,10**	**9 693,79**	**9 576,22**	***104%***
Lp.	**Sektor**		**Dane historyczne**	**Prognozowany pobór wód podziemnych [hm³/rok]**			
			2004	**2007**	**2010**	**2015**	***2015/2004***
1	Rolnictwo	A	0,00	0,00	0,00	0,00	**--**
2	Rybactwo	B	0,00	0,00	0,00	0,00	**--**
3	Górnictwo	C	8,30	4,21	2,94	1,57	***19%***
4	Przetw. przemysłowe	D	145,80	98,27	75,82	49,25	***34%***
5	Energetyka	E-en.	25,20	25,29	23,82	21,79	***86%***
6	Pobór wód	E-pob.	1 411,40	1 469,06	1 491,82	1 528,04	***108%***
7	Pozostałe	F-O	39,91	37,17	33,25	27,46	***69%***
8	OGÓŁEM		**1 630,61**	**1 634,01**	**1 627,65**	**1 628,11**	***100%***

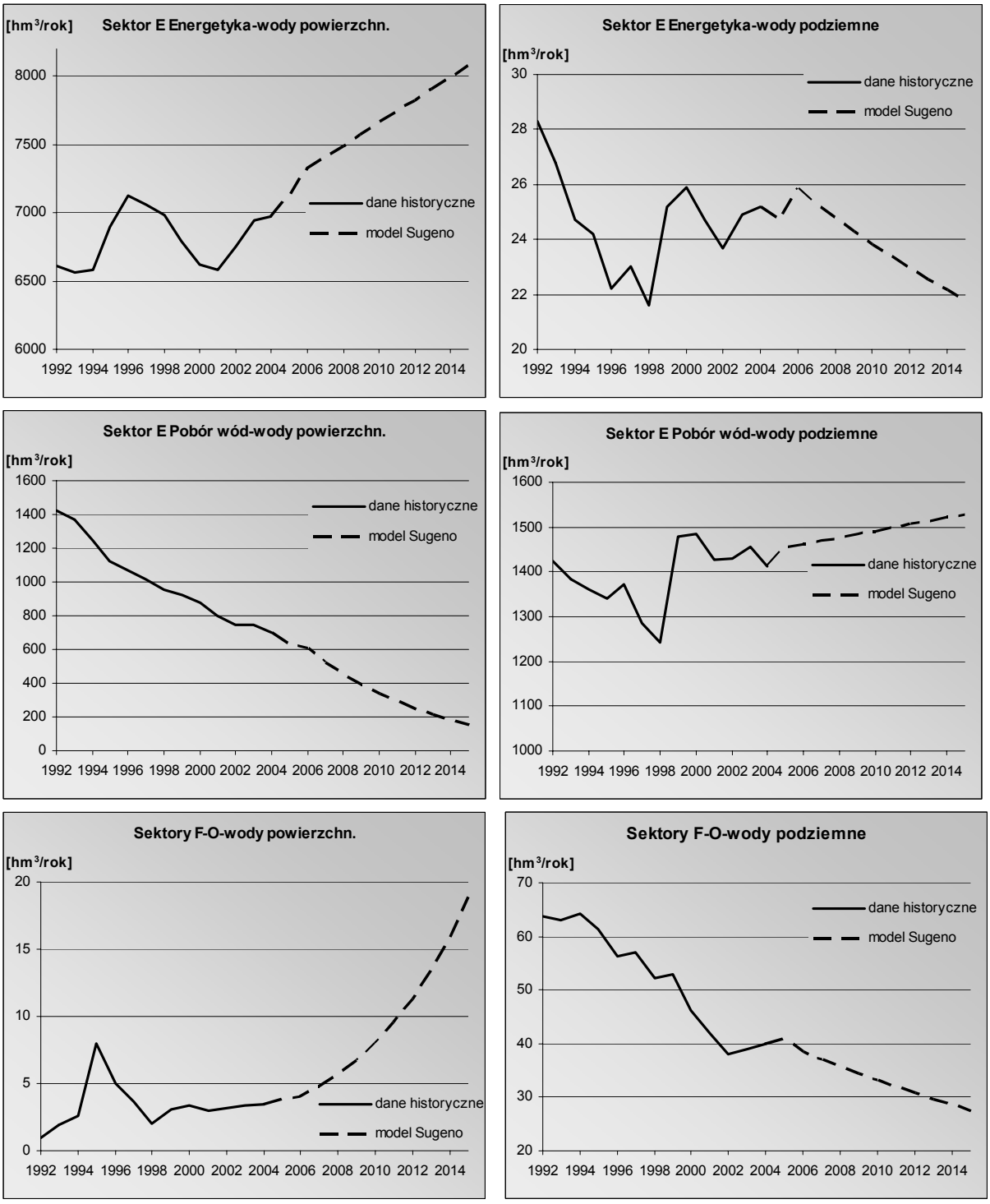
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 75. Prognoza poborów wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach: A rolnictwo, B rybactwo, C Górnictwo i D Przetwórstwo przemysłowe



BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 76. Prognoza poborów wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach: E-en. Energetyka, E-pob. Pobór wód i w grupie pozostałych sektorów F-O



Otrzymana prognoza poborów wód powierzchniowych i podziemnych oparta na modelach Sugeno zmienności wodochłonności w sektorach to: wzrost poborów z wód powierzchniowych o ok. 4% i prawie stały, niezmienny poziom poborów z wód podziemnych. Są to wartości całkowitego poboru realizowanego przez całą gospodarkę. Zmiany dotyczące poborów poszczególnych sektorów są dużo bardziej zróżnicowane. Największe zmiany w zakresie korzystania z wód powierzchniowych modele Sugeno prognozują w sektorach rolnictwo, górnictwo i pobór wód – prognozowane są bardzo wysokie spadki współczynników wodochłonności powodujące wysokie spadki w poborach o 80-90%. Wysokie zmiany w odwrotnym kierunku - wzrostu współczynnika wodochłonności prognozowane są w grupie sektorów F-O i w związku z tym prognozuje się również wysoki wzrost poboru w tych sektorach.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Natomiast wodochłonność wód podziemnych ulegnie, wg modeli Sugeno, ulegnie obniżeniu we wszystkich sektorach – znacząco w górnictwie i przetwórstwie przemysłowym – o ok. 80%, w sektorach F-O o ok. 55%, w energetyce 25% i w sektorze E-pobór wód spadki współczynników wodochłonności będą rzędu 5%. Takie zmiany w wodochłonności spowodują, przy wzroście produkcji, wzrost poborów w sektorze E-pobór wód o 8%, niskie spadki w sektorach E-En. o 14%, a w pozostałych sektorach pobory obniżą się znacznie o 30% w sektorach F-O, o 65% w sektorze przemysłu D, a w górnictwie o ponad 80%.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

4.3.3. Porównanie prognoz zużycia zasobów wodnych otrzymanych z przyjętych technik modelowania wodochłonności – ekonometrycznych i wnioskowania rozmytego

Zmienność wodochłonności poszczególnych sektorów gospodarki została zamodelowana przy użyciu trzech technik: modelowania ekonometrycznego (modele trendu czasowego oraz regresji wielorakiej), modelowania rozmytego wg architektury Mamdaniego oraz architektury Takagi-Sugeno. Każda z technik dała inne wartości współczynników wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych oraz w związku z tym inne wartości poborów wód. W niniejszym rozdziale zostaną porównane otrzymane wyniki.

W celu porównania jakości modeli obliczono, na podstawie danych historycznych i wartości otrzymanych z modeli:

- średni błąd kwadratowy wg wzoru:

$$\delta = \frac{\left(b - \tilde{b}\right)^2}{n},$$

gdzie: b – wartości rzeczywiste, historyczne współczynnika wodochłonności,
$\tilde{b}$ – wartości współczynnika wodochłonności otrzymane z modelu,
n – liczba obserwacji,

- średni błąd względny wg wzoru:

$$s = \frac{\sqrt{\delta}}{\bar{b}},$$

gdzie: $\bar{b}$ – średni współczynnik wodochłonności (z danych historycznych).

Tabela 46. Średni błąd kwadratowy i błąd względny dla poszczególnych technik modelowania wodochłonności w sektorach gospodarki

modele współczynników wodochłonności wód powierzchniowych

Lp.	Sektor		Średni błąd kwadratowy			Średni błąd względny		
			modele Mamdaniego	modele Sugeno	modele ekonometr.	modele Mamdaniego	modele Sugeno	modele ekonometr.
1	Rolnictwo	A	0,025	0,031	0,062	10%	11%	15%
2	Rybactwo	B	26186	33175	49020	12%	13%	16%
3	Górnictwo	C	0,032	0,039	–*	15%	17%	–
4	Przetw. przemysłowe	D	0,028	0,029	0,017	12%	12%	9%
5	Energetyka	E-en.	25	5	20	4%	2%	3%
6	Pobór wód	E-pob.	523	993	607	12%	16%	13%
7	Pozostałe	F-O	0,000004	0,000010	–*	41%	66%	–

modele współczynników wodochłonności wód podziemnych

Lp.	Sektor		Średni błąd kwadratowy			Średni błąd względny		
			modele Mamdaniego	modele Sugeno	modele ekonometr.	modele Mamdaniego	modele Sugeno	modele ekonometr.
1	Górnictwo	C	0,0108	0,0112	–*	21%	21%	–
2	Przetw. przemysłowe	D	0,0010	0,0013	0,0003	6%	7%	3%
3	Energetyka	E-en.	0,00088	0,00046	0,00082	6%	4%	6%
4	Pobór wód	E-pob.	340	428	632	7%	8%	9%
5	Pozostałe	F-O	0,0000234	0,0000061	0,0000342	7%	3%	8%

* - dla sektorów C i F-O nie oszacowano modeli statystycznych

Modele oparte na wnioskowaniu rozmytym dają, biorąc pod uwagę wartości obliczonych błędów, porównywalne wyniki do modeli ekonometrycznych. Wśród oszacowanych 9 modeli ekonometrycznych tylko w dwóch przypadkach – modeli współczynników wód podziemnych sektora D i E-en. odpowiadające im modele rozmyte dały gorsze rezultaty. W pozostałych przypadkach dopasowanie modeli rozmytych do danych historycznych jest lepsze –

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

obliczone wartości błędów są niższe, a wśród dwóch zastosowanych typów modeli rozmytych lepsze wyniki osiągają modele Mamdaniego.

Dopasowanie modeli zmienności współczynników można również ocenić na Rysunkach 77-79, na których zostały wykreślone wartości oszacowanych współczynników wodochłonności. Oprócz wartości obliczonych dla okresu historycznego 1993-2004, wykreślono również wartości prognoz współczynników w okresie 2005-2015, wartości te zestawiono także poniżej w Tabeli 47.

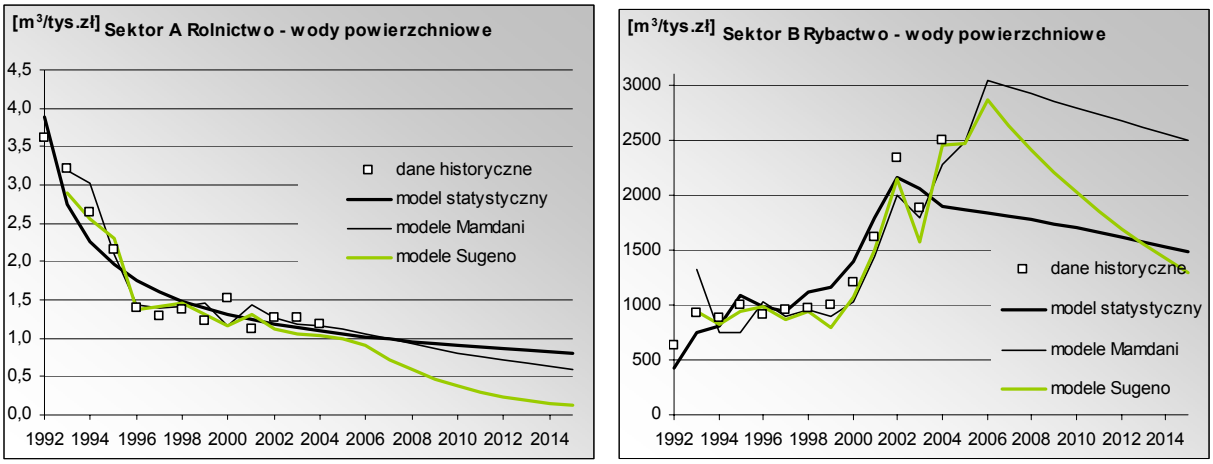
Tabela 47. Porównanie wyników trzech technik modelowania wodochłonności w sektorach gospodarki
prognoza współczynników wodochłonności wód powierzchniowych na rok 2015

Lp.	Sektor		współczynniki z 2004 r.	modele ekonometryczne	modele Mamdaniego	modele Takagi-Sugeno
1	Rolnictwo	A	1,1919	0,8042	0,5859	0,1244
2	Rybactwo	B	2 494,1772	1 486,8321	2 497,3492	1 297,5020
3	Górnictwo	C	0,3530	-	0,0633	0,0203
4	Przetw. przemysłowe	D	0,8118	0,2828	0,2483	0,3815
5	Energetyka	E-en.	110,4739	90,1597	89,3927	110,7269
6	Pobór wód	E-pob.	100,0683	107,1136	51,4637	19,5959
7	Pozostałe	F-O	0,0033	-	0,0039	0,0114

prognoza współczynników wodochłonności wód podziemnych na rok 2015

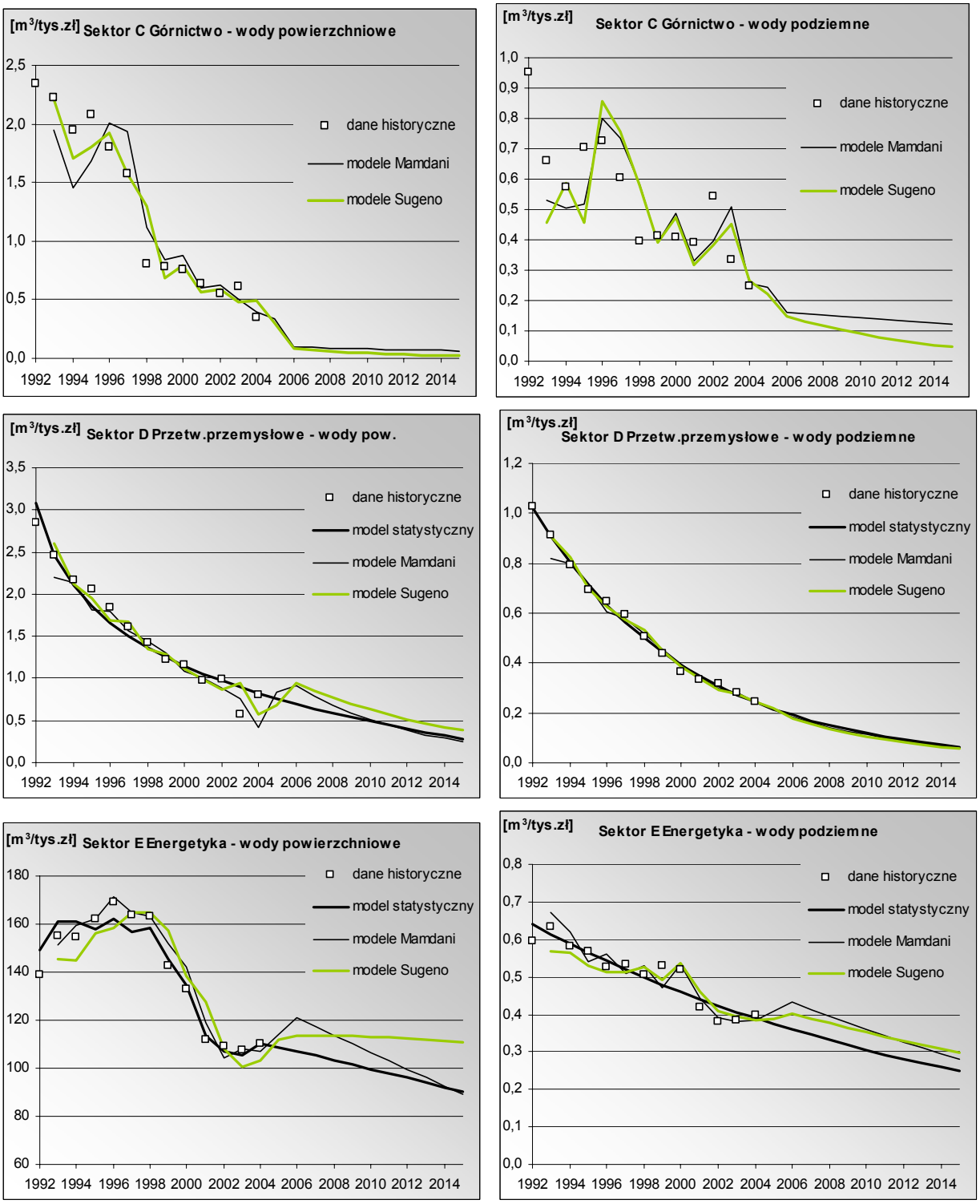
Lp.	Sektor		współczynniki z 2004 r.	modele ekonometryczne	modele Mamdaniego	modele Takagi-Sugeno
1	Rolnictwo	A	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	Rybactwo	B	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	Górnictwo	C	0,2483	-	0,1237	0,0471
4	Przetw. przemysłowe	D	0,2438	0,0650	0,0619	0,0548
5	Energetyka	E-en.	0,3994	0,2478	0,2814	0,2987
6	Pobór wód	E-pob.	200,7053	126,1659	162,2647	190,5010
7	Pozostałe	F-O	0,0385	0,0085	0,0113	0,0166

Rysunek 77. Porównanie wyników trzech technik modelowania współczynników wodochłonności wód powierzchniowych dla sektorów A rolnictwo i B rybactwo



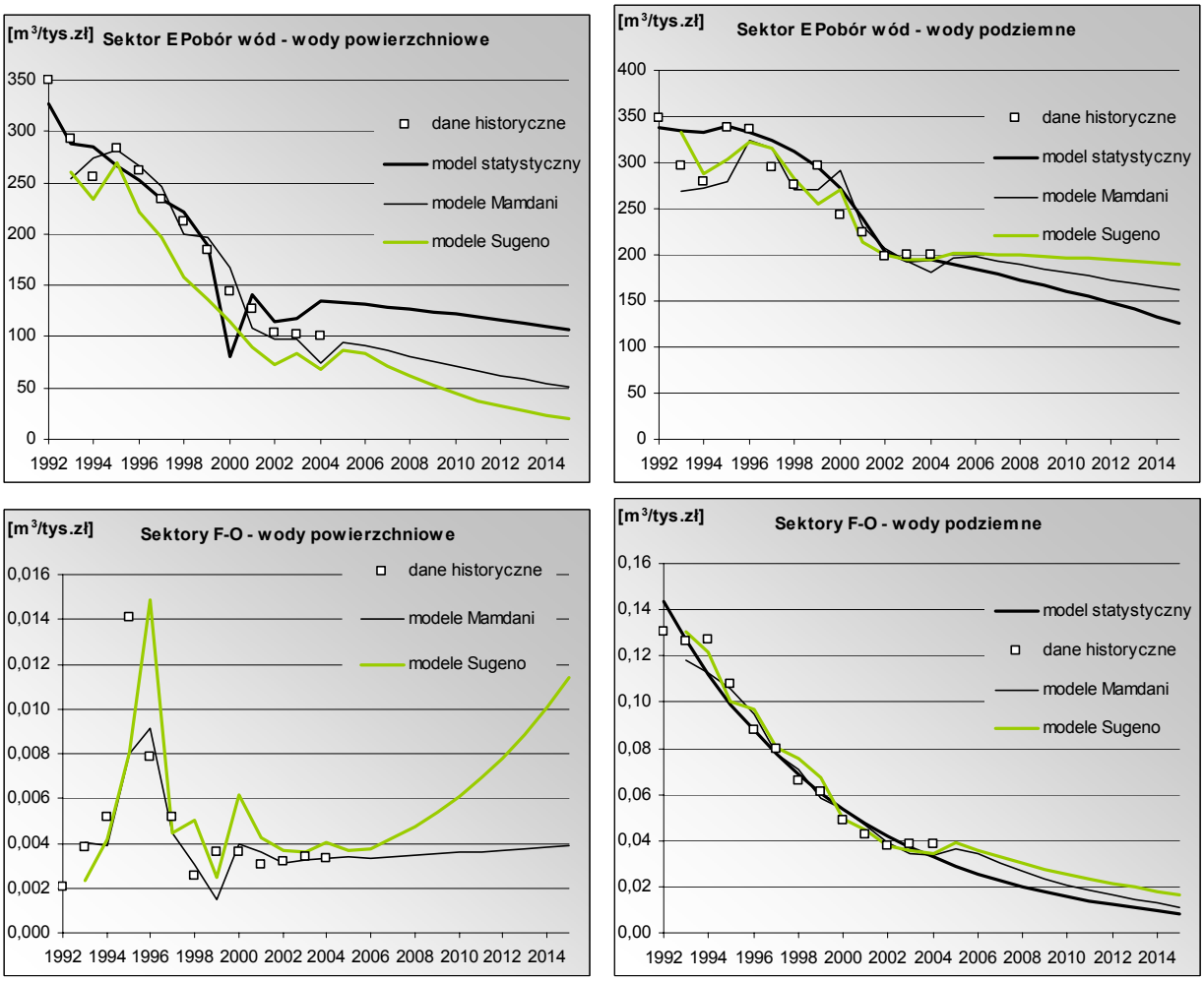
BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 78. Porównanie wyników trzech technik modelowania współczynników wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych dla sektorów C górnictwo, D przetwórstwo przemysłowe i E energetyka



BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 79. Porównanie wyników trzech technik modelowania współczynników wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych dla sektora E pobór wód i grupy sektorów F-O



Generalnie wszystkie techniki modelowania potwierdzają istnienie istotnej zmienności współczynników wodochłonności w czasie, głównie są to tendencje spadkowe. Zastosowane techniki pozwoliły sformułowanie modeli tych zmian, ich jakość – dopasowanie modeli do danych historycznych oraz jakość otrzymywanych dzięki nim prognoz jest w dużej mierze pochodną niskiej liczebności zbioru danych historycznych, na których modele były estymowane.

W poszczególnych sektorach otrzymano następujące wyniki modelowania zmienności współczynników wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych:

- sektor A rolnictwo
  - ➢ zmiany historyczne współczynnika wodochłonności wód powierzchniowych: w latach 1992-2004 spadek o 67% (w tym w latach 2000-2004 o 21%),
  - o model ekonometryczny – trend czasowy opisany funkcją potęgową: w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004r.) o 33%,
  - o model Mamdaniego zmienności współczynnika: w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004r.) o 51%,
  - o model Takagi-Sugeno zmienności współczynnika: w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004r.) o 90%,
  - o wnioski i rekomendacja: w sektorze rolnictwa w analizowanym historycznym okresie widoczne były znaczne tendencje spadkowe, wyraźne również w ostatnim 5-cioleciu, modele wo-

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

dochłonności zbudowane na podstawie tych danych dają więc prognozy dalszych spadków w zależności od przyjętej techniki w horyzoncie prognozy - 11 lat spadki te wynoszą 33, 51 i 90%. Żaden z tych modeli nie odzwierciedla zmian, jakie prawdopodobnie nastąpią w rolnictwie – eksperci prognozują bowiem wzrost wodochłonności, która jest bardzo niska jak na standardy europejskie.

- sektor B rybactwo
  - zmiany historyczne współczynnika wodochłonności wód powierzchniowych:
    w latach 1992-2004 wzrost o 295% (w tym w latach 2000-2004 o 107%),
  - model ekonometryczny – regresja liniowa w zależności od zużycia pośredniego:
    w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 40%,
  - model Mamdaniego zmienności współczynnika:
    w 2015 r. bez zmian w stosunku do 2004 r. – 0%,
  - model Takagi-Sugeno zmienności współczynnika:
    w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 48%,
  - wnioski i rekomendacja: w tym sektorze istnieje wyraźny ciągły wzrost wodochłonności związany z rozwojem tego sektora i zmianami w charakterze hodowli – rozwija się akwakultura pstrąga o wysokich wartościach wodochłonności, modele wodochłonności zbudowane na podstawie tych danych, powinny dawać prognozy dalszych wzrostów.
- sektor C górnictwo
  - zmiany historyczne współczynnika wodochłonności wód powierzchniowych:
    w latach 1992-2004 spadek o 85% (w tym w latach 2000-2004 o 53%),
  - model ekonometryczny – nie dopasowano żadnego modelu,
  - model Mamdaniego zmienności współczynnika:
    w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 82%,
  - model Takagi-Sugeno zmienności współczynnika:
    w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 94%,
  - zmiany historyczne współczynnika wodochłonności wód podziemnych:
    w latach 1992-2004 spadek o 74% (w tym w latach 2000-2004 o 40%),
  - model ekonometryczny – nie dopasowano żadnego modelu,
  - model Mamdaniego zmienności współczynnika:
    w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 52%,
  - model Takagi-Sugeno zmienności współczynnika:
    w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 82%,
  - wnioski i rekomendacja: w tym sektorze istnieje wyraźny spadek wodochłonności związany z regresją gospodarczą górnictwa, wyniki otrzymane w modelach Mamdaniego i Sugeno mówiące o spadkach 80-90% w horyzoncie prognozy 11 lat są prawdopodobnie obarczone błędem (modele te nie są dobrze dopasowane), ale na pewno w najbliższych latach spodziewać się można dalszych spadków wodochłonności w tym sektorze,
- sektor D przetwórstwo przemysłowe
  - zmiany historyczne współczynnika wodochłonności wód powierzchniowych:
    w latach 1992-2004 spadek o 72% (w tym w latach 2000-2004 o 30%),
  - model ekonometryczny – trend czasowy spadkowy opisany funkcją logarytmiczną,
    w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 65%,
  - model Mamdaniego zmienności współczynnika:
    w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 69%,

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

  - model Takagi-Sugeno zmienności współczynnika:
    w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 53%,
- zmiany historyczne współczynnika wodochłonności wód podziemnych:
  w latach 1992-2004 spadek o 76% (w tym w latach 2000-2004 o 33%),
  - model ekonometryczny – trend czasowy spadkowy opisany funkcją wykładniczą,
    w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 73%,
  - model Mamdaniego zmienności współczynnika:
    w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 75%,
  - model Takagi-Sugeno zmienności współczynnika:
    w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 78%,

- sektor E energetyka
  - zmiany historyczne współczynnika wodochłonności wód powierzchniowych:
    w latach 1992-2004 spadek o 21% (w tym w latach 2000-2004 o 17%),
    - model ekonometryczny – model regresji liniowej w zależności od zużycia pośredniego,
      w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 18%,
    - model Mamdaniego zmienności współczynnika:
      w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 19%,
    - model Takagi-Sugeno zmienności współczynnika:
      w 2015 r. na poziomie 2004 r.,
  - zmiany historyczne współczynnika wodochłonności wód podziemnych:
    w latach 1992-2004 spadek o 33% (w tym w latach 2000-2004 o 23%),
    - model ekonometryczny – model trendu spadkowego opisany funkcją wykładniczą,
      w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 36%,
    - model Mamdaniego zmienności współczynnika:
      w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 27%,
    - model Takagi-Sugeno zmienności współczynnika:
      w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 22%,

- sektor E pobór wód
  - zmiany historyczne współczynnika wodochłonności wód powierzchniowych:
    w latach 1992-2004 spadek o 71% (w tym w latach 2000-2004 o 30%),
    - model ekonometryczny – model regresji liniowej w zależności od zużycia pośredniego i współczynnika charakteryzującego poziom nakładów inwestycyjnych,
      w 2015 r. wzrost (w stosunku do 2004 r.) o 7%,
    - model Mamdaniego zmienności współczynnika:
      w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 49%,
    - model Takagi-Sugeno zmienności współczynnika:
      w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 80%,
  - zmiany historyczne współczynnika wodochłonności wód podziemnych:
    w latach 1992-2004 spadek o 42% (w tym w latach 2000-2004 o 18%),
    - model ekonometryczny – model regresji liniowej w zależności od produkcji globalnej,
      w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 35%,
    - model Mamdaniego zmienności współczynnika:
      w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 10%,
    - model Takagi-Sugeno zmienności współczynnika:
      w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 2%,

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

otrzymano następujące wartości sumarycznego poboru (z wód powierzchniowych i podziemnych):

wg modelu statystycznego 2073hm^3/rok
wg modeli Mamdaniego 1860hm^3/rok
wg modelu TS 1685hm^3/rok

a po przeliczeniu na 1 mieszkańca (przy prognozie ludności 37 626 tys. os.):

wg modelu statystycznego 151 l/d
wg modeli Mamdaniego 136 l/d
wg modelu TS 123 l/d

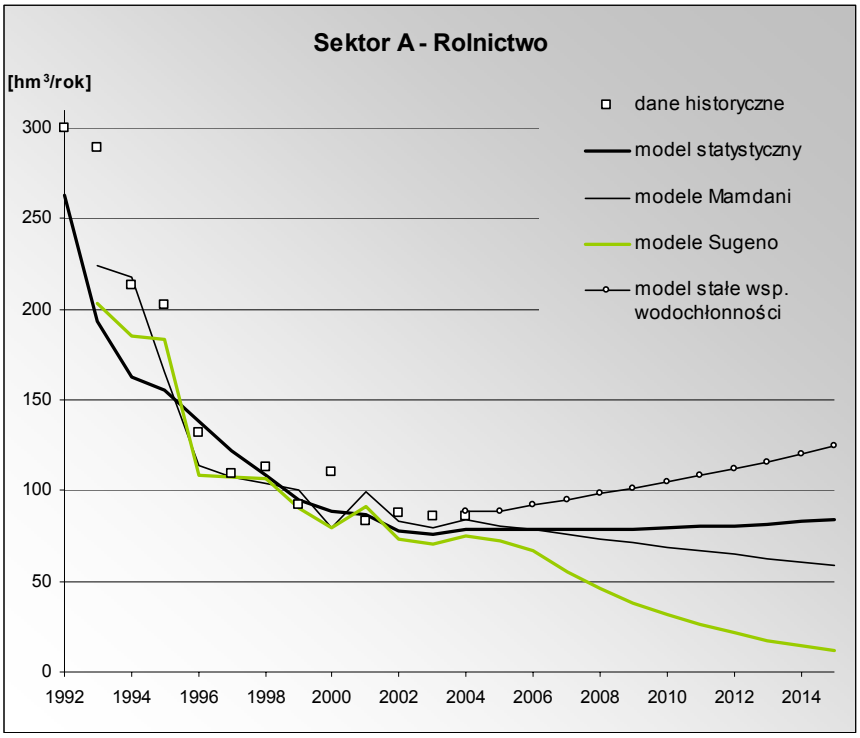
Ten sam wskaźnik obliczony dla 2004 r. wynosi 152 l/d, stąd odnosząc do tej wartości otrzymane projekcje poborów tego sektora wydaje się, że wszystkie modele dają wyniki akceptowalne.

- sektory pozostałe F-O
  - zmiany historyczne współczynnika wodochłonności wód powierzchniowych: w latach 1992-2004 wzrost o 63% (w tym w latach 2000-2004 spadek o 7%),
  - model ekonometryczny – nie dopasowano żadnego modelu,
  - model Mamdaniego zmienności współczynnika: w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 16%,
  - model Takagi-Sugeno zmienności współczynnika: w 2015 r. wzrost (w stosunku do 2004 r.) o 241%,
  - zmiany historyczne współczynnika wodochłonności wód podziemnych: w latach 1992-2004 spadek o 71% (w tym w latach 2000-2004 o 21%),
  - model ekonometryczny – model trendu opisany funkcją wykładniczą, w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 74%,
  - model Mamdaniego zmienności współczynnika: w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 67%,
  - model Takagi-Sugeno zmienności współczynnika: w 2015 r. spadek (w stosunku do 2004 r.) o 52%,

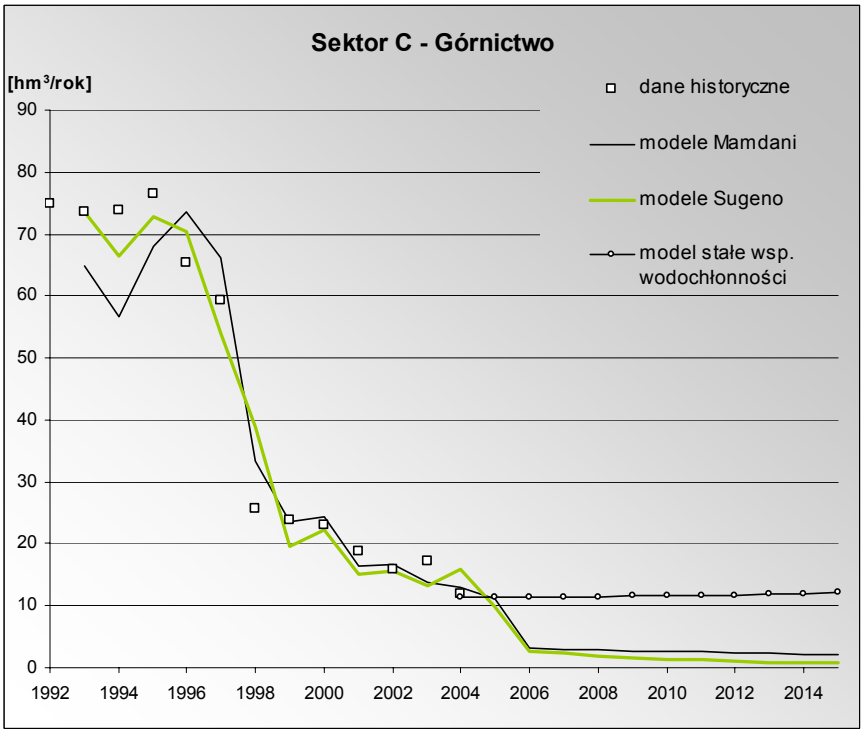
Wśród trzech zaproponowanych technik modelowania wodochłonności autorka rekomenduje modelowanie oparte na wnioskowaniu rozmytym na modelach Mamdaniego. Modele tego typu dość dobrze odzwierciedlają trendy historyczne (i dają więcej możliwości niż techniki ekonometryczne - zależności między zmiennymi mogą być nieliniowe i różne dla poszczególnych przedziałów zmienności zmiennych wejściowych). Mają również tą zaletę, że opis zależności między zmiennymi wejściowymi i wyjściowymi można rozszerzać o dodatkowe zewnętrzne, niepochodzące z historii informacje – wiedzę ekspercką. Modele Takagi-Sugeno wymagają znajomości zależności między wodochłonnością i przyjętymi zmiennymi wejściowymi lub w przypadku ich nieznajomości – oszacowania tych zależności (np. przez sieć neuronową – co zastosowano w niniejszej pracy). Z uwagi na niską liczebność danych historycznych, na których prowadzono estymacje, otrzymane modele są słabo dopasowane do danych historycznych i dają w niektórych sektorach prognozy o bardzo wysokiej zmienności wodochłonności, odbiegające od dotychczasowej, obserwowanej dynamiki zmian.

Wyżej wymienione modele zmienności wodochłonności dały znacznie różniące się prognozy poborów wód powierzchniowych i podziemnych. Dla porównania otrzymywanych wartości prognoz poborów, wykonano także symulację zapotrzebowania na wodę gospodarki przy założeniu, że współczynniki wodochłonności utrzymają się w całym okresie prognozy na poziomie wielkości z 2004 r.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

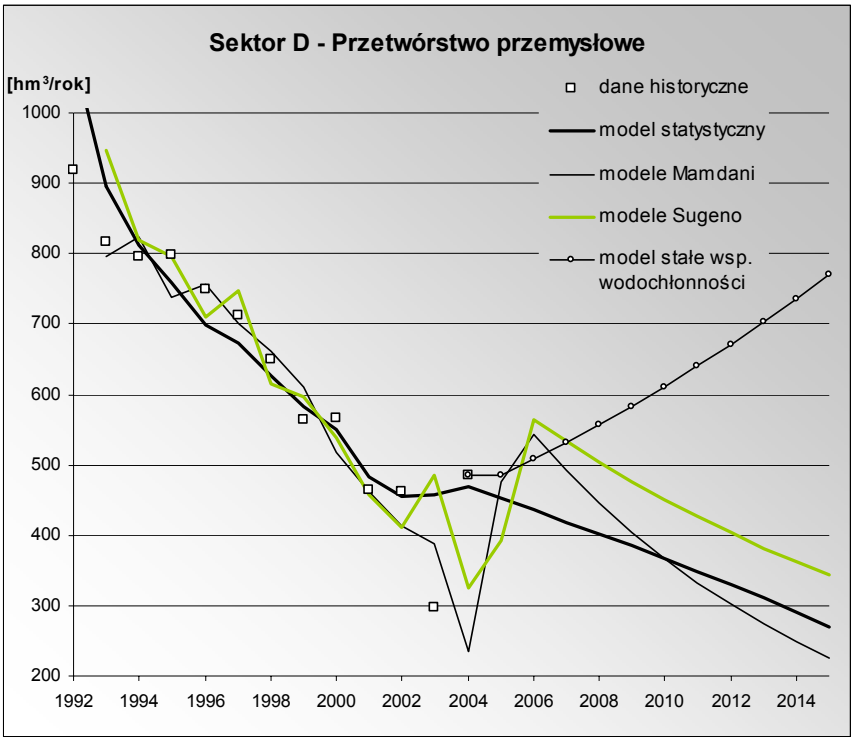


Rysunek 80. Porównanie wyników prognozowania poborów wód powierzchniowych w sektorze A wg modeli wodochłonności: statystycznego, Mamdaniego, Takagi-Sugeno oraz modelu o stałych współczynnikach wodochłonności.



Rysunek 81. Porównanie wyników prognozowania poborów wód powierzchniowych w sektorze C wg modeli wodochłonności: Mamdaniego, Takagi-Sugeno oraz modelu o stałych współczynnikach wodochłonności.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ



Rysunek 82. Porównanie wyników prognozowania poborów wód powierzchniowych w sektorze D wg modeli wodochłonności: statystycznego, Mamdaniego, Takagi-Sugeno oraz modelu o stałych współczynnikach wodochłonności.

Tabela 48. Porównanie prognoz poborów wód otrzymanych z modeli

Pobór wód powierzchniowych w 2015 r. [hm³/rok]

Lp.	Sektor		stałe współczynniki 2004 r.	model statystyczny	modele Mamdaniego	modele Takagi-Sugeno
1	Rolnictwo	A	124,32	83,88	59,03	11,92
2	Rybactwo	B	1 969,83	1 174,26	1 885,49	967,28
3	Górnictwo	C	12,05	12,05	2,14	0,68
4	Przetw. przemysłowe	D	771,10	268,64	225,03	342,85
5	Energetyka	E-en.	10 669,30	7 915,82	7 607,97	8 077,48
6	Pobór wód	E-pob.	889,08	951,67	447,95	157,18
7	Pozostałe	F-O	5,83	5,83	6,47	18,84
8	**OGÓŁEM**		**14 441,49**	**10 412,15**	**10 234,09**	**9 576,22**

Pobór wód podziemnych w 2015 r. [hm³/rok]

Lp.	Sektor		stałe współczynniki 2004 r.	model statystyczny	modele Mamdaniego	modele Takagi-Sugeno
1	Rolnictwo	A	0,00	0,00	0,00	0,00
2	Rybactwo	B	0,00	0,00	0,00	0,00
3	Górnictwo	C	8,48	8,48	4,18	1,57
4	Przetw. przemysłowe	D	231,57	61,73	56,15	49,25
5	Energetyka	E-en.	35,06	21,76	23,95	21,79
6	Pobór wód	E-pob.	1 783,21	1 120,95	1 412,39	1 528,04
7	Pozostałe	F-O	67,28	14,87	18,82	27,46
8	**OGÓŁEM**		**2 125,59**	**1 227,77**	**1 515,49**	**1 628,11**

Przy stałych (na poziomie 2004 r.) współczynnikach wodochłonności, zmiana w poborach jest zależna jedynie od zmiany poziomu produkcji, a ponieważ ogólnie dla całej gospodarki prognozowany jest wzrost produkcji globalnej, to pobory także wzrosną. Wzrost poboru nie będzie jednak tak wysoki jak ogólnej produkcji całej gospodarki (corocznie 5% - czyli w ciągu 11 lat ok. 60-70%), ponieważ rozwój gospodarczy nie jest taki sam dla wszystkich sektorów, np. dla sektora C prognozowany jest spadek produkcji (a tym samym spadek poboru), a dla sektora E (najbardziej wodochłonnego w całej gospodarce) prognozuje się 3% dynamikę produkcji na te lata.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Największe różnice pomiędzy wynikami symulacji wodochłonności gospodarki wg stałych współczynniki z 2004 r. i współczynników zużycia wody z modeli są widoczne w poborach wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach D, E-energetyka i E-pobór wod. Współczynniki wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych tych sektorów mają kluczowy wpływ na prognozowane wartości poborów. Dynamika współczynników zużycia wód powierzchniowych i podziemnych w ww. sektorach jest prognozowana jako malejąca – co powoduje znaczne zmniejszenie poboru w 2015 r. w tych sektorach.

Otrzymane wartości sumarycznych poborów wód powierzchniowych i podziemnych w 2015 r. wynoszą: z modelu o stałych współczynnikach 16 500 hm^3/rok, z modelu statystycznego – 11 600 hm^3/rok, z modeli Mamdaniego – 11 700 hm^3/rok, z modeli Sugeno – 11 100 hm^3/rok. Wyniki te nie są alarmujące, w latach 80-tych pobory wynosiły ok. 15 500 hm^3 rocznie. Dlatego na podstawie otrzymanych wartości poborów i ich porównania z maksymalnymi wartościami historycznymi można stwierdzić, że zasoby wodne oraz istniejąca infrastruktura techniczna powinny być wystarczające dla pokrycia zapotrzebowania na wodę prognozowanego na 2015 r. Trzeba jednak podkreślić, że prognoza ma zasięg obszarowy kraju i na poziomie bardziej szczegółowym – w poszczególnych regionach wodnych czy zlewniach mogą wystąpić tendencje odmienne od wartości średnich krajowych i tam rozwój gospodarczy może się spotkać z barierą niewystarczających zasobów wodnych i/lub infrastruktury technicznej.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

5. WNIOSKI I PODSUMOWANIE

WNIOSKI:

I. Analiza ekonomiczna gospodarowania wodami wymaga wykonania szeregu ocen dot. ekonomii, gospodarki wodnej i in. z wyróżnieniem grup użytkowników – sektorów gospodarki.
Ważnym elementem analizy ekonomicznej jest prognoza korzystania z zasobów wodnych, w tym prognoza zapotrzebowania na wodę. Prognoza poborów wody powinna być opracowana dla gospodarki w podziale na sektory i powinna uwzględniać prognozy rozwoju gospodarczego.
Biorąc pod uwagę powyższe, naturalną sugestią jest wykorzystanie w analizie ekonomicznej gospodarowania wodami rozszerzonego modelu input-output, który jest sektorowym modelem ekonomiczno-ekologicznym umożliwiającym: modelowanie i prognozowanie gospodarcze (model input-output) oraz gospodarczo-ekologiczne (rozszerzony model input-output).

II. Zastosowanie modelu input-output w analizie ekonomicznej gospodarowania wodami ułatwia analizę gospodarki pod względem ekonomiczno-gospodarczym w podziale na sektory.
Opierając się na modelu Leontief'a można badać wzajemne zależności pomiędzy gałęziami gospodarki i ich powiązania w tzw. łańcuchu produkcji, można typować sektory kluczowe, których rozwój powoduje ogólny wzrost gospodarczy.

III. Model input-output umożliwia również przeprowadzanie symulacji różnych wariantów rozwoju gospodarczego – rozwoju wybranych sektorów gospodarki i dzięki temu umożliwia ocenę wpływu poszczególnych sektorów na wzrost całej gospodarki. Możliwość budowy własnych wariantów rozwoju gospodarczego ma duże znaczenie przy planowaniu regionalnym, gdyż zwykle dostępne są ogólnokrajowe prognozy rozwoju gospodarczego, które nie mogą być wprost przenoszone na niższy poziom choćby ze względu na specyfikę gospodarki regionu. Utworzenie regionalnej tablicy input-output daje możliwość budowania modeli regionalnej gospodarki i tworzenia prognoz rozwoju gospodarczego regionu.

IV. Analiza wodochłonności gospodarki w oparciu o model 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.

V. Analiza danych historycznych dot. poborów wody, produkcji oraz współczynników zużycia wód dla potrzeb produkcji wykazuje dużą zmienność wodochłonności wszystkich sektorów gospodarki, której nie można pomijać przy budowie prognoz zapotrzebowania na wodę. (Dane statyczne, w tym najnowsze, pokazują, że w wielu sektorach wzrostowi produkcji towarzyszy spadek poborów wody).

VI. Połączenie modelu input-output z modelami zmienności wodochłonności poszczególnych sektorów to połączenie dwóch wielkości – prognozy produkcji i prognozy wodochłonności – iloczyn tych dwóch wielkości daje prognozę zapotrzebowania na wodę w podziale na sektory uwzględniającą rozwój gospodarczy i sektorową dynamikę wodochłonności.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

VII. W pracy podjęto próbę modelowania wodochłonności poszczególnych sektorów gospodarki przy użyciu technik ekonometrycznych oraz technik wykorzystujących wnioskowanie rozmyte. Przyjęte techniki potwierdzają istnienie i dają możliwość zamodelowania zmienności współczynników wodochłonności w czasie. Zmiany wodochłonności mają dla większości sektorów gospodarki charakter spadkowy. Zastosowane techniki pozwoliły sformułowanie modeli tych zmian, ich jakość – dopasowanie modeli do danych historycznych oraz jakość otrzymywanych dzięki nim prognoz jest w dużej mierze pochodną niskiej liczebności zbioru danych historycznych, na których modele były estymowane.

VIII. Ekonometryczne modele zmienności wodochłonności zastosowane w pracy to modele regresji prostej (czasowej) i modele regresji wielorakiej. Modele regresji czasowej zastosowano w postaci funkcji liniowej i kilku nieliniowych (dających się linearyzować dla potrzeb metody najmniejszych kwadratów stosowanej do estymacji parametrów modeli), a modele regresji wielorakiej były przyjmowane w postaci zależności liniowej. Analiza zmian wodochłonności w sektorach i przeprowadzone prace nad estymacją ww. modeli prowadzą do wniosku, iż bardziej uzasadnione jest stosowanie modeli regresji wielorakiej – gdyż nie tylko czas wpływa na przebieg zmian i te inne czynniki mają znaczący wpływ na dynamikę wodochłonności. Modele regresji wielorakiej umożliwiają opisanie realnych zależności, a także umożliwiają symulację wpływu zmiennych wejściowych na poziom wodochłonności, co może być, przy odpowiednim doborze zmiennych, podstawą kształtowania polityki zarządzania zasobami wodnymi.

IX. W pracy z powodzeniem zastosowano do opisu zmienności wodochłonności modele wykorzystujące wnioskowanie rozmyte. Zaaplikowano dwa rodzaje modeli – modele Mamdaniego i Takagi-Sugeno TS.
Budowa modeli rozmytych o architekturze Mamdaniego jest pracochłonna, ponieważ estymacja parametrów modeli, dobór metod – strojenie modelu jest prowadzone metodą prób i błędów – wielokrotnych symulacji i kolejnych korekt. Budowa modelu wymaga szerokiej wiedzy eksperckiej na temat zmienności wodochłonności oraz wielkości wpływających na jej dynamikę.
Budowa modeli typu Takagi-Sugeno wymaga znajomości zależności funkcyjnych zmiennych wejściowych i wyjściowej (zależności wodochłonności od innych zmiennych). Z powodu braku znajomości tych zależności, budowy modeli TS dokonano przy zastosowaniu adaptacyjnych sieci neuronowych, które szacują parametry modelu (w tym parametry funkcji wy=f(we)) na podstawie danych historycznych. Estymacja parametrów modelu przy pomocy sieci neuronowych skraca czas strojenia modelu (w porównaniu do szacowania metodą prób i błędów). Jednakże w analizowanym przypadku – modelowania zmienności wodochłonności – wyraźnym ograniczeniem w stosowaniu tego rozwiązania jest mała liczebność danych historycznych dot. wodochłonności poszczególnych sektorów.

X. Zastosowane techniki ekonometryczne i oparte na wnioskowaniu rozmytym dały porównywalne dopasowanie modeli do danych historycznych. Przy czym modelowanie ekonometryczne, przy pomocy klasycznej metody najmniejszych kwadratów, wymaga założenia postaci matematycznej zależności wodochłonności od zmiennych objaśniających – czasu (w modelach regresji czasowej) i innych testowanych zmiennych (w modelach regresji wielorakiej). Dlatego powodzenie modelowania zależy od trafności przyjętego założenia o postaci funkcji, stąd zawsze przy estymacji modelu ekonometrycznego taką techniką istnieje niebezpieczeństwo, że nie zostanie wybrany prawidłowy rodzaj funkcji opisującej zależność zmiennych wejściowych i wyjścia.
Natomiast rozmyte modele nie wymagają znajomości postaci matematycznych zależności, a estymacja parametrów modelu rozmytego prowadzi w efekcie do otrzymania zwykle nieliniowej postaci zależności zmiennych.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

PODSUMOWANIE:

W pracy zaproponowano metodykę sporządzania wybranych elementów analizy ekonomicznej gospodarowania wodami przy wykorzystaniu rozszerzonego modelu input-output połączonego z modelami zmienności wodochłonności poszczególnych sektorów gospodarki. Koncepcja ta opiera się na rozszerzeniu oceny gospodarczej istotności i wodochłonności poszczególnych sektorów gospodarki o analizę wynikającą z powiązań między sektorowych w gospodarce, a w zakresie prognozowania zapotrzebowania na wodę obejmuje modelowanie i prognozowanie wodochłonności poszczególnych sektorów, a następnie połączenie tych modeli z modelem input-output w celu wyznaczenia prognoz poborów wody.

Do oryginalnych osiągnięć niniejszej pracy można zaliczyć:

- opracowanie metody prognozowania zapotrzebowania na wodę uwzględniającej rozwój gospodarczy i zmienność wodochłonności poprzez połączenie modelu input-output z modelami wodochłonności sektorów gospodarki,
- zastosowanie wnioskowania rozmytego do modelowania wodochłonności sektorów gospodarki;
- wyznaczenie, dla polskiej gospodarki, macierzy zużycia pośredniego wody i ocenę sektorów wg wartości zużycia pośredniego i zużycia całkowitego wody.

W rozprawie praktycznie wykazano, że zastosowanie tych modeli pozwala na:

1. kompleksową analizę i ocenę ekonomiczną gospodarki w podziale na sektory, w tym poprzez wyznaczenie wskaźników backward linkages i forward linkages oraz typowanie sektorów kluczowych gospodarki;
2. kompleksową analizę i ocenę wodochłonności gospodarki w podziale na sektory, w tym poprzez:
   - ocenę wodochłonności poszczególnych sektorów wg mnożników Leontiefa;
   - wyznaczenie macierzy zużycia pośredniego wody i ocenę sektorów wg wartości zużycia pośredniego i zużycia całkowitego wody;
3. prognozowanie zapotrzebowania na wodę poszczególnych sektorów gospodarki uwzględniające rozwój gospodarczy oraz zmienność wodochłonności poszczególnych sektorów gospodarki.

Tym samym postawioną w pracy tezę, iż ***zastosowanie modelu input-output pozwala na kompleksową ocenę wodochłonności oraz prognozowanie zapotrzebowania na wodę gospodarki w podziale na sektory*** można uznać za udowodnioną.

Przeprowadzone prace z pewnością nie wyczerpują tematyki i możliwości dalszych badań, za najważniejsze autorka uznaje:

- przetestowanie innych operatorów i metod stosowanych w modelach rozmytych wodochłonności;
- estymację modeli i przeprowadzenie obliczeń na większej liczbie danych (dołączenie najnowszych danych) oraz na innym (niż 1992-2004) okresie danych – np. obrazującym tylko ostatnie lata i porównanie oszacowanych tendencji,
- uwzględnienie zmienności macierzy czasowej Leontief'a, po ukazaniu się zapowiadanej tablicy przepływów międzygałęziowych z 2005 r. ,
- budowę modeli i prognoz dot. ilości ścieków oraz ładunków zanieczyszczeń wytwarzanych przez gospodarkę.

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

6. LITERATURA

[1]. Albino V., Dietzenbacher E., Kühtz S. – Analyzing materials and energy flows in an industrial district using an enterprise input-output model. Economic Systems Research Nr 15 2003

[2]. Allen R.G.D. – Ekonomia matematyczna, PWN Warszawa 1961

[3]. Analiza bodźcowych podatków proekologicznych w wybranych krajach zachodnich i możliwość ich wprowadzenia w Polsce. Synteza, praca na zamówienie Ministra Środowiska, praca zbiorowa pod red. J. Famielec, Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków, 2003

[4]. Analiza skuteczności działania instrumentów ekonomicznych ochrony środowiska w Polsce. Raport końcowy. Praca zbiorowa pod red. K. Górki, Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków, 1999

[5]. Andreosso-O'Callaghan B., Yue G. – Intersectoral Linkages and Key Sectors in China 1987–1997. Asian Economic Journal 2004, Vol. 18 No. 2, 2004

[6]. Begg D., Fisher S., Dornbusch R. – Ekonomia. Makroekonomia, PWE Warszawa 1997

[7]. Begg D., Fisher S., Dornbusch R. – Ekonomia. Mikroekonomia, PWE Warszawa 1998

[8]. Boć J., Nowacki K., Samborska-Boć E. – Ochrona środowiska, Kolonia Limited 2004

[9]. Bojarski A., Nachlik E., Kledyński Z., Żelazo. – Przekształcenia w inżynierii i gospodarce wodnej - problemy i zadania do rozwiązania, Gospodarka Wodna nr 6 2006

[10]. Bolc L., Cytowski J., Stacewicz P. – O logice i wnioskowaniu rozmytym, Prace IIPI PAN, Warszawa 1996

[11]. Bossel H. – Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications, A report to the Balaton Group, International Institute for Sustainable Development, Canada 1999

[12]. Cai J.; Leung P. – Linkage Measures: a Revisit and a Suggested Alternative Economic Systems Research, Vol. 16, No. 1, March 2004

[13]. Cai J., Leung P., Mak J. – Tourism's Forward and Backward Linkages. Journal of Travel Research, Vol. 45, August 2006, 36-52

[14]. Cardenete M.A.; Sancho F. – Missing Links in Key Sector Analysis. Economic Systems Research Volume 18, Number 3 / September 2006. p: 319 – 325

[15]. Chmielowski W. – Zastosowania optymalizacji w gospodarce wodnej. Podręcznik dla studentów wyższych szkół technicznych. Wydawnictwo PK, Kraków 2005

[16]. Czaja S., Fiodor B., Jakubczyk Z. – Ekologiczne uwarunkowania wzrostu gospodarczego w ujęciu współczesnej teorii ekonomii, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok Kraków, 1993

[17]. Czechowski L., Dziworska K. i in. – Projekty inwestycyjne – finansowanie, metody i procedury oceny, ODDK, Gdańsk, 1999

[18]. Czerwiński Z. – Matematyka na usługach ekonomii, PWE Warszawa 1984

[19]. Czerwiński Z., Guzik B. – Prognozowanie ekonomiczne, PWE Warszawa 1980

[20]. Czyżewski A. – Ochrona środowiska – rachunek strat i korzyści społecznych, Ludowa Spółdzielnia Wydawnicza, Warszawa 1981

[21]. Ćmiel A., Gurgul H. – Application of maximum entropy principle in key sector analysis. Systems Analysis, Modelling, Simulation SAMS, 2002, Vol. 42, pp. 1361–1376

[22]. Davar E. – Input-Output System Models: Leontief versus Ghosh, paper on: The 15th International Input-Output Conference, Beijing, China, 2005

[23]. Diagnoza gospodarki wodnej w Polsce, praca zbiorowa pod kier. E. Nachlik; Monografia nr 319, Monografie Politechniki Krakowskiej, Seria Inżynieria Środowiska, Kraków 2004

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

[24]. Dietzenbacher E. – In vindication of the Ghosh model: A reinterpretation as a price model. Journal of Regional Science, 37 (1997), 629-651.

[25]. Dietzenbacher E. – Interregional multipliers: Looking backward, looking forward. Regional Studies, 36 (2002), 125-136.

[26]. Dietzenbacher E. – More on multipliers. Journal of Regional Science, 45 (2005), 421-426.

[27]. Dietzenbacher E.; Stage J. – Mixing oil and water? Using hybrid input-output tables in a Structural decomposition analysis. Economic Systems Research, Mar2006, Vol. 18 Issue 1, p85-95,

[28]. Dietzenbacher E., Velázquez E. – The Andalusian paradox of keeping one's head above water, http://www.rug.nl/economie/faculteit/medewerkers/dietzenbacherhwa/publications

[29]. Driankov D., Hellendoorn H., Reinfrank M. – Wprowadzenie do sterowania rozmytego, WNT Warszawa 1996

[30]. Dridi C., Hewings G. – Sectors associations and similarities in input-output systems: An application of dual scaling and fuzzy logic to Canada and the United States, Annals of Regional Science, Springer-Verlag, 2003 nr 37, str.629–656

[31]. Duarte R., Sánchez-Chóliz J., Bielsa J. - Water use in the Spanish economy: an input–output approach, Ecological Economics 2002 Nr 43 ss. 71 - 85, 2002

[32]. Duchin F. – Industrial input-output analysis: Implications for industrial ecology, Proceedings of National Academy of Science USA, Vol. 89, pp.851-855, New York, 1992

[33]. Duchin F. – Input-output economics and material flows, Rensselaer, Working Papers in Economics, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, No424, 2004

[34]. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Wspólnoty Europejskiej 2000/60/WE z 23 października 2000 roku ustanawiająca ramy działań Wspólnoty w zakresie polityki wodnej

[35]. Ekologiczna reforma podatkowa. Wyzwanie dla polskiej polityki ochrony środowiska – pod red. naukową J. Śleszyńskiego. Wydawnictwo Ekonomia i Środowiska. Białystok 2004

[36]. Economics and the environment, The implementation challenge of the Water Framework Directive. A guidance document, European Commission, Brussels, 2003

[37]. The Economics of the Environment – edited by Oates W.E., Elgar Publishing Company, 1992

[38]. EEA core set of indicators. Guide, EEA Technical report No 1/2005, European Environment Agency, Luxemburg, 2005

[39]. Ekonometria – praca zbiorowa pod red. naukową M. Krzysztofiaka, PWE Warszawa 1979

[40]. Ekonomiczna wycena środowiska przyrodniczego, redakcja: G. Andersen i J. Śleszyński; Referaty z konferencji „Wartościowanie dóbr i zasobów środowiska" Białowieża 1994, Wyd. Ekonomia i Środowisko 1996

[41]. Ekonomiczne aspekty ochrony środowiska, praca zbiorowa pod kier. A. Ginsberta-Geberta, SPIS, Arkady Warszawa, 1976

[42]. Ekonomiczne i socjologiczne problemy ochrony środowiska, praca zbiorowa pod kier. A. Ginsberta-Geberta, PAN Komitet „Człowiek i Środowisko", Ossolineum 1985

[43]. Ekonomiczne i społeczne problemy ochrony środowiska: przekłady z literatury anglosaskiej oraz teksty polskie i inne, Biblioteka „Ekonomia i Środowisko" nr 10, Kraków 1993

[44]. Famielec J. – Straty i korzyści ekologiczne w gospodarce narodowej, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa-Kraków 1999

[45]. Goodstein E. – Economics and the environment, Wiley, 2002

[46]. Graczyk A. – Ekologiczne koszty zewnętrzne. Identyfikacja, szacowanie, internalizacja, Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok 2005

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

[47]. Green C. – Handbook of Water Economics, Wiley, 2003

[48]. Grysa K., Trylski Z. – Zastosowania matematyki w zarządzaniu i ekonomii, Wyd. Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 1996

[49]. Guide to Cost-Benefit Analysis of Major Projects, European Commission 1997

[50]. Gurgul H. – Modele input-output w warunkach niepełnej informacji, Rozprawy i monografie, Wydawnictwa AGH, Kraków 1998

[51]. Gurgul H., Ćmiel A. – O pewnej metodzie wyznaczania sektorów kluczowych w gospodarce, W : Sprawozdania z Posiedzeń Komisji Naukowych, PAN, tom XLV, Wydawnictwo i Drukarnia Secesja, 2002

[52]. Gurgul H. - Regional IO table accuracy: key sectors, aggregation and reconciliation. Systems Analysis, Modelling, Simulation SAMS, 2002, Vol. 42, pp. 917–924

[53]. Han S.Y., Yoo S.H., Kwak S.J. - The role of the four electric power sectors in the Korean national economy: an input–output analysis. Energy Policy 32 (2004) 1531–1543

[54]. Handel zagraniczny styczeń-grudzień 2005, Informacje i opracowania statystyczne, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2006

[55]. Indicators Of Sustainable Development: Guidelines And Methodologies, United Nations, Division for Sustainable Development, New York 2001, www.un.org/esa/sustdev/publications/indisd-mg2001.pdf

[56]. Kamerschen D. R., Mackenzie R. B., Nardinelli C. – Ekonomia, Fundacja Gospodarcza NSZZ „Solidarność", Gdańsk, 1993

[57]. Karkacier O., Goktolga Z. G. – Input–output analysis of energy use in agriculture Energy Conversion and Management 46 (2005) 1513–1521

[58]. Kasprzyk J., Wieloetapowe sterowanie rozmyte, WNT, Warszawa 2001

[59]. Kawala J., Modras M., Kalinowska E. – Studium wykonalności dla inwestycji komunalnych, LemTech Konsulting, Kraków 2003

[60]. Kim H.B., Jin S.Y., Yun K.S. – Impact Analysis of a Water Quality Enhancing Policy: A Simple Input- Output Approach Regional Studies, Vol. 35.2, pp. 103-111, 2001

[61]. Kim J.S., Sohn B.A., Whang B.G. – A tolerance approach for unbalanced economic development policy-making in a fuzzy environment Information Sciences 148 (2002) 71–86

[62]. Kloss A., Urbala S. – Założenia metodyczne ekonomicznej oceny efektywności inwestycji gospodarki wodnej, W: „Metody oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć związanych z ochroną środowiska (materiały na ogólnokrajową konferencję naukową)", Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy, Warszawa-Bydgoszcz 1990

[63]. Koncepcja modyfikacji systemu instrumentów ekonomicznych dla ochrony środowiska. Raport końcowy na zamówienie Ministra Środowiska, praca zbiorowa pod kier. B. Fiedor, Akademia Ekonomiczna we Wrocławiu, Wrocław, 2003

[64]. Krajowy Program Oczyszczania Ścieków Komunalnych, Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2003

[65]. Kiuila O., Śleszyński J. – Expected effects of the ecological tax reform for the Polish economy, Ecological Economics 2003 No 46, ss 103-122, Elsevier, 2003

[66]. Leggett, Ch. Bockstael, N. – Evidence of the Effects of Water Quality on Residential Land Prices, Journal of Environmental Economics and Management, Elsevier Science, No 39, p. 121-144, 2000

[67]. Lenzen M., Foran B. – An input–output analysis of Australian water usage Water Policy 3 (2001) 321–340

[68]. Lenzen M. – A modified ecological footprint method and its application to Australia Ecological Economics 37 (2001) 229–255

[69]. Lenzen M. – Environmentally important paths, linkages and key sectors in the Australian economy, Structural Change and Economic Dynamics 14 (2003)

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

[70]. Liu J., Savenije H., Xu J. – Forecast of water demand In Weinan City In China using WDF-ANN model, Physics and Chemistry of the Earth 28 (2003) 219-224

[71]. Łachwa A. – Rozmyty świat zbiorów relacji i reguł, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 2001

[72]. Łojewski S. – Ekonomia środowiska, Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy, Bydgoszcz 1998

[73]. Łojewski S. – Ocena ekonomiczna i ekonomiczno-ekologiczna systemów technicznych i przestrzennych. Zagadnienia metodyczne, Wydawnictwa Uczelniane Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy, Bydgoszcz 1997

[74]. Łojewski S. – Ocena ekonomiczna zasobów wodnych, W: „Metody oceny efektywności ekonomicznej przedsięwzięć związanych z ochroną środowiska (materiały na ogólnokrajową konferencję naukową)", Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy, Warszawa-Bydgoszcz 1990

[75]. Maddala G.S. – Ekonometria, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2006

[76]. Małecki P. – Straty ekologiczne w regionie krakowskim powodowane zasoleniem Wisły. Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków, 2001

[77]. Measuring progress towards a more sustainable Europe. Sustainable Development: Indicators for the European Union. Data 1999-2005. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2005

[78]. Miłaszewski R. – Ekonomika ochrony wód powierzchniowych, Wyd. Ekonomia i Środowisko, 2004

[79]. Miłaszewski R. – Straty gospodarcze spowodowane zanieczyszczeniem zasobów wodnych, Gospodarka Wodna nr 1, 2000

[80]. Miłaszewski R. – Analizy ekonomiczne w Ramowej Dyrektywie Wodnej Unii Europejskiej, Gospodarka Wodna nr 4, 2004

[81]. Miłaszewski R., Walczykiewicz T. – Wytyczne do przeprowadzenia analiz ekonomicznych w regionach wodnych dla potrzeb planów gospodarowania wodami, opracowanie dla Ministerstwa Środowiska, Warszawa-Kraków 2004

[82]. Nowak E. – Zarys metod ekonometrii, PWN Warszawa 2006

[83]. OECD core set of indicators for environmental performance reviews. Environment Monographs no.83. Paris: OECD, 1993

[84]. Opaluch J. – Rynkowe metody wyceny ekonomicznej. W: Ekonomiczna wycena środowiska przyrodniczego, redakcja: G. Andersen i J. Śleszyński; Referaty z konferencji „Wartościowanie dóbr i zasobów środowiska" Białowieża 1994, Wyd. Ekonomia i Środowisko 1996

[85]. Opracowanie mierników realizacji polityki ekologicznej państwa w oparciu o wskaźniki Unii Europejskiej, Raport Końcowy, Regionalny Ośrodek Ekorozwoju Fundacji Karkonoskiej, Jelenia Góra - Warszawa 2004,

[86]. Opracowanie modelu wdrożeniowego wskaźników zrównoważonego rozwoju na poziomie wojewódzkim w ramach banku danych regionalnych Raport Końcowy, Regionalny Ośrodek Ekorozwoju Fundacji Karkonoskiej, Jelenia Góra - Warszawa 2003,

[87]. Panasiuk D. – Potrzeba rzetelnych analiz kosztów i korzyści inwestycji, Gospodarka Wodna 2003 nr 2

[88]. Peszko G., Rączka J., Kiuiła O. – Ekonomiczne korzyści dla Polski wynikające z wdrożenia prawa ochrony środowiska Unii Europejskiej, Urząd Komitetu Integracji Europejskiej, Wraszawa, 2003

[89]. Piegat A. – Modelowanie i sterowanie rozmyte, Akademicka Oficyna Wydawnicza EXIT, Warszawa 1999

[90]. Piontek B., Piontek F., Piontek W. – Ekorozwój i narzędzia jego realizacji, Wyd. Ekonomia i Środowisko, 1997

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

[91]. Piontek F. – Metody ustalania szkód i kosztów powodowanych degradacją zasobów wodnych i składowaniem odpadów, Wyd. Ekonomia i Środowisko, 1995

[92]. Plich M. – Budowa i zastosowanie wielosektorowych modeli ekonomiczno-ekologicznych, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 2002

[93]. Plich M. – Macierz NAMEA dla Polski, W: Globalizacja i ochrona środowiska, SGH, Warszawa, 2002

[94]. Polityka ekologiczna państwa na lata 2003 – 2006 z uwzględnieniem perspektywy na lata 2007-2010, Rada Ministrów, Warszawa, 2002

[95]. Polityka ekologiczna państwa na lata 2007 – 2010 z uwzględnieniem perspektywy na lata 2011-2014 - PROJEKT, Ministerstwo Środowiska Warszawa, 2006

[96]. Prandecka B. – Nauki ekonomiczne a środowisko przyrodnicze , PWE Warszawa 1983

[97]. Public Policies for environmental protection, edited by Portney P, Stavins R., Resorces for the Future, Washington 2000, AE

[98]. Raport dla Obszaru Dorzecza Wisły z realizacji art. 5 i 6, zał. II, III, IV Ramowe Dyrektywy Wodnej 2000/60/WE, Ministerstwo Środowiska, 2005

[99]. Raport dla Obszaru Dorzecza Odry z realizacji art. 5 i 6, zał. II, III, IV Ramowe Dyrektywy Wodnej 2000/60/WE, Ministerstwo Środowiska, 2005

[100]. Sanchez-Choliz J., Duarte R. – Water pollution in the Spanish economy: analysis of sensivity to production and environmental constraints, Ecological Economics Nr 53, 2005

[101]. Schaffer A.J. – ECOLIO – an ECOLogical Input-Output model for economic purposes and ecological usage. The 14 International Conference on Input-Output Techniques October 10-15, 2002, Montréal, Canada

[102]. Sobiecki M. – Straty z przyspieszonej korozji metali wskutek ich styczności z zanieczyszczoną wodą powierzchniową, Gospodarka Wodna 1992 nr 6, 1992

[103]. Sonis M., Hewings G.J.D., Guo J. - A New Image of Classical Key Sector Analysis: Minimum Information Decomposition of the Leontief Inverse. Economic Systems Research, Vol. 12, No. 3, 2000

[104]. Strahl D., Sobczak E., Markowska M., Bal-Domańska B. – Modelowanie ekonometryczne z Excelem, Wyd. Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu, Wrocław 2002 AE

[105]. Strategia Gospodarki Wodnej, dokument oprac. przez Ministerstwo Środowiska przyjęty przez Radę Ministrów, Warszawa 2005

[106]. Straty gospodarcze spowodowane zanieczyszczeniem środowiska naturalnego w Polsce w warunkach transformacji gospodarczej, Praca zbiorowa pod red. J. Famielec, Akademia Ekonomiczna w Krakowie, Kraków, 2001

[107]. Symonowicz A. – Bilans strat powstałych wskutek degradacji środowiska, CPBP4.10.13, Synteza IV, SGGW Warszawa 1990

[108]. Szelągowski Z. – Ekonomika gospodarki wodnej, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1985

[109]. Śleszyński J. - Ekonomiczne problemy ochrony środowiska, Aries Warszawa 2000

[110]. Śleszyński J. – Przegląd polskich oszacowań strat spowodowanych degradacją środowiska. W: Ekonomiczna wycena środowiska przyrodniczego, redakcja: G. Andersen i J. Śleszyński; Referaty z konferencji „Wartościowanie dóbr i zasobów środowiska" Białowieża 1994, Wyd. Ekonomia i Środowisko 1996

[111]. Tomaszewicz Ł. – Macierz rachunków narodowych i jej wykorzystanie w analizach ekonomicznych, Rector's Lectures Nr 48, AE w Krakowie, Kraków, 2001

[112]. Tomaszewicz Ł. – Metody analizy input-output, PWE, Warszawa, 1994

[113]. Velazquez E. – An input–output model of water consumption: Analysing intersectoral water relationships in Andalusia. Ecological Economics 56 (2006) 226– 240

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

[114]. Wąsowicz M. – Podstawy gospodarowania zasobami wodnymi w systemie rynkowym, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997

[115]. Winpenny J. – Wartość środowiska – metody wyceny ekonomicznej, PWE Warszawa 1995

[116]. World Development Indicators 2005, International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank, Washington, 2005

[117]. Woś A. – Ekonomika odnawialnych zasobów naturalnych, PWN 1995

[118]. Wskaźniki zrównoważonego rozwoju, pod redakcją naukową Tadeusza Borysa, Wyd. Ekonomia i Środowisko, Białystok 2005

[119]. Yager R., Filev D. – Podstawy modelowania i sterowania rozmytego, WNT Warszawa 1995

[120]. Założenia do opracowania aktów prawnych zgodnie z przyjętą przez rząd koncepcją modyfikacji instrumentów ekonomicznych dla ochrony środowiska w Polsce wraz z oceną skutków proponowanych regulacji, Raport końcowy na zamówienie Ministra Środowiska, praca zbiorowa pod kier. B. Fiedor, Akademia Ekonomiczna we Wrocławiu, Wrocław, 2004

[121]. Zeliaś A. – Metody statystyczne, PWE Warszawa 2000

[122]. Zeliaś A. – Teoria prognozy, PWE Warszawa 1997

[123]. Zeliaś A., Pawełek B., Wanat S. – Prognozowanie ekonomiczne, PWN Warszawa 2003

[124]. Żylicz T. – Ekonomia środowiska i zasobów naturalnych, PWE Warszawa 2004

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

7. SPIS RYSUNKÓW I TABEL

TABELE:

Tabela 1. Schemat tablicy przepływów międzygałęziowych 4
Tabela 2. Schemat rozbudowanej ekologicznie tablicy input-output 7
Tabela 3. Definicje operacji sumy i S-norm 16
Tabela 4. Definicje operacji iloczynu i T-norm 17
Tabela 5. Sektory i grupy sektorów uwzględnione w analizie 41
Tabela 6. Dane społeczno-gospodarcze wg działów gospodarki (rok 2000, ceny bieżące) 43
Tabela 7. Wartość dodana i zatrudnienie w głównych sektorach gospodarki w latach: 1995, 2000 i 2004 44
Tabela 8. Wskaźniki „forward linkages FL" i „backward linkages BL" dla poszczególnych sektorów gospodarki 46
Tabela 9. Sektory kluczowe w polskiej gospodarce wg wskaźników forward i backward linkages 47
Tabela 10. Pobory wody w kraju wg działów gospodarki i źródeł poboru w 2000 r. 49
Tabela 11. Współczynniki wodochłonności sektorów gospodarki w 2000 r. 50
Tabela 12. Współczynniki wodochłonności sektorów o najwyższych poborach (2000 r.) 52
Tabela 13. Pobór, zużycie pośrednie i całkowite wód powierzchniowych i podziemnych w 2000 r. 54
Tabela 14. Mnożniki analizy Leontief'a 58
Tabela 15. Schemat gospodarki przyjęty do modelowania współczynnika zużycia wody 61
Tabela 16. Współczynniki zużycia wód powierzchniowych w sektorach (w m3/tys. zł w cenach stałych 2004 r.) 62
Tabela 17. Współczynniki zużycia wód podziemnych w sektorach (w m3/tys. zł w cenach stałych 2004 r.) 62
Tabela 18. Prognozowane na 2015 r. wielkości współczynnika zużycia wód powierzchniowych 66
Tabela 19. Prognozowane na 2015 r. wielkości współczynnika zużycia wód podziemnych 67
Tabela 20. Testowane zmienne objaśniające 68
Tabela 21. Wody powierzchniowe – zmienne wstępnie zakwalifikowane 69
Tabela 22. Wody podziemne – zmienne wstępnie zakwalifikowane 69
Tabela 23. Pozytywnie zweryfikowane modele współczynników zużycia wód powierzchniowych 70
Tabela 24. Pozytywnie zweryfikowane modele zużycia współczynników wód podziemnych 70
Tabela 25. Zmienne objaśniające występujące w modelach, które pozytywnie przeszły weryfikację statystyczną 71
Tabela 26. Prognoza dynamiki produktu krajowego brutto PKB i wartości dodanej WD (w cenach stałych) 72
Tabela 27. Prognoza produkcji w 2015 r. 73
Tabela 28. Prognozowane na 2015 r. wartości zmiennych objaśniających 75
Tabela 29. Prognozowane na 2015 r. wielkości współczynnika zużycia wód powierzchniowych 76
Tabela 30. Prognozowane na 2015 r. wielkości współczynnika zużycia wód podziemnych 76
Tabela 31. Ilość pozytywnie zweryfikowanych modeli ekonometrycznych współczynników wodochłonności 77
Tabela 32. Prognozowane współczynniki wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych 80
Tabela 33. Prognozowany pobór wód powierzchniowych i podziemnych 83
Tabela 34. Prognozowany rozkład całkowitego zużycia wód powierzchniowych w sektorach 85
Tabela 35. Prognozowany rozkład całkowitego zużycia wód podziemnych w sektorach 86
Tabela 36. Zmienność (w stosunku do roku poprzedniego) produkcji globalnej, nakładów inwestycyjnych i wodochłonności w poszczególnych sektorach gospodarki w latach 1993-2004 88
Tabela 37. Zmienne, wartości lingwistyczne i parametry funkcji przynależności – sektor A rolnictwo 93
Tabela 38. Średnie wartości dynamiki nakładów inwestycyjnych 103
Tabela 39. Prognozowane współczynniki wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych 104
Tabela 40. Prognozowany pobór wód powierzchniowych i podziemnych 106
Tabela 41. Warianty prognoz dynamiki nakładów inwestycyjnych 109
Tabela 42. Prognozowane na 2015 r. współczynniki wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych wg różnych wariantów dynamiki nakładów inwestycyjnych 109
Tabela 43. Prognozowany na 2015 r. pobór wód powierzchniowych i podziemnych wg różnych wariantów dynamiki nakładów inwestycyjnych 111
Tabela 44. Prognozowane współczynniki wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych 120

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Tabela 45. Prognozowany pobór wód powierzchniowych i podziemnych ... 122
Tabela 46. Średni błąd kwadratowy i błąd względny dla poszczególnych technik modelowania wodochłonności w sektorach gospodarki ... 126
Tabela 47. Porównanie wyników trzech technik modelowania wodochłonności w sektorach gospodarki ... 127
Tabela 48. Porównanie prognoz poborów wód otrzymanych z modeli ... 134

RYSUNKI:

Rysunek 1. Operatory sumy zbiorów rozmytych A i B: suma mnogościowa (max), algebraiczna, logiczna oraz S-normy Hamachera (parametr) i Yagera (parametr p=2) ... 17
Rysunek 2. Iloczyny zbiorów rozmytych A i B: mnogościowy (min), algebraiczny (PROD), logiczny oraz T-normy Hamachera (parametr) i Yagera (parametr p=2) ... 17
Rysunek 3. Schemat wnioskowania rozmytego ... 19
Rysunek 4. Podstawowe etapy budowy modelu opartego na wnioskowaniu rozmytym ... 35
Rysunek 5. Schemat modelu rozmytego ... 35
Rysunek 6. Klasyfikacja sektorów wg ich wzajemnych powiązań w łańcuchu produkcji ... 48
Rysunek 7. Pobór a zużycie całkowite wód powierzchniowych w sektorach gospodarki w 2000 r. ... 55
Rysunek 8. Pobór a zużycie całkowite wód podziemnych w sektorach gospodarki w 2000 r. ... 56
Rysunek 9. Zmienność współczynników zużycia wód powierzchniowych i podziemnych w latach 1992-2004 ... 63
Rysunek 10. Analizowane funkcje trendu – sektor A Rolnictwo ... 64
Rysunek 11. Funkcje trendu zaakceptowane w pierwszym i drugim etapie weryfikacji statystycznej – sektor A Rolnictwo ... 64
Rysunek 12. Wartości współczynnika wodochłonności wód powierzchn. w latach 1992-2004 w grupie sektorów F-O ... 64
Rysunek 13. Prognoza współczynnika zużycia wody w sektorze A, w oparciu o analizy trendu z lat 1992-2004. ... 65
Rysunek 14. Prognoza współczynników zużycia wód powierzchniowych – wybrane modele regresji ... 66
Rysunek 15. Prognoza współczynników zużycia wód podziemnych – akceptowalne modele regresji ... 67
Rysunek 16. Prognoza produkcji globalnej do 2015 r. w sektorach A rolnictwo, C górnictwo i E-en. energetyka ... 73
Rysunek 17. Prognoza produkcji globalnej do 2015 r. w sektorach B rybactwo i E-pob. pobór wód ... 73
Rysunek 18. Prognoza produkcji globalnej do 2015 r. w sektorze D przetw. przemysłowe i w sektorach F-O ... 74
Rysunek 19. Schemat modelu do prognozowania zużycia wód podziemnych i powierzchniowych w 7 sektorach gospodarki ... 79
Rysunek 20. Schemat modułu do wyznaczania macierzy powiązań między sektorami w kategorii pośredniego zużycia wody oraz obliczania wielkości zużycia pośredniego, pośredniej sprzedaży wody, zużycia na potrzeby własnej produkcji finalnej i całkowitego zużycia wody w 7 sektorach gospodarki ... 80
Rysunek 21. Prognoza współczynnika wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze przemysłu ... 81
Rysunek 22. Prognoza współczynnika wodochłonności wód podziemnych w sektorze przemysłu ... 81
Rysunek 23. Prognoza współczynnika wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze energetyki ... 82
Rysunek 24. Prognoza współczynnika wodochłonności wód podziemnych w sektorze energetyki ... 82
Rysunek 25. Prognoza poborów wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach A rolnictwo, B rybactwo i C górnictwo ... 83
Rysunek 26. Prognoza poborów wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach D przetwórstwo przemysłowe, E energetyka, E pobór wód i w grupie sektorów F-O ... 84
Rysunek 27. Wykres danych historycznych – dynamiki produkcji globalnej, nakładów inwestycyjnych i wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze A rolnictwo w latach 1993-2004. Definiowanie uniwersów zmiennych na podstawie przedziału zmienności historycznej. ... 90
Rysunek 28. Zdefiniowanie zmiennej (uniwersum, wartości lingwistyczne, funkcje przynależności) dla potrzeb modelu rozmytego, zmienna „dynamika produkcji globalnej" sektor A-rolnictwo. ... 91
Rysunek 29. Zdefiniowanie zmiennej (uniwersum, wartości lingwistyczne, funkcje przynależności) dla potrzeb modelu rozmytego, zmienna „dynamika nakładów inwestycyjnych" sektor A-rolnictwo. ... 91
Rysunek 30. Zdefiniowanie zmiennej (uniwersum, wartości lingwistyczne, funkcje przynależności) dla potrzeb modelu rozmytego, zmienna „dynamika wodochlonnosci" sektor A-rolnictwo. ... 91
Rysunek 31. Przykładowe obliczenia modelu Mamdaniego dynamiki wodochłonności w sektorze A rolnictwo ... 93
Rysunek 32. Schemat modelu służącego do oceny i strojenia modelu rozmytego ... 96

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 33. Współczynnik wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze A rolnictwo w latach 1993-2004, dane historyczne i otrzymane na podstawie modelu Mamdaniego 96
Rysunek 34. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze A rolnictwo 97
Rysunek 35. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze B rybactwo 97
Rysunek 36. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze C górnictwo 98
Rysunek 37. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorze C górnictwo 98
Rysunek 38. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze D przetwórstwo przemysłowe ..99
Rysunek 39. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorze D przetwórstwo przemysłowe 99
Rysunek 40. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze E energetyka 99
Rysunek 41. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorze E energetyka 100
Rysunek 42. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze E – pobór wód 100
Rysunek 43. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorze E – pobór wód 100
Rysunek 44. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorach F-O 101
Rysunek 45. Model Mamdaniego dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorach F-O 101
Rysunek 46. Schemat modelu input-output powiązanego z sektorowymi modelami dynamiki wodochłonności 102
Rysunek 47. Schemat modułu obliczającego współczynnik wodochłonności na podstawie modelu rozmytego dynamiki wodochłonności – wody powierzchniowe, sektor A rolnictwo 102
Rysunek 48. Prognoza współczynników zużycia wód powierzchniowych w sektorach: A Rolnictwo, B Rybactwo i C Górnictwo104
Rysunek 49. Prognoza współczynników zużycia wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach: D Przetwórstwo przemysłowe, E-en. Energetyka, E-pob. Pobór wód i w grupie pozostałych sektorów F-O 105
Rysunek 50. Prognoza współczynników zużycia wód powierzchniowych i podziemnych w grupie sektorów F-O 106
Rysunek 51. Prognoza poborów wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach: A Rolnictwo, B Rybactwo 106
Rysunek 52. Prognoza poborów wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach: C Górnictwo i D Przetwórstwo przemysłowe, E-en. Energetyka, E-pob. Pobór wód i w grupie pozostałych sektorów F-O 107
Rysunek 53. Prognoza poborów wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach: E-pob. Pobór wód i w grupie pozostałych sektorów F-O 108
Rysunek 54. Wariantowa prognoza współczynników wodochłonności wód powierzchniowych – sektory A rolnictwo, B rybactwo, C górnictwo i D przetwórstwo przemysłowe 109
Rysunek 55. Wariantowa prognoza współczynników wodochłonności wód powierzchniowych – sektory E energetyka, E pobór wód i sektory F-O 110
Rysunek 56. Wariantowa prognoza współczynników wodochłonności wód podziemnych 110
Rysunek 57. Wariantowa prognoza poborów wód powierzchniowych 111
Rysunek 58. Wariantowa prognoza poborów wód podziemnych 112
Rysunek 59. Porównanie modeli Mamdaniego i Sugeno dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych dla sektora A rolnictwo 115
Rysunek 60. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze A rolnictwo 116
Rysunek 61. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze B rybactwo 116
Rysunek 62. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze C górnictwo 116
Rysunek 63. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorze C górnictwo 117
Rysunek 64. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze D przetwórstwo przemysłowe 117
Rysunek 65. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorze D przetwórstwo przemysłowe 117
Rysunek 66. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze E energetyka 118
Rysunek 67. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorze E energetyka 118
Rysunek 68. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorze E pobór wód 118
Rysunek 69. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorze E pobór wód 119
Rysunek 70. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód powierzchniowych w sektorach F-O 119
Rysunek 71. Model Sugeno dynamiki wodochłonności wód podziemnych w sektorach F-O 119
Rysunek 72. Prognoza współczynników wodochłonności wód powierzchniowych w sektorach A rolnictwo i B rybactwo 120
Rysunek 73. Prognoza współczynników wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach C górnictwo, D przetwórstwo przemysłowe i E energetyka 121
Rysunek 74. Prognoza współczynników wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach E pobór wód i w grupie sektorów F-O 122

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Rysunek 75. Prognoza poborów wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach: A rolnictwo, B rybactwo, C Górnictwo i D Przetwórstwo przemysłowe 123
Rysunek 76. Prognoza poborów wód powierzchniowych i podziemnych w sektorach: E-en. Energetyka, E-pob. Pobór wód i w grupie pozostałych sektorów F-O 124
Rysunek 77. Porównanie wyników trzech technik modelowania współczynników wodochłonności wód powierzchniowych dla sektorów A rolnictwo i B rybactwo 127
Rysunek 78. Porównanie wyników trzech technik modelowania współczynników wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych dla sektorów C górnictwo, D przetwórstwo przemysłowe i E energetyka 128
Rysunek 79. Porównanie wyników trzech technik modelowania współczynników wodochłonności wód powierzchniowych i podziemnych dla sektora E pobór wód i grupy sektorów F-O 129
Rysunek 80. Porównanie wyników prognozowania poborów wód powierzchniowych w sektorze A wg modeli wodochłonności: statystycznego, Mamdaniego, Takagi-Sugeno oraz modelu o stałych współczynnikach wodochłonności. 133
Rysunek 81. Porównanie wyników prognozowania poborów wód powierzchniowych w sektorze C wg modeli wodochłonności: Mamdaniego, Takagi-Sugeno oraz modelu o stałych współczynnikach wodochłonności. 133
Rysunek 82. Porównanie wyników prognozowania poborów wód powierzchniowych w sektorze D wg modeli wodochłonności: statystycznego, Mamdaniego, Takagi-Sugeno oraz modelu o stałych współczynnikach wodochłonności. 134

ZAŁĄCZNIKI:

Załącznik 1. Macierz współczynników produkcji aij, dla struktury gospodarki narodowej zagregowanej do 35 sektorów 149
Załącznik 2. Macierz współczynników produkcji gij, dla zagregowanej struktury gospodarki narodowej 151
Załącznik 3. Macierz pośredniego zużycia wód powierzchniowych w sektorach gospodarki 153
Załącznik 4. Macierz pośredniego zużycia wód podziemnych w sektorach gospodarki 155
Załącznik 5. Wyniki oszacowania modeli trendu zmian współczynnika zużycia wód powierzchniowych w czasie (lata 1992-2004) 157
Załącznik 6. Badanie składnika losowego oszacowanych modeli zmian współczynnika zużycia wód powierzchniowych 158
Załącznik 7. Wyniki oszacowania modeli trendu zmian współczynnika zużycia wód podziemnych w czasie (lata 1992-2004) 159
Załącznik 8. Badanie składnika losowego oszacowanych modeli 160
Załącznik 9. Kombinacje zmiennych o najwyższych pojemnościach integralnych – modele współczynników wód powierzchniowych 161
Załącznik 10. Oszacowanie parametrów modeli współczynnika zużycia wód powierzchniowych 162
Załącznik 11. Weryfikacja modeli ze względu na właściwości składnika losowego 164
Załącznik 12. Kombinacje zmiennych o najwyższych pojemnościach integralnych – modele zużycia współczynników wód podziemnych 165
Załącznik 13. Oszacowanie parametrów modeli współczynnika zużycia wód podziemnych, weryfikacja testem istotności parametrów oraz ocena dopuszczalności ze względu na V i R2 166
Załącznik 14. Weryfikacja modeli ze względu na właściwości składnika losowego 168
Załącznik 15. Pozytywnie zweryfikowane modele trendu zmiennych objaśniających 168

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

8. ZAŁĄCZNIKI

Załącznik 1. Macierz współczynników produkcji a_{ij}, dla struktury gospodarki narodowej zagregowanej do 35 sektorów

		Lp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		Sektor	Rolnictwo	Rybactwo	Górnictwo	Ropa gaz	Art. spoż.	Tytoń	Włókiennic-two	Odzież	Skóry	Drewno	Papier	Poligrafia	Koks, ropa	Chemiczne	Guma i tw. szt.	Wyr niemeta-l.	Metale	Metalowe wyroby
Lp.	Sektor	PKD	1, 2	5	10	11-14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	Rolnictwo	1, 2	2,59E-01	5,34E-02	6,86E-04	1,45E-03	2,36E-01	1,35E-02	2,47E-03	6,17E-04	9,62E-04	9,47E-02	4,08E-02	4,10E-05	2,53E-06	1,16E-03	0,00E+00	1,20E-03	2,69E-04	1,51E-04
2	Rybactwo	5	9,56E-05	5,80E-02	6,50E-07	5,05E-06	3,64E-03	0,00E+00	1,22E-04	0,00E+00	7,99E-07	0,00E+00	8,66E-08	3,77E-07	8,57E-08	0,00E+00	1,02E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3	Górnictwo	10	5,78E-03	5,32E-04	1,96E-02	3,60E-03	3,57E-03	6,69E-05	3,10E-03	8,92E-04	1,28E-03	1,66E-03	1,20E-02	2,33E-05	4,03E-02	6,94E-03	6,36E-04	2,04E-02	4,06E-02	7,59E-04
4	Ropa gaz	11-14	1,73E-04	8,90E-05	2,74E-03	3,49E-02	4,78E-04	0,00E+00	1,76E-04	1,18E-04	1,34E-04	1,56E-04	1,81E-04	8,28E-04	2,23E-03	5,81E-03	1,28E-03	5,39E-02	4,20E-03	7,79E-04
5	Art. spożywcze	15	6,81E-02	5,75E-02	1,25E-04	8,62E-04	1,84E-01	2,09E-04	1,10E-02	3,06E-04	7,79E-03	4,80E-04	1,90E-03	3,02E-04	6,80E-03	6,66E-03	2,46E-04	3,04E-04	4,93E-04	6,21E-04
6	Tytoń	16	3,66E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,98E-06	1,11E-01	0,00E+00	1,98E-04	0,00E+00	0,00E+00	2,08E-06	5,39E-08	0,00E+00	1,72E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,27E-07
7	Włókiennictwo	17	3,44E-05	4,46E-03	5,96E-04	2,49E-04	2,00E-04	0,00E+00	6,71E-02	7,50E-02	1,96E-02	3,67E-04	2,00E-03	2,96E-04	5,16E-05	1,09E-03	9,75E-03	1,58E-03	1,01E-03	4,59E-04
8	Odzież	18	3,39E-04	1,70E-03	1,05E-03	8,98E-04	6,05E-04	9,28E-04	9,54E-04	1,35E-02	1,98E-03	3,32E-04	2,37E-04	7,81E-05	4,52E-05	2,90E-04	2,15E-04	7,44E-04	1,25E-03	5,69E-04
9	Skóry	19	6,13E-05	1,76E-04	5,80E-04	5,14E-04	1,02E-04	1,85E-05	7,67E-04	2,41E-03	1,05E-02	1,69E-04	1,91E-05	1,13E-04	1,26E-05	4,04E-05	5,55E-05	1,16E-04	1,47E-04	1,46E-04
10	Drewno	20	2,42E-03	2,21E-04	3,49E-03	9,41E-04	5,25E-04	5,83E-05	1,01E-03	2,55E-04	2,63E-03	1,30E-01	4,06E-03	1,53E-04	1,01E-04	1,07E-03	1,20E-03	5,16E-03	2,17E-03	4,34E-03
11	Papier	21	9,61E-04	3,28E-03	5,99E-04	4,67E-03	1,12E-02	9,79E-03	1,06E-02	4,68E-03	1,00E-02	1,13E-02	1,41E-01	3,50E-02	4,20E-04	4,49E-03	4,82E-03	1,35E-02	2,95E-03	3,04E-03
12	Poligrafia	22	5,05E-04	1,57E-03	2,99E-04	4,03E-04	1,31E-03	2,77E-03	7,67E-04	1,23E-03	1,34E-03	6,24E-04	2,13E-03	1,07E-01	2,48E-04	3,81E-03	1,32E-03	1,85E-03	3,07E-04	1,05E-03
13	Koks, ropa	23	2,73E-02	8,95E-02	4,69E-03	3,32E-02	3,75E-03	2,47E-03	3,12E-03	4,75E-03	2,75E-03	7,63E-03	3,48E-03	1,41E-03	5,00E-03	1,37E-02	5,64E-03	1,71E-02	1,80E-02	9,28E-03
14	Chemiczne	24	2,59E-02	5,54E-03	6,84E-03	9,25E-03	5,02E-03	6,57E-03	6,06E-03	3,00E-03	3,24E-02	1,79E-02	1,81E-02	5,91E-03	6,19E-03	4,96E-02	3,65E-02	1,52E-02	1,07E-02	7,28E-03
15	Guma i tw. szt.	25	1,52E-03	1,72E-03	1,11E-02	6,91E-03	1,00E-02	2,55E-04	1,11E-02	3,78E-03	2,51E-02	9,07E-03	5,89E-03	2,97E-03	6,77E-04	1,68E-02	7,78E-02	5,89E-03	2,83E-03	1,40E-02
16	Wyr niemetal.	26	3,48E-03	6,92E-03	2,19E-03	5,14E-03	4,30E-03	4,06E-04	2,13E-03	5,12E-03	4,50E-03	1,23E-02	1,24E-03	2,16E-03	3,24E-04	4,38E-03	1,33E-02	7,85E-02	1,50E-02	1,51E-02
17	Metale	27	4,55E-04	1,45E-04	4,40E-03	6,64E-03	1,95E-03	1,32E-04	3,09E-03	8,03E-04	1,07E-03	5,85E-03	1,73E-03	1,37E-03	2,21E-04	3,45E-03	1,15E-02	1,11E-02	1,79E-01	9,27E-02
18	Metalowe wyr.	28	6,80E-03	2,35E-03	3,33E-02	4,11E-03	4,20E-03	7,41E-04	1,94E-03	1,49E-03	2,97E-03	1,29E-02	1,56E-03	6,78E-04	6,77E-04	3,02E-03	1,41E-02	8,15E-03	1,68E-02	9,07E-02
19	Maszyny	29	1,40E-02	1,62E-02	4,15E-02	2,37E-02	3,71E-03	7,41E-03	3,82E-03	8,54E-04	5,51E-03	9,68E-03	6,29E-03	7,80E-05	4,71E-03	6,75E-03	6,01E-03	1,71E-02	2,36E-02	2,29E-02
20	Komputery	30 i 33	2,13E-03	4,92E-04	6,26E-03	4,29E-03	6,26E-04	6,40E-04	5,39E-04	4,35E-04	6,10E-04	1,66E-03	1,58E-03	3,41E-04	1,64E-04	1,86E-03	6,67E-04	1,54E-03	2,97E-02	2,78E-03
21	Aparat. elektr.	31	5,38E-05	1,24E-03	2,84E-04	1,31E-04	2,49E-05	4,28E-06	6,49E-05	3,81E-05	2,66E-05	3,57E-05	5,74E-05	1,14E-04	2,50E-05	7,61E-05	5,58E-05	8,09E-05	7,57E-05	9,91E-05
22	Sprzętu RTV	32	3,76E-05	8,39E-04	1,22E-03	4,17E-04	1,86E-04	3,64E-04	2,08E-04	2,66E-04	2,14E-04	1,49E-04	2,52E-04	4,22E-04	9,94E-05	6,00E-04	1,65E-04	3,79E-04	4,47E-04	2,56E-04
23	Samochody	34	1,81E-03	3,66E-03	4,35E-04	4,18E-03	1,06E-03	5,42E-04	2,07E-04	4,33E-04	2,64E-04	1,01E-03	3,09E-04	1,86E-04	7,22E-05	2,90E-04	4,42E-04	1,14E-03	2,39E-04	2,89E-03
24	Sprzęt transp.	35	3,94E-04	4,84E-02	1,77E-03	5,31E-03	5,42E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,48E-05	4,40E-05	1,43E-05	1,31E-05	1,31E-05	1,85E-05	1,54E-05	1,61E-05	8,92E-06
25	Meble	36	4,39E-04	3,08E-03	1,18E-03	8,46E-04	8,07E-04	4,38E-03	6,67E-04	2,72E-03	2,39E-03	5,08E-03	1,19E-03	2,22E-03	3,08E-04	2,12E-03	1,35E-03	3,09E-03	1,03E-03	1,83E-03
26	Odpady	37	8,12E-07	0,00E+00	7,65E-05	8,84E-04	4,58E-05	0,00E+00	1,08E-04	1,36E-06	2,93E-06	2,04E-05	2,52E-05	1,19E-05	9,53E-05	3,98E-05	7,18E-04	5,18E-03	9,71E-03	8,83E-03
27	Energia elektr.	40	1,72E-02	8,94E-03	6,47E-02	4,23E-02	1,03E-02	9,02E-03	4,03E-02	1,28E-02	2,06E-02	2,51E-02	3,81E-02	8,06E-03	5,65E-03	4,56E-02	2,25E-02	4,46E-02	8,77E-02	2,04E-02
28	Pobór wody	41	8,65E-04	1,08E-03	1,43E-03	9,72E-04	5,07E-04	5,95E-04	1,36E-03	1,11E-03	1,95E-03	5,16E-04	1,42E-03	5,63E-04	2,85E-04	5,69E-04	7,49E-04	1,53E-03	1,44E-03	1,10E-03
29	Budownictwo	45	3,91E-03	8,36E-04	7,11E-03	7,49E-03	2,18E-03	3,45E-03	3,10E-03	3,02E-03	2,71E-03	8,38E-03	1,04E-02	2,77E-03	3,58E-03	7,77E-03	7,33E-03	1,46E-02	4,70E-03	1,78E-02
30	Handel	50-52	1,16E-01	1,18E-01	3,03E-02	3,96E-02	1,69E-01	1,10E-01	1,07E-01	1,05E-01	9,89E-02	8,78E-02	9,69E-02	6,87E-02	4,29E-02	1,02E-01	1,10E-01	8,11E-02	6,06E-02	6,16E-02
31	Administr.publ.	75	1,26E-05	6,51E-05	1,22E-05	5,80E-05	3,73E-05	0,00E+00	3,70E-05	6,08E-05	1,22E-05	9,11E-05	3,53E-05	7,29E-05	2,40E-06	4,81E-05	5,73E-05	4,87E-05	5,44E-05	4,82E-05
32	Ochr. zdrowia	85	4,27E-03	1,67E-03	3,66E-04	5,18E-04	1,12E-03	4,31E-04	3,56E-04	4,59E-04	2,91E-04	3,60E-04	2,74E-04	5,16E-04	3,52E-05	3,33E-04	2,05E-04	3,84E-04	7,51E-04	4,69E-04
33	Ocz. ścieków	90	6,34E-04	5,53E-04	3,46E-03	9,20E-04	2,55E-03	3,47E-03	3,62E-03	1,24E-03	4,42E-03	8,10E-04	3,86E-03	8,43E-04	1,07E-03	4,01E-03	9,08E-04	2,04E-03	3,39E-03	1,24E-03
34	Inna działaln.	91-93	3,00E-04	2,28E-03	1,02E-02	5,47E-03	3,49E-03	9,83E-03	1,08E-03	5,43E-03	1,17E-03	1,19E-03	2,71E-03	9,14E-03	5,12E-04	5,27E-03	1,72E-03	2,53E-03	2,10E-03	2,52E-03
35	Pozostałe		2,70E-02	1,15E-01	8,26E-02	1,53E-01	3,96E-02	9,68E-02	5,63E-02	1,03E-01	7,21E-02	1,10E-01	8,89E-02	1,65E-01	4,87E-02	1,13E-01	6,59E-02	1,24E-01	7,48E-02	8,61E-02
	Razem		**5,92E-01**	**6,09E-01**	**3,45E-01**	**4,04E-01**	**7,06E-01**	**3,97E-01**	**3,44E-01**	**3,55E-01**	**3,36E-01**	**5,58E-01**	**4,89E-01**	**4,17E-01**	**1,71E-01**	**4,13E-01**	**3,97E-01**	**5,34E-01**	**5,96E-01**	**4,72E-01**

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 1 – cd.

		Lp.	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
		Sektor	Maszyny	Komputery	Aparatura elektr.	Sprzętu RTV	Samochody	Sprzęt transportowy	Meble	Odpady	Energia elektryczna	Pobór wody	Budownictwo	Handel	Administracja publ.	Ochrona zdrowia	Oczyszcz. ścieków	Inna działal-ność	Pozostałe	razem działy
Lp.	Sektor	PKD	29	30 i 33	31	32	34	35	36	37	40	41	45	50-52	75	85	90	91-93	pozost.	
1	Rolnictwo	1, 2	2,88E-04	4,78E-05	0,00E+00	3,34E-06	5,53E-06	1,26E-04	6,26E-03	1,81E-04	9,95E-05	1,92E-04	5,71E-04	7,50E-03	2,11E-03	3,30E-03	1,91E-03	7,71E-04	1,22E-03	**7,32E-01**
2	Rybactwo	5	4,10E-08	0,00E+00	0,00E+00	5,01E-07	5,40E-06	2,76E-07	1,21E-06	0,00E+00	9,72E-06	4,21E-05	1,82E-06	1,78E-04	3,29E-06	1,20E-04	0,00E+00	2,34E-06	1,26E-04	**6,23E-02**
3	Górnictwo	10	4,74E-03	1,44E-03	1,92E-04	2,70E-04	1,03E-03	1,58E-03	9,07E-04	9,36E-04	1,76E-01	3,08E-03	2,94E-04	2,47E-03	1,22E-04	5,10E-04	1,77E-03	1,62E-03	1,79E-03	**3,61E-01**
4	Ropa gaz	11-14	1,69E-03	2,69E-03	1,02E-04	1,34E-04	1,02E-03	3,81E-04	3,34E-04	1,97E-03	4,11E-02	1,33E-03	4,58E-03	4,61E-04	6,51E-04	8,96E-06	3,87E-03	2,17E-03	5,69E-04	**1,71E-01**
5	Art. spoż.	15	4,76E-04	2,35E-04	1,10E-04	1,06E-03	8,67E-05	1,77E-04	9,78E-04	3,54E-04	3,89E-04	6,16E-04	6,84E-04	2,56E-02	4,61E-03	1,35E-02	4,53E-04	1,42E-02	1,38E-02	**4,25E-01**
6	Tytoń	16	1,39E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,52E-05	0,00E+00	1,90E-06	0,00E+00	4,39E-06	1,65E-05	1,30E-06	0,00E+00	0,00E+00	2,92E-06	1,84E-04	**1,12E-01**
7	Włókiennictwo	17	1,04E-03	7,87E-04	1,83E-04	4,46E-04	9,39E-03	9,42E-04	1,33E-03	2,91E-03	1,20E-04	1,95E-04	1,74E-04	5,39E-04	6,86E-04	2,44E-04	3,94E-05	6,98E-04	2,85E-04	**2,04E-01**
8	Odzież	18	4,85E-04	3,68E-04	1,74E-04	3,03E-04	2,11E-04	9,35E-04	5,41E-04	3,12E-04	3,73E-04	1,71E-03	9,43E-04	4,68E-04	4,28E-03	8,76E-05	6,23E-04	9,76E-04	4,48E-04	**3,90E-02**
9	Skóry	19	1,14E-04	9,01E-05	2,60E-05	1,59E-04	4,91E-04	2,46E-04	1,30E-03	3,67E-05	7,11E-05	3,40E-04	8,64E-05	1,46E-04	1,48E-05	6,93E-06	5,12E-05	1,12E-04	5,44E-05	**1,93E-02**
10	Drewno	20	2,05E-03	4,53E-03	1,75E-03	5,00E-03	2,03E-03	4,65E-03	1,35E-01	4,96E-04	1,19E-04	4,71E-04	2,16E-02	1,71E-03	5,25E-04	3,57E-05	7,76E-04	5,11E-03	1,16E-03	**3,48E-01**
11	Papier	21	2,48E-03	4,60E-03	1,30E-03	5,19E-03	1,23E-03	6,62E-04	1,25E-02	2,21E-03	4,32E-04	1,64E-03	8,48E-04	2,57E-03	2,12E-03	5,14E-04	4,47E-04	3,71E-03	3,63E-03	**3,19E-01**
12	Poligrafia	22	1,43E-03	9,08E-04	4,09E-04	2,07E-03	8,30E-04	5,03E-04	9,35E-04	3,99E-04	3,88E-04	1,31E-03	7,01E-04	7,08E-03	5,95E-03	2,91E-03	1,31E-03	1,96E-02	1,27E-02	**1,88E-01**
13	Koks, ropa	23	4,71E-03	3,78E-03	6,50E-04	2,57E-03	2,57E-03	2,54E-03	7,74E-03	1,89E-02	3,88E-03	1,02E-02	1,12E-02	8,33E-03	6,30E-03	8,30E-04	2,05E-02	5,67E-03	1,91E-02	**3,82E-01**
14	Chemiczne	24	8,06E-03	1,21E-02	3,85E-03	1,15E-02	7,81E-03	8,79E-03	1,41E-02	2,85E-03	1,11E-03	1,04E-02	7,22E-03	3,78E-03	3,73E-03	4,24E-02	3,26E-03	8,04E-03	2,86E-03	**4,20E-01**
15	Guma i tw. szt.	25	1,48E-02	3,11E-02	3,68E-03	1,48E-02	7,30E-03	4,24E-03	1,62E-02	1,91E-03	7,02E-04	4,15E-03	4,84E-02	4,57E-03	1,85E-03	2,99E-04	4,08E-03	1,69E-03	1,98E-03	**3,69E-01**
16	Wyr niemetal.	26	8,91E-03	3,50E-02	1,20E-02	9,72E-03	5,04E-03	2,92E-03	1,22E-02	4,96E-03	1,44E-03	3,36E-03	5,86E-02	4,31E-03	1,79E-03	1,41E-03	4,92E-03	1,04E-02	5,94E-03	**3,59E-01**
17	Metale	27	7,62E-02	9,38E-02	1,16E-02	3,51E-02	2,15E-02	4,61E-02	1,17E-02	2,51E-01	1,33E-03	2,09E-03	1,18E-02	1,04E-03	1,32E-03	4,79E-05	6,40E-04	1,27E-03	1,57E-03	**8,94E-01**
18	Metalowe wyr.	28	6,05E-02	2,11E-02	6,04E-03	3,14E-02	5,85E-02	3,69E-02	1,81E-02	2,84E-03	4,61E-03	7,75E-03	2,75E-02	3,65E-03	3,16E-03	2,89E-04	4,61E-03	2,74E-03	3,85E-03	**5,00E-01**
19	Maszyny	29	2,42E-02	2,59E-03	1,06E-03	2,65E-02	1,09E-02	2,27E-02	2,36E-03	4,50E-03	2,18E-03	7,82E-03	1,24E-02	3,27E-03	4,19E-03	1,01E-03	3,73E-03	1,83E-03	2,04E-03	**3,47E-01**
20	Komputery	30 i 33	2,61E-02	3,50E-02	5,98E-03	3,04E-02	1,45E-02	1,25E-02	5,59E-04	3,59E-04	1,07E-02	2,34E-03	1,49E-02	2,07E-03	3,34E-03	2,43E-03	6,95E-04	6,42E-03	3,14E-03	**2,28E-01**
21	Aparat. elektr.	31	1,92E-04	1,74E-04	1,21E-02	1,26E-03	5,36E-05	7,06E-03	4,58E-05	4,52E-05	1,77E-06	1,70E-04	1,34E-03	7,32E-04	1,12E-03	2,25E-04	1,14E-04	2,74E-03	1,27E-03	**3,11E-02**
22	Sprzętu RTV	32	1,90E-03	1,65E-03	8,19E-04	8,34E-03	5,89E-04	1,62E-03	1,04E-03	1,44E-04	3,23E-03	1,67E-03	9,35E-04	7,62E-04	3,18E-04	1,02E-02	1,12E-04	2,86E-04	5,51E-04	**4,07E-02**
23	Samochody	34	4,82E-03	4,97E-04	3,27E-04	3,25E-04	5,16E-02	3,81E-04	4,55E-03	3,71E-03	2,33E-04	2,55E-03	1,53E-03	3,75E-04	5,62E-04	3,96E-05	7,41E-03	1,02E-03	3,41E-03	**1,02E-01**
24	Sprzęt transp.	35	2,66E-06	5,72E-06	1,70E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,62E-01	5,12E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,38E-04	3,30E-06	1,75E-04	5,95E-05	0,00E+00	1,61E-03	2,24E-03	**2,23E-01**
25	Meble	36	4,52E-03	8,49E-03	2,38E-03	3,12E-03	5,09E-04	2,76E-03	4,47E-02	4,98E-04	1,32E-03	1,45E-03	1,20E-03	1,72E-03	1,13E-03	4,86E-04	1,15E-03	5,10E-02	1,89E-03	**1,63E-01**
26	Odpady	37	2,50E-03	4,66E-04	0,00E+00	4,75E-04	3,39E-04	2,17E-05	4,36E-04	1,02E-01	8,78E-06	9,53E-05	2,25E-05	5,24E-05	5,76E-07	9,78E-07	2,89E-03	1,67E-06	4,71E-04	**1,35E-01**
27	Energia elektr.	40	2,55E-02	1,68E-02	2,12E-02	1,53E-02	1,86E-02	1,80E-02	1,36E-02	1,37E-02	4,83E-02	1,00E-01	1,05E-02	8,51E-03	1,48E-02	2,36E-02	2,00E-02	1,20E-02	4,06E-02	**9,45E-01**
28	Pobór wody	41	1,40E-03	7,73E-04	5,51E-04	2,09E-03	5,99E-04	1,14E-03	5,79E-04	8,24E-04	1,81E-03	9,06E-02	4,48E-04	1,35E-03	3,15E-04	6,43E-04	3,57E-03	1,81E-03	5,81E-03	**1,32E-01**
29	Budownictwo	45	1,89E-02	1,41E-02	5,10E-03	1,08E-02	8,10E-03	9,48E-03	3,32E-03	6,00E-03	7,66E-02	6,91E-02	1,50E-01	1,01E-02	3,95E-02	4,90E-03	1,98E-02	1,03E-02	3,08E-02	**5,98E-01**
30	Handel	50-52	6,82E-02	7,91E-02	1,09E-01	6,25E-02	1,15E-01	6,80E-02	1,00E-01	3,78E-02	3,14E-02	2,39E-02	6,84E-02	6,21E-02	3,08E-02	3,24E-02	2,63E-02	5,32E-02	3,78E-02	**2,61E+00**
31	Administr.publ.	75	1,48E-04	4,09E-05	2,26E-05	2,09E-04	1,34E-05	2,06E-05	4,64E-05	1,13E-05	4,99E-05	2,17E-05	7,18E-05	1,05E-04	2,60E-05	1,41E-04	1,04E-04	1,94E-04	7,04E-05	**2,05E-03**
32	Ochr. zdrowia	85	6,50E-04	3,83E-04	4,93E-04	2,15E-03	2,36E-04	4,95E-04	2,25E-04	2,32E-04	3,63E-04	5,83E-04	2,90E-04	4,71E-04	3,44E-03	4,67E-02	9,19E-04	6,44E-04	5,60E-04	**7,16E-02**
33	Ocz. ścieków	90	1,88E-03	1,73E-03	6,58E-04	1,75E-03	1,33E-03	2,09E-03	9,56E-04	1,15E-02	4,72E-03	4,43E-02	1,45E-03	1,75E-03	2,88E-03	1,72E-03	1,12E-01	6,41E-03	6,43E-03	**2,43E-01**
34	Inna działaln.	91-93	1,93E-03	1,45E-03	1,74E-03	1,67E-03	1,27E-03	2,39E-03	1,35E-03	1,96E-03	1,96E-03	1,56E-03	1,47E-03	2,49E-03	2,93E-03	7,06E-03	2,21E-03	3,78E-02	1,15E-02	**1,50E-01**
35	Pozostałe		1,04E-01	7,25E-02	4,69E-02	1,68E-01	9,33E-02	1,47E-01	7,92E-02	1,03E-01	1,07E-01	5,36E-02	7,09E-02	1,55E-01	5,68E-02	4,32E-02	9,95E-02	1,28E-01	1,97E-01	**3,35E+00**
	razem		**4,75E-01**	**4,48E-01**	**2,51E-01**	**4,54E-01**	**4,36E-01**	**5,69E-01**	**4,94E-01**	**5,78E-01**	**5,22E-01**	**4,49E-01**	**5,31E-01**	**3,25E-01**	**2,02E-01**	**2,41E-01**	**3,50E-01**	**3,94E-01**	**4,17E-01**	**1,53E+01**

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 2. Macierz współczynników produkcji g_{ij}, dla zagregowanej struktury gospodarki narodowej

		Lp.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
		Sektor	Rolnictwo	Rybactwo	Górnictwo	Ropa gaz	Art. spoż.	Tytoń	Włókiennic-two	Odzież	Skóry	Drewno	Papier	Poligrafia	Koks, ropa	Chemiczne	Guma i tw. szt.	Wyr niemeta-l.	Metale	Metalowe wyroby
Lp.	Sektor	PKD	1, 2	5	10	11-14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	Rolnictwo	1, 2	2,59E-01	5,35E-04	1,85E-04	1,33E-04	3,65E-01	8,02E-04	3,52E-04	1,30E-04	5,75E-05	2,42E-02	7,50E-03	1,21E-05	9,40E-07	5,38E-04	0,00E+00	4,53E-04	1,16E-04	6,67E-05
2	Rybactwo	5	9,54E-03	5,80E-02	1,75E-05	4,61E-05	5,60E-01	0,00E+00	1,74E-03	0,00E+00	4,77E-06	0,00E+00	1,59E-06	1,11E-05	3,18E-06	0,00E+00	3,18E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
3	Górnictwo	10	2,14E-02	1,98E-05	1,96E-02	1,22E-03	2,05E-02	1,48E-05	1,64E-03	6,98E-04	2,85E-04	1,57E-03	8,19E-03	2,55E-05	5,55E-02	1,19E-02	7,40E-04	2,85E-02	6,46E-02	1,25E-03
4	Ropa gaz	11-14	1,90E-03	9,75E-06	8,07E-03	3,49E-02	8,07E-03	0,00E+00	2,74E-04	2,73E-04	8,79E-05	4,36E-04	3,63E-04	2,67E-03	9,07E-03	2,93E-02	4,38E-03	2,22E-01	1,97E-02	3,77E-03
5	Art. spożywcze	15	4,41E-02	3,73E-04	2,17E-05	5,11E-05	1,84E-01	8,06E-06	1,01E-03	4,18E-05	3,02E-04	7,94E-05	2,26E-04	5,78E-05	1,63E-03	1,99E-03	5,00E-05	7,40E-05	1,37E-04	1,78E-04
6	Tytoń	16	6,15E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,14E-05	1,11E-01	0,00E+00	7,00E-04	0,00E+00	0,00E+00	6,42E-06	2,67E-07	0,00E+00	1,34E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,15E-06
7	Włókiennictwo	17	2,41E-04	3,14E-04	1,13E-03	1,60E-04	2,17E-03	0,00E+00	6,71E-02	1,11E-01	8,22E-03	6,57E-04	2,58E-03	6,12E-04	1,35E-04	3,54E-03	2,14E-02	4,17E-03	3,05E-03	1,42E-03
8	Odzież	18	1,61E-03	8,06E-05	1,34E-03	3,89E-04	4,43E-03	2,62E-04	6,45E-04	1,35E-02	5,62E-04	4,02E-04	2,06E-04	1,09E-04	7,97E-05	6,35E-04	3,19E-04	1,33E-03	2,55E-03	1,19E-03
9	Skóry	19	1,02E-03	2,96E-05	2,61E-03	7,86E-04	2,64E-03	1,84E-05	1,83E-03	8,50E-03	1,05E-02	7,21E-04	5,86E-05	5,60E-04	7,80E-05	3,12E-04	2,91E-04	7,31E-04	1,06E-03	1,08E-03
10	Drewno	20	9,46E-03	8,67E-06	3,68E-03	3,37E-04	3,17E-03	1,36E-05	5,66E-04	2,10E-04	6,16E-04	1,30E-01	2,92E-03	1,77E-04	1,46E-04	1,94E-03	1,48E-03	7,61E-03	3,64E-03	7,52E-03
11	Papier	21	5,23E-03	1,79E-04	8,78E-04	2,32E-03	9,42E-02	3,17E-03	8,25E-03	5,37E-03	3,26E-03	1,57E-02	1,41E-01	5,63E-02	8,50E-04	1,13E-02	8,22E-03	2,77E-02	6,90E-03	7,31E-03
12	Poligrafia	22	1,71E-03	5,32E-05	2,73E-04	1,25E-04	6,83E-03	5,59E-04	3,70E-04	8,75E-04	2,70E-04	5,39E-04	1,33E-03	1,07E-01	3,12E-04	5,96E-03	1,40E-03	2,35E-03	4,46E-04	1,58E-03
13	Koks, ropa	23	7,33E-02	2,42E-03	3,40E-03	8,17E-03	1,56E-02	3,96E-04	1,20E-03	2,69E-03	4,43E-04	5,25E-03	1,72E-03	1,12E-03	5,00E-03	1,71E-02	4,76E-03	1,73E-02	2,08E-02	1,11E-02
14	Chemiczne	24	5,61E-02	1,20E-04	3,99E-03	1,83E-03	1,68E-02	8,47E-04	1,87E-03	1,37E-03	4,19E-03	9,88E-03	7,19E-03	3,78E-03	4,98E-03	4,96E-02	2,48E-02	1,23E-02	9,91E-03	6,98E-03
15	Guma i tw. szt.	25	4,85E-03	5,49E-05	9,55E-03	2,02E-03	4,94E-02	4,85E-05	5,03E-03	2,54E-03	4,79E-03	7,39E-03	3,46E-03	2,80E-03	8,02E-04	2,48E-02	7,78E-02	7,07E-03	3,88E-03	1,97E-02
16	Wyr niemetal.	26	9,24E-03	1,84E-04	1,57E-03	1,25E-03	1,76E-02	6,43E-05	8,08E-04	2,87E-03	7,15E-04	8,34E-03	6,06E-04	1,69E-03	3,20E-04	5,38E-03	1,11E-02	7,85E-02	1,71E-02	1,77E-02
17	Metale	27	1,06E-03	3,38E-06	2,76E-03	1,42E-03	7,00E-03	1,83E-05	1,03E-03	3,94E-04	1,49E-04	3,48E-03	7,42E-04	9,44E-04	1,91E-04	3,71E-03	8,41E-03	9,77E-03	1,79E-01	9,56E-02
18	Metalowe wyr.	28	1,54E-02	5,33E-05	2,03E-02	8,50E-04	1,46E-02	9,97E-05	6,25E-04	7,12E-04	4,02E-04	7,47E-03	6,46E-04	4,53E-04	5,69E-04	3,15E-03	9,98E-03	6,93E-03	1,63E-02	9,07E-02
19	Maszyny	29	3,60E-02	4,19E-04	2,88E-02	5,59E-03	1,47E-02	1,14E-03	1,40E-03	4,64E-04	8,48E-04	6,36E-03	2,98E-03	5,93E-05	4,50E-03	8,03E-03	4,85E-03	1,66E-02	2,60E-02	2,61E-02
20	Komputery	30 i 33	9,12E-03	2,11E-05	7,22E-03	1,68E-03	4,13E-03	1,63E-04	3,29E-04	3,93E-04	1,56E-04	1,81E-03	1,24E-03	4,31E-04	2,60E-04	3,68E-03	8,94E-04	2,48E-03	5,45E-02	5,27E-03
21	Aparat. elektr.	31	3,89E-04	9,01E-05	5,53E-04	8,69E-05	2,78E-04	1,84E-06	6,69E-05	5,81E-05	1,15E-05	6,58E-05	7,63E-05	2,44E-04	6,71E-05	2,54E-04	1,26E-04	2,20E-04	2,35E-04	3,17E-04
22	Sprzętu RTV	32	3,94E-04	8,83E-05	3,44E-03	4,01E-04	3,01E-03	2,27E-04	3,11E-04	5,90E-04	1,35E-04	3,99E-04	4,85E-04	1,31E-03	3,88E-04	2,91E-03	5,43E-04	1,50E-03	2,01E-03	1,19E-03
23	Samochody	34	3,76E-03	7,64E-05	2,44E-04	7,96E-04	3,39E-03	6,71E-05	6,13E-05	1,90E-04	3,29E-05	5,37E-04	1,18E-04	1,15E-04	5,58E-05	2,79E-04	2,89E-04	8,96E-04	2,14E-04	2,66E-03
24	Sprzęt transp.	35	2,27E-03	2,80E-03	2,75E-03	2,80E-03	4,83E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,13E-05	4,67E-05	2,44E-05	2,81E-05	3,50E-05	3,34E-05	3,34E-05	4,00E-05	2,28E-05
25	Meble	36	1,51E-03	1,07E-04	1,10E-03	2,67E-04	4,31E-03	9,01E-04	3,29E-04	1,98E-03	4,93E-04	4,48E-03	7,53E-04	2,27E-03	3,95E-04	3,38E-03	1,46E-03	4,02E-03	1,53E-03	2,80E-03
26	Odpady	37	4,80E-05	0,00E+00	1,22E-03	4,78E-03	4,18E-03	0,00E+00	9,12E-04	1,70E-05	1,04E-05	3,08E-04	2,74E-04	2,08E-04	2,09E-03	1,09E-03	1,33E-02	1,15E-01	2,46E-01	2,31E-01
27	Energia elektr.	40	2,42E-02	1,26E-04	2,45E-02	5,44E-03	2,24E-02	7,56E-04	8,08E-03	3,79E-03	1,74E-03	9,03E-03	9,86E-03	3,35E-03	2,95E-03	2,96E-02	9,90E-03	2,36E-02	5,30E-02	1,27E-02
28	Pobór wody	41	1,51E-02	1,90E-04	6,74E-03	1,56E-03	1,37E-02	6,20E-04	3,41E-03	4,09E-03	2,04E-03	2,31E-03	4,58E-03	2,91E-03	1,86E-03	4,60E-03	4,11E-03	1,01E-02	1,08E-02	8,55E-03
29	Budownictwo	45	1,83E-03	3,92E-06	8,97E-04	3,21E-04	1,57E-03	9,60E-05	2,07E-04	2,98E-04	7,58E-05	1,00E-03	8,96E-04	3,83E-04	6,23E-04	1,68E-03	1,07E-03	2,58E-03	9,45E-04	3,69E-03
30	Handel	50-52	3,47E-02	3,56E-04	2,45E-03	1,09E-03	7,82E-02	1,97E-03	4,56E-03	6,66E-03	1,78E-03	6,73E-03	5,35E-03	6,09E-03	4,78E-03	1,41E-02	1,03E-02	9,16E-03	7,81E-03	8,18E-03
31	Administr.publ.	75	1,34E-05	6,94E-07	3,51E-06	5,64E-06	6,12E-05	0,00E+00	5,61E-06	1,36E-05	7,79E-07	2,47E-05	6,89E-06	2,29E-05	9,48E-07	2,36E-05	1,91E-05	1,95E-05	2,48E-05	2,27E-05
32	Ochr. zdrowia	85	7,09E-03	2,78E-05	1,64E-04	7,87E-05	2,86E-03	4,26E-05	8,43E-05	1,61E-04	2,89E-05	1,53E-04	8,38E-05	2,53E-04	2,17E-05	2,55E-04	1,07E-04	2,40E-04	5,35E-04	3,45E-04
33	Ocz. ścieków	90	5,98E-03	5,23E-05	8,79E-03	7,94E-04	3,72E-02	1,95E-03	4,87E-03	2,47E-03	2,49E-03	1,95E-03	6,69E-03	2,35E-03	3,74E-03	1,75E-02	2,68E-03	7,26E-03	1,37E-02	5,16E-03
34	Inna działaln.	91-93	5,24E-04	3,99E-05	4,80E-03	8,74E-04	9,42E-03	1,02E-03	2,68E-04	2,00E-03	1,23E-04	5,30E-04	8,69E-04	4,72E-03	3,33E-04	4,25E-03	9,40E-04	1,66E-03	1,58E-03	1,95E-03
35	Pozostałe		4,69E-03	1,99E-04	3,86E-03	2,43E-03	1,06E-02	9,99E-04	1,39E-03	3,77E-03	7,47E-04	4,89E-03	2,83E-03	8,47E-03	3,13E-03	9,05E-03	3,58E-03	8,11E-03	5,56E-03	6,60E-03
	Razem		**6,63E-01**	**6,70E-02**	**1,77E-01**	**8,50E-02**	**1,58E+00**	**1,28E-01**	**1,21E-01**	**1,79E-01**	**4,56E-02**	**2,57E-01**	**2,16E-01**	**2,11E-01**	**1,05E-01**	**2,72E-01**	**2,29E-01**	**6,30E-01**	**7,75E-01**	**5,84E-01**

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 2 – cd.

		Lp.	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
		Sektor	Maszyny	Komputery	Aparatura elektr.	Sprzętu RTV	Samochody	Sprzęt transportowy	Meble	Odpady	Energia elektryczna	Pobór wody	Budownictwo	Handel	Administracja publ.	Ochrona zdrowia	Oczyszcz. ścieków	Inna działal-ność	Pozostałe	razem działy
Lp.	Sektor	PKD	29	30 i 33	31	32	34	35	36	37	40	41	45	50-52	75	85	90	91-93	pozost.	
1	Rolnictwo	1, 2	1,12E-04	1,12E-05	0,00E+00	3,19E-07	2,66E-06	2,18E-05	1,81E-03	3,06E-06	7,07E-05	1,10E-05	1,22E-03	2,50E-02	1,99E-03	1,99E-03	2,02E-04	4,41E-04	7,05E-03	**7,00E-01**
2	Rybactwo	5	1,59E-06	0,00E+00	0,00E+00	4,77E-06	2,59E-04	4,77E-06	3,49E-05	0,00E+00	6,89E-04	2,40E-04	3,88E-04	5,92E-02	3,08E-04	7,18E-03	0,00E+00	1,33E-04	7,24E-02	**5,77E+00**
3	Górnictwo	10	6,84E-03	1,25E-03	9,88E-05	9,56E-05	1,84E-03	1,02E-03	9,74E-04	5,88E-05	4,65E-01	6,54E-04	2,33E-03	3,06E-02	4,26E-04	1,14E-03	6,96E-04	3,43E-03	3,83E-02	**1,08E+01**
4	Ropa gaz	11-14	7,17E-03	6,89E-03	1,54E-04	1,40E-04	5,35E-03	7,23E-04	1,06E-03	3,63E-04	3,19E-01	8,30E-04	1,07E-01	1,68E-02	6,69E-03	5,90E-05	4,48E-03	1,36E-02	3,59E-02	**8,72E-01**
5	Art. spoż.	15	1,20E-04	3,56E-05	9,85E-06	6,52E-05	2,70E-05	1,99E-05	1,83E-04	3,88E-06	1,79E-04	2,28E-05	9,47E-04	5,52E-02	2,81E-03	5,25E-03	3,11E-05	5,25E-03	5,15E-02	**1,54E+01**
6	Tytoń	16	9,09E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,71E-04	0,00E+00	2,27E-05	0,00E+00	1,58E-04	9,26E-04	2,06E-05	0,00E+00	0,00E+00	2,81E-05	1,78E-02	**1,61E+01**
7	Włókiennictwo	17	2,82E-03	1,29E-03	1,78E-04	2,98E-04	3,17E-02	1,15E-03	2,69E-03	3,45E-04	5,97E-04	7,82E-05	2,60E-03	1,26E-02	4,52E-03	1,03E-03	2,93E-05	2,80E-03	1,15E-02	**1,73E+01**
8	Odzież	18	8,94E-04	4,08E-04	1,14E-04	1,37E-04	4,80E-04	7,68E-04	7,43E-04	2,50E-05	1,26E-03	4,63E-04	9,55E-03	7,40E-03	1,91E-02	2,50E-04	3,13E-04	2,65E-03	1,23E-02	**1,81E+01**
9	Skóry	19	7,39E-04	3,52E-04	6,02E-05	2,53E-04	3,95E-03	7,13E-04	6,31E-03	1,04E-05	8,44E-04	3,24E-04	3,09E-03	8,13E-03	2,33E-04	6,97E-05	9,08E-05	1,07E-03	5,24E-03	**1,91E+01**
10	Drewno	20	3,12E-03	4,15E-03	9,51E-04	1,87E-03	3,81E-03	3,16E-03	1,53E-01	3,29E-05	3,32E-04	1,05E-04	1,81E-01	2,23E-02	1,93E-03	8,43E-05	3,22E-04	1,15E-02	2,61E-02	**2,06E+01**
11	Papier	21	5,24E-03	5,85E-03	9,80E-04	2,69E-03	3,21E-03	6,24E-04	1,97E-02	2,03E-04	1,67E-03	5,08E-04	9,86E-03	4,66E-02	1,09E-02	1,68E-03	2,58E-04	1,15E-02	1,14E-01	**2,16E+01**
12	Poligrafia	22	1,88E-03	7,18E-04	1,92E-04	6,67E-04	1,35E-03	2,95E-04	9,16E-04	2,29E-05	9,33E-04	2,54E-04	5,07E-03	7,98E-02	1,89E-02	5,93E-03	4,70E-04	3,80E-02	2,48E-01	**2,25E+01**
13	Koks, ropa	23	4,92E-03	2,38E-03	2,42E-04	6,59E-04	3,32E-03	1,18E-03	6,03E-03	8,61E-04	7,42E-03	1,57E-03	6,43E-02	7,47E-02	1,60E-02	1,34E-03	5,84E-03	8,73E-03	2,96E-01	**2,37E+01**
14	Chemiczne	24	6,78E-03	6,14E-03	1,15E-03	2,38E-03	8,12E-03	3,30E-03	8,84E-03	1,04E-04	1,71E-03	1,29E-03	3,34E-02	2,73E-02	7,59E-03	5,54E-02	7,48E-04	9,96E-03	3,57E-02	**2,44E+01**
15	Guma i tw. szt.	25	1,83E-02	2,32E-02	1,63E-03	4,49E-03	1,12E-02	2,34E-03	1,50E-02	1,03E-04	1,59E-03	7,57E-04	3,30E-01	4,86E-02	5,56E-03	5,75E-04	1,38E-03	3,09E-03	3,65E-02	**2,57E+01**
16	Wyr niemetal.	26	9,19E-03	2,17E-02	4,42E-03	2,46E-03	6,44E-03	1,35E-03	9,41E-03	2,23E-04	2,73E-03	5,10E-04	3,32E-01	3,82E-02	4,48E-03	2,26E-03	1,39E-03	1,58E-02	9,11E-02	**2,67E+01**
17	Metale	27	6,89E-02	5,11E-02	3,74E-03	7,80E-03	2,41E-02	1,86E-02	7,89E-03	9,89E-03	2,21E-03	2,78E-04	5,89E-02	8,09E-03	2,90E-03	6,72E-05	1,58E-04	1,69E-03	2,10E-02	**2,76E+01**
18	Metalowe wyr.	28	5,31E-02	1,11E-02	1,89E-03	6,77E-03	6,36E-02	1,44E-02	1,18E-02	1,09E-04	7,40E-03	9,99E-04	1,33E-01	2,75E-02	6,71E-03	3,94E-04	1,10E-03	3,54E-03	5,01E-02	**2,86E+01**
19	Maszyny	29	2,42E-02	1,56E-03	3,77E-04	6,51E-03	1,35E-02	1,01E-02	1,76E-03	1,96E-04	4,00E-03	1,15E-03	6,84E-02	2,81E-02	1,02E-02	1,56E-03	1,02E-03	2,70E-03	3,02E-02	**2,94E+01**
20	Komputery	30 i 33	4,33E-02	3,50E-02	3,54E-03	1,24E-02	2,98E-02	9,25E-03	6,93E-04	2,60E-05	3,26E-02	5,72E-04	1,36E-01	2,95E-02	1,34E-02	6,26E-03	3,15E-04	1,57E-02	7,75E-02	**5,40E-01**
21	Aparat. elektr.	31	5,40E-04	2,93E-04	1,21E-02	8,65E-04	1,86E-04	8,85E-03	9,58E-05	5,52E-06	9,09E-06	7,03E-05	2,07E-02	1,76E-02	7,62E-03	9,78E-04	8,77E-05	1,13E-02	5,31E-02	**3,11E+01**
22	Sprzętu RTV	32	7,76E-03	4,04E-03	1,19E-03	8,34E-03	2,97E-03	2,95E-03	3,17E-03	2,56E-05	2,41E-02	9,99E-04	2,10E-02	2,66E-02	3,14E-03	6,48E-02	1,24E-04	1,72E-03	3,34E-02	**3,22E+01**
23	Samochody	34	3,89E-03	2,42E-04	9,40E-05	6,45E-05	5,16E-02	1,37E-04	2,74E-03	1,31E-04	3,44E-04	3,03E-04	6,80E-03	2,60E-03	1,10E-03	4,96E-05	1,63E-03	1,21E-03	4,10E-02	**3,41E+01**
24	Sprzęt transp.	35	5,97E-06	7,72E-06	1,36E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,62E-01	8,54E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,70E-03	6,35E-05	9,48E-04	2,07E-04	0,00E+00	5,31E-03	7,46E-02	**3,53E+01**
25	Meble	36	6,07E-03	6,85E-03	1,14E-03	1,03E-03	8,46E-04	1,65E-03	4,47E-02	2,91E-05	3,23E-03	2,86E-04	8,86E-03	1,97E-02	3,66E-03	1,01E-03	4,20E-04	1,01E-01	3,77E-02	**3,63E+01**
26	Odpady	37	5,74E-02	6,44E-03	0,00E+00	2,67E-03	9,62E-03	2,22E-04	7,47E-03	1,02E-01	3,69E-04	3,22E-04	2,84E-03	1,03E-02	3,20E-05	3,48E-05	1,81E-02	5,65E-05	1,61E-01	**3,80E+01**
27	Energia elektr.	40	1,39E-02	5,53E-03	4,12E-03	2,05E-03	1,25E-02	4,40E-03	5,56E-03	3,26E-04	4,83E-02	8,07E-03	3,15E-02	3,99E-02	1,96E-02	2,00E-02	2,98E-03	9,63E-03	3,29E-01	**4,08E+01**
28	Pobór wody	41	9,55E-03	3,16E-03	1,33E-03	3,48E-03	5,04E-03	3,45E-03	2,94E-03	2,44E-04	2,25E-02	9,06E-02	1,67E-02	7,87E-02	5,18E-03	6,78E-03	6,63E-03	1,82E-02	5,87E-01	**4,20E+01**
29	Budownictwo	45	3,44E-03	1,54E-03	3,30E-04	4,80E-04	1,82E-03	7,69E-04	4,50E-04	4,75E-05	2,55E-02	1,85E-03	1,50E-01	1,58E-02	1,74E-02	1,38E-03	9,82E-04	2,76E-03	8,32E-02	**4,53E+01**
30	Handel	50-52	7,95E-03	5,55E-03	4,55E-03	1,79E-03	1,66E-02	3,54E-03	8,71E-03	1,92E-04	6,70E-03	4,11E-04	4,39E-02	6,21E-02	8,69E-03	5,85E-03	8,37E-04	9,13E-03	6,55E-02	**4,56E-01**
31	Administr.publ.	75	6,10E-05	1,02E-05	3,32E-06	2,11E-05	6,86E-06	3,79E-06	1,43E-05	2,03E-07	3,77E-05	1,32E-06	1,63E-04	3,72E-04	2,60E-05	9,02E-05	1,17E-05	1,18E-04	4,32E-04	**7,50E+01**
32	Ochr. zdrowia	85	4,19E-04	1,49E-04	1,13E-04	3,40E-04	1,88E-04	1,43E-04	1,08E-04	6,50E-06	4,28E-04	5,53E-05	1,03E-03	2,61E-03	5,37E-03	4,67E-02	1,62E-04	6,12E-04	5,36E-03	**8,51E+01**
33	Ocz. ścieków	90	6,89E-03	3,82E-03	8,59E-04	1,57E-03	6,05E-03	3,41E-03	2,61E-03	1,83E-03	3,16E-02	2,39E-02	2,91E-02	5,51E-02	2,55E-02	9,79E-03	1,12E-01	3,46E-02	3,50E-01	**9,08E+01**
34	Inna działaln.	91-93	1,31E-03	5,94E-04	4,22E-04	2,79E-04	1,06E-03	7,23E-04	6,83E-04	5,79E-05	2,43E-03	1,55E-04	5,50E-03	1,45E-02	4,81E-03	7,43E-03	4,10E-04	3,78E-02	1,16E-01	**2,30E-01**
35	Pozostałe		6,99E-03	2,94E-03	1,12E-03	2,77E-03	7,78E-03	4,41E-03	3,98E-03	3,02E-04	1,31E-02	5,30E-04	2,63E-02	8,95E-02	9,26E-03	4,51E-03	1,83E-03	1,27E-02	1,97E-01	**4,66E-01**
	razem		**3,84E-01**	**2,14E-01**	**4,71E-02**	**7,54E-02**	**3,28E-01**	**2,66E-01**	**3,33E-01**	**1,18E-01**	**1,03E+00**	**1,38E-01**	**1,85E+00**	**1,08E+00**	**2,47E-01**	**2,62E-01**	**1,65E-01**	**3,98E-01**	**3,41E+00**	**1,67E+01**

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 3. Macierz pośredniego zużycia wód powierzchniowych w sektorach gospodarki

			Zużycie pośrednie wody																	
			Rolnictwo	Rybactwo	Górnictwo	Ropa gaz	Art. spoż.	Tytoń	Włókien-nictwo	Odzież	Skóry	Drewno	Papier	Poligrafia	Koks, ropa	Chemiczne	Guma i tw. szt.	Wyr niemetal.	Metale	Metalowe wyroby
Lp.	Sektor	PKD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Rolnictwo	1, 2	28,6378	0,0591	0,0204	0,0146	40,3193	0,0885	0,0389	0,0144	0,0064	2,6687	0,8277	0,0013	0,0001	0,0594	0,0000	0,0501	0,0128	0,0074
2	Rybactwo	5	9,0652	55,0824	0,0166	0,0438	532,5700	0,0000	1,6530	0,0000	0,0045	0,0000	0,0015	0,0106	0,0030	0,0000	0,0030	0,0000	0,0000	0,0000
3	Górnictwo	10	0,0944	0,0001	0,0863	0,0054	0,0900	0,0001	0,0072	0,0031	0,0013	0,0069	0,0360	0,0001	0,2444	0,0523	0,0033	0,1253	0,2843	0,0055
4	Ropa gaz	11-14	0,0353	0,0002	0,1500	0,6499	0,1502	0,0000	0,0051	0,0051	0,0016	0,0081	0,0068	0,0497	0,1687	0,5458	0,0814	4,1232	0,3670	0,0701
5	Art. spożywcze	15	0,9385	0,0080	0,0005	0,0011	3,9143	0,0002	0,0215	0,0009	0,0064	0,0017	0,0048	0,0012	0,0348	0,0424	0,0011	0,0016	0,0029	0,0038
6	Tytoń	16	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	Włókiennictwo	17	0,0018	0,0024	0,0086	0,0012	0,0165	0,0000	0,5097	0,8431	0,0625	0,0050	0,0196	0,0047	0,0010	0,0269	0,1629	0,0317	0,0232	0,0108
8	Odzież	18	0,0002	0,0000	0,0001	0,0000	0,0004	0,0000	0,0001	0,0014	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0003	0,0001
9	Skóry	19	0,0008	0,0000	0,0020	0,0006	0,0020	0,0000	0,0014	0,0064	0,0079	0,0005	0,0000	0,0004	0,0001	0,0002	0,0002	0,0005	0,0008	0,0008
10	Drewno	20	0,0435	0,0000	0,0169	0,0016	0,0146	0,0001	0,0026	0,0010	0,0028	0,5997	0,0134	0,0008	0,0007	0,0089	0,0068	0,0350	0,0168	0,0346
11	Papier	21	0,4267	0,0146	0,0716	0,1895	7,6868	0,2588	0,6730	0,4383	0,2659	1,2773	11,5310	4,5952	0,0693	0,9204	0,6710	2,2583	0,5628	0,5967
12	Poligrafia	22	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
13	Koks, ropa	23	1,8993	0,0626	0,0882	0,2116	0,4042	0,0103	0,0310	0,0698	0,0115	0,1359	0,0446	0,0290	0,1294	0,4425	0,1232	0,4476	0,5382	0,2865
14	Chemiczne	24	19,1080	0,0410	1,3596	0,6241	5,7145	0,2886	0,6374	0,4659	1,4284	3,3666	2,4506	1,2875	1,6956	16,8950	8,4445	4,2063	3,3754	2,3774
15	Guma i tw. szt.	25	0,0781	0,0009	0,1538	0,0325	0,7954	0,0008	0,0810	0,0410	0,0771	0,1189	0,0556	0,0451	0,0129	0,3998	1,2520	0,1139	0,0624	0,3176
16	Wyr niemetal.	26	0,0388	0,0008	0,0066	0,0053	0,0741	0,0003	0,0034	0,0120	0,0030	0,0350	0,0025	0,0071	0,0013	0,0226	0,0465	0,3295	0,0720	0,0744
17	Metale	27	0,0553	0,0002	0,1440	0,0739	0,3655	0,0010	0,0535	0,0206	0,0078	0,1816	0,0388	0,0493	0,0100	0,1937	0,4392	0,5102	9,3689	4,9922
18	Metalowe wyr.	28	0,0046	0,0000	0,0061	0,0003	0,0044	0,0000	0,0002	0,0002	0,0001	0,0022	0,0002	0,0001	0,0002	0,0009	0,0030	0,0021	0,0049	0,0272
19	Maszyny	29	0,0504	0,0006	0,0403	0,0078	0,0206	0,0016	0,0020	0,0006	0,0012	0,0089	0,0042	0,0001	0,0063	0,0112	0,0068	0,0233	0,0365	0,0366
20	Komputery	30 i 33	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0005	0,0001
21	Aparat. elektr.	31	0,0003	0,0001	0,0004	0,0001	0,0002	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	0,0002	0,0003
22	Sprzętu RTV	32	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
23	Samochody	34	0,0056	0,0001	0,0004	0,0012	0,0051	0,0001	0,0001	0,0003	0,0000	0,0008	0,0002	0,0002	0,0001	0,0004	0,0004	0,0013	0,0003	0,0040
24	Sprzęt transp.	35	0,0154	0,0190	0,0187	0,0190	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002
25	Meble	36	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001
26	Odpady	37	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0012	0,0025	0,0023
27	Energia elektr.	40	159,9386	0,8353	162,4821	36,0442	148,4298	5,0047	53,5329	25,0636	11,4983	59,7815	65,2640	22,2016	19,5437	196,3141	65,5672	156,2342	350,6490	83,9946
28	Pobór wody	41	13,2643	0,1668	5,9062	1,3636	12,0015	0,5432	2,9821	3,5786	1,7897	2,0209	4,0078	2,5507	1,6261	4,0281	3,6001	8,8253	9,4733	7,4885
29	Budownictwo	45	0,0007	0,0000	0,0004	0,0001	0,0006	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0004	0,0004	0,0002	0,0002	0,0007	0,0004	0,0010	0,0004	0,0015
30	Handel	50-52	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0008	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
31	Administr.publ.	75	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
32	Ochr. zdrowia	85	0,0035	0,0000	0,0001	0,0000	0,0014	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001	0,0003	0,0002
33	Ocz. ścieków	90	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0004	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001
34	Inna działaln.	91-93	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
35	Pozostałe		0,0113	0,0005	0,0093	0,0058	0,0254	0,0024	0,0033	0,0090	0,0018	0,0117	0,0068	0,0203	0,0075	0,0217	0,0086	0,0195	0,0134	0,0158
	Razem zużycie pośrednie (zakup wody) suma(1:35)		233,7192	56,2946	170,5892	39,2972	752,6087	6,2019	60,2398	30,5756	15,1783	70,2331	84,3173	30,8568	23,5559	219,9881	80,4222	177,3419	374,8694	100,3493

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik. 3 – cd.

			Zużycie pośrednie wody																	
			Maszyny	Komputery	Aparatura elektr.	Sprzętu RTV	Samochody	Sprzęt transporto-wy	Meble	Odpady	Energia elektryczna	Pobór wody	Budownic-two	Handel	Administra-cja publ.	Ochrona zdrowia	Oczyszcz. ścieków	Inna działalność	Pozostałe	**Razem zużycie pośrednie wody (sprzedaż wody)**
Lp.	Sektor	PKD	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	**(1+...+35)**
1	Rolnictwo	1, 2	0,0123	0,0012	0,0000	0,0000	0,0003	0,0024	0,2000	0,0003	0,0078	0,0012	0,1348	2,7611	0,2196	0,2197	0,0224	0,0487	0,7785	**77,2372**
2	Rybactwo	5	0,0015	0,0000	0,0000	0,0045	0,2461	0,0045	0,0332	0,0000	0,6552	0,2280	0,3683	56,2675	0,2929	6,8264	0,0000	0,1268	68,8425	**732,3510**
3	Górnictwo	10	0,0301	0,0055	0,0004	0,0004	0,0081	0,0045	0,0043	0,0003	2,0467	0,0029	0,0103	0,1345	0,0019	0,0050	0,0031	0,0151	0,1685	**3,4874**
4	Ropa gaz	11-14	0,1334	0,1281	0,0029	0,0026	0,0995	0,0134	0,0196	0,0068	5,9405	0,0154	1,9894	0,3122	0,1245	0,0011	0,0834	0,2527	0,6669	**16,2104**
5	Art. spoż.	15	0,0025	0,0008	0,0002	0,0014	0,0006	0,0004	0,0039	0,0001	0,0038	0,0005	0,0202	1,1763	0,0598	0,1118	0,0007	0,1117	1,0964	**7,5767**
6	Tytoń	16	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	**0,0013**
7	Włókiennictwo	17	0,0214	0,0098	0,0013	0,0023	0,2405	0,0087	0,0205	0,0026	0,0045	0,0006	0,0198	0,0957	0,0343	0,0078	0,0002	0,0213	0,0876	**2,3107**
8	Odzież	18	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0010	0,0007	0,0019	0,0000	0,0000	0,0003	0,0012	**0,0086**
9	Skóry	19	0,0006	0,0003	0,0000	0,0002	0,0030	0,0005	0,0047	0,0000	0,0006	0,0002	0,0023	0,0061	0,0002	0,0001	0,0001	0,0008	0,0039	**0,0482**
10	Drewno	20	0,0144	0,0191	0,0044	0,0086	0,0175	0,0145	0,7059	0,0002	0,0015	0,0005	0,8331	0,1027	0,0089	0,0004	0,0015	0,0527	0,1201	**2,7058**
11	Papier	21	0,4276	0,4777	0,0800	0,2194	0,2622	0,0509	1,6087	0,0166	0,1364	0,0415	0,8048	3,8066	0,8869	0,1373	0,0210	0,9422	9,3025	**51,7295**
12	Poligrafia	22	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0008	0,0002	0,0001	0,0000	0,0004	0,0025	**0,0054**
13	Koks, ropa	23	0,1275	0,0617	0,0063	0,0171	0,0860	0,0307	0,1562	0,0223	0,1922	0,0407	1,6652	1,9352	0,4131	0,0348	0,1513	0,2262	7,6787	**17,8102**
14	Chemiczne	24	2,3085	2,0905	0,3933	0,8096	2,7663	1,1231	3,0109	0,0355	0,5817	0,4397	11,3836	9,3000	2,5844	18,8539	0,2548	3,3928	12,1634	**145,2585**
15	Guma i tw. szt.	25	0,2954	0,3730	0,0262	0,0723	0,1801	0,0377	0,2413	0,0017	0,0256	0,0122	5,3077	0,7827	0,0895	0,0093	0,0222	0,0497	0,5868	**11,7523**
16	Wyr niemetal.	26	0,0386	0,0912	0,0186	0,0103	0,0270	0,0057	0,0395	0,0009	0,0115	0,0021	1,3963	0,1603	0,0188	0,0095	0,0058	0,0662	0,3826	**3,0203**
17	Metale	27	3,5992	2,6655	0,1954	0,4071	1,2571	0,9710	0,4116	0,5162	0,1154	0,0145	3,0772	0,4225	0,1512	0,0035	0,0082	0,0882	1,0984	**31,5076**
18	Metalowe wyr.	28	0,0159	0,0033	0,0006	0,0020	0,0191	0,0043	0,0035	0,0000	0,0022	0,0003	0,0399	0,0082	0,0020	0,0001	0,0003	0,0011	0,0150	**0,1748**
19	Maszyny	29	0,0339	0,0022	0,0005	0,0091	0,0188	0,0142	0,0025	0,0003	0,0056	0,0016	0,0957	0,0393	0,0142	0,0022	0,0014	0,0038	0,0423	**0,5466**
20	Komputery	30 i 33	0,0004	0,0004	0,0000	0,0001	0,0003	0,0001	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0014	0,0003	0,0001	0,0001	0,0000	0,0002	0,0008	**0,0054**
21	Aparat. elektr.	31	0,0004	0,0002	0,0097	0,0007	0,0001	0,0071	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0166	0,0141	0,0061	0,0008	0,0001	0,0091	0,0425	**0,1101**
22	Sprzętu RTV	32	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0002	0,0003	0,0000	0,0006	0,0000	0,0000	0,0003	**0,0023**
23	Samochody	34	0,0058	0,0004	0,0001	0,0001	0,0774	0,0002	0,0041	0,0002	0,0005	0,0005	0,0102	0,0039	0,0016	0,0001	0,0025	0,0018	0,0615	**0,1916**
24	Sprzęt transp.	35	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	1,1049	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0116	0,0004	0,0064	0,0014	0,0000	0,0361	0,5073	**1,7430**
25	Meble	36	0,0002	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	0,0000	0,0001	0,0000	0,0002	0,0005	0,0001	0,0000	0,0000	0,0025	0,0009	**0,0068**
26	Odpady	37	0,0006	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0016	**0,0100**
27	Energia elektr.	40	92,1089	36,5893	27,2775	13,5521	83,0671	29,1067	36,7947	2,1578	319,8814	53,4290	208,5184	264,3182	130,0830	132,2776	19,7452	63,7802	2179,6976	**5314,7638**
28	Pobór wody	41	8,3668	2,7712	1,1690	3,0505	4,4126	3,0217	2,5707	0,2136	19,7069	79,3912	14,6687	68,9333	4,5396	5,9359	5,8085	15,9151	513,7191	**839,4114**
29	Budownictwo	45	0,0014	0,0006	0,0001	0,0002	0,0007	0,0003	0,0002	0,0000	0,0102	0,0007	0,0601	0,0063	0,0069	0,0006	0,0004	0,0011	0,0333	**0,1304**
30	Handel	50-52	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0000	0,0004	0,0006	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0007	**0,0046**
31	Administr.publ.	75	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	**0,0002**
32	Ochr. zdrowia	85	0,0002	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0002	0,0000	0,0005	0,0013	0,0027	0,0234	0,0001	0,0003	0,0027	**0,0382**
33	Ocz. ścieków	90	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0002	0,0003	0,0006	0,0003	0,0001	0,0011	0,0003	0,0035	**0,0082**
34	Inna działaln.	91-93	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	**0,0000**
35	Pozostałe		0,0168	0,0071	0,0027	0,0066	0,0187	0,0106	0,0095	0,0007	0,0315	0,0013	0,0631	0,2147	0,0222	0,0108	0,0044	0,0305	0,4730	**1,1184**
	Razem zużycie pośrednie (zakup wody) suma(1:35)		107,5647	45,2993	29,1894	18,1777	92,8097	35,5385	45,8473	2,9772	349,3632	133,6250	250,5012	410,8071	139,5735	164,4746	26,1389	85,1780	2797,5827	7261,2865

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 4. Macierz pośredniego zużycia wód podziemnych w sektorach gospodarki

			Zużycie pośrednie wody																	
			Rolnictwo	Rybactwo	Górnictwo	Ropa gaz	Art. spoż.	Tytoń	Włókien-nictwo	Odzież	Skóry	Drewno	Papier	Poligrafia	Koks, ropa	Chemiczne	Guma i tw. szt.	Wyr niemetal.	Metale	Metalowe wyroby
Lp.	Sektor	PKD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Rolnictwo	1, 2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
2	Rybactwo	5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
3	Górnictwo	10	0,1673	0,0002	0,1529	0,0095	0,1595	0,0001	0,0128	0,0054	0,0022	0,0123	0,0639	0,0002	0,4333	0,0928	0,0058	0,2222	0,5040	0,0097
4	Ropa gaz	11-14	0,0089	0,0000	0,0379	0,1642	0,0379	0,0000	0,0013	0,0013	0,0004	0,0020	0,0017	0,0126	0,0426	0,1379	0,0206	1,0419	0,0927	0,0177
5	Art. spożywcze	15	3,5691	0,0302	0,0018	0,0041	14,8854	0,0007	0,0819	0,0034	0,0244	0,0064	0,0183	0,0047	0,1324	0,1612	0,0041	0,0060	0,0111	0,0144
6	Tytoń	16	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0223	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
7	Włókiennictwo	17	0,0018	0,0023	0,0083	0,0012	0,0161	0,0000	0,4963	0,8210	0,0608	0,0049	0,0191	0,0045	0,0010	0,0262	0,1586	0,0309	0,0226	0,0105
8	Odzież	18	0,0003	0,0000	0,0003	0,0001	0,0009	0,0001	0,0001	0,0027	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0001	0,0003	0,0005	0,0002
9	Skóry	19	0,0008	0,0000	0,0020	0,0006	0,0020	0,0000	0,0014	0,0064	0,0079	0,0005	0,0000	0,0004	0,0001	0,0002	0,0002	0,0005	0,0008	0,0008
10	Drewno	20	0,0237	0,0000	0,0092	0,0008	0,0079	0,0000	0,0014	0,0005	0,0015	0,3259	0,0073	0,0004	0,0004	0,0048	0,0037	0,0190	0,0091	0,0188
11	Papier	21	0,0256	0,0009	0,0043	0,0114	0,4616	0,0155	0,0404	0,0263	0,0160	0,0767	0,6924	0,2759	0,0042	0,0553	0,0403	0,1356	0,0338	0,0358
12	Poligrafia	22	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0011	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
13	Koks, ropa	23	0,3080	0,0101	0,0143	0,0343	0,0655	0,0017	0,0050	0,0113	0,0019	0,0220	0,0072	0,0047	0,0210	0,0718	0,0200	0,0726	0,0873	0,0465
14	Chemiczne	24	1,1108	0,0024	0,0790	0,0363	0,3322	0,0168	0,0371	0,0271	0,0830	0,1957	0,1425	0,0748	0,0986	0,9822	0,4909	0,2445	0,1962	0,1382
15	Guma i tw. szt.	25	0,0126	0,0001	0,0248	0,0052	0,1285	0,0001	0,0131	0,0066	0,0125	0,0192	0,0090	0,0073	0,0021	0,0646	0,2022	0,0184	0,0101	0,0513
16	Wyr niemetal.	26	0,1284	0,0026	0,0218	0,0174	0,2452	0,0009	0,0112	0,0398	0,0099	0,1159	0,0084	0,0235	0,0045	0,0748	0,1537	1,0905	0,2384	0,2464
17	Metale	27	0,0140	0,0000	0,0364	0,0187	0,0924	0,0002	0,0135	0,0052	0,0020	0,0459	0,0098	0,0125	0,0025	0,0490	0,1111	0,1290	2,3691	1,2624
18	Metalowe wyr.	28	0,0338	0,0001	0,0446	0,0019	0,0322	0,0002	0,0014	0,0016	0,0009	0,0164	0,0014	0,0010	0,0013	0,0069	0,0220	0,0152	0,0359	0,1995
19	Maszyny	29	0,3202	0,0037	0,2560	0,0497	0,1312	0,0101	0,0125	0,0041	0,0076	0,0566	0,0265	0,0005	0,0401	0,0715	0,0432	0,1479	0,2317	0,2325
20	Komputery	30 i 33	0,0036	0,0000	0,0029	0,0007	0,0017	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0007	0,0005	0,0002	0,0001	0,0015	0,0004	0,0010	0,0218	0,0021
21	Aparat. elektr.	31	0,0011	0,0003	0,0015	0,0002	0,0008	0,0000	0,0002	0,0002	0,0000	0,0002	0,0002	0,0007	0,0002	0,0007	0,0004	0,0006	0,0007	0,0009
22	Sprzętu RTV	32	0,0011	0,0003	0,0100	0,0012	0,0087	0,0007	0,0009	0,0017	0,0004	0,0012	0,0014	0,0038	0,0011	0,0084	0,0016	0,0043	0,0058	0,0034
23	Samochody	34	0,0090	0,0002	0,0006	0,0019	0,0081	0,0002	0,0001	0,0005	0,0001	0,0013	0,0003	0,0003	0,0001	0,0007	0,0007	0,0021	0,0005	0,0064
24	Sprzęt transp.	35	0,0157	0,0193	0,0190	0,0193	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0002	0,0003	0,0002
25	Meble	36	0,0018	0,0001	0,0013	0,0003	0,0052	0,0011	0,0004	0,0024	0,0006	0,0054	0,0009	0,0027	0,0005	0,0041	0,0017	0,0048	0,0018	0,0034
26	Odpady	37	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0012	0,0025	0,0023
27	Energia elektr.	40	0,6256	0,0033	0,6355	0,1410	0,5806	0,0196	0,2094	0,0980	0,0450	0,2338	0,2553	0,0868	0,0764	0,7678	0,2565	0,6111	1,3715	0,3285
28	Pobór wody	41	22,4787	0,2826	10,0090	2,3109	20,3387	0,9206	5,0538	6,0646	3,0329	3,4248	6,7920	4,3226	2,7557	6,8263	6,1010	14,9560	16,0542	12,6907
29	Budownictwo	45	0,0038	0,0000	0,0019	0,0007	0,0033	0,0002	0,0004	0,0006	0,0002	0,0021	0,0019	0,0008	0,0013	0,0035	0,0023	0,0054	0,0020	0,0077
30	Handel	50-52	0,0901	0,0009	0,0064	0,0028	0,2032	0,0051	0,0119	0,0173	0,0046	0,0175	0,0139	0,0158	0,0124	0,0366	0,0268	0,0238	0,0203	0,0213
31	Administr.publ.	75	0,0002	0,0000	0,0000	0,0001	0,0007	0,0000	0,0001	0,0002	0,0000	0,0003	0,0001	0,0003	0,0000	0,0003	0,0002	0,0002	0,0003	0,0003
32	Ochr. zdrowia	85	0,0873	0,0003	0,0020	0,0010	0,0352	0,0005	0,0010	0,0020	0,0004	0,0019	0,0010	0,0031	0,0003	0,0031	0,0013	0,0030	0,0066	0,0042
33	Ocz. ścieków	90	0,0012	0,0000	0,0018	0,0002	0,0074	0,0004	0,0010	0,0005	0,0005	0,0004	0,0013	0,0005	0,0007	0,0035	0,0005	0,0015	0,0027	0,0010
34	Inna działaln.	91-93	0,0004	0,0000	0,0034	0,0006	0,0066	0,0007	0,0002	0,0014	0,0001	0,0004	0,0006	0,0033	0,0002	0,0030	0,0007	0,0012	0,0011	0,0014
35	Pozostałe		0,0802	0,0034	0,0660	0,0415	0,1811	0,0171	0,0238	0,0645	0,0128	0,0835	0,0484	0,1449	0,0536	0,1547	0,0612	0,1387	0,0951	0,1129
	Razem zużycie pośrednie (zakup wody) suma(1:35)		29,1251	0,3636	11,4548	2,8778	37,9804	1,0350	6,0327	7,2168	3,3286	4,6744	8,1258	5,0102	3,6869	9,6138	7,7319	18,9297	21,4306	15,4716

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 4. cd.

			Zużycie pośrednie wody																	Razem zużycie pośrednie wody (sprzedaż wody) (1+...+35)
			Maszyny	Komputery	Aparatura elektr.	Sprzętu RTV	Samochody	Sprzęt transporto-wy	Meble	Odpady	Energia elektryczna	Pobór wody	Budownic-two	Handel	Administra-cja publ.	Ochrona zdrowia	Oczyszcz. ścieków	Inna działalność	Pozostałe	
Lp.	Sektor	PKD	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
1	Rolnictwo	1, 2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	**0,0000**
2	Rybactwo	5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	**0,0000**
3	Górnictwo	10	0,0533	0,0097	0,0008	0,0007	0,0144	0,0079	0,0076	0,0005	3,6283	0,0051	0,0182	0,2383	0,0033	0,0089	0,0054	0,0268	0,2987	**6,1821**
4	Ropa gaz	11-14	0,0337	0,0324	0,0007	0,0007	0,0251	0,0034	0,0050	0,0017	1,5011	0,0039	0,5027	0,0789	0,0314	0,0003	0,0211	0,0639	0,1685	**4,0962**
5	Art. spoż.	15	0,0097	0,0029	0,0008	0,0053	0,0022	0,0016	0,0149	0,0003	0,0145	0,0018	0,0767	4,4732	0,2275	0,4253	0,0025	0,4249	4,1692	**28,8129**
6	Tytoń	16	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0036	**0,0263**
7	Włókiennictwo	17	0,0209	0,0095	0,0013	0,0022	0,2342	0,0085	0,0199	0,0026	0,0044	0,0006	0,0193	0,0932	0,0334	0,0076	0,0002	0,0207	0,0853	**2,2499**
8	Odzież	18	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0001	0,0000	0,0003	0,0001	0,0019	0,0015	0,0038	0,0001	0,0001	0,0005	0,0025	**0,0173**
9	Skóry	19	0,0006	0,0003	0,0000	0,0002	0,0030	0,0005	0,0047	0,0000	0,0006	0,0002	0,0023	0,0061	0,0002	0,0001	0,0001	0,0008	0,0039	**0,0482**
10	Drewno	20	0,0078	0,0104	0,0024	0,0047	0,0095	0,0079	0,3836	0,0001	0,0008	0,0003	0,4528	0,0558	0,0048	0,0002	0,0008	0,0287	0,0653	**1,4705**
11	Papier	21	0,0257	0,0287	0,0048	0,0132	0,0157	0,0031	0,0966	0,0010	0,0082	0,0025	0,0483	0,2286	0,0533	0,0082	0,0013	0,0566	0,5586	**3,1063**
12	Poligrafia	22	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0008	0,0002	0,0001	0,0000	0,0004	0,0025	**0,0054**
13	Koks, ropa	23	0,0207	0,0100	0,0010	0,0028	0,0139	0,0050	0,0253	0,0036	0,0312	0,0066	0,2700	0,3138	0,0670	0,0056	0,0245	0,0367	1,2452	**2,8881**
14	Chemiczne	24	0,1342	0,1215	0,0229	0,0471	0,1608	0,0653	0,1750	0,0021	0,0338	0,0256	0,6618	0,5406	0,1502	1,0960	0,0148	0,1972	0,7071	**8,4443**
15	Guma i tw. szt.	25	0,0477	0,0602	0,0042	0,0117	0,0291	0,0061	0,0390	0,0003	0,0041	0,0020	0,8571	0,1264	0,0145	0,0015	0,0036	0,0080	0,0948	**1,8979**
16	Wyr niemetal.	26	0,1278	0,3017	0,0615	0,0342	0,0895	0,0187	0,1308	0,0031	0,0379	0,0071	4,6212	0,5304	0,0623	0,0314	0,0193	0,2191	1,2663	**9,9957**
17	Metale	27	0,9101	0,6740	0,0494	0,1029	0,3179	0,2456	0,1041	0,1305	0,0292	0,0037	0,7781	0,1068	0,0382	0,0009	0,0021	0,0223	0,2777	**7,9674**
18	Metalowe wyr.	28	0,1169	0,0245	0,0042	0,0149	0,1398	0,0318	0,0260	0,0002	0,0163	0,0022	0,2924	0,0605	0,0148	0,0009	0,0024	0,0078	0,1103	**1,2820**
19	Maszyny	29	0,2156	0,0139	0,0034	0,0579	0,1198	0,0902	0,0157	0,0017	0,0356	0,0102	0,6085	0,2500	0,0904	0,0139	0,0090	0,0241	0,2691	**3,4746**
20	Komputery	30 i 33	0,0173	0,0140	0,0014	0,0050	0,0119	0,0037	0,0003	0,0000	0,0130	0,0002	0,0544	0,0118	0,0054	0,0025	0,0001	0,0063	0,0310	**0,2159**
21	Aparat. elektr.	31	0,0015	0,0008	0,0339	0,0024	0,0005	0,0248	0,0003	0,0000	0,0000	0,0002	0,0580	0,0494	0,0213	0,0027	0,0002	0,0318	0,1487	**0,3853**
22	Sprzętu RTV	32	0,0225	0,0117	0,0034	0,0242	0,0086	0,0086	0,0092	0,0001	0,0699	0,0029	0,0608	0,0773	0,0091	0,1878	0,0004	0,0050	0,0967	**0,6541**
23	Samochody	34	0,0093	0,0006	0,0002	0,0002	0,1238	0,0003	0,0066	0,0003	0,0008	0,0007	0,0163	0,0062	0,0026	0,0001	0,0039	0,0029	0,0984	**0,3065**
24	Sprzęt transp.	35	0,0000	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	1,1211	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0118	0,0004	0,0065	0,0014	0,0000	0,0366	0,5147	**1,7686**
25	Meble	36	0,0073	0,0082	0,0014	0,0012	0,0010	0,0020	0,0536	0,0000	0,0039	0,0003	0,0106	0,0237	0,0044	0,0012	0,0005	0,1209	0,0453	**0,3241**
26	Odpady	37	0,0006	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0001	0,0010	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0016	**0,0100**
27	Energia elektr.	40	0,3603	0,1431	0,1067	0,0530	0,3249	0,1138	0,1439	0,0084	1,2512	0,2090	0,8156	1,0338	0,5088	0,5174	0,0772	0,2495	8,5255	**20,7878**
28	Pobór wody	41	14,1790	4,6963	1,9811	5,1696	7,4780	5,1208	4,3566	0,3620	33,3968	134,5427	24,8587	116,8198	7,6932	10,0595	9,8435	26,9710	870,5891	**1422,5329**
29	Budownictwo	45	0,0072	0,0032	0,0007	0,0010	0,0038	0,0016	0,0009	0,0001	0,0535	0,0039	0,3154	0,0331	0,0365	0,0029	0,0021	0,0058	0,1747	**0,6846**
30	Handel	50-52	0,0207	0,0144	0,0118	0,0046	0,0431	0,0092	0,0227	0,0005	0,0174	0,0011	0,1141	0,1615	0,0226	0,0152	0,0022	0,0237	0,1703	**1,1861**
31	Administr.publ.	75	0,0007	0,0001	0,0000	0,0002	0,0001	0,0000	0,0002	0,0000	0,0004	0,0000	0,0018	0,0042	0,0003	0,0010	0,0001	0,0013	0,0048	**0,0184**
32	Ochr. zdrowia	85	0,0052	0,0018	0,0014	0,0042	0,0023	0,0018	0,0013	0,0001	0,0053	0,0007	0,0127	0,0320	0,0660	0,5744	0,0020	0,0075	0,0660	**0,9389**
33	Ocz. ścieków	90	0,0014	0,0008	0,0002	0,0003	0,0012	0,0007	0,0005	0,0004	0,0063	0,0048	0,0058	0,0110	0,0051	0,0020	0,0225	0,0069	0,0700	**0,1649**
34	Inna działaln.	91-93	0,0009	0,0004	0,0003	0,0002	0,0007	0,0005	0,0005	0,0000	0,0017	0,0001	0,0038	0,0102	0,0034	0,0052	0,0003	0,0265	0,0814	**0,1613**
35	Pozostałe		0,1195	0,0503	0,0192	0,0473	0,1330	0,0753	0,0680	0,0052	0,2245	0,0091	0,4494	1,5299	0,1584	0,0771	0,0313	0,2173	3,3699	**7,9683**
	Razem zużycie pośrednie (zakup wody) suma(1:35)		16,4783	6,2457	2,3192	5,6119	9,3082	6,9799	5,7130	0,5259	40,3909	134,8475	36,0008	126,9097	9,3389	13,0514	10,0937	28,8514	893,3165	1540,0726

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 5. Wyniki oszacowania modeli trendu zmian współczynnika zużycia wód powierzchniowych w czasie (lata 1992-2004)

Lp.	Sektor	Aproksymowana funkcja	Oszacowane parametry modelu				Błąd oszacowania parametrów modelu				Wynik testu istotn. dla: α_0 α_1 α_2 α_3	Statystyczne miary oceny modelu				
			α_0	α_1	α_2	α_3	$D(\alpha_0)$	$D(\alpha_1)$	$D(\alpha_2)$	$D(\alpha_3)$		s_e^2	s_e	V_e	φ^2	R^2
1	A	f.liniowa	3,14E+00	-1,94E-01			2,90E-01	3,66E-02			1 1	2,43E-01	4,93E-01	28%	28%	72%
2		f.logarmiczna	3,69E+00	-1,10E+00			7,50E-02	3,98E-02			1 1	1,11E-02	1,06E-01	6%	10%	89%
3		f.hiperbola	1,02E+00	3,12E+00			5,53E-02	1,59E-01			1 1	2,01E-02	1,42E-01	20%	19%	81%
4		f.wykladnicza	1,17E+00	-9,83E-02			1,26E-01	1,59E-02			1 1	4,60E-02	2,14E-01	44%	22%	78%
5		f.potęgowa	1,36E+00	-4,96E-01			1,05E-01	5,55E-02			1 1	7,55E-02	2,75E-01	15%	12%	88%
6		f.kwadratowa	4,22E+00	-6,24E-01	3,07E-02		2,61E-01	8,59E-02	5,97E-03		1 1 1	7,14E-02	2,67E-01	15%	8%	92%
7		f.wielomian 3st.	4,87E+00	-1,10E+00	1,13E-01	-3,93E-03	3,15E-01	1,87E-01	3,05E-02	1,44E-03	1 1 1 1	4,25E-02	2,06E-01	12%	5%	95%
8	B	f.liniowa	3,36E+02	1,40E+02			2,12E+02	2,67E+01			0 1	1,30E+05	3,60E+02	27%	29%	71%
9		f.logarmiczna	2,72E+02	6,01E+02			1,18E+02	6,25E+01			1 1	2,75E+04	1,66E+02	13%	49%	51%
10		f.hiperbola	1,64E+03	-1,34E+03			7,82E+01	2,25E+02			1 1	4,01E+04	2,00E+02	15%	72%	28%
11		f.wykladnicza	6,39E+00	1,00E-01			1,17E-01	1,48E-02			1 1	3,98E-02	2,00E-01	3%	19%	83%
12		f.potęgowa	6,30E+00	4,55E-01			1,93E-01	1,02E-01			1 1	7,34E-02	2,71E-01	4%	36%	64%
13		f.kwadratowa	9,18E+02	-9,30E+01	1,66E+01		2,76E+02	9,06E+01	6,30E+00		1 0 1	7,94E+04	2,82E+02	21%	18%	82%
14		f.wielomian 3st.	7,80E+02	7,65E+00	-6,89E-01	8,25E-01	4,26E+02	2,54E+02	4,14E+01	1,95E+00	0 0 0 0	7,81E+04	2,79E+02	21%	17%	83%
15	C	f.liniowa	2,53E+00	-1,80E-01			1,32E-01	1,66E-02			1 1	5,00E-02	2,24E-01	18%	9%	91%
16		f.logarmiczna	2,80E+00	-8,83E-01			7,43E-02	3,94E-02			1 1	1,09E-02	1,05E-01	23%	15%	85%
17		f.hiperbola	7,41E-01	2,15E+00			6,90E-02	1,99E-01			1 1	3,13E-02	1,77E-01	14%	43%	57%
18		f.wykladnicza	1,17E+00	-1,58E-01			1,05E-01	1,32E-02			1 1	3,16E-02	1,78E-01	294%	7%	93%
19		f.potęgowa	1,34E+00	-7,36E-01			2,25E-01	1,19E-01			1 1	1,00E-01	3,17E-01	524%	22%	78%
20		f.kwadratowa	2,78E+00	-2,80E-01	7,15E-03		1,97E-01	6,48E-02	4,51E-03		1 1 0	4,07E-02	2,02E-01	16%	7%	93%
21		f.wielomian 3st.	2,36E+00	2,14E-02	-4,48E-02	2,47E-03	2,61E-01	1,55E-01	2,53E-02	1,19E-03	1 0 0 0	2,92E-02	1,71E-01	13%	5%	95%
22	D	f.liniowa	2,76E+00	-1,73E-01			8,93E-02	1,12E-02			1 1	2,30E-02	1,52E-01	10%	4%	96%
23		f.logarmiczna	3,08E+00	-8,79E-01			3,78E-02	2,01E-02			1 1	2,83E-03	5,32E-02	3%	4%	96%
24		f.hiperbola	9,93E-01	2,28E+00			5,15E-02	1,48E-01			1 1	1,74E-02	1,32E-01	8%	27%	73%
25		f.wykladnicza	1,17E+00	-1,18E-01			6,59E-02	8,31E-03			1 1	1,26E-02	1,12E-01	33%	5%	95%
26		f.potęgowa	1,32E+00	-5,62E-01			1,42E-01	7,54E-02			1 1	3,99E-02	2,00E-01	58%	17%	83%
27		f.kwadratowa	3,08E+00	-3,00E-01	9,12E-03		8,70E-02	2,86E-02	1,99E-03		1 1 1	7,89E-03	8,88E-02	6%	2%	98%
28		f.wielomian 3st.	3,10E+00	-3,12E-01	1,11E-02	-9,65E-05	1,35E-01	8,07E-02	1,31E-02	6,18E-04	1 1 0 0	7,88E-03	8,87E-02	6%	2%	98%
29	E-en.	f.liniowa	1,72E+02	-4,60E+00			9,40E+00	1,18E+00			1 1	2,55E+02	1,60E+01	11%	42%	58%
30		f.logarmiczna	1,69E+02	-1,66E+01			5,18E+00	2,75E+00			1 1	5,32E+01	7,30E+00	5%	71%	29%
31		f.hiperbola	1,34E+02	2,36E+01			9,29E+00	2,67E+01			1 0	5,66E+02	2,38E+01	17%	93%	7%
32		f.wykladnicza	5,17E+00	-3,49E-02			6,77E-02	8,53E-03			1 1	1,32E-02	1,15E-01	2%	40%	60%
33		f.potęgowa	5,15E+00	-1,28E-01			1,08E-01	5,72E-02			1 1	2,30E-02	1,52E-01	3%	69%	31%
34		f.kwadratowa	1,42E+02	7,72E+00	-8,80E-01		1,10E+01	3,60E+00	2,50E-01		1 0 1	1,26E+02	1,12E+01	8%	19%	81%
35		f.wielomian 3st.	1,07E+02	3,26E+01	-5,16E+00	2,04E-01	1,02E+01	6,06E+00	9,87E-01	4,65E-02	1 1 1 1	4,45E+01	6,67E+00	5%	6%	94%

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 5. - cd.

Lp.	Sektor	Aproksymowana funkcja	Oszacowane parametry modelu				Błąd oszacowania parametrów modelu				Wynik testu istotn. dla: α_0 α_1 α_2 α_3	Statystyczne miary oceny modelu				
			α_0	α_1	α_2	α_3	$D(\alpha_0)$	$D(\alpha_1)$	$D(\alpha_2)$	$D(\alpha_3)$		s_e^2	s_e	V_e	φ^2	R^2
36	E-pob.	f.liniowa	3,51E+02	-2,10E+01			1,07E+01	1,35E+00			1 1	3,31E+02	1,82E+01	9%	4%	96%
37		f.logarmiczna	3,81E+02	-1,02E+02			7,72E+00	4,10E+00			1 1	1,18E+02	1,09E+01	5%	13%	87%
38		f.hiperbola	1,42E+02	2,55E+02			2,10E+01	6,05E+01			1 1	2,90E+03	5,38E+01	26%	38%	62%
39		f.wykladnicza	6,01E+00	-1,11E-01			6,10E-02	7,68E-03			1 1	1,07E-02	1,04E-01	2%	5%	95%
40		f.potęgowa	6,12E+00	-5,13E-01			1,54E-01	8,16E-02			1 1	4,68E-02	2,16E-01	4%	22%	78%
41		f.kwadratowa	3,58E+02	-2,39E+01	2,12E-01		1,85E+01	6,06E+00	4,21E-01		1 1 0	3,55E+02	1,89E+01	9%	4%	96%
42		f.wielomian 3st.	3,36E+02	-7,95E+00	-2,54E+00	1,31E-01	2,88E+01	1,71E+01	2,79E+00	1,31E-01	1 0 0 0	3,56E+02	1,89E+01	9%	4%	96%
43	F-O	f.liniowa	6,42E-03	-2,49E-04			1,86E-03	2,35E-04			1 0	1,00E-05	3,17E-03	68%	91%	9%
44		f.logarmiczna	5,61E-03	-5,41E-04			8,24E-04	4,37E-04			1 0	1,34E-06	1,16E-03	25%	98%	2%
45		f.hiperbola	4,95E-03	-1,14E-03			1,29E-03	3,72E-03			1 0	1,10E-05	3,31E-03	71%	99%	1%
46		f.wykladnicza	-5,27E+00	-3,35E-02			2,98E-01	3,76E-02			1 0	2,57E-01	5,07E-01	-9%	93%	7%
47		f.potęgowa	-5,45E+00	-3,17E-02			3,73E-01	1,98E-01			1 0	2,75E-01	5,25E-01	-10%	100%	0%
48		f.kwadratowa	4,06E-03	6,94E-04	-6,74E-05		3,11E-03	1,02E-03	7,11E-05		0 0 0	1,01E-05	3,18E-03	68%	83%	17%
49		f.wielomian 3st.	-3,29E-03	6,03E-03	-9,85E-04	4,37E-05	4,00E-03	2,38E-03	3,88E-04	1,83E-05	0 1 1 1	6,88E-06	2,62E-03	56%	51%	49%

Załącznik 6. Badanie składnika losowego oszacowanych modeli zmian współczynnika zużycia wód powierzchniowych

Lp.	Sektor	Aproksymowana funkcja	Analiza symetryczności reszt	Analiza losowości reszt	Analiza normalności rozkładu reszt	Badanie autokorelacji reszt	Analiza stacjonarności reszt
1	A	f.logarmiczna	symetria	losowość	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność
2		f.potęgowa	symetria	losowość	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność
3		f.kwadratowa	symetria	losowość	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność
4		f.wielomian 3st.	symetria	losowość	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność
5	B	f.wykladnicza	symetria	losowość	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność
6	D	f.liniowa	symetria	nielosowość	fałsz	nie wyst.	stacjonarność
7		f.logarmiczna	symetria	losowość	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność
8		f.kwadratowa	symetria	losowość	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność
9	E-en.	f.kwadratowa	symetria	losowość	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność
10		f.wielomian	symetria	losowość	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność
11	E-pob.	f.liniowa	symetria	nielosowość	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność
12		f.logarmiczna	symetria	nielosowość	fałsz	istotna	stacjonarność
13		f.wykladnicza	symetria	nielosowość	rozkład normalny	istotna	stacjonarność
14		f.potęgowa	symetria	nielosowość	rozkład normalny	istotna	stacjonarność

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 7. Wyniki oszacowania modeli trendu zmian współczynnika zużycia wód podziemnych w czasie (lata 1992-2004)

Lp.	Sektor	Aproksymowana funkcja	Oszacowane parametry funkcji				Błąd oszacowania parametrów				Wynik testu istotn. dla: α_0 α_1 α_2 α_3	Statystyczne miary oceny modeli				
			α_0	α_1	α_2	α_3	$D(\alpha_0)$	$D(\alpha_1)$	$D(\alpha_2)$	$D(\alpha_3)$		s_e^2	s_e	V_e	φ^2	R^2
1	C	f.liniowa	8,33E-01	-4,26E-02			6,27E-02	7,90E-03			1 1	1,14E-02	1,07E-01	20%	27%	73%
2		f.logarmiczna	9,18E-01	-2,21E-01			2,52E-02	1,34E-02			1 1	1,26E-03	3,55E-02	19%	25%	75%
3		f.hiperbola	3,86E-01	6,08E-01			1,66E-02	4,79E-02			1 1	1,82E-03	4,26E-02	8%	36%	64%
4		f.wykladnicza	-1,10E-01	-8,24E-02			1,15E-01	1,45E-02			0 1	3,83E-02	1,96E-01	-28%	25%	75%
5		f.potęgowa	1,02E-02	-4,02E-01			1,55E-01	8,21E-02			0 1	4,74E-02	2,18E-01	-32%	31%	69%
6		f.kwadratowa	9,01E-01	-6,99E-02	1,95E-03		1,01E-01	3,32E-02	2,31E-03		1 0 0	1,07E-02	1,03E-01	19%	26%	74%
7		f.wielomian 3st.	1,00E+00	-1,42E-01	1,44E-02	-5,92E-04	1,53E-01	9,09E-02	1,48E-02	6,97E-04	1 0 0 0	1,00E-02	1,00E-01	19%	24%	76%
8	D	f.liniowa	9,96E-01	-6,36E-02			3,17E-02	3,99E-03			1 1	2,90E-03	5,39E-02	10%	4%	96%
9		f.logarmiczna	1,12E+00	-3,25E-01			1,14E-02	6,03E-03			1 1	2,56E-04	1,60E-02	3%	3%	97%
10		f.hiperbola	3,43E-01	8,48E-01			1,84E-02	5,28E-02			1 1	2,21E-03	4,71E-02	9%	26%	74%
11		f.wykladnicza	1,43E-01	-1,20E-01			2,16E-02	2,72E-03			1 1	1,35E-03	3,67E-02	-5%	1%	99%
12		f.potęgowa	3,04E-01	-5,76E-01			1,16E-01	6,17E-02			1 1	2,67E-02	1,64E-01	-24%	11%	89%
13		f.kwadratowa	1,13E+00	-1,16E-01	3,78E-03		1,69E-02	5,57E-03	3,87E-04		1 1 1	3,00E-04	1,73E-02	3%	0%	100%
14		f.wielomian 3st.	1,14E+00	-1,26E-01	5,46E-03	-8,01E-05	2,59E-02	1,54E-02	2,51E-03	1,18E-04	1 1 0 0	2,88E-04	1,70E-02	3%	0%	100%
15	E-en.	f.liniowa	6,48E-01	-2,02E-02			1,79E-02	2,26E-03			1 1	9,28E-04	3,05E-02	6%	12%	88%
16		f.logarmiczna	6,68E-01	-9,30E-02			1,16E-02	6,16E-03			1 1	2,67E-04	1,63E-02	3%	28%	72%
17		f.hiperbola	4,55E-01	2,12E-01			9,16E-03	2,64E-02			1 1	5,51E-04	2,35E-02	5%	58%	42%
18		f.wykladnicza	-4,05E-01	-4,13E-02			3,95E-02	4,98E-03			1 1	4,52E-03	6,72E-02	-10%	14%	86%
19		f.potęgowa	-3,70E-01	-1,87E-01			7,26E-02	3,85E-02			1 1	1,04E-02	1,02E-01	-15%	32%	68%
20		f.kwadratowa	6,25E-01	-1,09E-02	-6,64E-04		2,85E-02	9,36E-03	6,51E-04		1 0 0	8,48E-04	2,91E-02	6%	11%	89%
21		f.wielomian 3st.	6,10E-01	-4,96E-04	-2,46E-03	8,55E-05	4,41E-02	2,62E-02	4,28E-03	2,01E-04	1 0 0 0	8,34E-04	2,89E-02	6%	11%	89%
22	E-pob.	f.liniowa	3,57E+02	-1,22E+01			1,59E+01	2,00E+00			1 1	7,28E+02	2,70E+01	10%	23%	77%
23		f.logarmiczna	3,67E+02	-5,48E+01			8,89E+00	4,72E+00			1 1	1,56E+02	1,25E+01	5%	40%	60%
24		f.hiperbola	2,40E+02	1,29E+02			6,10E+00	1,76E+01			1 1	2,45E+02	1,56E+01	6%	62%	38%
25		f.wykladnicza	5,91E+00	-4,68E-02			5,87E-02	7,40E-03			1 1	9,96E-03	9,98E-02	2%	22%	78%
26		f.potęgowa	5,94E+00	-2,07E-01			9,76E-02	5,18E-02			1 1	1,89E-02	1,37E-01	2%	41%	59%
27		f.kwadratowa	3,28E+02	-3,86E-01	-8,42E-01		2,39E+01	7,87E+00	5,47E-01		1 0 0	5,99E+02	2,45E+01	9%	19%	81%
28		f.wielomian 3st.	3,08E+02	1,41E+01	-3,33E+00	1,18E-01	3,65E+01	2,17E+01	3,54E+00	1,67E-01	1 0 0 0	5,72E+02	2,39E+01	9%	18%	82%
29	F-O	f.liniowa	1,40E-01	-9,03E-03			5,43E-03	6,84E-04			1 1	8,51E-05	9,22E-03	12%	6%	94%
30		f.logarmiczna	1,54E-01	-4,49E-02			3,00E-03	1,59E-03			1 1	1,78E-05	4,22E-03	6%	10%	90%
31		f.hiperbola	4,94E-02	1,10E-01			3,23E-03	9,29E-03			1 1	6,84E-05	8,27E-03	11%	39%	61%
32		f.wykladnicza	-1,82E+00	-1,23E-01			5,35E-02	6,74E-03			1 1	8,27E-03	9,09E-02	-3%	3%	97%
33		f.potęgowa	-1,66E+00	-5,85E-01			1,41E-01	7,48E-02			1 1	3,94E-02	1,98E-01	-7%	15%	85%
34		f.kwadratowa	1,57E-01	-1,60E-02	4,95E-04		6,23E-03	2,05E-03	1,42E-04		1 1 1	4,04E-05	6,36E-03	8%	3%	97%
35		f.wielomian 3st.	1,38E-01	-2,02E-03	-1,90E-03	1,14E-04	6,11E-03	3,64E-03	5,92E-04	2,79E-05	1 0 1 1	1,60E-05	4,00E-03	5%	1%	99%

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 8. Badanie składnika losowego oszacowanych modeli

Lp.	Sektor	Aproksymowana funkcja	Analiza symetryczności reszt	Analiza losowości reszt	Analiza normalności rozkładu reszt	Badanie autokorelacji reszt test Durbina-Watsona	Analiza stacjonarności reszt
1	D	f.liniowa	symetria	rozkład nielosowy	rozkład normalny	istotna	stacjonarność
2		f.logarmiczna	symetria	rozkład losowy	rozkład normalny	obsz. nieokreśl.	stacjonarność
3		f.hiperbola	symetria	rozkład nielosowy	rozkład normalny	istotna	stacjonarność
4		f.wykladnicza	symetria	rozkład losowy	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność
5		f.kwadratowa	symetria	rozkład losowy	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność
6	E-en.	f.liniowa	symetria	rozkład nielosowy	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność
7		f.wykladnicza	symetria	rozkład losowy	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność
8	E-pob.	f.liniowa	symetria	rozkład nielosowy	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność
9		f.wykladnicza	symetria	rozkład nielosowy	rozkład normalny	obsz. nieokreśloności	stacjonarność
10	F-O	f.liniowa	symetria	rozkład nielosowy	rozkład normalny	istotna	stacjonarność
11		f.logarmiczna	symetria	rozkład losowy	rozkład normalny	obsz. nieokreśloności	stacjonarność
12		f.wykladnicza	symetria	rozkład losowy	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność
14		f.potęgowa	symetria	rozkład losowy	rozkład normalny	istotna	stacjonarność
15		f.kwadratowa	symetria	rozkład losowy	rozkład normalny	nie wyst.	stacjonarność

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 9. Kombinacje zmiennych o najwyższych pojemnościach integralnych – modele współczynników wód powierzchniowych

Lp.	Sektor	H_I	Kombinacja zmiennych*	Lp.	Sektor	H_I	Kombinacja zmiennych*	Lp.	Sektor	H_I	Kombinacja zmiennych*
1		0,948	5 8	1		0,879	3	1		0,836	3 7 8
2		0,948	4 5 7 8	2		0,840	2 3	2		0,832	7
3		0,943	5 6 8	3		0,836	2 3 6	3		0,832	3 7
4		0,935	4 5 7	4		0,819	2 3 5	4		0,824	3 8
5		0,910	1 4 5 7 8	5		0,803	3 5	5		0,817	3 4 7 8
6		0,906	5 7 8	6		0,800	2 3 6 7	6		0,807	3 6 7 8
7		0,900	4 5 6 7 8	7		0,800	2 3 6 8	7		0,805	1 3 7 8
8		0,897	4 7	8		0,793	2 3 5 6	8		0,803	3 4 7
9		0,896	4 5 8	9		0,793	2 3 4 5	9		0,803	6 7 8
10	A	0,893	5 6 7 8	10	B	0,780	3 4 5	10	C	0,796	1 3 4 7 8
11		0,885	1 5 8	11		0,776	2 3 5 6 7	11		0,795	2 3 7 8
12		0,885	5 7	12		0,776	2 3 5 6 8	12		0,794	7 8
13		0,881	1 4 5 7	13		0,775	3 6	13		0,794	3 4 6 7 8
14		0,872	1 5 6 8	14		0,774	2	14		0,788	2 3 4 7 8
15		0,870	4 7 8	15		0,774	2 3 5 7	15		0,788	4 7 8
16		0,867	1 5 7 8	16		0,767	2 3 7	16		0,788	3 4 8
17		0,863	1 4 5 6 7 8	17		0,766	2 3 5 8	17		0,787	3 5 7
18		0,859	4 5 6 8	18		0,763	2 3 6 7 8	18		0,782	4 6 7 8
19		0,857	1 4 5 8	19		0,762	2 6	19		0,781	3 5 7 8
20		0,850	4 5 6 7	20		0,761	2 3 4 5 6	20		0,778	4 7
1		0,959	3 7	1		0,954	2 3 4	1		0,948	2 3 5 7
2		0,956	2 7	2		0,954	2 3	2		0,944	2 3 7 8
3		0,955	2 3 7	3		0,949	3	3		0,941	2 3 8
4		0,939	2 3 7 8	4		0,949	2 3 6 7	4		0,941	2 3 5
5		0,931	2 3 4 7	5		0,949	2 3 6	5		0,941	2 3 5 8
6		0,924	3 4 7	6		0,949	2	6		0,934	2 3 5 7 8
7		0,923	2 3 4 7 8	7		0,944	2 6 7	7		0,932	2 7
8		0,921	2 3 5 7	8		0,944	3 6 7	8		0,929	1 2 3 5 7
9		0,921	2 3 6 7 8	9		0,943	2 3 6 8	9		0,929	1 2 3 5 7 8
10	D	0,920	2 4 7	10	E-energ.	0,943	3 4	10	E-pob.	0,928	1 2 3 7 8
11		0,919	2 7 8	11		0,942	2 3 4 6 7	11		0,926	1 2 3 5 8
12		0,918	3 7 8	12		0,942	2 3 4 6	12		0,922	2 3 5 6 7 8
13		0,918	1 2 3 4 7 8	13		0,918	2 3 5 6	13		0,922	1 3 5 7
14		0,918	1 2 3 7 8	14		0,918	3 6	14		0,919	1 3 7 8
15		0,918	2 3 5 7 8	15		0,918	2 3 6 7 8	15		0,919	1 2 3 5 6 7 8
16		0,914	2 3 8	16		0,918	2 3 4 7	16		0,916	2 3 5 6 7
17		0,913	1 2 3 4 7	17		0,917	2 3 5 6 7	17		0,914	2 8
18		0,909	1 2 3 7	18		0,917	2 3 7	18		0,913	3 5
19		0,909	2 3 6 7	19		0,916	3 6 8	19		0,913	2 3 5 6 8
20		0,906	1 3 4 7 8	20		0,916	2 4	20		0,913	2 3 6 7 8
1		0,479	5 6								
2		0,443	3 5 6								
3		0,431	2 5 6								
4		0,422	4 5 6								
5		0,413	5 6 8								
6		0,399	5 6 7								
7		0,392	3 4 5 6								
8		0,389	2 3 5 6								
9		0,382	2 4 5 6								
10	F-O	0,378	3 5 6 8								
11		0,372	4 5 6 8								
12		0,370	3 5 6 7								
13		0,369	2 5 6 8								
14		0,364	4 5 6 7								
15		0,361	2 5 6 7								
16		0,355	2 3 4 5 6								
17		0,355	1 3 5 6								
18		0,351	5 6 7 8								
19		0,347	3 4 5 6 8								
20		0,343	3 5								

*** - symbole zmiennych:**

Zmienna	Symbol zmiennej
Cena wody (stawka opłaty ekologicznej)	1
Produkcja globalna	2
Zużycie pośrednie	3
Nakłady inwestycyjne	4
Wskaźnik nakłady inwestycyjne/wartość brutto środków trwałych	5
Średnia cena wody (średnia opłata ekologiczna)	6
Nakłady inwestycyjne na ujęcia wód	7
Wskaźnik nakłady inwestycyjne na ujęcia wód /wartość brutto środków trwałych	8

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 10. Oszacowanie parametrów modeli współczynnika zużycia wód powierzchniowych

(szarym szafowaniem zaznaczone modele negatywnie zweryfikowane testem istotności parametrów oraz dopuszczalności ze względu na V i R^2)

Sektor	Lp.	Kombinacja zmiennych	Oszacowane parametry modeli							V_e	R^2	Wynik testu ist.
			a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6			
A	1	5 8	3,47E+00	-1,38E+02	1,09E+00					12%	94,8%	1 1 1
	2	4 5 7 8	3,53E+00	-3,82E-04	-1,09E+02	6,67E-07	6,26E-01			13%	95,5%	1 0 1 0 0
	3	5 6 8	3,96E+00	-1,36E+02	-3,49E+00	1,10E+00				12%	95,6%	1 1 0 1
	4	4 5 7	3,43E+00	-6,68E-04	-8,82E+01	1,52E-06				13%	95,0%	1 1 1 1
	5	1 4 5 7 8	3,67E+00	-5,16E+00	-5,73E-04	-9,52E+01	1,08E-06	2,88E-01		13%	96,0%	1 0 0 0 0 0
	6	5 7 8	3,60E+00	-1,39E+02	-2,18E-07	1,24E+00				13%	94,9%	1 1 0 1
	7	4 5 6 7 8	3,82E+00	-1,91E-04	-1,22E+02	-2,55E+00	4,00E-07	8,19E-01		14%	95,7%	1 0 1 0 0 0
	8	4 7	2,24E+00	-1,06E-03	1,96E-06					17%	89,9%	1 1 1
	9	4 5 8	3,67E+00	-1,60E-04	-1,27E+02	1,09E+00				13%	95,2%	1 0 1 1
	10	5 6 7 8	3,95E+00	-1,36E+02	-3,55E+00	2,46E-08	1,08E+00			13%	95,6%	1 1 0 0 1
	11	1 5 8	3,52E+00	-1,75E+00	-1,38E+02	1,08E+00				13%	94,9%	1 0 1 1
	12	5 7	3,27E+00	-1,52E+02	1,23E-06					18%	88,7%	1 1 1
	13	1 4 5 7	3,66E+00	-6,00E+00	-7,11E-04	-8,52E+01	1,46E-06			12%	95,9%	1 0 1 1 1
	14	1 5 6 8	4,22E+00	-4,25E+00	-1,37E+02	-4,40E+00	1,06E+00			12%	96,0%	1 0 1 0 1
	15	4 7 8	2,44E+00	-1,28E-03	2,81E-06	-7,07E-01				17%	90,8%	1 1 1 0
	16	1 5 7 8	3,67E+00	-1,89E+00	-1,39E+02	-2,30E-07	1,23E+00			14%	95,0%	1 0 1 0 1
	17	1 4 5 6 7 8	4,02E+00	-5,55E+00	-3,66E-04	-1,09E+02	-2,98E+00	7,98E-07	4,88E-01	14%	96,2%	1 0 0 0 0 0 0
	18	4 5 6 8	3,95E+00	-3,50E-05	-1,34E+02	-3,14E+00	1,10E+00			13%	95,6%	1 0 1 0 1
	19	1 4 5 8	3,81E+00	-3,11E+00	-1,92E-04	-1,25E+02	1,06E+00			13%	95,4%	1 0 0 1 1
	20	4 5 6 7	3,52E+00	-6,33E-04	-9,05E+01	-8,65E-01	1,52E-06			14%	95,1%	1 1 1 0 1
B	1	3	2,53E+03	-2,01E+00						15%	87,9%	1 1
	2	2 3	2,55E+03	7,64E-01	-3,09E+00					16%	89,0%	1 0 1
	3	2 3 6	2,77E+03	6,13E-01	-2,86E+00	-1,50E+03				17%	89,2%	1 0 1 0
	4	2 3 5	2,55E+03	7,64E-01	-3,09E+00	-1,63E+01				17%	89,0%	1 0 1 0
	5	3 5	2,64E+03	-2,14E+00	-5,18E+01					17%	87,9%	1 1 0
	6	2 3 6 7	1,98E+03	7,44E-01	-4,03E+00	1,14E+03	8,62E-04			15%	93,8%	1 0 1 0 1
	7	2 3 6 8	2,29E+03	7,02E-01	-3,66E+00	1,76E+03	4,57E+02			17%	92,2%	1 0 1 0 0
	8	2 3 5 6	3,30E+03	4,43E-01	-2,81E+00	-4,55E+03	-3,17E+03			19%	89,5%	1 0 1 0 0
	9	2 3 4 5	3,00E+03	6,57E-01	-3,61E+00	1,10E+01	-8,60E+03			18%	90,9%	1 0 1 0 0
	10	3 4 5	3,11E+03	-2,85E+00	1,19E+01	-9,31E+03				18%	90,0%	1 1 0 0
	11	2 3 5 6 7	9,87E+02	1,04E+00	-4,30E+00	7,34E+03	4,29E+03	1,01E-03		15%	94,2%	0 0 1 0 0 1
	12	2 3 5 6 8	1,53E+03	9,34E-01	-3,86E+00	5,76E+03	4,46E+03	5,40E+02		18%	92,4%	0 0 1 0 0 0
	13	3 6	3,00E+03	-2,06E+00	-2,67E+03					18%	88,6%	1 1 0
	14	2	2,70E+03	-1,55E+00						24%	77,4%	1 1
	15	2 3 5 7	2,10E+03	6,35E-01	-3,77E+00	9,74E+02	8,21E-04			15%	93,7%	1 0 1 0 1
	16	2 3 7	2,17E+03	6,36E-01	-3,81E+00	8,18E-04				14%	93,7%	1 0 1 1
	17	2 3 5 8	2,57E+03	5,56E-01	-3,37E+00	-4,56E+02	3,99E+02			17%	92,0%	1 0 1 0 0
	18	2 3 6 7 8	1,97E+03	7,46E-01	-4,05E+00	1,48E+03	7,61E-04	9,05E+01		16%	93,8%	1 0 1 0 0 0
	19	2 6	3,55E+03	-1,46E+00	-6,15E+03					23%	81,8%	1 1 0
	20	2 3 4 5 6	2,82E+03	7,36E-01	-3,73E+00	1,18E+01	-8,00E+03	8,63E+02		19%	90,9%	0 0 1 0 0 0
C	1	3 7 8	-1,81E+00	1,08E-04	1,21E-06	1,49E-01				27%	84%	0 0 0 0
	2	7	-9,52E-01	1,92E-06						25%	83%	1 1
	3	3 7	-1,74E+00	9,07E-05	1,48E-06					25%	84%	0 0 1
	4	3 8	-2,47E+00	2,21E-04	6,39E-01					26%	83%	1 1 0
	5	3 4 7 8	-1,93E+00	9,56E-05	1,01E-04	1,26E-06	1,14E-01			28%	84%	0 0 0 0 0
	6	3 6 7 8	-1,79E+00	1,02E-04	2,31E-01	1,24E-06	1,49E-01			28%	84%	0 0 0 0 0
	7	1 3 7 8	-1,71E+00	7,81E-01	8,81E-05	1,32E-06	1,22E-01			28%	84%	0 0 0 0 0
	8	3 4 7	-1,94E+00	7,92E-05	1,48E-04	1,45E-06				27%	84%	0 0 0 0
	9	6 7 8	-1,32E+00	2,86E+00	1,81E-06	6,53E-02				27%	84%	0 0 1 0
	10	1 3 4 7 8	-1,84E+00	8,46E-01	7,24E-05	1,19E-04	1,39E-06	7,72E-02		30%	84%	0 0 0 0 0 0
	11	2 3 7 8	-1,31E+00	-4,74E-05	1,78E-04	1,30E-06	7,55E-02			27%	86%	0 0 0 0 0
	12	7 8	-9,89E-01	2,01E-06	-6,88E-02					26%	83%	1 1 0
	13	3 4 6 7 8	-1,91E+00	8,57E-05	1,06E-04	3,88E-01	1,30E-06	1,11E-01		30%	84%	0 0 0 0 0 0
	14	2 3 4 7 8	-1,48E+00	-4,83E-05	1,62E-04	1,48E-04	1,37E-06	2,17E-02		29%	86%	0 0 0 0 0 0
	15	4 7 8	-1,62E+00	3,06E-04	1,89E-06	-1,04E-01				27%	84%	0 0 1 0
	16	3 4 8	-2,36E+00	2,26E-04	-7,28E-05	6,50E-01				28%	83%	0 1 0 0
	17	3 5 7	-1,72E+00	8,95E-05	-2,14E-01	1,48E-06				27%	84%	0 0 0 0
	18	4 6 7 8	-1,69E+00	2,08E-04	2,34E+00	1,77E-06	1,74E-02			28%	84%	0 0 0 0 0
	19	3 5 7 8	-1,61E+00	1,03E-04	-2,47E+00	1,16E-06	2,34E-01			28%	84%	0 0 0 0 0
	20	4 7	-1,53E+00	2,91E-04	1,77E-06					26%	84%	0 0 1
D	1	3 7	2,48E+00	-6,10E-06	8,29E-07					9%	96%	1 1 1
	2	2 7	2,67E+00	-5,02E-06	9,41E-07					10%	96%	1 1 1
	3	2 3 7	2,03E+00	8,55E-06	-1,62E-05	6,80E-07				10%	97%	1 0 0 1
	4	2 3 7 8	1,91E+00	1,28E-05	-2,18E-05	9,92E-07	-3,98E-01			9%	97%	1 0 0 1 0
	5	2 3 4 7	2,04E+00	8,27E-06	-1,57E-05	-2,84E-06	6,89E-07			10%	97%	1 0 0 0 1
	6	3 4 7	2,48E+00	-5,79E-06	-3,94E-06	8,34E-07				10%	96%	1 1 0 1
	7	2 3 4 7 8	1,92E+00	1,28E-05	-2,13E-05	-1,08E-05	1,11E-06	-5,09E-01		9%	98%	1 0 0 0 1 0
	8	2 3 5 7	2,10E+00	7,61E-06	-1,49E-05	-1,06E+00	7,12E-07			10%	97%	1 0 0 0 1
	9	2 3 6 7 8	1,92E+00	1,26E-05	-2,17E-05	-5,10E-02	9,96E-07	-4,00E-01		9%	97%	0 0 0 0 1 0
	10	2 4 7	2,65E+00	-4,66E-06	-5,66E-06	9,40E-07				11%	96%	1 1 0 1

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 10. cd.

Sektor	Lp.	Kombinacja zmiennych	Oszacowane parametry modeli							V_e	R^2	Wynik testu ist.
			a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6			
D	11	2 7 8	2,73E+00	-5,29E-06	1,17E-06	-2,27E-01				10%	96%	1 1 1 0
	12	3 7 8	2,55E+00	-6,55E-06	1,11E-06	-2,89E-01				9%	97%	1 1 1 0
	13	1 2 3 4 7 8	1,64E+00	1,33E+00	1,31E-05	-2,07E-05	-1,76E-05	1,16E-06	-5,26E-01	9%	98%	0 0 0 0 0 1 0
	14	1 2 3 7 8	1,94E+00	-1,48E-01	1,27E-05	-2,18E-05	9,96E-07	-4,04E-01		9%	97%	1 0 0 0 1 0
	15	2 3 5 7 8	2,00E+00	1,16E-05	-2,02E-05	-1,72E+00	1,07E-06	-4,36E-01		9%	98%	1 0 0 0 1 0
	16	2 3 8	2,34E+00	2,00E-05	-3,11E-05	9,93E-02				13%	94%	1 0 0 0
	17	1 2 3 4 7	1,83E+00	1,05E+00	8,34E-06	-1,51E-05	-7,95E-06	7,14E-07		11%	97%	0 0 0 0 0 1
	18	1 2 3 7	1,96E+00	3,14E-01	8,72E-06	-1,63E-05	6,84E-07			10%	97%	1 0 0 0 1
	19	2 3 6 7	1,54E+00	1,25E-05	-2,07E-05	1,45E+00	6,23E-07			10%	97%	0 0 0 0 0
	20	1 3 4 7 8	2,32E+00	1,23E+00	-5,11E-06	-1,69E-05	1,27E-06	-4,12E-01		10%	97%	1 0 1 0 1 0
E-en.	1	2 3 4	2,14E+02	9,18E-04	-5,03E-03	3,63E-03				2%	99%	1 0 1 1
	2	2 3	2,58E+02	-7,48E-04	-2,72E-03					4%	95%	1 0 0
	3	3	2,53E+02	-3,82E-03						4%	95%	1 1
	4	2 3 6 7	2,31E+02	1,63E-03	-6,32E-03	1,73E+02	-9,67E-06			3%	98%	1 0 1 0 0
	5	2 3 6	2,04E+02	7,97E-04	-4,57E-03	2,10E+02				3%	97%	1 0 1 1
	6	2	2,68E+02	-2,56E-03						4%	94%	1 1
	7	2 6 7	2,16E+02	-2,16E-03	1,75E+02	5,02E-06				4%	96%	1 1 0 0
	8	3 6 7	2,32E+02	-3,72E-03	1,60E+02	-4,88E-06				3%	97%	1 1 0 0
	9	2 3 6 8	2,43E+02	1,47E-03	-6,26E-03	1,20E+02	-9,93E+00			3%	98%	1 0 1 0 1
	10	3 4	2,23E+02	-3,69E-03	3,33E-03					2%	98%	1 1 1
	11	2 3 4 6 7	1,89E+02	8,28E-04	-4,54E-03	3,44E-03	7,29E+01	4,72E-06		2%	99%	1 0 0 1 0 0
	12	2 3 4 6	2,02E+02	1,17E-03	-5,28E-03	2,95E-03	7,70E+01			2%	99%	1 0 1 1 0
	13	2 3 5 6	2,42E+02	9,52E-04	-5,35E-03	-1,69E+02	1,31E+02			3%	98%	1 0 1 1 0
	14	3 6	2,13E+02	-3,44E-03	1,90E+02					3%	97%	1 1 1
	15	2 3 6 7 8	2,35E+02	1,01E-03	-5,40E-03	1,17E+02	8,28E-06	-1,37E+01		3%	99%	1 0 1 0 0 0
	16	2 3 4 7	1,97E+02	5,27E-04	-4,18E-03	4,17E-03	5,60E-06			2%	99%	1 0 0 1 0
	17	2 3 5 6 7	2,44E+02	1,08E-03	-5,59E-03	-1,61E+02	1,29E+02	-1,52E-06		3%	98%	1 0 1 0 0 0
	18	2 3 7	2,89E+02	1,19E-03	-6,36E-03	-1,70E-05				4%	96%	1 0 1 0
	19	3 6 8	2,53E+02	-4,07E-03	9,82E+01	-8,47E+00				3%	98%	1 1 0 0
	20	2 4	2,43E+02	-2,48E-03	2,57E-03					4%	96%	1 1 1
E-pob.	1	2 3 5 7	3,76E+02	-2,65E-02	-5,96E-02	4,33E+02	4,46E-05			11%	95%	1 1 0 0 0
	2	2 3 7 8	4,06E+02	-2,98E-02	-5,81E-02	1,51E-05	7,18E+01			11%	95%	1 1 0 0 0
	3	2 3 8	4,26E+02	-3,04E-02	-6,14E-02	8,06E+01				11%	95%	1 1 0 0
	4	2 3 5	4,43E+02	-2,82E-02	-7,14E-02	6,22E+02				11%	95%	1 1 0 0
	5	2 3 5 8	4,27E+02	-3,02E-02	-6,20E-02	3,38E+01	7,64E+01			11%	95%	1 1 0 0 0
	6	2 3 5 7 8	3,85E+02	-2,73E-02	-5,95E-02	3,30E+02	3,65E-05	1,79E+01		12%	95%	1 0 0 0 0 0
	7	2 7	2,61E+02	-3,57E-02	1,16E-04					12%	93%	1 1 1
	8	1 2 3 5 7	3,92E+02	1,59E+03	-4,04E-02	-4,44E-02	4,17E+02	4,22E-05		11%	96%	1 0 0 0 0 0
	9	1 2 3 5 7 8	4,12E+02	1,65E+03	-4,29E-02	-4,37E-02	1,62E+02	2,22E-05	4,40E+01	12%	96%	1 0 0 0 0 0 0
	10	1 2 3 7 8	4,23E+02	1,69E+03	-4,45E-02	-4,27E-02	1,16E-05	7,04E+01		11%	96%	1 0 0 0 0 0
	11	1 2 3 5 8	4,38E+02	1,71E+03	-4,52E-02	-4,47E-02	-1,99E+01	7,97E+01		11%	96%	1 0 0 0 0 0
	12	2 3 5 6 7 8	4,55E+02	-3,28E-02	-5,59E-02	2,54E+02	-2,37E+02	2,69E-05	2,58E+01	13%	95%	0 0 0 0 0 0 0
	13	1 3 5 7	3,30E+02	-1,62E+03	-1,01E-01	5,02E+02	6,02E-05			13%	93%	1 0 1 0 0
	14	1 3 7 8	3,35E+02	-1,88E+03	-9,93E-02	4,71E-05	7,12E+01			14%	92%	1 0 1 0 0
	15	1 2 3 5 6 7 8	7,42E+02	4,63E+03	-9,35E-02	-7,65E-04	-4,43E+02	-9,46E+02	a_6=4,23E-05 a_7=1,23e+02	10%	97%	1 0 1 0 0 0 0
	16	2 3 5 6 7	4,42E+02	-3,16E-02	-5,60E-02	4,04E+02	-2,33E+02	3,86E-05		12%	95%	1 0 0 0 0 0
	17	2 8	3,89E+02	-4,56E-02	6,77E+01					12%	93%	1 1 1
	18	3 5	4,17E+02	-1,42E-01	8,81E+02					14%	92%	1 1 1
	19	2 3 5 6 8	4,89E+02	-3,54E-02	-5,75E-02	3,69E+01	-2,52E+02	6,84E+01		12%	95%	1 1 0 0 0 0
	20	2 3 6 7 8	4,73E+02	-3,50E-02	-5,47E-02	-2,46E+02	1,02E-05	6,73E+01		12%	95%	1 1 0 0 0 0
F-O	1	5 6	3,91E-03	-1,01E-01	5,66E-02					54%	49%	0 1 0
	2	3 5 6	4,43E-03	-1,52E-09	-9,63E-02	5,46E-02				56%	49%	0 0 0 0
	3	2 5 6	4,12E-03	-2,74E-10	-9,92E-02	5,58E-02				56%	49%	0 0 0 0
	4	4 5 6	3,90E-03	2,06E-08	-1,20E-01	5,74E-02				56%	49%	0 0 0 0
	5	5 6 8	4,81E-03	-1,05E-01	5,65E-02	-6,33E-04				56%	49%	0 1 0 0
	6	5 6 7	4,98E-03	-1,07E-01	5,84E-02	-7,45E-10				56%	49%	0 1 0 0
	7	3 4 5 6	1,58E-02	-3,51E-08	2,12E-07	-1,96E-01	2,03E-02			53%	60%	0 0 0 1 0
	8	2 3 5 6	4,27E-03	6,19E-08	-1,39E-07	-4,18E-02	4,56E-02			55%	57%	0 0 0 0 0
	9	2 4 5 6	1,61E-02	-1,62E-08	2,20E-07	-2,15E-01	2,19E-02			54%	59%	0 0 0 0 0
	10	3 5 6 8	2,62E-02	-3,67E-08	-4,36E-02	8,73E-03	-6,88E-03			52%	61%	0 0 0 0 0
	11	4 5 6 8	3,89E-03	2,09E-08	-1,20E-01	5,74E-02	8,30E-06			59%	49%	0 0 0 0 0
	12	3 5 6 7	2,79E-02	-3,31E-08	-7,99E-02	3,53E-02	-8,85E-09			54%	58%	0 0 0 0 0
	13	2 5 6 8	2,39E-02	-1,46E-08	-6,37E-02	1,62E-02	-6,23E-03			54%	58%	0 0 0 0 0
	14	4 5 6 7	3,41E-03	2,72E-08	-1,23E-01	5,69E-02	3,35E-10			59%	50%	0 0 0 0 0
	15	2 5 6 7	2,08E-02	-1,03E-08	-9,70E-02	4,39E-02	-6,31E-09			57%	54%	0 0 0 0 0
	16	2 3 4 5 6	1,32E-02	2,79E-08	-8,96E-08	1,64E-07	-1,49E-01	2,39E-02		55%	61%	0 0 0 0 0 0
	17	1 3 5 6	4,63E-03	4,93E-02	8,47E-09	-1,62E-01	3,19E-02			55%	57%	0 0 0 0 0
	18	5 6 7 8	4,35E-03	-1,02E-01	5,42E-02	9,17E-10	-1,23E-03			59%	50%	0 0 0 0 0
	19	3 4 5 6 8	2,27E-02	-3,78E-08	9,50E-08	-1,09E-01	1,15E-02	-4,15E-03		56%	61%	0 0 0 0 0 0
	20	3 5	1,34E-02	-6,37E-09	-8,20E-02					60%	36%	1 0 0

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 11. Weryfikacja modeli ze względu na właściwości składnika losowego

(szarym szafowaniem zaznaczone modele negatywnie zweryfikowane)

Sektor	Kombinacja zmiennych	Badanie autokorelacji reszt	Analiza losowości reszt	Analiza symetryczności	Analiza normalności rozkładu reszt	Analiza stacjonarności reszt
A	5 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	5 6 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	4 5 7	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	5 7 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	4 5 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	1 5 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	1 4 5 7	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	4 5 6 7	obsz. nieokreśl.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
B	3	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 3 7	obsz. nieokreśl.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
D	3 7	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 7	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	3 4 7	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 4 7	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 7 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	3 7 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
E-en.	2 3 4	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	3	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 3 6	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2	istotna	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	3 4	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	3 6	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 4	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
E-pob.	2 7	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	3 5	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 12. Kombinacje zmiennych o najwyższych pojemnościach integralnych – modele zużycia współczynników wód podziemnych

Lp.	Sektor	H_I	Kombinacja zmiennych*	Lp.	Sektor	H_I	Kombinacja zmiennych*	Lp.	Sektor	H_I	Kombinacja zmiennych*
1	C	0,614	3 7	1	D	0,984	3 7	1	E-energ.	0,870	2 5 7
2		0,592	3	2		0,981	2 7	2		0,867	2 3 5 7
3		0,586	3 4 7	3		0,980	2 3 7	3		0,866	2 3 5 7 8
4		0,586	3 7 8	4		0,975	2 3 7 8	4		0,865	2 8
5		0,583	7	5		0,959	2 3 4 7 8	5		0,864	2 3 5 8
6		0,579	1 3 7	6		0,958	2 7 8	6		0,860	3 5 7
7		0,578	1 7	7		0,956	3 7 8	7		0,855	3 8
8		0,578	3 8	8		0,956	2 3 8	8		0,855	2 7 8
9		0,573	3 4 7 8	9		0,955	2 3 4 7	9		0,854	2 5
10		0,565	1 3 4 7	10		0,954	1 2 3 7	10		0,854	2 3 7 8
11		0,561	1 3 7 8	11		0,952	2 3 5 7 8	11		0,852	2 5 7 8
12		0,557	1 3 4 7 8	12		0,951	3 8	12		0,852	3 5
13		0,553	3 4 8	13		0,951	2 3 6 7 8	13		0,849	2 5 8
14		0,549	3 5 7	14		0,949	3 4 7	14		0,848	2 3 5
15		0,547	4 7	15		0,948	1 2 3 7 8	15		0,846	2 3 8
16		0,544	3 6 7 8	16		0,947	2 8	16		0,842	3 5 7 8
17		0,541	3 4	17		0,945	2 4 7	17		0,842	3 7 8
18		0,541	3 6 7	18		0,944	2 3 6 7	18		0,841	3 5 8
19		0,540	3 4 6 7 8	19		0,943	3 4 7 8	19		0,835	2 3 4 5 7 8
20		0,539	1 4 7	20		0,943	2 4 7 8	20		0,834	2 3 4 5 7
1	E-pob.	0,929	2	1	F-O	0,985	2 3 8				
2		0,918	1 2 3 7	2		0,978	2				
3		0,910	1 2 3	3		0,975	2 3 4 8				
4		0,900	1 3 7	4		0,973	2 3				
5		0,899	1 2 3 8	5		0,973	2 3 7 8				
6		0,899	1 2 3 5	6		0,972	3 8				
7		0,892	1 2 3 4	7		0,971	2 3 4 7 8				
8		0,887	1 2 3 4 7	8		0,970	2 8				
9		0,880	2 3 7	9		0,970	2 3 7				
10		0,879	2 3	10		0,965	2 3 4 7				
11		0,876	2 3 5	11		0,964	3				
12		0,875	1 2 3 5 7	12		0,961	2 7				
13		0,873	2 3 4	13		0,961	2 4 8				
14		0,872	1 2 3 7 8	14		0,960	2 3 4				
15		0,871	1 2 3 4 8	15		0,959	2 4 7 8				
16		0,871	1 2 3 4 5	16		0,957	2 7 8				
17		0,869	1 3 8	17		0,957	3 4 8				
18		0,869	1 3 4	18		0,957	1 2 3 8				
19		0,868	1 3 5	19		0,956	1 2 3 7 8				
20		0,866	2 3 8	20		0,956	3 7 8				

*** - symbole zmiennych:**

Zmienna	symbol zmiennej
Cena wody (stawka opłaty ekologicznej)	1
Produkcja globalna	2
Zużycie pośrednie	3
Nakłady inwestycyjne	4
Wskaźnik nakłady inwestycyjne/wartość brutto środków trwałych	5
Wskaźnik nakłady inwestycyjne na ochronę środowiska /wartość brutto środków trwałych	6
Nakłady inwestycyjne na ujęcia wód	7
Wskaźnik nakłady inwestycyjne na ujęcia wód /wartość brutto środków trwałych	8

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 13. Oszacowanie parametrów modeli współczynnika zużycia wód podziemnych, weryfikacja testem istotności parametrów oraz ocena dopuszczalności ze względu na V i R^2

(szarym szafowaniem zaznaczone modele negatywnie zweryfikowane testem istotności parametrów oraz dopuszczalności ze względu na V i R^2)

Sektor	Lp.	Kombinacja zmiennych	Oszacowane parametry modeli							V_e	R^2	Wynik testu ist.
			a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6			
C	1	3 7	-4,52E-01	5,03E-05	2,26E-07					27%	61%	0 0 0
	2	3	-7,50E-01	8,92E-05						27%	59%	1 1
	3	3 4 7	-3,66E-01	5,98E-05	-4,51E-05	1,38E-07				27%	58%	0 0 0 0
	4	3 7 8	-4,01E 00	5,02E-05	2,27E-07	-5,40E-02				27%	58%	0 0 0 0
	5	7	-1,03E-02	4,68E-07						27%	58%	0 1
	6	1 3 7	-5,53E-01	-3,85E-01	8,41E-05	-5,29E-09				26%	60%	0 0 0 0
	7	1 7	-6,46E-02	1,70E-01	4,69E-07					28%	59%	0 0 1
	8	3 8	-6,12E-01	7,51E-05	7,37E-02					28%	60%	0 0 0
	9	3 4 7 8	-3,70E-01	5,33E-05	-2,70E-05	2,14E-07	-4,45E-02			29%	58%	0 0 0 0 0
	10	1 3 4 7	-4,87E-01	-3,88E-01	8,83E-05	-5,10E-05	1,14E-09			28%	61%	0 0 0 0 0
	11	1 3 7 8	-5,41E-01	-3,77E-01	8,10E-05	3,63E-08	-2,18E-02			28%	60%	0 0 0 0 0
	12	1 3 4 7 8	-4,87E-01	-3,87E-01	8,77E-05	-4,95E-05	7,50E-09	-3,43E-03		30%	61%	0 0 0 0 0 0
	13	3 4 8	-4,44E-01	7,55E-05	-5,65E-05	4,68E-02				27%	58%	0 0 0 0
	14	3 5 7	-5,33E-02	3,46E-05	-3,86E+00	2,79E-07				26%	62%	0 0 0 0
	15	4 7	-1,62E-01	7,57E-05	4,28E-07					28%	59%	0 0 1
	16	3 6 7 8	-8,69E-01	1,40E-04	-7,03E-02	-2,70E-07	3,01E-02			23%	74%	0 0 0 0 0
	17	3 4	-7,64E-01	8,79E-05	1,29E-05					28%	59%	0 1 0
	18	3 6 7	-8,52E-01	1,36E-04	-6,96E-02	-2,14E-07				21%	74%	0 1 1 0
	19	3 4 6 7 8	-7,74E-01	1,52E-04	-8,93E-05	-7,15E-02	-3,22E-07	6,32E-02		24%	75%	0 0 0 0 0 0
	20	1 4 7	-0,06246	0,002025	6,28E-05	3,75E-07				29%	54%	0 0 0 0
D	1	3 7	8,78E-01	-2,26E-06	3,11E-07					6%	99%	1 1 1
	2	2 7	9,46E-01	-1,86E-06	3,54E-07					7%	98%	1 1 1
	3	2 3 7	7,01E-01	3,59E-06	-6,51E-06	2,49E-07				5%	99%	1 0 1 1
	4	2 3 7 8	6,70E-01	4,60E-06	-7,85E-06	3,24E-07	-9,56E-02			4%	99%	1 1 1 1 1
	5	2 3 4 7 8	6,74E-01	4,63E-06	-7,70E-06	-3,05E-06	3,57E-07	-1,27E-01		3%	100%	1 1 1 0 1 1
	6	2 7 8	9,66E-01	-1,89E-06	3,88E-07	-3,41E-02				7%	98%	1 1 1 0
	7	3 7 8	9,04E-01	-2,34E-06	3,66E-07	-5,64E-02				6%	99%	1 1 1 0
	8	2 3 8	8,11E-01	6,95E-06	-1,09E-05	6,66E-02				10%	97%	1 0 1 0
	9	2 3 4 7	7,05E-01	3,49E-06	-6,30E-06	-1,06E-06	2,52E-07			5%	99%	1 0 1 0 1
	10	1 2 3 7	7,68E-01	-1,25E-01	3,23E-06	-6,11E-06	2,47E-07			5%	99%	1 0 0 1 1
	11	2 3 5 7 8	7,08E-01	4,17E-06	-7,23E-06	-6,56E-01	3,55E-07	-1,10E-01		3%	100%	1 1 1 1 1 1
	12	3 8	1,16E+00	-2,52E-06	1,86E-01					10%	96%	1 1 1
	13	2 3 6 7 8	7,22E-01	4,15E-06	-7,32E-06	-8,58E-03	3,48E-07	-1,04E-01		3%	100%	1 1 1 0 1 1
	14	3 4 7	8,89E-01	-2,14E-06	-1,53E-06	3,13E-07				6%	99%	1 1 0 1
	15	1 2 3 7 8	7,67E-01	-1,87E-01	4,20E-06	-7,44E-06	3,31E-07	-1,09E-01		4%	100%	1 0 1 1 1 1
	16	2 8	1,24E+00	-2,05E-06	2,26E-01					11%	95%	1 1 1
	17	2 4 7	9,50E-01	-1,71E-06	-2,20E-06	3,53E-07				7%	98%	1 1 0 1
	18	2 3 6 7	7,46E-01	3,14E-06	-5,96E-06	-7,16E-03	2,63E-07			5%	99%	1 0 1 0 1
	19	3 4 7 8	9,09E-01	-2,16E-06	-2,99E-06	3,99E-07	-8,70E-02			6%	99%	1 1 0 1 0
	20	2 4 7 8	9,63E-01	-1,72E-06	-3,44E-06	4,24E-07	-7,09E-02			7%	98%	1 1 0 1 0
E-energ.	1	2 5 7	4,52E+01	-3,47E-04	1,73E+01	-8,29E-07				4%	93%	1 1 0 0
	2	2 3 5 7	4,59E+01	-2,92E-04	-1,05E-04	1,78E+01	-1,22E-06			5%	93%	1 0 0 0 0
	3	2 3 5 7 8	4,60E+01	-2,91E-04	-1,07E-04	1,67E+01	-1,29E-06	1,00E-01		5%	93%	1 0 0 0 0 0
	4	2 8	6,47E-01	-4,58E-06	9,33E-02					7%	87%	1 1 1
	5	2 3 5 8	4,41E+01	-3,20E-04	-3,51E-05	3,17E+01	-1,43E+00			5%	93%	1 0 0 0 0
	6	3 5 7	4,90E+01	-6,44E-04	2,00E+01	-3,05E-06				5%	92%	1 1 0 0
	7	3 8	6,30E-01	-6,97E-06	8,75E-02					7%	85%	1 1 1
	8	2 7 8	4,64E+01	-3,55E-04	-1,62E-06	1,52E+00				4%	93%	1 1 0 0
	9	2 5	6,46E-01	-5,11E-06	1,74E+00					7%	85%	1 1 1
	10	2 3 7 8	4,74E+01	-2,82E-04	-1,40E-04	-2,23E-06	1,61E+00			5%	93%	1 0 0 0 0
	11	2 5 7 8	4,49E+01	-3,45E-04	2,19E+01	-5,81E-07	-4,28E-01			5%	93%	1 1 0 0 0
	12	3 5	6,30E-01	-7,82E-06	1,63E+00					7%	85%	1 1 1
	13	2 5 8	4,40E+01	-3,40E-04	3,01E+01	-1,27E+00				4%	93%	1 1 0 0
	14	2 3 5	4,39E+01	-3,70E-04	5,92E-05	1,28E+01				4%	93%	1 0 0 0
	15	2 3 8	4,43E+01	-3,79E-04	7,21E-05	7,43E-01				4%	93%	1 0 0 0
	16	3 5 7 8	5,06E+01	-6,62E-04	8,28E-01	-4,18E-06	1,81E+00			5%	92%	1 1 0 0 0
	17	3 7 8	5,07E+01	-6,63E-04	-4,22E-06	1,88E+00				5%	92%	1 1 0 0
	18	3 5 8	4,45E+01	-5,88E-04	5,65E+01	-3,84E+00				5%	92%	1 1 0 0
	19	2 3 4 5 7 8	5,67E+01	-3,13E-04	-2,08E-04	-5,10E-04	3,32E+01	-9,11E-07	-2,75E+00	5%	94%	1 0 0 0 0 0 0
	20	2 3 4 5 7	5,86E+01	-2,93E-04	-2,62E-04	-4,79E-04	5,02E+00	-2,66E-06		4%	94%	1 0 0 0 0 0

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 13. cd.

Sektor	Lp.	Kombinacja zmiennych	Oszacowane parametry modeli							V_e	R^2	Wynik testu ist.
			a_0	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6			
E-pob.	1	2	4,92E+02	-4,11E-02						6%	93%	1 1
	2	1 2 3 7	1,63E-01	9,83E-02	4,11E-07	-1,10E-06	-4,08E-08			39%	46%	0 0 0 0 0
	3	1 2 3	6,20E-02	1,14E-01	4,36E-07	-1,02E-06				38%	42%	0 0 0 0
	4	1 3 7	1,78E-01	8,35E-02	-2,46E-07	-4,77E-08				40%	35%	0 0 0 0
	5	1 2 3 8	1,70E-01	7,40E-02	1,55E-07	-5,91E-07	-4,20E-02			37%	51%	0 0 0 0 0
	6	1 2 3 4	6,54E-02	1,06E-01	4,42E-07	-1,05E-06	8,90E-08			40%	42%	0 0 0 0 0
	7	1 2 3 5	6,47E-02	1,84E-01	1,03E-07	-2,32E-07	-7,25E-01			38%	47%	0 0 0 0 0
	8	1 2 3 4 7	2,11E-01	3,76E-02	4,47E-07	-1,34E-06	6,09E-07	-5,06E-08		41%	47%	0 0 0 0 0 0
	9	2 3 7	2,48E-01	3,38E-07	-1,03E-06	-6,31E-08				41%	33%	0 0 0 0
	10	2 3	5,12E+02	-3,71E-02	-2,01E-02					6%	93%	1 1 0
	11	2 3 5	8,59E-02	5,58E-07	-1,33E-06	3,80E-01				43%	27%	1 0 0 0
	12	1 2 3 5 7	1,07E-01	1,61E-01	1,70E-07	-4,53E-07	-5,55E-01	-1,75E-08		41%	47%	0 0 0 0 0 0
	13	2 3 4	1,06E-01	4,87E-07	-1,33E-06	9,74E-07				39%	39%	1 0 0 0
	14	1 2 3 7 8	1,64E-01	7,39E-02	1,46E-07	-5,66E-07	3,98E-09	-4,37E-02		39%	51%	0 0 0 0 0 0
	15	1 2 3 4 8	1,71E-01	6,94E-02	1,59E-07	-6,09E-07	4,94E-08	-4,20E-02		39%	51%	0 0 0 0 0 0
	16	1 2 3 4 5	1,17E-01	1,07E-01	-3,44E-08	-1,60E-07	1,35E-06	-1,22E+00		40%	51%	0 0 0 0 0 0
	17	1 3 8	1,90E-01	6,33E-02	-2,92E-07	-5,00E-02				35%	50%	1 0 1 0
	18	1 3 4	4,40E-02	1,41E-01	-4,12E-09	-4,16E-07				41%	31%	0 0 0 0
	19	1 3 5	6,49E-02	1,96E-01	9,33E-10	-8,55E-01				36%	47%	0 1 0 0
	20	2 3 8	2,28E-01	1,39E-08	-3,57E-07	-5,71E-02				37%	45%	1 0 0 0
F-O	1	2 3 8	8,14E-01	-3,58E-05	4,73E-05	-5,64E-02				19%	72%	1 1 0 0
	2	2	2,06E-01	-1,67E-07						7%	98%	1 1
	3	2 3 4 8	4,26E-01	-3,46E-05	5,01E-05	1,75E-05	-2,21E-03			20%	74%	0 1 0 0 0
	4	2 3	2,05E-01	-2,19E-07	1,12E-07					8%	98%	1 1 0
	5	2 3 7 8	9,85E-01	-3,06E-05	3,60E-05	-1,19E-07	-9,86E-03			20%	73%	1 0 0 0 0
	6	3 8	1,54E-01	-2,66E-07	2,27E-02					6%	98%	1 1 1
	7	2 3 4 7 8	5,97E-01	-3,02E-05	4,02E-05	1,63E-05	-1,02E-07	3,39E-02		21%	75%	0 0 0 0 0 0
	8	2 8	1,65E-01	-1,35E-07	1,72E-02					6%	99%	1 1 1
	9	2 3 7	9,99E-01	-3,03E-05	3,54E-05	-1,35E-07				19%	73%	1 0 0 0
	10	2 3 4 7	6,31E-01	-3,09E-05	4,09E-05	1,33E-05	-6,50E-08			19%	75%	0 0 0 0 0
	11	3	2,07E-01	-3,55E-07						9%	96%	1 1
	12	2 7	1,77E-01	-1,49E-07	1,21E-08					7%	98%	1 1 0
	13	2 4 8	6,79E-01	-7,28E-06	1,11E-05	-1,08E-01				24%	58%	0 0 0 0
	14	2 3 4	1,59E-01	2,90E-01	-3,48E-08	-2,91E-02				7%	97%	1 1 0 0
	15	2 4 7 8	1,01E+00	-9,94E-06	1,13E-05	-2,75E-07	4,58E-02			21%	69%	0 0 0 0 0
	16	2 7 8	1,25E+00	-1,18E-05	-2,74E-07	1,34E-02				21%	68%	1 1 0 0
	17	3 4 8	3,57E-01	-7,57E-06	2,35E-05	-7,21E-02				25%	50%	0 0 0 0
	18	1 2 3 8	1,34E-01	2,86E-01	-1,53E-06	2,77E-06	-4,71E-02			7%	96%	0 1 0 0 0
	19	1 2 3 7 8	2,25E-01	2,82E-01	5,84E-07	-2,17E-06	-5,78E-08	-2,47E-02		8%	97%	0 1 0 0 0 0
	20	3 7 8	1,33E+00	-2,08E-05	-3,36E-07	1,97E-02				23%	60%	1 1 0 0

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ

Załącznik 14. Weryfikacja modeli ze względu na właściwości składnika losowego

Sektor	Kombinacja zmiennych	Badanie autokorelacji reszt	Analiza losowości reszt	Analiza symetryczności	Analiza normalności rozkładu reszt	Analiza stacjonarności reszt
D	3 7	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 7	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 3 7	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 3 7 8	obsz.nieokr.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 3 4 7 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 7 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	3 7 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 3 5 7 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	3 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 3 6 7 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	3 4 7	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	1 2 3 7 8	obsz.nieokr.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 4 7	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
E-energ.	2 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	3 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 5	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	3 5	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
E-pob.	2	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 3	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
F-O	2	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 3	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	3 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 8	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	3	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność
	2 7	nie wyst.	rozkład losowy	symetria	rozkład normalny	stacjonarność

Załącznik 15. Pozytywnie zweryfikowane modele trendu zmiennych objaśniających

Lp.	Sektor	Nazwa zmiennej	Symbol zmiennej	Funkcja trendu	Parametry modelu				Dopasowanie	
					a_0	a_1	$D(a_0)$	$D(a_1)$	V_e	R^2
1	E-energ	Wskaźnik nakł. inw. / wart. br. środk.trw.	5	f. potegowa	-2,2160	-0,3481	0,1272	0,0675	-6%	71%
2				f. wykładnicza	-2,3222	-0,0711	0,0946	0,0119	-6%	76%
3	E-pob.	Wskaźnik nakł. inw. / wart. br. środk.trw.	5	f. potegowa	-1,3311	-0,6491	0,1909	0,1013	-11%	79%
4				f. wykładnicza	-1,5095	-0,1354	0,1150	0,0145	-8%	89%
5	Ogółem	Nakłady inwestycyjne na ujęcia wód	7	f. wykładnicza	14,4091	-0,0704	0,0910	0,0115	1%	77%
6				f. potegowa	14,5133	-0,3442	0,1236	0,0656	1%	71%
7				f. logarytmiczna	1850325	-400583	122624	65079	15%	77%

BIBLIOTEKA CYFROWA POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ