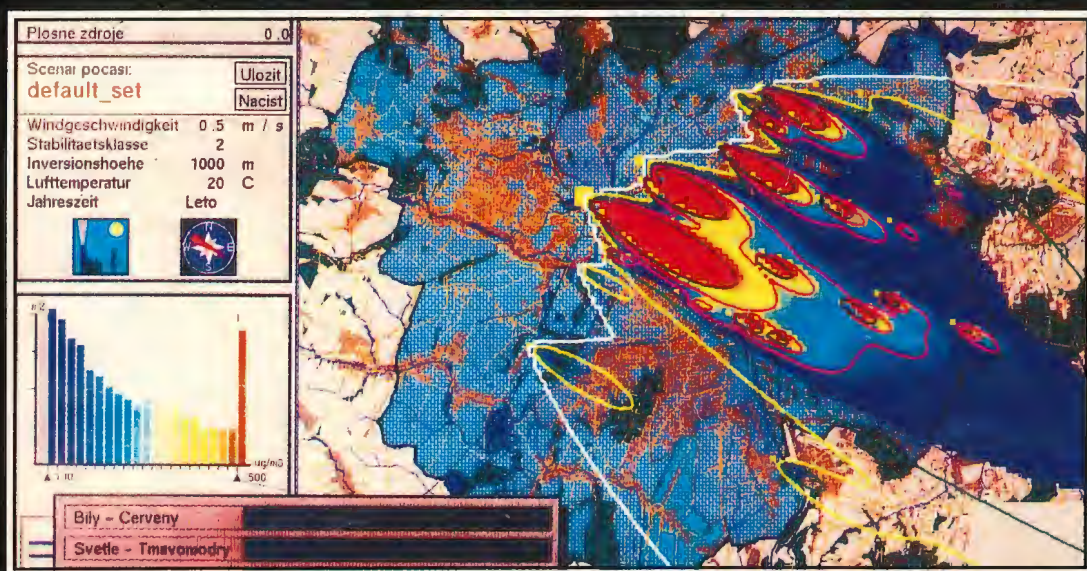


\* Polski Zespół ds. Współpracy z IIASA \*  
\* Instytut Badań Systemowych PAN \*

# ANALIZA SYSTEMOWA I JEJ ZASTOSOWANIA



INTERDYSCYPLINARNOSC \* DEMOGRAFIA \* PRZEKSZTALCENIA  
GOSPODARCZE \* SRODOWISKO \* LASY \* ENERGETYKA \*  
ZASOBY WODNE \* METODY I TECHNIKI SYSTEMOWE

*Materiały z konferencji "Dni Międzynarodowego Instytutu  
Stosowanej Analizy Systemowej"*

*Warszawa, Pałac Staszica, 20-21 kwietnia 1993*

**Redaktor**  
**JAN W. OWSIŃSKI**

\* Polski Zespół ds. Współpracy z IIASA \*  
\* Instytut Badań Systemowych PAN \*

---

---

# ANALIZA SYSTEMOWA I JEJ ZASTOSOWANIA

*Materiały z konferencji "Dni Międzynarodowego Instytutu  
Stosowanej Analizy Systemowej"*  
*Warszawa, Pałac Staszica, 20-21 kwietnia 1993*

**Redaktor**  
**JAN W. OWSIŃSKI**

Warszawa, grudzień 1993

**Niniejsza publikacja została wydana dzięki dofinansowaniu  
przyznanemu przez Komitet Badań Naukowych**

**© Polska Akademia Nauk**

**ISBN 83 - 85847 - 25 - 1**

*Na okładce wykorzystano fragment postaci ekranu z jednego  
z systemów oprogramowania przeznaczonych do celów  
przestrzennej analizy środowiskowej, opracowanego w ramach projektu  
IIASA - ZAAWANSOWANYCH ZASTOSOWAN KOMPUTEROWYCH  
we współpracy z zespołem z IBS PAN w składzie:  
P.Holnicki, A.Katuszko i A.Żochowski.*

42859

**Skład i opracowanie tekstu:  
Dział Wydawniczy Instytutu Badań Systemowych PAN**

**Druk i oprawa: ZWP SYNPRESS, Łomianki, ul. Łąkowa 17  
tel./fax 511-745**

## **POLSKIE SPOJRZENIE NA PROJEKT ZASOBÓW WODNYCH IIASA**

**Zdzisław Kaczmarek**  
*Instytut Geofizyki PAN*

W czasie całej dwudziestoletniej historii działalności Międzynarodowego Instytutu Stosowanej Analizy Systemów problematyka gospodarki zasobami wodnymi stanowiła jeden z głównych obszarów badawczych. Podjęto i zrealizowano w tym okresie wiele tematów o węzłowym znaczeniu dla państw i regionów w których racjonalne użytkowanie tych zasobów jest jednym z warunków rozwoju ekonomicznego i społecznego. Opracowane lub rozwinięte w IIASA modele i techniki obliczeniowe były wykorzystane - w ścisłej współpracy z krajowymi ośrodkami naukowymi i projektowymi - w Bułgarii i Szwecji, w Japonii i w Polsce, w Rosji i Zimbabwie oraz w wielu innych krajach. Będąc kierownikiem projektu wodnego IIASA uczestniczyłem jako jeden z czterech ekspertów ONZ w przygotowaniu podstawowych dokumentów przedstawionych na Światowej Konferencji w sprawie Zasobów Wodnych Świata (Mar del Plata, 1977). Uczeń zatrudnieni w Projekcie Wodnym IIASA współpracowali z UNESCO i ze Światową Organizacją Meteorologiczną w realizacji wielu międzynarodowych przedsięwzięć badawczych.

Niemal od pierwszych miesięcy działalności IIASA przedstawiciele polskich uczelni i instytutów odgrywali znaczącą rolę w tych badaniach. W ciągu 12 lat Projekt Wodny był kierowany przez polskich naukowców, ponad 30 książek i artykułów naukowych zostało opublikowanych przy udziale Polaków pracujących w IIASA lub wizy-

tujących ten Instytut. W naszym kraju zorganizowano kilka konferencji i seminariów ściśle związanych z działalnością tego Projektu. Przyczyną tak aktywnego zaangażowania było zainteresowanie polskich środowisk naukowych systemowym podejściem do rozwiązywania złożonych i konfliktowych sytuacji w dziedzinie gospodarki wodnej. W latach 1968 - 1972 zrealizowano w Polsce pod egidą ONZ pilotowy program planistyczny dotyczący dorzecza Wisły w którym wykorzystano doświadczenia międzynarodowe w zakresie stosowania założeń i technik analizy systemowej. W 1971 r. odbyło się w Polsce pierwsze duże sympozjum międzynarodowe poświęcone modelowaniu matematycznemu procesów hydrologicznych, zorganizowane przez Polską Akademię Nauk przy udziale Światowej Organizacji Meteorologicznej, UNESCO i Międzynarodowego Stowarzyszenia Nauk Hydrologicznych. Wszystko to stanowiło dobrą podstawę do nawiązania współpracy z IIASA. Nie ulega wątpliwości, że polskie doświadczenia w stosowaniu metod systemowych w gospodarce wodnej były wysoce użyteczne dla ukształtowania tej tematyki w IIASA. Należy postawić pytanie, na ile badania prowadzone przez międzynarodowy zespół naukowców w Laxenburgu przyczyniły się do usprawnienia naszych warsztatów badawczych i do lepszego zrozumienia konieczności ich doskonalenia w oparciu o nowoczesne techniki decyzyjne. Odpowiedź nie jest łatwa. IIASA nie uczestniczył bezpośrednio w rozwiązywaniu konkretnych regionalnych problemów gospodarki wodnej w Polsce, w przeciwieństwie do takich przykładów jak Studium Balatonu na Węgrzech lub projekt rozwiązań wodno-gospodarczych w regionie Skane w Szwecji. Nie ulega jednak wątpliwości, że zwłaszcza w pierwszym 10-leciu działalności IIASA, gdy Instytut ten był atrakcyjnym miejscem pracy i spotkań uczonych o uznanej pozycji międzynarodowej, jego katalityczna rola w kształtowaniu nowego sposobu myślenia o użytkowaniu zasobów naturalnych i jednoczesnej ochronie walorów środowiska była znacząca.

Niezależnie od zawsze dobrych kontaktów polskich naukowców z uczonymi ze Wschodu i Zachodu, IIASA poprzez swój ambitny program badawczy, liczne konferencje i krytyczną wymianę poglądów odegrał inspirującą rolę w kształtowaniu nowych idei i koncepcji badawczych w naszym kraju. Jako przykład efektów tej inspiracji można podać programowanie i realizację w latach 1976 - 1985 Rządowego Programu Badawczo-Rozwojowego p.t. "Kształtowanie i Wykorzystanie Zasobów Wodnych", którego założenia pozostawały pod znacznym wpływem poglądów formowanych w IIASA. W owym czasie pytanie jak należy wykorzystywać zasoby naturalne przy zachowaniu zasady "zrównoważonego rozwoju" (sustainable development) było przedmiotem żywego zainteresowania uczonych

zgrupowanych wokół IIASA - na długo przed opublikowaniem znanego raportu Komisji p. Brundtland "Our Common Future". Zarówno Projekt Wodny jak i naukowcy zajmujący się w Laxenburgu rozwijaniem teorii analizy systemowej byli wówczas żywo zainteresowani takimi kwestiami teoretycznymi jak rozwiązywanie sytuacji konfliktowych, rola niepewności w procesach podejmowania decyzji, metody wielokryterialne itp., mający mi duże znaczenie także w rozwiązywaniu zadań wodno-gospodarczych.

Wyniki pierwszego dziesięciolecia działalności Projektu Wodnego IIASA można zilustrować za pomocą wybranych publikacji, obejmujących szeroki krąg wspomnianych powyżej zagadnień metodycznych o kluczowym znaczeniu dla racjonalnego użytkowania zasobów wodnych. Przedstawiony w końcowej części artykułu wykaz książek i artykułów naukowych obrazuje nie tylko osiągnięcia tego projektu, lecz stanowi jednocześnie charakterystykę kierunków myślenia, typowych dla nauk hydrologicznych w latach 70-ch i 80-ch, związanych z wprowadzeniem do praktyki inżynierskiej współczesnych metod analitycznych i obliczeniowych. Pojawiające się w ostatnim okresie głosy sceptycznie oceniające wysoki stopień "matematyzacji" i formalizacji metod rozwiązywania problemów surowcowych i środowiskowych nie negują w istocie rzeczy praktycznej przydatności tych metod, lecz postulują jedynie konieczność ich poszerzenia o często niemierzalne społeczne aspekty analizy.

Po tym krótkim przeglądzie wcześniejszych prac IIASA w dziedzinie zasobów wodnych omówimy obecnie niektóre aktualne opcje programowe i zainteresowania polskich środowisk naukowych ich realizacją. W ostatnich latach pojawiła się szeroka platforma integracyjna w zakresie nauk o środowisku, związana z dyskusjami na temat różnych aspektów zmian globalnych. Na przełomie lat 70-ch i 80-ch został powołany Światowy Program Klimatyczny, obejmujący szeroki krąg badań podstawowych i stosowanych, związanych z hipotezą niestacjonarności globalnych procesów geofizycznych, zakłócanych przez oddziaływanie czynników antropogenicznych. W połowie lat 80-ch Międzynarodowa Rada Unii Naukowych utworzyła Międzynarodowy Program Badań Biosfery i Geosfery (IGBP) zwany potocznie programem "Global Change". W inicjowaniu tych przedsięwzięć badacze skupieni wokół IIASA odgrywali rolę pierwszoplanową, a Instytut stworzył płaszczyznę twórczej dyskusji uczonym reprezentującym różne kręgi specjalistyczne i pracującym w państwach należących do skonfliktowanych układów politycznych. Owocem tej współpracy była m.in. opublikowana przez IIASA monografia pod redakcją Clarka i Munna zatytułowana "Sustainable Development of the Biosphere", której

znaczenie w rozwoju współczesnej myśli naukowej trudno przecenić.

Jednocześnie kilka zespołów badawczych w IIASA podjęło własne prace mające na celu zbadanie konsekwencji niestacjonarności klimatu globalnego na różne dziedziny ludzkiej działalności, m.in. na rolnictwo, leśnictwo i gospodarkę energetyczną. Pod koniec lat 80-ch problematyka ta znalazła się również w centrum zainteresowań Projektu Wodnego, w ramach którego zostały zainicjowane badania nad trendami zmian w zakresie zasobów i potrzeb wodnych świata oraz nad identyfikacją obszarów szczególnego zagrożenia. Wstępne wyniki tych prac stały się podstawą dyskusji nad wpływem klimatu na zasoby wodne, przeprowadzonej w czasie 2-jej Światowej Konferencji Klimatycznej (Genewa, 1990 r.). We współpracy z ośrodkami badawczymi szeregu krajów przygotowano także monograficzną prezentację stanu wiedzy w omawianym zakresie w książce, która zostanie opublikowana w 1994 r. Należy wyrazić zdziwienie, że tak ważna i nośna politycznie tematyka nie znajduje należytego odzwierciedlenia w obecnych i przyszłych planach badawczych IIASA.

Przed dwoma laty zaproponowaliśmy podjęcie pod egidą IIASA wspólnego opracowania przez uczonych austriackich, czeskich, niemieckich, polskich, słowackich i węgierskich raportu o możliwych konsekwencjach zmian klimatu dla gospodarki zasobami wodnymi w Centralnej Europie. Projekt ten miał obejmować dorzecza Dunaju, Łaby, Odry i Wisły oraz rzek Przymorza Bałtyckiego i dotyczyć zarówno wrażliwości bilansu wodnego na zmiany parametrów klimatycznych, jak i wpływu tych zmian na użytkowanie i ochronę wód. Inicjatywa ta została nader pozytywnie przyjęta przez wszystkie zainteresowane kraje, a jej realizacja odpowiadałaby programowi badań podjętych przez Międzyrządowy Panel d/s Zmian Klimatu.

Warto podkreślić, że badania nad wpływem przewidywanych zmian klimatu na zasoby wodne Polski są w znacznym stopniu zaawansowane. Dotychczasowe wyniki wskazują na możliwość ich ilościowej i jakościowej degradacji i na związane z tym poważne konsekwencje gospodarcze. Prowadzone w naszym kraju prace nad metodyką oceny wrażliwości systemów wodno-gospodarczych mogą być użyteczne dla innych regionów o podobnych cechach fizjograficznych i klimatycznych. W szczególności obejmują one:

- (a) opracowanie scenariuszy regionalnych zmian temperatury powietrza i opadów atmosferycznych na podstawie wyników uzyskanych za pomocą kilku globalnych modeli cyrkulacji atmosfery;

- (b) utworzenie zbioru modeli przejścia od charakterystyk klimatu do zmiennych opisujących składniki bilansu wodnego na wybranym obszarze: opad efektywny, parowanie, odpływ i wilgotność (retencje) podłoża;
- (c) opracowanie modeli pozwalających ocenić wpływ zmian klimatu na termikę i bilans cieplny zbiorników wodnych, a w konsekwencji na jakość wód powierzchniowych;
- (d) stworzenie bazy danych hydrologicznych i klimatycznych dla obszaru Polski i regionów sąsiednich oraz baz danych pomocniczych, np. dotyczących orografii terenu;
- (e) ocenę możliwych zmian podstawowych elementów bilansu wodnego w przypadku transformacji klimatu pod wpływem czynników antropogennych oraz wpływu tych zmian na możliwość zaspokojenia potrzeb wodnych ludności, przemysłu i rolnictwa.

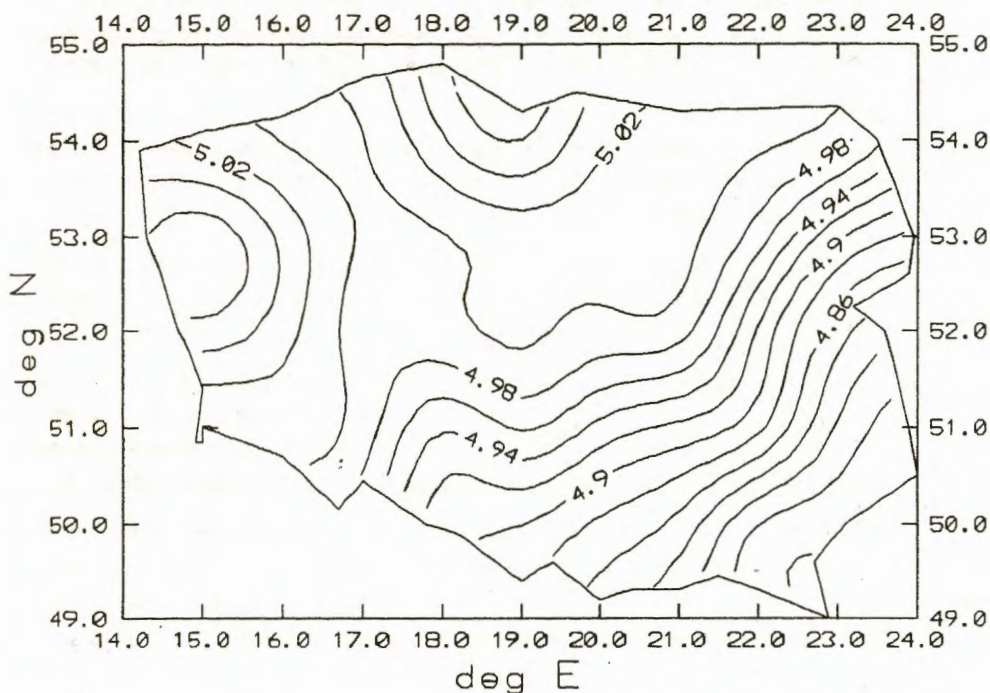
W celu zilustrowania otrzymanych dotychczas wyników przedstawiono na rysunkach 1 i 2 przewidywane zmiany średniej rocznej temperatury powietrza i rocznych sum opadów atmosferycznych wynikające z interpolacji wyników uzyskanych na podstawie modelu globalnej cyrkulacji atmosfery, opracowana przez Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL) w Princeton (USA). Wynikające stąd możliwe zmniejszenie zasobów wód powierzchniowych na obszarze Polski obliczono za pomocą modeli hydrologicznych, a wyniki tych obliczeń ilustrują dla przykładu rysunki 3 i 4, na których przedstawiono kolejno:

- (a) stosunek średniego rocznego odpływu obliczonego dla warunków podwójnej koncentracji t.zw. "gazów cieplarnianych" i odpływu "historycznego", oszacowanego na podstawie danych z lat 1951 - 1990,
- (b) analogiczny wskaźnik ustalony dla miesiąca o najmniejszych przepływach, odpowiadającego w Polsce warunkom hydrologicznym na przełomie lata i jesieni.

Otrzymane wyniki wskazują na możliwość znacznego pogorszenia bilansu wodno-gospodarczego w okresie letnio-jesiennych niżówek, co w konsekwencji prowadziłoby do poważnych zakłóceń w zaspokajaniu potrzeb wodnych różnych dziedzin gospodarki narodowej. Należy oczekiwać, że podobne trudności mogą wystąpić w sąsiadujących z Polską krajach.

Niestety propozycja rozszerzenia tych badań na cały obszar Europy Środkowej nie została przyjęta przez Kierownictwo IIASA i wspomniane

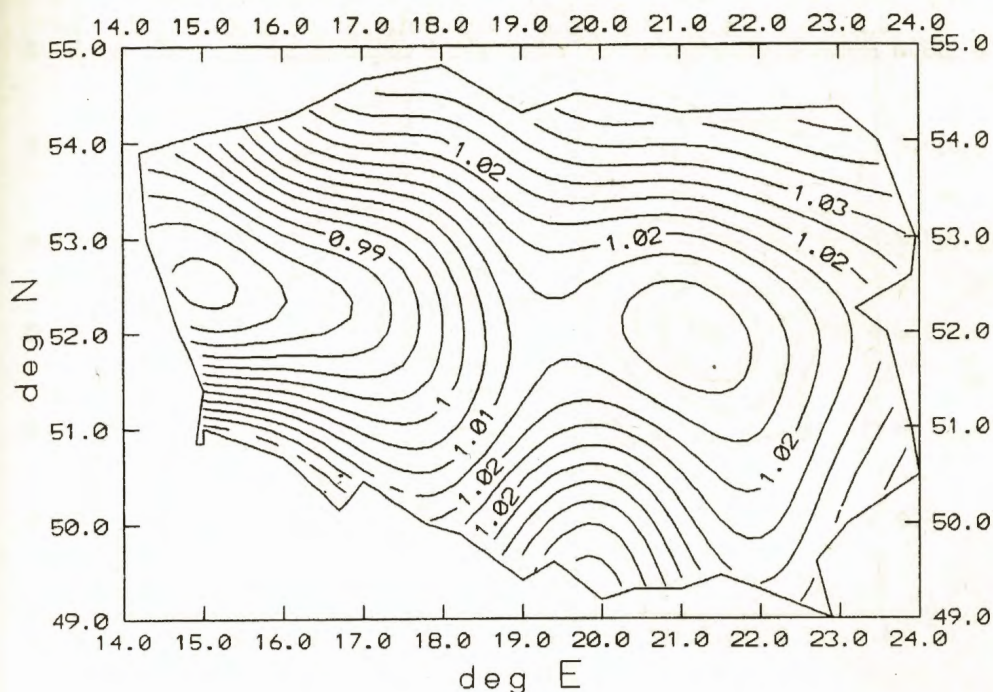




Rys. 1. Zmiany rocznej temperatury powietrza przy podwojeniu koncentracji CO<sub>2</sub> w atmosferze - model GFDL

prace będą prowadzone bez udziału tego Instytutu. W odniesieniu do północnej części omówionego powyżej regionu ich koordynacja będzie możliwa w ramach projektu badawczego BALTEX, stanowiącego fragment wieloletniego programu badawczego p.t. Global Energy and Water Experiment. Przykład ten wskazuje, że obserwowane w ostatnich latach odchodzenie przez IIASA od udziału w głównym nurcie globalnych problemów środowiskowych może prowadzić do stopniowej marginalizacji jego międzynarodowej roli w tym zakresie. Jako niebezpieczny sygnał należy potraktować zanik projektu "Biosphere Dynamics", który nie tylko odpowiadał współczesnym kierunkom badawczym rozwijanym w ramach Międzynarodowej Rady Unii Naukowych, ale miał także istotne znaczenie dla rozwoju innych projektów środowiskowych IIASA.

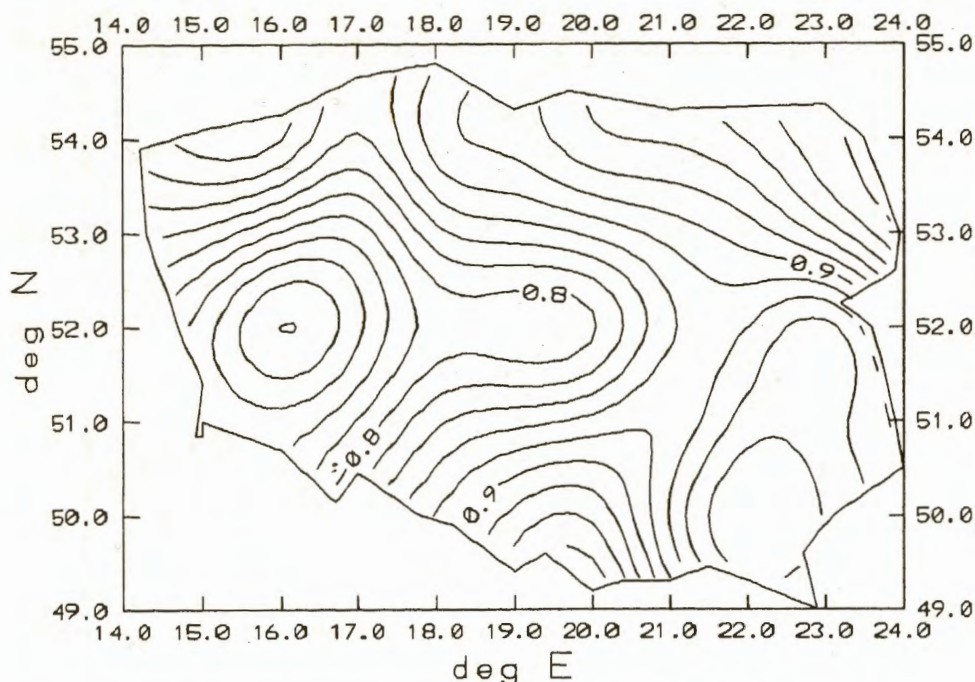
Polska jest członkiem - założycielem IIASA i jest rzeczą naturalną postawienie pytania o rolę tego Instytutu w przyszłości, także w odniesie-



Rys. 2. Stosunek rocznych sum opadu obliczonych dla  $2^*CO_2$  (model GFDL) do wartości uzyskanych z pomiarów

niu do problematyki surowców i środowiska przyrodniczego. Jest oczywiste, że do przeszłości należą funkcje polityczne IIASA jako forum współpracy uczonych pracujących w państwach znajdujących się w strukturalnym konflikcie. Sądzę, że tylko te projekty badawcze które są w stanie bądź generować całkowicie nowe podejście metodologiczne, bądź też integrować wysiłki na rzecz wspólnego rozwiązywania problemów o znaczeniu globalnym, mają obecnie szansę uzyskania wysokiego uznania w międzynarodowej społeczności uczonych. W ciągu swojej dwudziestoletniej historii Projekt Zasobów Wodnych starał się realizować tę strategię z większym lub mniejszym powodzeniem i jego przyszłość upatruję w jej kontynuacji.

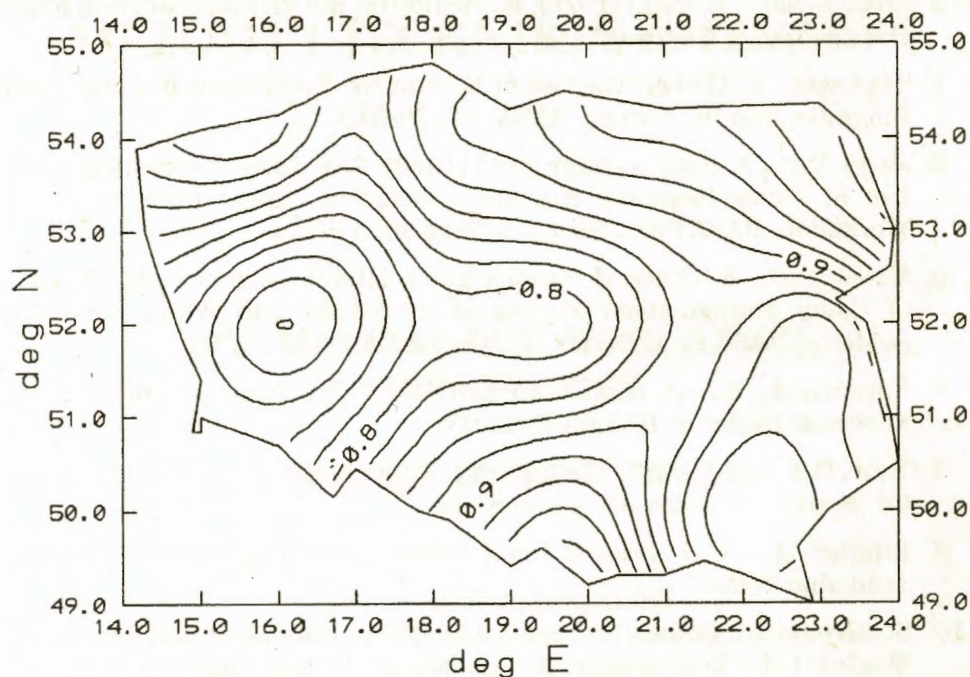
Przyszłość IIASA zależy także od wzajemnego zrozumienia pomiędzy kierownictwem i badaczami tego Instytutu z jednej strony, a wszystkimi Narodowymi Organizacjami Członkowskimi - z drugiej strony. W szczegól-



Rys. 3. Stosunek odpływu rocznego obliczonego dla warunków  $2 \cdot \text{CO}_2$  do wartości uzyskanych z pomiarów

ności konieczne jest poszerzenie współpracy pomiędzy projektami badawczymi IIASA i odpowiadającymi im instytucjami naukowymi w krajach członkowskich. Potencjał tych ostatnich jest na ogół znacznie większy od potencjału wyspecjalizowanych zespołów pracujących w Laxenburgu. W odniesieniu do gospodarki zasobami wodnymi wszystkie kraje członkowskie IIASA są obecnie w stanie efektywnie rozwiązywać wynikające stąd własne problemy badawcze i techniczne. Należy także podkreślić, że próby wprowadzania wiedzy i techniki przez zewnętrznych ekspertów, bez należytej współpracy z ośrodkami krajowymi są z góry skazane na niepowodzenie i muszą prowadzić do rozczarowań. Tego rodzaju niepowodzenia we wzajemnej współpracy prowadzą z reguły do podważania roli instytucji międzynarodowych, a w skrajnych przypadkach do ich rozpadu.

Polskie instytucje naukowe i projektowe są zainteresowane kontynuacją współpracy z Projektem Zasobów Wodnych IIASA, jeżeli spełnione będą omówione powyżej zasady kształtowania priorytetów badawczych.



Rys. 4. Stosunek odpływu niżówkowego obliczonego dla warunków  $2*CO_2$  do wartości uzyskanych z pomiarów

Współdziałanie takie powinno być oparte na zasadach partnerskich, jak to zresztą miało na ogół miejsce dotychczas. Oznacza to konieczność równoprawnego udziału w formułowaniu celów badawczych, wymianę doświadczeń w zakresie stosowanych metod i wspólne rozwiązywanie zadań o charakterze regionalnym i globalnym. Spełnienie tych warunków jest, jak sądzę, konieczne dla wypełnienia przez IIASA jego statutowej roli w odniesieniu zarówno do tego jak i innych projektów badawczych.

#### **Wybrane publikacje Projektu Zasobów Wodnych IIASA (w porządku chronologicznym):**

1. Wood, E.F. (1974): Analysis of Uncertainty in Deterministic Rainfall-Runoff Models. IIASA: RR-74-018.
2. Kaczmarek, Z. (1975): Storage Systems Dependent on Multivariate Stochastic Processes. IIASA: RR-75-020.

3. Szollosi-Nagy, A. (red.) (1976): Workshop on the Vistula and Tisza River Basins. IIASA: CP-76-005.
4. Pawłowski, Z. (1978): The Use of Alternative Predictions in Long-Term Inference into the Future. IIASA: RR-78-015.
5. Wood, E.F., A. Szollosi-Nagy (red.) (1980): Real-Time Forecasting/Control of Water Resource Systems - Selected Papers from an IIASA Workshop. IIASA Proc. Series, 8, Pergamon Press.
6. Askew, A.J., F. Greco, J. Kindler (red.) (1981): Logistics and Benefits of Using Mathematical Models of Hydrologic and Water Resource Systems. IIASA Proc. Series, 13, Pergamon Press.
7. Kaczmarek, Z., J. Kindler (red.) (1982): The Operation of Multiply Reservoir Systems. IIASA: CP-82-03.
8. Orlov, G.T. (red.) (1983): Mathematical Modeling of Water Quality. IIASA Int. Series, 12, John Wiley and Sons.
9. Kindler, J., C.S. Russell (red.) (1984): Modeling Water Demands. Academic Press.
10. Somlyódy, L., G. van Straten (red.) (1986): Modeling and Managing Shallow Lake Eutrophication: Application to Lake Balaton. Springer-Verlag.
11. Kacprzyk, J.W., S. Orlovsky (red.) (1987): Optimization Models Using Fuzzy Sets and Possibility Theory. D. Reidel Publishing Company.
12. Kaczmarek, Z., V. Pryazhinskaya, L. Somlyódy, K. Strzepek: Water Management in Face of Climatic and Hydrologic Uncertainties (przygotowana do publikacji w 1994r.). Cambridge University Press.

IBS

ANALIZA SYSTEMOWA I JEJ ZASTOSOWANIE 42859 A

**WPROWADZENIE**

Leszek Kuźnicki  
Peter E. de Jánosi  
Miroslaw Mossakowski  
Jan Owskiński

**INTERDYSCYPLINARNOŚĆ**

Nathan Keyfitz

**DEMOGRAFIA**

Christopher Prinz  
Jerzy Z. Holzer

**TRANSFORMACJA GOSPODARCZA**

János Gács  
Józef St. Zegar

**ŚRODOWISKO I ZASOBY NATURALNE**

Nebojša Nakićenović  
Jacek Marecki  
Janusz Cofała  
Maciej Nowicki  
Sten Nilsson  
Andrzej Szujecki  
Wojciech Galiński i Manfred Küppers  
Laszlo Somlyódy  
Zdzisław Kaczmarek

**METODY I TECHNIKI SYSTEMOWE**

Andrzej Ruszczyński  
Marek Makowski  
Andrzej P. Wierzbicki  
Zdzisław Pawlak  
Kurt Fedra i Elisabeth Weigkricht

ISBN 83 - 85847 - 25 - 1