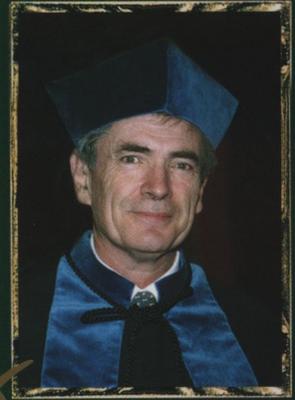
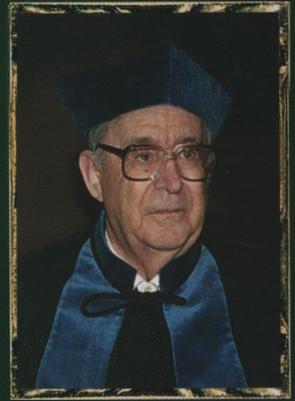


POLITECHNIKA
KRAKOWSKA
IM. TADEUSZA KOŚCIUSZKI
TADEUSZ KOŚCIUSZKO
CRACOW UNIVERSITY
OF TECHNOLOGY

KRAKÓW 2004



PK

378
DOCTOR

TYTUŁY NADANE
W 2000/01

DOCTOR
HONORIS
CAUSA

TITLES CONFERRED
IN 2000/01

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000226138

D TYTUŁY NADANE
W 2000/01
H **DOCTOR**
C **HONORIS**
CAUSA
TITLES CONFERRED
IN 2000/01

PRZEWODNICZĄCY KOLEGIUM REDAKCYJNEGO WYDAWNICTWA
POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ
CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD PUBLISHERS
OF THE CRACOW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Józef Gawlik

REDAKTOR MERYTORYCZNY/EDITOR IN CHIEF

Aleksander Böhm

Józef Gawlik

Copyright by Politechnika Krakowska, Kraków 2004

ISBN 83-7242-301-6



II-230684

Wydawnictwo PK, ul. Podchorążych 1, 30-084 Kraków; tel./fax: (+4812) 637 42 89, 628 23 80
www.pk.edu.pl/wydawnictwo · e-mail: wydawnictwo@pk.edu.pl
Contact address: Wydawnictwo PK, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków

Opracowanie redakcyjne: Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej

Edited by CUT Publishers

Przygotowanie materiałów i konsultacje/Compiled by Krystyna Hajduk

Tłumaczenie na język angielski/Translated by Elżbieta Han-Wiercińska
(wstęp/introduction; curricula vitae)

Opracowanie graficzne/Graphic design and photo type by Jadwiga Mączka

Fotografie/Photographs taken by Jan Zych

Nakład 300 egz.

P-2681 2008

TYTUŁY NADANE
W 2000/01

DOCTOR
HONORIS
CAUSA

TITLES CONFERRED
IN 2000/01

POLITECHNIKA KRAKOWSKA
im. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

TADEUSZ KOŚCIUSZKO
CRACOW UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

KRAKÓW 2004

Labores pariunt honores (praca rodzi zaszczyty)

W roku akademickim 2000/2001 na Politechnice Krakowskiej odbyły się trzy uroczystości nadania tytułów doktorów honoris causa Uczonym, których działalność była szczególnie związana z dwoma wydziałami naszej uczelni, a mianowicie Wydziałem Inżynierii Środowiska i Wydziałem Inżynierii Lądowej. Ale jak zwykle, gdy spotykamy się z niezwykłymi osobowościami świata nauki – a takimi zawsze są ludzie wyróżniani tym tytułem – ich dorobek naukowy niełatwo zakwalifikować do jednej tylko dyscypliny. Dlatego są to wydarzenia dotyczące niemal całej społeczności uczelni. Zgodnie z naszą tradycją uroczystości te odbyły się na Uniwersytecie Jagiellońskim w Collegium Maius, najstarszej polskiej uczelni. Dzięki temu niepowtarzalna sceneria wnętrza, których historia sięga 600 lat, przypomina nam o ciągłości tradycji i związkach krakowskiego środowiska naukowego i technicznego.

Tytuły doktora honoris causa otrzymali:

Dnia 8 listopada, James C. I. DOOGE z Irlandii

wybitny specjalista w dziedzinie hydrologii i hydrauliki. Jako międzynarodowy autorytet naukowy piastował odpowiedzialne stanowiska w ONZ, będąc zarazem honorowym profesorem uniwersytetów w Wageningen, Lund, Birmingham i Dublinie. Jest autorem fundamentalnych prac teoretycznych w swojej specjalności. Równocześnie jako członek Senatu Republiki Irlandzkiej i minister spraw zagranicznych prowadził wieloletnią działalność polityczną. Tytuł, na podstawie opinii opracowanych na Politechnice Gdańskiej i w Instytucie Geofizyki PAN w Warszawie, nadano w wyniku przewodu przeprowadzonego na Wydziale Inżynierii Środowiska. Promotorem był profesor Henryk Słota.

Dnia 30 maja, Artur WIECZYŃSKI z Polski

profesor Politechniki Krakowskiej znany nie tylko w naszym kraju specjalista w dziedzinie inżynierii środowiska, zwłaszcza w zakresie systemów gospodarki wodnej. Jest autorem wielu pionierskich prac w tej dziedzinie i wychowawcą generacji młodych naukowców przynoszących chlubę macierzystej uczelni. Opierając

się na opiniach nadesłanych z Politechniki Warszawskiej i Politechniki Wrocławskiej, tytuł nadano po przeprowadzeniu przewodu na Wydziale Inżynierii Środowiska. Funkcję promotora pełnił profesor Jerzy Kurbiel.

Dnia 25 czerwca, John Tinsley ODEN ze Stanów Zjednoczonych profesor Texas University w Austin, znany w świecie naukowym specjalista w dziedzinie mechaniki komputerowej, mechaniki ciała stałego, płynów i mechaniki konstrukcji. Autor dzieł tłumaczonych na wiele języków i członek prestiżowych stowarzyszeń oraz redakcji naukowych czasopism. Otrzymał honorowe doktoraty uniwersytetu w Lizbonie i Wydziałów Politechnicznych w Mons w Belgii. Po otrzymaniu opinii z Instytutu Podstawowych Problemów Techniki PAN w Warszawie i Politechniki Śląskiej tytuł nadano w wyniku przewodu przeprowadzonego na Wydziale Mechanicznym. Funkcję promotora powierzono profesorowi Januszowi Orkiszowi.

Niniejszy tom zawiera podstawową dokumentację uroczystości – ułożoną w kolejności chronologicznej – prezentuje sylwetki doktorów honoris causa oraz zawiera oryginalne teksty Ich wykładów promocyjnych, wraz z tłumaczeniami na język polski.

Aleksander Böhm
Prorektor Politechniki Krakowskiej

Kraków 2004

Labores pariunt honores (work is the parent of honours)

In the academic year 2000/2001 at the Cracow University of Technology three ceremonies of conferring the title of doctor honoris causa were held. The titles were conferred on the scientists whose activities were particularly associated with two faculties of our university, i.e. the Faculty of Environmental Engineering and the Faculty of Mechanical Engineering. However, as is usual when we meet extraordinary personalities of the scientific world – and the persons honoured with this title always are – their scientific achievements are not easily classified under a single discipline. This is why these events involve nearly the whole community of our school. Following the tradition, the ceremonies were held in the Collegium Maius of the Jagiellonian University, the oldest Polish university. The unique scenery of the interior, the history of which dates back 600 years, reminds us of the continuity of tradition and close links among the Cracow scientific and engineering community.

The titles of doctor honoris causa were conferred on

November 8, James C. I. DOOGE, Ireland

an outstanding specialist in the field of hydrology and hydraulics, an honorary professor of the universities in Wageningen, Lund, Birmingham and Dublin. As an international authority he has held responsible posts in the United Nations Organization. He is an author of fundamental theoretical works in his disciplines. At the same time, as a member of the Senate of the Republic of Ireland and minister for foreign affairs he was involved in political life. The title was conferred on the basis of the opinions provided by the Gdańsk University of Technology and the Institute of Geophysics of the Polish Academy of Sciences in Warsaw, following the procedure held at the Faculty of Environmental Engineering of the Cracow University of Technology. The promotor was Prof. Henryk Słota.

May 30, Artur WIECZYSTY, Poland

professor of the Cracow University of Technology, a specialist of great renown in Poland and abroad, an expert in environmental engineering, water economy in particular. He was an author of numerous pioneer works in his discipline and

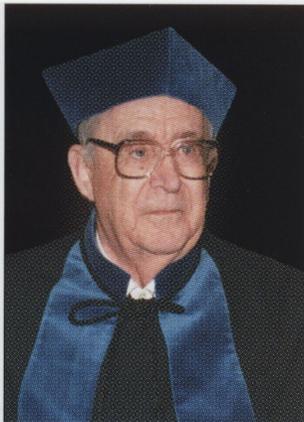
a mentor of a generation of young scientists who are a credit to their mother school. On the basis of the opinions provided by the Warsaw University of Technology and the Wrocław University of Technology the title was conferred following the procedure at the Faculty of Environmental Engineering, CUT. The promotor was Prof. Jerzy Kurbiel.

June 25, John Tinsley ODEN, the United States of America
professor of the Texas University at Austin, USA, specialist of world renown in computational mechanics, solid and fluid mechanics, and structural mechanics. An author of works translated into many languages, a member of prestigious associations and editorial boards of scientific journals. He is an honorary doctor of the University in Lisbon and Polytechnic Faculties in Mons, Belgium. On the basis of the opinions provided by the Institute of Fundamental Technological Research of the Polish Academy of Sciences and the Silesian University of Technology the title was conferred following the procedure at the Faculty of Mechanical Engineering. The promotor was Prof. Janusz Orkisz.

The present volume includes the basic documents of the ceremonies, in the chronological order, and presents the title of doctor honoris causa conferees together with the original texts of their conferment lectures and summaries in the Polish language.

Aleksander Böhm
Vice-rector of the Cracow University of Technology

Cracow 2004



Oby to było szczęśliwe, pomysłne i dobre

My

Rektor i Senat Akademicki

POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ im.TADEUSZA KOŚCIUSZKI

oraz

Rada Wydziału Inżynierii Środowiska

mężowi sławnemu

JAMESOWI C.I. DOOGE'owi

wybitnemu uczonemu o międzynarodowym autorytecie w zakresie hydrologii i hydrauliki koryt otwartych, znakomitemu Profesorowi Uniwersytetu w Dublinie, wychowawcy wielu pokoleń studentów, doktorów i młodych profesorów, doktorowi honoris causa uniwersytetów w Wageningen, Lund, Birmingham i Dublinie, członkowi Irlandzkiej Royal Irish Academy, Rosyjskiej Akademii Nauk, Collegium Ramazzini w Boloni, Akademii Galileiana w Padwie, Hiszpańskiej Akademii Nauk, członkowi zagranicznemu Polskiej Akademii Nauk, Sekretarzowi Generalnemu i Prezydentowi Międzynarodowej Rady Unii Naukowych, przewodniczącemu i członkowi Senatu Republiki Irlandzkiej, Ministrowi Spraw Zagranicznych Republiki, laureatowi wielu nagród i odznaczeń, promotorowi szerokiej współpracy międzynarodowej, wielkiemu przyjacielowi Polski i polskich naukowców, bliskiemu sercem społeczności akademickiej Politechniki Krakowskiej

nadajemy tytuł

doktora honoris causa

i dla potwierdzenia tego faktu poleciliśmy opieczętować dyplom pieczęciami
Politechniki Krakowskiej

Kraków, dnia 8 listopada 2000 roku

Henryk SŁOTA


doktor nauk technicznych
profesor inżynierii środowiska
PROMOTOR

Teresa LUBOWIECKA


doktor nauk technicznych
DZIEKAN

Kazimierz FLAGA


doktor nauk technicznych
profesor budownictwa
REKTOR

Professor

James C.I. Dooge

Professor James C. I. Dooge was born in 1922 in Birkenhead, Cheshire, England. He graduated in 1942 receiving his B. SC. and B. Eng. from the National University of Ireland. In 1952 he gained a Master of Science from the same university and in 1956 a Master of Science from the Iowa University in the USA.

He started his academic career in 1958. Between 1958 – 1987, he was a professor of construction successively at the University College of Cork and the University College of Dublin and a Visiting Professor at the Galway College. He gave regular lectures at a number of European, American, Asian and Australian universities.

He holds 4 honorary doctor's degrees from the universities of Wageningen, Lund, Birmingham and Dublin.

The scientific activity of Professor J. C. I. Dooge made him one of the most eminent specialists in the field of hydrology and hydraulics of the open channel. He authored many publications and monographs which have become a canon of the contemporary hydrology and hydraulics. They include a paper entitled *A General Theory of Unit Hydrograph* and a monograph entitled *Linear Theory of Hydrogeological Systems*.

International scientific co-operation has benefited immensely from Professor Dooge's contribution. He has been active since 1980 on the International Council of Scientific Unions of which he was Secretary General and President. He was a member of the International Association of Hydrologic Sciences (IAHS) and the office of International Union of Geodesy and Geophysics. He was active on boards of Advisory Scientific Committees to the Secretary General of the United Nations. He serves as a consultant to the European Council in evaluating the Environmental Research Programmes.

Professor J. C. I. Dooge has also been a committed organizer. He is an ordinary or honorary member of many professional and academic associations in different countries. He is a scholar of, among others, the Institution of Civil Engineers in London, American Society of Civil Engineers, which recognized him with a prestigious Ven Te Chow Prize in 1997, American Geophysical Union (Horton Award in 1950 and Bowie Medal in 1986). He is a member or correspondent member of the Royal Irish Academy, of which he was a secretary and then President,

Russian Academy of Sciences, Collegium Ramazzini in Bologna, Academia Galileiana in Padua and Spanish Academy of Sciences.

Professor J. C. I. Dooge has also been involved in politics. He was a member and Chairman of the Senate, member of the Presidential Council and Minister of Foreign Affairs of the Irish Republic.

Professor J. C. I. Dooge's links with Poland and the Cracow University of Technology date back to 1968. Professor was a participant and member of the Scientific Committee of the Symposium on Mathematical Models in Hydrology which took place in Warsaw in 1971 and which started development of this research field in Poland. The Summer School in Jablonna was of similar importance – its proceedings were translated by the research group of CUT and published by the Polish Academy of Sciences. Since then 6 Polish researchers worked during long-term fellowships at the University College of Dublin and one of them obtained a doctoral degree there. Professor Dooge is a foreign member of the Polish Academy of Sciences. Every year or every second year he visits the Cracow University of Technology to consult the younger researchers. In 1976 he was a honorary guest during the celebration of the 30th Anniversary of CUT, in 1995 he was awarded a gold medal of the 50th Anniversary of CUT.

Professor James C. I. Dooge

Profesor James C. I. Dooge urodził się w 1922 r. w Birkenhead, Cheshire, w Anglii. Studia pierwszego stopnia (B. Sc. i B. Eng.) ukończył w 1942 r. w National University of Ireland. Stopień Master of Engineering uzyskał na tym samym uniwersytecie w 1952 r., a stopień Master of Science na Uniwersytecie Iowa (USA) w 1956 r.

Kariere uniwersytecką rozpoczął w 1958 r., piastując w latach 1958-1987 kolejno stanowiska profesora budownictwa w University College Cork, University College Dublin i Visiting Professor w College Galway. Równocześnie prowadził regularne wykłady na licznych uniwersytetach europejskich, amerykańskich i azjatyckich oraz w Australii.

Prof. J. C. I. Dooge jest doktorem honorowym uniwersytetów w Wageningen, Lund, Birmingham i Dublinie.

Działalność naukowa stawia profesora Dooge'a w rzędzie najwybitniejszych specjalistów w zakresie hydrologii i hydrauliki koryt otwartych. Jest autorem wielu prac i monografii, które stanowią kanon współczesnej hydrologii i hydrauliki. Do takich należą: artykuł pt. *Ogólna teoria hydrografu jednostkowego (A General Theory of Unit Hydrograph)* i monografia pt. *Linijowa teoria systemów hydrologicznych (Linear Theory of Hydrological Systems)*.

Wielkie zasługi położył prof. Dooge w międzynarodowej współpracy naukowej. Od 1980 r. działa w Międzynarodowej Radzie Unii Naukowych (International Council of Scientific Unions), której był sekretarzem generalnym i prezydentem. Był członkiem Międzynarodowego Stowarzyszenia Nauk Hydrologicznych

(IAHS), biura Międzynarodowej Unii Geodezji i Geofizyki. Piastował kierownicze stanowiska w doradczych komitetach naukowych sekretarza generalnego Narodów Zjednoczonych, UNESCO. Jest członkiem konsultantem Unii Europejskiej w zakresie oceny programów badań ochrony środowiska.

Niezwykle bogata jest działalność organizacyjna Profesora. Jest członkiem zwyczajnym i honorowym licznych stowarzyszeń zawodowych i akademickich w różnych krajach. Profesor Dooge jest stypendystą m. in. Institution of Civil Engineers w Londynie, American Society of Civil Engineers (gdzie uzyskał prestiżową nagrodę Ven Te Chowa w 1997 r.), American Geophysical Union (nagroda Hortona w 1959 r. i Medal Bowie w 1986 r.). Jest także członkiem lub członkiem korespondentem Irlandzkiej Royal Irish Academy, której był sekretarzem, a następnie prezesem, Rosyjskiej Akademii Nauk, Collegium Ramazzini w Bolonii, Accademia Galileiana w Padwie i Hiszpańskiej Akademii Nauk.

Profesor Dooge zajmował się również działalnością polityczną: był długoletnim członkiem Senatu Republiki Irlandzkiej i przez pewien okres przewodniczącym tegoż Senatu, członkiem trzyosobowej Rady Prezydenckiej Irlandii i ministrem spraw zagranicznych Republiki.

Związki Profesora J. C. I. Dooge'a z Polską i Politechniką Krakowską datują się od 1968 r. Profesor był uczestnikiem i członkiem Komitetu Naukowego Sympozjum: „Modele Matematyczne w Hydrologii”, które odbyło się w Warszawie w 1971 r. i zapoczątkowało rozwój tej dziedziny badań w Polsce. Podobne znaczenie miała szkoła letnia w Jabłonie; materiały szkoły zostały przetłumaczone przez zespół z PK i wydane przez PAN. Od tego czasu na długoterminowych stażach w University College Dublin przebywało 6 Polaków, w tym jedna osoba z PK uzyskała tam stopień doktora. Profesor jest członkiem zagranicznym Polskiej Akademii Nauk. Rokrocznie lub co dwa lata jest gościem Politechniki Krakowskiej, gdzie udziela konsultacji młodym pracownikom nauki. W 1976 r. był honorowym gościem na obchodach 30-lecia PK, zaś w 1995 r. otrzymał Złoty Medal 50-lecia PK.

The Occurrence and Movement of Water

Introduction

Rector, members of the Senate and members of the University, I am honoured to speak to you today as a fellow member of Politechnika Krakowska im Tadeusza Kościuszki.

It is customary on such occasions for the new member of the University to present a short lecture relating to his or her special field of academic interest. Since my own concern as a professional engineer and a researcher has been based on a fascination with water, the contents of my lecture will be concerned with some aspects of that particular fascination. You may be relieved to hear that I shall confine myself to three such aspects. Firstly, I wish to talk about the quite surprising chemical and physical properties of this substance, which appears to our senses as so simple and bland and innocent. Secondly, I intend to say something about the social context within which water must be managed as a human resource. Finally, I wish to say something of water in nature as a dangerous physical hazard which in many instances can lead to human disasters.

1. The Science of Water

1.1. The Occurrence of Liquid Water

One of the features that distinguishes our planet Earth from its nearest planetary neighbours in the Solar System (Venus and Mars) is the average surface temperature of 15° Celsius and the consequent abundance of liquid water on the surface of the Earth. It has been estimated that if the Earth were 5% closer to the sun, all of the hydrosphere would be in gaseous form as in the case of Venus and that if the Earth were 5% further from the sun, the surface hydrosphere would be entirely frozen as in the case of Mars.

The occurrence of the liquid phase of water as of any other common substance, depends on the conditions of temperature and pressure. The temperature of the surface of any planet depends on its distance from the sun as modified by the formation of a surface atmosphere produced by early out-gassing from the interior of the planet. If the Earth were a black body without an atmosphere, the average global temperature would be less than 0° Celsius and the surface hydrosphere would be largely frozen. However, the development over time of the Earth's atmosphere has produced a moderate greenhouse effect which raises the global temperature from below zero to a global average of 15° Celsius which is compatible with an abundance of liquid water. In the case of Venus, the initial

temperature of about 50° Celsius was sufficient to cause a runaway greenhouse effect which had the result of producing an average surface temperature two orders of magnitude higher than this and a surface pressure two orders of magnitude higher than that on Earth. In contrast, Mars with an initial temperature of around - 55° Celsius would not have been able to produce a liquid hydrosphere because any initial hydrosphere would become frozen after only a rise of one or two degrees of temperature, thus resulting in a surface temperature of around 50° below zero and a surface pressure two orders of magnitude lower than that of the Earth.

The very occurrence of liquid water at 15° Celsius is itself surprising since it involves an anomalous property of the common substance water which appears so simple to our senses. As every schoolchild knows, the formula for water is H₂O or in more precise chemical terms that water is anhydride of oxygen. One of the first things which we learn in chemistry is that elements which are grouped together in the periodic table are expected to display similar properties. However, if we look at the elements in the sixth column of the periodic table (oxygen, sulphur, selenium, and tellurium) we find a peculiar anomaly. Table A lists these compounds in descending order of relative molecular mass and gives for each of these elements the melting point, the boiling point and the range of temperatures for the liquid form.

Table A. **Comparison of Group VI an Hydrides**

Compound	Relative Molecular Mass	Melting Point [°C]	Boiling Point [°C]	Range [°C]
H ₂ Te	129,6	-51	-4	47
H ₂ Se	81,0	-64	-42	22
H ₂ S	34,1	-82	-62	20
H ₂ O	18,0	(0)	(100)	(100)

If we did not know the value of these properties for water, which is given in the last line of the table, we would be tempted to predict it on the basis of the general tendency shown in the first three lines and expect water to be liquid over a range of approximately 20° between about minus 90° and minus 70° Celsius. If this were so, the hydrosphere of the earth would be almost entirely gaseous instead of the liquid hydrosphere that we see all around us. It has already been mentioned that oxygen and sulphur are neighbours in the periodic table but it would be hard to envisage two compounds so different as water which is a virtually odourless liquid and hydrogen sulphide which is a pungent gas. Liquids like water lack the relative simplicity either of solids with their regular sized structure between molecular neighbours or of gases in which the movement of the separated particles may be assumed to be random.

Physical chemists readily explain the above anomaly as being the result of the non-coincidence of the centre of action of electrical charges at the molecular scale. This gives rise to a weak type of bonding known as hydrogen bonding which affects all elements in the fourth row of the periodic table. Thus at the very beginning of our study of water we are faced with a surprising anomaly in regard to the abundance of liquid water which affects our whole environment and our life on this planet. The main lesson from the above anomaly is to be prepared for further surprises as we go on to study the properties and the behaviour of water in our environment at higher scales.

1.2. Other Anomalous Properties of Water

Beyond this particular difference from its chemical neighbours, water has other important properties which are anomalously high in regard to virtually all other compounds. These other anomalous properties of water affect not only its chemical and physical behaviour but also may have important socio-economic consequences. A selection of them are discussed below.

The surface tension of water is two or three times that of other common liquids, even though it is one or two orders of magnitude lower than the surface tension of liquid metals (such as mercury) in which different mechanisms are involved. This anomaly is not merely a matter of chemical curiosity but is of biological and social significance. During drought periods, the retention of liquid water in the upper layers of the unsaturated soil is vital for the sustenance of plants and of animals and hence for human survival. Since the surface tension of water is anomalously high, more liquid is retained around the point of contacts of the soil particles than would be the case for any other common liquid with the resulting socio-economic effects referred to above.

Water has the highest latent heat of vaporisation and the highest specific heat of any substance. Consequently the large scale evaporation of water in the tropics, its conveyance towards temporal latitudes as water vapour in moving air masses, and its precipitation in the latter regions is a most efficient process which has the result of modifying the variation of climate with latitude. This has the socio-economic effect of extending the amount of territory available for comfortable habitation and efficient crop production. Water has the highest thermal conductivity of any substance except mercury. This property facilitates the redistribution of energy around the globe through the major ocean currents.

The complex structure of water also enhances the solubility of charged ions in water. The fact that water is an almost universal solvent makes it the main carrier of both the nutrients required by living organisms and the toxins that are inimical to elements of the living environment. In recent decades attention has been turned to the environmental importance of the large-scale biogeochemical cycles of elements such as carbon, nitrogen and sulphur.

Apart from the effect of these anomalously large values of various properties, water shows anomalous variations with temperature and pressure compared with other liquids. Most important of these anomalies is the fact that water has a minimum molar volume (and hence a maximum density) at 4° Celsius rather than at its freezing point of 0° Celsius. This has the effect of confining the initial freezing of a water body to the surface layers with important consequences for the biological systems in that body of water. Also of importance to biology is the fact that the specific heat of water has a minimum between 34° Celsius and 35° Celsius which is close to the body temperature of animals.

The subject of hydrology is by definition concerned with the occurrence and the movement of water. It has been seen above that the occurrence of liquid water at global temperatures on planet Earth arises from the properties of water at a molecular scale of 10^{-10} metres. Such water molecules form molecular clusters with a size of 10^{-8} metres which form and reform at intervals of 10^{-13} seconds. Attempts to study the properties of the movement of water can be made by scaling up using models of various types (uniformist, mixture, interstitial) from the molecular cluster to scales nearer the human scale of the measurable movement of water. In practice such upscaling by aggregation is extremely difficult. In practice the study of the movement of water starts from considerations of continuum mechanics applied to fluid flow. The continuum scale is defined as that at which properties of a material may be assumed to be continuous and this may be arbitrarily set in the case of water at a scale of about 10^{-5} metres.

1.3. The Movement of Water

A fluid is defined as a substance that will continue to move indefinitely under a shearing force however small. It is said to be a pure fluid if it has no memory, i.e. the stresses depend only on the present rates of deformation and the thermodynamic properties of the fluid. A perfect fluid may be defined as one in which the shear stress is a function of the rate of strain. The first basic approach to the study of the movement of fluids relates the two-dimensional tensor of shear stress to a local two-dimensional tensor of rate of deformation. The material relationship between two such arbitrary second order tensors in 3-dimensional space contains in general 81 (i.e. 3^4) elements thus presenting a problem of enormous complexity. Even invoking symmetry only reduces the number of such material parameters from 81 to 36.

However, by making one further assumption it is possible to reduce the problem to a relationship depending on only 2 physical parameters which we know as dynamic viscosity and bulk viscosity and which depend only on the thermodynamic variables of density and temperature. This single assumption consists in ignoring the basic feature of the water molecule which is non-isotropic and assuming that water can be considered at the scale of the continuum point as an isotropic medium. This allows us to derive the Navier-Stokes equation which is



the basis for the study of the laminar flow of fluids. Here we encounter a second type of surprise in dealing with water. The basic assumption of non-isotropy that explains the occurrence of liquid water on earth is directly contradicted by the basic assumption of an isotropy that allows us to begin a rational study of its movement. This should warn us of the importance of scale and the possibility of apparent contradictions as we move to higher and higher scales.

There is an immense range of scales of importance to us in considering the behaviour of water and its effects on individuals and on societies. In moving from the water molecule at 10^{-10} metres to a continuum point at 10^{-5} metres we have traversed 5 orders of magnitude. If we now aggregate by a further 5 orders of magnitude to a scale of 1 metre we arrive at the approximate scale at which experimental studies on hydrologic processes such as the movement of water in a column of unsaturated soil are carried out. When we move on further to the scale of a catchment which is the natural unit of study in regard to the hydrological cycle we have to traverse another 4 or 5 orders of magnitude. A complete science of hydrology would have to be able to connect the results at all of these different scales either by aggregation from smaller scales to larger or by disaggregation from larger to smaller scales. The achievement of such a comprehensive science lies so far in the future that one wonders whether it will be achievable before the present hydrosphere comes to an end.

We can refer to the fundamental theorem of algebra, the fundamental theorem of chemical valency, the fundamental theorem of natural selection etc. The question arises as to whether there is any fundamental theorem which is valid over the whole range of spatial and temporal scales of interest in the various aspects of hydrology. In hydrology the equation of continuity meets the criterion that (a) it is necessary for meaningful analyses at all scales, (b) it can be written in an appropriate linear form at all scales and (c) it can be transformed from one scale to another without the necessity of either determining at each level new parameters in the aggregated non-linear relations or of selecting statistical distributions for the purpose of disaggregation from a higher scale to a lower. Hydrologists thus attack the key problems at each scale of interest by combining the appropriate form of the equation of continuity with other theorems which may be appropriate only to that single scale of interest.

Modern hydrology consequently embraces a number of approaches to the phenomena involved with the movement of water. Firstly, at the scales between 1 metre and 100 metres it draws on fluid mechanics in order to predict the flow of water in various natural flow processes: across the surface of the ground, through small streams and rivers; by infiltration through the surface of the ground and by unsaturated flow through the upper soil surface; as horizontal flow of groundwater through porous media; and as evaporation from water surfaces, bare soil, and vegetation. Experimental investigations at the same range of scales are concerned with the physical parameters needed in order to use these equations and such complex phenomena as the effects of heterogeneity on the these parameters.

When these hydrological processes are studied at the larger catchment scales of 10^3 to 10^5 metres the degree of heterogeneity becomes so great that it is virtually impossible to apply the physical theory of hydrological processes. In recent decades, recourse has been to the application of systems theory to hydrological relationships at such scales. Thus, a catchment can be treated as the equivalent of a black box with storm rainfall as the input and flood runoff as the output. Such a systems approach involves both deterministic and stochastic methods of analysis.

2. Water as a Human Resource

2.1. The Context of Water Management

There is, as we have seen, no universal model for the behaviour of water even in the physical sciences. Similarly, from the point of view of the biological sciences and of the human environment there is no single simple meaning of water. For the biologist, a clear understanding of the behaviour of water is essential for the understanding of life processes. Equally a clear understanding of biological principles is essential in hydrology and water resources development. To the botanist, water is a transporter of plant nutrient and a filler material which maintains the rigidity of the cellulose walls of the plant cells. The anomalously high latent heat of fusion is a protection against freezing and the dielectric properties are important for the solution of ionic compounds. For the zoologist extra-cellular water in the animal body provides an internal environment which is thermostatically controlled and chemically stable and within which the animal cells can live and thrive. All the indications are that water in a cellular system is not just an inert solvent but plays a specific role in which its special structure is of importance. Just over half the water in the human body is intracellular water which is rich in potassium and is unlike bulk water in many of its properties.

This complexity increases as we move towards areas where the social sciences play a role alongside the natural sciences. The role of the social sciences in regard to water problems has been increasingly recognised in recent years. Social scientists are interested in the meaning attached to water and the use of water resources by social groups and by individuals. To them water is an important social factor either as a means of subsistence or as a form of transportation or as a factor in technology or even as a symbol in ritual. Anthropologists and sociologists are very interested in the place of water in prehistoric cultures, the growth of the hydraulic societies of the ancient Middle East, the significance of water in tribal societies in modern times and the management of water in developed societies.

In the world of to-day, the growth of population and the pace of economic development have combined to produce an enormous increase in water needs, so that many of the approaches to the allocation of water use which were appropriate at earlier times need rigorous examination. Table B shows the growth of water needs in the 20th century from a total of 579×10^9 cubic metres in the year

1900 to a total of 5190×10^9 cubic metres in the year 2000, an increase of almost 800%. The largest consumer of water is still agriculture but the increase in demand from other sectors is proportionately much greater.

Table B. **Water Needs by Use**

Type of use	Water use [km ³ /year]		
	1900	1950	2000
Agriculture	525	1130	3250
Industry	37	178	1280
Municipal	16	52	441
Reservoir loss	0,3	6,5	220
Total	579	1366	5190

The development of water resources and the allocation of water use present many problems in relation to living standards and the environment. The input concerning water problems to the Rio Conference on Environment and Development (UNCED) in June 1992 was the task of the International Conference on Water and the Environment (ICWE), held at Dublin in January 1992. The latter conference collated a large number of inputs from UN specialised agencies, governments and non-governmental organisations. The working papers and the debates on them resulted in the Dublin Statement on Water and Sustainable Development. This statement was based on four guiding principles.

The first of these principles stated:

“Fresh water is a finite and vulnerable resource essential to sustain life, development and the environment”.

and went on to stress the best means of dealing with this problem.

“Effective management of water resources demands a holistic approach linking social and economic development with protection of natural eco-systems”.

The remainder of this section concentrates on the economic and social structures and procedures that are needed if we are to take full advantage of our scientific and technical knowledge in the field of water.

2.2. Appropriate Economics

The traditional attitude of considering water to be a free good has long been abandoned by professional economists but persists in the approach of many people to problems of water allocation and use. Another of the four guiding principles of the Statement on Water and Sustainable Development from the Dublin UNCED Conference in 1992 dealt with the two key aspects of this matter. Firstly, it emphasised that:

“Water has an economic value in all its competing uses and should be recognised as an economic good”.

and secondly, that:

“Within this principle, it is vital to recognise first the basic right of all human beings to have access to clean water and sanitation at an affordable price”.

This characterisation of water as an economic good created some serious opposition in Islamic countries because water is described in the Koran as the source of all life and a free gift of God. Later debate distinguished between the right of a person to abstract water at its source and the right of some authority to charge for the service in developing that source and conveying the water to the point of use. If the original principle had been phrased to refer to the provision of water services being an economic good there would not have been such a reaction and the difficulty would have been avoided.

The second element of the above principle is also of key importance. The unregulated operation of free market forces in the area of water supply has disadvantaged both the urban poor and the rural poor to an unacceptable degree. It was reported at the Dublin Conference that in one South American city the cost of water from private vendors was 100 times the cost of water from public supplies. This resulted in those dependent on private vendors having to spend 20% of their income on water even though their consumption was much lower than that of persons serviced by public supplies. The health and environmental costs arising from such a situation must far exceed the direct costs involved in remedying the situation. A similar situation exists in many rural areas of the developing world where the daily consumption of water per head depends critically on the degree of availability of water.

The economic context for sustainable development was well discussed by a group of prominent leaders of international industrial companies who constituted the Business Council for Sustainable Development. Their report which provided an input from leading multinationals to the UNCED conference in June 1992 clearly stated:

“The market does not tell us where to go but it provides the most efficient means of getting there”.

and goes on to draw the conclusion:

“Therefore society through its political systems will have to make valued judgements, set long term objectives, implement measures such as charges and taxes step by step and make mid-course corrections based on experience and changing evidence”.

The Declaration of the Business Council for Sustainable Development which was the core of their report deals with the relationship between competitive markets and social objectives in the following terms:

“Open and competitive markets, both within and between nations, foster innovation and efficiency and provide opportunities for all to improve their living conditions. But such markets must give the right signals; the prices of goods

and services must increasingly recognise and reflect the environmental costs of their production, use, recycling and disposal. This is fundamental, and is best achieved by a synthesis of economic instruments designed to correct distortions and encourage innovation and continuous improvement, regulatory standards to direct performance, and voluntary initiatives by the private sector”.

In a UNESCO publication also prepared for the Rio conference, the noted economists Jan Tinbergen and Roefie Huetting wrote:

“The market works well but not all factors contributing to human welfare are captured by it. Consequently, market prices and economic indicators based on them, such as national income and cost-benefit analyses, send misleading signals to society and therefore must be corrected. The factor for which correction is most urgently needed is the environment”.

The above distinctions between the efficiency of market forces in achieving agreed goals and the irrelevance of market forces in setting these goals is too often blurred or ignored in present practice with short term gains for a few individuals and organisations at the cost of a long term burden on the community as a whole.

2.3. Appropriate Sociology

Over 150 years ago, John Stuart Mill in his *Principles of Political Economy* wrote of the relationship between private rights and public policy as follows:

“The earth itself, its forest and waters above and below the surface are the inheritance of the human race. What rights and under what conditions, a person should be allowed to exercise over every portion of this common inheritance cannot be left undecided. No function of government is less optional than the regulation of these things or more completely involved in the idea of a civilised society”.

Unfortunately, in the intervening years many administrations of various types have either ignored this principle or given it only lip-service. Another of the guiding principles of the Dublin Conference on Water and the Environment deals with a similar point when it says:

“Water development and management should be based on a participatory approach involving users, planners and policy makers at all levels”.

and continues by outlining the elements of such an approach:

“The participatory approach involves raising awareness of the importance of water among policy makers and the general public. It means that decisions are taken at the lowest appropriate level with full public consultation and involvement of users in the planning and implementation of water projects”.

Such a participatory approach calls for new skills in communication and a recognition that true communication is a two way process.

Adherence to the participatory principle places an onus on those who have been trained in a particular discipline, not only to co-operate with scientists

and experts in other disciplines but also with the many social groups that are concerned with the social problem under discussion. Communication and co-operation between individuals and groups from diverse backgrounds and with differing interests requires careful planning and hard work. The basic elements for meaningful communication, whether at a social gathering or at a planning session, are essentially the same. The main requirements may be described as: (1) a common language known moderately well by all participants; (2) a well defined common focus of real interest to all parties; (3) a willingness and an ability to talk clearly to the main point at issue; (4) above all an ability and a willingness to listen patiently to others on the basis of mutual respect. All four of these elements are important.

The special jargon of each individual group, whether of experts or of members of a local community, facilitates communication within that group but at the same time makes communication with other groups more difficult. Experience from interdisciplinary work in science indicates the vital need for sharp focussing on a well-defined specific problem. The ability to speak clearly is important not only for adequate communication to others but also for the organisation of one's own thinking. As for patient listening, this must involve a genuine effort to understand based on parity of esteem and not consist merely of passive intervals of recuperation between bouts of expounding one's personal viewpoint.

There have been interesting developments in this connection over recent decades in relation to the growing involvement of various groups in the planning of large hydroelectric projects. Prior to 1950 such projects were planned by a design team of engineers followed by some post-design evaluation by economists. Between 1950 and 1970 economists were brought into the design team alongside engineers. Around 1970, there was a further advance in which the project proposals prepared by such design teams of engineers and economists were subject to post-design evaluation by environmental experts. In the late 1980s these environmental experts were brought into the design team and in the following years there were post-design discussions initiated by non-governmental organisations. By the end of the century the best practice involved bringing such non-governmental organisations and representatives of the people directly affected by the proposed schemes into the early discussions. A similar process of enlarging the number of groups involved in the discussion of water resource management has been seen in the past few years in Poland following the disastrous floods of July 1997. In the discussions of the lessons to be learned from these floods and the measures to be taken in the future (both structural measures and non-structural measures), there has been a most welcome interchange of views between experts in water resource management and local communities.

3. Water – Related Disasters

3.1. Nature of Hazards and Disasters

Water is not only an essential component of human well-being but is also a potential source of danger. It is interesting to recall that Pliny the Elder in discussing the phenomena of the Nile flood nearly two thousand years ago used the recorded height of the flood as a social index. He equated a water level of 12 ells or less with widespread hunger due to drought, a level of 13 ells with suffering, a level of 14 ells with happiness, a level of 15 ells with security, and a level of 18 ells or over with disaster due to massive flooding. Today there is still widespread suffering due to water related disasters in many climates and many parts of the world.

Water-related disasters can be conveniently separated into three groups: problems due to a surfeit of water, problems due to a lack of water and problems arising from other water-induced hazards. In flooding there are distinct differences between the characteristics and the consequences of (a) flash floods in uplands areas, (b) synchronisation of flows on tributaries producing flooding over a large area of the middle catchment, and (c) perennial low-land flooding near the estuary of a large river. Droughts also differ in their characteristics and their consequences between arid areas where the shortage of water is the norm and semi-arid areas where droughts are intermittent. In arid areas with perennial shortages, the number of the inhabitants and their life style tend to be in approximate balance with the harsh environment. In semi-arid areas, the occurrence of a wetter than average year or a short sequence of such years encourages an increase in livestock numbers and as a consequence leads to both increased losses and severe land degradation in any subsequent dry period. The remaining water-induced natural disasters are not directly related to the total amount of water in the system but to the critical effect of the presence of water on some type of unstable geophysical phenomenon. Notable among these are water-related instabilities such as glacier outflows; mud flows and rock slides; storm surges due to wind wave interaction.

Though earthquakes and wind storms account for two thirds of the number of deaths due to natural disasters, the number of people affected by them amounts to only 10% of the total numbers affected by natural disasters. In contrast about 30% of those affected by natural disasters are the victims of flooding and about 60% are victims of droughts. These figures relate to the 20-year period 1960–1979 and there are indications that the number of deaths due to flooding is markedly increasing in recent years.

It is of vital importance to distinguish between a causal hazard, (which may be geophysical or technological or man-made), and the resulting disaster with its serious impact on a given group of people. In this connection, we can define a natural hazard as:

"[...]a threatening event, or the probability of the occurrence of a potentially damaging phenomenon within a given period and area".

This concept of hazard must be clearly distinguished from that of a disaster which is the resulting impact of such an event on a given community. This is normally defined in relation to various categories of damage. Thus the UN Department for Humanitarian Affairs defines the risk of a disaster as:

"[...]expected losses (of lives, persons injured, property damaged and economic activity disrupted) due to a particular hazard for a given area and reference period."

The link between the geophysical hazard and the potential for disaster is the vulnerability of those impacted. Vulnerability may be defined as:

"[...]the characteristics of a person or group in terms of their capacity to anticipate, cope with, resist, and recover from the impact of the natural hazard".

It is being increasingly recognised that coping with natural disasters depends largely on our ability to mitigate the vulnerability of the affected groups through anticipatory actions based on improved risk assessment and planned disaster preparedness.

3.2. Mitigation of Vulnerability

In considering the feasibility of mitigating the vulnerability of communities to natural hazards, it is useful to compare the experience in relation to different types of disasters, natural and man-made, water-related and others. Though a wide variety of geophysical phenomena and of human activities are involved, all types of disasters may usefully be analysed in a time sequence of five stages. These five stages are: (1) the anticipatory phase, (2) the alarm phase, (3) the impact phase, (4) the relief phase, and (5) the rehabilitation phase.

The anticipatory phase allows an opportunity for the identification of communities at risk, the estimation of risk based on hazard probability and local vulnerability, the mapping of risk for such areas, the establishment of codes of practice, the design and implementation of structural measures, legislation on planning control and insurance, organisation of information and training programmes. The second phase concerned with warning of increased hazard includes the continuous monitoring by experts of hazard indicators, the triggering of advanced warning systems directed at local relief services and finally, a public alert.

The mitigation of vulnerability during the impact phase depends almost entirely on local response and includes search and rescue efforts, emergency repairs of services, and where appropriate evacuation. The following relief phase which may involve external help, either nationally or internationally, is concerned with the provision of emergency supplies, full restoration of services, temporary housing, and so forth.

The final rehabilitation phase, which may be prolonged, includes physical reconstruction, personal rehabilitation, and the vital post-hoc evaluation of the efficiency procedures under each of the five phases during this particular disaster.

The fact that the mitigation of vulnerability offers us the best hope of reducing the impact of water-related disasters give rise to a number of questions in relation to the formulation of national policy and its local implementation in regard to disasters. It is becoming clearer all the time that money which is spent in advance on disaster mitigation can reduce both the human misery of a potential disaster and the financial expenditure arising from this disaster in the longer run. Thus in the area of disaster policy we also have the question of the precautionary principle which has become a matter of some debate in regard to climate change. This question of expenditure in the short term in order to avoid higher expenditure and greater impacts in the longer run raises ethical as well as economic questions. UNESCO has established a working group on ethics in relation to fresh water which has been considering a number of aspects of this general problem including the ethics of water-related disasters. A particular difficulty arises from the fact that the need for the mitigation of vulnerability gives rise to the need to balance the cost of preventive measures against the benefit of reduced impacts. The perception of this balance depends critically on the proper assessment of risk which is more difficult to assess in the case of disasters because the impact is a combination of high intensity impact due to a rare occurrence. Human perceptions of risk seem to evaluate more critically the risks of such a high impact and rare occurrence compared with the risks of a more frequent event of lesser impact which would in the long run have the same or greater average impact. This problem of the gap between the perceived risk and the real risk raises a number of problems that calls for a thorough dialogue between experts in an effort to produce guidelines for decision makers and to inform the public.

3.3. Ethics in Relation to Disasters

The question of ethics in relation to disasters interacts with a large number of problems of various types: scientific, economic, philosophical, and political. In the past, ethical restrictions have taken the form of taboos or rites which develop into customs of behaviour with the social sanction of the local community. In more recent times, particularly in developed societies, ethical restrictions take the form of behavioural rules which are ultimately codified in law firstly at a national and subsequently at an international level. The basic elements of any ethical position are: (a) the acceptance of a set of moral principles; (b) the personal perception of the factual situation; (c) a system of decision making in relation to the type of case under consideration. Certain moral injunctions which are considered to be of vital importance, and are widely agreed to, may become part of prohibitive legislation in a given society. Some of these are so broadly accepted among peoples of different cultures that they become part of an international treaty or even a universal treaty binding on the wide community of nations.

The question of ethics in regard to any social problem has to be considered on four levels: the level of inter-personal relationship, the community scale, the

national scale and the global scale of international norms. Since we are concerned with a question of morality, the appropriate response to a threat or the reality of a disaster is basically one based on individual attitudes and actions. However, the development of an attitude and the promotion of action may be exercised by an individual in various contexts, depending on the relationship of each individual to the communities of various sizes of which he or she is a part. These include person-to-person relationships, family relationships, neighbourhood relationships, work relationships, wider community relationships in a local area, political unit or region, and ultimately relationships involving all of humanity and all of the living world.

The role of groups of various types in contributing to the development and formulation of a disaster ethic is extremely important. Ethical preconceptions of individuals can be refined by interactions with others and this is most fruitful when this interaction takes place within a group which has a common focus of interest. Many social groups are particularly vulnerable to disasters and particularly disadvantaged during recovery. The leaders of such groups have a real responsibility in regard to developing an appropriate attitude towards the risk of disaster and to the ethical problems involved. Another type of group which can play a key role is the professional group. However, there is a danger in relation to ethics of exaggerating the influence of professional opinion which is a vital component but not the totality of the input required.

The role of governments is also a vital one. Traditionally one of the key roles of government has been to defend its citizens against armed invasion from outside. It is hoped that the world community is close to reaching a point where this responsibility can be transformed into a responsibility to defend its citizens from both natural and man-made disasters. The UN Decade on Natural Disaster Reduction of the 1990s has heightened the awareness of governments to this problem. The Mid-Decade Conference held in Yokohama in 1995 noted that;

“[...]each country has the sovereign responsibility to protect its citizens from natural disasters”.

The responsibilities in this regard are similar to those dealt with in Agenda 21 which was adopted by the Rio Conference on Environment and Development in 1992.

Conclusion

It is a long road from the chemical properties of the water molecule to the ethical considerations of disaster preparedness but each of the steps along that road is important for the development of attitudes and actions in regard to this element so abundant on our planet and so essential to human well being. Every step along that way has problems of interest and significance for members of the academic community in their professional calling. Equally every problem encountered along the way should have an interest and concern for every member of the academic community in his or her role as a member of civil society.

Woda i jej ruch

Streszczenie

Przedmiotem szczególnej fascynacji i zainteresowania Autora w trakcie Jego kariery zawodowej pracownika naukowego i zarazem inżyniera praktyka była woda. Wodzie, a dokładnie trzem jej aspektom poświęcony jest wykład wygłoszony z okazji otrzymania przez Autora tytułu doktora honoris causa Politechniki Krakowskiej.

Pierwszym ze wspomnianych trzech aspektów są niezwykle chemiczne i fizyczne własności wody. Autor omawia własności chemiczne i fizyczne wody, podkreślając występujące anomalie oraz wskazując na ich różnorodne konsekwencje, nie wyłączając konsekwencji biologicznych i społeczno-ekonomicznych. W dalszym ciągu Autor zajmuje się zjawiskiem ruchu wody. Zwraca uwagę na problem skali występujący przy opisie ruchu wody przez współczesną hydrologię i na fakt, że nie istnieje uniwersalny model opisu ruchu wody w naukach fizycznych.

Drugi z omawianych aspektów – to społeczny kontekst gospodarki wodnej. Woda jest jednym z głównych bogactw naturalnych ludzkości. Inne znaczenie przedstawia jednak dla botanika, a inne dla zoologa. Sprawy ulegają dalszej komplikacji, gdy obok nauk przyrodniczych pojawiają się nauki społeczne. Autor przypomina przyjęte podczas konferencji w Dublinie w styczniu 1992 r. definicje i określenia dotyczące wody jako bogactwa naturalnego i efektywnego zarządzania zasobami wodnymi, a następnie koncentruje się na istotnych aspektach ekonomicznych i socjologicznych gospodarowania wodą.

Trzeci aspekt – to zagrożenia, jakie stwarza woda dla człowieka. Można je podzielić na trzy grupy: spowodowane przez nadmiar wody – powódzie; przez jej niedobór – susze oraz przez wpływ wody na inne geofizyczne zjawiska, takie jak lawiny błotne, skalne czy fale wywołane silnym wiatrem. Omówione są następnie pojęcia zagrożenia, katastrofy naturalnej, ograniczenia zagrożenia, zagadnienia etyki w odniesieniu do katastrof naturalnych.

W konkluzji Autor podkreśla różnorodność problemów, jakie napotyka pracownik naukowy zajmujący się wodą. Są one w każdym aspekcie interesujące z badawczego punktu widzenia. Są jednak równie interesujące i ważne z punktu widzenia badacza jako członka społeczeństwa.



*Prof. James C. I. Dooge, doctor honoris causa is entering the assembly hall
Doktor honoris causa prof. James C. I. Dooge – wejście do auli*



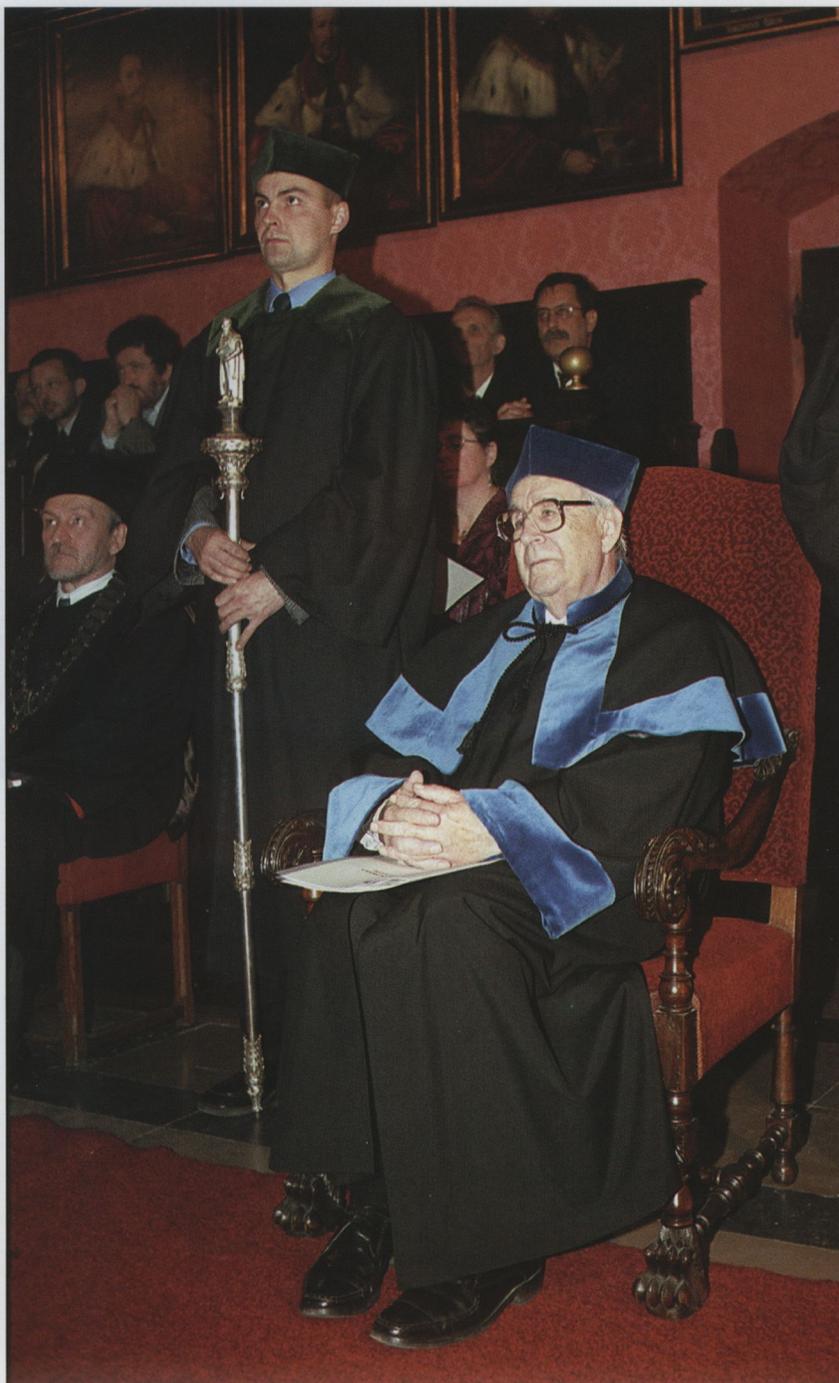
*Teresa Lubowiecka, PhD, DSc, Dean of the Faculty of Environmental Engineering, is presenting the conferment procedure. Seated: Prof. Kazimierz Furtak, Prof. Stanisław Michałowski, Prof. Roman Ciesielski
Odczytanie przez Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska, dr hab. inż. Teresę Lubowiecką przebiegu postępowania – siedzą: prof. Kazimierz Furtak, prof. Stanisław Michałowski, prof. Roman Ciesielski*



Prof. James C. I. Dooge, doctor honoris causa
Doktor honoris causa prof. James C. I. Dooge



Prof. Marcin Chrzanowski, Vice-Rector. Seated: Prof. Ryszard Kozłowski, Vice-Rector, Prof. Henryk
Ślota; (in the background) Prof. Kazimierz Flaga, the Rector
Prorektor prof. Marcin Chrzanowski – obok siedzą: Prorektor prof. Ryszard Kozłowski, prof. Henryk
Ślota, w głębi: JM Rektor prof. Kazimierz Flaga



Prof. James C. I. Dooge, doctor honoris causa – Collegium Maius, Jagiellonian University
Doktor honoris causa prof. James C. I. Dooge – Collegium Maius UJ



Prof. James C. I. Dooge, doctor honoris causa at lecture
Wkład doktora honoris causa prof. Jamesa C. I. Dooge'a

Profesor

Artur Wieczysty





Quod felix faustum fortunatumque sit

Nos

Rector et Senatus Academicus

POLYTECHNICAЕ THADDAEO-KOSCIUSZKIANAE CRACOVIENSIS

et

Consilium Facultatis Ingeniariae Circumiectus

in

virum doctissimum atque clarissimum

ARTURUM WIECZYSTY

professorem ordinarium celeberrimum Polytechnicae Cracoviensis, ingeniariae circumiectus peritissimum, olim pluribus annis Decanum Facultatis Ingeniariae Circumiectus

qui magister optimus plurimos discipulos, studiosos, doctores et ingeniarios educavit

qui a multis Comitibus et consiliis scientificis socius est ascitus quique multos conventus feminarum virorumque doctorum summa cum cura ordinavit

qui Austinopolis, urbis Americanae intra Texiae fines sitae, civis honoris causa factus est

qui ornatus est plurimis praemiis ministerialibus et publicis atque duabus crucibus Insignis Poloniae Renatae

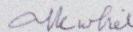
qui apud civitatem academicam maxima valet auctoritate quique scholae nostrae deditissimus et fuit et est

doctoris honoris causa

nomen et dignitatem, iura et privilegia contulimus atque in eius rei fidem hoc diploma Polytechnicae Cracoviensis sigillis sancendum curavimus.

Dabamus Cracoviae, die tricesima mensis Maii
Anno bis millesimo primo

Georgius KURBIEL


scientiarum technicarum doctor
ingeniariae circumiectus professor

PROMOTOR

Theresia LUBOWIECKA


scientiarum technicarum doctor

DECANUS

Casimirus FLAGA


scientiarum technicarum doctor
rehabilitationis professor

RECTOR

Profesor

Artur Wieczysty

Profesor Artur Wieczysty urodził się w 1929 r. we Lwowie. Burzliwe losy wojenne rzuciły Go do Krakowa, gdzie w 1955 r. ukończył studia wyższe na Wydziale Budownictwa Wodnego Politechniki Krakowskiej. Pracę na Politechnice Krakowskiej rozpoczął w 1954 r. w Katedrze Budowy Zapór i Siłowni Wodnych. W 1961 r. uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych, a w 1968 r. – doktora habilitowanego. Tytuł naukowy profesora nadzwyczajnego otrzymał w 1980 r., a profesora zwyczajnego w 1988 r. W wieku 35 lat powierzono mu obowiązki kierownika Katedry Budowy Zapór i Siłowni Wodnych. Kierował kolejno Zakładem Ujęć i Zasobów Wody Podziemnej oraz Zakładem Ujęć i Transportu Wody. Następnie pełnił funkcje dyrektora Instytutu Inżynierii Sanitarnej i Ochrony Środowiska (1973–1981 oraz 1988–1991), kierownika Zakładu Zaopatrzenia w Wodę i Usuwania Ścieków (1962–1994), kierownika Katedry o tej samej nazwie (1994–2000), prodziekana Wydziału Inżynierii Sanitarnej i Wodnej (1970–1972), a następnie dziekana tego Wydziału przez pięć trzyletnich kadencji w okresie (1978–1995). Od 1978 do 2000 r. był nieprzerwanie członkiem Senatu Akademickiego Politechniki Krakowskiej.

Profesor A. Wieczysty położył ogromne zasługi dla ukształtowania obecnej pozycji Wydziału. Kiedy w 1978 r. rozpoczął swoją pierwszą kadencję dziekańską Wydział był jednokierunkowy (Budownictwo Wodne) i miał w swym składzie zaledwie 3 profesorów. Kiedy kończył swą ostatnią kadencję (1995) Wydział posiadał pełne prawa akademickie i zatrudniał 10 profesorów i 18 doktorów habilitowanych oraz obejmował swym profilem cały obszar inżynierii środowiska. Wieloletnia działalność na stanowisku dziekana zaowocowała dynamicznym rozwojem kadry naukowej, uzyskaniem uprawnień habilitacyjnych, wykreowaniem obecnej pozycji Wydziału, co sprawiło, że plasuje się on w ścisłej czołówce pokrewnych wydziałów w kraju. Jako Senior Budowy Wydziału w latach sześćdziesiątych znacznie przyczynił się do powiększenia jego bazy lokalowej.

Profesor był wybitnym specjalistą z zakresu inżynierii środowiska, znanym i wysoko cenionym w kraju i za granicą. Jego zainteresowania naukowe są niezwykle szerokie, a w szczególności obejmują hydrogeologię inżynierską oraz systemy zaopatrzenia w wodę i usuwania ścieków. W działalności naukowej profesora wyraźnie można wyróżnić dwa etapy. Pierwszy etap (1965–1978) zaznaczył się badaniami

modelowymi i terenowymi zasobów wód podziemnych i metod ich określania. Znaczącym ich rezultatem był podręcznik akademicki: *Hydrogeologia inżynierska*. Stanowi on po dziś dzień podstawowe dzieło w zakresie teorii geofiltracji i jej zastosowań w praktyce inżynierskiej. Dorobkiem naukowym Profesora na skalę międzynarodową są Jego prace badawcze poświęcone ocenie skutków wpływu piętrzenia rzek na tereny przyległe. Profesor był pomysłodawcą i organizatorem cyklicznej międzynarodowej konferencji: „Matematyczne modelowanie ujęć wody podziemnej”. Drugi obszar (1978–2000) obejmował problematykę systemów zaopatrzenia w wodę i usuwania ścieków. Ukoronowaniem tych działań było utworzenie przez Profesora ponadregionalnej szkoły naukowej, ukierunkowanej na badania niezawodności i bezpieczeństwa tych systemów. Obejmowała ona 21 wychowanków profesora w pięciu ośrodkach naukowych kraju. Rezultatem prac badawczych tej szkoły są liczne pierwsze, światowe rozwiązania dotyczące oceny i metod podnoszenia niezawodności tych technicznych systemów, także doktoraty i habilitacje. Z tego zakresu opublikowano 121 prac naukowych.

Łącznie dorobek publikacyjny Profesora obejmuje 238 prac naukowych krajowych i zagranicznych, w tym 10 podręczników, 15 prac monograficznych oraz 8 norm PNB. Imponujące są osiągnięcia dydaktyczne Profesora A. Wieczystego, który przez 45 lat prowadził wykłady, ćwiczenia, laboratoria i seminaria. Wypromował 16 doktorów nauk technicznych, opracował 68 recenzji doktorskich, habilitacyjnych i nominacyjnych. Potwierdzeniem autorytetu Profesora był Jego dwukrotny wybór na członka Centralnej Komisji ds. Tytułu Naukowego i Stopni Naukowych (1996–2002). Bardzo istotna dla rozwoju nauki była Jego działalność w krajowych i zagranicznych instytucjach naukowych. Był wieloletnim członkiem Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Gospodarki Wodnej PAN. Zasiadał w wielu radach naukowych, radach redakcyjnych konferencji naukowych krajowych i zagranicznych. Przez wiele lat był członkiem International Water Association oraz członkiem The Science and Technology Foundation of Japan. Ponadto współpracował z licznymi zagranicznymi ośrodkami naukowymi w Stanach Zjednoczonych, Niemczech, Austrii, Rosji i na Ukrainie. Za wkład w rozwój współpracy naukowej z University of Texas otrzymał w 1985 r. godność Honorowego Obywatela Miasta Austin. Bardzo znaczący jest również wkład Profesora do praktyki inżynierskiej. Wymienić tu należy m.in. prace studialne i projektowe związane z zaopatrzeniem w wodę wielu polskich miast (Kraków, Poznań, Kielce, Bielsko-Biała, Rzeszów, Przemyśl i inne) oraz przemysłu (Zakłady Azotowe w Tarnowie, Rafineria Nafty „Jedlicze”, Huta im T. Sendzimira i inne).

Miał ogromny udział w uratowaniu Krakowa przed podtopnieniem wodami podziemnymi, wywołanym spiętrzeniem Wisły jazem w Dąbiu. Był projektantem i weryfikatorem wielu zamierzeń inwestycyjnych w zakresie inżynierii środowiska. Posiadał uprawnienia Centralnego Urzędu Geologii i rzeczoznawcy PZITS. Otrzymał honorową odznakę Naczelnej Organizacji Technicznej za wybitne osiągnięcia w dziedzinie techniki.

Za osiągnięcia badawcze i prace naukowe Profesor A. Wieczysty został wyróżniony jedenastoma nagrodami Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego i Mi-

nistra Edukacji Narodowej. W 1985 r. został laureatem zespołowej Nagrody Miasta Krakowa za wdrożony model matematyczny sieci wodociągowej, a w 2000 r. prestiżowej nagrody AQUARIN, przyznawanej wybitnym twórcom prac naukowych mających zastosowanie w praktyce inżynierskiej.

Za swą działalność otrzymał wiele odznaczeń państwowych, resortowych i regionalnych, m.in. Krzyż Oficerski Orderu Odrodzenia Polski (1996) oraz Medal Komisji Edukacji Narodowej (1984).

Przedstawiając sylwetkę Profesora Artura Wieczystego, należy wspomnieć także o Jego zainteresowaniach pozanaukowych. W przeszłości czynnie uprawiał sport jako zawodnik pierwszoligowej drużyny koszykówki Klubu Sportowego Cracovia. Odnosił liczne sukcesy w międzynarodowych konkursach tańca towarzyskiego. Jako reprezentant Polski uczestniczył wraz z żoną Barbarą w mistrzostwach świata i Europy (zdobywając szesnastokrotnie mistrzostwo Polski). Interesował się historią, zagadnieniami związanymi z Lwowem i stosunkami polsko-ukraińskimi.

Profesor cieszył się zasłużoną opinią wybitnego uczonego, a także dydaktyka, który wykreował wiele karier naukowych. Jest uważany za pierwszoplanową postać w inżynierii środowiska w Polsce. Jego nazwisko związane jest zawsze z Politechniką Krakowską, której poświęcił całe swoje pracowite życie.

Professor Artur Wieczysty

Professor Artur Wieczysty was born in Lvov in 1929. The turbulent vicissitudes of the war years brought him to Cracow, where in 1955 he graduated from the Faculty of Hydro-engineering at the Cracow University of Technology. He started work at CUT in 1954 at the Chair of Water Dams and Power Stations Construction. In 1961 he was conferred the degree of DSc, and in 1968 the degree of PhD. He progressed through all the stages of the academic career. He was granted the title of professor in 1980 to become full professor in 1988. At the age of 35 he was appointed the head of the Chair of Water Dams and Power Stations Construction. In subsequent years he held the post of the head of the Section of Underground Water Intakes and Resources, and the post of the head of the Section of Water Intakes and Transportation. Next he performed the duties of the director of the Institute of Sanitary Engineering and Environmental Protection (1973–1981 and 1988–1991), the head of Section of Water Supply and Sewage Disposal (1962–1994), the head of the Chair of the same name (1994–2000), vice-dean of the Faculty of Sanitary and Water Engineering (1970–1972), to become dean of the Faculty in 1978 and hold the post for five consecutive three year terms of office (in the period 1978–1995). In the years 1978–2000 he was a member of the Academic Senate of the Cracow University of Technology.

Professor Artur Wieczysty rendered immense services to the formation of the present status of the Faculty. In 1978, when he began his first term of office

as dean, the Faculty ran only one degree course (hydro-engineering) with only three professors on the staff. At the end of his final term of office (1995) the Faculty had full academic rights and employed ten professors and eighteen PhD holders, and its profile covered the complete area of environmental engineering. Professor Wieczysty's activities as the dean of the Faculty succeeded in the dynamic development of its research staff, obtaining the authorization to confer PhD degree, achievement of the present status, which all places the Faculty among the first ranks of the related faculties in the country. As the Faculty Development Doyen in the 1960's he greatly contributed to the growth and improvement of the Faculty premises.

Professor A. Wieczysty was an outstanding specialist in the field of environmental engineering, known and highly valued both at home and abroad. His extremely wide scientific interests were engineering hydro-geology, and water supply systems and sewage disposal. In his research activities two areas can be clearly distinguished. One of them (1965–1978) referred to model and site investigation of underground water resources and methods of their determination. An outstanding result was an academic handbook Engineering hydro-geology which is still the basic work in the field of theory of geofiltration and its practical applications in engineering practice. Professor's research on the effects of river damming on the neighbouring areas is a contribution to science on the world scale. He launched the idea and then organised a cyclic international conference on "Mathematical modelling of underground waters". The other area of Prof. Wieczysty's scientific research (1978–2000) covers the problems of water supply systems and sewage disposal. His activities were crowned with the formation of a supraregional scientific school aiming at investigation of reliability and safety of these systems. The school includes twenty-one disciples in five scientific centres in Poland. The investigations run by the school resulted in original world-wide solutions for assessment and methods of improving the reliability of these technological systems. 121 research works have been published on the subject.

Prof. Wieczysty's publishing output covers the total of 238 scientific works both in Poland and abroad, including 10 handbooks, 15 monographs and 8 Polish norms (PNB). Professor Wieczysty's teaching achievements are impressive. For forty-five years he gave lectures, ran classes, seminars and laboratory training. He supervised 16 DSc doctorates, wrote 68 DSc reviews, opinions for PhD and nomination applications. His authority was confirmed by his re-election as member of the Central Committee for Scientific Title and Scientific Degrees (1999–2002). His involvement in Polish and foreign scientific institutions was important for scientific development. For many years he was a member of the Committee for Civil and Water Engineering of the Polish Academy of Sciences (PAS) and the Committee for Water Economy, PAS. He was a member of numerous scientific councils, editorial boards of home and foreign conferences. For many years he was a member of the International Water Association and a member of The Science and Technology Foundation of Japan. He also co-operated

with numerous scientific centres in the USA, Germany, Austria, Russia and Ukraine. For his contribution in the promotion of scientific co-operation with the University of Texas he was credited in 1985 with the dignity of an Honorary Citizen of the City of Austin, Texas, USA. Prof. Wiczysty's contribution in engineering practice is also significant. This includes, among others, studies and projects connected with water supply in many Polish towns (Cracow, Poznań, Kielce, Bielsko-Biała, Rzeszów, Przemyśl) and industry (Nitrogen Works in Tarnów, Petroleum Refinery "Jedlicze", T. Sendzimir Steel Works, to mention a few).

Prof. A. Wiczysty greatly contributed to protecting Cracow against underground water-logging caused by damming the Wisła river by a weir in Dąbie district. He was a designer and verifier of many investment projects in environmental engineering. He had the licence issued by the Central Office for Geology and expert of the Polish Association of Sanitary Engineers. He was honoured by an honorary badge of the Chief Technical Organization for outstanding achievements in technology.

For his research achievements and scientific work Prof. A. Wiczysty was awarded eleven times by the Minister for Science and Higher Education, and the Minister for National Education. In 1985 he was the prize-winner of a team award of the City of Cracow Award for the implemented mathematical model of a water works network, in 2000 of a prestigious AQUARIN award presented to outstanding creators of scientific works applicable in engineering practice.

For his activities Prof. A. Wiczysty was conferred numerous state honours as well as departmental and regional distinctions, Knight of Commander Cross of the Polish Revival Order (1996) and Medal of the Commission for National Education (1984), to quote only two.

Presenting Prof. Wiczysty's profile we must mention his interests outside the profession. He used to practice sports as a first league basketball team player of the Cracovia Sports Club. He enjoyed numerous successes in international ballroom dancing competitions. As a Polish representative, together with his wife Barbara, he entered the world and European championships (winning the Polish championship sixteen times). He was also interested in history, issues concerning Lvov and Polish-Ukrainian relations.

Professor A. Wiczysty enjoyed a deserved high opinion as a distinguished scientist and teacher who promoted many scientific careers. He is considered the leading personage in environmental engineering in Poland. His name has been and always will be associated with the Cracow University of Technology to which he devoted all his diligent life.

Magnificencjo! Panie Rektorze! Wysoki Senacie, Szanowni Państwo!

Kiedy Ojciec mój odbierał wysokie odznaczenie międzynarodowe w dziedzinie kultury, a był przecież tylko nauczycielem tańca, powiedział – Polsce można służyć na każdym stanowisku.

Mnie przypadł wielki zaszczyt, że odbieram dzisiaj tę wielką, wartościową godność, której cechą charakterystyczną jest oczywiście honor. Honor, postawa w życiu... Nigdy nie spodziewałem się, że takiej godności dostąpię. Tym większa jest moja radość. Tym większa, że w gronie Doktorów Honoris Causa naszej Uczelni, zwłaszcza pochodzących z naszej Alma Mater, są profesorowie największej miary. Znalazłem się w tym gronie i jest to dla mnie wielkim zaszczytem.

Szanowni Państwo! Droga człowieka, praca człowieka, jest wyznacznikiem tego, kim on jest. Na pewno mogę powiedzieć – będąc człowiekiem skromnym – że bardzo dużo pracowałem. Mój obecny stan wzroku może i z tego wynika. Nie będę przedłużał mojego wystąpienia przed wykładem; powiem jedynie, że zrobię wszystko, co jest w mojej mocy, żeby jak najdłużej być związanym z moją Uczelnią.

Ta Uczelnia jest moim jedynym – pierwszym i ostatnim miejscem pracy. Mam tu przyjaciół, kolegów, swoich uczniów... Dostałem wielkiej godności, za którą bardzo Wysokiemu Senatowi i Jego Magnificencji dziękuję.

Metody oceny i podnoszenia niezawodności systemów zaopatrzenia w wodę

Woda jest niezbędna do życia. Nie jest przypadkiem, że kiedy świat współczesny szuka śladów życia na innych planetach, szuka tam wody. Bo bez wody nie ma życia – woda jest pożywieniem, warunkuje działanie przemysłu i rolnictwa, umożliwia utrzymanie higieny, jest drogą komunikacyjną, lekarstwem, stanowi element krajobrazu – nie będę dalej wymieniał... Nie ma życia bez wody. W dzisiejszej dobie staje się coraz bardziej cenna. Prezydent Francji Jacques Chirac powiedział kiedyś, że wiek dwudziesty był wiekiem ropy naftowej, a wiek XXI będzie wiekiem wody.

Na początku mówiłem o wodzie jak o dobrodziejstwie, ale nie można zapomnieć, że woda może wywoływać kataklizmy i to nie tylko w skali makro, gdy są powodzie lub susze powodowane brakiem wody, lecz również w skali mikro, gdy lokalny wodociąg może stać się nośnikiem poważnych zagrożeń. Różne mogą być tego przyczyny, np. awarie, które powodują, że wody nie ma, czy awarie, których skutki uboczne są bardzo daleko idące, nieprzewidywalne. Przykładowo, niedawno pękła magistrala w Warszawie, podmyła torowisko kolei i Dworzec Centralny został

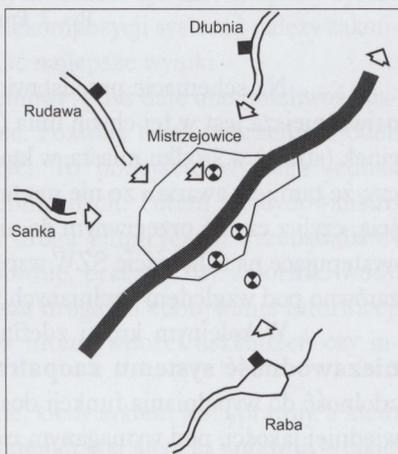
całkowicie sparaliżowany. Takich przypadków mógłbym wymienić wiele, ale najgorsze, co nas może czekać, to wyjątkowe, incydentalne zanieczyszczenia źródeł wody. Rozwój cywilizacji spowodował, że cysternami przewożone są ogromne ilości płynnych środków chemicznych wysoce niebezpiecznych lub produktów ropy naftowej, a przy tym katastrofy drogowe są teraz tak częste... Gdybyście Państwo zajrzeli do Internetu, to zobaczylibyście, jaka jest waga takich zdarzeń.

Zajmując się wodociągami i kanalizacją, patrząc na to wielkie zagrożenie, zainteresowałem się niezawodnością – niezawodnością systemu zaopatrzenia w wodę. Stąd tytuł dzisiejszego wykładu jest następujący: *Metody oceny i podnoszenia niezawodności systemów zaopatrzenia w wodę*. Kiedy zastanawiałem się jak ten wykład Państwu przedstawić, to miałem zasadniczy problem: bo na sali mamy wybitnych profesorów techniki, dla których zrozumienie tej problematyki będzie bardzo łatwe, ale jest bardzo wiele osób, które są humanistami, niektórzy w ogóle nawet nie pracują, jest też moja Rodzina. Do nich chciałbym również dotrzeć. Dlatego postaram się mówić w sposób prosty, zrozumiały dla wszystkich.

W zakresie tego wykładu mieścić się będą następujące tematy:

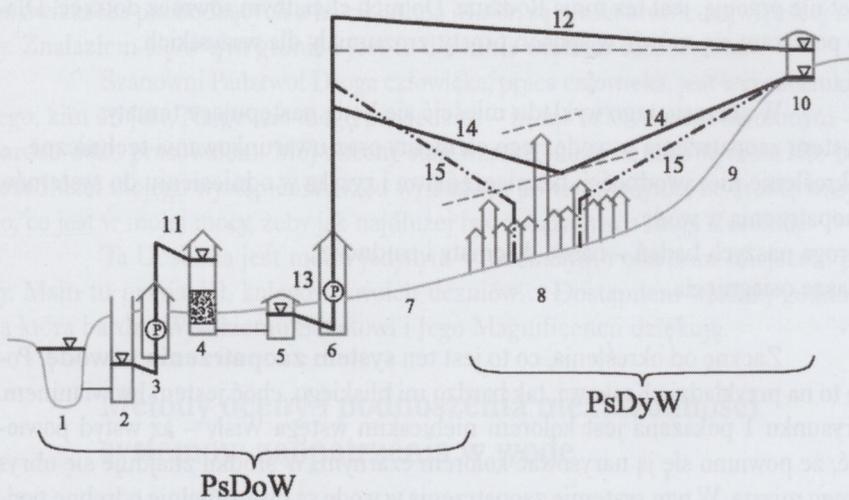
1. System zaopatrzenia w wodę, jego elementy oraz uwarunkowania techniczne.
2. Określenie niezawodności, bezpieczeństwa i ryzyka w odniesieniu do systemów zaopatrzenia w wodę.
3. Droga naszych badań – nasze dylematy i trudności.
4. Nasze osiągnięcia.

Zacznę od określenia, co to jest ten **system zaopatrzenia w wodę**. Pokażę to na przykładzie Krakowa, tak bardzo mi bliskiego, choć jestem lwowianinem. Na rysunku 1 pokazana jest kolorem niebieskim wstęga Wisły – aż wstyd powiedzieć, że powinno się ją narysować kolorem czarnym. W środku znajduje się obrys naszego miasta. W tym systemie zaopatrzenia w wodę są dwa zupełnie odrębne podsystemy. Jeden – to podsystem *dostawy wody* (PsDoW), a drugi – to *podsystem dystrybucji wody* (PsDyW). Podsystem dostawy wody dla Krakowa składa się z pięciu układów zasilania w wodę (UZW). Największym jest układ: Raba ze Zbiornikiem Dobczyckim i z tranzytem ponad 20 km. Pozostałe ujęcia opierają się na wodach rzek Rudawy, Dłubni i Sanki oraz na podziemnym ujęciu wody w Mistrzejowicach. Te zróżnicowane pod każdym prawie względem układy zasilania w wodę łącznie tworzą właśnie podsystem dostawy wody. Natomiast na podsystem dystrybucji składają się: sieć wodociągowa w mieście oraz zbiorniki wody czystej.



Rys. 1. SZW dla miasta Krakowa

Jeśliby na to spojrzeć od strony technicznej, to popatrzcie Państwo na uproszczony profil wysokościowy przedstawiony na rys. 2. W środku mamy miasto (8), po lewej stronie zaś rzekę, czyli źródło wody (1), następnie ujęcie wody, zaraz obok jest studnia zbiorcza (2), która jest zarazem zbiornikiem czerpalnym dla pompowni. Dalej mamy pompownię niskiego ciśnienia (3), która podnosi wodę tak, żeby dostała się do stacji uzdatniania wody (4). Uzdatnienie wody jest pokazane tylko w sposób symboliczny, ale tak naprawdę, zakład uzdatniania to wielka fabryka, w której jest wiele różnych urządzeń. Później woda dopływa do kolejnych zbiorników (5) oraz (10), dokąd jest podnoszona poprzez pompownie wysokiego ciśnienia (6). I teraz, kiedy ludzie biorą mało wody, np. w nocy, woda płynie głównie do zbiornika (10), a kiedy jest pobór bardzo duży, to dostawa wody z pompowni jest podobna, a brakująca ilość wody jest uzupełniana ze zbiornika.



Rys. 2. Profil wysokościowy SZW

Na schemacie przedstawiono linie ciśnienia piezometrycznego. Dla nas najważniejsza jest w tej chwili linia (15), która się załamuje. Jest wówczas taki odcinek (strefa) w środku miasta, w którym wartość ciśnienia jest równa zeru, to znaczy, że tam jest awaria i że nie ma tam wody. A ta awaria jest związana z zawodnością, czyli z czymś przeciwnym do niezawodności. Jak więc Państwo widzą, obiekty występujące na schemacie SZW współpracują ze sobą, są bardzo zróżnicowane i to zarówno pod względem spełnianych zadań, jak i pod względem technologicznym.

W kolejnym kroku zdefiniuję co to jest niezawodność systemu. Otóż **niezawodność systemu zaopatrzenia w wodę** jest to jego właściwość, jego zdolność do wypełniania funkcji dostarczania wody w dostatecznej ilości, o odpowiedniej jakości, pod wymaganym ciśnieniem w każdej dowolnej chwili, dogodnej dla odbiorców.

Drugim pojęciem, które okazuje się niezbędne, jest **bezpieczeństwo**. Bezpieczeństwo jest to także swego rodzaju spełnienie funkcji, ale z innego punktu widzenia. Chodzi o takie funkcjonowanie systemu, które nie spowoduje wystąpienia poważnych zagrożeń, zatruc czy nawet utraty życia. Wodociąg, który dostarcza nam tę wspaniałą wodę, w przypadku gdyby do sieci dostały się szkodliwe zanieczyszczenia staje się niebezpieczny. Takie przypadki zdarzały się zarówno na całym świecie, jak i w Polsce. Przykładowo, przed kilku laty w miejscowości Wiele, na północy Polski, w sieci pojawił się arszenik. Już nie będę mówił, jak to się stało. Nikt na szczęście nie zginął, nikt się nie zatrucił, nikt się ciężko nie rozchorował – dzięki spontanicznej i bardzo szybkiej akcji informacyjnej. Takie zdarzenia katastroficzne występują niezwykle rzadko. Dlatego związany z tym brak informacji utrudnia ich prognozowanie. Natomiast większość przypadków na konkretnym ujęciu wody to są zanieczyszczenia typowe, na które stacje uzdatniania wody zostały zaprojektowane. Dla takich można stworzyć odpowiednią bazę danych i ją opracowywać.

I ostatnie pojęcie, które jest najnowszym narzędziem w projektowaniu – to **ryzyko**. Ryzyko jest po prostu miarą zagrożenia. I wobec tego może być reprezentowane albo przez prawdopodobieństwo pojawienia się takich niebezpiecznych zdarzeń, albo przez powodowane straty, albo łącznie. Dziś świat projektuje, wyznaczając ryzyko każdego przedsięwzięcia i starając się je zmniejszyć do pewnego tzw. akceptowalnego poziomu.

Kiedy 15 lat temu przystępowałem do prac nad opracowaniem modelu niezawodności systemu zaopatrzenia w wodę, miałem przed sobą kilka dylematów. Pierwszy dotyczył problemu: czy tworzyć modele globalne typu „czarnej skrzynki”, czy też oparte na podejściu systemowym. W takim globalnym modelu znane są wszystkie wejścia do systemu, to jest przyczyny i zagrożenia, które powodują awarie, oraz znane jest wyjście z systemu, czyli znany jest stan wynikowy systemu. Jednak samo wewnątrz systemu, jego struktura nie są w ogóle badane. Drugi dylemat dotyczył problemu: czy prace opierać na rozwoju metod teoretycznych, czy ukierunkować je na prowadzenie badań empirycznych. Trzeci dylemat związany był ze stopniem szczegółowości: na jakim poziomie dekompozycji systemu należy zakończyć i jakie parametry uwzględniać, aby uzyskać najlepsze wyniki.

Najpierw wybrałem podejście systemowe, gdyż daje ono możliwość badania struktur elementów systemu oddzielnie. Pozwala to na tworzenie modeli cząstkowych, które następnie można łączyć. To podejście wymaga jednak uwzględnienia wszystkich uwarunkowań technicznych. Potem zdecydowaliśmy się pójść równocześnie drogą teoretyczną i drogą empiryczną. Przebadaliśmy wiele obiektów, rozmaite ujęcia wody, pompownie, przesyły czy zbiorniki wody. Koszt był bardzo duży, jednak była to najlepsza droga do zdobywania informacji o uszkodzeniach, o wielkościach parametrów intensywności uszkodzeń czy intensywności odnów.

Kolejnym problemem było określenie, kiedy system jest sprawny, a kiedy niesprawny. Sprawny to taki, w którym wszystkie odcinki sieci są sprawne – takiej sytuacji praktycznie nigdy nie ma. System jest niesprawny wtedy, kiedy w szpitalach

pojawiają się trudności z utrzymaniem czystości i higieny, kiedy punkty zbiorowego żywienia przestają działać, gdy warunki higieniczne gwałtownie się pogarszają. Ale są jeszcze przypadki pośrednie. W ich obrębie wyróżniliśmy dwa przypadki: dopuszczalną awarię i awarię szkodliwą. Ale te wszystkie progi są płynne. Wobec tego przyjęliśmy, że granice pomiędzy tymi przypadkami, czyli stanami systemu, są zatarte.

I pierwsze co zrobiliśmy, to zaczęliśmy szukać w literaturze światowej. Doszedłem do wniosku, że te prace, które w ogóle były, a nie było ich zbyt wiele, dotyczyły prostych obiektów dwustanowych i opierały się na prostych terminach. Były to: wskaźnik gotowości K , tzw. średni czas pracy między uszkodzeniami T_p , średni czas naprawy T_n , wskaźnik gotowości operacyjnej K_o . Były tam metody jednoparametryczne, a później dwuparametryczne. Pierwsze, co zauważyłem, to że wynik działań matematycznych tych obliczeń określa prawdopodobieństwo – my mówimy – częstość zdarzeń. Natomiast nic nie wiemy o skutkach. Wobec tego odczułem i zrozumiałem, że w systemie zaopatrzenie w wodę tą drogą nie da się dalej pójść i wprowadziłem szereg innych parametrów. Był to *niedobór* (N), czy *deficyt wody* (D), które powstają wskutek awarii, były to wszystkie rodzaje rezerw. Rezerwę mogą stanowić np. *objętość wody surowej* (V_{sur}), *dotatkowa objętość wody uzdatnionej* (V_{aw}). Może to też być *nadwyżka wydajności* (ΔQ_p) istniejących układów zasilania w wodę (gdy projektujemy z taką nadwyżką wydajności albo też jak w Krakowie, gdy nagle spadło zużycie wody i ta nadwyżka sama się ukazała). Wtedy oparliśmy się na *uogólnionym wskaźniku niezawodności* K_u , który zawierał informacje zarówno o prawdopodobieństwach, jak i o wszystkich negatywnych skutkach. Z innych miar mamy tu jeszcze *ryzyko* (R), mamy *bezpieczeństwo* (B). A później zająłem się *jakością i wskaźnikami niezawodności technologicznej*. Taka była droga naszych badań teoretycznych. **Reasumując, zajęliśmy się problemem niezawodności ilości wody, niezawodności jakości wody i komfortu sanitarnego.**

Jeżeli chodzi o jakość, to w krótkim czasie zorientowaliśmy się, że kluczową rolę odgrywają tutaj technologie uzdatniania wody. Ale równocześnie byłem świadomy, że są takie **zanieczyszczenia incydentalne**, na które nie wszystkie stacje uzdatniania wody będą mogły być przygotowane. Nieprzygotowanie stacji uzdatniania na takie sytuacje może spowodować utratę bezpieczeństwa systemu. Można zabezpieczyć się na różne realne zanieczyszczenia, aby było bardziej bezpiecznie, ale koszty z tym związane byłyby olbrzymie. Te ograniczenia ekonomiczne udało się tutaj także wykorzystać. Jeśli chodzi o **monitoring jakości wody** to, krótko mówiąc, wprowadziliśmy trzy ważne pojęcia: *układ wczesnego ostrzegania* (UWOs), *układ opóźnionego ostrzegania* (UOpOs) i *układ późnego ostrzegania* (UPOs). (Już samo określenie „późnego ostrzegania” brzmi groźnie). Na rysunku 3 widać rzekę, której wody uległy niebezpiecznemu skażeniu. Grubą, czarną linią oznaczono miejsca w systemie, do których dotarła skażona woda i gdzie została wykryta przez odpowiedni układ ostrzegania. Jeżeli taka woda dotrze np. do stacji uzdatniania wody czy do rurociągów przesyłowych, to należy je opróżnić, płukać, dezynfekować. Oprócz dużych kosztów skutkiem prowadzenia takich działań jest

brak dostawy wody do miasta. Działania systemu późnego ostrzegania w pewnych warunkach, zwłaszcza w małych miejscowościach, mogą być realizowane poprzez wysyłanie radiowozów z megafonami i wzajemne ostrzeganie się ludzi. Chodzi o to, aby system zaopatrzenia w wodę miał opracowane scenariusze działań, nawet na najgroźniejsze sytuacje. Niestety, nie zawsze tak jest.

Na to, aby rozwiązać całość tego zagadnienia, tzn. aby **określić niezawodność systemu zaopatrzenia w wodę**, najpierw należałoby określić **niezawodność układów zasilania w wodę**. Każdy z tych układów ma strukturę szeregową, ale elementy tych układów mają skomplikowaną wewnętrzną strukturę niezawodnościową. I różne mogą być metody wyznaczania i podnoszenia niezawodności systemu.

Jeśli chodzi o struktury niezawodnościowe, to przedmiotem naszych badań były różnego typu obiekty:

- 1) ujęcie wody powierzchniowej,
- 2) ujęcie wody podziemnej,
- 3) pompownia wody,
- 4) przesył wody,
- 5) zbiorniki wody (surowej i uzdatnionej),
- 6) sieć dystrybucji,
- 7) instalacje wewnętrzne,
- 8) monitoring jakości wody.

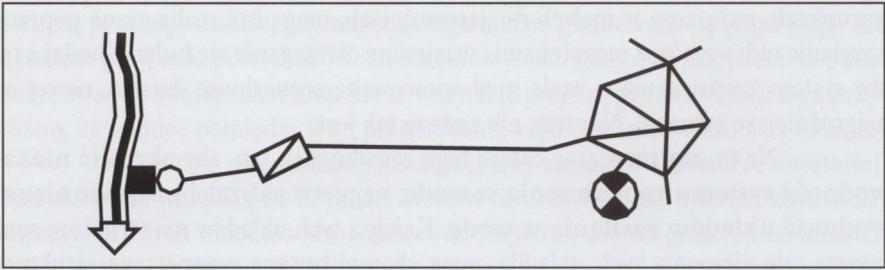
Jeśli chodzi o metody wyznaczania niezawodności, to stosowaliśmy:

- 1) metody jednoparametryczne (przeгляdu, blokowania, analityczne),
- 2) metody dwuparametryczne (oparte na funkcji częstości uszkodzeń, na minimalnych przekrojach niesprawności, czy na drzewach uszkodzeń),
- 3) metody oparte na wartości oczekiwanej niedoboru lub deficytu wody,
- 4) metody masowej obsługi,
- 5) metody Monte-Carlo.

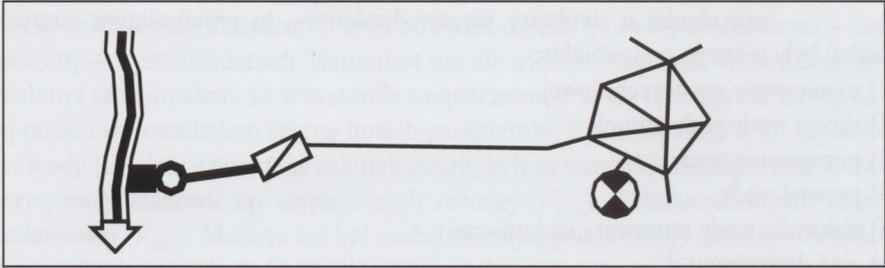
Jeśli chodzi o podnoszenie niezawodności, to omówię tylko dwa proste przykłady.

Pierwszy przykład – dotyczy studni nowej generacji. Jest to studnia szybowa o dużej średnicy, ze środka której wychodzą promieniście ułożone dreny poziome. I teraz przykład problemu: jak podnieść niezawodność takiego obiektu. Są dwie możliwości: albo projektując obiekt, dodajemy w każdym drenie dodatkową długość, albo je po prostu rezerwujemy, wprowadzając jeden czy dwa dodatkowe dreny.

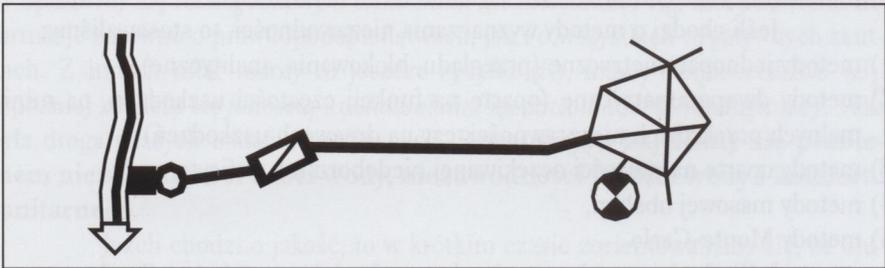
Drugi przykład – dotyczy stosowania monitoringu. Jest to element, który chciałbym obszerniej omówić, bo on właściwie mówi o istocie problemu. Na rysunku 4 mamy rzekę wraz z ujęciem wody.



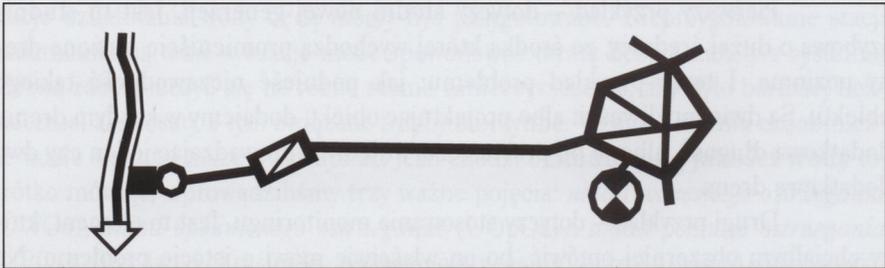
Układ wczesnego ostrzegania (źródło wody)



Układ wczesnego ostrzegania (źródło wody i przesył wody surowej)



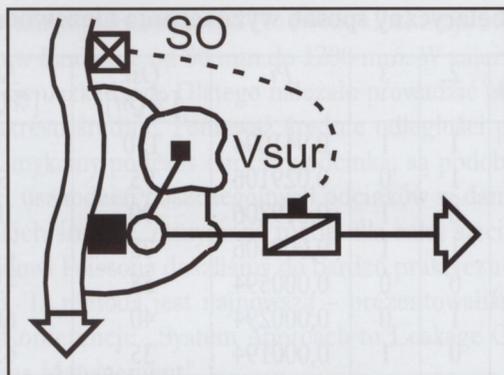
Układ późnego ostrzegania (przesył wody uzdatnionej)



Układ późnego ostrzegania (sieć wodociągowa)

Linie pogrubione wskazują na zasięg niebezpiecznych skażeń wody

Rys. 3. Monitoring jakości wody



V_{sur} dodatkowe zasilanie

Rys. 4. Stacja osłonowa SO oraz zbiornik wody surowej V_{sur} jako sposoby podniesienia niezawodności SZW

W przypadku gdy próby wody do analiz pobiera się raz na dobę, istnieje duże zagrożenie. Zagrożenie, jeśli pomiędzy tymi rzadkimi analizami w rzece pojawi się fala groźnych, incydentalnych zanieczyszczeń. Pewne oznaki skażenia rzeki – ławice martwych ryb, jakiś dziwny kolor i spienienie wody, mogą ująć naszemu wzrokowi – zwłaszcza w nocy. Jeżeli mamy monitoring i włączona jest automatyczna stacja ostrzegania (SO), to wielokrotnie w ciągu doby są wyznaczane najważniejsze wskaźniki jakości wody. Przekaz informacji z SO umożliwia podjęcie decyzji o konieczności zamknięcia ujęcia wody. Skutkiem będzie brak wody, ale skażona woda nie będzie ujmowana. Dodatkowym sposobem podniesienia niezawodności jest otwarty przepływowy zbiornik wody surowej o objętości V_{sur} . Nawet mała ilość wymiany wystarczy, aby woda była zawsze świeża. W sytuacji, w której analizy SO wykazały zbliżanie się fali szkodliwych zanieczyszczeń, należy zamknąć główne ujęcie wody i czerpać z tego zbiornika. Teoria niezawodności pozwala nam tak zaprojektować potrzebną objętość tego zbiornika (V_{sur}), aby wystarczyła ona na przewidywany czas przepływu fali zanieczyszczeń.

Stosując rozumowanie systemowe, przechodzę do podsystemów systemu zaopatrzenia w wodę. Pierwszym z nich jest podsystem dostawy wody (PsDoW). Wybierając drogę budowy modeli cząstkowych, opierając się na strukturze niezawodnościowej i charakterze każdego obiektu, potrafiliśmy wyznaczyć jego niezawodność. W kolejnym etapie można było przystąpić do obliczania niezawodności podsystemu dostawy wody. W tabeli 2 jest przedstawiony sposób prowadzenia obliczeń dla trzech układów zasilania w wodę (dane zamieszczono w tab.1).

Tabela 1.

Dane do przykładu wyznaczania niezawodności PsDoW

Dane:		
UZW	$Q[\%Q_n]$	K
1	55	0,99
2	40	0,98
3	35	0,97
Razem	130	

Tabela 2. Tabelaryczny sposób wyznaczania niezawodności PsDoW

i	k	1	2	3	P_i	Q_{si} [%Qn]	N_i [%Qn]	$N_i \cdot P_i$ [%Qn]
1	0	1	1	1	0,941094	130	0	0
2	1	1	1	0	0,029106	95	5	0,14553
3	1	1	0	1	0,019206	90	10	0,19206
4	1	0	1	1	0,009506	75	25	0,23765
5	2	1	0	0	0,000594	55	45	0,02673
6	2	0	1	0	0,000294	40	60	0,01764
7	2	0	0	1	0,000194	35	65	0,01261
8	3	0	0	0	6E-06	0	100	0,0006
Razem					1	Razem		0,63282

$$E(N) = \sum_{i=1}^I N_i \cdot P_i \quad K_u = 1 - E(N) / Q_n = 0,9936718$$

W poziomych wierszach tabeli dotyczącej metody przeglądu zupełnego znajdują się wszystkie możliwe stany PsDoW, które wynikają z uszkodzenia istniejących układów zasilania w wodę. Są to przypadki, że albo wszystkie UZW są sprawne, albo tylko jeden jest uszkodzony, albo dwa uszkodzone itd. Uwzględnione są wszystkie możliwe kombinacje. Jeśli układy są dwustanowe (sprawny, niesprawny), to liczba możliwych stanów wynosi $I = 2^3 = 8$. Dla każdego stanu możemy wyznaczyć prawdopodobieństwo jego zajścia (P_i) oraz niedobór (N_i). Jeśli w systemie istnieje zbiornik wody czystej, to wyznaczamy deficyty. Wobec tego możemy obliczyć wartość oczekiwaną niedoborów lub wartość oczekiwaną deficytu wody. Wartość oczekiwana niedoboru (deficytu) podzielona przez potrzeby w pewnym okresie czasu daje po prostu zawodność. A jeśli mamy zawodność, to mamy także niezawodność. Tę niezawodność układu zasilania w wodę wyraziliśmy wartością uogólnionego wskaźnika niezawodności K_w , który zawiera w sobie i prawdopodobieństwa, i skutki.

Pozostał jeszcze do omówienia **podsystem dystrybucji wody (PsDyW)**. Ten podsystem był bardzo trudny do oceny pod względem niezawodności. Właściwie nie było żadnych modeli, my zbudowaliśmy dwa. Pierwszy model opierał się na *metodzie hierarchicznej*. Zakładaliśmy w nim awarie przewodów magistralnych, czyli tych, które mają wielkie średnice. Szukaliśmy takich uszkodzeń, które pociągają za sobą największe szkody, największe niedobory i układaliśmy to hierarchicznie. Obliczenia prowadziliśmy podobnymi metodami jak poprzednio. Było dla nas oczywiste, że tu się mogą pojawić bariery bardzo dużej liczby przypadków. Praktycznie rzecz biorąc, uszkodzenia odcinków magistralnych są niezależne od siebie. Można więc było uwzględniać jedno, dwa lub trzy uszkodzenia, bo prawdopodobieństwa zajścia większej liczby takich zdarzeń równocześnie są zanedbywalnie małe. Drugi model opierał się na *wielowymiarowym rozkładzie Poissona*.

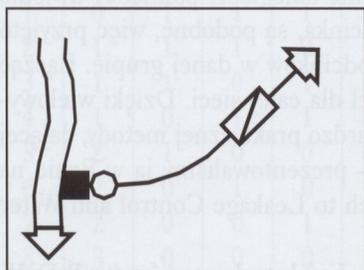
Zastosowanie go wymaga jednorodności. Przewody sieci mają zróżnicowane średnice – przykładowo w Krakowie od 80 mm do 1200 mm. W zależności od średnicy i materiału różnie się uszkadzają. Dlatego należało prowadzić obliczenia oddzielnie dla każdego zakresu średnic. Ponieważ średnie odległości pomiędzy dwiema zasuwami, które zamykamy podczas naprawy odcinka, są podobne, więc przyjęto stałe intensywności uszkodzeń poszczególnych odcinków w danej grupie. Łącząc modele dla wszystkich średnic, otrzymano model dla całej sieci. Dzięki wielowymiarowemu rozkładowi Poissona doszliśmy do bardzo praktycznej metody, dającej realistyczne wyniki. Ta metoda jest najnowszą – prezentowaliśmy ją w Brnie na Międzynarodowej Konferencji: „System Approach to Leakage Control and Water Distribution Systems Management”.

No i dalej, *znając niezawodności tych dwóch podsystemów* (tj. PsDoW, PsDyW) *potrafiliśmy wyznaczyć niezawodność systemu SZW*. Wykazaliśmy, że niezawodność systemu jest iloczynem tych dwóch wartości, sprawdziliśmy to jeszcze metodą przeglądu zupełnego.

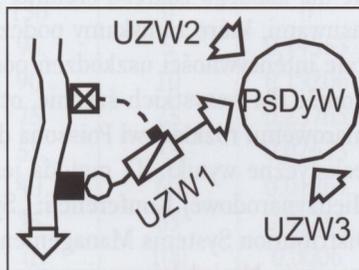
Wydawało mi się, że ta metoda jest już kompletna, aż w pewnym momencie zorientowałem się, że przecież jeszcze jest jedna trudność w ocenie niezawodności badanego systemu, tj. *zachowanie się jego operatora – człowieka, który może popełniać błędy*. Człowiek popełnia błędy. Nie mogę tutaj (chciałbym zmierzać ku końcowi) rozwinąć tego wątku. Zaczęliśmy od rozpoznania literatury. Okazało się, że bardzo wiele w tym zakresie zrobiono – zwłaszcza dla celów wojskowości i astronautyki. Rosjanie poszli drogą niepraktyczną. Utworzyli katalog różnych pozycji, w których człowiek pracuje. Ocenili zawodność pracy obsługi technicznej w zależności od niewygody wynikającej z pozycji. Inne wyniki uzyskano na Zachodzie. Tam zainteresowano się rodzajami błędów operatora przy pulpicie sterowniczym. Uwzględniono w badaniach wielkość napisów, przycisków oraz wielkość i układ światełek sygnalizacyjnych. Dla wielu przypadków podano wartości współczynników niezawodności pracy dyspozytora. Oparliśmy się również na innych badaniach, np. wytrzymałości człowieka, zależności wydajności jego pracy od czasu pracy w ciągu dnia, od długości czasu jego aktywności zawodowej. Okazało się, że istnieją zależności pomiędzy tymi właściwościami a zawodnością człowieka. W momencie, w którym uwzględnia się człowieka, rozpatrywany jest nie system techniczny, lecz *system biotechniczny*.

Na koniec mógłbym zadać takie pytanie: co nam daje znajomość niezawodności systemu? Po pierwsze: może stanowić kryterium wyboru przy porównywaniu wariantów projektowych. Tutaj wybór jest najprostszy. Po drugie: może ułatwić odpowiedź na pytanie: czy i ewentualnie w jaki sposób modernizować system? Ten problem wiąże się z przyjęciem tzw. *wymaganego poziomu niezawodności K_{zw} dla systemu*. Jest to poziom, który mógłby być traktowany, w cudzysłowie, jako „normatywny”. Znając wartości K_{zw} , mogliśmy sprawdzić relację: jeśli wyliczona przez nas wartość niezawodności systemu jest większa od wymaganej wartości, to wszystko jest w porządku; jeśli jest mniejsza, to nie pozostaje nic innego, jak modernizować system w celu podniesienia jego niezawodności. Ale dzięki temu, że

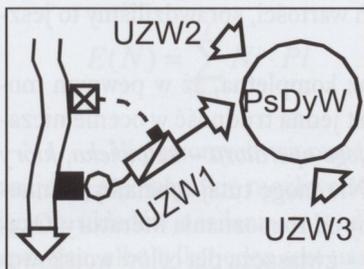
wybraliśmy drogę strukturalną, można teraz wrócić do układów zasilania w wodę i szukać najsłabszych ogniów. Opracowaliśmy szereg scenariuszy podnoszenia niezawodności (rys. 5).



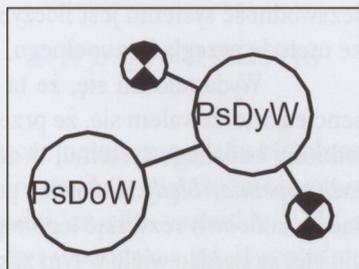
$$J = 1 \quad V_{aw} = 0$$



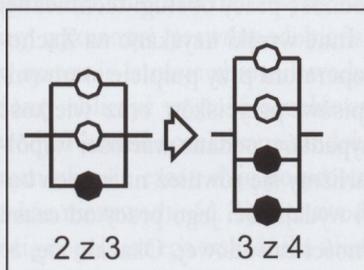
$$J > 1 \quad \Delta Q_p = 0$$



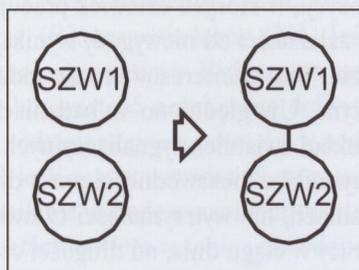
$$J > 1 \quad \Delta Q_p > 0$$



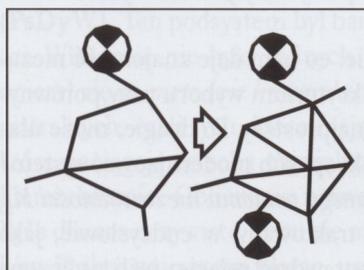
$$LZb > 1 \quad V_{aw} > 0$$



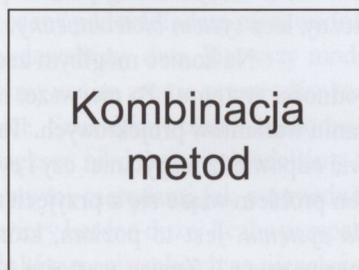
Rezerwy strukturalne



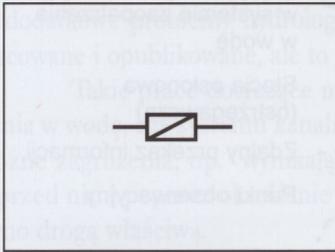
SZW1 + SZW2



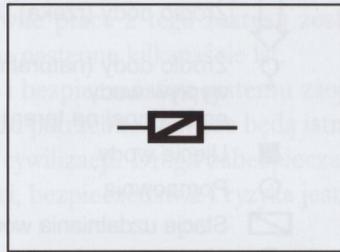
Modernizacja PsDyW



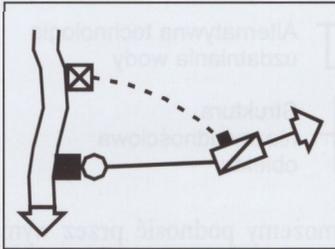
Rys. 5. Scenariusze metod podnoszenia niezawodności SZW w odniesieniu do ilości wody



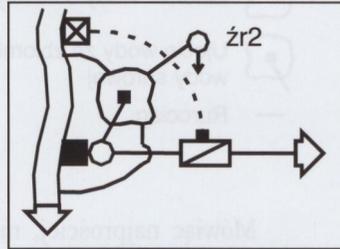
Typowa technologia



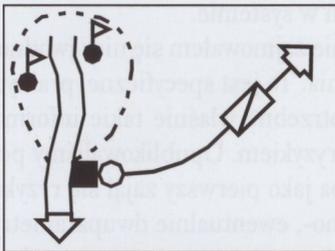
Nowoczesna technologia



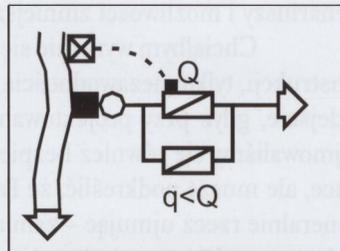
Monitoring



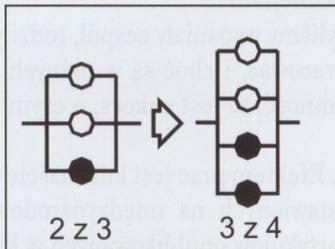
V_{sur} dodatkowe zasilanie



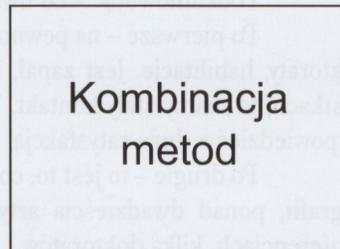
Sanitarna ochrona zlewni



Alternatywne technologie

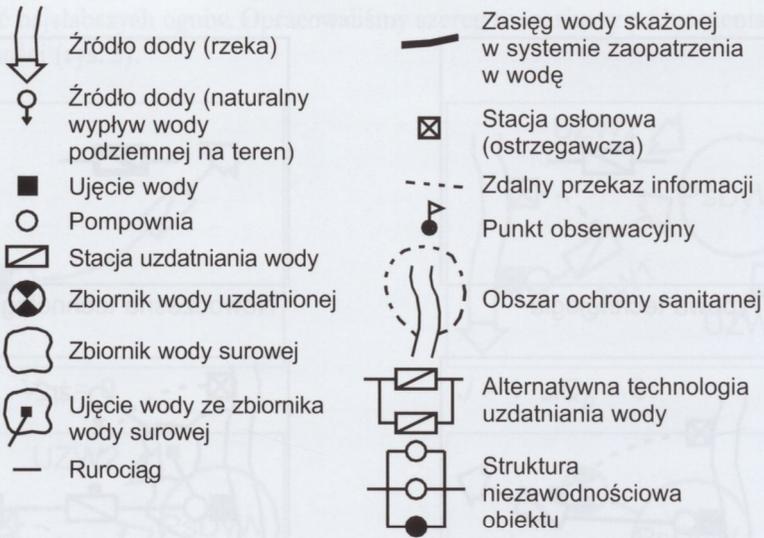


Rezerwy strukturalne



Rys. 6. Scenariusze metod podnoszenia niezawodności SZW w odniesieniu do jakości wody

Objaśnienia do rysunków:



Mówiąc najprościej, niezawodność możemy podnosić przez wymianę elementów na bardziej niezawodne oraz przez rezerwowanie. W odniesieniu do jakości problem był ten sam (rys. 6). W rezultacie opracowaliśmy wiele podobnych scenariuszy i możliwości zmniejszenia zagrożeń w systemie.

Chciałbym wyraźnie się zastrzec, że nie zajmowałem się niezawodnością konstrukcji, tylko niezawodnością funkcjonowania. To jest specyficzne, praktyczne podejście, gdyż przy projektowaniu są nam potrzebne właśnie takie informacje. Zajmowaliśmy się również bezpieczeństwem i ryzykiem. Opublikowaliśmy pewne prace, ale muszę podkreślić, że Pan Prof. Kempa jako pierwszy zajął się ryzykiem. Generalnie rzecz ujmując – zamiast metod jedno-, ewentualnie dwuparametrycznych stosowaliśmy metody trójparametryczne i czteroparametryczne, co bardzo rozszerzyło zakres informacji o systemie.

Podsumowując – co uważam za najważniejsze?

Po pierwsze – na pewno to, że stworzyliśmy wspaniały zespół, rodziły się doktoraty, habilitacje. Jest zapał, ludzie chcą pracować, i choć są w różnych jednostkach, to mamy stały kontakt. To jest przyjemność, to jest sukces, o czym mogę powiedzieć z dużą satysfakcją.

Po drugie – to jest to, co osiągnęliśmy. Efektem prac jest kilkanaście monografii, ponad dwadzieścia artykułów przedstawionych na międzynarodowych konferencjach, kilka doktoratów i kilkadziesiąt artykułów opublikowanych w kraju. Nie będę oceniał czy te prace są dobre, czy złe. To należy do krytyków. Ale bez fałszywej skromności mogę powiedzieć, że na pewno takich całościowych modeli nikt nie opracowywał. Stworzyliśmy całkowicie oryginalne metody badania niezawodności SZW. Na nich opierają się praktyczne metody projektowania. I muszę dodać, że im dłużej pracowałem, im więcej wiedziałem, tym czuje się skromniejszy i tym ostrożniej patrzę na uzyskane rezultaty. Ta praca nie jest zakończona; i tak jak każda praca nie zostanie ukończona nigdy. Ale jest to jakiś krok do przodu.

I wreszcie – co dalej? Jeżeli wzrok mi pozwoli, to chciałbym pracować dalej nad systemem kanalizacyjnym. On jest trudniejszy, bo pojawiają się w nim jeszcze dodatkowe problemy hydrologiczne. Już pewne prace z tego zakresu zostały opracowane i opublikowane, ale to jest zadanie na następne kilkanaście lat.

Takie prace dotyczące niezawodności i bezpieczeństwa systemu zaopatrzenia w wodę, czy systemu kanalizacji, są bardzo potrzebne. Zawsze będą istniały różne zagrożenia, np. wynikające z rozwoju cywilizacji. Droga zabezpieczania się przed nimi poprzez określanie niezawodności, bezpieczeństwa i ryzyka jest na pewno drogą właściwą.

Bardzo dziękuję Państwu za uwagę

Methods of Assessment and Improvement of Water Supply Systems Reliability

Summary

The research carried for over fifteen years has resulted in the formulation of theoretical bases for measurable assessment of functional reliability, safety and risk of water supply systems, and their objects and installations. The new methods, in a systems approach, include the random character of various phenomena occurring in the system.

During the research works many types and structures of various water supply objects were examined. Partial models were devised of objects such as surface and underground water intakes, water pumping stations, water transfer, crude and treated water reservoirs, distribution network, internal water supply installations, water quality monitoring, human factor - an element of a biotechnical system. Moreover, besides the operating and malfunction states valid so far, intermediate states, i.e. allowable failure and hazardous failure states were introduced. Another achievement was the introduction and practical implementation of a number of new, resulting from the specific nature of water supply systems, measures of water supply objects reliability. The measures can be determined by means of certain methods allowing a one-, two-, three- or four-parameter assessment of the system.

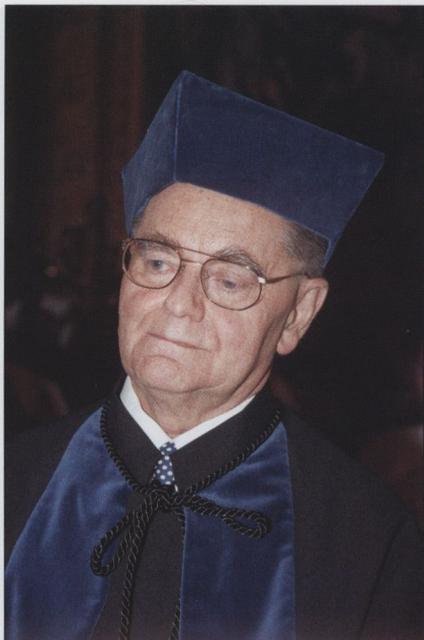
The knowledge of reliability can be a selection criterion for evaluation of design alternative variants that meet all the technological requirements. It can facilitate the answer to the question whether/and how the system should be modernised. The decision making should be based on the comparison of the introduced required reliability level and the actual reliability of the given system.

Finally, Prof. A. Wiczysty's most important success was the formation of a research team consisting of members from various R&D institutions from all over the country. The team has worked out completely original methods of assessment of water supply systems reliability, as well as a most comprehensive bibliography. These methods are a basis for practical methods of design and assessment of water supply objects reliability. The development of adequate methods is the proper way of providing protection against many hazards that result from the civilisation progress.

Doktor honoris causa prof. Artur Wiczysty
Prof. Artur Wiczysty, doctor honoris causa

Rozpoczęcie uroczystości – od prawej:
doktor honoris causa prof. Artur Wiczysty,
prof. Jan Kmita, prof. Michał Zyczkowski,
prof. Władysław Muszyński,
prof. Roman Ciesielski

Opening ceremony – from right:
Prof. Artur Wiczysty, doctor honoris causa,
Prof. Jan Kmita, Prof. Michał Zyczkowski,
Prof. Władysław Muszyński,
Prof. Roman Ciesielski





*Nadanie godności doktora honoris causa prof. Arturowi Wiczystemu
przez JM Rektora prof. Kazimierza Flagę*

*Prof. Artur Wiczystemu is conferred the title of doctor honoris causa
by Prof. Kazimierz Flaga, the Rector*



*Stuba Communis – gratulacje
Stuba Communis – congratulations*



Stuba Communis – gratulacje
Stuba Communis – congratulations



Doktor honoris causa prof. Artur Wieczysty i prof. Kazimierz Furtak – pod tablicą pamiątkową
Prof. Artur Wieczysty, doctor honoris causa and Prof. Kazimierz Furtak by the commemorative plaque

Professor

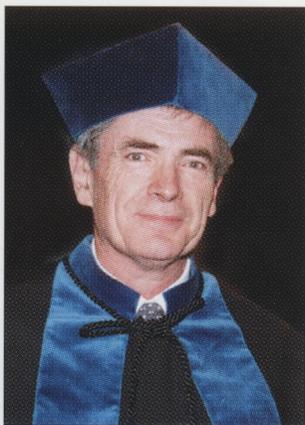
John Tinsley Oden

Professor John Tinsley Oden was born in 1936. In 1959 he obtained his BSc in Civil Engineering from Louisiana State University. He earned the MSc in Civil Engineering in Woodwell Smith and Engineering in Mechanics in 1962 at Oklahoma State University. He has held visiting professor positions at other universities in the USA, England, and Brazil. Presently he holds the Cockrell Family Regents Chair #2 in Engineering at the University of Texas at Austin; he is founder and Director of the Center for Computational Mechanics.

Professor J.T. Oden is a world recognized authority in the broad field of computational mechanics including solid, fluid, and structures as well as structural optimization. His research is in the area of finite element methods, his mathematical foundations, and his applications to structural and aerospace applications. He has published over 200 journal articles and 100 book chapters. His research interests include the development, analysis, and implementation of new adaptive control systems and methods for mechanics and flows from several disciplines, including stochastic, the theory of partial differential equations, numerical analysis with emphasis on a priori and a posteriori error estimations, and meshless methods. Application areas of special interest are micro-mechanics of composite materials, computational fluid dynamics, computational structural acoustics, contact and friction in solid mechanics.

Professor J.T. Oden has published over 200 journal articles and 54 book chapters on computational mechanics, applied mechanics, variational methods, and first of all, on the finite element method. His treatise, *Finite Elements in Nonlinear Continua* (1972) was translated into Russian (1976), Japanese (1980), and Chinese (1981). He co-authored the fundamental six volume series, *Finite Elements* (1973-1969). He has compiled, edited and co-edited 22 other volumes in these areas as well as has authored or co-authored 230 journal publications, completed 115 papers in conference proceedings, 210 technical reports, and 284 invited oral presentations delivered in variety of places throughout the world.

Professor J.T. Oden serves on the editorial board of twenty international journals including the posts of a life Editor of "Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering", and Associate Editor of the "International Journal of Engineering Science". He is an editor in the series "Finite Elements in Flow Problems" and of "Computational Methods in Nonlinear Mechanics".



Oby to było szczęśliwe, pomyślne i dobre

My

Rektor i Senat Akademicki

POLITECHNIKI KRAKOWSKIEJ im. TADEUSZA KOŚCIUSZKI

oraz

Rada Wydziału Inżynierii Lądowej

mężowi sławnemu

JOHNOWI TINSLEYOWI ODENOWI

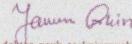
wybitnemu uczonemu w zakresie metod komputerowych w inżynierii lądowej, mechanice i matematyce, autorowi bardzo licznych prac naukowych o fundamentalnym znaczeniu, znakomitemu profesorowi Uniwersytetu Teksas w Austin, wychowawcy wielu pokoleń studentów, doktorów i młodych profesorów, członkowi Amerykańskiej Akademii Mechaniki, redaktorowi naczelnemu „Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering”, kawalerowi wielu międzynarodowych odznaczeń i honorów, doktorowi honoris causa Uniwersytetu w Lizbonie, promotorowi szerokiej współpracy międzynarodowej, wielkiemu przyjacielowi polskich naukowców, bliskiemu sercem społeczności akademickiej Politechniki Krakowskiej

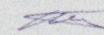
nadajemy tytuł

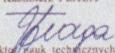
doktora honoris causa

i dla potwierdzenia tego faktu poleciliśmy opieczętować dyplom pieczęciami
Politechniki Krakowskiej

Kraków, dnia 25 czerwca 2001 roku

Janusz ORKISZ

doktor nauk technicznych
profesor mechaniki
PROMOTOR

Kazimierz FURTAK

doktor nauk technicznych
profesor budownictwa
DZIEKAN

Kazimierz FLAGA

doktor nauk technicznych
profesor budownictwa
REKTOR

Professor

John Tinsley Oden

Professor John Tinsley Oden was born in 1936. In 1959 he obtained his BSc in Civil Engineering from Louisiana State University. He earned the MSc in Civil Engineering in 1960 and the PhD in Engineering Mechanics in 1962 at Oklahoma State University. He has held visiting professor positions at other universities in the USA, England, and Brazil. Presently he holds the Cockrell Family Regents' Chair #2 in Engineering at the University of Texas at Austin; he is founder and Director of the Texas Institute for Computational and Applied Mathematics.

Professor J.T. Oden is a world recognized authority in the broad field of computational mechanics including solid and fluid mechanics as well as structural mechanics. His special field of interest was and is the finite element method, its mathematical foundations, with emphasis on error analysis and adaptive approaches. His current research involves the development, analysis, and implementation of new adaptive-control strategies in computational mechanics and draws from several disciplines, including acoustics, the theory of partial differential equations, numerical analysis with emphasis on a priori and a posteriori error estimations, and meshless methods. Application areas of special interest are micromechanics of composite materials, computational fluid dynamics, computational structural acoustics, contact and friction in solid mechanics.

Professor J.T. Oden has authored or co-authored 24 books and 54 book chapters on computational mechanics, applied mechanics, variational methods, and first of all, on the finite element method. His treatise, *Finite Elements on Nonlinear Continua* (1972) was translated into Russian (1976), Japanese (1980), and Chinese (1981). He co-authored the fundamental six volume series, *Finite Elements* (1981–1986). He has compiled, edited and co-edited 25 other volumes in these areas, as well as has authored or co-authored 250 journal publications completed by 115 papers in conference proceedings, 210 technical reports, and 284 invited oral presentations delivered in variety of places throughout the world.

Professor J.T. Oden serves on the editorial board of twenty international journals including the posts of a US Editor of "Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering", and Associate Editor of the "International Journal of Engineering Science". He is an editor of the series "Finite Elements in Flow Problems" and of "Computational Methods in Nonlinear Mechanics".

Professor J.T. Oden is a Member of the US National Academy of Engineering, a Fellow and a former President of the American Academy of Mechanics, and the Society of Engineering Science, as well as a Follow of the American Society of Mechanical Engineers, the American Society of Civil Engineers Science, and the British Institute for Mathematics and its Applications. He is a Founding Member and a former President of both the International Association for Computational Mechanics, and the US Association. He served as Chairman of the Executive Committee of the Engineering Mechanics Division of the ASCE and as Chairman of the US National Committee on Theoretical and Applied Mechanics.

His research achievements and activity brought him a variety of both national and international honour awards including the titles of Honorary Doctor of Science conferred by the Technical University of Lisbon and the Faculte de Polytechnique de Mons in Belgium.

Well known is his co-operation with young researchers arriving from many countries to work with him. He supervised 31 MSc, 39 PhD degrees, as well as many Post-Doctoral Research Fellows.

His longtime research co-operation (1979-present) with numerous young scientists coming to Austin from the Cracow University of Technology needs stressing here. Results of this co-operation include one full professorship, 3 completed "habilitations" and two PhD degrees, as well as 34 scientific journal publications, 33 technical reports, one book and five co-authored chapters published, and 6 other books edited. This co-operation is still in progress.

Profesor John Tinsley Oden

Profesor John Tinsley Oden urodził się w 1936 r. Studia inżynierskie na kierunku Inżynieria Lądowa ukończył na Uniwersytecie Stanowym w Luizjanie (1959), zaś studia magisterskie na Uniwersytecie Stanowym w Oklahomie (1960). Na tym samym Uniwersytecie uzyskał stopień doktora w dziedzinie mechaniki (1962). Jako „visiting” profesor pracował na kilku innych uniwersytetach: w USA, Anglii i Brazylii. Obecnie pracuje jako profesor na Uniwersytecie Teksas w Austin mając „Cockrell Family Regents' Chair in Engineering #2” na Wydziale Inżynierii. Jest założycielem i dyrektorem TICAM – Tekskańskiego Instytutu Matematyki Komputerowej i Stosowanej na tym Uniwersytecie.

Profesor J.T. Oden jest światowej rangi autorytetem w dziedzinie szeroko pojętej mechaniki komputerowej, mechaniki ciała stałego i mechaniki płynów, a także mechaniki konstrukcji. Swoje główne zainteresowania skierował na metodę elementów skończonych, a zwłaszcza na jej matematyczne podstawy, analizę błędów i podejście adaptacyjne. Jego aktualne prace badawcze są poświęcone rozwijaniu analizy i komputerowej realizacji strategii adaptacyjnego sterowania w mechanice komputerowej. Obejmują one także akustykę, teorię równań różniczkowych cząstkowych, analizę numeryczną ze szczególnym uwzględnieniem estymacji błędów

a'priori i a'posteriori oraz metody bezsiatkowe. Zastosowania tych prac obejmują mikromechanikę, kompozyty, dynamikę płynów, zagadnienia obliczeniowe akustyki konstrukcji oraz problemy kształtu i tarcia w mechanice ciała stałego.

Profesor J.T. Oden jest autorem lub współautorem 24 monografii oraz 54 rozdziałów w innych monografiach. Są to dzieła z zakresu mechaniki komputerowej, matematyki stosowanej, metod wariacyjnych, a przede wszystkim metody elementów skończonych. Jego monografia o nieliniowej mechanice ośrodka ciągłego (1972) została przetłumaczona na język rosyjski (1976), japoński (1980) oraz chiński (1981). Jest współautorem fundamentalnego, sześciotomowego dzieła na temat metody elementów skończonych (1981–1986). Pracował jako redaktor lub współredaktor 25 monografii z powyższej tematyki. Jest autorem lub współautorem 250 artykułów publikowanych w czasopismach naukowych oraz 115 w materiałach konferencji naukowych, 210 raportów z prac badawczych oraz 284 referatów wygłoszonych na zaproszenie rozmaitych instytucji.

Profesor jest członkiem redakcji dwudziestu międzynarodowych czasopism naukowych oraz redaktorem naczelnym czasopisma „Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering” i współredaktorem „International Journal of Engineering Science”. Jest również redaktorem serii „Finite Elements in Flow Problems” i „Computational Methods in Nonlinear Mechanics”.

Profesor Oden, były członek US National Academy of Engineering i były przewodniczący, a obecnie członek American Academy of Mechanics oraz Society of Engineering Science jest również członkiem stowarzyszeń American Society of Mechanical Engineering, American Society of Civil Engineering oraz British Institute for Mathematics and Its Applications. Był założycielem i przewodniczącym międzynarodowego stowarzyszenia International Association for Computational Mechanics oraz jego amerykańskiego oddziału; przewodniczącym zarządu stowarzyszenia Engineering Mechanics Divisions of the ASCE oraz US National Committee on Theoretical and Applied Mechanics.

Osiągnięcia naukowe i aktywność przyniosły mu bardzo liczne honorowe nagrody i wyróżnienia, tak amerykańskie, jak i międzynarodowe, w tym doktoraty honorowe Uniwersytetu w Lizbonie i Wydziałów Politechnicznych w Mons w Belgii.

Dobrze znana jest współpraca naukowa Profesora z młodymi badaczami przybywającymi z wielu krajów, aby pracować pod Jego kierunkiem. Był promotorem 31 prac magisterskich, 39 ukończonych przewodów doktorskich. Sprawował opiekę naukową nad wieloma stażystami-doktorami. Należy tu podkreślić Jego wieloletnią (od 1979 r. do chwili obecnej) współpracę naukową z Politechniką Krakowską. Rezultatami jej są m.in.: 1 tytuł profesorski, 3 ukończone przewody habilitacyjne i 2 doktoraty, wspólne publikacje prac badawczych w czasopismach naukowych (34) oraz raportów (33), współautorstwo jednej monografii oraz pięciu rozdziałów w innych monografiach, a także wspólna redakcja sześciu innych monografii. Współpraca ta jest nadal rozwijana.

The Promise of Computational Engineering and Science: Will it be kept?

1. The Promise

Computational engineering and science, the discipline concerned with the use of computational methods and devices to simulate physical events and engineering systems, is being heralded as one of the most important developments in recorded history. Computation is now viewed as a new pillar of science, standing beside the classical pillars of theory and observation, as a fundamental underpinning of scientific inquiry and a new component of the scientific method. It has created a revolution in engineering, dramatically expanding the scope and fidelity of engineering analysis and design. It has enabled the study and prediction of a myriad of events, including the behaviour of aircraft, ships, automobiles, trains, and space vehicles; of electrical circuits, computer chips, waveguides, and antennas; of machine parts, piping systems oil reservoirs, submicron. devices, semiconductors; of galaxies, supernova, black holes; of biological and biomedical systems, blood flow, of cellular structures; of ocean currents, geological events, the atmosphere and weather; every conceivable product in modern technology and all natural phenomena in the physical universe. It will thus impact virtually every aspect of human life, our health, communication, security, transportation, and quality of life and it will open vistas not available before to the human species. This is the great promise of computational engineering and science.

2. Keeping the Promise

Will this promise be kept?

An immediate answer is that the fulfilment of the great promise has the potential of being met at various levels: at the lowest, computational science will provide very qualitative information on certain events, useful, but not to be completely trusted as an alternative to more traditional approaches, testing and physical experiments. At the highest level, it will displace countless laboratory tests and will be a major factor in making decisions that affect human life and well-being, in making possible great advancements in technology, and in furthering our understanding of the physical universe.

Which level is achieved depends upon two factors: first and most important is **reliability**, the measure of confidence that can be assigned to computer simulations – their accuracy and the perseverance of quality of predictions of

behaviour under numerous parameter changes. Second, the level achieved will obviously depend upon the continued development and advancement of the subject itself and its tools of implementation. This embodies the perpetual enrichment and expansion of the mathematical theories and methods of science and engineering, on the mathematics of approximation and numerical analysis, on algorithms, data structures, architecture, on enabling computer science technologies, and, fundamentally, upon the continued development of computers and computational devices capable of treating problems of increasing size and complexity. Yet, the great promise will not be fulfilled by simply developing larger and faster computers – these are of limited value if the simulations themselves are unreliable.

3. Dissecting Reliability

What does reliability of computational results mean and what factors affect it? A fact that must be understood is that all computer simulations are imperfect and are, in a sense, wrong. They must be based on imperfect characteristics of nature and they contain inherent error due to the necessary rendering of these characterizations to discrete forms manageable by digital computers. Thus, reliability has to do with how much these inherent errors can be quantified and controlled: Reliability, in a real sense, should be quantifiable; it may be measured in terms of the probability that a predicted event will be actually observed in the real world. Reliability may thus be understood in the following way: given data defining a model of an event of interest, this data itself being available only in some statistical form, determine the probability or level of uncertainty of the computed outcome, its variances and confidence bounds. These provide a measure of reliability. If all data is assumed to be deterministic, then reliability reduces to a measure of the accuracy of the computed prediction; that is, the difference between the computed outcome and what is perceived to be reality based on observations, including experiments, of the natural events, the error being measured in some appropriate manner.

The reliability of a computer prediction depends upon three basic factors: 1) the particular goal or goals of the simulation; 2) the mathematical model used to depict the phenomena of interest, and 3) the accuracy with which the model is solved. Mathematical models are the abstractions of reality characterized by mathematical formulas and operations designed to communicate and represent theories of natural events and engineering systems. Centuries of research have provided a plethora of such models, many with remarkable richness and predictive value that depict certain phenomena with amazing accuracy. They provide the language of science; they provide the vehicle with which precision is given to theory and to the mental processes used to establish and perpetuate what is known in science and engineering. Different mathematical models may be used to characterize different events, and the selection of a model is unquestionably the most important and primitive step in the entire process of computer simulation. The

selection is traditionally the responsibility of the analyst and is based on experience, judgement, empirical evidence, trial and error.

The process of determining whether a selected model is appropriate for a particular computational goal is called **validation**. It is, in general, a physical process, often requiring careful laboratory experiments, testing of components of the theory, observations of natural events, imaging, and other observational modalities. Validation may also have a mathematical side: is the model mathematically well posed? Does it involve parameters that admit to experimental determination? Are these determined values reproducible in a series of experiments? Is this model, in other words, stable with respect to changes in the parameters that characterize it? Also, validation is fundamentally a statistical process. The underlying parameters defining a model can only be determined within certain bounds and are thus dependent on random variables. It is in this sense that the ultimate predictions of the model are themselves random events and can only be interpreted within some probabilistic sense. Validation stands as a process crucial to the success of computer simulation. Advances in validation will be necessary if the great promise of computational engineering and science is to be fulfilled.

Once a goal of computations has been identified and a mathematical model is selected and validated to the satisfaction of the analyst, the reliability of the computation is still far from assured. Next comes the third component of reliability: the degree with which the model selected is solved correctly. This step is called **verification**. Verification is essentially a mathematical subject embracing approximation theories, numerical analysis, and, to many practitioners, software engineering, the technology dealing with the production of reliable software. However, verification is not totally concerned with the computational model – the discretized or digitalized version of the basic mathematical abstractions, although the fidelity of the computation is viewed as a verification concern by some analysts. It is, as defined above, a discipline aimed at determining if the mathematical model has been reliably solved. It too must necessarily deal with error, as the computer is incapable of delivering results which exactly agree with the solution provided by the model. But even if the computational model is solved with infinite precision, the results may be unrelated to those predictable by the mathematical model. The goal of verification is to quantify, control, and, when possible, minimize the approximation error, that is, the difference between the possible predictions of the model and the computed predictions.

Thus, the great promise of computational engineering and science depends upon the reliability of computer simulation which in turn depends upon the assessment and control of errors inevitable in the computational process – modeling errors due to the impossibility of capturing all of nature with mathematical abstraction and approximation error due to the impossibility of solving exactly the mathematical models of science and engineering. The level which the subject can ultimately attain depends upon how well these intrinsic errors can be measured, estimated, controlled, and minimized.

4. Computation as a Pillar of Science

Computational engineering and science is no more independent of theory and experiment than is a successful scientific theory independent of observation. The highest levels of achievement and value will be attained only through an ambitious, aggressive program of research that intermingles all components of computer simulations that affect reliability. This suggests that testing, observations, and computation must be ultimately integrated into some unified effort that can dynamically assess error, and make changes in the modelling and the computation to control it. Already, primitive versions of such systems exist in weather prediction and in other areas. These issues represent challenging but very worthwhile goals for science and engineering. Any progress toward meeting them will move us closer to fulfilling the great promise at the highest level.

Obietnica nauki i inżynierii obliczeniowej: Czy zostanie dotrzymana?

Tłumaczenie

1. Obietnica

Nauka i inżynieria obliczeniowa, dyscyplina parająca się zastosowaniem metod i narzędzi obliczeniowych do symulacji zjawisk fizycznych i systemów inżynierskich, jest zaliczana do najważniejszych osiągnięć w historii. Obliczenia są obecnie traktowane jako nowy fundament nauki, na równi z klasycznymi fundamentami teorii i obserwacji, jako zasadnicza podpora badań naukowych i nowy element naukowej metody. Spowodowały one rewolucyjne przemiany w inżynierii, ogromnie poszerzając zakres i dokładność inżynierskiej analizy i projektowania. Umożliwiły badanie i przewidywanie miliardów zjawisk, takich jak: zachowanie samolotów, statków, samochodów, pociągów i pojazdów kosmicznych; obwodów elektrycznych, układów scalonych, falowodów i anten; części maszyn, rurociągów, złóż ropy naftowej, urządzeń submikronowych, półprzewodników; galaktyk, supernowych, czarnych dziur; układów biologicznych i biomedycznych, przepływu krwi, struktur komórkowych; prądów oceanicznych, zjawisk geologicznych, atmosfery i pogody, każdego wyobrażalnego produktu nowoczesnej technologii i każdego zjawiska przyrody w świecie fizycznym. W ten sposób wycisną swoje piętno na każdej dziedzinie ludzkiego życia, naszym zdrowiu, wymianie informacji, bezpieczeństwie, zdolności przemieszczania się i jakości życia, otwierając nowe możliwości, nigdy wcześniej nie dostępne rodzajowi ludzkiemu. To jest wielka obietnica nauki i inżynierii obliczeniowej.

2. Dotrzymując słowa

Czy obietnica ta może zostać dotrzymana?

Bezpośrednia odpowiedź jest następująca: wypełnienie tej wielkiej obietnicy może być dokonane na różnych poziomach: na najniższym – nauka obliczeniowa dostarczy bardzo jakościowej informacji o pewnych zjawiskach, przydatnej, ale niegodnej absolutnego zaufania, jako alternatywa bardziej tradycyjnych sposobów postępowania, testów i eksperymentów fizycznych. Na najwyższym poziomie – zastąpi niezliczone doświadczenia laboratoryjne i będzie głównym czynnikiem w podejmowaniu decyzji mających wpływ na ludzkie życie i samopoczucie, w umożliwieniu wielkiego postępu w technologii i w pogłębianiu naszego zrozumienia świata fizycznego.

To, który z poziomów zostanie osiągnięty zależy od dwóch czynników: pierwszego i najważniejszego – **wiarygodności**, miary zaufania, które może być

pokładane w wynikach symulacji komputerowych – ich dokładności i utrzymywania wysokiej jakości przewidywanych zachowań pomimo zmiany wielu parametrów. Po drugie – osiągnięty poziom będzie w sposób oczywisty zależał od ciągłego rozwoju i postępu samego przedmiotu i narzędzi jego zastosowania. To umożliwia ciągłe wzbogacanie i rozwój metod i teorii matematycznych stosowanych w nauce i inżynierii, podstaw matematycznych aproksymacji i analizy numerycznej, algorytmów, struktur danych, architektury, technologii nauk komputerowych i, zasadniczo, ciągle zwiększanie możliwości komputerów i urządzeń obliczeniowych, które będą w stanie uporać się z problemami o rosnących rozmiarach i poziomie skomplikowania. Pomimo to, wielka obietnica nie zostanie spełniona przez zwykłe konstruowanie większych i szybszych komputerów – one mają ograniczoną wartość, jeśli symulacje same w sobie nie są wiarygodne.

3. Analizując wiarygodność

Co oznacza wiarygodność wyników obliczeń i jakie czynniki mają na nią wpływ? Faktem, który musi zostać zrozumiany jest to, że wszystkie symulacje komputerowe są niedoskonałe i w pewnym sensie błędne. Muszą być oparte na niedoskonałym opisie natury i opatrzone są nieuniknionym błędem wynikającym z konieczności przedstawienia tego opisu w postaci dyskretnej, dostępnej dla komputerów cyfrowych. Tak więc wiarygodność musi mieć do czynienia ze stopniem, w jakim te nieuniknione błędy mogą być kwantyfikowane i kontrolowane. Wiarygodność, w rzeczywistym sensie, powinna być kwantyfikowalna; może być mierzona stopniem prawdopodobieństwa, że przewidywane zjawisko będzie miało miejsce w świecie rzeczywistym. Wiarygodność może więc być rozumiana w następujący sposób: mając dane opisujące model interesującego nas zjawiska, gdy te dane dostępne są jedynie w postaci statystyk, należy ocenić prawdopodobieństwo, lub poziom niepewności obliczonego efektu końcowego, jego wariancje i granice zaufania. Te czynniki dostarczają miary wiarygodności. Jeżeli wszystkie dane mają charakter deterministyczny, wiarygodność sprowadza się do miary dokładności obliczonego rozwiązania; to jest różnicy pomiędzy obliczonym wynikiem i tym, co jest odbierane jako obiektywna rzeczywistość na podstawie obserwacji, włączając eksperymenty, naturalnych zjawisk, przy błędzie mierzonym w pewien właściwy sposób.

Wiarygodność rozwiązania numerycznego zależy od trzech podstawowych czynników: 1) konkretnego celu lub celów symulacji, 2) modelu matematycznego zastosowanego do opisu zjawisk będących przedmiotem zainteresowania, 3) dokładności, z jaką wyznaczono rozwiązanie modelu. Modele matematyczne są idealizacją rzeczywistości opisaną przez wzory i działania matematyczne, mające na celu przedstawienie i przekaz teorii dotyczących zjawisk natury i obiektów inżynierskich. Stulecia badań dostarczyły mnóstwa takich modeli, w tym wielu zaskakujących bogactwem i zdolnością przewidywania, pozwalającą na opisanie pewnych zjawisk ze zdumiewającą dokładnością. To one stanowią język nauki; dostarczają środ-

ka za pomocą którego precyzowane są teoria i proces myślowy stosowany do ustanawiania oraz uwieczniania tego, co znane w nauce i inżynierii. Różne modele matematyczne mogą być używane do opisu różnych zjawisk i dobór modelu jest niewątpliwie najbardziej podstawowym oraz istotnym krokiem w całym procesie symulacji komputerowej. Dobór ten, zgodnie z tradycją, jest dokonywany na odpowiedzialność badacza, na podstawie doświadczenia, oceny, danych empirycznych, prób i błędów.

Proces oceny: czy wybrany model, który jest odpowiedni dla konkretnego celu obliczeniowego nazywa się **walidacją**. W ogólności jest to proces fizyczny, często wymagający pieczołowitego przeprowadzenia badań laboratoryjnych, weryfikacji komponentów teorii, obserwacji zjawisk przyrody, obrazowania i innych sposobów obserwacji. Walidacja może również mieć stronę matematyczną: czy model jest matematycznie dobrze postawiony? Czy zawiera parametry, które podlegają wyznaczeniu na drodze eksperymentu? Czy tak wyznaczone wartości są powtarzalne w serii eksperymentów? Innymi słowy – czy ten model jest stabilny ze względu na opisujące go parametry? A zatem walidacja jest, zasadniczo, procesem statystycznym. Podstawowe parametry definiujące model mogą być wyznaczone jedynie w pewnych granicach, czyli zależą od zmiennych losowych. To właśnie w tym sensie ostateczne wyniki uzyskane dla modelu są zjawiskami losowymi i mogą być interpretowane w sensie probabilistycznym. Walidacja jawi się procesem podstawowym dla sukcesu symulacji komputerowej. Postępy w walidacji będą konieczne, jeżeli wielka obietnica nauki i inżynierii obliczeniowej ma zostać spełniona.

Nawet w chwili gdy cel obliczeń został określony, model matematyczny wybrany i dokonano jego walidacji, ku satysfakcji osoby prowadzącej obliczenia, wiarygodność wyników ciągle jeszcze nie została zapewniona. Teraz pojawia się trzeci składnik wiarygodności: stopień, do jakiego model został poprawnie rozwiązany. Ten etap nosi nazwę **weryfikacji**. Weryfikacja jest zasadniczo przedmiotem rozważań matematycznych obejmujących teorię aproksymacji, analizę numeryczną i, dla wielu praktyków, inżynierię oprogramowania, technologię prowadzącą do uzyskania niezawodnego oprogramowania. Jednakże weryfikacja nie jest związana **wyłącznie** z modelem obliczeniowym – zdyskretyzowaną lub cyfrową wersją podstawowych abstrakcji matematycznych, chociaż wierność obliczeń jest traktowana jako pewien problem weryfikacji przez niektórych badaczy. Jest to, jak zdefiniowano powyżej, dyscyplina ukierunkowana na stwierdzenie, czy model matematyczny został rozwiązany w sposób wiarygodny. Również ona, z konieczności, ma do czynienia z błędem, jako że komputer jest niezdolny do dostarczenia wyników, które ściśle zgodzą się z rozwiązaniem określonym przez model. Jednakowoż, jeżeli nawet model obliczeniowy zostanie rozwiązany z nieskończoną precyzją, wyniki mogą odbiegać od przewidywalnych przez model matematyczny. Celem weryfikacji jest kwantyfikacja, kontrola i, jeśli to możliwe, minimalizacja błędu aproksymacji, czyli różnicy pomiędzy możliwymi wynikami modelu i wynikami obliczonymi.

Tak więc wielka obietnica nauki i inżynierii obliczeniowej zależy od wiarygodności symulacji komputerowej, która z kolei zależy od oceny i kontroli błędów nieuniknionych w procesie obliczeniowym – błędów modelowania wynikających

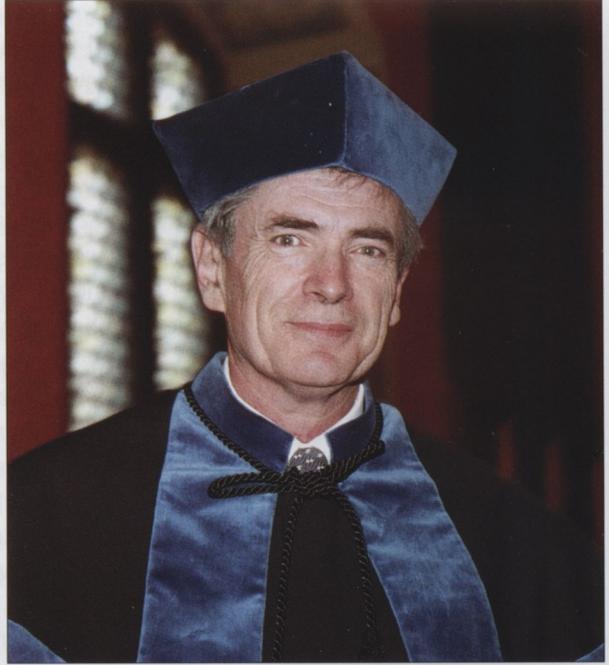
z niemożności uchwycenia opisu natury w całym jej bogactwie z matematyczną abstrakcją i błędą aproksymacji wynikającego z niemożności uzyskania ścisłego rozwiązania modeli matematycznych stosowanych w nauce i inżynierii. Poziom, na jaki możemy się wznieść ostatecznie zależy od tego, jak dokładnie te wewnętrzne błędy mogą być mierzone, szacowane, kontrolowane i minimalizowane.

4. Obliczenia jako fundament nauki

Nauka i inżynieria obliczeniowa zależą od teorii i doświadczenia w stopniu nie mniejszym niż poprawna teoria naukowa od obserwacji. Najwyższy poziom osiągnięć i największa wartość zostaną osiągnięte jedynie poprzez ambitny, agresywny program badań, łączący wszystkie komponenty symulacji komputerowej mające wpływ na wiarygodność. Sugeruje to, że testy, obserwacje i obliczenia muszą być ostatecznie połączone w jedną całość, w której będzie można dynamicznie szacować błąd oraz dokonywać zmian w modelu i obliczeniach w celu utrzymania go pod kontrolą. Już obecnie istnieją proste wersje takich systemów w dziedzinie prognozowania pogody i w innych obszarach. Zagadnienia te przedstawiają trudne, ale wartościowe cele dla nauki i inżynierii. Jakikolwiek postęp w kierunku ich osiągnięcia zbliży nas ku wypełnieniu wielkiej obietnicy na najwyższym poziomie.

Thumaczenie Michał Pazdanowski

Prof. John Tinsley Oden,
doctor honoris causa
Doktor honoris causa
prof. John Tinsley Oden



*Assembly hall of Collegium Maius, Jagiellonian University
Aula Collegium Maius UJ*

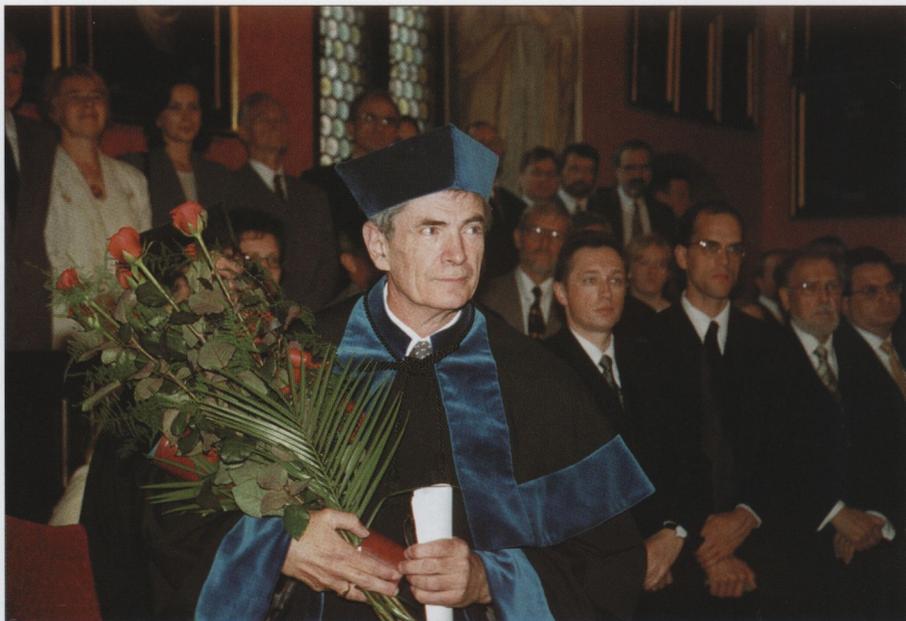


*Assembly hall of Collegium Maius, Jagiellonian University
Aula Collegium Maius UJ*



*Conferment of the title of doctor honoris causa – from left: Prof. Kazimierz Flaga,
the Rector, Prof. Kazimierz Furtak, Dean of the Faculty of Civil Engineering,
Prof. John Tinsley Oden, doctor honoris causa*

*Nadanie godności doktora honoris causa – od lewej: JM Rektor prof. Kazimierz Flaga,
Dziekan Wydziału Inżynierii Lądowej prof. Kazimierz Furtak,
doktor honoris causa prof. John Tinsley Oden*



*Assembly hall of Collegium Maius Jagiellonian University – Prof. John Tinsley Oden, doctor honoris causa
Aula Collegium Maius UJ – doktor honoris causa prof. John Tinsley Oden*



*At the commemorative plaque – from left: Prof. Kazimierz Flaga, the Rector,
Prof. John Tinsley Oden, doctor honoris causa, Prof. Janusz Orkisz
Pod tablicą pamiątkową – od lewej: JM Rektor prof. Kazimierz Flaga,
doktor honoris causa prof. John Tinsley Oden, prof. Janusz Orkisz*



*Prof. John Tinsley Oden, doctor honoris causa and Prof. Gwidon Szefer
Doktor honoris causa prof. John Tinsley Oden i prof. Gwidon Szefer*

Spis treści

Wstęp w języku polskim	4
Wstęp w języku angielskim	6
Profesor James C. I. Dooge, Irlandia	9
Profesor Artur Wieczysty, Polska	33
Profesor John Tinsley Oden, USA	59

Contents

Introduction (Polish)	4
Introduction (English)	6
Professor James C. I. Dooge, Ireland	9
Professor Artur Wieczysty, Poland	33
Professor John Tinsley Oden, USA	59



S. 09

S. 20

-Zarejestrowano
w OIN Biblioteki PK
BIBLIOGRAFIA
18.06.2008

Biblioteka Politechniki Krakowskiej

II-330684



Inf. Nauk.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000226138