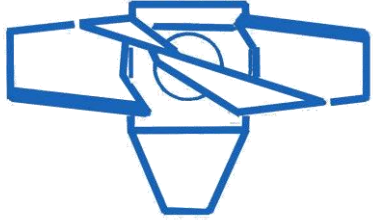


HYDRO FORUM



XIII Polska Konferencja Hydroenergetyczna
XIIIth Polish Hydropower Conference

Kraków, Hotel „Premier Kraków”
EW Świnna Poręba
16-18.10.2024

MATERIAŁY KONFERENCYJNE CONFERENCE PROCEEDINGS



Izba Gospodarcza
WODOCIĄGI POLSKIE



Państwowe
Gospodarstwo Wodne
Wody Polskie



WODOCIĄGI
Miasta Krakowa

Towarzystwo Elektrowni Wodnych

iha affiliate
member
International Hydropower Association



TRMEW



IMP
P A N
GDAŃSK

Wspólnie

dla zielonej energii w Polsce



Myślimy o przyszłości. Chcemy zapewnić klientom dostęp do czystej energii

Jesteśmy jednym z liderów zielonej energetyki w Polsce. Jako część Grupy ORLEN realizujemy ambitny plan zmniejszenia emisyjności wytwarzanej energii. Dążymy do tego m.in. poprzez rozwój OZE na lądzie i udział w projektach morskich farm wiatrowych. Dbamy o równowagę między zapewnieniem bezpieczeństwa energetycznego, a troską o nasze otoczenie.

Zrównoważony rozwój. Z szacunkiem dla środowiska.



Wspólnie dla
EKOLOGII



Energa

GRUPA ORLEN

Trzynasta
Polska Konferencja Hydroenergetyczna

Hotel „Premier Kraków”, 16-17.10.2024
OS Płaszów / EW Świnna Poręba, 18.10.2024

The Thirteenth
Polish Hydropower Conference

„Premier Kraków” Hotel, 16-17.10.2024
Płaszów WWTP / Świnna Poręba HPP, 18.10.2024



zorganizowana przez

Towarzystwo Elektrowni Wodnych
Instytut Maszyn Przepływowych
im. Roberta Szewalskiego
Polskiej Akademii Nauk

Towarzystwo
Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych

Wydział Inżynierii
Elektrycznej i Komputerowej
Politechniki Krakowskiej

pod patronatem

PGW Wody Polskie
Izby Gospodarczej Wodociągi Polskie

przy współpracy z

Regionalnym Zarządem
Gospodarki Wodnej Kraków
Spółką Wodociągi Miasta Krakowa
Konsorcjum Projektu Life NEXUS

MATERIAŁY
KONFERENCYJNE

organised by

Polish Hydropower Association

Robert Szewalski
Institute of Fluid-Flow Machinery
of Polish Academy of Sciences

Polish Association
for Small Hydropower Development

Faculty of Electrical
and Computer Engineering
of Cracow University of Technology

under auspices of

State Water Holding Polish Waters
Polish Waternetworks
Commercial Chamber

under collaboration with

Regional Water Management Authority
Cracow
Cracow City Waternetworks Company
Life NEXUS Project Consortium

CONFERENCE
PROCEEDINGS



Wydawnictwo
Instytutu Maszyn Przepływowych
Polskiej Akademii Nauk

Gdańsk, październik 2024

Publishing House
of the Institute of Fluid-Flow Machinery
of the Polish Academy of Sciences

Gdansk, October 2024

Pod redakcją / Edited by:

Janusz Steller Instytut Maszyn Przepływowych PAN
Towarzystwo Elektrowni Wodnych

Wydawnictwo Instytutu Maszyn Przepływowych
Polskiej Akademii Nauk
ul. Fiszera 14, 80-231 Gdańsk, Poland
tel. 58-52-25-141, fax: 58-341-61-44,
e-mail: redakcja@imp.gda.pl

Sugerowany sposób cytowania:

Polska Konferencja Hydroenergetyczna HYDROFORUM 2024.
Materiały Konferencyjne, TEW / IMP PAN, Kraków/Gdańsk, 2024

Suggested citation:

HYDROFORUM 2024 Polish Hydropower Conference
Conference Proceedings, TEW / IMP PAN, Kraków/Gdansk (Poland), 2024

© Copyright by Towarzystwo Elektrowni Wodnych, Włocławek 2024,
Instytut Maszyn Przepływowych Polskiej Akademii Nauk, Gdańsk 2024

ISBN 978-83-66928-15-2



Druk i oprawa:

Instytut Energetyki Oddział Gdańsk

adres korespondencyjny:

ul. Mikołaja Reja 27, 80-870 Gdańsk

Nakład: 130 egzemplarzy (w tym 90 na nośnikach elektronicznych)

Okładka przedstawia Zaporę Świnna Poręba na Skawie .
The cover page shows the Świnna Poręba Dam at Skawa River (Poland).

Patronat



Państwowe
Gospodarstwo Wodne
Wody Polskie



Izba Gospodarcza
WODOCIĄGI POLSKIE

Auspices

State Water Holding Polish Waters
ul. Żelazna 59a, 00-848 Warszawa
<https://www.wody.gov.pl/>

Polish Waterworks Commercial Chamber
ul. Jana Kasprowicza 2, 85-073 Bydgoszcz
<https://www.igwp.org.pl/>

Organizatorzy



Towarzystwo Elektrowni Wodnych



Institut Maszyn Przepływowych
im. Roberta Szewalskiego
Polskiej Akademii Nauk



Towarzystwo Rozwoju
Małych Elektrowni Wodnych



Wydział Inżynierii
Elektrycznej i Komputerowej
Politechniki Krakowskiej

Organisers

Polish Hydropower Association
ul. Piaskowa 18, 84-240 Reda,
www.tew.pl

*Szewalski Institute of Fluid-Flow Machinery
of the Polish Academy of Sciences*
ul. Fiszerza 14, 80-231 Gdańsk,
www.imp.gda.pl

*Polish Association
for Small Hydropower Development*
ul. Królowej Jadwigi 1, 86-300 Grudziądz,
www.trmew.pl

*Faculty of Electrical and Computer Engineering
of Cracow University Technology*
ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków
<https://wieik.pk.edu.pl>

Partnerzy



Państwowe
Gospodarstwo Wodne
Wody Polskie

Regionalny
Zarząd Gospodarki
Wodnej Kraków



WODOCIĄGI
Miasta Krakowa

Regional Water Management Authority Cracow
ul. Marszałka J. Piłsudskiego 22, 31-109 Kraków
<https://www.wody.gov.pl>

Cracow City Waternetworks Company
ul. Senatorska 1, 30-106 Kraków
<https://wodociagi.krakow.pl/>



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

A project co-funded by the LIFE
financial instrument of the European Commission
LIFE17 ENV/ES/000252
and the National Fund for Environmental
Protection and Water Management
<https://www.lifenexus.eu/>



Energia Odnawialna S.A.

PGE Energia Odnawialna SA
ul. Ogrodowa 59a, 00-876 Warszawa, Poland,
<https://pgeeo.pl/>

**ENERGETYKA
WODNA**

**GOSPODARKA
WODNA**

TVP 3
KRAKÓW

zek HYDRO

ien Instytut
Energetyki
INSTYTUT
BADAWCZY
ODDZIAŁ GDAŃSK

WYDAWNICTWO
IMP PAN

ul. Skrajna 41a, 25-650 Kielce

www.energetykawodna.info

e-mail: redakcja@energetykawodna.info

SIGMA-NOT Spółka z o.o.

ul. Ratuszowa 11, 03-450 Warszawa

<http://gospodarkawodna.net/>

e-mail: gospodarkawodna@sigma-not.pl

Telewizja Polska S.A. Oddział w Krakowie

Krzemionki 30, 30-525 Kraków

<https://krakow.tvp.pl/>

e-mail: sekretariat.krakow@tvp.pl

zek-VERLAG

Mag. Roland Gruber e.U.

Brunnenstraße 1, A-5450 Werfen

www.zek.at, e-mail: mz@zek.at

Institute of Power Engineering, Gdansk Division

ul. Mikołaja Reja 27, 80-870 Gdańsk

<http://www.ien.gda.pl>,

e-mail: ien@ien.gda.pl

IMP PAN Publishers

ul. Fiszera 14, 80-231 Gdańsk,

<http://www.imp.gda.pl/wydawnictwa/>,

e-mail: jfrk@imp.gda.pl



ANDRITZ HYDRO GmbH
Escher-Wyss-Weg 1
88212 Ravensburg / Germany
andritz.com



Tauron Ekoenergia Sp. z O.O.
ul. Obrońców Pokoju, 2B 58-500 Jelenia Góra
<https://ekoenergia.tauron.pl/>
e-mail: te.sekretariat@tauron.pl



Energa SA
al. Grunwaldzka 472, 80-309 Gdańsk
energa.pl



KISIELEWSKI Sp. z o. o.
Ligota Wołczyńska 70, 46-250 Wołczyn
<https://kisielewski.pl/>

Sponsorzy

Sponsors



Belse Sp.z o.o.
ul. Szyprów 17, 43-382 Bielsko-Biała
<https://www.belse.com.pl/>



ENERGOPROJEKT -WARSZAWA SA
Al. Niepodległości 58, 02-626 Warszawa
<https://www.energoprojekt.pl/>
e-mail: epw@energoprojekt.pl



HZBUD Sp. z o.o.
ul. Wojska Polskiego 88c, 65-762 Zielona Góra
<https://hzbud.pl/>



Institute of Renewable Energy Sources
ul. Skrajna 41a, 25-650 Kielce,
<http://www.instytutoze.pl/pl/>



PFTechnology Sp. z o.o.
ul. Kościuszki 96, 26-680 Wierzbica
<https://www.pftechnology.eu/pl/>



T.I.S. Polska Sp. z o.o.
ul. Ożarowska 30D, Duchnice,
05-850 Ożarów Mazowiecki
www.tispolska.pl



Zespół Elektrowni Wodnych
Niedzica S.A.

Niedzica Group of Hydropower Plants
ul. Widokowa 1, 34-441 Niedzica
<http://www.zzw-niedzica.com.pl/>

¹ The grey italics denote unofficial translations by the editor of this volume

Komitet Honorowy

Honorary Committee

Waldemar Jedral	Politechnika Warszawska, Profesor em. <i>Warsaw University of Technology, Professor emeritus</i>
Wojciech Kozak	Państwowe Gospodarstwo Wodne "Wody Polskie", Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej Kraków, Dyrektor <i>State Water Holding „Polish Waters”, Regional Water Management Authority Cracow, Director</i>
Marcin Lackowski	Instytut Maszyn Przepływowych PAN, Profesor i Dyrektor <i>Institute of Fluid Flow Machinery, Pol.Ac.Sci., Professor and Director,</i>
Ewa Malicka	Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych, Prezeska Zarządu/ <i>Polish Association for Small Hydropower Development, President</i>
Janusz Plutecki	Politechnika Wroclawska, Profesor em. <i>Wroclaw University of Science and Technology, Professor emeritus</i>
Bogdan Popa	Narodowy Uniwersytet Techniczny "Politechnika Bukaresztańska"; Wydział Energetyki; Katedra Hydrauliki, Maszyn Hydraulicznych i Inżynierii Środowiska, Profesor <i>National University of Science and Technology POLITEHNICA Bucharest Faculty of Energy Engineering, Department of Hydraulics, Hydraulic Machinery and Environmental Engineering, Professor</i> Rumuńskie Towarzystwo MEW, Prezes <i>Romanian Small Hydropower Association, President</i>
Petras Punys	Uniwersytet Witolda Wielkiego, Kowno, Litwa, Profesor <i>The Vytautas Magnus University, Kaunas, Lithuania, Professor</i> Litewskie Towarzystwo Energetyki Wodnej, Prezes honorowy <i>Lithuanian Hydropower Association, Honorary President</i>
Piotr Sulowicz	Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej Politechniki Krakowskiej, Profesor i Dziekan <i>Faculty of Electrical and Computer Engineering of Cracow University of Technology, Professor and Dean</i>

Komitet Naukowy

Scientific Committee

Dariusz Borkowski	Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej Politechniki Krakowskiej, Profesor i Prodziekan <i>Faculty of Electrical and Computer Engineering of Cracow University of Technology, Professor and Vice Dean</i>
Waldemar Jedral	Politechnika Warszawska, Profesor em. <i>Warsaw University of Technology, Professor emeritus</i>
Maciej Kaniecki	TG DNALOP Sp. z O.O., Project Manager
Zbigniew Krzemianowski	Instytut Maszyn Przepływowych PAN, starszy specjalista <i>Institute of Fluid-Flow Machinery, Pol. Ac. Sci./ senior specialist</i>
Janusz Plutecki	Politechniki Wrocławskiej, Profesor em. <i>Wroclaw University of Science and Technology, Professor emeritus</i>
Bogdan Popa	Narodowy Uniwersytet Techniczny “Politechnika Bukaresztańska”; Wydział Energetyki; Katedra Hydrauliki, Maszyn Hydraulicznych i Inżynierii Środowiska, Profesor <i>National University of Science and Technology POLITEHNICA Bucharest Faculty of Energy Engineering, Department of Hydraulics, Hydraulic Machinery and Environmental Engineering, Professor</i>
Petras Punys	Uniwersytet Witolda Wielkiego, Kowno, Litwa, Profesor <i>The Vytautas Magnus University, Kaunas, Lithuania, Professor</i>
Janusz Steller	Instytut Maszyn Przepływowych PAN, starszy specjalista <i>Institute of Fluid-Flow Machinery, Pol. Ac. Sci./ senior specialist</i> Towarzystwo Elektrowni Wodnych, Prezes Zarządu <i>Polish Hydropower Association, Chairman of the Board</i>
Grzegorz Żywica	Instytut Maszyn Przepływowych PAN, Profesor i Z-ca Dyrektora ds. Naukowych <i>Institute of Fluid Flow Machinery, Pol.Ac.Sci., Professor and Deputy Director on Science</i>

Komitet Organizacyjny

Organising Committee

Janusz Steller	Instytut Maszyn Przepływowych PAN, starszy specjalista <i>Institute of Fluid-Flow Machinery, Pol. Ac. Sci./ senior specialist</i> Towarzystwo Elektrowni Wodnych, Prezes Zarządu <i>Polish Hydropower Association, Chairman of the Board</i> Przewodniczący Komitetu, <i>Chairman of the Committee</i>
Henryka Stachowicz	Towarzystwo Elektrowni Wodnych, Wiceprezes Zarządu, Dyrektor Biura TEW <i>Polish Hydropower Association,</i> <i>Deputy Chairman of the Board, Director of the TEW Office</i> Sekretarz Konferencji, <i>Conference Secretary</i>
Dariusz Borkowski	Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej Politechniki Krakowskiej, Profesor i Prodziekan <i>Faculty of Electrical and Computer Engineering</i> <i>of Cracow University of Technology, Professor and Vice Dean</i>
Paweł Franczak	Państwowe Gospodarstwo Wodne "Wody Polskie", RZGW Kraków, kierownik Zbiornika Wodnego Świnna Poręba <i>State Water Holding „Polish Waters”,</i> <i>Regional Water Management Authority Cracow,</i> <i>Head of Swinna Poreba Water Reservoir</i>
Magdalena Gala	Państwowe Gospodarstwo Wodne "Wody Polskie", RZGW Kraków, rzecznik prasowy <i>State Water Holding „Polish Waters”,</i> <i>Regional Water Management Authority Cracow, press secretary</i>
Iwona Goldasz	Wydział Inżynierii Elektrycznej i Komputerowej Politechniki Krakowskiej, starszy specjalista <i>Faculty of Mechanical and Power Engineering</i> <i>of Wrocław University of Science and Technology, senior specialist</i>
Stanisław Lewandowski	Towarzystwo Elektrowni Wodnych, Prezes Honorowy <i>Polish Hydropower Association, Honorary President</i> EasyServ Sp. z O.O. Sp. z o.o. spółka komandytowa <i>Komandytariusz / Limited Partner</i>
Michał Lis	Towarzystwo Rozwoju Małych Elektrowni Wodnych <i>Polish Association for Hydropower Development</i> "Energetyka Wodna", Redaktor prowadzący / <i>Executive Editor</i>
Zbigniew Stachowicz	Instytut Energetyki Oddział Gdańsk <i>Institute of Power Engineering, Gdansk Branch</i> Towarzystwo Elektrowni Wodnych, <i>Polish Hydropower Association</i>
Krzysztof Zawisza	Państwowe Gospodarstwo Wodne "Wody Polskie", RZGW Kraków, kierownik EW Świnna Poręba <i>State Water Holding „Polish Waters”, Regional Water Management</i> <i>Authority Cracow, Head of Swinna Poreba HPP</i>
Tadeusz Żaba	Wodociągi Miasta Krakowa Sp. z O.O., Dyrektor Produkcji <i>Cracow City Waternetworks Company, Head of Production</i> Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, adiunkt <i>Cracow University of Technology,</i> <i>Faculty of Environmental and Power Engineering, fellow</i>

Spis treści

Przedmowa	1
Program konferencji	5
Streszczenia wystąpień konferencyjnych	
Sesja I: Gospodarka wodna i hydroenergetyka - projekty, technologie, uwarunkowania	
1.2. Z. Kowalski, B. Tkocz: <i>Technologia wykorzystania osadów dennych z Jeziora Rożnowskiego do produkcji substytutów kruszyw mineralnych stosowanych w budownictwie..</i>	11
1.3. E. Malicka: <i>Uwarunkowania ekonomiczno-prawne rozwoju małych elektrowni wodnych w Polsce</i>	12
1.4. D. Wygoda, P. Kisielewski: <i>Wysokosprawny hydrogenerator modułowy dla małych elektrowni wodnych</i>	14
1.6. M. Lackowski: <i>Magazynowanie energii cieplnej jednym ze sposobów magazynowania energii.....</i>	18
Sesja III: Elastyczność systemu elektroenergetycznego a hybrydyzacja elektrowni wodnych	
3.1. R. Koropis: <i>Usługi systemowe i usługi elastyczności - nowe możliwości współpracy energetyki wodnej z Krajowym Systemem Elektroenergetycznym</i>	19
3.2. J. Skrzypacz, A. Machalski, P. Szulc, D. Błoński, M.. Nemś, A. Nycz: <i>D-Hydroflex. Digital solutions for improving the sustainability performance and FLEXibility potential of HYDROpower assets. Funkcjonalność i architektura projektu</i>	21
3.3. J. Jurasz, B. Bochenek, E. Kasiulis: <i>Hybrydowe systemy hydrosolarne: proste rozwiązanie na czasy wyzwań (EN).....</i>	24
3.4. A. Kamonciak: <i>Zastosowanie instalacji PV do wspomaganie zasilania potrzeb własnych MEW na przykładzie Kaskady Raduni</i>	26
3.5. E. Kasiulis, J. Jurasz: <i>Ocena hybrydyzacji małej energetyki wodnej i fotowoltaiki: studium przypadku z Litwy (EN)</i>	28
3.6. Y. Cui, J. Jurasz: <i>Hydroenergetycznie zdominowany komplementarny system wieloenergetyczny w dobie niskowęglowej: Studium systemu Longyangxia w Chinach (EN)</i>	30
Sesja VI: Energetyka szczytowo-pompowa	
6.1 M. Kubecki: <i>Energetyka szczytowo – pompowa i magazynowanie energii – przegląd rynku, trendy krajowe i zagraniczne</i>	33
6.3 A. Voychenko, M. Levytskyi: <i>Aktualizacja projektu budowy Kaniewskiej ESP jako odpowiedź na bieżące wyzwania i zmiany w Połączonym Systemie Energetycznym Ukrainy (EN)</i>	36
Sesja VII: Life NEXUS: odzysk energii i armatura hydrauliczna w energetyce wodnej	
7.1 A. Kuriqi, H. M. Ramos, P.S.M Guruprasad: <i>Zintegrowane strategie poprawy zrównoważenia infrastruktury miejskiej poprzez odzysk energii (EN)</i>	39
7.2 M. Piękoś: <i>Zastosowanie turbin wodnych w sieciach ciepłowniczych - turbiny kompaktowe MPEC Kraków</i>	41
7.4 S. Wróblewski: <i>Wykorzystanie obliczeń numerycznych na potrzeby projektowania zaworów do energetyki wodnej</i>	46

Sesja VIII: Prace badawczo-rozwojowe I

8.1	A. Neagoe, G.-E. Dumitran, L.-I. Vuță, E.-I. Tică, B. Popa, M.-V. Birsan: <i>Model komputerowy i fizyczny do prognozowania przepływu dla potrzeb energetyki wodnej (EN)</i>	49
8.2	P. Punys, L. Jurevičius: <i>Oprogramowanie do oceny wykonalności projektów małych elektrowni wodnych: przegląd (EN)</i>	51
8.3	M. Kaniecki, M. Lewandowski, Z. Krzemianowski: <i>Mechanizmy tworzenia zjawisk niestacjonarnych w układzie przepływowym turbin Francisza oraz sposoby ich łagodzenia</i>	53
8.4	Z. Krzemianowski, J. Steller, M. Kaniecki: <i>Badania modelowe niskospadowej turbiny Francisza o wysokim wyróżniku szybkobieżności</i>	57
8.6	K. Kusukana, J. Jurasz: <i>Zagospodarowywanie niewykorzystanego potencjału: przegląd układów hydrokinetycznych na wodzie dolnej elektrowni wodnych (EN)</i>	61

Sesja IX: Dobre praktyki i prace badawczo-rozwojowe II

9.1	Ł. Kalina: <i>Zwiększanie potencjału technicznego elektrowni wodnych na wybranych przykładach</i>	67
9.2	D. Liszka, D. Borkowski, S. Grądziel: <i>Innowacyjny sposób regulowania podczas pracy kąta łopat wirników turbin wodnych, zwłaszcza dla nisko spadowych elektrowni wodnych</i>	70
9.3	G. Wiszniewski: <i>Wysokosprawne turbiny wodne typu Kaplana - prace B+R zrealizowane przez WTW Poland Sp. z O.O.</i>	72
9.4	R. Masek: <i>Kompozyty Belzona w energetyce wodnej</i>	74
9.5	K. Górlicka, J. Przydatek: <i>Zastosowanie filtrów samoczyszczących w energetyce wodnej</i>	77
9.6	M. Lis, E. Bogacka: <i>Wyjazdy studyjne w procesie budowania wiedzy eksperckiej dla branży hydroenergetycznej</i>	79

Załączniki

	HYDROFORUM 2024. Lista uczestników	81
	HYDROFORUM 2023. Sprawozdanie z XII Polskiej Konferencji Hydroenergetycznej	85

Contents

Preface	3
Conference programme	8
Abstracts of Conference Contributions	
Session I: Water management and hydropower - projects, technologies, constraints	
1.2. Z. Kowalski, B. Tkocz: <i>The technology to produce the natural aggregate substitutes out of the Roznow Lake sewage deposits (PL)</i>	11
1.3. E. Malicka: <i>Economic and legal constraints for small hydropower development in Poland (PL)</i>	12
1.4. D. Wygoda, P. Kisielewski: <i>A highly efficient modular hydrogenerator for small hydropower installations (PL)</i>	14
1.6. M. Lackowski: <i>Heat storage as one of energy storage technologies (PL)</i>	18
Session III: Power grid elasticity and hybridization of hydropower plants	
3.1. R. Koropis: <i>Ancillary and elasticity services - new opportunities for hydropower collaboration with the National Power Grid (PL)</i>	19
3.2. J. Skrzypacz, A. Machalski, P. Szulc, D. Błoński, M. Nemś, A. Nycz: <i>D-Hydroflex. Digital solutions for improving the sustainability performance and FLEXibility potential of HYDROpower assets. System functionality and architecture (PL)</i>	21
3.3. J. Jurasz, B. Bochenek, E. Kasiulis: <i>Hybrid hydro-solar systems: a straightforward solution in challenging times</i>	24
3.4. A. Kamonciak: <i>A PV installation as used to support the internal needs of an SHP installation at an example of the Radunia River Cascade (PL)</i>	26
3.5. E. Kasiulis, J. Jurasz: <i>Small hydropower and solar PV hybridization assessment: a case study from Lithuania</i>	28
3.6. Y. Cui, J. Jurasz: <i>Hydropower-dominated multi-energy complementary system in the low carbon era: a case study of Longyangxia, China</i>	30
Session VI: Pumped Storage Hydropower	
6.1 M. Kubecki: <i>Energy storage including pumped storage technology - market review, domestic and foreign trends (PL)</i>	33
6.2 A. Voychenko, M. Levytskyi: <i>The updated design of the Kaniv PSP construction as a response to current challenges and changes in the United Energy System of Ukraine</i>	36
Session VII: Life NEXUS: hydraulic energy recovery and hydropower fittings	
7.1 A. Kuriqi, H. M. Ramos, P.S.M Guruprasad: <i>Integrated strategies to improve the sustainability of urban water infrastructures through energy recovery</i>	39
7.2 M. Piękoś: <i>The use of micro turbines for the heating network automation (PL)</i>	41
7.4 S. Wróblewski: <i>Numerical computations as applied in design process of valves to be used in hydropower installations (PL)</i>	46

Session VIII: Research & development works I

8.1	A. Neagoe, G.-E. Dumitran, L.-I. Vuță, E.-I. Tică, B. Popa, M.-V. Birsan: <i>Computer based and physical model for flow forecasting for hydropower</i>	49
8.2	P. Punys, .L Jurevičius: <i>Software for assessment of small hydropower project feasibility: a review</i>	51
8.3	M. Kaniecki, M.Lewandowski, Z. Krzemianowski: <i>The mechanisms of non-stationary phenomena development in a Francis turbine flow system and the methods of their mitigation (PL)</i>	53
8.4	Z. Krzemianowski, J. Steller, M. Kaniecki: <i>Model tests of a low head and high specific speed Francis turbine (PL)</i>	57
8.6	K. Kusukana, J. Jurasz: <i>Harnessing Untapped Potential: A Review of Hydrokinetic Systems in Hydropower Tailraces</i>	61

Session IX: Good practices and research & development works II

9.1	Ł. Kalina: <i>Increasing technical potential of hydropower installations - selected examples (PL)</i>	67
9.2	D. Liszka, D. Borkowski, S. Grądział: <i>An innovative technique of the hydraulic turbine runner vane angle adjustment during turbine operation - especially in low head hydropower installations (PL)</i>	70
9.3	G. Wiszniewski: <i>High efficiency Kaplan turbines - R&D works conducted by WTW Poland Sp. z O.O.</i>	72
9.4	R. Masek: <i>Belzona composites in hydropower installations</i>	74
9.5	K. Górlicka, J. Przydatek: <i>The use of self-cleaning filters in hydropower sector (PL)</i>	77
9.6	M. Lis, E.Bogacka: <i>Study tours in the process of developing expert knowledge for the hydropower sector (PL)</i>	79

Appendices

	HYDROFORUM 2024. List of delegates	81
	HYDROFORUM 2023.Report on the XIIth Polish Hydropower Conference (PL)	85

Sesja VIII

Prace badawczo-rozwojowe I

Session VIII

Research & development works I

- 8.1. Angela Neagoe, Gabriela-Elena Dumitran, Liana-Ioana Vuță, Eliza-Isabela Tică, Bogdan Popa, Marius-Victor Birsan:
Computer based and physical models for flow forecasting for hydropower
- 8.2. Petras Punys, Linas Jurevičius:
Software for assessment of small hydropower project feasibility: a review
- 8.3. Maciej Kaniecki, Mariusz Lewandowski, Zbigniew Krzemianowski
Mechanizmy tworzenia zjawisk niestacjonarnych w układzie przepływowym turbin Francisza oraz sposoby ich łagodzenia
- 8.4. Zbigniew Krzemianowski, Janusz Steller, Maciej Kaniecki
Badania modelowe niskospadowej turbiny Francisza o wysokim wyróżniku szybkobieżności
- 8.6. Kanzumba Kusakana, Jakub Jurasz:
Harnessing Untapped Potential: A Review of Hydrokinetic Systems in Hydropower Tailraces

8.1 Computer based and physical models for flow forecasting for hydropower

**Angela Neagoe, Gabriela-Elena Dumitran,
Liana-Ioana Vuță, Eliza-Isabela Tică,
Bogdan Popa**

National University of Science and Technology
POLITEHNICA Bucharest
RO-060042, Bucharest, Romania
e-mail: bogdan.popa@upb.ro

Marius-Victor Birsan

Romanian Academy | Institute of Geography
RO-023993, Bucharest, Romania
e-mail: marius.birsan@gmail.com

General

National University of Science and Technology POLITEHNICA Bucharest, together with nine partners from across Europe is conducting a €4.1 million Horizon Europe project to develop digital solutions that improve the efficiency, flexibility and sustainability of the existing EU hydropower fleet. The project, iAMP-Hydro, Intelligent asset Management Platform for Hydropower operation & maintenance, has the potential to make a huge impact on energy sustainability in the EU, where 50% of the current hydro fleet may require upgrading by 2030 and will reduce CO2 emissions by 1,260 tonnes, create 10,000 future-proof jobs, and enable environmentally sustainable flow regulation using digital solutions [1].

The project is coordinated by Professor Aonghus McNabola from School of Engineering, Trinity College Dublin, Ireland, and the project partnership includes also Easy Hydro Ltd, Ireland; Cuerva Energia and CARTIF, Spain; Suite 5 Data Intelligence Solutions Ltd, Cyprus; PPC and PPC Renewables, Greece; WIP, Germany, Norge, Norway; POLITEHNICA Bucharest, Romania.

The project will increase the technology competitiveness of existing hydropower by reducing operation and maintenance costs by 5-10%, improving generation and revenues, and increasing flexibility and data-driven decision making in hydropower operations. It will also increase the market penetration of renewables in the grid by 8.4 TWh – helping us get closer to the EU 2030 Climate and Energy targets.

Current estimations show that the digitalisation of the world's 1,225 GW of existing hydro could increase annual production by 42 TWh, which amounts to \$5 billion US in annual operational savings and significant reductions of greenhouse gas emissions.

The paper briefly presents the achievements of POLITEHNICA team in the first year of the project.

Materials and Methods

The involvement of POLITEHNICA Bucharest in the project – iAMP-Hydro, aims at several directions.

For data sources identification and data preparation for flow forecast (work package 6 – WP6), POLITEHNICA

Bucharest will contribute to gather all relevant variables to build a data-based model and to parametrize physical models. Data used for hydrological modelling will include the historical flows measured in different upstream stations, weather data (mainly precipitation and temperature), humidity, vegetation factor, soil properties, land use, Digital Elevation Model, and upstream water uses. Thus, a common data framework that can be applied in every validation site will be defined including data model definition, data storage engine, data ingestion tools (e.g. from file, from public repositories, climate services...) and data retrieval and visualization tools. Transparency and openness criteria will be considered in the selection of data sources and development of the required tools for data management. A unified cloud service for all the validation sites will be developed and deployed.

POLITEHNICA Bucharest will lead the task which are responsible for defining the physical models' approach for flow forecasting and carry out sensitivity analysis in Asomata and Agia Varvara – Makrochori hydropower sites from Greece, Fig. 1 [2], for which is responsible.

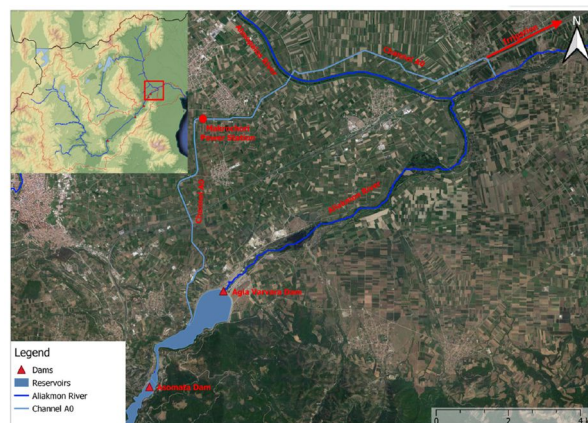


Fig. 1 Asomata and Agia Varvara reservoirs

As different configurations for the hydropower plants (diversion, impoundment) and a variety of climate areas have been considered for the validation sites, a detailed pre-deployment study of the model for each selected site will be carried out. First, the modelling approach will be selected according to pre-validation data available for both flow forecast and available power prediction. For the flow forecast physical model HBV, Fig. 2, data-

based models (LSTM neural networks) and hybrid models will all be assessed.

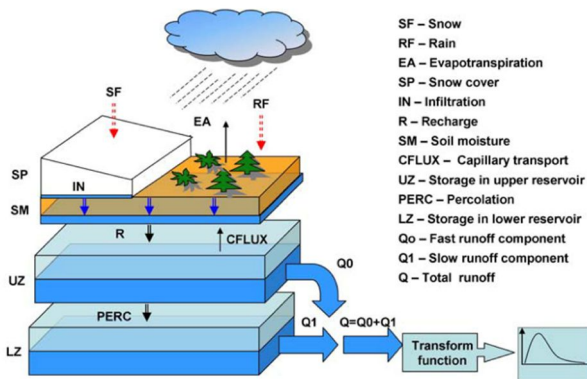


Fig. 2 HBV model setup

For the available power prediction, modelling the water use and required outflows will be carried out to calculate the available hydropower in a 7-day future time horizon. In this case GIS and satellite data together with operation management strategies will be key for outflow forecasting. In this task a sensitivity analysis for the selected data and model at each site will also be carried out. This will be critical for AI models, as it will be needed to select the variables that influence the output and how many previous values of these variables are significant.

Most important tasks where the team of POLITEHNICA Bucharest is involved are completed with:

- the development of a flow forecast and available power prediction tool (WP7) for: i) validate the developed algorithms in real use cases comparing different possible approaches to find the best option for every plant type and climate; ii) predict the available power during a 7-day time horizon according to the existing reservoir, forecasted inflow, outflow and operation specifications and restrictions;
- the development of a forecast validation and replicability guideline where it will be responsible for leading the replicability analysis and compiling the lessons learnt. This task will focus on the deployment of the developed algorithms for each of the validation cases;
- for the task WP12, System Validation in Operating Hydro plants & Case studies, POLITEHNICA Bucharest will be leader. This task will include the compilation of 5 detailed case studies of existing HPPs from Eastern Europe, Africa, Latin America and Central Asia to enhance export potential in key international markets.

Results and Discussions

Data received by POLITEHNICA from PPCR related to Agia Varvara reservoir and from PPC related to Asomata reservoir are: daily values for the period 2008-2023 / one file for each month for: level, volume [th.m³], variation of volume, total inflow, overflow, outflow, ecological flow, and for Makrochori HPP linked to Agia Varvara and for Asomata HPP: Energy generation [MWh] per unit and total, auxiliary consumption, net production, maximum power, hours of operation and out

of availability per unit, number of starts, overflow, used for generation, specific consumption, efficiency, etc.

Applying MATLAB Toolboxes ARIMA and ANN for forecasting, POLITEHNICA obtained promising results related to reservoir level, inflow and energy generation forecasting for next 7 days and 365 days. Related to physical modelling important steps were made, the being in calibration stage.

References

1. Website <https://www.iamp-hydro.eu/>
2. **Frysali D., Mallios Z., Theodossiou N.:** *Hydrologic modeling of the Aliakmon River in Greece using HEC-HMS and open data*, Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration (2023) 8:539–555

Authors

Angela Neagoe, graduated in 1998 in the field of Energy, specialization: Hydropower and Environmental Engineering, University Politehnica of Bucharest, which awarded her PhD degree in 2011. She was dedicated to her teaching career in Fluid Mechanics, Numerical Methods and Informatics and at the same time to research in hydropower engineering.

Gabriela-Elena Dumitran, has been from 1996 a full-time teacher at Department of Hydraulic, Hydraulics Machinery and Environmental Engineering of Energy Faculty UPB. Currently she is habilitate associate professor and her area of expertise includes eutrophication, water quality, hydrodynamics of aquatic ecosystems, as well as the numerical modeling of water quality field.

Liana-Ioana Vuță, Ph.D, graduated in 1998 from the University Politehnica of Bucharest (UPB), Faculty of Power Engineering. Currently she is Associate Professor at Department of Hydraulic, Hydraulics Machinery and Environmental Engineering of UPB. Her area of expertise includes hydropower plants, water resources management, hydrology, water quality, groundwater, as well as numerical modelling in water resources engineering.

Eliza-Isabela Tică, graduated in 2012 from the University Politehnica of Bucharest, Faculty of Power Engineering, in the field of Energy, specialization Hydropower. Currently she is lecturer and her area of expertise includes Informatics, Numerical Methods, Fluid Mechanics and Hydropower.

Bogdan Popa, graduated in hydropower engineering from the University Politehnica of Bucharest in 1990 and subsequently worked for two and a half years as project designer in AQUA-PROIECT Institute, before joining the same university as assistant professor. Now, a professor at the Faculty of Energy Engineering, National University of Science and Technology POLITEHNICA Bucharest, he holds lectures in hydropower engineering, integrated water resources management, and small hydropower plants.

Marius-Victor Birsan, graduated the Faculty of Physics, University of Bucharest in 1998, and has been working in the fields of climatology and hydrology, stochastic and physically-based modelling, data quality control and homogenization, geostatistics and impact assessment. He holds a Master in Hydrology and Water Resources Management (EPFL Lausanne & ETH Zurich), a PhD in Physics (2012), a PhD in Geography (2013), and an MBA (University of Bucharest).