

FACULTY OF DRILLING, OIL AND GAS  
AGH UNIVERSITY  
OF KRAKOW

# GeoHorizons discover potential of the Earth

## Book of Abstracts

4th „Geoenergetics and Geothermal Heat Pumps” Seminar 2024 IV

Under the patronage of the Ministry of Climate and Environment and the National Fund for Environmental Protection and Water Management in Warsaw

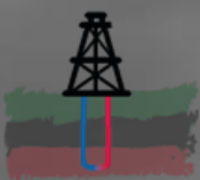


Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



NARODOWY FUNDUSZ  
OCHRONY ŚRODOWISKA  
i GOSPODARKI WODNEJ

Together with the celebration of the 70th anniversary of the GEOWIERT Student Scientific Association



UOS



Drilling



EXALO

GRUPA GELEN



Edited by: Tomasz Śliwa, AGH University of Krakow,

Revised by: Kamil Bandura, AGH University of Krakow.

#### **4<sup>th</sup> Seminar**

### **Geoenergetics and Geothermal Heat Pumps "GeoHorizons – discover potential of the Earth"**

Krakow, 16-18 October 2024

*Under the patronage of the Ministry of Climate and Environment and the National Fund for Environmental Protection and Water Management in Warsaw*

#### **Honorary Committee:**

Andrzej Gonet, Prof. dr hab. eng. Department of Drilling and Geoengineering WWNiG AGH,

Aneta Sapińska-Śliwa, Dr hab. eng. prof. AGH, Department of Drilling and Geoengineering WWNiG AGH,

Jakub Kupecki, Prof. dr hab. eng. Director, Energy Institute - Research Institute,

Jan Ziaja, Dr hab. eng. prof. AGH, Vice-Dean of WWNiG for Co-operative Affairs,

Jerzy Wołoszyn, Dr hab. eng. prof. AGH, Department of Power Systems and Environmental Protection, Facilities, Faculty of Mechanical Engineering and Robotics AGH University of Krakow,

Mariusz Dudziak, Prof. dr hab. eng. Dean of the Faculty of Environmental Engineering and Energy, Silesian University of Technology,

Mariusz Łaciak, Prof. dr hab. eng. Dean of the Faculty of Drilling, Oil and Gas, AGH University of Krakow,

Paweł Bogacz, Dr hab. eng. prof. AGH, Rector's Plenipotentiary for Study Groups,

Paweł Obstawski, Dr hab. ng.prof. SGGW, Department of Fundamentals of Engineering and Power Engineering, SGGW Warsaw University of Life Sciences,

Rafał Wiśniowski, Prof. dr hab. eng. AGH Vice-Chancellor for Partnerships,

Tomasz Kujawa, Dr hab. eng. prof. ZUT, Department of Energy Technologies, West Pomeranian University of Technology in Szczecin,

Tomasz Śliwa, Dr hab. eng. prof. AGH, Head of the Laboratory of Geoenergetics AGH,

#### **International Scientific Committee:**

Andrzej Gonet, Prof. dr hab. eng., Department of Drilling and Geoengineering WWNiG AGH,

Aneta Sapińska-Śliwa, Dr hab. eng. prof. AGH, Department of Drilling and Geoengineering WWNiG AGH,

Anna Sowizdżał, Dr hab. eng. prof. AGH, Department of Energy Resources, Faculty of Geology, Geophysics and Environmental Protection, AGH University of Krakow,

Dariusz Knez, Dr hab. eng. prof. AGH, Department of Drilling and Geoengineering WWNiG AGH,

Jan Ziaja, Dr hab. eng. prof. AGH, Vice-Dean of WWNiG for Co-operative Affairs,

Jerzy Wołoszyn, Dr hab. eng. prof. AGH, Department of Power Systems and Environmental Protection Facilities, Faculty of Mechanical Engineering and Robotics,

Lucjan Sajkowski, PhD, Department of Earth Resources and Materials, Hydrothermal Systems and Minerals

Team, GNS Science, Wairakei Research Centre, New Zealand,

Marc A. Rosen, PhD, Professor, Faculty of Engineering and Applied Science, Ontario Tech University, Canada,

Michał Kruszewski, PhD, eng., RWTH Aachen University, Engineering Geology and Hydrogeology Dpt.

Mohsen Assadi, PhD, Professor, Department of Energy and Petroleum Engineering, Faculty of Science and Technology, University of Stavanger, Norway,

Nad'a Rapantová, PhD, Professor, Department of Geotechnics and Underground Engineering, Faculty of Civil Engineering, VSB Technical University of Ostrava,

Oleg Vytyaz, PhD, Professor, Director of the Institute of Petroleum Engineering of Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine,

Oleksandr R. Kondrat, PhD, Professor, Head of Petroleum Production Department, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ukraine,

Pavel Pospisil, PhD, Associate Profesor, Department of Geotechnics and Underground Engineering, Faculty of Civil Engineering, VSB – Technical University of Ostrava, the Czech Republic,

Paweł Bogacz, Dr hab. eng. prof. AGH, Rector's Plenipotentiary for Study Groups,

Paweł Nycz, PhD, eng., School of Mechanical, Electrical and Manufacturing Engineering, Loughborough University,

Rafał Wiśniowski, Prof. dr hab. eng. AGH Vice-Chancellor for Partnerships,

Tomasz Kujawa, Dr hab. eng. prof. ZUT Department of Energy Technologies, West Pomeranian University of Technology in Szczecin,

Tomasz Śliwa, Dr hab. eng. prof. AGH, Head of the Laboratory of Geoenergetics AGH,

Younes Noorollahi, PhD, Associate Professor, Department of Renewable Energy and Environmental Eng. Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, North Karegar St., Tehran, Iran.

### **Organising Committee:**

Tomasz Śliwa,  
Aneta Sapińska-Śliwa,  
Olga Szydło,  
Kamil Bandura,  
Tomasz Kowalski,  
Remigiusz Kunasz,  
Maja Radtke,  
Nikodem Słysz.

IV Seminar on Geoennergetics and geothermal heat pumps  
Krakow, Podhale; Poland; October 16 - 18 2024  
"GeoHorizons - discover potential of the Earth"



**Organization of the Seminar:**

Laboratory of Geoennergetics AGH  
Faculty of Drilling, Oil and Gas  
AGH University of Krakow  
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
Tel.: (+48) 12 617 22 17, kom. 664 05 63 30  
geotermia.agh.edu.pl, email: geotermia@agh.edu.pl



Department of Drilling and Geoengineering  
Faculty of Drilling, Oil and Gas  
AGH University of Krakow  
Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków  
Tel.: (+48) 12 617 22 06,  
kwig.wnft.agh.edu.pl, email: elis@agh.edu.pl



EXALO Drilling S.A.  
Pl. Staszica 9, 64-920 Piła  
Tel.: (+48) 67 215 13 00  
exalo.pl, email: exalo@exalo.pl



UOS Drilling S.A.  
Aleje Jerozolimskie 181 B, 02-222 Warszawa  
Tel.: (+48) 510 059 221  
uos.pl/start.html, email: info@uos.pl



GeoTec Energy Sp. z o.o.  
ul. Wincentego Pola 4/22, 35-021 Rzeszów  
Tel.: (+48) 660 596 428  
geotecenergy.pro, email: info@geotecenergy.pro



Laboratory of Geoennergetics (geotermia.agh.edu.pl)



Krakow 2024



## Table of contents

INTRO .....	10
SESSION OF PAPERS I DEEP GEOTHERMAL – HEAT SOURCE FOR DISTRICT HEATING NETWORKS .....	12
SESJA REFERATÓW I GŁĘBOKA GEOTERMIA – ŹRÓDŁO CIEPŁA DLA SIECI CIEPŁOWNICZYCH .....	12
1. EXPERIENCE IN SURVEILLANCE WATER PARAMETERS IN GEOTHERMAL INSTALLATIONS.....	12
1. DOŚWIADCZENIA W ZAKRESIE OBSERWACJI PARAMETRÓW WODY W INSTALACJACH GEOTERMALNYCH ...	13
2. CONSTRUCTION OF A GEOTHERMAL HEATING PLANT IN KONIN AS AN EXAMPLE OF EFFICIENT USE OF THE GEOTHERMAL RESOURCES OF THE POLISH LOWLANDS.....	13
2. BUDOWA CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ W KONINIE PRZYKŁADEM EFEKTYWNEGO WYKORZYSTANIA ZASOBÓW GEOTERMALNYCH NIŻU POLSKIEGO .....	14
3. EFFECT OF THE SOLUTION USED IN THE ORC GEOTHERMAL POWER PLANT ON THE INJECTION TEMPERATURE FOR MINERALISED WATERS.....	14
3. WPŁYW ZASTOSOWANEGO ROZWIĄZANIA W GEOTERMALNEJ ELEKTROWNI ORC NA TEMPERATURĘ ZATŁACZANIA W PRZYPADKU WÓD ZMINERALIZOWANYCH .....	15
4. BANSKA PGP-4 DEEP GEOTHERMAL WELL .....	15
4. GŁĘBOKI OTWÓR GEOTERMALNY BAŃSKA PGP-4 .....	16
5. MAPPING NEW ZEALAND'S HEAT FLOW USING NUMERICAL MODELLING AND BOREHOLE TEMPERATURES	16
5. MAPOWANIE PRZEPŁYWU CIEPŁA W NOWEJ ZELANDII Z WYKORZYSTANIEM MODELOWANIA NUMERYCZNEGO I TEMPERATUR OTWORÓW WIERTNICZYCH.....	17
6. TECHNICAL PROBLEMS OF CASING WHILE DRILLING IN GEOTHERMAL WELLS WITH LOSS CIRCULATION ZONES BASED ON OILFIELD DRILLING EXPERIENCES .....	17
6. TECHNICZNE ASPEKTY WIERCENIA RURAMI OKŁADZINOWYMI SEKCJI OTWORÓW GEOTERMALNYCH W FORMACJACH CHŁONNYCH Z ZANIKAMI PŁUCZKI – DOŚWIADCZENIA NA PRZYKŁADZIE OTWORÓW NAFTOWYCH.....	18



IV Seminar on Geoenergetics and geothermal heat pumps

Krakow, Podhale; Poland; October 16 - 18 2024

“GeoHorizons - discover potential of the Earth”



SESSION OF PAPERS II SHALLOW GEOTHERMAL - FROM THEORY TO APPLICATION.....	19
SESJA REFERATÓW II PŁYTKA GEOTERMIA – OD TEORII DO APLIKACJI .....	19
7. GEOTHERMAL IN MULTI-FAMILY BUILDINGS.....	19
7. GEOTERMIA W BUDOWNICTWIE WIELORODZINNYM.....	20
8. ENVIRONMENTAL IMPACT ANALYSIS IN THE PRODUCT LIFE CYCLE – A NEW REQUIREMENT ALSO FOR GEOTHERMAL HEAT PUMPS .....	20
8. ANALIZA WPŁYWU ŚRODOWISKOWEGO W CYKLU ŻYCIA PRODUKTU – – NOWE WYMAGANIA TAKŻE DLA GEOTERMALNYCH POMP CIEPŁA .....	21
9. GEOENERGETICS IN INTELLIGENT DISTRICT HEATING AND COOLING NETWORKS.....	21
9. GEOENERGETYKA W INTELIGENTNYCH SIECIACH CIEPŁOWNICZO-KLIMATYZACYJNYCH .....	22
10. WEB APPLICATION FUTURASOFT AS A SUPPORT TOOL FOR BOREHOLE HEAT EXCHANGER DESIGNERS AND CONTRACTORS.....	22
10. APLIKACJA WEBOWA FUTURASOFT JAKO NARZĘDZIE WSPARCIA DLA PROJEKTANTÓW I WYKONAWCÓW OTWOROWYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA .....	23
11. SELECTION METHOD OF GROUND HEAT EXCHANGERS VS. EFFICIENT FUNCTIONING OF HEAT PUMP SYSTEM .....	23
11. ANALIZA METOD DOBORU WYMIENNIKÓW GRUNTOWYCH VS. EFEKTYWNE FUNKCJONOWANIE SYSTEMU POMP CIEPŁA.....	24
12. OVERVIEW OF STRUCTURES FOUND IN SHALLOW GEOTHERMAL APPLICATIONS .....	24
12. PRZEGLĄD KONSTRUKCJI WYSTĘPUJĄCYCH W PŁYTKIEJ GEOTERMII.....	25
13. THE USE OF THERMAL AND MEDICINAL WATERS IN THE KAZIMIERSKI DISTRICT .....	25
13. WYKORZYSTANIE WÓD TERMALNYCH I LECZNICZYCH W POWIECIE KAZIMIERSKIM .....	26
SESSION OF PAPERS III INTERDISCIPLINARY GEOENERGETICS .....	27
SESJA REFERATÓW III INTERDYSCYPLINARNA GEOENERGETYKA.....	27



14. GEOTHERMAL ENERGY RESEARCH AT VSB TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA.....	27
14. BADANIA GEOTERMALNE NA WYŻSZEJ SZKOLE GÓRNICZEJ W OSTRAWIE .....	28
15. THE INFLUENCE OF SELECTED PARAMETERS OF A HIGH-TEMPERATURE UNDERGROUND THERMAL ENERGY STORAGE ON ITS ENERGY EFFICIENCY.....	29
15. BADANIA WPŁYWU WYBRANYCH PARAMETRÓW WYSOKOTEMPERATUROWEGO PODZIEMNEGO MAGAZYNU ENERGII TERMICZNEJ NA JEGO EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNĄ.....	29
16. UNCONVENTIONAL APPLICATIONS OF HDD TECHNOLOGY .....	30
16. NIEKONWENCJONALNE ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII HDD.....	30
17. THE APPLICATION OF DIAPHRAGM WALLS AS HEAT EXCHANGERS IN GEOTHERMAL SYSTEMS .....	31
17. ZASTOSOWANIE ŚCIAN SZCELINOWYCH JAKO WYMIENNIKÓW CIEPŁA W SYSTEMACH GEOTERMALNYCH .....	31
18. KOGENERACYJNE FARMY SOLARNE Z MAGAZYNOWANIEM CIEPŁA I ENERGII POTENCJALNEJ W OTWORACH WIERTNICZYCH .....	32
19. DRILLING FLUIDS FOR GEOTHERMAL DRILLING – KEY SELECTION CRITERIA .....	32
19. PŁUCZKI DO WIERCEŃ GEOTERMALNYCH – KLUCZOWE KRYTERIA DOBORU .....	33
POSTERS SESSION .....	34
SESJA POSTERÓW .....	34
20. THE POSSIBILITIES OF DRILLING OIL AND GAS FACULTY IN TERMS OF NUMERICAL SUPPORT FOR THE DESIGN OF BOREHOLE HEAT EXCHANGERS .....	34
20. MOŻLIWOŚCI WYDZIAŁU WIERTNICTWA, NAFTY I GAZU AGH W KRAKOWIE W ASPEKcie NUMERYCZNEGO WSPOMAGANIA PROJEKTOWANIA OTWOROWYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA .....	35
21. INFLUENCE OF SELECTED DESIGN PARAMETERS OF BOREHOLE HEAT EXCHANGERS ON THEIR THERMAL RESISTANCE .....	35
21. WPŁYW WYBRANYCH PARAMETRÓW KONSTRUKCYJNYCH OTWOROWYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA NA ICH OPORNOŚĆ TERMICZNĄ.....	36



22. ENERGY CONSUMPTION MEASUREMENTS FOR OPTIMISING THE DRILLING PROCESS OF BOREHOLE HEAT EXCHANGERS .....	36
22. POMIARY ZUŻYCIA ENERGII DO OPTIMALIZACJI PROCESU WIERCENIA OTWOROWYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA.....	37
23. IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS THROUGH THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES (RES) AS AN ENERGY SOURCE .....	37
23. POPRAWA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ BUDYNKÓW POPRZEZ ZASTOSOWANIE OZE JAKO ŹRÓDŁA ENERGII.....	38
24. ANALYSING THE EFFECT OF GROUNDWATER FLOW ON THE PERFORMANCE OF A BOREHOLE HEAT EXCHANGER USING THE TOUGH3.0 NUMERICAL SIMULATION TOOL .....	38
24. ANALIZA WPŁYWU FILTRACJI WÓD PODZIEMNYCH NA DZIAŁANIE OTWOROWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA Z WYKORZYSTANIEM SYMULATORA NUMERYCZNEGO TOUGH3.0 .....	39
25. ADAPTATION OF INCLINED BOREHOLES FOR VARIOUS PURPOSES, INCLUDING BOREHOLE HEAT EXCHANGERS .....	39
25. ADAPTACJA WIERCEŃ UKOŚNYCH W CELU WYKONANIA OTWORÓW RÓŻNEGO PRZEZNACZENIA, W TYM OTWOROWYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA .....	40
26. OPPORTUNITIES FOR THE EXTRACTION OF EARTH’S HEAT IN SPECIALIZED BULDINGS.....	41
26. MOŻLIWOŚCI POZYSKANIA CIEPŁA ZIEMI W BUDOWNICTWIE SPECJALISTYCZNYM .....	41
27. INVESTIGATING THE EFFECT OF ADDITIVES TO CEMENT SLURRIES FORMULATIONS ON THEIR THERMAL CONDUCTIVITY.....	42
27. BADANIE WPŁYWU DODATKÓW DO RECEPTUR ZACZYNÓW USZCZELNIAJĄCYCH NA ICH PRZEWODNOŚĆ CIEPLNĄ .....	42
28. INFLUENCE OF SELECTED PARAMETERS ON THE RESULTS OF THE SOIL THERMAL RESPONSE TEST (TRT – THERMAL RESPONSE TEST)).....	43
28. WPŁYW WYBRANYCH PARAMETRÓW NA WYNIKI TESTU REAKCJI TERMICZNEJ GRUNTU (TRT – THERMAL RESPONSE TEST) .....	44
29. STATISTICAL COMPARISON OF THE INTERPRETATION OF TRT RESULTS BY DIFFERENT METHODS.....	44



IV Seminar on Geoenergetics and geothermal heat pumps  
Krakow, Podhale; Poland; October 16 - 18 2024  
"GeoHorizons - discover potential of the Earth"



29. STATYSTYCZNE PORÓWNANIE INTERPRETACJI WYNIKÓW TRT RÓŻNYMI METODAMI .....45

IV Seminar on Geoenergetics and geothermal heat pumps  
Krakow, Podhale; Poland 16 - 18 października 2024 r.

“GeoHorizons - discover potential of the Earth”



## Intro

The 4<sup>th</sup> edition of the seminar "Geoenergetics and Geothermal Heat Pumps Seminar" titled this year „GeoHorizons – discover potential of the Earth," coincides with another year of energy transformation, which is increasingly encompassing more continents and countries. We are constantly learning about new ideas for harnessing renewable and unconventional energy sources. At the same time, these sources are increasingly being integrated with energy (heat) storage systems. The uneven supply of energy from renewable sources and demand from recipients requires the use of its storage.

This year's edition is carried out under the patronage of the Ministry of Climate and Environment and the National Fund for Environmental Protection and Water Management, appreciating the importance of the issues raised by the organizers. The National Fund for Environmental Protection and Water Management comprehensively supports geothermal investments in the country - from the stage of exploration and reconnaissance drilling to the construction of heating systems.

As part of the program "Provision of thermal waters in Poland", it subsidizes 100 percent of the exploration and reconnaissance work. The budget of the program, the implementation period of which is planned for 2020-2028, amounts to PLN 708 million, of which PLN 658 million is allocated for subsidies and PLN 50 million for supplementary loans. In the first call for applications, which ended in 2022, 15 agreements were signed with local governments. In the second competition, positive decisions on granting funding were obtained by 28 applications.

If a given borehole has the potential for economic use, local governments can apply to the National Fund for Environmental Protection and Water Management for financial support for an investment related to the construction of a geothermal heating plant. This year, the application process began under the priority program "RES - a heat source for heating". Under this program, heating companies can obtain funds for the installation of heat pumps, solar collectors and geothermal energy. An element of the investment may also be a connection to the heating network and an energy storage integrated with the heat source, which will be implemented in parallel as part of the project.

Installations from which at least 70 percent of useful heat will be introduced into the public heating network are eligible for funding from the program. The subsidy may cover up to 50 percent of eligible investment costs, while the loan may supplement up to 70 percent.

PLN 2 billion has been allocated from the Modernization Fund for the implementation of the program, including PLN 1.43 billion for subsidies and PLN 0.57 billion for loans. The program will be implemented until 2030 ([www.gov.pl/web/nfosigw](http://www.gov.pl/web/nfosigw)).

This year's edition of the Seminar coincided with the celebration of the 70th anniversary of the Student Scientific Club Geowiert (initially the Scientific Club of Drillers) at AGH in Krakow. On this occasion, the Board and members of the Club organized many special events. The highlight is a special session during the Seminar.

This year, there will be a presentation of drilling equipment and equipment for holes used in geoenergetics. There will also be a self-propelled drilling rig from Massenza.

Every year, the event organized by the AGH Geoenergetics Laboratory is attended by an increasing number of people from abroad, which is why this year's event is organized as an international one. The papers will be simultaneously translated into English. This year, the co-organizers of the event are EXALO Drilling S.A. based in Piła, UOS Drilling S.A. from Warsaw and GeoTEC Energy Sp. z o.o. from Rzeszów.

The transformation of heating seems to be based mainly on the Earth's heat, including geothermal heat. At the same time, the electrification of heating is heat pumps, of which geothermal and ground heat pumps provide the best energy benefits. With the reverse operation of heat pump systems, it is possible to introduce 5th generation heating systems. The Earth's potential in terms of using rock mass and boreholes is still untapped. Looking to the future, it is necessary to anticipate technologies hidden beyond the GeoHorizon, because technical development for the good of civilization is constantly accelerating. In this year's edition, the MIT Technology Review magazine, the best technical university in the world (Massachusetts Institute of Technology), as every year, published a list of 10 breakthrough technologies that will have the greatest impact on the development of humanity in the coming years. Two positions on this year's list include geoenergetics solutions. Most positions were taken by technologies from the IT industry. The energy sector includes three industries, two of which include issues related to geoenergetics. These are heat pumps and enhanced

IV Seminar on Geoenergetics and geothermal heat pumps  
Krakow, Podhale; Poland 16 - 18 października 2024 r.

“GeoHorizons - discover potential of the Earth”



geothermal systems (EGS). The third energy technology is super-efficient solar cells. Advanced geothermal systems, ground/geothermal heat pumps, borehole heat exchangers as well as borehole storage and low-temperature geothermal and many other issues are on the agenda of this year's Seminar. Reading the abstracts of the papers may be an incentive to participate in subsequent editions in the future.

Tomasz Śliwa



### Session of papers I

#### Deep geothermal – heat source for district heating networks

### Sesja referatów I

#### Głęboka geotermia – źródło ciepła dla sieci ciepłowniczych

## 1. EXPERIENCE IN SURVEILLANCE WATER PARAMETERS IN GEOTHERMAL INSTALLATIONS

*Aneta Sapińska-Śliwa*

*Author's affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Laboratory of Geoenergetics,  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.geotermia.agh.edu.pl](http://www.geotermia.agh.edu.pl)  
Author's e-mail address for correspondence: [ans@agh.edu.pl](mailto:ans@agh.edu.pl)*

**Keywords:** geothermal water, surveillance, geothermal district heating

The use of thermal waters for heating, recreational, or balneological purposes in Poland has been ongoing for many years. In the field of heat extraction from water in geothermal installations, long-term observations indicate emerging problems related to the reinjection of cooled water into reservoir rocks. When geothermal water is used for recreational or balneological purposes, the used water is not reinjected but discharged into surface waters or the ground. An important component of geothermal heating systems is the monitoring of the physico-chemical parameters of geothermal water and the heating network, which is designed from the beginning of operation. Current legal requirements (thermal waters are considered a mineral under the law and are subject to the Geological and Mining Law) focus on monitoring indicators of extracted water to oversee the characteristics of the geothermal reservoir and/or to ensure the protection of surface waters when discharging used geothermal waters (in accordance with the Water Law Act). To ensure faster detection of irregularities in the operation of such a system, consideration should be given to expanding the monitoring to include additional water indicators, increasing the frequency of testing, and monitoring the installation components.



The work was funded by a research subvention at the Department of Drilling and Geoengineering, Faculty of Drilling, Oil and Gas, AGH University of Science and Technology, Krakow, No. 16.16.190.779.

## 1. DOŚWIADCZENIA W ZAKRESIE OBSERWACJI PARAMETRÓW WODY W INSTALACJACH GEOTERMALNYCH

*Aneta Sapińska-Śliwa*

*Afiliacja autorki: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Laboratorium Geoenergetyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.geotermia.agh.edu.pl](http://www.geotermia.agh.edu.pl)  
Adres e-mail autora do korespondencji: [ans@agh.edu.pl](mailto:ans@agh.edu.pl)*

**Słowa kluczowe:** woda termalna, monitoring, geotermalna instalacja ciepłownicza

Wykorzystanie wód termalnych do celów ciepłowniczych, rekreacyjnych czy balneologicznych w Polsce ma miejsce od wielu lat. W zakresie pozyskiwania ciepła z wód w instalacjach geotermalnych wieloletnie obserwacje wskazują na pojawiające się problemy związane z zatłaczaniem schłodzonych wód do skał zbiornikowych. W przypadku wykorzystania wód do celów rekreacyjnych czy balneologicznych, zużyta woda termalna nie jest zatłaczana, a wprowadzana do wód lub do ziemi. Ważnym elementem geotermalnych systemów ciepłowniczych jest zaprojektowany od początku eksploatacji monitoring parametrów fizykochemicznych wody termalnej i sieci ciepłowniczej. Aktualne wymogi prawne (wody termalne uznawane są w świetle prawa za kopalinę i podlegają ustawie *Prawo geologiczne i górnicze*) ogniskują się na monitorowaniu wskaźników wydobywanej wody pod kątem nadzorowania charakterystyki zbiornika geotermalnego i/lub zapewnieniu ochrony wód powierzchniowych przy zrzucie wykorzystanych wód termalnych (zgodnie z wymogami ustawy *Prawo wodne*). Aby zapewnić szybsze wychwytywanie nieprawidłowości w pracy całego takiego systemu, należy rozważyć rozbudowę monitoringu o kolejne wskaźniki wody i zwiększyć częstotliwość wykonywania badań jak również monitorować elementy instalacji.

*Prace zostały sfinansowane dzięki subwencji badawczej w Katedrze Wiertnictwa i Geoinżynierii Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie, nr 16.16.190.779.*

## 2. CONSTRUCTION OF A GEOTHERMAL HEATING PLANT IN KONIN AS AN EXAMPLE OF EFFICIENT USE OF THE GEOTHERMAL RESOURCES OF THE POLISH LOWLANDS

*Sławomir Lorek*

*Author's affiliation: Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej – Konin Sp. z o.o, [www.mpec.konin.pl](http://www.mpec.konin.pl)  
Author's e-mail address for correspondence: [slorek@mpec.konin.pl](mailto:slorek@mpec.konin.pl)*

**Keywords:** geothermal, geothermal heat plant in Konin, district heating, sustainable energy

The paper discusses the implementation of the project entitled Building a Geothermal Heat Plant in Konin as an example of effective use of the geothermal resources of the Polish Lowlands. It presents technical and economic aspects of the investment, showing how geothermal resources can be used to produce heat for the local community. The environmental



and economic benefits of using renewable energy sources, such as reduced CO<sub>2</sub> emissions and stable operating costs, are analysed. The project in Konin highlights the importance of geothermal for sustainable energy development in Poland. The paper covers the genesis of the geothermal plant, the various stages of its construction and the technical and economic data related to the investment.

## 2. BUDOWA CIEPŁOWNI GEOTERMALNEJ W KONINIE PRZYKŁADEM EFEKTYWNEGO WYKORZYSTANIA ZASOBÓW GEOTERMALNYCH NIŻU POLSKIEGO

*Sławomir Lorek*

*Afiliacja autora: Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej – Konin Sp. z o.o., [www.mpec.konin.pl](http://www.mpec.konin.pl)*

*Adres e-mail autora do korespondencji: [slerek@mpec.konin.pl](mailto:slerek@mpec.konin.pl)*

**Słowa kluczowe:** geotermia, Ciepłownia Geotermalna w Koninie, ciepło systemowe, zrównoważona energia

Referat omawia realizację projektu pn. Budowa Ciepłowni Geotermalnej w Koninie jako przykład efektywnego wykorzystania zasobów geotermalnych Niżu Polskiego. Przedstawia techniczne i ekonomiczne aspekty inwestycji, ukazując, jak zasoby geotermalne mogą służyć do produkcji ciepła na potrzeby lokalnej społeczności. Analizowane są korzyści ekologiczne i ekonomiczne wynikające z wykorzystania odnawialnych źródeł energii, takie jak redukcja emisji CO<sub>2</sub> oraz stabilne koszty eksploatacji. Projekt w Koninie podkreśla znaczenie geotermii dla zrównoważonego rozwoju energetycznego w Polsce. Referat obejmuje genezę powstania ciepłowni, poszczególne etapy jej budowy oraz dane techniczne i ekonomiczne związane z realizacją inwestycji.

## 3. EFFECT OF THE SOLUTION USED IN THE ORC GEOTHERMAL POWER PLANT ON THE INJECTION TEMPERATURE FOR MINERALISED WATERS

*Tomasz Kujawa\*, Sławomir Wiśniewski*

*Author's affiliation: West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics, Department of Energy Technologies, al. Piastów 17, 70-310 Szczecin*

*\*Author's e-mail address for correspondence: [tomasz.kujawa@zut.edu.pl](mailto:tomasz.kujawa@zut.edu.pl)*

**Keywords:** geothermal power plant, ORC system, mineralized waters

This paper presents a thermal-flow analysis of a low-temperature ORC power plant fed with highly mineralized geothermal water. The main objective of the analysis was to determine the impact of the ORC power plant solution used on the final temperature of water re-injected into the geothermal reservoir. Solutions such as the use of a dry medium in the ORC system, the use of steam superheating or the use of internal heat regeneration were included in the analysis. As shown, the use of different solutions in an ORC system not only influences the parameters determining the efficiency of the system's operation (such as efficiency and power), but also significantly affects the temperature of geothermal water injected back into the bed. This parameter is of particular importance in the energetic use of geothermal waters with high mineralization, as in such a case significant reductions in efficiency may occur in the system due to the phenomenon of deposit collimation, especially in the injection of water of pore-type sandstone rock formations. The phenomenon of colmatation is, among other things, the result of precipitation of sedimentary substances from the geothermal water, which in turn is a consequence of the cooling of this water in the heat exchangers of the system in





question. Thus, the temperature of the water injected into the bed has a strong influence on the possibility of this phenomenon occurring. A suitable solution in an ORC system allows higher injection water temperatures into the bed – this is particularly evident in ORC systems using internal heat regeneration.

### 3. WPŁYW ZASTOSOWANEGO ROZWIĄZANIA W GEOTERMALNEJ ELEKTROWNI ORC NA TEMPERATURĘ ZATŁACZANIA W PRZYPADKU WÓD ZMINERALIZOWANYCH

*Tomasz Kujawa\*, Sławomir Wiśniewski*

*Afiliacja autorów: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki, Katedra Technologii Energetycznych, al. Piastów 17, 70-310 Szczecin*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: tomasz.kujawa@zut.edu.pl*

**Słowa kluczowe:** elektrownia geotermalna, układ ORC, wody zmineralizowane

W niniejszej pracy przedstawiono analizę ciepło-przepływową niskotemperaturowej elektrowni ORC zasilanej wodą geotermalną o wysokiej mineralizacji. Głównym celem analizy było określenie wpływu zastosowanego rozwiązania w siłowni ORC na końcową temperaturę wody zatłaczanej ponownie do złoża geotermalnego. W analizie uwzględniono takie rozwiązania jak: zastosowanie w układzie ORC czynnika roboczego z grupy czynników suchych, zastosowanie przegrzewu pary, czy też zastosowanie wewnętrznej regeneracji ciepła. Jak wykazano zastosowanie różnych rozwiązań w układzie ORC, wpływa nie tylko na parametry określające efektywność pracy tego układu (takie jak sprawność i moc), ale również znacząco wpływa na temperaturę wody geotermalnej zatłaczanej ponownie do złoża. Parametr ten ma szczególne znaczenie przy energetycznym wykorzystaniu wód geotermalnych o wysokiej mineralizacji, gdyż w takim przypadku mogą wystąpić w układzie znaczne zmniejszenia wydajności wynikające ze zjawiska kolmatacji złoża, zwłaszcza w zatłaczaniu wody formacji skalnych piaskowcowych typu porowego. Zjawisko kolmatacji jest między innymi wynikiem wytrącania się substancji osadotwórczych z wody geotermalnej, które to z kolei jest następstwem schładzania tej wody w wymiennikach ciepła danego układu. Zatem temperatura wody zatłaczanej do złoża ma duży wpływ na możliwość wystąpienia tego zjawiska. Odpowiednie rozwiązanie w układzie ORC pozwala na uzyskanie wyższych temperatur wody zatłaczanej do złoża – widoczne jest zwłaszcza w przypadku układów ORC z zastosowaniem wewnętrznej regeneracji ciepła.

### 4. BANSKA PGP-4 DEEP GEOTHERMAL WELL

*Artur Posyniak, Janusz Dańda\**

*Author's affiliation: UOS Drilling S.A. Al. Jerozolimskie 181B, 02-222 Warszawa, www.uos.pl*

*\*Author's e-mail address for correspondence: janusz.danda@uos.pl*

**Słowa kluczowe:** deep, drilling, geothermal well, Szaflary

The paper presents a description of the direct drilling objective, which was outlined in the Geological Work Project. The drilling operations performed on the Bańska PGP-4 well are also discussed. Additionally, the various phases of work at the drilling site are presented, starting from construction and assembly works to drilling operations and reclamation.



*The drilling of the Bańska PGP-4 well is financed by the National Fund for Environmental Protection and Water Management (NFOŚiGW) for the Szaflary municipality.*

## 4. GŁĘBOKI OTWÓR GEOTERMALNY BAŃSKA PGP-4

*Artur Posyniak, Janusz Dańda\**

*Afiliacja autorów: UOS Drilling S.A. Al. Jerozolimskie 181B, 02-222 Warszawa, [www.uos.pl](http://www.uos.pl)*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: [janusz.danda@uos.pl](mailto:janusz.danda@uos.pl)*

**Słowa kluczowe:** głęboki, wiercenie, otwór geotermalny, Szaflary

W referacie przedstawiono opis bezpośredniego celu wiercenia, który został ujęty w Projekcie robót geologicznych. Omówiono również prace wiertnicze wykonane w otworze Bańska PGP-4. Ponadto przedstawiono poszczególne fazy prac na wiertni, począwszy od prac budowlano-montażowych, aż do prac wiertniczych oraz rekultywacji.

*Wiercenie otworu Bańska PGP-4 jest finansowane przez NFOŚiGW dla gminy Szaflary.*

## 5. MAPPING NEW ZEALAND'S HEAT FLOW USING NUMERICAL MODELLING AND BOREHOLE TEMPERATURES

*Alison Kirkby\*<sup>1</sup>, Rob Funnell<sup>1</sup>, Phil Scadden<sup>2</sup>, Anya Seward<sup>1</sup>*

*Author's 1 affiliation: GNS Science, Wairakei Research Centre, 114 Karetoto Road, RD4, Taupō 3384*

*Author's 2 affiliation: GNS Science, 764 Cumberland St, Private Bag 1930, Dunedin, New Zealand*

*\*Author's e-mail address for correspondence: [a.kirkby@gns.cri.nz](mailto:a.kirkby@gns.cri.nz)*

**Keywords:** heat flow, thermal properties, crustal temperature

New Zealand has a long history of developing geothermal energy resources for electricity production. However, these resources are concentrated within a known region of high heat flow - the Taupo Volcanic Zone, central North Island. There is an opportunity for New Zealand to expand the direct use of geothermal heat to decarbonize food processing, industrial processes, and heating, however uptake of this has been limited to date, partly due to a lack of understanding about subsurface temperatures. This presentation will show research being carried out to map heat flow across New Zealand using borehole temperatures and conductive heat flow modelling. The model uses a thermal model using inputs derived from rock properties, exhumation and basin subsidence rates, to predict heat flow away from areas where temperature is directly measured.

*This project was supported by the New Zealand Ministry of Business, Innovation and Employment (MBIE) through the New Zealand Geothermal Futures and Understanding Zealandia programmes (Strategic Science Investment Fund, contract C05X1702).*



## 5. MAPOWANIE PRZEPLYWU CIEPŁA W NOWEJ ZELANDII Z WYKORZYSTANIEM MODELOWANIA NUMERYCZNEGO I TEMPERATUR OTWORÓW WIERTNICZYCH

*Alison Kirkby\*<sup>1</sup>, Rob Funnell<sup>1</sup>, Phil Scadden<sup>2</sup>, Anya Seward<sup>1</sup>*

*Afiliacja autorów 1: GNS Science, Wairakei Research Centre, 114 Karetoto Road, RD4, Taupō 3384*

*Afiliacja autora 2: GNS Science, 764 Cumberland St, Private Bag 1930, Dunedin, New Zealand*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: a.kirkby@gns.cri.nz*

**Keywords:** przepływ ciepła, właściwości termiczne, temperatura skorupy ziemskiej

Nowa Zelandia ma długą historię rozwoju zasobów energii geotermalnej do produkcji elektryczności. Zasoby te są skoncentrowane w znanym regionie o wysokim przepływie ciepła — Strefie Wulkanicznej Taupo (Taupo Volcanic Zone; TVZ) w centralnej części Wyspy Północnej. Jednak wiedza na temat obszarów poza TVZ jest ograniczona, a te potencjalnie łatwo dostępne zasoby dają szansę na nowe bezpośrednie wykorzystanie ciepła geotermalnego do dekarbonizacji przetwórstwa spożywczego, procesów przemysłowych i ogrzewania. Obecnie wykorzystanie tego potencjału pozostaje ograniczone, częściowo z powodu braku zrozumienia temperatur w podpowierzchni. Aby przyspieszyć wykorzystanie ciepła do innych celów niż produkcja energii, rozpoczęliśmy kampanię mapowania przepływu ciepła w całej Nowej Zelandii, wykorzystując temperatury otworów wiertniczych oraz modelowanie przewodnictwa cieplnego. Model ten bazuje na danych pochodzących z właściwości skał, tempa ekshumacji i subsydencji basenów, aby przewidzieć przepływ ciepła poza obszarami, w których temperatury są mierzone bezpośrednio.

*Projekt został wsparty przez Ministerstwo Biznesu, Innowacji i Zatrudnienia Nowej Zelandii (MBIE) w ramach programów "New Zealand Geothermal Futures" i "Understanding Zealandia" (Strategiczny Fundusz Inwestycji w Naukę, kontrakt C05X1702).*

## 6. TECHNICAL PROBLEMS OF CASING WHILE DRILLING IN GEOTHERMAL WELLS WITH LOSS CIRCULATION ZONES BASED ON OILFIELD DRILLING EXPERIENCES

*Tomasz Wigłusz*

*Author's affiliation: drilling specialist*

*Author's e-mail address for correspondence: t.wiglusz@gmail.com*

**Keywords:** geothermal drilling, casing while drilling, loss circulation

Casing while drilling technology is currently used all over the world. There are publications describing the methodology of designing drilling parameters as a well as examples of drilling with casing in wells where severe or total loss of circulation occurred and completed with two stage cementing. The drilling process consist of running casing with drilling shoe or bottom hole assembly to previous casing shoe or above expected circulation loss zone. Then drilling process is commenced. Casing cementing is performed after reaching bottom of the section. The so-called plastering effect is described in various publications, which occurs while drilling formation with severe circulation loss or without mud return, that allows for drilling in such conditions. The article describes technical aspects that should be taken into



consideration to plan casing while drilling process. The technology can be used in geothermal wells where severe mud losses are expected or other problems, based on oil wells experiences.

## **6. TECHNICZNE ASPEKTY WIERCENIA RURAMI OKŁADZINOWYMI SEKCJI OTWORÓW GEOTERMALNYCH W FORMACJACH CHŁONNYCH Z ZANIKAMI PŁUCZKI – DOŚWIADCZENIA NA PRZYKŁADZIE OTWORÓW NAFTOWYCH**

*Tomasz Wigłusz*

*Afiliacja autora: specjalista ds. wierceń*

*Adres e-mail autora do korespondencji: t.wiglusz@gmail.com*

**Słowa kluczowe:** wiercenia geotermalne, wiercenie rurami okładzinowymi, zaniki cyrkulacji płuczki

Technologia wierceń rurami okładzinowymi jest obecnie stosowana na całym świecie. Dostępne są publikacje opisujące metodologię projektowania parametrów wiercenia jak również przykłady wierceń rurami przy braku wypływu płuczki, zakończone skutecznym dwustopniowym cementowaniem rur okładzinowych. Proces wiercenia polega na zapuszczeniu kolumny rur okładzinowych z butem wierzącym lub zestawem wiertniczym do głębokości poprzedniego buta rur okładzinowych lub powyżej formacji chłonnej i następnie wiercenie rurami do zaplanowanej głębokości. Następnie przystępuje się do cementowania kolumny rur. W dostępnych publikacjach opisywany jest tzw. „plastering effect” powstający w trakcie wiercenia przy znacznych zaniakach płuczki lub bez wypływu, pozwalający na skuteczny proces wiercenia w takich warunkach. W artykule opisano aspekty techniczne, które należy brać pod uwagę w celu wykonania otworu tą technologią. Doświadczenia nabyte w trakcie wiercenia otworów naftowych mogą być wykorzystane w wierceniach geotermalnych, w których spodziewane są komplikacje związane z potencjalnymi zaniakami płuczki.



## Session of papers II Shallow Geothermal - from theory to application

### Sesja referatów II Płytki Geotermia – od teorii do aplikacji

## 7. GEOTHERMAL IN MULTI-FAMILY BUILDINGS

*Paweł Obstawski\*, Krzysztof Górnicki*

*Author's affiliation: SGGW Warsaw University of Life Sciences, Institute of Mechanical Engineering,  
Nowoursynowska 164, 02-787 Warszawa*

*\*Author's e-mail address for correspondence: pawel\_obstawski@sggw.edu.pl*

**Keywords:** compressor heat pump, ground exchanger, R290

The European Union's energy policy is geared towards electricity generation, therefore compressor heat pumps play a strategic role in decarbonizing the single and multi-family sector and reducing the carbon footprint. A significant and so far unresolved problem is the application of compressor heat pumps in multifamily housing. The expectation of developers is that each residential unit should have its own heating device and the user should be billed individually. The solution to this problem is the design developed at the Institute of Mechanical Engineering of the Warsaw University of Life Sciences (SGGW) of a compressor heat pump powered by the ecological refrigerant R290, for which the lower heat source is a ground exchanger. As part of the ongoing research work, the design of the lower heat source was developed. And the developed solution was submitted to the European Patent Office.

*The research was carried out under the project: “High-efficiency subcritical compressor heat pump with reduced refrigerant mass” funded by the National Center for Research and Development from the Operational Program Intelligent Development 2014-2020 - POIR.01.01.01-00.1538/19-00.*



## 7. GEOTERMIA W BUDOWNICTWIE WIELORODZINNYM

*Paweł Obstawski\*, Krzysztof Górnicki*

*Afiliacja autora: SGGW Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Instytut Inżynierii Mechanicznej,  
Nowoursynowska 164, 02-787 Warszawa*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: pawel\_obstawski@sggw.edu.pl*

**Słowa kluczowe:** sprężarkowa pompa ciepła, wymiennik gruntowy, R290

Polityka energetyczna Unii Europejskiej ukierunkowana jest na wytwarzanie energii elektrycznej, z tego też względu strategicznym ogniwem w dekarbonizacji sektora jedno i wielorodzinnego i redukcji śladu węglowego odgrywają sprężarkowe pompy ciepła. Istotnym i nie rozwiązany do tej pory problemem jest zastosowanie sprężarkowych pomp ciepła w budownictwie wielorodzinnym. Oczekiwaniem deweloperów jest aby każdy lokal mieszkalny posiadał własne urządzenie grzewcze a użytkownik rozliczał się indywidualnie. Rozwiązaniem niniejszego problemu jest opracowana w Instytucie Inżynierii Mechanicznej SGGW konstrukcja sprężarkowej pompy ciepła zasilona ekologicznym czynnikiem R290, dla której dolnym źródłem ciepła jest wymiennik gruntowy. W ramach prowadzonych prac badawczych opracowano konstrukcję dolnego źródła ciepła. A opracowane rozwiązanie złożono do Europejskiego Urzędu Patentowego.

*Badania zrealizowano w ramach projektu pt. "Wysokowydajna podkrytyczna sprężarkowa pompa ciepła o zredukowanej masie czynnika chłodniczego" finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju z Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 – POIR.01.01.01-00.1538/19-00.*

## 8. ENVIRONMENTAL IMPACT ANALYSIS IN THE PRODUCT LIFE CYCLE – A NEW REQUIREMENT ALSO FOR GEOTHERMAL HEAT PUMPS

*Paweł Bogacz*

*Author's affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Civil Engineering and Resource Management,  
Department of Economy and Management in Industry al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, www.kezp.agh.edu.pl  
Author's e-mail address for correspondence: bogacz@agh.edu.pl*

**Keywords:** European Green Deal, circular economy, environmental footprint, EPD

The last five years in the European Union have been a time of implementing the European Green Deal (EGD) strategy, which serves the sustainable development of this continent. One of the fundamental goals of the EGD is to implement the concept of the circular economy in the EU, the main idea of which is to significantly reduce the use of resources by reducing their use in such products, extending the life cycles of these products and by reducing the amount of waste remaining after products. One of the target documents describing all products in the EU, allowing to achieve the above effect, is to introduce in the coming years an environmental product card (EPD), which is a kind of environmental passport for this product, defining the impact of this product throughout its entire life cycle on the natural environment. The paper presents in detail the importance of EPD in the context of the circular economy, and also presents in detail the design criteria adopted for the card. They were presented based on geothermal heat pumps.





## 8. ANALIZA WPŁYWU ŚRODOWISKOWEGO W CYKLU ŻYCIA PRODUKTU – – NOWE WYMAGANIA TAKŻE DLA GEOTERMALNYCH POMP CIEPŁA

*Paweł Bogacz*

*Afiliacja autora: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami, Katedra Ekonomiki i Zarządzania w Przemysle, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.kezp.agh.edu.pl](http://www.kezp.agh.edu.pl)  
Adres e-mail autora do korespondencji: [bogacz@agh.edu.pl](mailto:bogacz@agh.edu.pl)*

**Słowa kluczowe:** Europejski Zielony Ład, gospodarka o obiegu zamkniętym, ślad środowiskowy produktu, EPD

Pięć ostatnich lat jest w Unii Europejskiej czasem wdrażania strategii Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ), służącej zrównoważonemu rozwojowi naszego kontynentu. Jednym z zasadniczych celów EZŁ jest wdrożenie w UE koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym (ang. circular economy), której głównym zamysłem jest znaczące zmniejszenie wykorzystania zasobów, poprzez zmniejszanie ich użycia w takich produktach, wydłużanie cykli życia tychże produktów oraz przez zmniejszanie ilości odpadów pozostających po produktach. Jednym z docelowych dokumentów opisujących wszystkie produkty w UE, pozwalających na uzyskanie powyższego efektu, ma stać się wprowadzenie w ciągu najbliższych lat karty środowiskowej produktu (tzw. EPD), będącej swoistym paszportem środowiskowym dla tegoż, określającym wpływ tego artykułu w całym cyklu życia na środowisko naturalne. W referacie szczegółowo przedstawiono znaczenie EPD w kontekście GOZ, a także detalicznie zaprezentowano przyjęte dla karty kryteria konstrukcyjne. Przedstawiano je w oparciu o geotermalne pompy ciepła.

## 9. GEOENERGETICS IN INTELLIGENT DISTRICT HEATING AND COOLING NETWORKS

*Tomasz Śliwa*

*Author's affiliation: University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Laboratory of Geoenergetics,  
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.geotermia.agh.edu.pl](http://www.geotermia.agh.edu.pl)  
Author's e-mail address for correspondence: [śliwa@agh.edu.pl](mailto:śliwa@agh.edu.pl)*

**Keywords:** geothermal energy, geoenergetics, heat pumps, borehole heat exchangers, geothermal water

This paper presents the potential applications of geoenergetics solutions in 5th generation district heating networks. These represent the latest approach to supplying consumers with heat for space heating and domestic hot water, as well as cooling for air conditioning. Intelligent district heating and cooling (DHC) networks should significantly rely on medium- and low-temperature geothermal energy and underground heat storage systems such as BTES (borehole thermal energy storage) and ATES (aquifer thermal energy storage). The use of reversible geothermal/ground source heat pumps allows the system to operate similarly to water loops used, for instance, in shopping malls. The stabilizer of the network, where heat pumps are the main elements of the consumer's thermal nodes, should be the rock mass with underground water (including geothermal water) and underground heat (and cold) storage. The rock mass serves as a heat reservoir that can regenerate naturally (e.g., through advection) or artificially. This enables year-round operation of the heating and cooling system with distributed sources of heat and cold.

*The research leading to these results has received funding from the Norway Grants 2014–2021 via the National Centre for Research and Development in Warsaw.*



## 9. GEOENERGETYKA W INTELIGENTNYCH SIECIACH CIEPŁOWNICZO-KLIMATYZACYJNYCH

*Tomasz Śliwa*

*Afiliacja autora: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Laboratorium Geoenergetyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.geotermia.agh.edu.pl](http://www.geotermia.agh.edu.pl)  
Adres e-mail autora do korespondencji: [sliwa@agh.edu.pl](mailto:sliwa@agh.edu.pl)*

**Słowa kluczowe:** geotermia, geoenergetyka, pompy ciepła, otworowe wymienniki ciepła, wody geotermalne

Referat przedstawia możliwości zastosowania rozwiązań z zakresu geoenergetyki w 5-jej generacji sieci ciepłowniczych. Stanowią one rozwijany obecnie najnowszy sposób zasilania odbiorców w ciepło na c.o. i c.w.u. oraz chłód do klimatyzacji. Inteligentne sieci DHC (district heating cooling) w znaczącym stopniu powinny bazować na geotermii średnio- i niskotemperaturowej oraz podziemnych magazynach ciepła typu BTES (borehole thermal energy storage) i ATES (aquifer thermal energy storage). Zastosowanie rewersyjnych geotermalnych/gruntowych pomp ciepła daje możliwość pracy systemu podobną do pętli wodnej stosowanej np. w galeriach handlowych. Stabilizatorem sieci, w której pompy ciepła stanowią podstawowe elementy węzłów cieplnych u odbiorców, powinien być górotwór z wodami podziemnymi (w tym geotermalnymi) oraz podziemne magazyny ciepła (i chłodu). Górotwór stanowi rezerwar ciepła, który może regenerować się w naturalny sposób (np. poprzez adwekcję) jak też sztucznie. Dzięki temu możliwa jest całoroczna praca systemu ciepłowniczo-klimatyzacyjnego z rozproszonymi źródłami ciepła i chłodu.

*Badania są wynikiem prac w ramach projektu Innovation in Underground Thermal Energy Storages with Borehole Heat Exchangers (BHEsINNO) - uzyskanego przez AGH Akademię Górniczo-Hutniczą w ramach konkursu „POLNOR 2019” z tzw. funduszy norweskich za pośrednictwem NCBiR w Warszawie*

## 10. WEB APPLICATION FUTURASOFT AS A SUPPORT TOOL FOR BOREHOLE HEAT EXCHANGER DESIGNERS AND CONTRACTORS

*Jakub Drosik\*, Marcin Franke*

*Author's affiliation: PRAWTECH Sp. z o.o., ul. Garbarska 43, Wolbrom 32-340, [www.prawtech.pl](http://www.prawtech.pl)  
\*Author's e-mail address for correspondence: [j.drosik@prawtech.pl](mailto:j.drosik@prawtech.pl)*

**Keywords:** ground heat source, borehole heat exchangers, geothermal probes

The proprietary FUTURAsoft application has been implemented by the engineering team at PRAWTECH Sp. z o.o. and serves as a multifunctional tool for configuring ground source heat pump installations. The program will debut in 2024 in its newest version as a web application. Among its various functions users particularly appreciate the precision and speed of the software, especially regarding calculations of hydraulic resistance generated by the borehole heat exchanger field, the type of low-freezing fluid used, the selected probe design, as well as flow rates and specific powers obtained from the ground. The program facilitates the estimation of thermal cement requirements based on drilling techniques used, generates glycol demand, and selects optimal pipe diameters for the most complex cascading well and manifold systems. The FUTURAsoft application is a supportive tool for ground source heat pump projects of both small and large scale. Registered users of the application gain free access to the program's functions. Among the available



options, users can personalize printouts, reports, and offers, as well as archive selections with the option for later editing. The application simplifies the comparison of different system variants for the ground source, and the calculations generated in FUTURAsoft help make precise and optimal design decisions.

## 10. APLIKACJA WEBOWA FUTURASOFT JAKO NARZĘDZIE WSPARCIA DLA PROJEKTANTÓW I WYKONAWCÓW OTWOROWYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA

*Jakub Drosik\*, Marcin Franke*

*Afiliacja autorów: PRAWTECH Sp. z o.o., ul. Garbarska 43, Wolbrom 32-340, [www.prawtech.pl](http://www.prawtech.pl)*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: [j.drosik@prawtech.pl](mailto:j.drosik@prawtech.pl)*

**Słowa kluczowe:** dolne źródło ciepła, otworowe wymienniki ciepła, sondy

Autorska aplikacja FUTURAsoft została wdrożona przez zespół inżynierów PRAWTECH Sp. z o.o. i jest wielofunkcyjnym narzędziem doboru instalacji dolnych źródeł ciepła dla pomp gruntowych. Program inauguruje w 2024 roku w najnowszej odsłonie jako aplikacja webowa. Pośród szeregu funkcjonalności użytkownicy platformy szczególnie doceniają precyzję i szybkość działania oprogramowania m.in. w zakresie obliczeń oporów hydraulicznych generowanych przez pole wymienników gruntowych w zależności od rodzaju zastosowanego płynu niskokrzepnącego, wybranej konstrukcji sondy jak również natężenia przepływu i jednostkowych mocy uzyskiwanych z górotworu. Program ułatwia oszacowanie zapotrzebowania na termocement w zależności od stosowanych technik wiercenia, generuje zapotrzebowanie na glikol jak również dobiera optymalne średnice rurociągów dla najbardziej skomplikowanych kaskadowych układów studni i rozdzielaczy. Aplikacja FUTURAsoft to narzędzie wsparcia projektów pomp gruntowych małych i dużych mocy. Zarejestrowany użytkownik aplikacji uzyskuje dostęp do funkcjonalności programu nieodpłatnie. Pośród dostępnych opcji należy wskazać na możliwość personalizacji generowanych w aplikacji wydruków, raportów i ofert jak również archiwizowania dokonanych doborów z opcją ich późniejszej edycji. Aplikacja ułatwia porównanie różnych wariantów wykonania instalacji dolnego źródła, a generowane w FUTURAsoft obliczenia służą podjęciu precyzyjnych i optymalnych decyzji projektowych.

## 11. SELECTION METHOD OF GROUND HEAT EXCHANGERS VS. EFFICIENT FUNCTIONING OF HEAT PUMP SYSTEM

*Michał Szczytowski\*, Szymon Rogozik*

*Author's affiliation: MuoviTech Polska Sp. z o.o. ul. W. Wimmera 31, 32-005 Niepołomice, [www.muovitech.com/PL](http://www.muovitech.com/PL)*

*\*Author's e-mail address for correspondence: [michal.szczytowski@muovitech.com](mailto:michal.szczytowski@muovitech.com)*

**Keywords:** Borehole heat exchangers, simulations of the operation of the heat source, ground source heat pumps.

The development of ground source heat pumps (GSHP) introduces new challenges for designers, drilling companies, and installers. With the growing number of heating and cooling systems, a more specialized approach to designing and analyzing these systems is becoming necessary. A key step is the preparation of an accurate energy audit, which allows for the optimal selection of the equipment, its components, and especially the appropriate size of the borehole heat



exchanger (BHE). Muovitech provides comprehensive support in this area, offering complete technical documentation, selection of the ground source, and simulations of the BHE's operation. This enables the company to precisely meet market demands, minimizing operational costs and maximizing system efficiency for years to come.

## 11. ANALIZA METOD DOBORU WYMIENNIKÓW GRUNTOWYCH VS. EFEKTYWNE FUNKCJONOWANIE SYSTEMU POMP CIEPŁA

*Michał Szczytowski\*, Szymon Rogozik*

*Afiliacja autorów: MuoviTech Polska Sp. z o.o. ul. W. Wimmera 31, 32-005 Niepołomice, www.muovitech.com/PL*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: [michal.szczytowski@muovitech.com](mailto:michal.szczytowski@muovitech.com)*

**Słowa kluczowe:** Otworowe wymienniki ciepła, symulacje pracy dolnego źródła ciepła, gruntowe pompy ciepła

Rozwój gruntowych pomp ciepła (PC) wprowadza nowe wyzwania dla projektantów, firm wiertniczych oraz instalatorów. Wraz z rosnącą liczbą układów grzewczo-chłodniczych, konieczne staje się bardziej specjalistyczne podejście do projektowania oraz analizy tych systemów. Kluczowym etapem jest przygotowanie dokładnego audytu energetycznego, który pozwala na optymalny dobór urządzenia, jego elementów, a zwłaszcza odpowiedniej wielkości wymiennika gruntowego (DŹĆ). Firma Muovitech zapewnia kompleksowe wsparcie w tym zakresie, oferując pełne opracowanie techniczne, dobór dolnego źródła ciepła oraz symulację pracy DŹĆ. Dzięki temu firma może precyzyjnie sprostać wymaganiom rynku, minimalizując koszty operacyjne i maksymalizując efektywność systemu przez lata.

## 12. OVERVIEW OF STRUCTURES FOUND IN SHALLOW GEOTHERMAL APPLICATIONS

*Tomasz Śliwa, Aneta Sapińska-Śliwa, Tomasz Kowalski\**

*Author's affiliation: University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Laboratory of Geoennergetics, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [geoennergetyka@agh.edu.pl](mailto:geoennergetyka@agh.edu.pl)*

*\*Author's e-mail address for correspondence: [tkowal@agh.edu.pl](mailto:tkowal@agh.edu.pl)*

**Keywords:** shallow geothermal, borehole heat exchangers, geothermal baskets, sealing material

One division of geothermal energy found in the literature is between shallow and deep geothermal. Shallow geothermal comprises installations and boreholes usually drilled to a depth of a few hundred metres (mostly no more than 300-400 m), while deeper ones are classified as deep geothermal. The main barrier to the large-scale development of shallow geothermal is the significant investment costs. These costs are mainly related to the drilling of boreholes, materials, the purchase of the heat pump and the installation of the connection system. This work provides an overview of the structures found in shallow geothermal, including a division into horizontal structures (including geothermal baskets), structures categorised as borehole heat exchangers and conceptual (literature) structures not performed in the industry. The paper will present the types (types) of tubes and the filling/sealing materials of borehole heat exchangers.

*The research was financed under the subsidy of the Department of Drilling and Geoengineering 10.10.190.779*



## 12. PRZEGLĄD KONSTRUKCJI WYSTĘPUJĄCYCH W PŁYTKIEJ GEOTERMII

*Tomasz Śliwa, Aneta Sapińska-Śliwa, Tomasz Kowalski\**

*Afiliacja autorów: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Laboratorium Geoenergetyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, geoenergetyka@agh.edu.pl*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: tkowal@agh.edu.pl*

**Słowa kluczowe:** płytka geotermia, otworowe wymienniki ciepła, kosze geotermalne, materiał uszczelniający

Jednym z podziałów energii geotermalnej występującym w literaturze jest podział na geotermię płytką oraz głęboką. Geotermia płytka obejmuje instalacje i otwory wiertnicze wykonywane zazwyczaj do głębokości kilkuset metrów (przeważnie nie przekraczające głębokość 300-400 m), natomiast głębsze zaliczane są do głębokiej geotermii. Zasadniczą barierą w rozwoju płytkiej geotermii na szeroką skalę są znaczne koszty inwestycyjne. Koszty te związane są przede wszystkim z wierceniem otworów, materiałami, zakupem pompy ciepła oraz wykonaniem instalacji przyłączeniowej. Niniejsza praca stanowi przegląd konstrukcji występujących w płytkiej geotermii, uwzględniając podział na konstrukcje poziome (w tym kosze geotermalne), konstrukcje zaliczane do otworowych wymienników ciepła oraz konstrukcje ideowe (literaturowe), nie wykonywane w przemyśle. W pracy zaprezentowane zostaną typy (rodzaje) rur oraz materiały wypełniające/uszczelniające otworowe wymienniki ciepła.

*Badania były finansowane w ramach subwencji Katedry Wiertnictwa i Geoinżynierii 10.10.190.779*

## 13. THE USE OF THERMAL AND MEDICINAL WATERS IN THE KAZIMIERSKI DISTRICT

*Michał Bucki, Jacek Nowak\**

*Author's affiliation: Kazimierskie Wody Termalnych i Lecznicze, ul. Partyzantów 29, 28-500 Kazimierza Wielka*

*\*Author's e-mail address for correspondence: jac\_now@vp.pl*

**Keywords:** Kazimierskie Thermal and Medicinal Waters, geothermal sulphur waters, geothermal, recreation, balneology

The history of geothermal energy in Kazimierza Wielka began on 1<sup>st</sup> April 2015 with putting in the operation the first borehole with thermal and therapeutic water in the Świętokrzyskie Voivodeship. The geological works were carried out on the basis of the project of Geological Works for the construction of a hydrogeological and reconnaissance hole for the documentation of thermal waters in the village of Cudzynowice, Kazimierza Wielka municipality. As part of the work, a drilling hole was made with a depth of 750 m from the Upper Cretaceous level from Cenomanian formations, a self-flow of mineral water of 1.5% and thermal water with a temperature of 28.6°C, chloride-sulphate-sodium, sulphide and iodide types was obtained. The established operating resources of the documented water intake are:  $Q = 82.0 \text{ m}^3/\text{h}$ . In December 2023, an investment was made under which an absorbent borehole was drilled in Kazimierza Wielka along with the pipeline connecting with the 3,5 km long borehole in Cudzynowice and two boiler houses with a total capacity of about 2 MW for heating public buildings. At the same time, the first year-round outdoor swimming pool with thermal and sulphide water in Poland was commissioned. Currently, it is planned to use water for pharmaceutical and cosmetic purposes. We also planned to bottle the water.





### 13. WYKORZYSTANIE WÓD TERMALNYCH I LECZNICZYCH W POWIECIE KAZIMIERSKIM

*Michał Bucki, Jacek Nowak\**

*Afiliacja autorów: Kazimierskie Wody Termalne i Lecznicze, ul. Partyzantów 29, 28-500 Kazimierza Wielka*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: jac\_now@vp.pl*

**Słowa kluczowe:** Kazimierskie Wody Termalne i Lecznicze, geotermalne wody siarczkowe, geotermia, rekreacja, balneologia

Historia kazimierskiej geotermii rozpoczęła się 1 kwietnia 2015 roku oddaniem do użytku pierwszego w województwie świętokrzyskim odwiertu z wodą termalną i leczniczą. Roboty geologiczne wykonano na podstawie Projektu robót geologicznych na wykonanie otworu hydrogeologiczno-rozpoznawczego dla udokumentowania wód termalnych w miejscowości Cudzynowice, gmina Kazimierza Wielka. W ramach prac wykonano otwór wiertniczy o głębokości 750 m. z poziomu kredy górnej z utworów cenomanu, uzyskano samowypływ wody mineralnej 1,5% i termalnej o temperaturze 28,6°C, typu chlorkowo – siarczanowo – sodowego, siarczkowej i jodkowej. Ustalone zasoby eksploatacyjne dokumentowanego ujęcia wynoszą:  $Q = 82,0 \text{ m}^3/\text{h}$ . W grudniu 2023 roku oddano inwestycję w ramach, której został wykonany odwiert chłonny w Kazimierzy Wielkiej wraz z rurociągiem łączącym z odwiertem Cudzynowice o długości 3,5 km oraz dwie kotłownie o łącznej mocy około 2 MW służących do ogrzewania budynków użyteczności publicznej. Jednocześnie został oddany do użytku pierwszy w Polsce całoroczny zewnętrzny basen z wodą termalną i siarczkową. Obecnie planowane jest wykorzystanie wody do celów farmaceutycznych i kosmetycznych oraz butelkowania wody.





### Session of papers III Interdisciplinary geoennergetics

### Sesja referatów III Interdyscyplinarna geoennergetyka

## 14. GEOTHERMAL ENERGY RESEARCH AT VSB TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

*Pavel Pospisil\*, Nada Rapantova*

*Author's affiliation: VSB Technical University of Ostrava, 17. listopadu 2172, 70800 Ostrava-Poruba, [www.vsb.cz/en](http://www.vsb.cz/en)  
\*Author's e-mail address for correspondence: [pavel.pospisil@vsb.cz](mailto:pavel.pospisil@vsb.cz)*

**Keywords:** Shallow and Deep Geothermal Energy, research, living lab, simulation

The research is based on almost 20 years of experience with the design and operation of BHE on the campus of VSB Technical University of Ostrava, where 220 boreholes have been drilled so far, with a total length of over 30 km, to heat and cool part of the buildings on the campus. Furthermore, the results of projects focused on the use of geothermal energy and thermal energy storage in the rock environment. Thematically, the research focuses on combining laboratory measurements of thermal properties of rocks, experiments at pilot sites and analysis of results obtained from real facilities that serve as a living laboratory. New research is supported by projects at national and international level. At the national level, this is the REFRESH project, where geothermal energy is one of the main lines of research in renewable energy within the Energy Lab created. Using a supercomputer, the optimal flow of thermal energy between the building and the rock environment and the heat propagation in the rock environment will be simulated using the FEFLOW software and its special interfaces to the TRNSYS software. Collaboration with colleagues from Charles University and the Czech Geological Survey is also established in the framework of the largest geothermal project in the country called SYNERGY, which deals with both low and high potential geothermal energy. Cooperation with the University of Padua and Fraunhofer IWU Institute is also being developed in the framework of the international projects Enhance Europe (Energy Harvesting Collectors for Urban Road Pavement) and NewHeat Integrated (Highly flexible and modular PCM based thermal energy storage system for efficient heating applications in the built environment). Recently, cooperation with potential candidates for the use of deep geothermal energy has also been developing. An example is the town of Frenštát pod Radhoštěm, where, according to initial information from previously drilled exploratory wells, conditions are suitable at depths of over 2 km for obtaining sufficient thermal energy for district heating (Initial phase of pre-feasibility study).



*The research has received funding from the Project REFRESH - Research Excellence For Region Sustainability and High-tech Industries, reg. no. CZ.10.03.01/00/22\_003/0000048 which is co-financed by the European Union from the Operational Programme Just Transition.*

## 14. BADANIA GEOTERMALNE NA WYŻSZEJ SZKOLE GÓRNICZEJ W OSTRAWIE

*Pavel Pospisil\*, Nada Rapantova*

*Afiliacja autorów: VSB Technical University of Ostrava, 17. listopadu 2172, 70800 Ostrava-Poruba, www.vsb.cz/en*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: pavel.pospisil@vsb.cz*

**Słowa kluczowe:** płytko i głęboko geotermia, badania, laboratorium innowacji, symulacja

Badania opierają się na niemal 20-letnim doświadczeniu w projektowaniu i eksploatacji otworowych wymienników ciepła na kampusie Wyższej Szkoły Górniczej w Ostrawie, gdzie dotychczas wykonano 220 otworów o łącznej długości ponad 30 km, służących do ogrzewania i chłodzenia części budynków na kampusie. Ponadto, badania obejmują wyniki projektów skoncentrowanych na wykorzystaniu energii geotermalnej oraz magazynowaniu ciepła w górotworze. Tematyka badań skupia się na połączeniu pomiarów laboratoryjnych właściwości termicznych skał, eksperymentach na pilotażowych stanowiskach oraz analizie wyników uzyskanych z rzeczywistych instalacji, które służą jako laboratorium innowacji. Nowe badania są wspierane przez projekty na poziomie krajowym i międzynarodowym. Na poziomie krajowym realizowany jest projekt REFRESH, w którym energia geotermalna jest jednym z głównych kierunków badań nad odnawialnymi źródłami energii w ramach utworzonego Energy Lab. Z wykorzystaniem superkomputera będzie symulowany optymalny przepływ energii cieplnej pomiędzy budynkiem, a górotworem oraz wymianą ciepła w górotworze za pomocą oprogramowania FEFLOW i jego specjalnych interfejsów do oprogramowania TRNSYS. W ramach największego projektu geotermalnego w kraju, SYNERGYS, który dotyczy zarówno energii geotermalnej o niskim, jak i wysokim potencjale, nawiązano współpracę z partnerami z Uniwersytetu Karola i Czeskiej Służby Geologicznej. W ramach międzynarodowych projektów Enhance Europe (Energy Harvesting Collectors for Urban Road Pavement) oraz NewHeat Integrated (Highly flexible and modular PCM based thermal energy storage system for efficient heating applications in the built environment) rozwijana jest także współpraca z Uniwersytetem Padewskim i Instytutem Fraunhofera IWU. Ostatnio rozwija się również współpraca z potencjalnymi kandydatami do wykorzystania głębokiej energii geotermalnej. Przykładem jest miasto Frenštát pod Radhoštěm, gdzie, zgodnie z wstępnymi informacjami z wcześniej wykonanych otworów badawczych, warunki na głębokości ponad 2 km są odpowiednie do uzyskania wystarczającej energii cieplnej do zasilania systemu ciepłowniczego (Początkowa faza studium wykonalności).

*Badania zostały sfinansowane z projektu REFRESH - Research Excellence For Region Sustainability and High-tech Industries, nr CZ.10.03.01/00/22\_003/0000048, który jest współfinansowany przez Unię Europejską z Programu Operacyjnego Sprawiedliwa Transformacja."*



## 15. THE INFLUENCE OF SELECTED PARAMETERS OF A HIGH-TEMPERATURE UNDERGROUND THERMAL ENERGY STORAGE ON ITS ENERGY EFFICIENCY

*Jerzy Wołoszyn*

*Author's affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Mechanical Engineering and Robotics, Department of Power Systems and Environmental Protection Facilities, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.kseiuos.imir.agh.edu.pl](http://www.kseiuos.imir.agh.edu.pl)*

*Author's e-mail address for correspondence: [jerzy.woloszyn@agh.edu.pl](mailto:jerzy.woloszyn@agh.edu.pl)*

**Keywords:** BTES, thermal energy storage, energy efficiency, sensitivity study

In practical applications, the most serious problem of renewable energy sources is their seasonal and random nature. One of the methods to address this challenge is effective energy storage. The study aimed to analyse the impact of selected material, construction, and operating parameters on the energy efficiency of a high temperature underground thermal energy storage. The finite element method, the design of the experiment and the response surface methodology were used for the study. The calculations included 881 variants. It was shown that the most significant parameters affecting the energy efficiency of storage are the thermal conductivity of the rock mass and the grouting material, the spacing of the borehole heat exchangers, the flow rate and the temperature of the medium during the charging and discharging process. The study identified favourable values of the thermal conductivity and the spacing in terms of energy efficiency for a seasonal storage cycle.

*This research was supported by Poland national subvention, no. 16.16.130.942*

## 15. BADANIA WPLYWU WYBRANYCH PARAMETRÓW WYSOKOTEMPERATUROWEGO PODZIEMNEGO MAGAZYNU ENERGII TERMICZNEJ NA JEGO EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNĄ

*Jerzy Wołoszyn*

*Afiliacja autora: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Systemów Energetycznych i Urządzeń Ochrony Środowiska, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.kseiuos.imir.agh.edu.pl](http://www.kseiuos.imir.agh.edu.pl)*

*Adres e-mail autora do korespondencji: [jerzy.woloszyn@agh.edu.pl](mailto:jerzy.woloszyn@agh.edu.pl)*

**Słowa kluczowe:** BTES, magazynowanie energii termicznej, efektywność energetyczna, analiza wrażliwości

W praktycznych zastosowaniach najpoważniejszym problemem źródeł energii odnawialnej jest ich sezonowy i losowy charakter. Jedną z metod rozwiązania tego wyzwania jest efektywne magazynowanie energii. Celem badań była analiza wpływu wybranych parametrów materiałowych, konstrukcyjnych i eksploatacyjnych na efektywność energetyczną wysokotemperaturowego podziemnego magazynu energii termicznej. Do realizacji badań zastosowano metodę elementów skończonych, technikę planowania eksperymentu oraz metodologię powierzchni odpowiedzi. Obliczenia obejmowały 881 wariantów. Wykazano, że najistotniejsze parametry wpływające na efektywność energetyczną magazynu to przewodność cieplna górotworu oraz materiału uszczelniającego otwór, rozstaw otworowych wymienników ciepła, natężenie przepływu oraz temperatura czynnika podczas procesu ładowania i rozładowania. W ramach badań zidentyfikowano korzystne wartości przewodności cieplnej górotworu oraz rozstawu wymienników ze względu na efektywność energetyczną dla sezonowego cyklu magazynowania.

*Badania były finansowane w ramach badań statutowych 16.16.130.942*



## 16. UNCONVENTIONAL APPLICATIONS OF HDD TECHNOLOGY

*Jan Ziaja*

*Author's affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, al. Mickiewicza 30, 30-059  
Kraków, [www.wnig.agh.edu.pl](http://www.wnig.agh.edu.pl)*

*Author's e-mail address for correspondence: [ziaja@agh.edu.pl](mailto:ziaja@agh.edu.pl)*

**Keywords:** Horizontal directional drilling - HDD, horizontal heat exchangers, rock mass sealing

Horizontal directional drilling comes from oil drilling and is a variant of directional oil drilling. Directional drilling is a combination of conventional trenchless techniques for overcoming natural obstacles and directional drilling used in oil mining.

Drillings are used in engineering works in the field of telecommunications (for underground cable installation), gas, energy, water and sewage systems. Most often, they are made to pass under rivers, tracks, roads and under all installation and urban planning obstacles. They represent the most ecological trenchless technology that has little impact on the natural environment. The paper will present non-standard possibilities of using horizontal directional drilling. Among others, for the construction of horizontal borehole heat exchangers, sea entrances and installation of drains, as well as for the stabilization and protection of landslides and sealing landfills.

*The research was financed under the subsidy of the Department of Drilling and Geoengineering 10.10.190.779*

## 16. NIEKONWENCJONALNE ZASTOSOWANIA TECHNOLOGII HDD

*Jan Ziaja*

*Afiliacja autora: AGH - Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, al. Mickiewicza 30, 30-059  
Kraków, [www.wnig.agh.edu.pl](http://www.wnig.agh.edu.pl)*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: [ziaja@agh.edu.pl](mailto:ziaja@agh.edu.pl)*

**Słowa kluczowe:** Horyzontalne przewiertki sterowane – HDD, poziome wymienniki ciepła, uszczelnianie górotworu

Sterowane przewiertki horyzontalne wywodzą się z wiertnictwa naftowego i są odmianą naftowych otworów kierunkowych. Wykonywanie przewiertów sterowanych jest połączeniem konwencjonalnych technik bezwykopowego pokonywania przeszkód naturalnych oraz wierceń kierunkowych stosowanych w górnictwie naftowym.

Przewiertki są stosowane w robotach inżynierskich z zakresu telekomunikacji (do podziemnej instalacji kabli), gazownictwa, energetyki, wodociągów, kanalizacji. Najczęściej wykonywane są w celu przejść pod rzekami, torowiskami, drogami oraz pod wszelkimi przeszkodami instalacyjnymi i urbanistycznymi. Reprezentują najbardziej ekologiczną technologię bezwykopową, która w niewielkim stopniu ingeruje w środowisko naturalne. W referacie przedstawione zostaną niestandardowe możliwości wykorzystania horyzontalnego przewiertu sterowanego. Między innymi do budowy poziomych otworowych wymienników ciepła, wejść w morze czy instalacji drenów jak również stabilizacji i zabezpieczenia osuwisk oraz uszczelniania składowisk odpadów.

*Badania były finansowane w ramach subwencji Katedry Wiertnictwa i Geoinżynierii 10.10.190.779*



## 17. THE APPLICATION OF DIAPHRAGM WALLS AS HEAT EXCHANGERS IN GEOTHERMAL SYSTEMS

*Michał Zorzycki*

*Author's affiliation: Soletanche Polska Sp. z o.o., Aleja Solidarności 173, 00 - 877 Warszawa, [www.soletanche.pl](http://www.soletanche.pl)  
Author's e-mail address for correspondence: [michal.zorzycki@soletanche.pl](mailto:michal.zorzycki@soletanche.pl)*

**Keywords:** diaphragm walls, renewable energy, sustainable construction, ground heat exchangers, geothermal systems

Diaphragm walls are a widely used construction technology, installed directly in the ground, where they provide a large surface area in contact with both the soil and groundwater. These features make them suitable for use as heat exchangers in geothermal systems, allowing for efficient harnessing of natural thermal energy. This well-established technology offers a promising and cost-effective alternative to traditional methods of extracting heat from the ground, especially when integrated with heat pumps, which can further reduce installation costs.

## 17. ZASTOSOWANIE ŚCIAN SZCZELINOWYCH JAKO WYMIENNIKÓW CIEPŁA W SYSTEMACH GEOTERMALNYCH

*Michał Zorzycki*

*Afiliacja autora: Soletanche Polska Sp. z o.o., Aleja Solidarności 173, 00 - 877 Warszawa, [www.soletanche.pl](http://www.soletanche.pl)  
Adres e-mail autora do korespondencji: [michal.zorzycki@soletanche.pl](mailto:michal.zorzycki@soletanche.pl)*

**Słowa kluczowe:** ściany szczelinowe, energia odnawialna, zrównoważone budownictwo, gruntowe wymienniki ciepła, systemy geotermalne

Ściany szczelinowe to powszechnie stosowana technologia w budownictwie. Wykonywane są bezpośrednio w gruncie, co zapewnia dużą powierzchnię kontaktu z ośrodkiem gruntowym oraz wodą gruntową. Dzięki tym właściwościom mogą one pełnić funkcję wymienników ciepła w systemach geotermalnych, co stwarza możliwości efektywnego wykorzystania naturalnych zasobów energii cieplnej. Warto wykorzystać stosowanie na rynku tej technologii, ponieważ integracja z pompami ciepła czyni ją atrakcyjną i relatywnie tanią alternatywą dla tradycyjnych metod pozyskiwania energii cieplnej z gruntu, obniżając koszty instalacji.

## 18. COGENERATION SOLAR FARMS WITH STORAGE OF HEAT AND POTENTIAL ENERGY IN BORROWHOLES

*Tomasz Śliwa*

*Author's affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Department of Drilling and Geoengineering, Geoennergetics Laboratory, [www.geotermia.agh.edu.pl](http://www.geotermia.agh.edu.pl)  
Author's e-mail address for correspondence: [sliwa@agh.edu.pl](mailto:sliwa@agh.edu.pl)*

**Keywords:** renewable energy, sustainable construction, borehole heat exchangers, geothermal systems, energy storage, cogeneration solar

The paper was created based on a study carried out at the Geoennergetics Laboratory of the AGH University of Krakow,





concerning the initial concept of using geothermal energy in the municipal heating network in Czechowice-Dziedzice. The two largest plots of land may become a source and storage of energy at the same time in the future. It is enough to drill boreholes before installing solar panels (cogeneration photovoltaic panels and solar collectors PVT). They could function as borehole heat exchangers for seasonal heat storage and simultaneously as borehole gravity energy storage for daily storage of electrical energy. The paper describes the performance of such an installation, taking into account the insolation and appropriate arrangement of boreholes.

## 18. KOGENERACYJNE FARMY SOLARNE Z MAGAZYNOWANIEM CIEPŁA I ENERGII POTENCJALNEJ W OTWORACH WIERTNICZYCH

*Tomasz Śliwa*

*Afiliacja autora: Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii, Laboratorium Geoenergetyki, [www.geotermia.agh.edu.pl](http://www.geotermia.agh.edu.pl)  
Adres e-mail autora do korespondencji: [sliwa@agh.edu.pl](mailto:sliwa@agh.edu.pl)*

**Słowa kluczowe:** energia odnawialna, zrównoważone budownictwo, otworowe wymienniki ciepła, systemy geotermalne, magazynowanie energii, solary kogeneracyjne

Referat powstał na bazie opracowania realizowanego w Laboratorium Geoenergetyki AGH, dotyczącego wstępnej koncepcji wykorzystania geotermii w miejskiej sieci ciepłowniczej w Czechowicach-Dziedzicach. Dwie największe działki mogą stać się w przyszłości źródłem i magazynem energii równocześnie. Wystarczy przed zainstalowaniem solarów (kogeneracyjnych paneli fotowoltaicznych i kolektorów słonecznych PVT) wykonać otwory wiertnicze. Mogłyby one funkcjonować jako otworowe wymienniki ciepła do sezonowego magazynowania ciepła oraz równocześnie jako otworowe grawitacyjne magazyny energii do dobowego magazynowania energii elektrycznej. W referacie opisano osiągnięcia takiej instalacji z uwzględnieniem usłonecznienia i odpowiedniego rozmieszczenia otworów.

## 19. DRILLING FLUIDS FOR GEOTHERMAL DRILLING – KEY SELECTION CRITERIA

*Andrzej Szczygiel\*<sup>1</sup>, Aleksandra Jamrozik<sup>2</sup>*

*Author's 1 affiliation: Chemfor Poland Sp. z o.o., [www.chemfor.eu](http://www.chemfor.eu)*

*Author's 2 affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Poland, [www.wnig.agh.edu.pl](http://www.wnig.agh.edu.pl)*

*\*Author's e-mail address for correspondence: [a.szczygiel@chemfor.eu](mailto:a.szczygiel@chemfor.eu)*

**Keywords:** drilling fluids, geothermal, geothermal well, drilling

Drilling geothermal wells with improperly designed drilling fluid can introduce a host of previously undefined risks, all of which can reduce formation permeability. Selecting the most suitable fluid system requires an understanding of the reservoir and formations to be drilled. In addition to being safe and economical for the application, a drilling fluid should be compatible with the reservoir fluid to avoid causing precipitation of salts or scales. A properly designed fluid should establish a filter cake on the face of the formation and shouldn't penetrate too far into the formation. The fluid filtrate should inhibit or prevent swelling of reactive clay particles within the pore throats or fractures. Once a damage mechanism has diminished the permeability of a reservoir, it seldom is possible to restore the reservoir to its original condition.





## 19. PŁUCZKI DO WIERCEŃ GEOTERMALNYCH – KLUCZOWE KRYTERIA DOBORU

*Andrzej Szczygiel\*<sup>1</sup>, Aleksandra Jamrozik<sup>2</sup>*

*Afiliacja autora 1: Chemfor Poland Sp. z o.o., [www.chemfor.eu](http://www.chemfor.eu)*

*Afiliacja autora 2: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Polska, [www.wnig.agh.edu.pl](http://www.wnig.agh.edu.pl)*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: [a.szczygiel@chemfor.eu](mailto:a.szczygiel@chemfor.eu)*

**Słowa kluczowe:** płuczki wiertnicze, geotermia, otwory geotermalne, wiercenia

Wiercenie otworów geotermalnych z niewłaściwie zaprojektowanym płynem wiertniczym może wiązać się z wieloma wcześniej niezdefiniowanymi zagrożeniami, z których wszystkie mogą zmniejszać przepuszczalność formacji. Wybór najbardziej odpowiedniego systemu wymaga zrozumienia złoża i formacji, które mają być przewiercane. Oprócz tego, że płuczka wiertnicza jest bezpieczna i ekonomiczna w stosowaniu, powinna być kompatybilna z płynem złożowym, tak aby uniknąć wytrącania się soli lub osadów. Odpowiednio zaprojektowany płyn powinien tworzyć osad filtracyjny na powierzchni formacji i nie powinien wnikać zbyt głęboko w formację. Filtrat powinien hamować lub zapobiegać pęcznieniu reaktywnych cząstek ilastych w porach lub szczelinach formacji złożowej. Gdy mechanizm uszkodzeń zmniejszy przepuszczalność złoża, rzadko jest możliwe przywrócenie złoża do pierwotnego stanu.



## Posters session

## Sesja posterów

### 20. THE POSSIBILITIES OF DRILLING OIL AND GAS FACULTY IN TERMS OF NUMERICAL SUPPORT FOR THE DESIGN OF BOREHOLE HEAT EXCHANGERS

*Krzysztof Skrzypaszek\*, Albert Złotkowski, Przemysław Toczek, Tomasz Kowalski*

*Author's affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Drilling and Geoengineering Department, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.wnig.agh.edu.pl](http://www.wnig.agh.edu.pl)*

*\*Author's e-mail address for correspondence: [varna@agh.edu.pl](mailto:varna@agh.edu.pl)*

**Keywords:** borehole heat exchanger, BHE designs, numerical aided designs, numerical simulations, engineering software

The Faculty of Drilling, Oil and Gas at the AGH University of Krakow has in recent years been expanding its IT infrastructure and database of numerical software to support engineering decision-making in the implementation of BHE - Borehole Heat Exchangers projects. The paper presents modern methods of implementing such projects using commercial universal simulators such as ANSYS, the BHE-dedicated Earth Energy Designer (EED) software streamlining the BHE parameter selection process. Proprietary applications are also used during the design process: PathDesigner3D (to produce borehole trajectory designs for BHE's) and RheoSolution allowing the determination of flow parameters for process fluids used in the projects described. To ensure that the aforementioned engineering support methods are effective, a special numerical workstation has been prepared, offering sufficient CPU and GPU cores to comfortably verify even very complex scientific and research hypotheses.

*The research has received funding from the Drilling and Geoengineering Department, Drilling Oil and Gas Faculty subsidy no. 16.16.190.779.*



## 20. MOŻLIWOŚCI WYDZIAŁU WIERTNICTWA, NAFTY I GAZU AGH W KRAKOWIE W ASPEKTCIE NUMERYCZNEGO WSPOMAGANIA PROJEKTOWANIA OTWOROWYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA

*Krzysztof Skrzypaszek\*, Albert Zlotkowski, Przemysław Toczek, Tomasz Kowalski*

*Afiliacja autorów: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.wnig.agh.edu.pl](http://www.wnig.agh.edu.pl)*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: [varna@agh.edu.pl](mailto:varna@agh.edu.pl)*

**Słowa kluczowe:** otworowe wymienniki ciepła, projektowanie otworowych wymienników ciepła, wspomaganie numeryczne, symulacje numeryczne, oprogramowanie inżynierskie

Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu Akademii Górniczo-Hutniczej w ostatnich latach rozbudowuje swoją infrastrukturę informatyczną oraz bazę programów numerycznych wspomagających decyzje inżynierskie w zakresie realizacji projektów dotyczących OWC. W artykule zostały przedstawione nowoczesne metody realizacji takich projektów z wykorzystaniem komercyjnych uniwersalnych symulatorów takich jak: ANSYS, dedykowane dla OWC oprogramowanie Earth Energy Designer (EED) usprawniające proces doboru parametrów OWC. W trakcie projektowania wykorzystywane są również autorskie aplikacje: PathDesigner3D (wykonanie projektów trajektorii otworów wiertniczych dla OWC) oraz RheoSolution pozwalający na wyznaczenie parametrów przepływu cieczy technologicznych stosowanych przy realizacji opisywanych projektów. Aby wymienione metody wspomagania inżynierskiego były skuteczne, przygotowano specjalne stanowisko numeryczne oferujące odpowiednie ilości rdzeni CPU oraz GPU aby komfortowo weryfikować nawet bardzo skomplikowane hipotezy naukowo-badawcze.

*Prace zostały sfinansowane w ramach subwencji badawczej w Katedrze Wiertnictwa i Geoinżynierii Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie, nr 16.16.190.779.*

## 21. INFLUENCE OF SELECTED DESIGN PARAMETERS OF BOREHOLE HEAT EXCHANGERS ON THEIR THERMAL RESISTANCE

*Tomasz Kowalski\*, Tomasz Śliwa*

*Author's affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Department of Drilling and Geoengineering, Laboratory of Geoennergetics, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.geotermia.agh.edu.pl](http://www.geotermia.agh.edu.pl)*

*\*Author's e-mail address for correspondence: [tkowal@agh.edu.pl](mailto:tkowal@agh.edu.pl)*

**Keywords:** shallow geothermal, borehole heat exchangers, thermal resistance, design parameters

A key issue for the efficient operation of heat pump systems with borehole heat exchangers is the appropriate design of the lower source. Current trends focus on achieving the lowest possible thermal resistance of borehole heat exchangers. This can be achieved through the proper selection of design parameters of borehole heat exchangers, which mainly include: heat exchanger tubes (material from which they are made, their diameters and wall thicknesses, placement of tubes in the borehole, shape of the tubes, depth of their penetration), grout (its thermal conductivity, possibility of injecting it into the borehole, correctness of the procedure) or heat carrier (its type, specific heat, density). The correct choice of borehole exchanger depth and placement is also important. This paper will present the influence of selected



design parameters of borehole exchangers on their thermal resistance.

*The research has received funding from the Drilling and Geoengineering Department, Drilling Oil and Gas Faculty subsidy no. 16.16.190.779.*

## 21. WPŁYW WYBRANYCH PARAMETRÓW KONSTRUKCYJNYCH OTWOROWYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA NA ICH OPORNOŚĆ TERMICZNĄ

*Tomasz Kowalski\*, Tomasz Śliwa*

*Afiliacja autorów: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii, Laboratorium Geoenergetyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.geotermia.agh.edu.pl](http://www.geotermia.agh.edu.pl)*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: [tkowal@agh.edu.pl](mailto:tkowal@agh.edu.pl)*

**Słowa kluczowe:** płytki geotermia, otworowe wymienniki ciepła, oporność termiczna, parametry konstrukcyjne

Kluczowym zagadnieniem ze względu na efektywność pracy instalacji pompy ciepła z otworowymi wymiennikami ciepła jest odpowiednie zaprojektowanie dolnego źródła. Obecne trendy skupiają się na osiągnięciu jak najniższej oporności termicznej wymienników otworowych. Cel ten można osiągnąć poprzez odpowiedni dobór parametrów konstrukcyjnych otworowych wymienników ciepła, do których zalicza się przede wszystkim: rury wymiennika ciepła (materiał z którego są wykonane, ich średnice i grubości ścianek, rozmieszczenie rur w otworze, kształt rur, głębokość ich zapuszczenia), czynnik uszczelniający (jego przewodność cieplna, możliwość zatłoczenia do otworu, poprawność wykonania zabiegu) czy nośnik ciepła (jego rodzaj, ciepło właściwe, gęstość). Ważny jest również odpowiedni dobór głębokości wymienników otworowych i ich rozmieszczenia. W niniejszej pracy zaprezentowany zostanie wpływ wybranych parametrów konstrukcyjnych wymienników otworowych na ich oporność termiczną.

*Prace zostały sfinansowane w ramach subwencji badawczej w Katedrze Wiertnictwa i Geoinżynierii Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie, nr 16.16.190.779.*

## 22. ENERGY CONSUMPTION MEASUREMENTS FOR OPTIMISING THE DRILLING PROCESS OF BOREHOLE HEAT EXCHANGERS

*Piotr Buliński, Tomasz Śliwa\**

*Author's affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Department of Drilling and Geoengineering, Laboratory of Geoenergetics, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.geotermia.agh.edu.pl](http://www.geotermia.agh.edu.pl)*

*\*Author's e-mail address for correspondence: [sliwa@agh.edu.pl](mailto:sliwa@agh.edu.pl)*

**Keywords:** borehole heat exchangers, drilling optimisation, geoenergetics, geothermal

Optimising the drilling process for borehole heat exchangers is an extremely important task, but one that also requires considerable effort and precise planning. This is particularly important in the case of large installations consisting of a dozen or more boreholes. Research to date to improve this process has focused primarily on measuring drilling time and fuel consumption. While monitoring drilling time is relatively straightforward, it has proven to be much more challenging to accurately track fuel consumption, which to date has relied on manual methods. Courtesy of DPS



Odwierty for Heat Pumps, pilot drilling measurements were carried out in Bibice with a Comachio 602 drill rig, using Ubiquity software to monitor fuel consumption. However, geological problems were encountered during the drilling, which forced the contractor to change the drilling method from rotary to percussion drilling. Unfortunately, this change interfered with energy measurements, as the rotary-impact method required additional fuel for the compressor, which was not recorded by the software. Despite these difficulties, the lessons learnt are a valuable source of knowledge and will be used in further process optimisation research.

*The research has received funding from the Drilling and Geoengineering Department, Drilling Oil and Gas Faculty subsidy no. 16.16.190.779.*

## 22. POMIARY ZUŻYCIA ENERGII DO OPTIMALIZACJI PROCESU WIERCENIA OTWOROWYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA

*Piotr Buliński, Tomasz Śliwa\**

*Afiliacja autorów: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii, Laboratorium Geoenergetyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.geotermia.agh.edu.pl](http://www.geotermia.agh.edu.pl)*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: [sliwa@agh.edu.pl](mailto:sliwa@agh.edu.pl)*

**Słowa kluczowe:** otworowe wymienniki ciepła, optymalizacja wiercenia, geoenergetyka, geotermia

Optymalizacja procesu wiercenia otworowych wymienników ciepła to zadanie niezwykle istotne, lecz jednocześnie wymagające znacznych nakładów pracy i precyzyjnego planowania. Jest to szczególnie ważne w przypadku dużych instalacji, składających się z kilkunastu lub więcej otworów. Dotychczasowe badania, mające na celu udoskonalenie tego procesu, koncentrowały się przede wszystkim na pomiarach czasu wiercenia oraz zużycia paliwa. Choć monitorowanie czasu wiercenia jest stosunkowo proste, znacznie większym wyzwaniem okazało się dokładne śledzenie zużycia paliwa, które do tej pory opierało się na metodach ręcznych. Dzięki uprzejmości firmy DPS Odwierty dla Pomp Ciepła, przeprowadzono pilotażowe pomiary wiercenia w miejscowości Bibice przy użyciu wiertnicy marki Comachio 602, wykorzystując program Ubiquity do monitorowania zużycia paliwa. Podczas wierceń napotkano jednak na problemy geologiczne, które zmusiły wykonawcę do zmiany metody wiercenia z obrotowej na udarowo-obrotową. Niestety, ta zmiana zakłóciła pomiary energii, ponieważ metoda udarowo-obrotowa wymagała dodatkowego paliwa do kompresora, co nie było rejestrowane przez program. Mimo tych trudności, zdobyte doświadczenia są cennym źródłem wiedzy i zostaną wykorzystane w dalszych badaniach nad optymalizacją procesu.

*Prace zostały sfinansowane w ramach subwencji badawczej w Katedrze Wiertnictwa i Geoinżynierii Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie, nr 16.16.190.779.*

## 23. IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS THROUGH THE USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES (RES) AS AN ENERGY SOURCE

*Iwona Kowalska-Kubsik\*, Dagmara Zeljaś*

*Author's affiliation: AGH University of Science and Technology, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Department of Drilling and Geoengineering, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.wnig.agh.edu.pl](http://www.wnig.agh.edu.pl)*

*\*Author's e-mail address for correspondence: [ikk@agh.edu.pl](mailto:ikk@agh.edu.pl)*



**Keywords:** energy, RES, heat pumps

In the face of increasing energy demands and climate change, improving the energy efficiency of buildings has become a key issue in architecture and construction. This study analyzes the application of renewable energy sources (RES) as an effective tool for optimizing energy consumption in buildings, and consequently, reducing costs. Various RES technologies, such as photovoltaics and heat pumps, are presented, along with their integration with traditional heating and cooling systems. An analysis of environmental and economic benefits resulting from the implementation of RES is conducted, including the reduction of CO<sub>2</sub> emissions and lower operational costs of buildings. Case studies illustrating the effectiveness of the applied solutions are developed, along with guidelines for investors and designers. The aim of the work is to emphasize the importance of sustainable development in construction and the potential to achieve high energy efficiency through innovative RES technologies.

*The research has received funding from the Drilling and Geoengineering Department, Drilling Oil and Gas Faculty subsidy no. 16.16.190.779.*

## **23. POPRAWA EFEKTYWNOŚCI ENERGETYCZNEJ BUDYNKÓW POPRZEZ ZASTOSOWANIE OZE JAKO ŹRÓDŁA ENERGII**

*Iwona Kowalska-Kubsik\*, Dagmara Zeljaś*

*Afiliacja autorów: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.wnig.agh.edu.pl](http://www.wnig.agh.edu.pl)*

*\*Adres e-mail autorki do korespondencji: [ikk@agh.edu.pl](mailto:ikk@agh.edu.pl)*

**Słowa kluczowe:** energetyka, odnawialne źródła energii, pompy ciepła

W obliczu rosnących potrzeb energetycznych oraz zmian klimatycznych, poprawa efektywności energetycznej budynków stała się kluczowym zagadnieniem w architekturze i budownictwie. Przeanalizowano zastosowanie odnawialnych źródeł energii (OZE) jako skutecznego narzędzia w optymalizacji zużycia energii w budynkach a co za tym idzie kosztów. Przedstawiono różne technologie OZE, takie jak fotowoltaika i pompy ciepła, a także ich integrację z tradycyjnymi systemami grzewczymi i chłodniczymi. Przeprowadzono analizę korzyści ekologicznych oraz ekonomicznych wynikających z implementacji OZE, w tym redukcję emisji CO<sub>2</sub> i obniżenie kosztów eksploatacji budynków. Opracowano studia przypadków ilustrujące efektywność zastosowanych rozwiązań oraz wytyczne dla inwestorów i projektantów. Celem pracy jest wskazanie na istotę zrównoważonego rozwoju w budownictwie oraz możliwość osiągnięcia wysokiej efektywności energetycznej dzięki innowacyjnym technologiom OZE.

*Prace zostały sfinansowane w ramach subwencji badawczej w Katedrze Wiertnictwa i Geoinżynierii Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie, nr 16.16.190.779.*

## **24. ANALYSING THE EFFECT OF GROUNDWATER FLOW ON THE PERFORMANCE OF A BOREHOLE HEAT EXCHANGER USING THE TOUGH3.0 NUMERICAL SIMULATION TOOL**

*Kamil Bandura\*, Tomasz Śliwa*

*Author's affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Drilling and Geoengineering*





Department, Laboratory of Geoenergetics, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.geotermia.agh.edu.pl](http://www.geotermia.agh.edu.pl)  
\*Author's e-mail address for correspondence: [kbandura@agh.edu.pl](mailto:kbandura@agh.edu.pl)

**Keywords:** borehole heat exchanger, groundwater, TOUGH3.0, PETRASIM

The paper presents an analysis of the impact of groundwater filtration on the operation of a borehole heat exchanger using the TOUGH3.0 numerical simulator and the PETRASIM pre- and post-processor. Heat flow and heat exchange between the soil and groundwater were modeled. The simulations were conducted using data from Fields A and C of the Geoenergetics Laboratory located at AGH University in Kraków and on the grounds of the Palace and Park Complex in Młoszowa. The numerical simulations allowed for the evaluation of the impact of filtration parameters, such as rock permeability, flow velocity, and direction, on the efficiency of the borehole heat exchanger (specific heating power). The results showed that intensive filtration can significantly improve the exchanger's performance.

*The research has received funding from the Drilling and Geoengineering Department, Drilling Oil and Gas Faculty subsidy no. 16.16.190.779.*

## 24. ANALIZA WPLYWU FILTRACJI WÓD PODZIEMNYCH NA DZIAŁANIE OTWOROWEGO WYMIENNIKA CIEPŁA Z WYKORZYSTANIEM SYMULATORA NUMERYCZNEGO TOUGH3.0

*Kamil Bandura\*, Tomasz Śliwa*

*Afiliacja autorów: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii, Laboratorium Geoenergetyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.geotermia.agh.edu.pl](http://www.geotermia.agh.edu.pl)*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: [kbandura@agh.edu.pl](mailto:kbandura@agh.edu.pl)*

**Słowa kluczowe:** otworowe wymienniki ciepła, wody podziemne, TOUGH3.0, PETRASIM

W referacie przedstawiono analizę wpływu filtracji wód podziemnych na działanie otworowego wymiennika ciepła z wykorzystaniem symulatora numerycznego TOUGH3.0 oraz pre- i postprocesora PETRASIM. Dokonano modelowania przepływu ciepła oraz wymiany ciepła pomiędzy gruntem a wodami podziemnymi. Do przeprowadzenia symulacji wykorzystano dane z pól A i C Laboratorium Geoenergetyki znajdujących się na AGH w Krakowie oraz na terenie Zespołu Pałacowo-Parkowego w Młoszowej. Symulacje numeryczne umożliwiły ocenę wpływu parametrów filtracji wód, takich jak przepuszczalność skał, prędkość i kierunek przepływu na efektywność pracy otworowego wymiennika ciepła (jednostkową moc grzewczą). Wyniki badań wykazały, że intensywne filtracja może znacząco poprawić wydajność wymiennika.

*Prace zostały sfinansowane w ramach subwencji badawczej w Katedrze Wiertnictwa i Geoinżynierii Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie, nr 16.16.190.779.*

## 25. ADAPTATION OF INCLINED BOREHOLES FOR VARIOUS PURPOSES, INCLUDING BOREHOLE HEAT EXCHANGERS

*Rafał Artym<sup>\*1</sup>, Tomasz Kowalski<sup>2</sup>, Przemysław Toczek<sup>2</sup>, Rafał Wiśniowski<sup>2</sup>*

*Author's 1 affiliation: Firma Usługowa AR-WIERT Rafał Artym, Ul. C. K. Norwida 8/30, 37-600 Lubaczów,*



[www.arwier.com](http://www.arwier.com)

Author's 2 affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Drilling and Geoengineering Department, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.wnig.agh.edu.pl](http://www.wnig.agh.edu.pl)

\*Author's e-mail address for correspondence: [arwier@gmail.com](mailto:arwier@gmail.com)

**Keywords:** Radial boreholes, borehole heat exchangers, angle drilling, hydrogeological boreholes

The aim of this study is to show how oblique drilling can be adapted to create boreholes for various purposes in the rock mass, including borehole heat exchangers. The use of an oblique borehole design can bring tangible energy benefits (by increasing the length of the exchanger in the layer with the highest possible thermal conductivity) and economic benefits (by reducing the total length of the exchanger). In addition, it is possible to produce several heat exchangers from a single borehole, which significantly improves the logistics of the drilling work and has a significant impact on the efficiency of long-term operation. The drilling of an oblique borehole is also recommended in the case of groundwater access. Compared with a vertical borehole, this technological solution makes it possible to extend the development area of the well's filtration zone, thereby increasing the surface area of water inflow to the well (so-called apparent thickness).

The research has received funding from the Drilling and Geoengineering Department, Drilling Oil and Gas Faculty subsidy no. 16.16.190.779.

## 25. ADAPTACJA WIERCEŃ UKOŚNYCH W CELU WYKONANIA OTWORÓW RÓŻNEGO PRZEZNACZENIA, W TYM OTWOROWYCH WYMIENNIKÓW CIEPŁA

Rafał Artym<sup>\*1</sup>, Tomasz Kowalski<sup>2</sup>, Przemysław Toczek<sup>2</sup>, Rafał Wiśniowski<sup>2</sup>

Afiliacja autora 1: Firma Usługowa AR-WIERT Rafał Artym, Ul. C. K. Norwida 8/30, 37-600 Lubaczów, [www.arwier.com](http://www.arwier.com)

Afiliacja autorów 2: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.wnig.agh.edu.pl](http://www.wnig.agh.edu.pl)

\*Adres e-mail autora do korespondencji: [arwier@gmail.com](mailto:arwier@gmail.com)

**Słowa kluczowe:** otwory ukośne, otworowe wymienniki ciepła, wiercenia pod kątem, otwory hydrogeologiczne

Celem pracy jest ukazanie sposobów adaptacji wierceń ukośnych w celu wykonywania w górotworze otworów wiertniczych różnego przeznaczenia, m.in. otworowych wymienników ciepła. Zastosowanie ukośnej konstrukcji otworu może przynieść wymierne korzyści energetyczne (zwiększenie długości wymiennika w warstwie o jak najwyższej przewodności cieplnej) oraz ekonomiczne (poprzez skrócenie sumarycznej długości wymiennika). Ponadto istnieje możliwość wykonania kilku otworowych wymienników ciepła z jednego stanowiska co znacznie poprawia logistykę prac wiertniczych oraz znacząco wpływa na efektywność wieloletniej eksploatacji. Wykonanie otworu ukośnego zaleca się również w przypadku udostępnienia wód podziemnych. Takie rozwiązanie technologiczne pozwoli w porównaniu z otworem pionowym wydłużyć powierzchnię rozwinięcia walca strefy filtracyjnej studni, tym samym zapewniając zwiększenie powierzchni dopływu wód do studni (tzw. miąższość pozorna).

Prace zostały sfinansowane w ramach subwencji badawczej w Katedrze Wiertnictwa i Geoinżynierii Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie, nr 16.16.190.779.



## 26. OPPORTUNITIES FOR THE EXTRACTION OF EARTH'S HEAT IN SPECIALIZED BUILDINGS

*Tomasz Śliwa<sup>1</sup>, Olga Szydło<sup>\*2</sup>, Remigiusz Kunasz<sup>2</sup>, Krzysztof Budny<sup>3</sup>*

*Author's 1 affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Laboratory of Geoenergetics, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

*Author's 2 affiliation: AGH University of Krakow*

*Author's 3 affiliation: DABI SM BUDNY SP. Z O.O. SP.K.*

*\*Author's e-mail address for correspondence: szydlo@agh.edu.pl*

**Keywords:** Specialized construction, geothermics, underground thermal energy storage

The paper shows the possibilities of using the Earth's heat in specialised construction. The systems in question are BTES (Borehole Thermal Energy Storage) and ATES (Aquifer Thermal Energy Storage). Building, geological and hydrogeological data collected from four projects allowed a study to be carried out showing the approximate amount of heating/cooling capacity possible in the area. Options considered were borehole heat exchangers, where simulations were carried out with the EED (Earth Energy Designer) programme, and a geothermal doublet. The use of a particular system depends on proper geological and hydrogeological identification.

*The research has received funding from the Drilling and Geoengineering Department, Drilling Oil and Gas Faculty subsidy no. 16.16.190.779.*

## 26. MOŻLIWOŚCI POZYSKANIA CIEPŁA ZIEMI W BUDOWNICTWIE SPECJALISTYCZNYM

*Tomasz Śliwa<sup>1</sup>, Olga Szydło<sup>\*2</sup>, Remigiusz Kunasz<sup>2</sup>, Krzysztof Budny<sup>3</sup>*

*Afiliacja autora 1: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Laboratorium Geoenergetyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków*

*Afiliacja autora 2: Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie*

*Afiliacja autora 3: DABI SM BUDNY SP. Z O.O. SP.K.*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: szydlo@agh.edu.pl*

**Słowa kluczowe:** budownictwo specjalistyczne, geotermia, podziemne magazynowanie ciepła

Referat pokazuje możliwości wykorzystania ciepła Ziemi w budownictwie specjalistycznym. Mowa tu o systemach BTES (Borehole Thermal Energy Storage) oraz ATES (Aquifer Thermal Energy Storage). Zebrane z czterech inwestycji dane: budynków, geologiczne oraz hydrogeologiczne pozwoliły na wykonanie opracowania pokazującego przybliżoną ilość mocy grzewczej/chłodniczej możliwej do wykorzystania na danym terenie. Rozpatrywano opcje z otworowymi wymiennikami ciepła, gdzie symulacje zostały przeprowadzone przy pomocy programu EED (Earth Energy Designer) oraz z dubletem geotermalnym. Wykorzystanie danego systemu zależy od prawidłowego rozpoznania geologicznego oraz hydrogeologicznego.

*Prace zostały sfinansowane w ramach subwencji badawczej w Katedrze Wiertnictwa i Geoinżynierii Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie, nr 16.16.190.779.*



## 27. INVESTIGATING THE EFFECT OF ADDITIVES TO CEMENT SLURRIES FORMULATIONS ON THEIR THERMAL CONDUCTIVITY

*Krzysztof Seńczuk\*<sup>1</sup>, Aneta Sapińska-Śliwa<sup>2</sup>, Tomasz Kowalski<sup>2</sup>*

*Author's 1 affiliation: AGH Doctoral School, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.sd.agh.edu.pl/en/](http://www.sd.agh.edu.pl/en/)*

*Author's 2 affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Laboratory of Geoenergetics, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.geotermia.agh.edu.pl](http://www.geotermia.agh.edu.pl)*

*\*Author's e-mail address for correspondence: [senczuk@agh.edu.pl](mailto:senczuk@agh.edu.pl)*

**Keywords:** cement slurries, thermal conductivity, borehole heat exchangers

The main assumption of the research was to check the effect of additives on the thermal conductivity of sealing slurries. Thermal conductivity is an important parameter that allows to influence the energy efficiency (unit heat power) of the installation based on borehole heat exchangers. Additives such as powdered graphite, magnesium flakes in two forms: powder and chip, powdered graphene were used for the research. The research was carried out using the FOX 50 apparatus from TA Instruments, which is part of the equipment of the Geoenergetics Laboratory at the Faculty of Drilling, Oil and Gas of AGH.

The research results allowed to formulate the following conclusions:

1. The content of powdered graphite ranged from 5% to 20% relative to the mass of dry cement. With the increase of the additive content in the sample, its thermal conductivity increases relative to the base sample consisting of cement and water.
2. The next additive tested was magnesium flakes in the form of powders and flakes with concentrations from 15% to 45% relative to the mass of dry cement. Similarly to the case of powdered graphite, in both cases an increase in conductivity was observed in relation to the base sample with the increase in the concentration of additives.
3. Due to the high price of graphene, small amounts of this additive are used for research (0.05% to 0.15% of the dry cement mass). The research showed a smaller increase in the value of thermal conductivity in comparison to the two previous additives.

*The work was funded by a research subvention at the Department of Drilling and Geoengineering, Faculty of Drilling, Oil and Gas, AGH University of Science and Technology, Krakow, No. 16.16.190.779.*

## 27. BADANIE WPLYWU DODATKÓW DO RECEPTUR ZACZYNÓW USZCZELNIAJĄCYCH NA ICH PRZEWODNOŚĆ CIEPLNĄ

*Krzysztof Seńczuk\*<sup>1</sup>, Aneta Sapińska-Śliwa<sup>2</sup>, Tomasz Kowalski<sup>2</sup>*

*Afiliacja autora 1: Szkoła Doktorska AGH, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.sd.agh.edu.pl](http://www.sd.agh.edu.pl)*

*Afiliacja autorów 2: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Laboratorium Geoenergetyki, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, [www.geotermia.agh.edu.pl](http://www.geotermia.agh.edu.pl)*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: [senczuk@agh.edu.pl](mailto:senczuk@agh.edu.pl)*

**Słowa kluczowe:** zaczyny cementowe, przewodnictwo cieplne, otworowe wymienniki ciepła

Głównym założeniem badań było sprawdzenie wpływu dodatków na przewodnictwo cieplne zaczynów uszczelniających. Przewodnictwo cieplne jest istotnym parametrem pozwalającym wpłynąć na efektywność energetyczną instalacji opartej o otworowe wymienniki ciepła. Do badań wykorzystano takie dodatki jak sproszkowany grafit, płatki magnezu w dwóch postaciach: proszku oraz wiór, sproszkowany grafen. Badania wykonywano z użyciem aparatury FOX 50 firmy TA Instruments, która znajduje się na wyposażeniu Laboratorium Geoenergetyki na Wydziale



Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH.

Wyniki badań pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Zawartość sproszkowanego grafitu wynosiła od 5% do 20% względem masy suchego cementu. Wraz ze wzrostem zawartości dodatku w próbce rośnie jej przewodnictwo cieplne względem próbki bazowej składającej się z samego cementu oraz wody.
2. Kolejnym przebadanym dodatkiem był płatki magnezowe w postaci proszków oraz płatków o stężeniach od 15% do 45% względem masy suchego cementu. Analogicznie jak w przypadku sproszkowanego grafitu w obu przypadkach zauważono wzrost przewodnictwa w stosunku do próbki bazowej wraz ze wzrostem stężenia dodatków.
3. Ze względu na wysoką cenę grafenu do badań używa się niewielkie ilości tego dodatku (0,05% do 0,15% względem masy suchego cementu). Badania wykazały mniejszy przyrost wartości przewodnictwa cieplnego w porównaniu do dwóch poprzednich dodatków.

*Prace zostały sfinansowane dzięki subwencji badawczej w Katedrze Wiertnictwa i Geoinżynierii Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie, nr 16.16.190.779.*

## 28. INFLUENCE OF SELECTED PARAMETERS ON THE RESULTS OF THE SOIL THERMAL RESPONSE TEST (TRT – THERMAL RESPONSE TEST)

*Ewelina Stefanowicz\*, Agnieszka Chmielewska*

*Author's affiliation: Wrocław University of Science and Technology, Faculty of Environmental Engineering, Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, [www.wis.pwr.edu.pl/en/](http://www.wis.pwr.edu.pl/en/)*

*\*Author's e-mail address for correspondence: [ewelina.stefanowicz@pwr.edu.pl](mailto:ewelina.stefanowicz@pwr.edu.pl)*

**Keywords:** thermal response test, soil thermal conductivity, borehole thermal resistance, infinite line source model, ground heat exchanger

The paper presents an analysis of the results of two soil thermal response tests (TRT) conducted on a 78-m deep heat exchanger located in Swidnica. The tests were carried out in a manner designed to allow comparison of the results of estimating the effective thermal conductivity of the soil and the thermal resistance of the borehole. An analysis of the effect of heating power, fluid flow rate, location of the test apparatus and measurement period on the results of estimating ground thermal conductivity was carried out using the infinite linear source model (ILSM). For each test, data acquired from two sets of measuring instruments were analyzed: those installed in the inspection well at the borehole and the TRT apparatus installed in the heat pump technical room.

The analysis showed that the location of the measuring apparatus has a significant impact on the test results, especially in the context of heat loss and the influence of insolation. Changing parameters such as heating power and fluid flow had a minimal effect on the estimation of ground thermal conductivity, but had a significant impact on the results of the estimation of borehole thermal resistance. The study also showed the sensitivity of the results to the duration of the test (the period from which the data were analyzed), suggesting the need for careful selection of the measurement period for reliable results. Conclusions of the study indicate the need for further research, especially in the area of the effect of test assumptions on the accuracy of soil parameter estimation and methods to reduce the parameter estimation error.





## 28. WPŁYW WYBRANYCH PARAMETRÓW NA WYNIKI TESTU REAKCJI TERMICZNEJ GRUNTU (TRT – THERMAL RESPONSE TEST)

*Ewelina Stefanowicz\*, Agnieszka Chmielewska*

*Afiliacja autorek: Politechnika Wroclawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Wybrzeże Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, [www.wis.pwr.edu.pl](http://www.wis.pwr.edu.pl)*

*\*Adres e-mail autorki do korespondencji: [ewelina.stefanowicz@pwr.edu.pl](mailto:ewelina.stefanowicz@pwr.edu.pl)*

**Słowa kluczowe:** test reakcji termicznej, przewodność cieplna gruntu, opór cieplny odwiertu, model nieskończonego źródła liniowego, gruntowy wymiennik ciepła

Referat przedstawia analizę wyników dwóch testów reakcji termicznej gruntu (TRT) przeprowadzonych na wymienniku ciepła o głębokości 78 m, zlokalizowanym w Świdnicy. Testy przeprowadzono w sposób mający pozwolić na porównanie wyników estymacji efektywnej przewodności cieplnej gruntu oraz oporu cieplnego odwiertu. Przeprowadzono analizę wpływu mocy grzewczej, przepływu czynnika, lokalizacji aparatury badawczej oraz okresu pomiarowego na wyniki estymacji przewodności cieplnej gruntu wykorzystując model nieskończonego źródła liniowego (ILSM). Dla każdego z testów przeanalizowano dane pozyskane z dwóch zestawów urządzeń pomiarowych: zainstalowanych w studni rewizyjnej przy odwiercie oraz w aparaturze TRT zamontowanej w pomieszczeniu technicznym pompy ciepła.

Analiza wykazała, że lokalizacja aparatury pomiarowej ma istotny wpływ na wyniki testów, szczególnie w kontekście strat ciepła oraz wpływu nasłonecznienia. Zmiana parametrów, takich jak moc grzewcza i przepływ czynnika, miała minimalny wpływ na estymację przewodności cieplnej gruntu, ale miała znaczący wpływ na wyniki estymacji oporu cieplnego odwiertu. Badania również wykazały wrażliwość wyników na czas trwania testu (okres, z którego analizowano dane), co sugeruje konieczność starannego doboru okresu pomiarowego dla uzyskania wiarygodnych wyników. Wnioski z pracy wskazują na potrzebę dalszych badań, szczególnie w zakresie wpływu założeń testu na dokładność estymacji parametrów gruntu oraz metod zmniejszenia błędów estymacji parametrów.

## 29. STATISTICAL COMPARISON OF THE INTERPRETATION OF TRT RESULTS BY DIFFERENT METHODS

*Tomasz Śliwa\*, Remigiusz Kunasz*

*Author's affiliation: AGH University of Krakow, Faculty of Drilling, Oil and Gas, Department of Drilling and Geoengineering, Geoenergetics Laboratory, [www.geotermia.agh.edu.pl](http://www.geotermia.agh.edu.pl)*

*\*Author's e-mail address for correspondence: [sliwa@agh.edu.pl](mailto:sliwa@agh.edu.pl)*

**Keywords:** geoenergetics, borehole heat exchangers, thermal response test

This paper presents the results, interpretations and analysis of thermal response tests of borehole heat exchangers of different designs. The boreholes are located in research field 'C' at the Geoenergetics Laboratory of AGH University of Krakow. Different borehole heat exchanger designs were analysed, such as single U-tube, double U-tube, triple U-tube, a centric arrangement, a three-pipe arrangement with tubes of the same diameter and a three-pipe arrangement in which one tube has a larger diameter and the others have a smaller diameter. Interpretations were carried out using three methods, resulting in data on the effective thermal conductivity of the rock profile crossing the borehole heat exchanger





and the thermal resistivity of the rock (borehole heat exchanger efficiency index).

*The research has received funding from the Drilling and Geoengineering Department, Drilling Oil and Gas Faculty subsidy no. 16.16.190.779.*

## 29. STATYSTYCZNE PORÓWNANIE INTERPRETACJI WYNIKÓW TRT RÓŻNYMI METODAMI

*Tomasz Śliwa\*, Remigiusz Kunasz*

*Afiliacja autorów: AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu, Katedra Wiertnictwa i Geoinżynierii, Laboratorium Geoennergetyki, [www.geotermia.agh.edu.pl](http://www.geotermia.agh.edu.pl)*

*\*Adres e-mail autora do korespondencji: [sliwa@agh.edu.pl](mailto:sliwa@agh.edu.pl)*

**Słowa kluczowe:** geoennergetyka, otworowe wymienniki ciepła, test reakcji termicznej

Praca prezentuje wyniki, interpretacje oraz analizę testów reakcji termicznej otworowych wymienników ciepła o różnej konstrukcji. Otwory znajdują się na polu badawczym „C” w Laboratorium Geoennergetyki AGH w Krakowie. Przeanalizowano różne konstrukcje wymienników otworowych, takie jak: pojedyncza U-rurka, podwójna U-rurka, potrójna U-rurka, układ centryczny, układ trzyrurkowy o rurach tej samej średnicy oraz układ trzyrurkowy, w którym jedna rura ma większą średnicę, a pozostałe mniejszą. Interpretacje przeprowadzono trzema metodami, co pozwoliło uzyskać dane dotyczące efektywnej przewodności cieplnej profilu skał przecinających wymiennik otworowy oraz oporności termicznej skał (wskaźnik efektywności otworowego wymiennika ciepła).

*Prace zostały sfinansowane w ramach subwencji badawczej w Katedrze Wiertnictwa i Geoinżynierii Wydziału Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH w Krakowie, nr 16.16.190.779.*