

EnerGizerS Project

CO₂-Enhanced Geothermal Systems for Climate Neutral Energy Supply

***Projekt EnerGizerS - Niekonwencjonalne systemy geotermalne CO₂-EGS
jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu***

Anna Sowiżdżał
AGH University of Science and Technology

www.energizers.agh.edu.pl

**Niekonwencjonalne systemy geotermalne CO₂-EGS jako systemy
energetyczne neutralne dla klimatu**
CO₂-Enhanced Geothermal Systems for Climate Neutral Energy Supply

EnerGizerS

Lider Projektu: AGH

Kierownik Projektu: Anna Sowizdzał, prof. AGH

Projekt *CO₂-Enhanced Geothermal Systems for Climate Neutral Energy Supply*, akronim EnerGizerS, numer rejestracyjny NOR/POLNOR/EnerGizerS/0036/2019, otrzymał dofinansowanie w ramach polsko-norweskich projektów badawczych POLNOR 2019 finansowanych przez Fundusze Norweskie za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju

The project EnerGizerS has received funding as part of the POLNOR 2019 Polish-Norwegian research projects financed under Norway Grants via the National Centre for Research and Development.



Partnerzy Projektu



Głównym celem projektu jest analiza efektywności funkcjonowania niekonwencjonalnych systemów geotermalnych (ang. Enhanced Geothermal Systems; EGS) wykorzystujących dwutlenek węgla (CO_2) jako medium robocze

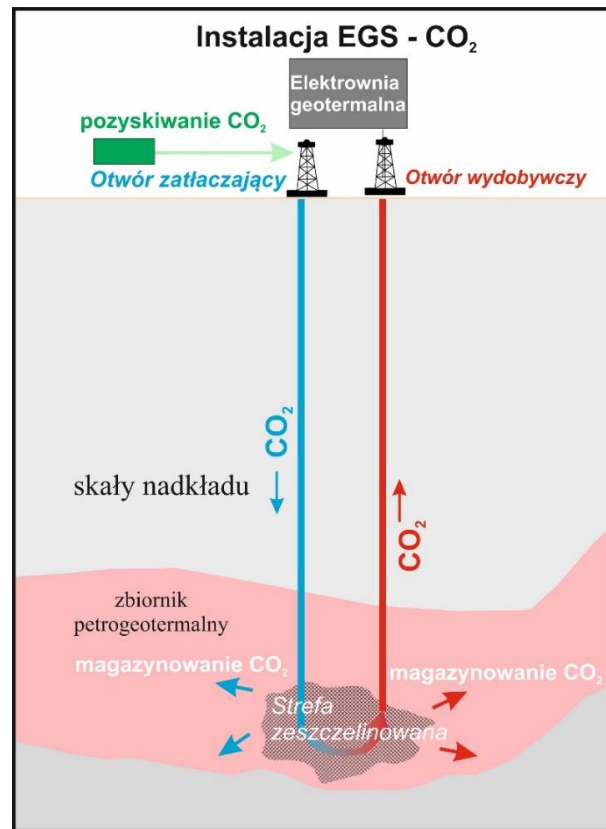
Technologia EGS wykorzystująca CO_2 jako płyn roboczy łączy w sobie aspekty pozyskiwania czystej energii z wnętrza Ziemi oraz redukcji emisji dwutlenku węgla

EGS

- dla celów energetycznych

CO_2

- dla celów środowiskowych



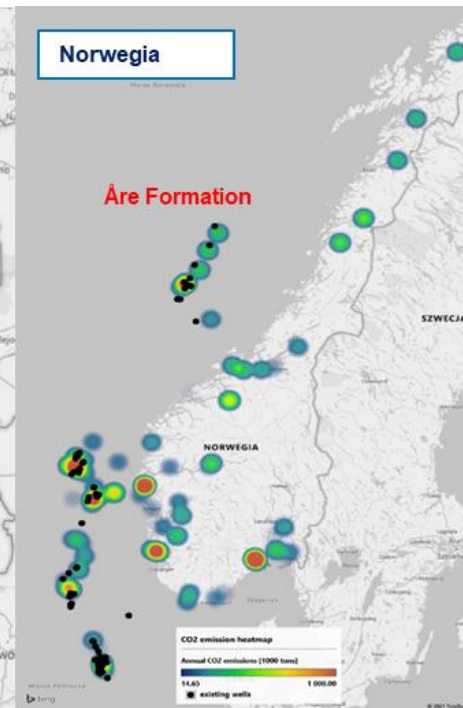
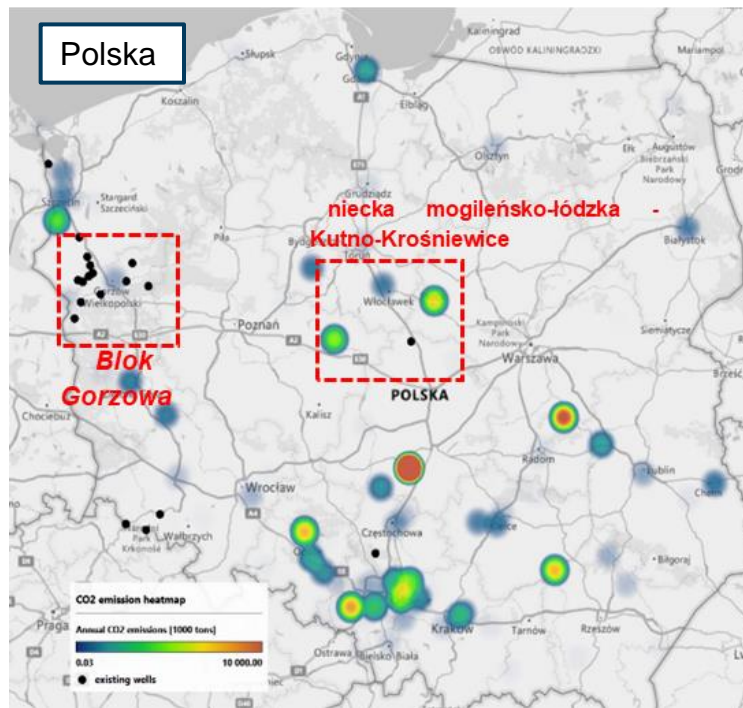
IDENTYFIKACJA STRUKTUR GEOLOGICZNYCH ODPOWIEDNIH DLA SYSTEMU CO₂-EGS

Identyfikacja struktur geologicznych odpowiednich dla CO₂-EGS:

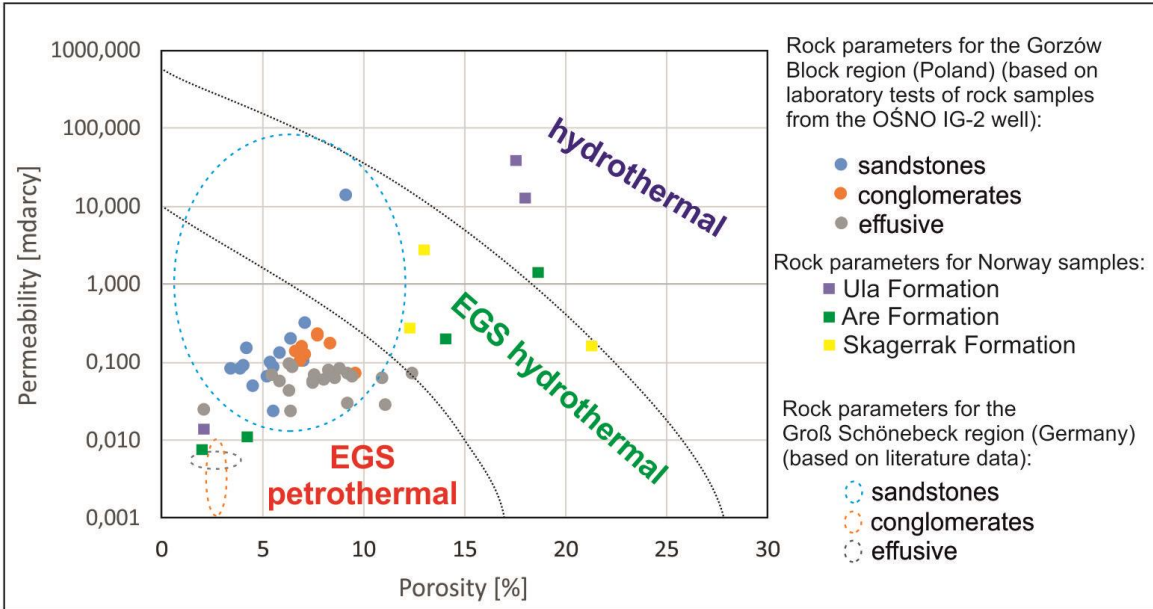
- ❑ w Polsce - obszar Bloku Gorzowa - skały wulkaniczne i osadowe 150 °C na głębokości ok. 4,3 km
- ❑ w Norwegii: formacja Åre na Morzu Norweskim – piaskowce od 155 do 167 °C na głębokości od 4 do 4,7 km



Metoda
Matrix of Influences (MOI)



Wyniki prac laboratoryjnych



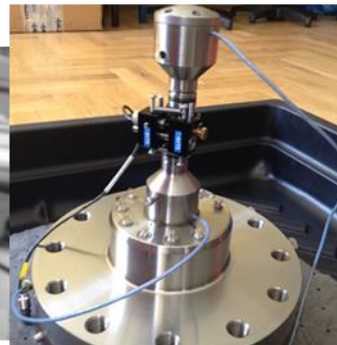
Relacja porowatości i przepuszczalności różnych typów geotermalnych skał zbiornikowych.

Zastosowanie jako zbiorniki EGS petrotermalne, EGS hydrotermalne lub hydrotermalne przedstawiono na podstawie (Moeck, 2014)



**LABORATORIUM
POROZYMETRYCZNE**

**BADANIE WŁASNOŚCI
TERMICZNYCH
I MECHANICZNYCH
SKAŁ**



Eksperymentalne określenie właściwości i sposobu zachowania płynów roboczych w systemach CO₂-EGS

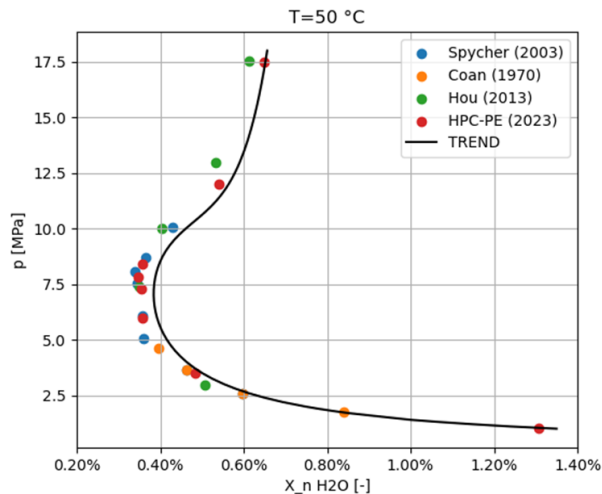
SINTEF Energy Research

Cel ogólny:

Poprawa zrozumienia zachowania się płynów roboczych w warunkach temperatury i ciśnienia EGS

Cele cząstkowe:

- ✓ Dostarczenie wysokiej jakości eksperymentalnych danych laboratoryjnych
- ✓ Modyfikacja istniejących modeli płynów roboczych CO₂-EGS
- ✓ Zaangażowanie i kształcenie młodych polskich naukowców



*Wyniki badań eksperymentalnych
w porównaniu z danymi literaturowymi*

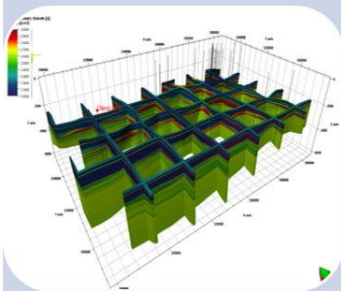
*Staż młodego naukowca w Norwegii
Doktorant Szkoły Doktorskiej AGH:
mgr inż. Maciej Szymanek
(promotor: Anna Sowizdzał, prof. AGH)*



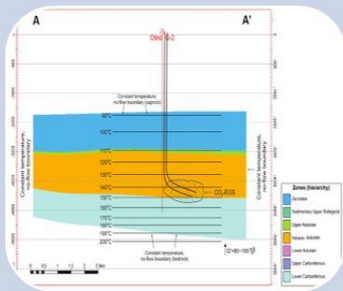
Urządzenie HPC-PE do pomiarów równowagi fazowej pod wysokim ciśnieniem



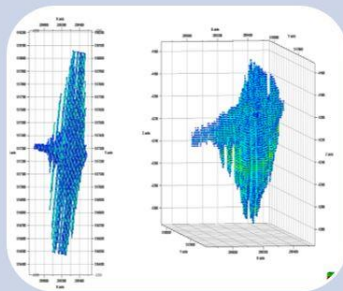
Mathematical modelling of geological reservoir for CO₂-EGS Poland - Gorzów Block



3D structural-parametric
model

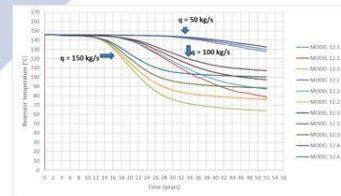
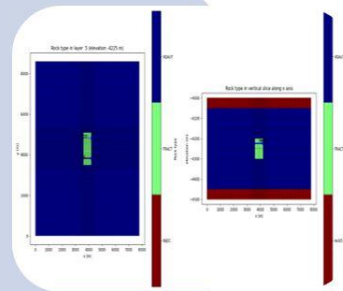


conceptual models

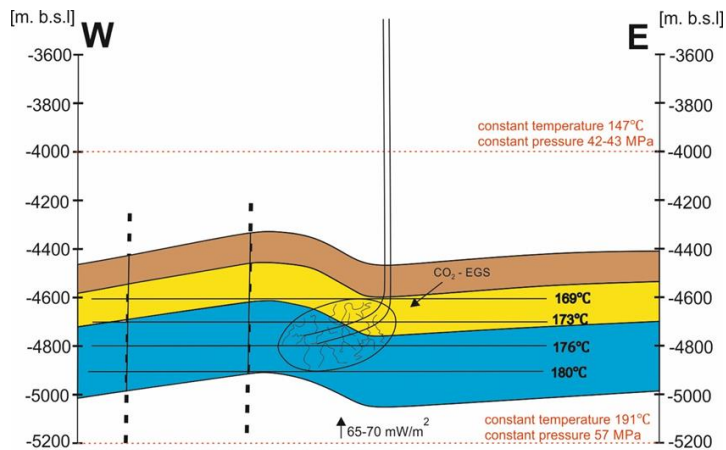


modeling of
rock's fracturing process

3D numerical model for multi-variant simulations



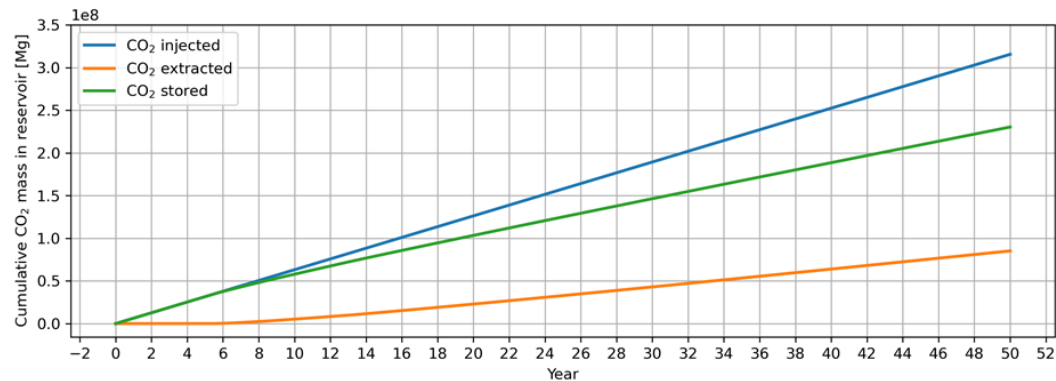
Temperature evolution in the production zone



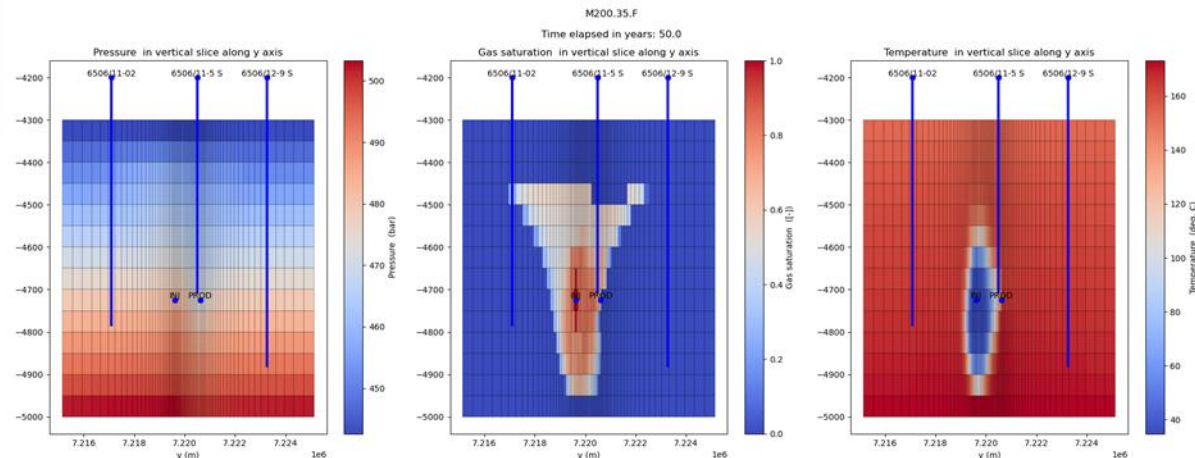
Ror Formation Tilje Formation Åre Formation



Przekrój przedstawiający model koncepcyjny formacji Åre



Skumulowana ilość CO₂ zatłoczonego, zmagazynowanego i wydobytego ze zbiornika

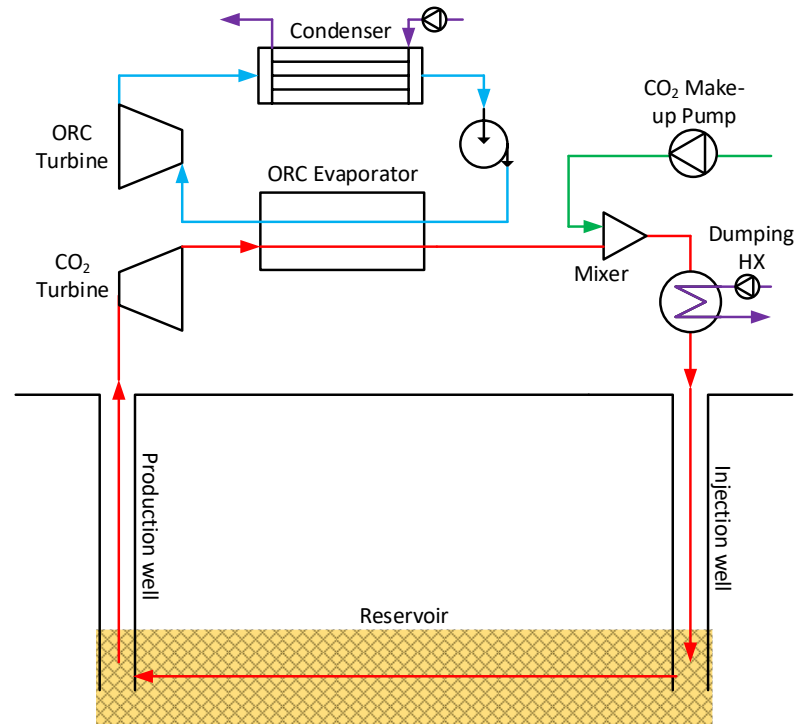


Rozkład ciśnienia (po lewej), nasycenia gazem CO₂ (w środku) i temperatury (po prawej) w przekroju poprzecznym wzdłuż środka osi Y modelu, po 50 latach stałej eksploatacji CO₂-EGS.



POTENCJALNA INSTALACJA CO₂ – EGS W POLSCE – BLOK GORZOWA

- ❑ System on-shore
- ❑ Produkcja energii elektrycznej i ciepłej
- ❑ Optymalizacja instalacji CO₂-EGS zlokalizowanej w rejonie Bloku Gorzowa pokazuje, że można uzyskać i utrzymać moc netto około 1,5 MW_{el} w całym okresie eksploatacji projektu
- ❑ Optymalna temperatura zatłaczania wynosi zawsze ok. 20°C

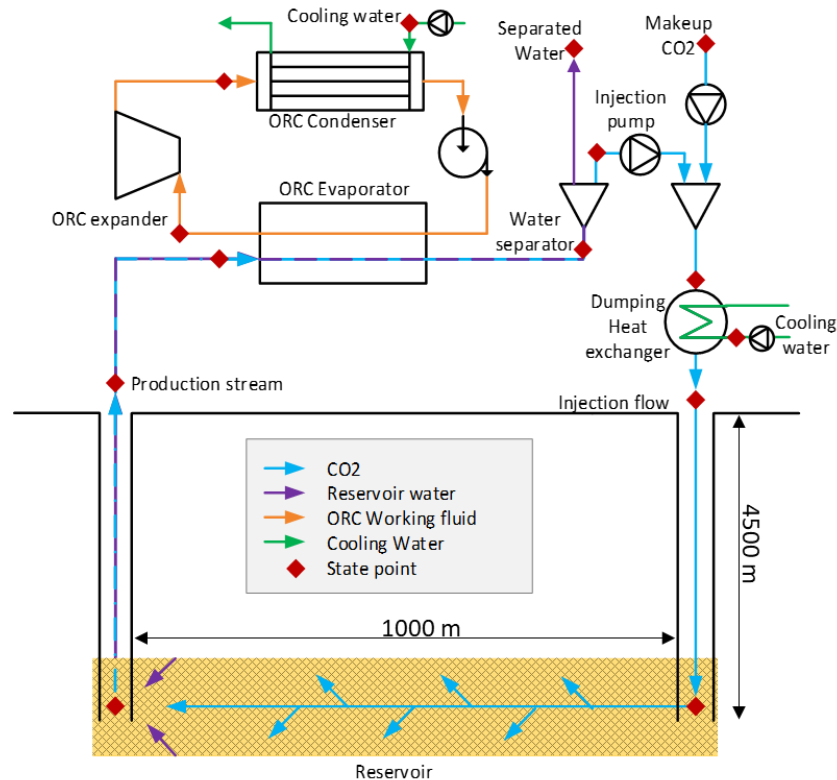


POTENCJALNA INSTALACJA CO₂ – EGS W NORWEGII

- ❑ System off-shore
- ❑ Produkcja jedynie energii elektrycznej na potrzeby platformy wiertniczej – instalacja ORC w różnych konfiguracjach

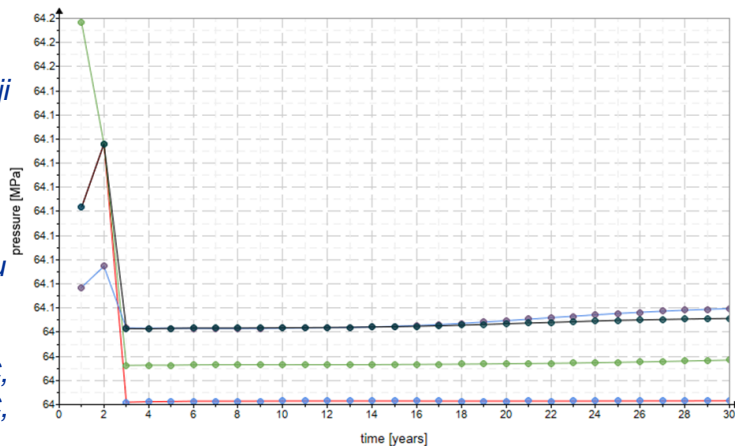
Maksymalna stała moc netto:

- ❑ system bezpośredni - 4,4 MW_{el}
- ❑ system hybrydowy - 5,6 MW_{el}



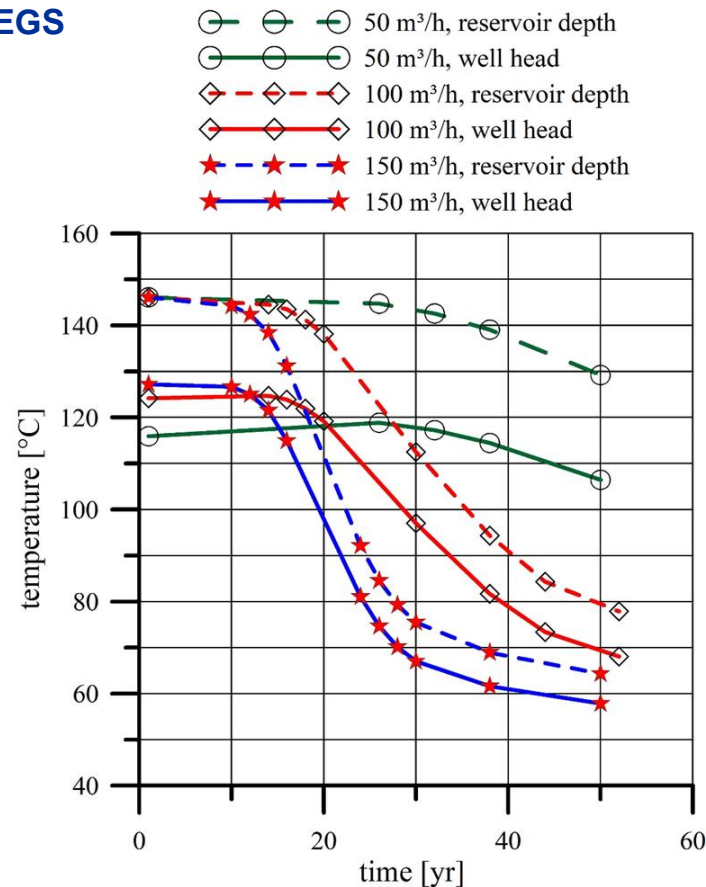
OPTIMALIZACJA FUNKCJONOWANIA INSTALACJI CO₂ – EGS

Wyniki symulacji numerycznej dla formacji bloku Gorzowa dla temperatury (powyżej) i ciśnienia (poniżej) na filtrze otworu produkcyjnego i zestawu danych wsadowych:
 krzywa 1 50 kg/s, 50°C,
 krzywa 2 100 kg/s, 50°C,
 krzywa 3 150 kg/s, 50°C,
 krzywa 4 150 kg/s 90°C



Stream of CO ₂ [kg/s]	50	50	50	100	100	100	100	150	150	150	150
Temperature of CO ₂ in the liner of the well for reinjection [°C]	45	60	75	45	60	75	90	45	60	75	90
Maximal value of power [MW]	7,08	6	4,94	14,14	12	9,86	7,74	21,31	17,95	14,74	11,55
Energy obtained [PJ]	6,22	5,27	4,33	11,56	9,78	8,01	6,25	14,21	11,95	9,73	7,55
Load factor [-]	0,928	0,928	0,927	0,864	0,862	0,858	0,853	0,705	0,703	0,697	0,691
Load factor * energy obtained [PJ]	5,77	4,89	4,01	9,98	8,43	6,88	5,33	10,01	8,41	6,78	5,21
Max/min power [-]	1,025	1,022	1,023	1,457	1,482	1,51	1,534	3,209	3,229	3,328	3,483
End power / start power [-]	1,003	1	0,995	0,7	0,687	0,671	0,658	0,312	0,313	0,303	0,288

Wartości funkcji celu dla lokalizacji blok Gorzowa, przy założeniu wykorzystania wytwarzanej energii do produkcji ciepła



Temperatura złożowa i głowicowa CO₂ dla bloku Gorzowa, przy zróżnicowanych parametrach eksploatacyjnych



REZULTATY

- ❑ Analiza możliwości realizacji innowacyjnych badań dotyczących rozwoju wspomaganych systemów geotermalnych (CO₂ - EGS) wykorzystujących nadkrytyczny dwutlenek węgla jako medium robocze w Polsce i Norwegii
- ❑ Innowacyjne rozwiązania dla ograniczenia emisji dwutlenku węgla przy jednoczesnym zaspokojeniu potrzeb energetycznych – połączenie technologii CCUS oraz EGS
- ❑ Intensyfikacja współpracy między partnerami polskimi i norweskimi oraz wymiana doświadczeń – wspólne publikacje, wizyty studyjne, konferencje, perspektywy dalszej współpracy



Journal of Cleaner Production
 Volume 379, Part 2, 15 December 2022, 134768



Petrophysical evaluation of the Lower Permian formation as a potential reservoir for CO₂ - EGS – Case study from NW Poland

Anna Sowińska¹, Grzegorz Machowski², Artur Krzyżak³, Edyta Puskarczyk⁴,
 Paulina Krakowska-Madejska⁵, Anna Chmielowska¹



Article
 Multi-Criteria Studies and Assessment Supporting the Selection of Locations and Technologies Used in CO₂-EGS Systems

Leszek Pająk¹, Anna Sowińska¹, Paweł Gładysz², Barbara Tomaszewska¹, Maciej Miecznik³,
 Trond Andresen⁴, Bjørn S. Frengstad⁴ and Anna Chmielowska¹

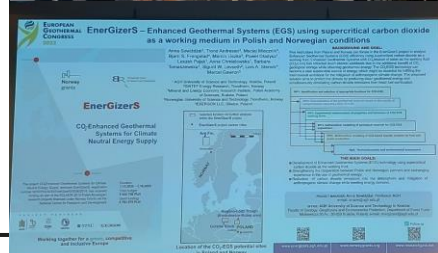


Follow us



REZULTATY

- ❑ budowanie potencjału zespołów badawczych na arenie krajowej oraz międzynarodowej – udział w licznych konferencjach/wydarzeniach branżowych
- ❑ Polska Nagroda Inteligentnego Rozwoju – nominacja dla projektu EnerGizerS, w kategorii: *Projekt przyszłości* za dotychczasowe wyniki przedsięwzięć, mogące skutkować pozytywnym wpływem na rozwój społeczno-gospodarczy
- ❑ możliwości realizacji kolejnych projektów powiązanych tematycznie – CCUS.pl (realizowany), HOCLOOP (Hop on facility call, w trakcie oceny), URGENT (HORIZON-CL5-2023-D3-02, przyznany)
- ❑ kształcenie doktorantów - staż młodego naukowca w Sintef, szkolenia specjalistyczne dla doktorantów, realizacja prac doktorskich przy wykorzystaniu wyników realizacji projektu w gronie międzynarodowym



Dziękuję za uwagę

Źródło finansowania badań

Prace zrealizowano w ramach polsko-norweskiego projektu: ***Niekonwencjonalne systemy geotermalne CO₂-EGS jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu***, akronim ***EnerGizerS***, numer rejestracyjny NOR/POLNOR/EnerGizerS/0036/2019 dofinansowanego z Funduszy Norweskich 2014-2021 za pośrednictwem Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

