



Forum  
Innowacyjności

# Systemy geotermalne CO<sub>2</sub>-EGS -nowe technologie w zakresie energii

---

**dr hab. inż. Anna Sowizdzał**

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie  
Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska  
Katedra Surowców Energetycznych



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej



Wspólnie działamy na rzecz Europy **zielonej**,  
**konkurencyjnej** i **sprzyjającej integracji społecznej**

[www.energizers.agh.edu.pl](http://www.energizers.agh.edu.pl)



Projekt *CO<sub>2</sub>-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

## Niekonwencjonalne systemy geotermalne CO<sub>2</sub>-EGS jako systemy energetyczne neutralne dla klimatu

*CO<sub>2</sub>-Enhanced Geothermal Systems for Climate Neutral Energy Supply*

### EnerGizerS



DOFINANSOWANO  
ZE ŚRODKÓW  
BUDŻETU PAŃSTWA

PROGRAM „BADANIA STOSOWANE”

CO<sub>2</sub>-Enhanced Geothermal  
Systems for Climate Neutral  
Energy Supply

DOFINANSOWANIE  
869 096,25 zł

CAŁKOWITA WARTOŚĆ INWESTYCJI  
5 932 700,00 zł



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

Czas trwania projektu:  
1.10.2020 – 1.10.2023

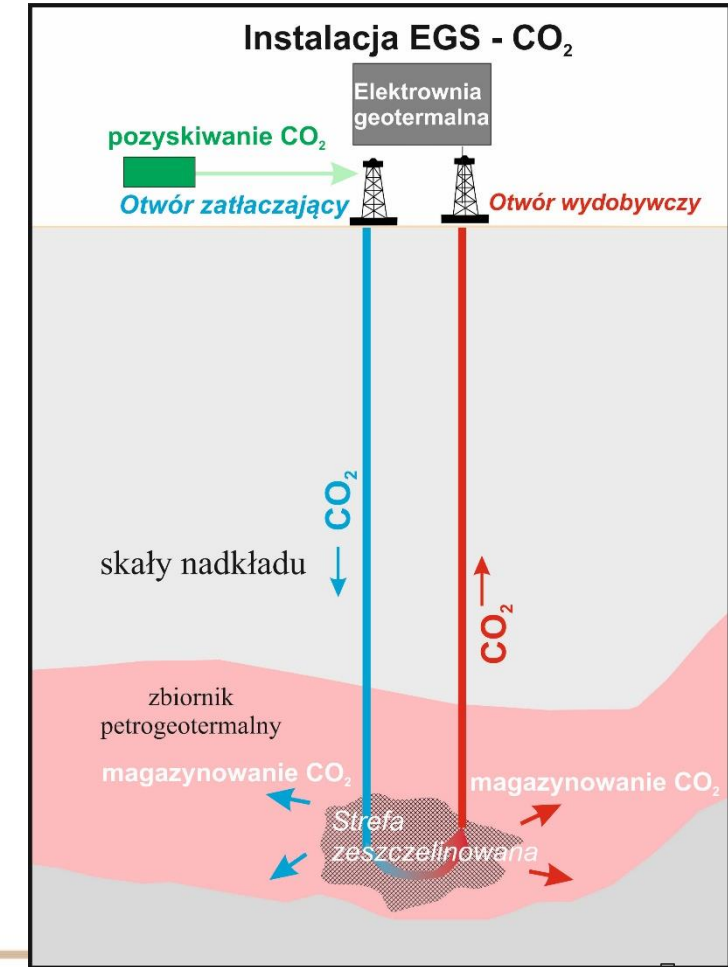
Budżet projektu:  
5 932 700 PLN

Kwota dofinansowania:  
5 793 975 PLN

Głównym celem projektu jest analiza efektywności funkcjonowania niekonwencjonalnych systemów geotermalnych (ang. Enhanced Geothermal Systems; EGS) wykorzystujących dwutlenek węgla ( $\text{CO}_2$ ) jako medium robocze.

- ✓ Rozwój technologii wspomaganych systemów geotermalnych (EGS) wykorzystujących nadkrytyczny dwutlenek węgla jako medium robocze;
- ✓ Intensyfikacja współpracy między partnerami polskimi i norweskimi oraz wymiana doświadczeń w zakresie wykorzystania energii geotermalnej i geologicznego składowania dwutlenku węgla;
- ✓ Ograniczenie emisji dwutlenku węgla i łagodzenie antropogenicznych zmian klimatu przy jednoczesnym zaspokojeniu potrzeb energetycznych.

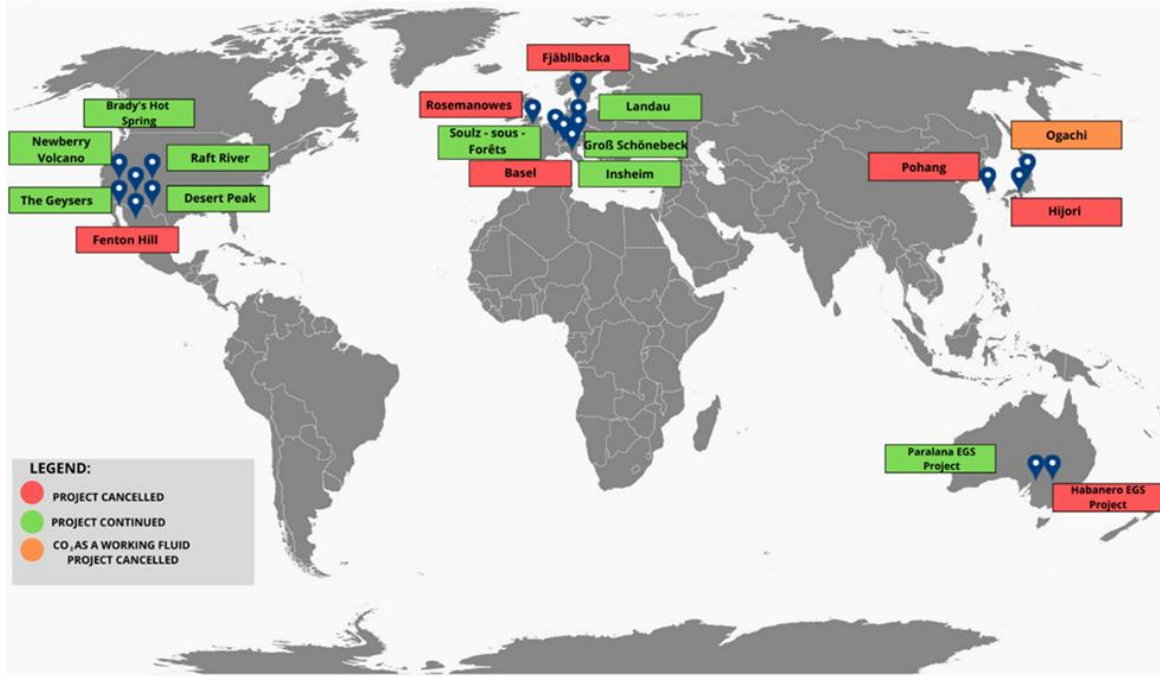
*Technologia EGS wykorzystująca  $\text{CO}_2$  jako płyn roboczy łączy w sobie aspekty pozyskiwania czystej energii z wnętrza Ziemi oraz redukcji emisji dwutlenku węgla*



# EGS- Enhanced Geothermal System wspomagane/wzbudzane systemy geotermalne

“EGS, a breakthrough technology successfully demonstrate, will allow a geothermal development anywhere in Europe. EGS will become competitive within a few more years”

*Dec, 2010 - EGEC President Dr Burkhard Sanner*



Energia gorących suchych skał jest wykorzystywana na świecie za pomocą technologii **E**nanced **G**eothermal **S**ystems – wspomaganych systemów geotermalnych

Rok 1974 – Los Alamos, Fenton Hill, USA

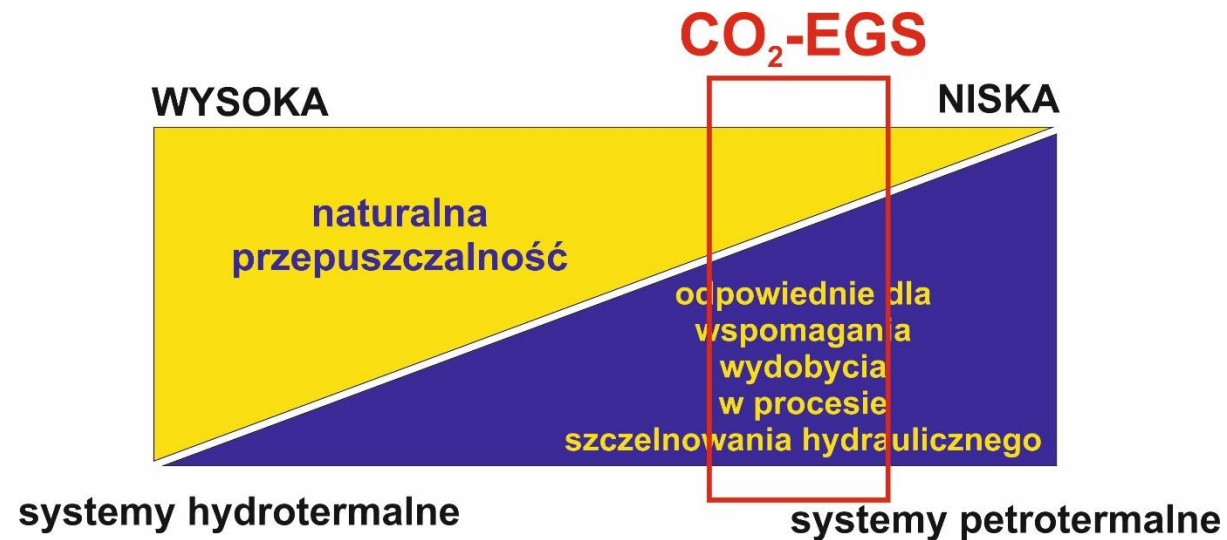
Lokalizacja wybranych systemów EGS (na podstawie Bergur i in., 2015, Breede i in., 2013, Lu 2017, Olasolo i in. 2016, Tester 2006)

# ZAŁOŻENIA PROJEKTU EnerGizerS

## 1. EGS – dla celów energetycznych

Koncepcja wykorzystania ciepła z gorących, suchych skał zakłada wykonywanie głębokich otworów wiertniczych na obszarach charakteryzujących się anomaliami wysokich temperatur i intensywnym przepływem ciepła

## 2. Sekwestracja CO<sub>2</sub> – dla celów środowiskowych



wg Zimmermman i in., 2011



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

**WP1. Identyfikacja kluczowych parametrów dla efektywnego wykorzystania systemów CO2-EGS i wybór odpowiednich lokalizacji**

**WP2. Charakterystyka zbiornika geotermalnego na podstawie wyników kompleksowych badań laboratoryjnych skał**

**WP3. Eksperymentalne określenie właściwości i sposobu zachowania płynów roboczych w systemach CO2-EGS**

**WP4. Modelowanie matematyczne eksploatacji zbiornika geotermalnego CO2-EGS**

**WP5. Modelowanie matematyczne kogeneracyjnych systemów energetycznych pracujących z wykorzystaniem dwutlenku węgla**

**WP6. Ocena techniczno-ekonomiczna i środowiskowa**



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

Norway  
grants

# IDENTYFIKACJA STRUKTUR GEOLOGICZNYCH ODPOWIEDNICH DLA SYSTEMU CO<sub>2</sub>-EGS

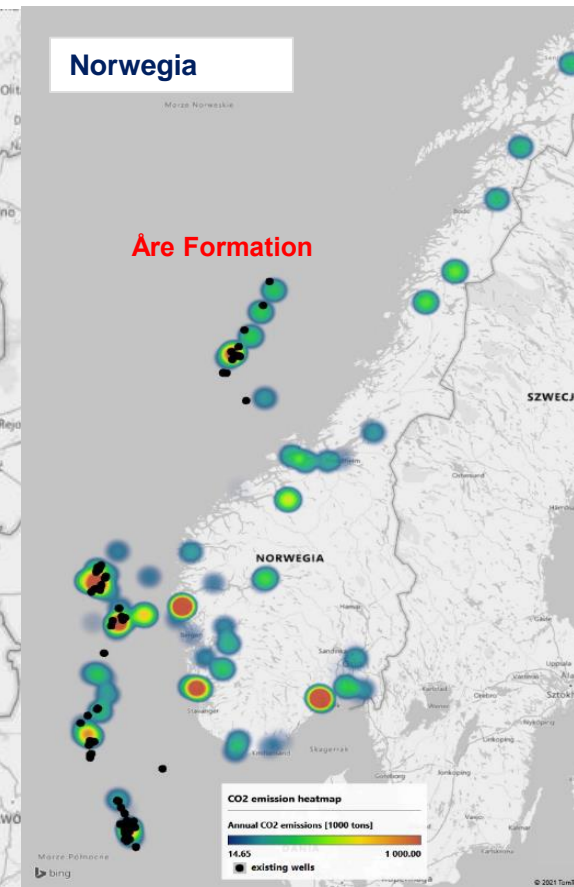
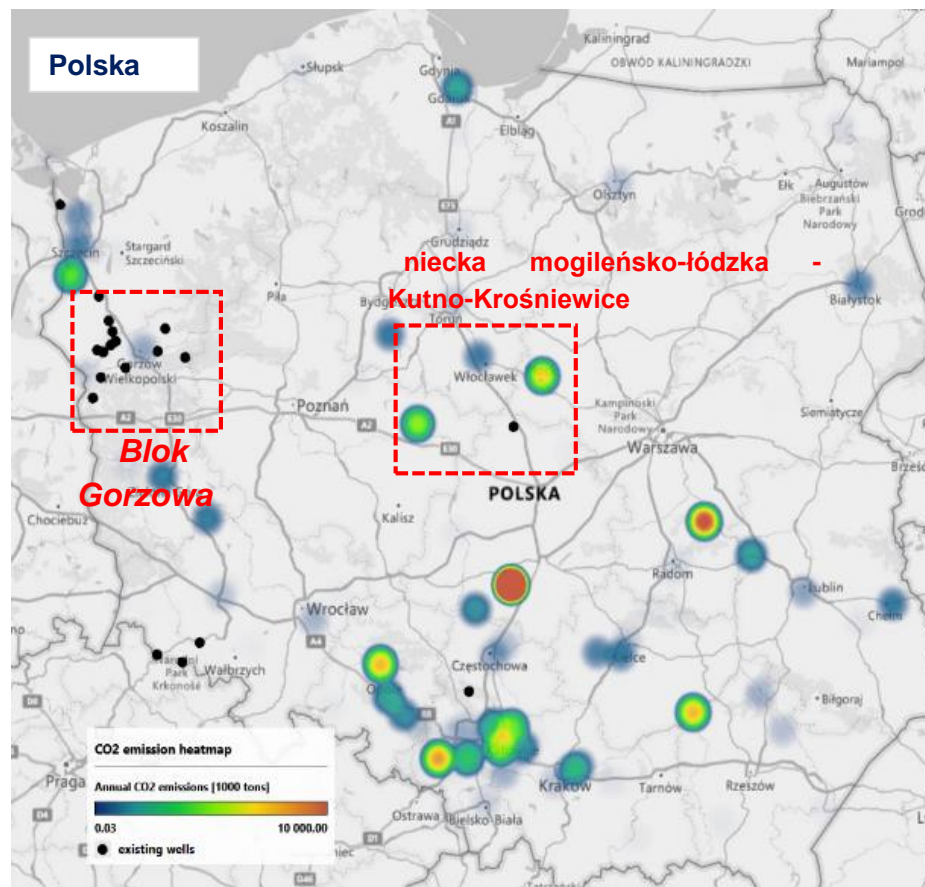
## Identyfikacja struktur geologicznych odpowiednich dla CO<sub>2</sub>-EGS:

☐ w Polsce - obszar **Bloku Gorzowa** i  
niecki **mogileńsko-łódzkiej**

☐ w Norwegii: formacja **Åre** na Morzu  
**Norweskim**, formacja i formacja  
Skagerrak (Morze Północne)



Metoda Matrix of  
Influences (MOI)



# Charakterystyka zbiornika geotermalnego na podstawie wyników kompleksowych badań laboratoryjnych skał



A

B

POLSKA – BLOK GORZOWA

NORWEGIA – FORMACJA ARE

Badania laboratoryjne:

- Petrofizyczne (MICP, NMR)
- Mechaniczne
- Termiczne
- Składu mineralnego (XRD)



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska

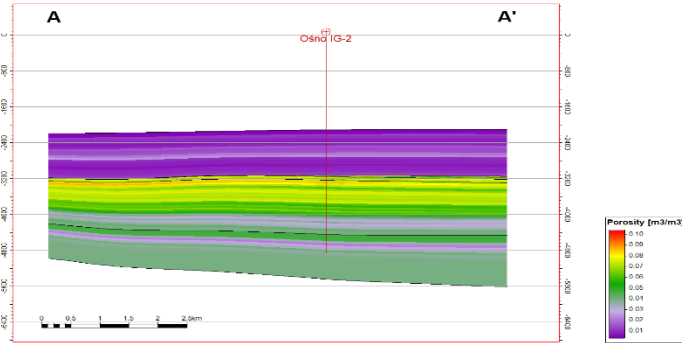


Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

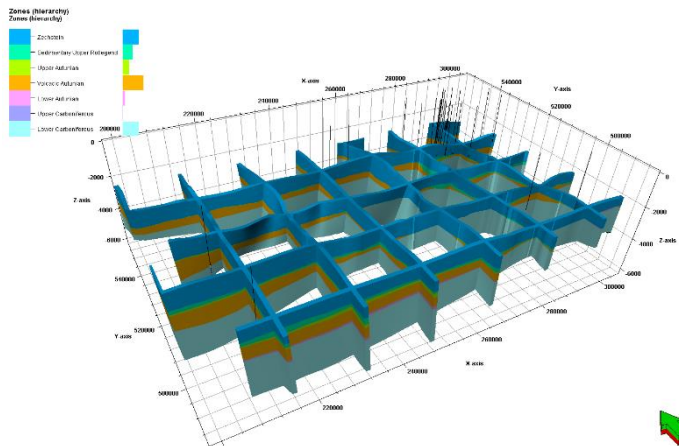


# Modelowanie strukturalno-parametryczne

## Blok Gorzowa



Przestrzenny rozkład porowatości



Schemat sytuacyjny modelu strukturalnego 3D w rejonie Bloku Gorzowa

Model parametryczny:

- porowatość (PHI)
- zailenie (VSH)
- RHOB

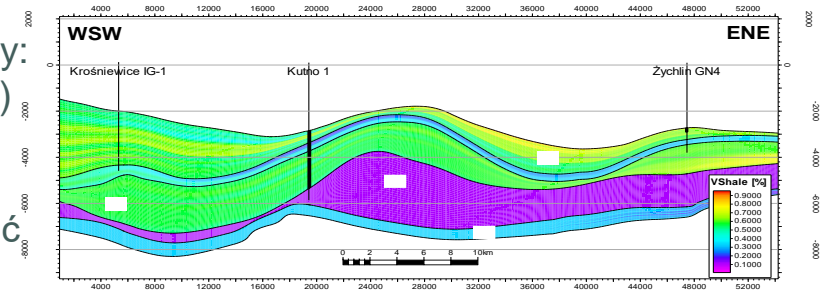
Model strukturalny

Potencjalny zbiornik petrotermalny – skały wulkaniczne czerwonego spągowca

## Krośniewice-Kutno

Model parametryczny:

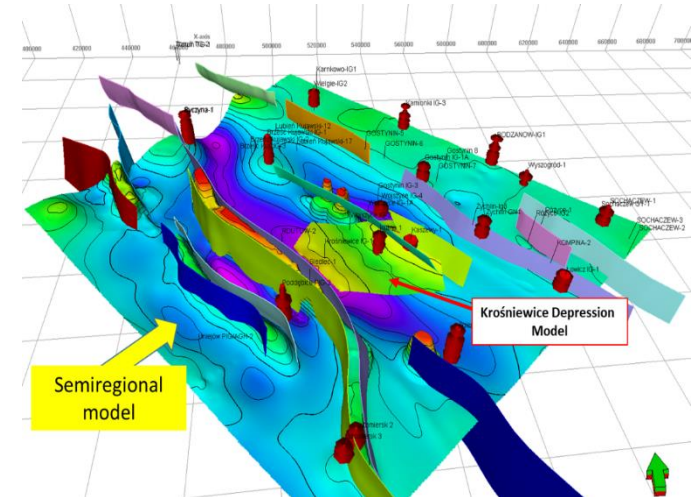
- porowatość (PHI)
- zailenie (VSH)
- RHOB
- przepuszczalność



Zmienność VSH przedstawiona w przekroju poprzecznym

Model strukturalny

Potencjalny zbiornik petrotermalny – skały osadowe triasu dolnego



Mapa strukturalna stropu triasu dolnego i model uskoku rejonu Krośniewice-Kutno

AGH TEAM:  
Bartosz Papiernik  
Gabriel Ząbek

# Eksperymentalne określenie właściwości i sposobu zachowania płynów roboczych w systemach CO<sub>2</sub>-EGS

Cel ogólny:

Poprawa zrozumienia zachowania się płynów roboczych EGS w odpowiednich warunkach

Cele cząstkowe:

- ✓ Dostarczenie wysokiej jakości eksperymentalnych danych laboratoryjnych
- ✓ Modyfikacja istniejących modeli płynów roboczych CO<sub>2</sub>-EGS
- ✓ Zaangażowanie i kształcenie młodych polskich naukowców

Staż młodego naukowca w Norwegii

SINTEF Energy Research



Urządzenie HPC-PE do pomiarów równowagi fazowej pod wysokim ciśnieniem



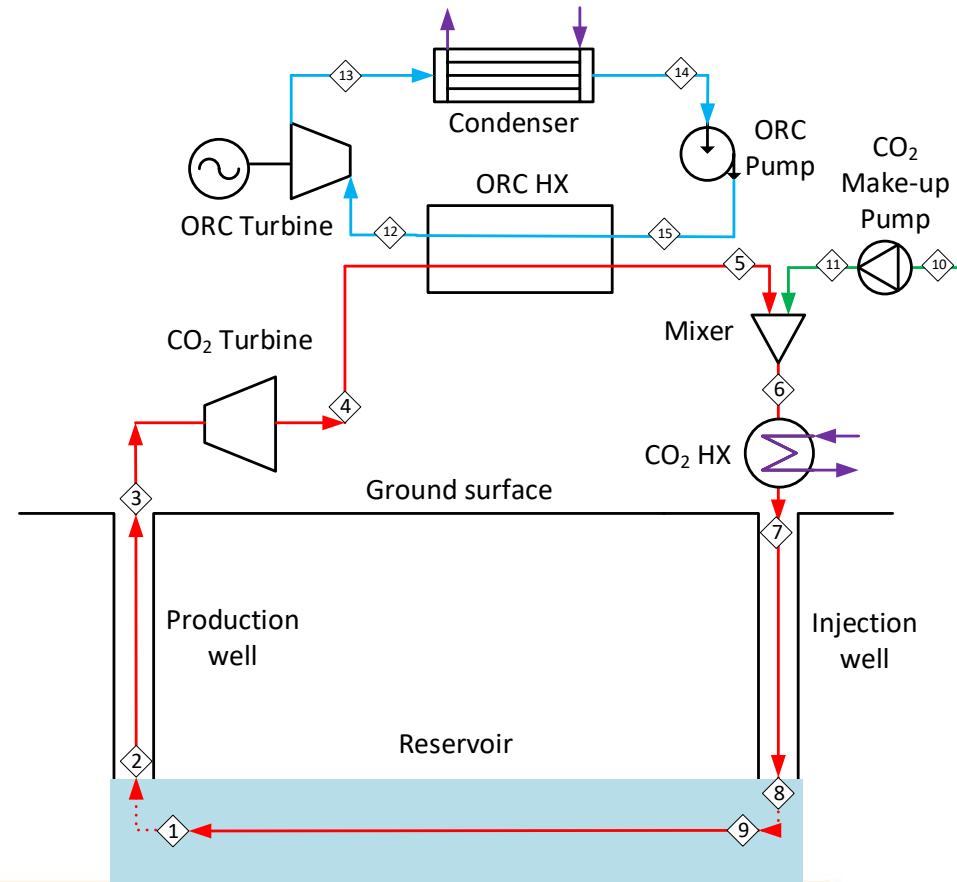
Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

# Modelowanie matematyczne opartych na CO<sub>2</sub> systemów napowierzchniowych do produkcji ciepła i energii elektrycznej

Model systemu „All in One”



SINTEF/AGH



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

# Dalsze działania dla określenia efektywności funkcjonowania systemów geotermalnych CO<sub>2</sub>-EGS



**Efekty końcowe – konferencja końcowa projektu - wrzesień 2023  
ZAPRASZAMY!!!**

**WP3: Eksperymentalne określenie właściwości i sposobu zachowania płynów roboczych systemów**

**CO<sub>2</sub>-EGS** - Eksperymentalne pomiary właściwości płynów roboczych systemów CO<sub>2</sub>-EGS, wykorzystanie danych i aktualizacja istniejących modeli płynów w oparciu o pozyskane dane eksperymentalne

**WP4: Modelowanie matematyczne złoża geologicznego wytypowanego do eksploatacji systemu CO<sub>2</sub>-EGS**

- Numeryczne modelowanie procesu szczelinowania ośrodka skalnego dla wybranego zbiornika EGS; Budowa numerycznego modelu 3D dla wielowariantowych symulacji zatłaczania i eksploatacji CO<sub>2</sub> wraz z prognozami sposobu zachowania złoża w czasie

**WP5: Modelowanie matematyczne opartych na CO<sub>2</sub> systemów powierzchniowych do produkcji ciepła i energii elektrycznej**

- symulacja i optymalizacja wydajności systemu

**WP6: Ocena techniczno-ekonomiczna i środowiskowa**

- Założenia dla oceny techniczno-ekonomicznej i środowiskowej; Techniczno-ekonomiczne analizy wykonalności; Ocena oddziaływania na środowisko, w tym bezpieczeństwo składowania CO<sub>2</sub>; Analiza ram prawnych i politycznych



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej



Norway  
grants



## Źródło finansowania badań

Prace zrealizowano w ramach polsko-norweskiego projektu: ***Niekonwencjonalne systemy geotermalne CO<sub>2</sub>-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.





# Forum Innowacyjności

## DZIĘKUJĘ

---

dr hab. inż. Anna Sowizdzał, prof. AGH  
| Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie  
| Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska  
| Katedra Surowców Energetycznych  
| email: [ansow@agh.edu.pl](mailto:ansow@agh.edu.pl)



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej

# Forum Innowacyjności



Ministerstwo  
Klimatu i Środowiska



Narodowy Fundusz  
Ochrony Środowiska  
i Gospodarki Wodnej