



Forum Innowacyjności

Nowe podejście do modelowania eksploatacji zbiorników geotermalnych

Maciej Miecznik, Beata Kępińska

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk



Ministerstwo
Klimatu i Środowiska



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Informacja o projekcie

Niniejsza prezentacja jest wprowadzeniem w projekt pt. **„Optimal management of low-temperature geothermal reservoirs: Polish-Icelandic cooperation on reservoir modeling”**.

Jest to projekt bilateralny predefiniowany, finansowany w ramach Funduszu Współpracy Dwustronnej Mechanizmu Finansowego Europejskiego Obszaru Gospodarczego i Norweskiego Mechanizmu Finansowego na lata 2014–2021, Program „Środowisko, energia i zmiany klimatu”.

Projekt jest realizowany przez **Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN oraz Służbę Geologiczną Islandii (Iceland Geosurvey – ISOR)**.

Projekt jest na etapie uzgadniania szczegółów, przed podpisaniem umowy.

Iceland    
Liechtenstein **Norway**
Norway grants **grants**



Ministerstwo
Klimatu i Środowiska



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

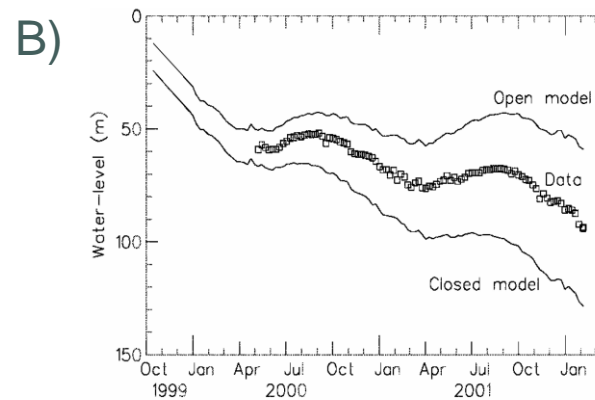
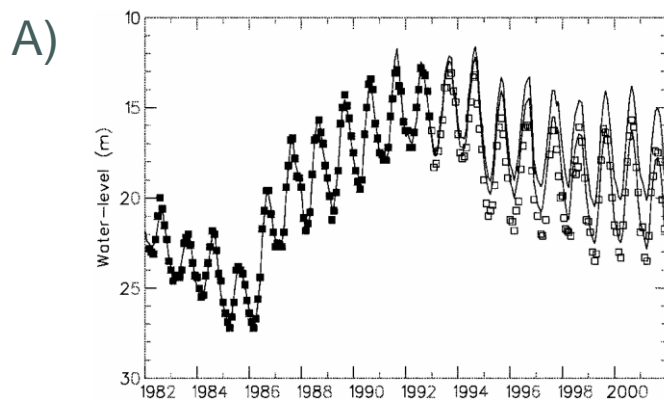
Dlaczego modelujemy zbiorniki geotermalne?

- Aby lepiej zrozumieć fizyczną naturę systemów geotermalnych;
- W celu ilościowej charakterystyki złoża, np. ocenie zasobów statycznych;
- W celu ilościowej charakterystyki warunków zbiornikowych (rozkład ciśnienia, temperatury, gradientów geochemicznych; oszacowanie kierunków przepływu wód);
- W celu poznania oceny warunków eksploatacji (propagacja frontu chłodnego, rozkład temperatury i ciśnienia złożowego, oszacowanie depresji w złożu, itp.);
- Aby lepiej zarządzać złożem (optymalizacja poboru / zatłaczania, lokalizacja nowych odwiertów; zrównoważone gospodarowanie zasobami);
- W celach wizualizacyjnych (tworzenie modeli objętościowych, przekrojów, rysowanie wektorów przepływu)



Modele o parametrach skupionych (lumped models)

- ❑ Proste modele, których budowa wymaga poświęcenia niewielkiej ilości czasu
- ❑ Posiadają udokumentowane osiągnięcia w zakresie wiarygodnego oceny zmiany wartości ciśnienia/poziomu wody podczas wydobywania ze zbiornika geotermalnego



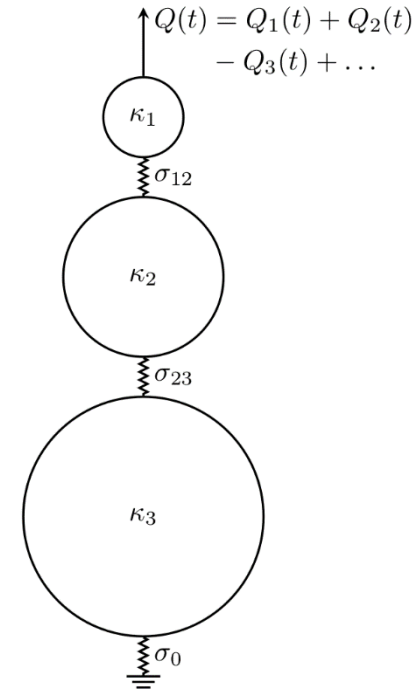
- A) Model dopasowany do danych (wypełnione pola) z systemu geotermalnego Hamar w Islandii wraz z modelem (linia ciągła). Otwarte pola to dane, które nie zostały uwzględnione w dopasowaniu modelu i służą jako porównanie z przewidywaniami modelu.
- B) Porównanie danych pomiarowych z systemu geotermalnego Hofstadir (ISL) z prognozą modelu dla modelu otwartego i zamkniętego. Otwarty system jest połączony z nieskończonym zbiornikiem (nieograniczone zasilanie). Często modele otwarte i zamknięte reprezentują dwa ekstrema odnośnie przewidywanej wartości ciśnienia/poziomu wody w zbiorniku.

Źródło: ISOR

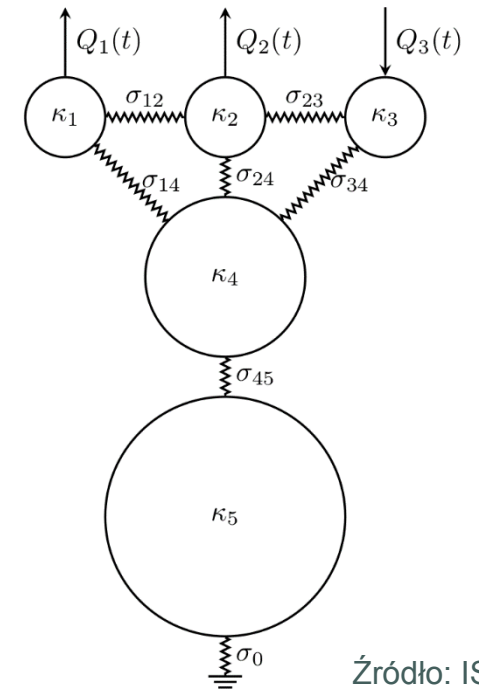


Modele o parametrach skupionych (lumped models) – program LUMPFIT

- ❑ Obecna implementacja programu LUMPFIT pozwala na zastosowanie wyłącznie 1 elementu źródłowego,
- ❑ Oznacza to, że wszystkie otwory eksploatacyjne i chłonne muszą być symulowane za pomocą 1 elementu źródłowego w rozrachunku netto (produkcja – zatlaczanie),
- ❑ Plan na rozwój oprogramowania zakłada, że każdy odwiert produkcyjny i chłonny będzie mógł być reprezentowany w modelu w sposób indywidualny,
- ❑ Celem jest zatem taki rozwój programu LUMPFIT, aby zoptymalizować wydobywanie w nisko-temperaturowych systemach geotermalnych, unikając dzięki temu niezrównoważonej eksploatacji,
- ❑ Program ma zachować swoją prostotę, krótki czas nauki i dużą szybkość obliczeniową.



Stan obecny



Źródło: ISOR

Planowane rozwiązanie



Obecne modelowanie 3D systemów geotermalnych

- ❑ Modele 3-wymiarowe pozwalają na znacznie pełniejsze scharakteryzowanie eksploatowanego systemu geotermalnego, a także prowadzenie obliczeń prognostycznych w zakresie rozkładu m.in. temperatury, ciśnienia, kierunków przepływu;
- ❑ Są generalnie dokładniejsze i mają większą możliwość kalibracji od modeli tworzonych przez program typu LUMPFIT

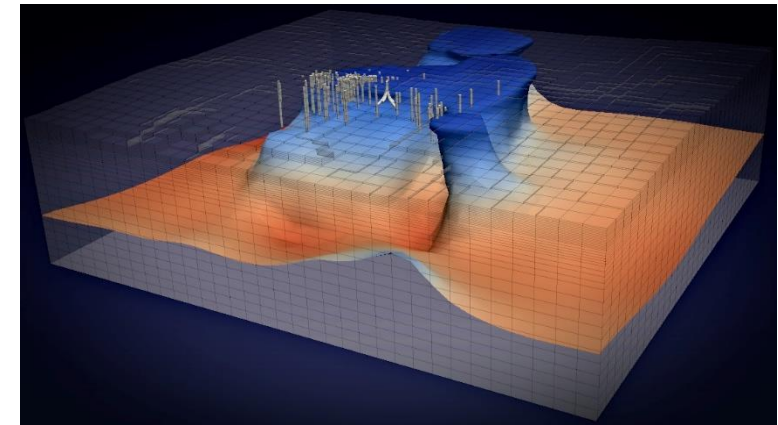
Ale...

- ❑ Wymagają bogatego zbioru danych: modeli strukturalnych głównych formacji litostratygraficznych; znajomości tektoniki obszaru modelowania; rozkładów przestrzennych przepuszczalności, porowatości, gęstości skał, itp.
- ❑ Modelowanie 3D jest bardzo czasochłonne, zwłaszcza na etapie kalibracji modelu.



Nasze plany względem procesu modelowania 3D

- Wykorzystanie programu open-source WAIWERA (<https://waiwera.github.io>), który stanowi nowe podejście do tworzenia plików wsadowych i wynikowych, w tym pod kątem dalszej wizualizacji;
- Celem jest opracowanie dodatkowych skryptów, które pozwolą na szersze zastosowanie modelowania 3D **systemów niskotemperaturowych** (woda /solanka w fazie ciekłej):
 - opracowanie równania stanu dla wód wysokozmineralizowanych;
 - opracowanie modułu do obliczania efektu wygrzewania się otworu w trakcie eksploatacji;
 - opracowanie modułu do obliczania oporów przepływu i wymiany ciepła w otworach;
 - opracowanie algorytmu, którego przeznaczeniem będzie wskazanie możliwie najlepszej lokalizacji do nowych odwiertów produkcyjnych, bądź chłonnych
- Program powinien zachować czytelną strukturę, rozszerzyć swoją funkcjonalność, bez nadmiernej komplikacji.



Źródło: <https://waiwera.github.io>

Testowanie

Oba programy, tj. LUMPFIT, jak i WAIWERA – po wprowadzeniu przez nas dodatkowych funkcjonalności, **zostaną poddane testom, pod kątem ich działania, możliwości kalibracyjnych i jakości tworzenia modeli prognostycznych**. W tym celu zostaną pozyskane dane z ok. 5 niskotemperaturowych systemów geotermalnych w Polsce i Islandii (temperatury ok. 60 – 100 °C, różny stopień mineralizacji wód, od jednego do kilku odwiertów w każdym z systemów, z odpowiednią długą historią eksploatacji celem weryfikacji modeli).





Forum Innowacyjności

DZIĘKUJĘ

miecznik@min-pan.krakow.pl

bkepinska@interia.pl



Ministerstwo
Klimatu i Środowiska



Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej