

# Wybrane aspekty adaptacji istniejących odwiertów do wykorzystania w geotermii

Tomasz Wigłusz

V Seminarium Geoenergetyka i Geotermalne Pompy Ciepła, Kraków 9-11 grudnia 2025

# Adaptacja istniejących odwiertów

W kontekście rosnącego zapotrzebowania na źródła energii niskoemisyjnej, adaptacja istniejących odwiertów może być ekonomicznie uzasadniona ze względu na znaczące obniżenie kosztów wykonania otworów wiertniczych.

Na Bliskim Wschodzie odwierty wykorzystywane są do maksimum, wykonuje się wielokrotne rekonstrukcje poprzez uszczelnianie starych perforacji, wykonywanie nowych i udostępnianie produkcji ze strefy nie zawodnionej, jak również wiercenie nowych sekcji (sidetrack) z istniejącego odwiertu

Podstawą do podjęcia decyzji o adaptacji odwiertu oraz jej opłacalności jest szczegółowa analiza jego stanu technicznego

# Otwory potencjalnie nadające się do celów geotermalnych

Otwór geotermalny produkcyjny / iniekcyjny nie spełniający założeń produkcyjnych – może być dostosowany jako OWC

Otwór poszukiwawczy negatywny / brak występowania węglowodorów / agresywnych wód złożowych

Otwór wiertniczy przeznaczony do likwidacji ze względu na awarię wiertniczą (bez naruszenia integralności rur okładzinowych i zacementowania)

Odwiert iniekcyjny

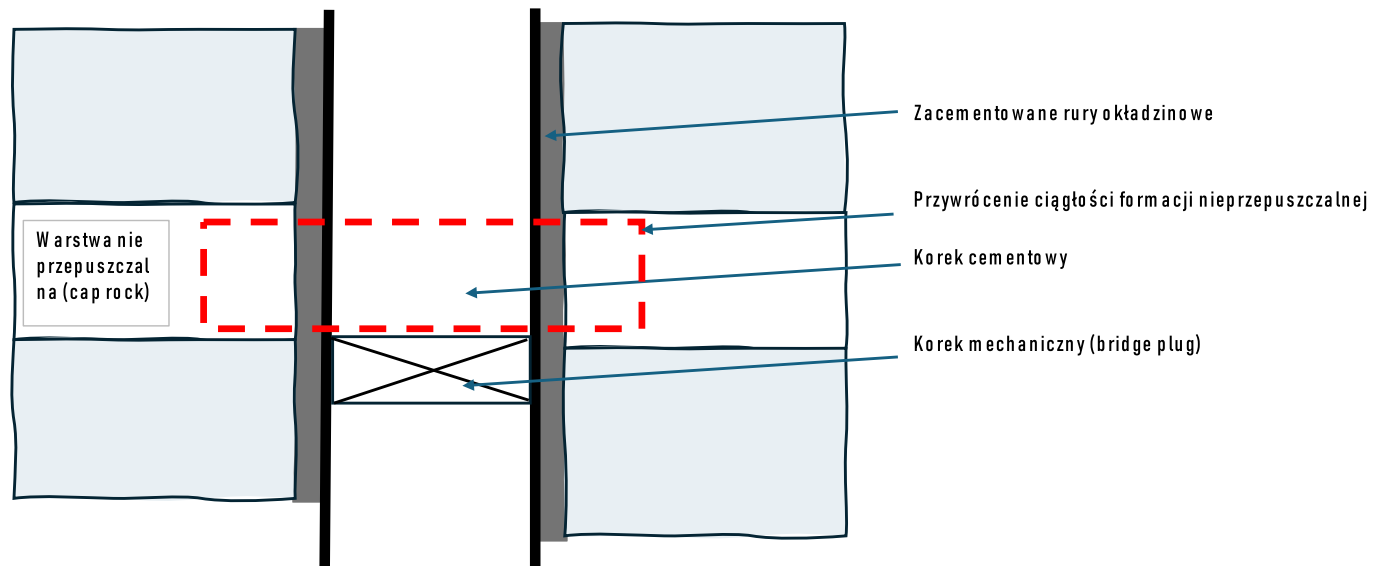
Odwiert produkcyjny na zcerpanym złożu

Odwiert na zcerpanym złożu węglowodorów / gazu (bez H<sub>2</sub>S)

Odwiert za zcerpanym złożu węglowodorów ( za zawartością H<sub>2</sub>S)

# Likwidacja istniejących odwiertów

- Likwidacja otworu (całkowita) wyklucza wykorzystanie odwiertu do innych celów (geotermia) - wykonanie kilkustopniowych korków cementacyjnych, zainstalowanie korków mechanicznych, wycięcie głowicy, izolacja odwiertu pod powierzchnią terenu)
- Likwidacja tymczasowa odwiertów po zakończeniu eksploatacji, umożliwiająca wykorzystanie odwiertu w części odizolowanej od sekcji produkcyjnej (wykonanie barier uszczelniających) w sposób umożliwiający wykorzystanie odwiertu – głębokość najpłytszego korka cementowego
- Dla geotermii wymagana jest skuteczna izolacja odwiertu od stref produkcyjnych (perforacje, liner packer), bardzo dobry stan rur oraz zacementowania



# Izolacja stref perforacji

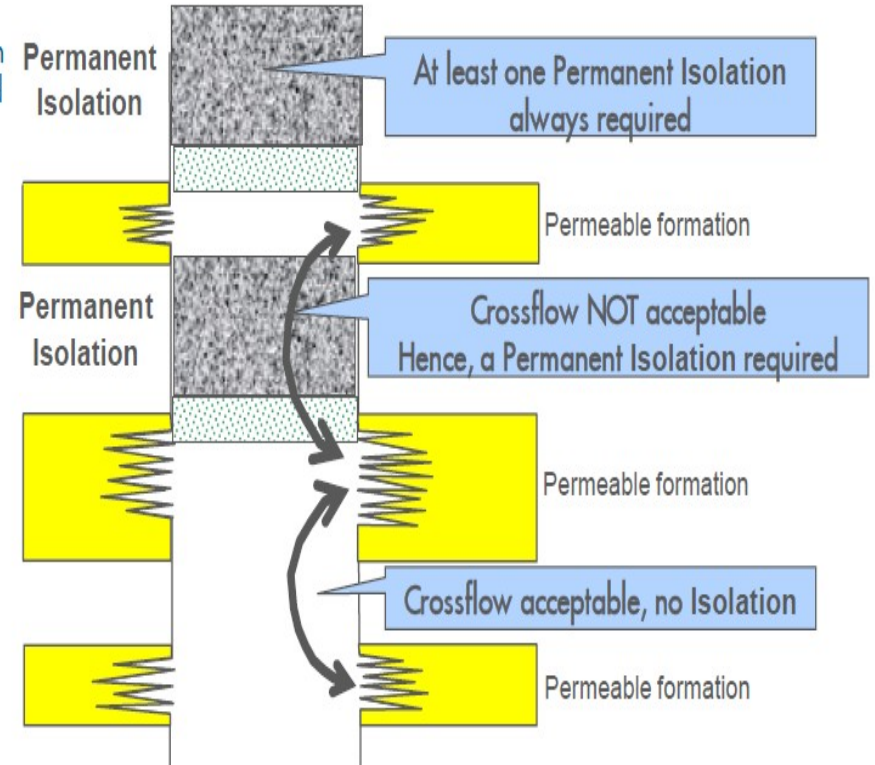
Sposób izolacji stref perforacji:

- Cement squeeze – wtłaczanie cementu do strefy perforacji pod ciśnieniem
- Wykonanie korka cementacyjnego w strefie perforacji, nad perforacją
- Zainstalowanie korka mechanicznego (permanent bridge plug)

Permanent Isolation(s) between a oil/gas permeable zone and surface are always required

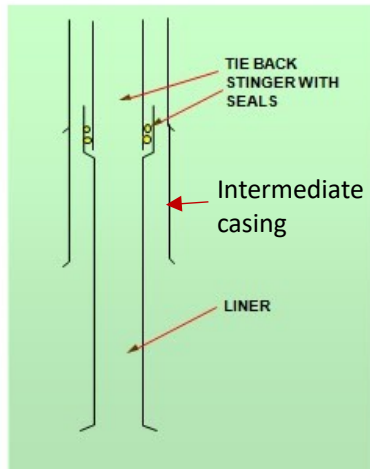
Permeable zones shall be isolated. Consider pressure, hydrocarbons, fresh water, future use of formations

Permeable zones within the same fluid and pressure regime, may not need a barrier, if cross-flow is acceptable in both the short and long term. (*Statement required from Petroleum Engineering*)



# Tie-Back (Liner Complement)

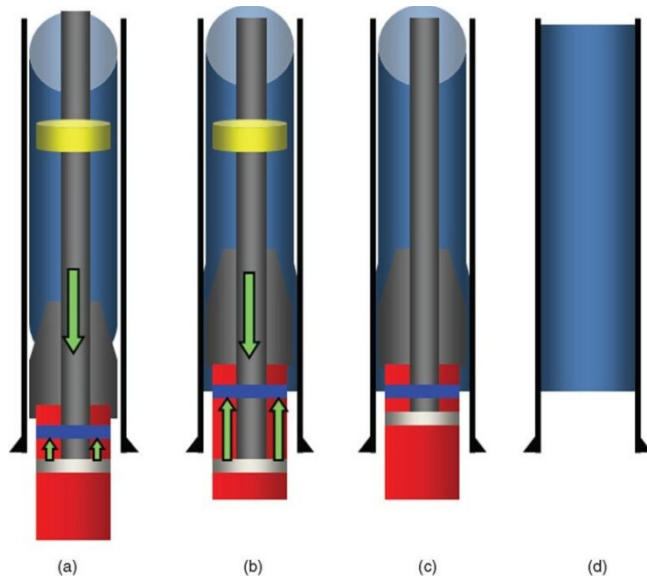
The integration of the liner with casing run to surface



# Przykładowe koncepcje rekonstrukcji istniejącego odwiertu

- Wiercenie kierunkowe nowego otworu z istniejącego odwiertu częściowo zlikwidowanego (side track) – przykład: odwiert wiercony w latach 50-tych przekazany do ponownej eksploatacji 2025 roku
- Wiercenie otworu kierunkowego (sidetrack) / horyzontalnego np. w celu eksploatacji solanki / wód termalnych
- Zapuszczenie dodatkowej kolumny rur i zacementowanie do wierzchu w przypadku skorodowanej (nieuszczelnej) ostatniej kolumny produkcyjnej np. Odwiert z kolumną produkcyjną 9 5/8" dodatkowo uzbrojony w rury 7" zacementowane do wierzchu
- Odwiert z kolumną traconą (liner) – możliwość zapuszczenia uzbrojenia – kolumny eksploatacyjnej połączonej z linerem (seal assembly, tie back receptacle)
- Uszczelnianie uszkodzonych rur stosując Expandable Casing Patch / Expandable liners (wysoki koszt) (stosowane są m.in rury ze stali niskostopowych o dużej plastyczności oraz elastomery uszczelniające)

## Expandable Casing Patch



Podstawowe  
wymagania  
tymczasowej  
likwidacji  
odwiertu /  
adaptacji dla  
geotermii

---

Uszczelnienie przewiercanych skał poprzez przywrócenie naturalnej bariery, ciągłości formacji uszczelniających (cap rock integrity)

---

Uniemożliwienie kontaktu środowiska na zewnątrz odwiertu (skał, złoża, płynów złożowych, wód podziemnych) z odwiertem oraz migracji w kierunku powierzchni mediów złożowych (well integrity)

---

Ochrona wód podziemnych, wody pitnej

---

Izolacja od wód zmineralizowanych

---

Izolacja formacji z zawartością agresywnych / toksycznych gazów H<sub>2</sub>S

---

Izolacja sczerpanych złóż

---

Izolacja złóż wód artezyjskich

---

Należy przeprowadzić likwidację zgodnie z lokalnymi przepisami (PGiG)

# Podstawowe wymagania techniczne, dokumentacja

Bardzo dobry stan zarurowania ostatniej kolumny rur (produkcyjnej) corrosion log (ocena zmniejszenia średnicy ściany rur - casing wall thickness)

Wymagany – pomiar geofizyczny corrosion log (metal thickness) – CBL-VDL

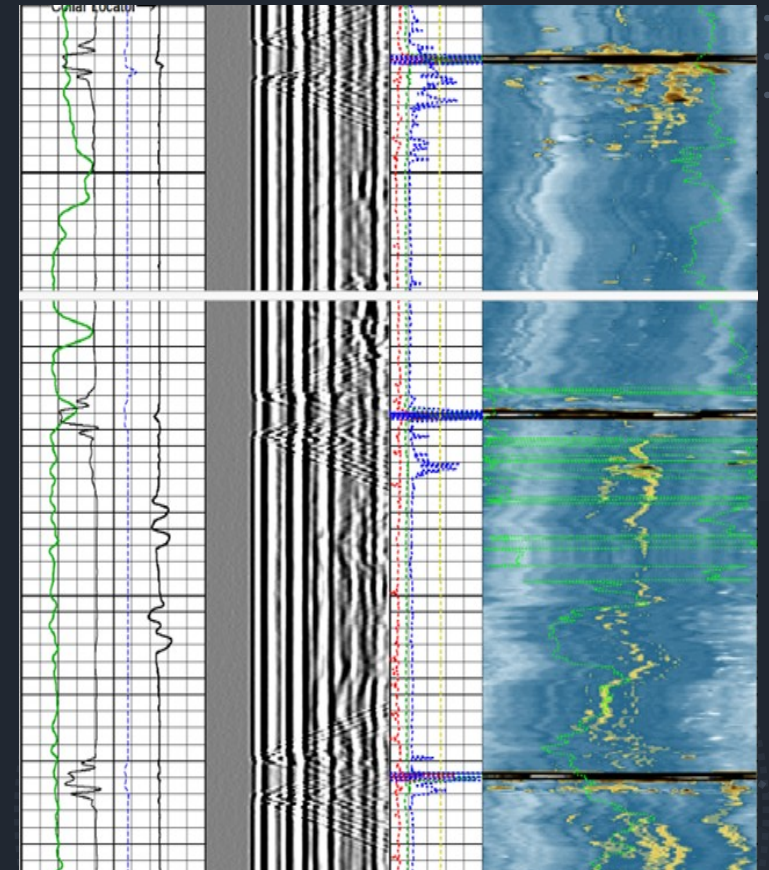
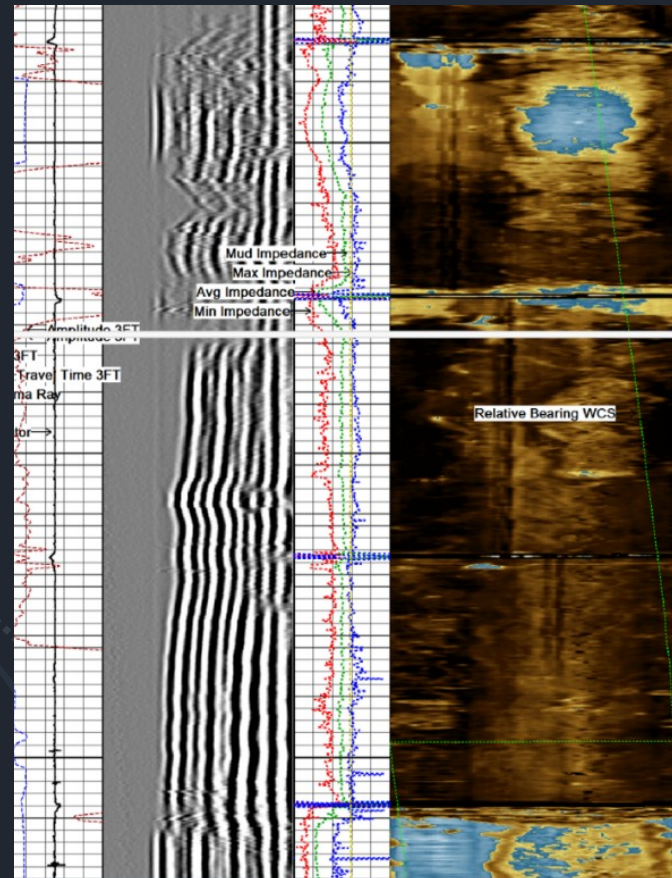
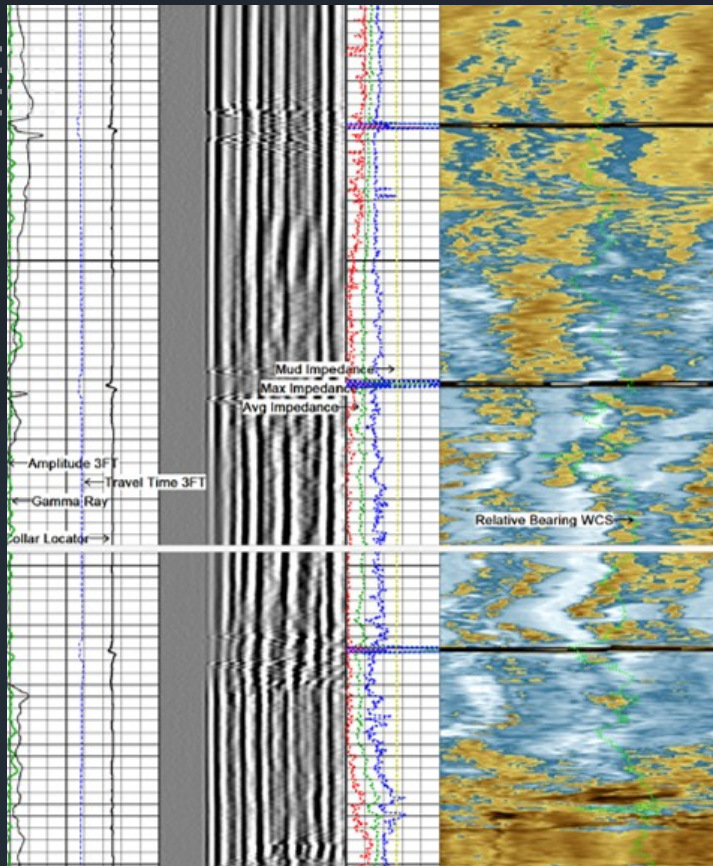
Protokoły z ostatnich testów szczelności rur (positive pressure test), Wymagany test przed rozpoczęciem adaptacji ciśnieniem minimum spodziewanym ciśnieniem na głowicy w przypadku odwiertów eksploatacyjnych, 50-80% wytrzymałości rur (burst pressure)

Wykonanie tzn **Negative test** – umożliwiający przetestowanie bariery zarurowania oraz zacementowania od złoża w kierunku odwiertu – bardzo ważny w przypadku odwiertów poeksploatacyjnych, szczególnie w przypadku konstrukcji odwiertu z kolumną traconą - liner

Testy szczelności korków mechanicznych oraz cementowych (positive test)

Kontrola ciśnienia na głowicy oraz migracji gazu w przestrzeniach pierścieniowych

Dokumentacja techniczna zarurowania (protokoły, certyfikaty itp)



Ocena stanu zacementowania – pomiary geofizyczne, przykład stanu zacementowania

# Zabezpieczenie p.erupcyjne Well Control

Należy wykonać dokładną analizę stanu technicznego odwiertu oraz ocenić ryzyko wystąpienia nieszczelności podczas eksploatacji

Płyn w odwiercie w trakcie eksploatacji wymiennika (dodatek antykorozyjny)

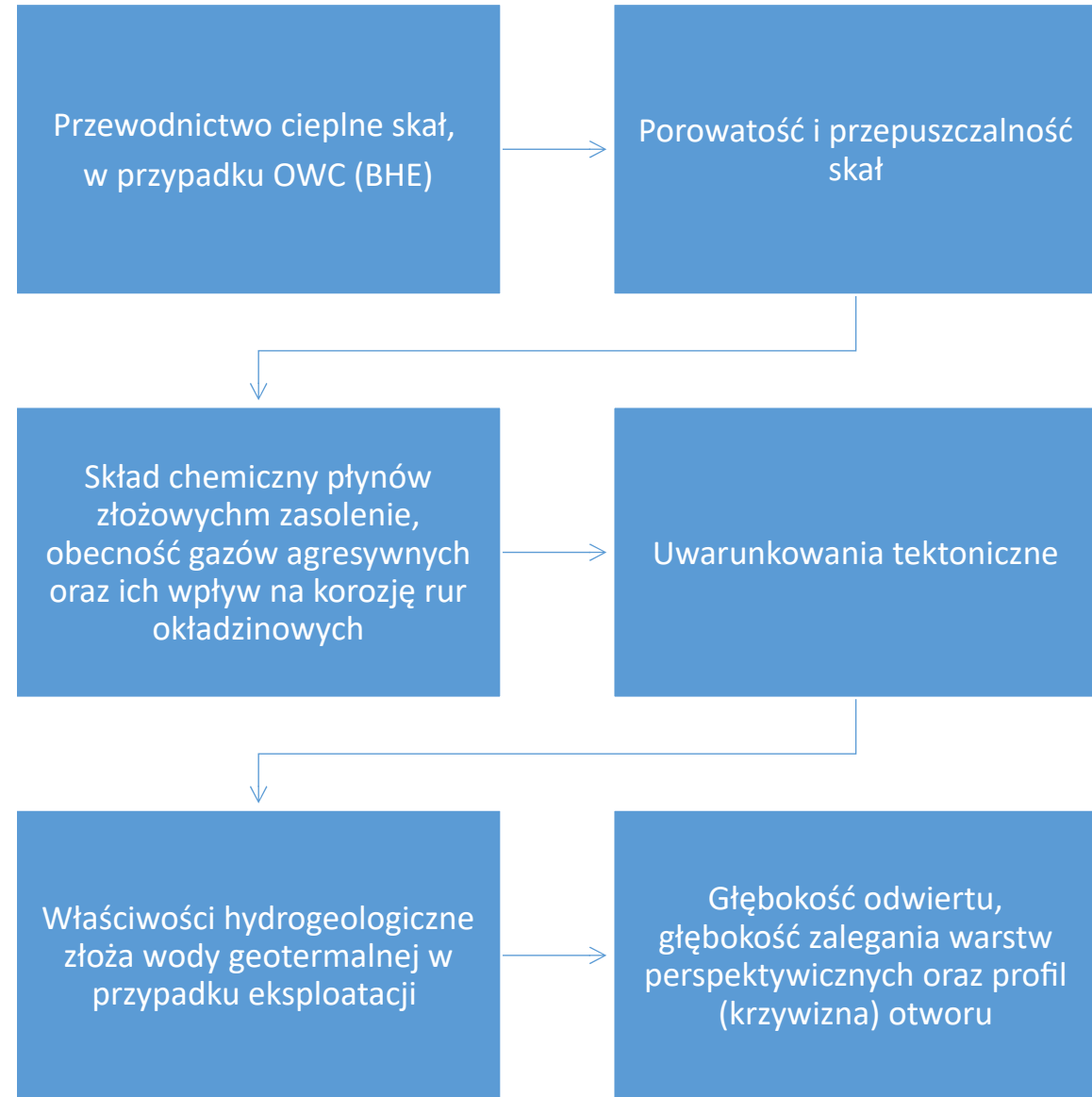
Ciężar właściwy (ciśnienie hydrostatyczne niższe niż ciśnienie złożowe – ryzyko zagrożenia erupcyjnego w przypadku powstania nieszczelności (zacementowania, rur, linera)

Stała możliwość kontroli stanu odwiertu (przestrzeń pierścieniowa), zmiany fizykochemiczne płynu w odwiercie

Możliwość awaryjnego zamknięcia odwiertu w przypadku wystąpienia zagrożenia erupcyjnego – głowica eksploatacyjna

Zasada dwóch barier (np ciśnienie hydrostatyczne + skutecznie zaizolowane rury), głowica eksploatacyjna o odpowiednich parametrach

# Parametry geologiczne



# Rodzaje wymienników ciepła

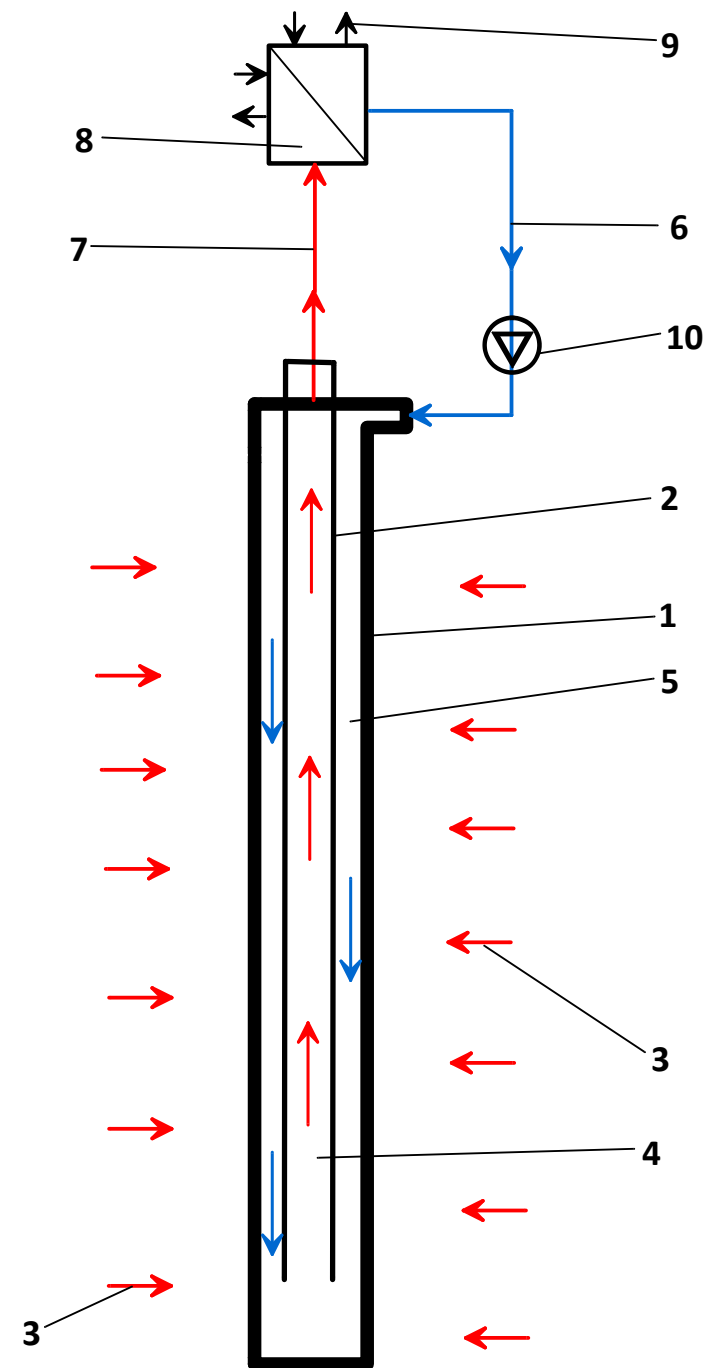
Coaxial BHE – rurki produkcyjne zainstalowane współosiowo (stalowe, stalowe z GRE Glass Reinforced Epoxy), rurki wydobywcze z włókna szklanego (fiber glass) – głębokie OWC

Wymiennik typu U, U-rurka pojedyncza

Wymiennik typu U, U-rurka podwójna

Wymienniki z tworzyw – ograniczenia techniczne, wytrzymałość

INNE



# Kryterium wyboru odwiertu do adaptacji

Skuteczność czasowej likwidacji / szczelności odwiertu (bezpieczeństwo)

Lokalizacja – odległość od instalacji grzewczej

Głębokość zlikwidowanego odwiertu (najpłytszej zaizolowanej bariery, korka cementowego, mechanicznego ) dobór odpowiedniej kolumny centrycznej ze względu na wytrzymałość

Przewidywana moc grzewcza odwiertu

Zagłowiczenie odwiertu, średnica wewnętrzna końcowych rur – możliwość adaptacji na wymiennik ciepła oraz zainstalowania wymiennika ciepła innego niż kolumna centryczna (odpowiedni wieszak)

Kwestie prawne, własnościowe – PGI

# Wnioski

Wykorzystanie istniejącego odwiertu - niskie nakłady inwestycyjne na adaptację dla potrzeb pozyskania energii geotermalnej – największym kosztem jest odwiercenie otworu oraz koszt rur okładzinowych (40 – 70% kosztów całej inwestycji geotermalnej) (Beckers, 2021)

W przypadku złego stanu technicznego odwiertu koszty są znaczące (szcunkowo 40 – 80 %) (Beckers, 2021)

Wykorzystanie istniejącego odwiertu znacznie obniża negatywny wpływ na środowisko

Ryzyko powstania nieszczelności, migracja węglowodorów, płynu złożowego w przypadku nie właściwie zabezpieczonych odwiertów

Znaczącym czynnikiem pozwalającym na wykorzystanie odwiertu to korzystna lokalizacja oraz możliwość jego wykorzystania w celach grzewczych, balneologicznych itp.

Eksploatacja zgodna z obowiązującymi przepisami– PGiG, KRZ itd.