

Spis treści

Streszczenie	9
Summary	11
1. Wstęp	13
2. Modelowanie eksploatacji złóż wód termalnych	15
2.1. Modele analityczne	15
2.1.1. Proste modelowanie pola temperatury	17
2.2. Modelowanie numeryczne	19
2.2.1. Etapy modelowania zbiornika geotermalnego	20
2.2.2. Dyskretyzacja i metody analizy numerycznej	20
2.3. Symulator numeryczny TOUGH2	20
2.3.1. Model matematyczny	21
2.3.2. Warunki brzegowe i początkowe	23
2.3.3. Wartość ciśnienia dennego	23
2.4. Czas życia układu geotermalnego	24
3. Technologiczne uwarunkowania budowy oraz eksploatacji instalacji geotermalnych	26
3.1. Utrata chłonności	26
3.2. Korozja instalacji wgłębnej i powierzchniowej	28
3.3. Wytrącanie się i deponowanie osadów	32
3.3.1. Szacowanie powstawania minerałów wtórnych w instalacjach geotermalnych	33
3.3.2. Określanie korozyjności oraz tendencji wytrącania się węglanu wapnia za pomocą wybranych wskaźników	35
3.4. Mikroflora bakteryjna	39
3.4.1. Polskie doświadczenia z zakresu występowania bakterii w wodach termalnych	40
3.4.2. Francuskie doświadczenia z zakresu występowania bakterii w wodach termalnych	41
3.5. Monitoring instalacji geotermalnej oraz wód termalnych	42

3.6. Zastosowanie rozwiązań poprawiających funkcjonowanie układu geotermalnego	43
3.6.1. Materiały odporne na korozję	43
3.6.2. Ochrona inhibitorowa	46
3.6.3. Kwasowanie strefy przyodwiertowej	47
3.6.4. Testy czystości przed zatłaczaniem	48
3.6.5. Osłona azotowa	48
3.6.6. Parametry eksploatacji	49
4. Możliwości wykorzystania ciepła	50
4.1. Kaskadowy odbiór energii	50
4.2. Bezpośrednia i pośrednia produkcja energii elektrycznej	52
4.3. Bezpośrednie wykorzystanie ciepła	53
4.3.1. Ogrzewanie wewnątrz	54
4.3.2. Ogrzewanie termalnych basenów odkrytych	55
4.3.3. Ogrzewanie w rolnictwie	56
4.3.4. Ogrzewanie w przemyśle na przykładzie suszarnictwa	57
4.3.5. Ogrzewanie na potrzeby odładzania i odśnieżania powierzchni	58
4.3.6. Ogrzewanie rybnych stawów hodowlanych	59
4.4. Pośrednie wykorzystanie ciepła	59
4.5. Szczytowe obciążenia grzewcze w ciepłowniach geotermalnych	60
5. Możliwości wykorzystania wody termalnej	61
5.1. Rekreacja	61
5.2. Balneologia	61
5.3. Minerale	62
5.4. Kosmetyki	62
5.5. Wtłaczanie wody termalnej do warstw wodonośnych	66
6. Ekonomiczna ocena projektów geotermalnych	68
6.1. Obliczenie wartości obecnej	69
6.2. Wartość bieżąca netto	69
6.3. Ryzyko w projektach geotermalnych	70
6.4. Analiza wrażliwości	71
6.5. Zestawienie źródeł kosztów i przychodów	72
6.6. Możliwości poprawy wskaźników ekonomicznych	73
6.7. Wpływ otoczenia	75
7. Geologiczne warunki występowania energii geotermalnej w Uniejowie	77
7.1. Historia badań hydrogeologicznych i wyniki wierceń w Uniejowie	79
7.2. Rozpoznanie geologiczno-złożowe wód termalnych w Uniejowie	82

7.3. Właściwości kolektorskie serii złożowej Uniejowa	82
7.4. Zasoby złoża	84
8. Symulacja eksploatacji złoża geotermalnego w Uniejowie	86
8.1. Założenia	86
8.1.1. Geometria złoża.....	86
8.1.2. Ciśnienie denne w warunkach przepływu nieizotermicznego	86
8.1.3. Rozkład parametrów złożowych.....	88
8.2. Budowa cyfrowego modelu złoża	89
8.3. Warunki początkowe i brzegowe dla modelowanych fragmentów złoża.....	91
8.4. Modelowanie naturalnego stanu złoża	91
8.5. Kalibracja modelu.....	91
8.6. Założenia wielowariantowych symulacji eksploatacji wody termalnej w Uniejowie	93
8.6.1. Warunki aktualne przy pełnym wykorzystaniu ciepła (prognoza 1).....	94
8.6.2. Warunki zwiększonego pozyskania ciepła i niepełnego zatłaczania wody do złoża (prognoza 2).....	97
8.6.3. Warunki zwiększonego pozyskania ciepła i pełnego zatłaczania wody do złoża (prognoza 3).....	100
8.7. Podsumowanie wyników symulacji.....	104
9. Techniczne uwarunkowania eksploatacji ciepłowni w Uniejowie	106
9.1. Spadek chłonności warstwy złożowej w Uniejowie	106
9.2. Korozja instalacji wgłębnej i powierzchniowej.....	107
9.3. Przewidywanie wystąpienia niekorzystnych zjawisk w instalacji geotermalnej.....	110
9.3.1. Określanie wskaźników nasycenia dla minerałów możliwych do wytrącenia	110
9.3.2. Badanie wskaźników wytrącania się węglanu wapnia i korozyjności wody.....	114
9.4. Możliwości zastosowania nowych rozwiązań w instalacji geotermalnej w Uniejowie	117
9.4.1. Ochrona inhibitorowa.....	117
9.4.2. Osłona azotowa	117
9.4.3. Miękkie kwasowanie	117
9.4.4. Włókna szklane w nowym odwiercie.....	118
9.5. Propozycje monitoringu chemizmu wody termalnej oraz badań elementów powierzchniowej instalacji ciepłowniczej	119
10. Możliwości zagospodarowania wody i ciepła geotermalnego w Uniejowie	122
10.1. Istniejący potencjał energetyczny instalacji geotermalnej	122
10.2. Wykorzystanie wody i ciepła	123

10.3. Możliwości zagospodarowania ciepła.....	126
10.4. Możliwości zagospodarowania wody	131
10.5. Koncepcja rozbudowy systemu.....	132
10.6. Aspekt ekologiczny	134
11. Analiza ekonomiczna zakładu ciepłowniczego w Uniejowie	136
11.1. Otoczenie makroekonomiczne (opis scenariuszy).....	137
11.2. Konstrukcja wariantów analizy ekonomicznej.....	138
11.3. Wartości wskaźnika NPV	144
11.4. Analiza wrażliwości.....	146
11.4.1. Scenariusz odniesienia	146
11.4.2. Scenariusz pesymistyczny	148
11.4.3. Scenariusz optymistyczny	149
12. Podsumowanie.....	152
Literatura	155