

Geologiske parametre til vurdering af geotermisk potentiale

Der er en lang række geologiske parametre, man skal kende til, før man kan vurdere, om et sted egner sig til at indvinde geotermisk energi fra eller ej.

De fire overordnede parametre for geotermisk potentiale, som også nævnes i Geovidentemaet om geotermi side 20, kan ses herunder. Se eventuelt liste over nøglebegreber på forsiden.

Nøgleparametre	Reservoirets samlede tykkelse af egnet sand	Reservoirets transmissivitet	Reservoirets porøsitet	Reservoirets permeabilitet
Minimumværdi egnet til geotermi	≥ 15 meter	≥ 10 Dm (Darcymeter)	≥ 15%	50-500 mD (milliDarcy) = rimelig

De fire parametre står dog aldrig alene og bygger på en masse data, baggrundsviden og mellemregninger. Derfor kan man ikke gå ud og stikke en pind i jorden og umiddelbart vurdere, om stedet egner sig til geotermisk varmeproduktion. Det kræver et meget stort arbejde med alskens målinger og analyser.

Det drejer sig typisk om følgende parametre:

1	Dybde til top af formation	Hvor dybt skal man bore, før man rammer reservoiret?
2	Tykkelse af formation	Hvor tyk er formationen fra top til bund?
3	Tykkelse af Gross sand	Tykkelsen af alle enkelte gode sandstenslag i formationen
4	Tykkelse af potentielt reservoirsand	Tykkelse af de sandstenslag i formationen, der har gode reservoirgenskaber
5	Potentielt reservoirsand / formation	Forholdet mellem tykkelse på egnet reservoirsand og tykkelse på hele formationen
6	Potentielt reservoirsand / Gross sand	Forholdet mellem tykkelse på egnet reservoirsand og tykkelse på alle gode sandlag i formationen
7	Porøsitet	Hvor meget udgør porerummene i sandstenen af hele stenens rumfang?
8	Gaspermeabilitet	Sandstenens gennemstrømmelighed for gas
9	Reservoirpermeabilitet	Sandstenens gennemstrømmelighed for vand
10	Reservoirtransmissivitet	Reservoirets overordnede geotermiske ydeevne udtrykt ved tykkelse af reservoirsandsten ganget med gennemsnitlig reservoirpermeabilitet
11	Temperatur	Målt i midten af reservoiret
12	Kornstørrelse	Fordeling af kornstørrelser i reservoiret, altså om sandet er finkornet, grovkornet etc.

13	Sortering af sedimenterne	Hvordan er sandtyperne fordelt i reservoiret, ligger alt det grovkornede sammen eller spredt f.eks.?
14	Afrundingsgrad af kornene	Er der skarpe kanter eller runde former?
15	Grad af diagenese/cementering	Hvor kompakt er sandstenen og hvor sammenhængende er porerummene?
16	Salinitet i reservoirvandet	Saltkoncentrationen i vandet, som kan påvirke udstyret i anlægget mm.
17	Sedimentologisk kontinuitet	Hvor sammenhængende er de egnede sandlag i formationen?
18	Strukturel kontinuitet	Hvor sammenhængende er formationen, er der forkastninger mm?

Tre eksempler på screeningsresultater

Herunder kan du se tre eksempler på indledende vurderinger, eller screeninger, en række geologer fra De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) har lavet på udvalgte lokaliteter i 28 byområder i Danmark. De har netop brugt de 18 parametre.

Screeningerne er lavet for at give et overblik over, hvilke af de 28 steder, der har muligheder for geotermisk varmeproduktion, og hvilke der ikke har. Resultaterne af screeningen bruges blandt andet til at regne ud, om reservoiret i undergrunden er så godt, at det kan betale sig at gå videre med planlægningen af et geotermisk anlæg. Screeningen fokuserer på ét muligt reservoir ad gangen, så der kan altså godt ligge flere oven på hinanden samme sted, hvoraf man bare undersøger en ad gangen.

Tabellerne for hver af de tre eksempler er taget fra de geologiske screeningsrapporter, der også kan findes i fuld længde med geologernes vurdering på baggrund af resultaterne [her](#).

Eksemplerne er fra specifikke adresser i henholdsvis Nykøbing Falster, Århus og Frederiksværk og gælder altså kun her. Eksemplerne er kun vejledende, da de i dag kan være opdateret sidenhen. De giver dog et indblik i, hvordan man vurderer, om et sted er egnet til geotermi.

Hver tabel viser både estimerede værdier for de 18 parametre og de usikkerheder, der knytter sig til dem. Estimerne bygger nemlig på data og målinger af varierende kvalitet, så man regner med en vis fejlmargen. Man kan derfor håbe, at reservoiret er endnu bedre, end man vurderede, når man borer ned. Derfor arbejder geologer fra GEUS lige nu på at gøre usikkerhederne mindre, så man bedre kan forudse, hvordan reservoiret ser ud præcis der, hvor energifirmaerne vælger at bore. På den måde bliver det mindre økonomisk risikabelt at bygge og drive et anlæg, og så er det måske flere, der har lyst til at gøre det.

I de tre tabeller herunder er der to kolonner med usikkerheder, hvor man i procent har vurderet usikkerheden baseret på data og erfaring med geologi i området. Usikkerhedsintervallet viser hvor stor variation man vurderer, der kan være på de enkelte parametre. MinCase er den laveste værdi, man regner med at kunne finde i reservoiret og MaxCase er den højeste.

1. Nykøbing Falster, Energivej 4

Nykøbing Falster-lokaliteten			
UTMz32 X: 685.442 m; Y: 6.074.199 m Terrænkote: 5 meter over havniveau (m.o.h.)			
Bunter Sandsten Formationen	Estimeret værdi	Vurderet usikkerhed	Usikkerheds- interval
			[MinCase - MaxCase]
Makro reservoirparametre			
Dybde til top af formation [m.u.h.]	1000	7	930–1070
Tykkelse af formation [m]	115	35	75–155
Andel af sandsten i formationen			
Tykkelse af Gross sand [m]	36	15	31–41
Tykkelse af Potentielt reservoirsand [m]	29	15	25–33
Potentielt reservoirsand/formation	0,25	15	0,21–0,29
Potentielt reservoirsand/Gross sand	0,81	15	0,68–0,93
Vandledende egenskaber (reservoirsand)			
Porøsitet [%]	20	10	18–22
Gas-permeabilitet [mD]	400	4	100–1600
Reservoir-permeabilitet [mD]	500	4	125–2000
Reservoir-transmissivitet (Kh) [Dm]	15	5	3–75
Temperatur			
Temperatur [°C]	39	10	35–43
Tekstur og cementering (sandsten)	Vurdering		
Kornstørrelse/sortering/afrundingsgrad	Meget fin til fin, lokalt mellem til grovkornet; moderat sorteret, stedvis dårlig sorteret; subafrundede til afrundede korn, lokalt subkantede		
Diagenese/cementering	Kalkfri til kalkholdig, løs til hård		
Andre betydende parametre	Vurdering		
Salinitet	Risiko for mættede forhold i formationsvandet		
Sedimentologisk kontinuitet	Stor		
Strukturel kontinuitet	Lokalt strukturelt komplekst, forkastninger identificeret i området omkring prognoselokaliteten		

2. Århus, Lilleringsvej 32

Århus-lokaliteten			
UTMz32 X: 561.610 m; Y: 6.223.295 m Terrænkote: 47 meter over havniveau (m.o.h.)			
Gassum Formationen	Estimeret værdi	Vurderet usikkerhed	Usikkerhedsinterval
			[MinCase - MaxCase]
Makro reservoirparametre			
Dybde til top af formation [m.u.h.]	1815	8	1670–1960
Tykkelse af formation [m]	125	30	88–163
Andel af sandsten i formationen			
Tykkelse af Gross sand [m]	32	20	25–38
Tykkelse af Potentielt reservoirsand [m]	28	20	23–34
Potentielt reservoirsand/formation	0,24	20	0,18–0,27
Potentielt reservoirsand/Gross sand	0,89	20	0,72–1,00
Vandledende egenskaber (reservoirsand)			
Porøsitet [%]	23	15	20–27
Gas-permeabilitet [mD]	460	5	92–2300
Reservoir-permeabilitet [mD]	575	5	115–2875
Reservoir-transmissivitet (Kh) [Dm]	16	6	3–96
Temperatur			
Temperatur [°C]	60	10	54–66
Tekstur og cementering (sandsten)		Vurdering	
Kornstørrelse/sortering/afrundingsgrad	Hovedsageligt fin kornstørrelse; ringe til velsorteret; subkantede til afrundede korn		
Diagenese/cementering	Løs til hård		
Andre betydende parametre		Vurdering	
Salinitet	Kloridkoncentrationen er væsentlig under mætningspunktet for NaCl		
Sedimentologisk kontinuitet	Stor		
Strukturel kontinuitet	Stor til mellem; ingen store forkastninger observeret i nærområdet til prognoselokaliteten men mindre forkastninger er observeret ca. 5 km nord for og ca. 10 km syd for lokaliteten. Lokaliteten er beliggende over en lille lokal saltpude		

1. Frederiksværk, Havnevej 8

Frederiksværk-lokaliteten			
UTMz32 X: 687.862 m; Y: 6.206.765 m Terrænkote: ca. 3 meter over havniveau (m.o.h.)			
Gassum Formationen	Estimeret værdi	Vurderet usikkerhed	Usikkerhedsinterval
			[MinCase - MaxCase]
Makro reservoirparametre			
Dybde til top af formation [m.u.h.]	2360	10	2124–2596
Tykkelse af formation [m]	190	20	152–228
Andel af sandsten i formationen			
Tykkelse af Gross sand [m]	127	20	102–152
Tykkelse af Potentielt reservoirsand [m]	85	20	68–102
Potentielt reservoirsand/formation	0,45	20	0,36–0,53
Potentielt reservoirsand/Gross sand	0,67	20	0,53–0,80
Vandledende egenskaber (reservoirsand)			
Porøsitet [%]	19	15	16–22
Gas-permeabilitet [mD]	241	6	40–1444
Reservoir-permeabilitet [mD]	299	6	50–1793
Reservoir-transmissivitet (Kh) [Dm]	25	7	4–177
Temperatur			
Temperatur [°C]	74	10	67–81
Tekstur og cementering (sandsten)		Vurdering	
Kornstørrelse/sortering/afrundingsgrad	Hovedsageligt fin til mellem kornstørrelse; sorterede til vel-sorterede; subkantede til afrundede korn		
Diagenese/cementering	Svagt cementerede, stedvis cementerede		
Andre betydende parametre		Vurdering	
Salinitet	Kloridkoncentrationen er væsentlig under mætningspunktet for NaCl		
Sedimentologisk kontinuitet	Stor		
Strukturel kontinuitet	Moderat, men vanskeligt at udtale sig præcist om på grund af en ringe seismisk datadækning		