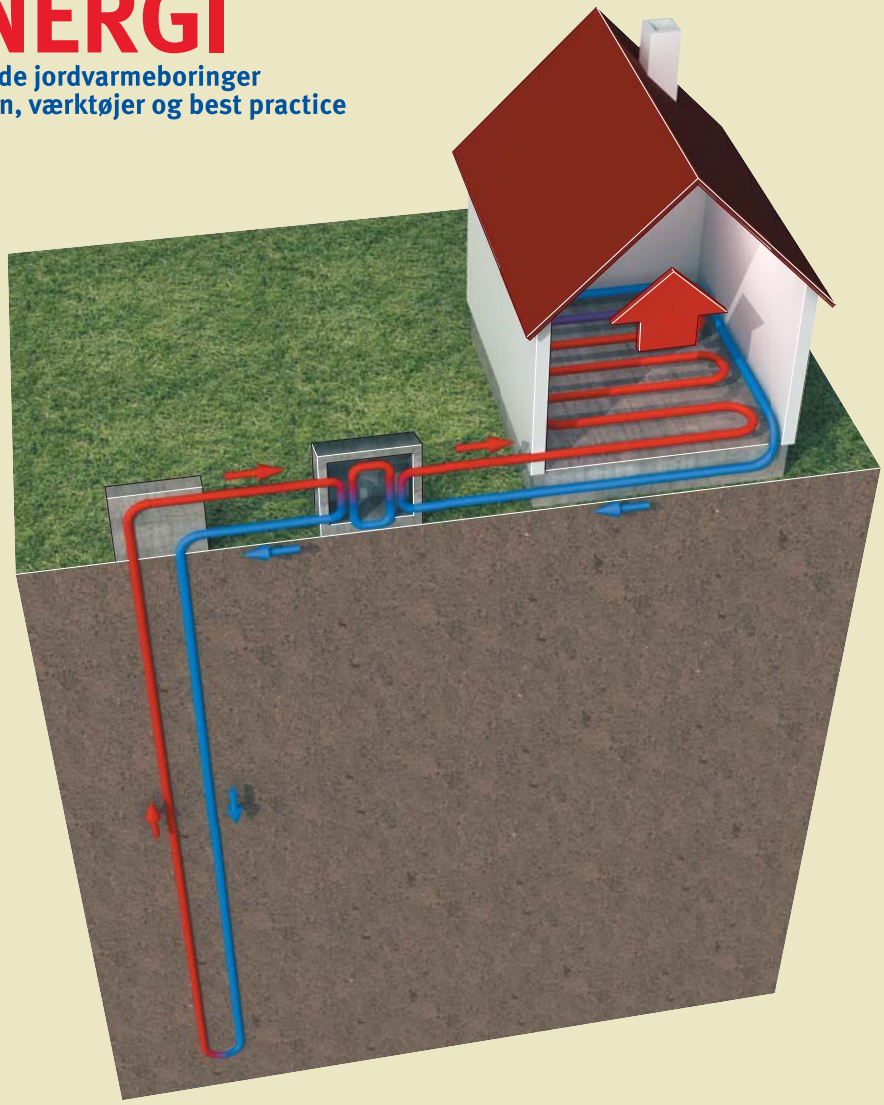
GEOENERGI

Lukkede jordvarmeboringer
– viden, værktøjer og best practice



Energianlæg baseret på jordvarmeboringer
- udvikling af markedsfremmende værktøjer og best practice

Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrations Program (EUDP)
Område: Energieffektivisering
Program: EUDP 10-II
J.nr.: 64011-0003

D10 Bore- og grout-teknik

GeoEnergy

Bore- og grout-teknik

Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrations Program (EUDP)
Tema: Energieffektivisering
Program: EUDP 10-II
J.nr.: 64011-0003

Projekt start: 2011-03-01
Varighed: 3 år

D10 Rapport over bore- og grout-teknik

Revision: 1

Ansvarlig partner for denne leverance:
VIA UC

Leverance:	D10 Rapport over bore- og grout-teknik
Work package:	WP4 Boremetoder og grout teknik
Ansvarlig partner:	VIA UC
Dato:	10-09-2014

Forfatter		
Navn	**Organisation**	**E-mail**
Henrik Bjørn	VIA UC	hbj@via.dk

Projektet ”GeoEnergi, Energianlæg baseret på jordvarmeboringer – udvikling af markedsfremmende værktøjer og best practice” har til formål at bane vejen for en større udbredelse i Danmark af varmepumpesystemer baseret på jordvarmeboringer - en teknologi med stort potentiale for CO_2 reduktioner og energieffektivisering. Det skal ske ved at tilvejebringe og formidle viden, værktøjer og best practice for planlægning og design af boringer og anlæg.

Projektet finansieres af partnergruppen og Energistyrelsens EUDP program og løber i 3 år fra 1. marts 2011. Partnerne er:

- De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)
- VIA University College, Horsens (VIA UC)
- Geologisk Institut, Aarhus Universitet (GIAU)
- Den Jydske Håndværkerskole (DjH)
- Dansk Miljø- & Energistyring A/S (DME)
- GeoDrilling A/S (GeoD)
- Brædstrup Fjernvarme AMBA (BrFj)
- DONG Energy Power A/S (DONG)
- Robert Bosch A/S IVT Naturvarme (BOSCH)

Arbejdsprogrammet er fordelt på 8 work packages og projektets aktiviteter omfatter:

- Indsamling og analyse af eksisterende information og erfaring samt identifikation af nøgleparametre for planlægning, design og installation af varmepumpesystemer baseret på jordvarmeboringer.
- Systematisk kortlægning og måling af overfladetemperaturer, temperaturgradienter og termiske egenskaber af forskellige jordarter og materialer.
- Optimering af systemdesign i forhold til miljø og økonomi, baseret på erfaringer fra eksisterende installationer og opbygning af en ny test site. Analyser vil omfatte borearbejde og udstøbning af boringer, automatisering af systemer, beregning af energibalance, energilagring (opvarmning og afkøling) samt modellering af varme- og grundvandsstrømning.
- Opbygning af en database med resultater fra indsamling af eksisterende informationer, måleprogrammer og kortlægningsarbejde.
- Oplysnings- og informationsaktiviteter, offentlig webbaseret database, kursusmateriale til uddannelse og efteruddannelse, workshops og seminarer, tekniske vejledninger og forslag til udbygning af administrationsgrundlag.

INDHOLDSFORTEGNELSE

Page

FOREWORD 3

1 INTRODUKTION 4

2 BOREMETODER OG BORINGSUDBYGNING 5

2.1 Skylleboringer med casing 5

2.2 Skylleboring uden casing 8

2.3 Udførte målinger 9

2.4 Sonic-boring 10

2.5 Opsummering 12

3 GROUT-TEKNIKKER 14

3.1 Blandingsproces 14

3.2 Udstøbning 15

3.3 Opsummering 16

4 REFERENCER 17

FOREWORD

Heat-pump systems based on closed-loop, geothermal boreholes, has a potential for CO_2 reduction and energy efficiency. The application in Denmark, however, is limited compared to our neighbouring countries and we still lack know-how and experience. The objective of the project "GeoEnergy, Tools for ground-source heating and cooling based on closed-loop boreholes" is to pave the way for a wider use of the technology by acquiring know-how and developing tools and best practice for the design and installation of plants as well as providing training and dissemination.

The project is co-financed by the partners and the EUDP programme of the Danish Energy Agency (Energistyrelsen) and the duration is 3 years starting from 2011-03-11. The partners are:

- The Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS)
- VIA University College, Horsens (VIA UC)
- Geologisk Institut, Aarhus Universitet (GIAU)
- Den Jydske Håndværkerskole (DjH)
- Dansk Miljø- & Energistyring A/S (DME)
- GeoDrilling A/S (GeoD)
- Brædstrup Fjernvarme AMBA (BrFj)
- DONG Energy Power A/S (DONG)
- Robert Bosch A/S IVT Naturvarme (BOSCH)

The work in GeoEnergy is structured in 8 work packages:

- WP1 Database and dissemination
- WP2 Equipment and measurements
- WP3 Temperature gradients and surface temperatures
- WP4 Drilling methods and grout techniques
- WP5 System design and energy balance
- WP6 Training and education
- WP7 Interaction with ambient groundwater system
- WP8 Guidelines and final dissemination

This document is deliverable D7 *Thermal properties of materials* in Work Package 2 dealing with the thermal properties of the elements of the borehole heat exchanger. The purpose is to create a basis for guidelines for selection of the most appropriate materials.

1 INTRODUKTION

En jordvarmeboring er i princippet en varmeveksler, der skal overføre varme fra boringens omgivende jordvolumen til varmesystemet i den tilknyttede bygning. I boringen installeres en slange, der transporterer brine mellem borehul og varmepumpe. Når slangen fører den afkølede brine ned i boringen overføres der varme fra jord til brine. Når brinen løber tilbage til varmepumpen er dens temperatur typisk steget med 3 K.

At få anbragt borehuls-sonden eller -varmeveksleren, BHE, i jorden er i sagens natur et nøgleelement i forbindelse med jordvarmeboringer. Denne type boring er omfattet af Bekendtgørelse om udførelse og sløjfning af boringer og brønde på land /1/ og er defineret som kategori A-boringer. Dette betyder for det første, at der skal søges om tilladelse til at udføre boringen og for det andet at gennemborede lerlag skal genforsegles samt at boringsoplysninger og jordprøver skal indberettes til GEUS.

Grouten, der fyldes i boringen, har til formål dels at forsegle lerlag og dels at sørge for god termisk kontakt mellem rør og den omgivende geologi.

Undersøgelserne, som er udført i forbindelse med nærværende rapport, har haft til formål at teste forskellige boremetoder og forskellige metoder til etablering af grouten. De indhentede erfaringer stammer dels fra de aktiviteter der er foregået på testsiten (omtalt i D11, /4/), aktiviteter i Glud og Hornsyld og på GreenTech Centeret i Vejle samt erfaringer fra den afholdte internationale workshop /5/ i begyndelsen af projektet.

Det skal nævnes, at direkte overførsel af erfaringer fra udlandet har været vanskeligere end første forventet. Det skyldes at jordvarmeboringer i Sverige, England, Schweitz, Østrig og til dels Tyskland langt overvejende er udført i konsoliderede bjergarter /2/. Et større engelsk borefirma mente imidlertid, at det ikke ville være muligt at bore til 100 meters dybde i løse sedimenter.

Der er derfor taget udgangspunkt i de boremetoder, som uden problemer kan nå 100 meter og dybere i løse sedimenter. Der er taget udgangspunkt i skylleboringer, idet andre metoder såsom snegl og sandspand anses for at være for langsomme og derfor for dyre til at have interesse i denne sammenhæng. I løbet af projektperioden er sonic-drilling blevet introduceret som en mulighed, der i nogle situationer kan være konkurrencedygtig.

Samtidig er forskellige metoder til forsegling af boringerne afprøvet. Baseret på de internationale erfaringer fokuseres der i nærværende projekt på pumpet grout, der via en slange føres ned i borehullet. At forsøge at afproppe fra overfladen anses på grund af boringernes ofte relativt lille annulus (frirum mellem borevæg og installationer/slanger) for at være urealistisk.

2 BOREMETODER OG BORINGSUDBYGNING

Der er på testsite ved VIAUC campus i Horsens udført 4 boringer, der alle er etableret som skylleboringer. Boringerne er lige dybe (100 m) og udført inden for et lille område med henblik på at opnå så ensartet geologi i boringerne som muligt. Tre boringer er udført med casing og en uden med henblik på at undersøge hvordan dette påvirker ydelsen fra en jordvarmeboring.

Alle 4 boringer er udført med henblik på at opnå en boringsdiameter på 160 mm.

3 boringer er udført som skylleboringer med casing. Disse 3 er efterfølgende bestykket med hhv. enkelt-U, dobbelt-U og co-aksial BHE. 1 boring er udført som skylleboring uden casing, og efterfølgende bestykket med en enkelt-U BHE.

Ud over at opnå muligheden for at foretage en direkte sammenligning mellem boremetoderne har det været hensigten at muliggøre en sammenligning mellem de tre nævnte hovedtyper af BHE. Der er taget udgangspunkt i at undersøge installationer, som de typisk udføres, og ikke en optimeret installation. Entreprenørerne, der udførte installationerne, blev bedt om at udføre arbejdet ”som de plejer”. Installationen af BHE er således bevidst udført uden afstandsstykker (spacere) mellem slangerne.

Sammenligningerne i effektivitet er gennemført ved udførelse af termisk responstest på boringerne. Der er udført gentagne tests og det har været muligt at reproducere resultaterne fra test til test.

Sonic boringer er ikke en del af nærværende projekt, men erfaringer fra sonic boringer, fortaget i andre sammenhænge, er imidlertid inddraget i undersøgelsens konklusioner.

2.1 Skylleboringer med casing

De tre skylleboringer med casing er i dette tilfælde udført med en borerig, der er specialfremstillet til udførelse af jordvarmeboringer.

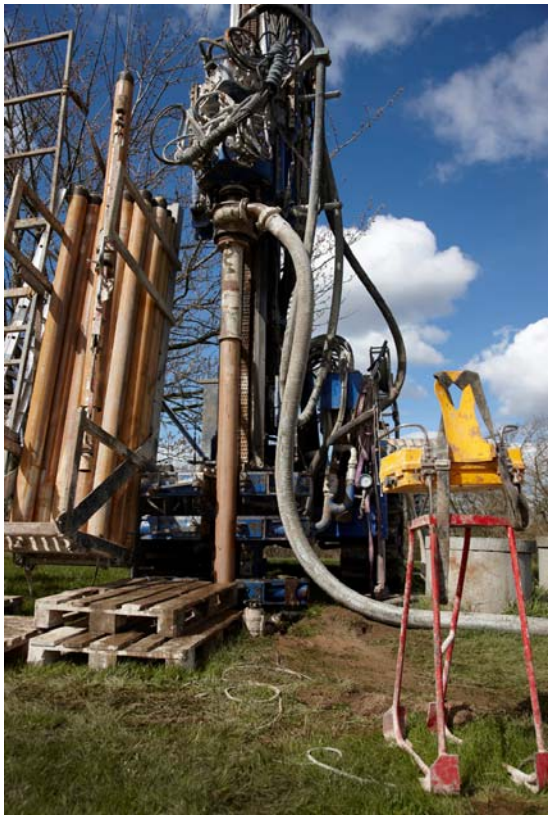
Generelt er anvendelse af casing mere tidskrævende end boring uden casing. Fordelen ved metoden er at risikoen for sammenskridning af borehullet generelt er mindre. Da det i forbindelse med jordvarmeboringer er væsentligt, at borehullet er veldefineret og at afstanden mellem slanger og borehulsvæg er så lille som muligt, må det derfor umiddelbart forventes at en boring udført med casing er mere effektiv end en boring uden.

På figur 2.1a anes at casing-rør, og borestænger er opstillet sætvis i et specielt magasin. Borestængerne står inde i de enkelte casing-rør, således at der ved forlængelse af borerøret ved nedboring tages et sæt stang og rør i samme arbejdsgang. Stang og rør er forsynet med modsat rettede gevind. Under nedboringen roteres de i modsatte retninger. Figur 2.1b viser stang og rør umiddelbart før samling og nedboring.

I forbindelse med montagen af BHE fjernes borestangen, mens casing-rør efterlades. Herefter sænkes den oprullede BHE ned i borehullet (figur 2.2a). Herved minimeres risikoen for skader på slangerne, som kunne opstå, hvis de trækkes hen over jorden. Figur 2.2a viser hvordan slangen til nedpumpning af grout er tapet fast til BHE med henblik på udstøbning af borehullet fra bunden, og endvidere at der er monteret ekstra lodder under selve BHE for at modvirke opdriften fra boremudderet i boringen. Af samme årsag fyldes BHE med vand før installationen. Ikke desto mindre viser figur 2.2.b at der stadig skal bruges kræfter under installationen. Det

skyldes dels førnævnte opdrift og dels friktion mod siderne af casingen. Bemærk kraven (en overskåret, omvendt trafik-kegle) der er sat i casing-røret med henblik på at beskytte BHE mod skader under installationen.

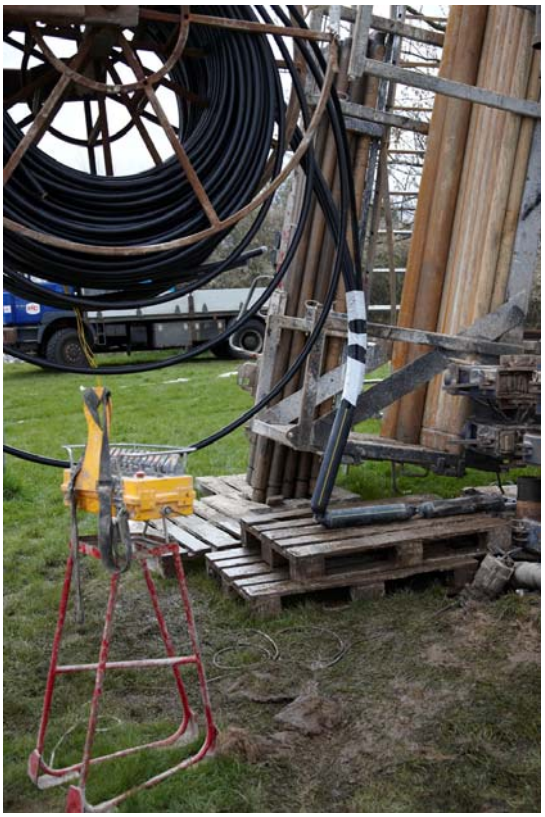
I den aktuelle situation var tidsforbruget ca. 1 dag pr. boring á 100 m. Dette inkluderede installation af BHE og udstøbning med grout.



a

b

Figur 2.1: Boring med casing.



a

b

Figur 2.2: Installation af BHE.

Efter montagen af BHE foretages en trykprøvning af systemet, inden udstøbningen går i gang. (Figur 2.3). Når trykprøvningen har påvist, at der ikke er lækager i BHE, pumpes grout ned i boringen. Der pumpes indtil grouten har fortrængt det boremudder, der står i boringen og når til overfladen. Casingen bliver typisk fjernet helt eller delvist inden nedpumpning af grout. Geotrainets anbefaling /2/ er at lade casingen blive stående under opfyldningen. Hermed reduceres risikoen for sammenskridning af boringen, ligesom risikoen for transport af vend mellem magasiner med forskelligt potentiale mindskes. Under fjernelse af casingen vil grout-niveauet gradvist sænkes efterhånden som det volumen, som casingen fylder, erstattes med grout. Der efterfyldes fra toppen. Efterfyldning vil også typisk være nødvendigt, når grouten har ”sat sig” i løbet af et døgn eller to.

Figur 2.3: Manometre og ventiler fra trykprøvningen er stadig monteret på BHE. Slangen, der fører hen til borestedet forbinder grout-slange og grout-pumpe.

2.2 Skylleboring uden casing

Boringen uden casing er udført med en mere traditionel borerig. Boringens diameter er alt andet lige mindre veldefineret.

Nedsænkningen af BHE giver en sikkerhed for at borehullet er åbentstående under montagen. Men det kan være sværere at sikre, at der ikke sker en delvis sammenskridning af borehullet før udstøbningen er tilendebragt. Skulle det ske, kan man argumentere for at formationen typisk har en højere varmeledningsevne, end den grout, der anvendes. Det er korrekt, men hvis der er en delvis sammenskridning vil der i princippet mangle noget materiale i boringen umiddelbare nærhed. Dette vil føre til en nedsat varmeledningsevne i det pågældende område.

Ved boring uden casing kan der være øget risiko for at diameteren på borehullet bliver større end tilsigtet. Det kan f.eks. ske ved boring i vanskelige materialer med stenede horisonter, hvor mejslen kommer til at arbejde i længere tid på samme sted. Hvis der opstår områder med øget diameter vil konsekvensen dels være et øget grout-forbrug og dels en nedsat ydelse i de områder hvor diameteren er forøget.

a

b

Figur 2.4: Boring uden casing. a) viser mejslen, b) viser boremudder og opboret materiale, der føres til bundfældningshul.

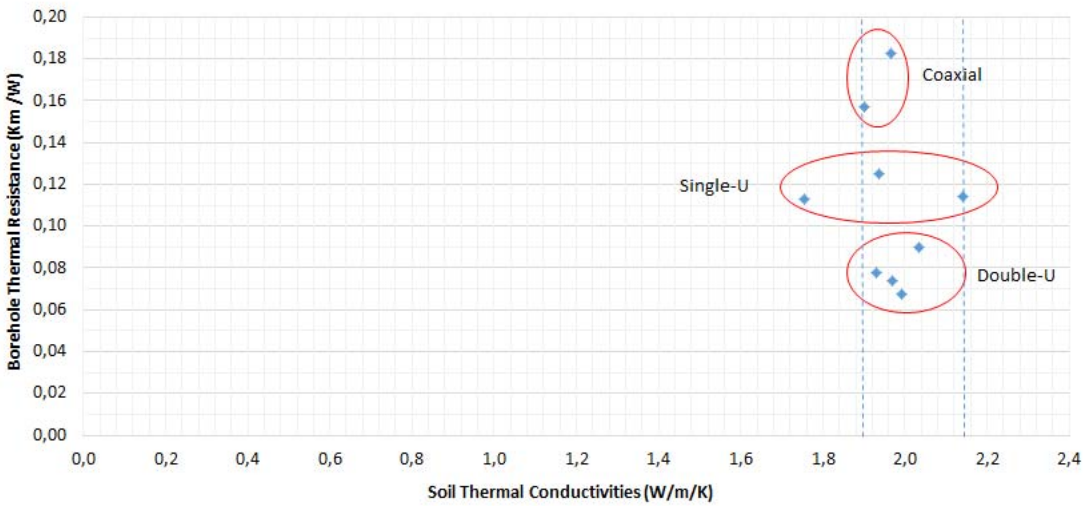
2.3 Udførte målinger

De udførte termisk responstest målinger på boringerne er sammenfattet i nedenstående tabel 2.1.

Boring	VIA14	VIA13	VIA15	VIA13	VIA11	VIA13	VIA12	VIA14	VIA15
Foring	Uforet	Foret	Foret	Foret	Foret	Foret	Foret	Uforet	Foret
BHE	U	UU	Coax	UU	UU	UU	U	U	Coax
Måledato	03-07-13	07-07-13	30-07-13	05-02-14	07-03-14	26-03-14	02-04-14	07-04-14	28-04-14
Varmeledning, jord	1,7539	2,0340	1,9649	1,9700	1,9300	1,9925	1,9368	2,1400	1,9000
Borehuls-modstand	0,1128	0,0890	0,1827	0,0740	0,0780	0,0674	0,1248	0,1140	0,1570

Tabel 2.1. Målinger af jordens varmeledningsevne og borehulsmodstanden.

Data fra tabellen er overført til figur 2.5. Tabellen viserat målingerne på jordens termiske ledningsevne ligger ret præcist inden for et smalt bånd mellem 1,9 og 2,1 W/mK. En enkelt måling falder uden for. Der er imidlertid tale om den første måling, der blev udført med det hjemmebyggede udstyr og uden det efterfølgende indkøbte tolkningsprogram. Det afvigende resultat tilskrives derfor manglende erfaring. Bemærk desuden, at der indgår en boring, VIA 11, som ikke er en del af nærværende projekt. Boringen er kun 30 m dyb, men er udført i samme område, som de øvrige boringer. Det er derfor fundet relevant at inddrage data.



Figur 2.5. Afbildning af målingerne fra tabel 2.1.

Resultaterne falder i 3 grupper, som er relateret til typen af varmeveksler (BHE) og den tilførende termiske modstand i hele borehulsinstallationen (brine, rør, konfiguration og grout). I teorien vil enkelt U være mindst effektiv og coaxial være mest effektiv.

Undersøgelsens målinger viser imidlertid, at den coaxiale varmeveksler er den mindst effektive. Dette skyldes uden tvivl, at varmeveksleren i realiteten ikke er coaxial. Da den er konstrueret af to PE-slanger med forskellig diameter (ø63 og ø32) lagt inden i hinanden, er det sandsynligt, at den inderste slange for langt størstedelen af forløbet vil ligge excentrisk op ad den ydre slange og ikke coaxialt. Dette medfører en øget termisk kortslutning mellem kold og varm brinestrøm og jord og dermed øge den samlede borehulsmodstand. Indtil det konstruktionsmæssige problem er løst, kan anvendelsen coaxiale varmevekslere ikke anbefales. I henhold til Geotrainets anbefalinger /3/ anses en samlet borehulsmodstand på 0,16 Km/W eller mindre for at være acceptabelt. Den coaxiale ligger således lige uden for det acceptable.

Enkelt U og dobbelt U varmevekslerne opfører sig, som de i henhold til teorien ”burde” gøre. Enkelt U har en markant højere borehulsmodstand end dobbelt U varmevekslere.

Af de 3 målinger, der er udført på de to boringer med enkelt U BHE er der udført to målinger på boringen udført med casing og en måling på boringen uden casing. Målingerne viser en lidt forhøjet borehulsmodstand i forhold til boringen med casing.

I Geotrainets anbefalinger /2/ samt på den afholdte workshop /5/ anbefales det direkte, at der altid bores med casing. De udførte målinger understøtter dette.

2.4 Sonic-boring

I løbet af projektet perioden er der blevet introduceret endnu en boremetode op på det danske marked, som kan vise sig at være relevant i forbindelse med jordvarmeboringer, særligt for boringer til lav dybde. Der er observeret sonic-boringer til jordvarme med diametre på 60 mm og 120 mm.

Sonic drilling virker i princippet ved jordfortrængning. Borestammen og -spidsen udsættes for højfrekvent vibration samtidig med at der trykkes og roteres. Når den ønskede boredybde er nået bankes spidsen ud af det hule borerør, der derved kommer til at fungere som casing, hvorefter BHE kan monteres.

Metoden er også set brugt hvor casingen i form af 2” rør er efterladt i jorden. Herefter er en tynd BHE monteret og grouten nedpumpet gennem en slange, som også efterlades (figur 2.6).

a

b

Figur 2.6. a) viser efterladt 2” casing, coax BHE og groutslange. Som det ses er groutslangen meget tynd og annulus til udstøbning er også meget lille. b) viser en sonic rig i færd med at udtage kerneprøver til geologisk bestemmelse i forbindelse med et jordvarmeprojekt.

Metoden er hurtig, men er indtil videre kun observeret anvendt til jordvarmeboringer på indtil 20 meters dybde. Metoden er endvidere kun set anvendt i forbindelse med boringer, der er udført inden for et snævert område med henblik på både at fungere for borehulsvarmelager og jordvarmeboringer (Sun-Well konceptet, omtalt i D11).

For de mindre dybe boringer er det muligt at håndtere BHE og groutslange uden spole (figur 2.7).

a

b

Figur 2.7. Udførelse af boringer til en såkaldt sun-well. a) viser to udførte boringer med enkelt U BHE og en tredje er i færd med at blive boret. b) viser BHE under montage. Den blå slange er til grout-nedpumpning.

Der er endnu ikke udført termisk responstest på boringer af denne type, men forventningen er, at boringerne vil være velfungerende idet jordlagene omkring boringen er blevet komprimeret til en højere densitet, end de havde naturligt. En højere densitet vil alt andet lige medføre en bedre varmeledningsevne lige omkring boringen. Dette vil igen medføre, at boringen kan levere en større effekt. Det skal understreges, at det ikke medfører, at der som sådan kan trækkes mere varme ud på årsbasis. Det medfører alene at overførslen kan ske hurtigere. På den anden side vil en kort boring alt andet lige have en større procentdel af borelængden over grundvandsspejlet med en ringere varmeledningsevne til følge. Det kan ikke på baggrund af nærværende undersøgelse siges hvilken effekt, der har størst indflydelse.

2.5 Opsummering

De observationer, der er gjort i forbindelse med dette projekt, peger i samme retning, som de anbefalinger, der er givet i både /2/ og /3/. For at kunne styre boreprocessen og installationen af BHE må det anbefales, at boringerne udføres *med* casing.

De udførte testboringer er bevidst udført uden spacere, men erfaringerne fra den coaxiale BHE indikerer kraftigt, at det er vigtigt at tage forholdsregler for at reducere den termiske kortslutning mellem kold og varm brinestrøm. Det må derfor anbefales, at der altid anvendes spacere til at holde de enkelte rør i BHE adskilt (figur 2.8).

Figur 2.8. Spacer, monteret og sikret.

3 GROUT-TEKNIKKER

Grouten, som skal sikre mod nedsivning langs boringen og sikre den termiske kontakt mellem BHE og den omgivende geologi skal, som omtalt i D7, være et ensartet og veldokumenteret produkt, hvorfor der som udgangspunkt vil være tale om et industrielt fremstillet og kommercielt tilgængeligt produkt.

Ud over selve produktet er der to andre væsentlige problemstillinger, der har betydende indflydelse på den samlede sikring og effektivitet af jordvarmeboringerne. Dels er der blandingsprocessen og dels er der selve etableringen af udstøbningen.

3.1 Blandingsproces

Målet er at opnå en ensartet blanding mellem vand og grout i det forhold, som anbefales af producenten. Der er overordnet set to metoder til selve blandeprocessen.

1) Batch-blanding: en kendt mængde produkt blandes i en kendt mængde vand (figur 2.9.).
2) Kontinuert blanding: Vand og produkt tilføres løbende til et blandekammer.

Ved batch-blanding kan der opnås fuldstændig sikkerhed for at det korrekte blandingsforhold opnås. Ulempen er, at man risikerer at den blandede mængde ikke passer med den nødvendige mængde til at fylde boringen. Der er risiko for at blande for meget, hvilket kan være problematisk hvis grouten f.eks. er tilsat cement. Eller det kan være nødvendigt at blande mere, hvilket er tidskrævende og kan give en uønsket forsinkelse i forhold til at tilbagetrække casingen.

a

b

Figur 2.9. Batchblanding af grout. a) viser blandekar, der kan tømmes ned i en snekkepumpe som efterfølgende pumper blandingen ned i boringen. b) viser batch-blanding i balje til efterfyldning fra toppen af boringen.

Den kontinuerte blandingsproces giver en simplere arbejdsgang. Man mixer blandingen efterhånden som den forbruges (figur 2.10.). Hvorvidt man opnår det korrekte blandingsforhold er meget afhængigt af at doseringen af vand og pulver er korrekt. Det kan være tvivlsomt om blandemaskinen kan gøre det tilstrækkeligt præcist.

a

b

Figur 2.10. a) viser et eksempel på en blandemaskine med tilhørende pumpe. b) viser et udsnit fra en anden pumpe. Udsnittet viser den snegl der ved sin rotation blander pulver og vand og fører det frem til pumpen.

Den ene af pumperne (figur 2.10b) havde en fast vandtilførsel, som for at opnå det korrekte blandingsforhold, skulle matches med en korresponderende mængde pulver, hvilket var en forholdsvis vanskelig proces i praksis.

Anbefalingen, som blev givet i forbindelse med projektets internationale workshop, var at anvende batch-blanding for at sikre det korrekte blandingsforhold. De observationer, som blev gjort i forbindelse med D7, vedrørende grout-blanding og termisk ledningsevne peger delvis i samme retning. Hvis der sker en overdosering af pulver, vil konsekvensen i forhold til ledningsevne være positiv. Det kan dog skabe problemer for nedpumpningen. Hvis der sker en underdosering af pulver vil det have alvorlige negative konsekvenser for boringens effektivitet. Men blandingen vil være let at pumpe.

3.2 Udstøbning

Den blandede grout føres ned i jordvarmeboringen på en måde, så der sikres en komplet opfyldning uden områder, der er fyldt med luft, vand, boremudder eller sammenskred fra borehulsvæggen. Den eneste måde at sikre dette på er at pumpe grouten ned i boringen gennem en separat slange og fylde boringen fra bunden. Der pumpes således til groutblandingen flyder ud ved toppen af boringen.

Slangen bliver typisk ført ned i boringen samtidig med BHE. Ved at fæstne den til de øvrige slanger sikres det at slangen bliver ført helt ned i bunden af borehullet. Forsøg på nedføring af groutslange efter BHE er sænket ned i boringen må frarådes. Risikoen, for at den ikke når til bunds, er for stor.

Der er således to forskellige måder at foretage fyldningen på. Enten ved at lade grout-slangen sidde i bunden af boringen og dermed fylde boringen helt fra bunden, eller ved at foretage en gradvis tilbagetrækning af slangen efterhånden som boringen fyldes. I følge Geotrainets anbefalinger /2/ og /3/ er der delte meninger om metodernes egnethed. I Europa er der generel enighed om at opfyldning fra bunden og dermed at efterlade groutslangen i borehullet er den bedste løsning mens der USA foretrækkes at trække slangen tilbage i takt med fyldningen.

Begge metoder har fordele og ulemper. Ved at efterlade slangen og undlade tilbagetrækning opnår man den bedste garanti for en komplet opfyldning. Men ulempen ved denne metode kan være at der er risiko for sprængning af pumpeslangen, idet der skal bruges et vist pumpetryk for at overvinden den flow-friktion, der er i slange og borehul. Risikoen for sprængning øges jo mindre vand, der er i blandingen.

Ved løbende tilbagetrækning skal friktionen i boringen ikke overvindes, dog er der herved en risiko for at slangen trækkes tilbage hurtigere, end der sker en opfyldning. Pejling af groutniveauet vil ikke være en mulighed idet boringen typisk vil være fyldt med boremudder og idet grouten vil være flydende. Ved for hurtig tilbagetrækning er der stor risiko for en ufuldstændig opfyldning.

3.3 Opsummering

Ved udførelse af jordvarmeboringer er det af hensyn til både drifts- og anlægsøkonomi vigtigt, at boringen har en veldefineret, lille diameter, hvor BHE kan installeres, så der opnås god termisk kontakt mellem anlæg og jord. Det vil derfor være at foretrække at boringen etableres med casing.

Af hensyn til afpropning og effektivitet af BHE er det vigtigt, at der anvendes det korrekte (i henhold til producentens anvisninger) blandingsforhold mellem vand og produkt. Batch-blanding anses for at være den bedste måde til at opnå dette.

Det kan anbefales, at der føres nøje regnskab med mængden af forbrugte materialer i de enkelte boringer. Det er både gældende for opfyldningen med pumpet grout og behovet for efterfyldning fra toppen, som typisk er nødvendigt efter ca. 1 døgn.

I overensstemmelse med Geotrainets anbefalinger /2/ og /3/ anses det for sikrest at der pumpes fra bunden under hele fyldningen. For at reducere risikoen for sprængning af slangen må der anvendes slanger af højt tryktrin.

4 REFERENCER

/1/ BEK nr. 1260 af 28/10/2013

/2/ Geotrainet training manual for drillers shallow geothermal systems. Geotrainet, Brussels 2011.

/3/ Geotrainet training manual for designers of shallow geothermal systems, Geotrainet, EFG, Brussels 2011.

/4/ Energianlæg baseret på jordvarmeboringer – udvikling af markedsfremmende værktøjer og best practice. D11, Aktiviteter på testsite.

/5/ Energianlæg baseret på jordvarmeboringer – udvikling af markedsfremmende værktøjer og best practice. D1, Vidensudveksling om jordvarmeboringer.