

---

# RAPPORT

---

Nukissiorfiit, Hovedkontoret

## **Nuuk, Rådgivning og Vejledning**

Projektnummer 1250061000

Rådgivning og vejledning om indkøb og installation af bjergvarmepumpe system i Nuuk, Grønland

---

---

### **Udkast**

Malmö 2011-06-07\_rev 2011-06-13

#### **Sweco Environment AB**

Malmö Geotermisk Energi

Kvalitetssikring

Jonas Ekestubbe

Anna Ekdahl

## TABLE OF CONTENTS

<b>1</b>	<b>Orientering</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Almen beskrivelse af boringer efter bjergvarme i Nuuk</b>	<b>4</b>
1.1	Geologiske forudsætninger	4
1.2	Hydrogeologiske forudsætninger	5
1.3	Boretekniske forudsætninger	5
<b>2</b>	<b>Opsummering af udførte Termisk Respons Test (TRT) i Nuuk</b>	<b>5</b>
2.1	Nukissiorfiit	6
2.2	Julemærkekollegiet	6
2.3	Pukuffik	7
<b>3</b>	<b>Dimensionering af bjergvarmeanlæg</b>	<b>7</b>
3.1	Alment	7
3.2	Dimensionering af varmepumpe	8
3.3	Dimensionering af bjergvarmebrønden	10
<b>4</b>	<b>Installation af bjergvarmebrønde</b>	<b>11</b>
4.1	Opsummering	11
4.2	Valg af egnet område	12
4.3	Artesisk grundvand	13
4.4	Afstand mellem brønde	13
4.5	Afstand til nærmeste bygning	13
4.6	Boring med forerør	13
4.7	Boring af åbent hul (bjergboring)	14
4.8	Sikkerhed og miljø	14
4.9	Installation af kollektor og rørledninger	15
4.10	Materiale- og installationskrav for ledningssystemet	16
<b>5</b>	<b>Varmepumpeinstallation</b>	<b>16</b>
<b>6</b>	<b>Dokumentation for installation af bjergvarmebrønde og varmepumper</b>	<b>17</b>
6.1	Bjergvarmebrønde	17
6.2	Anmeldelsesansvar	18
6.3	Oplysningskrav	18
6.4	Varmepumper	18
<b>7</b>	<b>Terminologi</b>	<b>19</b>

2 (19)

RAPPORT  
2011-06-07\_rev 2011-06-13 Udkast  
NUUK, RÅDGIVNING OG VEJLEDNING

---

## TABLE OF CONTENTS

---

- Annex 1: TRT-rapport Nukissiorfiit
- Annex 2: TRT-rapport Julemærkekollegiet
- Annex 3: TRT-rapport Pukuffik
- Annex 4: Draft – Borejournal
- Annex 5: Draft – Registreringsformular for varmepumpe installation

## 1 Orientering

I løbet af de sidste år er der påbegyndt installation af to bjergvarmeanlæg i Nuuk. Et anlæg på Julemærkekollegiet på bestilling af Styrelsen for Kultur, Uddannelse, Forskning & Kirke, og én på Nukissiorfiit's hovedkontor. En ekstra termoresponstest er desuden udført i Pukuffik med det formål at opnå bedre viden om bjerggrundens termiske egenskaber i Nuuk området. Eftersom der ikke findes tidligere praktiske erfaringer med installation af bjergvarmepumper i Grønland, er et antal Svenske firmaer blevet hyrede til at assistere med gennemføre installationerne. Sweco's rolle i projektet har været at koordinere forundersøgelserne og at dimensionere anlæggene.

Denne rapport har til formål at give råd og vejledning i forbindelse med fremtidig indkøb og installation af bjergvarmeanlæg i Nuuk.

Den information som er indsamlet under forundersøgelserne for de to tidligere gennemførte installationer tjener som grundlag for bestemmelsen af de geologiske og tekniske forudsætninger for installationen af bjergvarmepumpeinstallationerne i Nuuk området. Til at begynde med beskriver nærværende rapport de tekniske forudsætninger overfladenære borerer efter geotermisk energi i Nuuk, med efterfølgende opsummering af resultater af den termiske respons test som gennemførtes i Nuuk. Derefter følger instruktioner i hvordan bjergvarmepumpeinstallationer bør dimensioneres, sammen med råd og gennemgang af kravene som stilles til gennemførelsen af borerer til bjergvarmebrønde og installation af varmepumper.

Rapporten giver udkast til tekst, som kan anvendes som udgangspunkt for en vejledning som kan være til støtte for bore entreprenører, offentlige myndigheder og grundejere, i lighed med den svenske "Normbrunn -07".

## 1 Almen beskrivelse af borerer efter bjergvarme i Nuuk

### 1.1 Geologiske forudsætninger

De geologiske forhold i Nuuk er fordelagtige for etablering af bjergvarmesystemer. Bjerggrunden består hovedsageligt af gnejs, granit og sandsten, med højt indhold af kvarts, hvilket giver bjerggrunden gode varmeledningsegenskaber.

Overliggende jordlag er tyndt og findes flere steder slet ikke. Dette er ofte en fordel eftersom det holder boreomkostningerne nede. Boring med foringsrør er betydeligt dyrere end åbne borerer. Derimod kan manglen på det ydre jordlag betyde at klipper må sprænges bort for at rørledninger kan installeres og borehuller må fyldes med sand for at undgå beskadigelse af rørene.

I områder hvor tykkelsen af jordlagene overskrider ca 2 meter, bør rørledninger lægges på omkring 1-1.5 meters dybde, for at undgå frostskafer.

## 1.2 Hydrogeologiske forudsætninger

Oplysninger fra borejournalen for borerne udført ved Nukissiofiit's kontor, Julemærkekollegiet og Pukuffik viser at der er en meget begrænset vandmængde i både overfladejord og klippegrund. Udvindingspotentialet skønnes at ligge omkring 0.07 – 0.2 l/s.

Bjerggrunden er bare let opsprækket og grundvandet i bjerggrunden forekommer hovedsageligt i sprække- og forkastningszoner. Grundvandspejlet i bjerggrunden findes ca 10 m under jordoverfladen.

## 1.3 Boretekniske forudsætninger

Nuuk området vurderes at være velegnet til gennemførelse af borerne eftersom grundfjeldet er fast med undtagelse af forkastninger og sprækkezoner.

Boringer foretrækkes udført som konventionelle tryklufsboringer (DTH).

Boringer udført med trykluftsteknik (DTH teknik) forventes at kunne anvendes op til dybder på maksimalt 200-230 m.

Boringerne bør udføres i overensstemmelse med den vejledning som findes i den Svenske "Normbrunn -07" eller tilsvarende. Information på svensk kan hentes ned fra [www.sgu.se](http://www.sgu.se).

## 2 Opsummering af udførte Termisk Respons Test (TRT) i Nuuk

Herunder en liste som opsummerer udførte TRT i Nuuk, Nukissiofiit, Julemærkekollegiet and Pukuffik. De tre Termiske Respons Tests blev udført af NeoEnergy Sweden AB. I nærværende rapport vises kortfattet resultaterne af hver test i teksten nedenfor. NeoEnergy's fuldstændige rapporter præsenteres i Annex 1 - 3.

Undergrundens begyndelsestemperatur og undergrundens effektive varmeledningsevne er angivet ved en middelværdi langs den aktive borehuldybde.

Borehullets bjergvarmekollektor forudsættes at være et enkelt U-rør (DN40 PN8) i borehul fyldt med grundvand.

Strømningen i hvert borehuls varmeveksler bør under maksimal varmeudtagning være mindst 0.6 liter per sekund, ved anvendelse af ca 28% Bioetanol. Dette giver  $Re = 2500$  når kollektorvæskens temperatur er  $-5^{\circ}C$ . Ved partiel varme varmeudtagning reduceres strømningen noget for at mindske energiforbruget i kollektorvæskens cirkulationspumpe. For at reducere cirkulationspumpens strømforbrug, bør muligheden for at vælge lavere etanolkoncentration (lavere viskositet og pumpemodstand) overvejes.

## 2.1 Nukissiorfiit

Boreddybde	200.0 m
Tykkelsen af overfladesedimenter	1.0 m
Slangens dybde	199.5 m
Grundvandspejl	11.8 m b g s
Antaget aktiv borehulsdybde*	187.7 m
Bjerggrundens begyndelsestemperatur	2.6°C
<i>Varmeforsyning</i>	
Undergrundens effektive varmeledningsevne	3.8 W/m,K
Bjergvarmekollektorens termiske modstand	
- Enkelt U-rør	0,115 K/(W/m)
<i>Varmeudtagning</i>	
Undergrundens effektive varmeledningsevne	3.8 W/m,K
Bjergvarmekollektorens termiske modstand	
- Enkelt U-rør (ufrosset grundvand)	0.13 K/(W/m)
- Enkelt U-rør (frosset grundvand)	0.09 K/(W/m)

\* Aktiv borehulsdybde –den del af borehullets varmeveksler som befinder sig under grundvandspejlet og derfor er aktiv i varmeudvekslingen med grundfjeldet.

## 2.2 Julemærkekollegiet

Boreddybde	200,0 m
Tykkelsen af overfladesedimenter	1.0 m
Slangens dybde	199.5 m
Grundvandspejl	10.5 m b g s
Antaget aktiv borehulsdybde	189.0 m
Bjerggrundens begyndelsestemperatur	2.8 °C
<i>Varmeforsyning</i>	
Undergrundens effektive varmeledningsevne	4.1 W/m,K
Bjergvarmekollektorens termiske modstand	
- Enkelt U-rør	0,115 K/(W/m)
<i>Varmeudtagning</i>	
Undergrundens effektive varmeledningsevne	4.1 W/m,K
Bjergvarmekollektorens termiske modstand	
- Enkelt U-rør (ufrosset grundvand)	0.13 K/(W/m)

- Enkelt U-rør (frosset grundvand)	0.09 K/(W/m)
<b>2.3 Pukuffik</b>	
Boreddybde	- m
Tykkelsen af overfladesedimenter	- m
Slangens dybde	136.0 m
Grundvandspejl	0.0 m b g s
Antaget aktiv borehulsdybde	136.0 m
Bjerggrundens begyndelsestemperatur	2.1°C
<i>Varmeforsyning</i>	
Undergrundens effektive varmeledningsevne	3.3 W/m,K
Bjergvarmekollektorens termiske modstand	
- Enkelt U-rør	0.10 K/(W/m)
<i>Varmeudtagning</i>	
Undergrundens effektive varmeledningsevne	3.3 W/m,K
<u>Bjergvarmekollektorens termiske modstand</u>	
- Enkelt U-rør (ufrosset grundvand)	0.12 K/(W/m)
- Enkelt U-rør (frosset grundvand)	0.08 K/(W/m)

### 3 Dimensionering af bjergvarmeanlæg

#### 3.1 Alment

Et bjergvarmeanlæg udnytter energi fra undergrunden. En installeret bjergvarmepumpe optager energi fra undergrunden. Systemkonceptet går ud på at uddrage lav-intensiv (lav temperatur) varmeenergi fra bjergenergiboringerne, for at derefter oparbejde denne ved hjælp af varmepumpe. Hvor dyb bjergvarmebrønden skal være, afhænger af den effekt og energi som undergrunden forventes at levere. Den effekt og energimængde som kan udvindes fra bjergvarmebrønden afhænger af bjerggrundens termiske egenskaber.

Det er vigtigt at bjergvarmebrønde ikke underdimensioneres. Hvis borehulslængden ikke er tilstrækkelig i forhold til energiudtaget synker temperaturen i borehullet alt for meget, hvilket fører til at anlæggets virkningsgrad mindskes, med øgede driftsomkostninger til følge. Hvis grundvandet i borehullet fryser, kan det i værste fald medføre at kollektoren beskadiges. Dette kan ske hvis undergrunden er tæt uden sprækker, hvilket forårsager øget tryk i borehullet når der dannes is.

Hvis, på den anden side, boringen overdimensioneres, vil installationsomkostningen blive unødvendigt høj for kunden.

Første skridt i dimensioneringen af et bjergvarmeanlæg er at fastslå ejendommens behov for effekt og energi, udtrykt først og fremmest i form af spidsbelastningseffekt og det årlige energibehov i et middelår. Denne information vil danne basis for valg af varmepumpens størrelse.

I næste skridt bestemmes hvilken dybde bjergvarmeboringen skal have for at klare de krav som sættes af varmepumpen. Denne dybde afhænger desuden af grundfjeldets termiske egenskaber.

I et forsøg på at skabe generelle dimensioneringsregler for bjergvarmebrønde i Grønland, er der bestemt typiske værdier for bjerggrundens termiske egenskaber i Nuuk, baseret på udførte Termisk Respons Tests (TRT), se nedenfor. Andre nøgleparametre i dimensioneringen, så som valg af passende borehulskollektor og mindste middeltemperatur for kollektorvæsken er taget i regning.

Ovenstående sammenfatninger baseret på udførte TRT-tests i Nukissiofiit, Julemærkekollegiet og Pukuffik genererer følgende middelværdier, som anses rimelige at anvende i dimensioneringen.

Typiske middelværdier til anvendelse i dimensioneringen:

- Bjerggrundens varmeledningsevne: 3.7 W/m\*K (variation 3.3 – 4.1 W/m\*K)
- Bjerggrundens årsmiddeltemperatur: 2.5°C (variation 2.1 – 2.8°C)
- Borehullets termiske modstand: 0.10 K/(W/m) (variation 0.08 – 0.13 K/(W/m))
- Mindste tilladte temperature ud fra varmepumpen: -3°C

Samtlige ovenstående inddata vurderes at afspejle typiske geotermiske forudsætninger i Nuuk. Udførte målinger og simuleringer ligger til grund for størrelsen af respektive parametre som kan siges at repræsentere typiske Grønlandske forhold.

### 3.2 Dimensionering af varmepumpe

Et varmepumpesystem har en høj varmfaktor når differensen mellem temperature på fordampere og kondensatoren er lille. Ved installation af bjergvarmeanlæg til eksisterende bygninger med varmtvandsradiatorer, er det vigtigt at øge gennemstrømningen i radiatorerne så den nødvendige tilstrømningstemperatur kan holdes så lav som mulig, for at holde driftsomkostningerne nede. For nybyggerier kan det betale sig at installere et lavtemperatursystem, for eksempel gulvvarme.

Varmepumpe bør også anvendes til at forvarme vand til varmtvandsforbrug, hvor derefter et neddykket varmeaggregat kan anvendes til at varme vandet op til ønsket temperatur. Erfaringer fra svensk udbygning af varmepumpesystemer har vist at denne metode giver god driftsøkonomi.



Inden dimensioneringen af bjergvarmesystemet er det vigtigt at have så mange oplysninger som muligt om husets effekt- og energibehov. Disse er ofte vanskelige at vurdere og er oftest den vigtigste kilde til fejlregninger i dimensioneringen. Det anbefales derfor at effekt- og temperaturbehov omhyggeligt klarlægges før systemet installeres. Dette kan for eksempel gøres med udgangspunkt i husets hidtidige energibehov.

Det skal noteres at varmepumpesystemet kan anvende flere forskellige varmekilder foruden bjergvarme. Eksempler på sådanne andre varmekilder er overfladevand, grundvand og den omgivende luft. For bygninger med adgang til alternative energikilder kan disse alternativer med fordel overvejes eftersom sådanne systemer kan kræve mindre investeringer og stadig opnå samme effektivitet.

Ved valg af varmepumpens størrelse bør effektdækningsgraden vælges efter bygningstype, for at optimere driftsøkonomien. Erfaringer fra Sverige viser at det generelt ikke kan svare sig at installere bjergvarmesystemer med lavere effektdækningsgrad end 50%, da det i så fald kan tage længere tid end den dimensionerende levetid for systemet at tjene anlægsomkostningen ind.

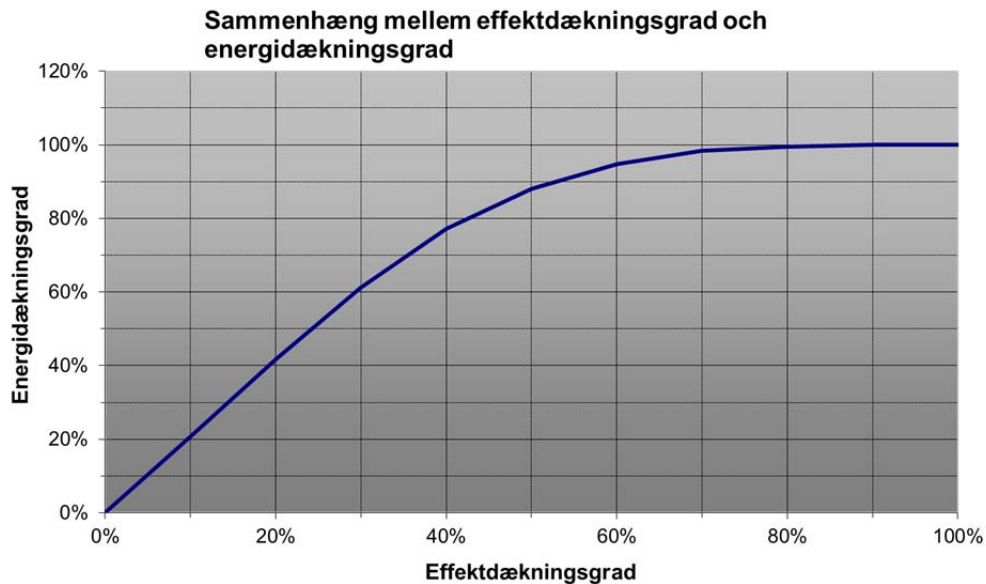
Tabel 3.1 nedenfor illustrerer forskelle i dimensioneringsforudsætningerne mellem Grønland og Sverige, med hensyn til beregningen af effektdækningsgraden.

*Tabel 3.1 Forskel i dimensioneringsforudsætningerne i Grønland og Sverige, med hensyn til beregningen af effektdækningsgraden..*

<b>Effektdækningsgrad</b>	<b>Grønland</b>	<b>Sverige</b>
Enfamiliehus	80%	70%
Boligejendom	70%	60%
Større boligejendom	50-60%	50%

Hovedårsagen til at større effektdækning bør vælges for installationer i Grønland i forhold til Sverige er Grønlands koldere klima, som medfører større grundbelastning, men også højere spidsbelastninger end i Sverige.

I samtlige ovennævnte tilfælde opnås en teoretisk energidækningsgrad på 85 – 100 %. Forholdet mellem varmepumpens effekt- og energidækning præsenteres i varighedsdiagrammet herunder i Figur 3.1.



Figur 3.1 Sammenhæng mellem effekt- og energidækningsgrad forhold for typiske Grønlandske forhold. For eksempel kan aflæses 60 % kraftforhold ved energiforhold på ca 95 %.

Inden installationen af bjergvarmeanlægget er det vigtigt at ikke alene beregne varmepumpens virkningsgrad, men hele systemets. Virkningsgraden for hele systemet, SPF inkluderer elektricitet til cirkulationspumpen og anden tilhørende udrustning.

En SPF på 3 eller højere giver den enkelte bruger en god driftsøkonomi og investeringen betaler sig tilbage på kort tid, men har desuden en klar miljømæssig fordel i form af reducerede CO<sub>2</sub> - udslip.

### 3.3 Dimensionering af bjergvarmebrønden

I et bjergvarmeanlæg får varmepumpen en bedre virkningsgrad ved at udnytte energien fra borehullet. Den aktive dybde (regnet fra grundvandspejlet og ned til bunden af borehullet) som er nødvendig, givet varmepumpens størrelse er opsummeret i Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Sammenhæng mellem aktiv borehuldybde og varmepumpens størrelse.

Effektbehov ved spidsbelastning	Varmepumpens effekt	Aktiv borehuldybde
10 kW	8 kW (80% effektforhold)	145 m
50 kW	35 kW (70% effektforhold)	625 m
300 kW	180 kW (60% effektforhold)	3 220 m

En god tommelfingerregel når det gælder at sikre en høj varmefaktor samt at gardere sig mod variationer i klimaet og bjerggrundens varmeledningsegenskaber, er at gøre bjergvarmeboringen 5-10% dybere end vist i Tabel 3.2.

En anden tommelfingerregel for at sikre at bjerggrundens temperatur når at indstille sig på sin normale uforstyrrede sommertemperatur i løbet af sommerperioden, er at den årlige energiproduktion fra et borehul ikke bør overstige ca 150 kWh/meter borehul per år.

Ved krav om borehulseffekt på mere end ca 8 kW (varmepumpeeffekt på ca 11 kW) bør det overvejes at anvende to eller flere bjergvarmeboringer i stedet for bare en. Selvom det er teknisk muligt at bore til 200-230 m, så er boringer til stor dybde forbundet med en del besvær og dermed risiko for øgede omkostninger.

Medmindre anden aftale mellem parterne forligger, er det kunden og ikke entreprenøren som er ansvarlig for bjergvarmebrøndenes dimensionering, såsom dybde og antal.

Selvom de grønlandske klimaforhold medfører at varmeudvinding fra borehullerne også kan ske store dele af sommerperioden viser udførte driftssimuleringer for anlægget til Julemærkekollegiet at temperaturen i borehullerne stiger i denne periode. Simuleringerne viser også at borehuller på Grønland, ligesom i Sverige opnår stabile arbejdstemperaturer efter nogle års drift.

Hvis der sker naturlig grundvandsstrømning i undergrunden indvirker det positivt på bjergvarmeanlægget, dels ved at mindske belastningen på borehullet om vinteren, dels ved at påskynde genetablering af naturlige temperaturforhold omkring borehullet i sommerperioden.

## 4 Installation af bjergvarmebrønde

Bjergvarmebrønden udgør systemets lunger og bør være udformet på en sådan måde at varmepumpen altid får tilstrækkelig varme fra bjerggrunden for at den kan fungere med høj varmfaktor og med en øvrigt velfungerende og sikker drift. Den detaljerede diskussion nedenfor af fremgangsmåden ved boringen omfatter også risici og hvordan disse skal håndteres.

### 4.1 Opsummering

Nedenfor opsummeres i korthed nogle af de punkter som bør tages i betragtning:

- Bjergvarmebrønde bør dimensioneres i overensstemmelse med tabel 3.2 (varmepumpe effekt kontra aktiv borehulsdybde)
- Bjergvarmebrønde bør, udover den dybde som kan regnes frem i overensstemmelse med tabel 3.2, gores 5-10% dybere end vist i tabel 3.2 for at være garderet mod klimavariationer og undergrundens varmeledningsevne. Formålet med dette er at sikre en høj varmeudvindingsfaktor.
- Når den udvundne effekt per per borehul overstiger 8 kW bør det overvejes at anvende to eller flere bjergvarmebrønde i stedet for en.
- Ved anlægning af flere end en bjergvarmebrønd, eller ifald naboejendomme også har bjergvarme, bør afstanden mellem borehullerne være mindst 20 m. Ved

placering nærmere end 20 m bør der muligvis kræves nogen form for tilladelse eller samråd.

- Bjergvarmebrønde med tilhørende rørledninger bør afsluttes/udlægges mindst 0.5 m under jordoverfladen.
- Ledningsrender bør sandfyldes for at beskytte rørledningerne.
- Inden tildækning og i forbindelse med installationen bør hele systemet trykprøves for at undersøge for utætheder.
- Som kollektorvæske anvendes vand blandet med anti-frysningmiddel (f eks ætanol) med en koncentration som hindrer frysning ned til -7 ° C (15% ætanol) eller -15 ° C (25% ætanol).
  - o Rørledninger til og fra bjergvarmebrønden (eller –brøndene) isoleres i nærheden af huset for at hindre frostdeformationer i jorden omkring rørledningerne og frostskaade på husvæggen. Denne risiko forligger først og fremmest i vandmattede jordarter, såsom silt, ler og tørv.
- Hvis der findes grundvand i området, kan dette påvirkes af borede bjergvarmebrønde. Det er derfor vigtigt at tage visse forholdsregler ved anlægning af bjergvarmebrønde. Hvis anlægsarbejdet udføres korrekt reduceres risikoen for at påvirke grundvandet i betydeligt omfang.

#### 4.2 Valg af egnet område

For at mindske risikoen for spredning af forureninger er det vigtigt at vide hvordan området hvor man planlægger installation af bjergvarmeanlæg anvendes og har været anvendt tidligere. Mulige forureningskilder skal identificeres. Som eksempler på forureningskilder kan nævnes benzinstationer vaskerier og forskellige industrier.

Hvis der findes en forureningskilde i området bør bjergvarmebrønden placeres højtliggende i terrænet. Afstanden mellem bjergvarmebrønden og forureningskilden bør være så stor som muligt men mindst 30 m anbefales. Risikoen for påvirkning afhænger af forureningens art og af jordlagenes egenskaber.

Hvis en negativ påvirkning af forurennet grundvand ikke kan udelukkes bør brønden forsegles med beton eller andet frostbestandigt fyldmateriale umiddelbart efter at varmeveksleren er monteret i borehullet. Forseglingen medfører øget termisk modstand, hvilket skal tages i betragtning i dimensioneringen af bjergvarmebrønden.

Inden arbejdet med borer eller udgravninger kan starte, er det nødvendigt at sikre sig at der ikke findes andre rør eller kabler udlagte i området, som kan skades under anlægsarbejdet.

#### 4.3 Artesisk grundvand

Grundvand med et trykniveau som ligger højere end jordoverfladen kaldes artesisk grundvand og forekommer i lavtliggende områder, især hvor undergrunden har et impermeabelt lag, såsom et lerlag. Hvis grundvandets trykniveau ligger over jordoverfladen og dette forårsager problemer, eller det ikke er muligt at dræne vandet bort, bør bjergvarmebrønden forsegles.

En sådan forsegling bør altid placeres under foringsrøret i klippegrund for at forhindre at forseglingen knuses i mellemrummet mellem stålrør og klippegrunden. Forseglingen kan udføres på forskellige måder, men en ofte anvendt metode i Sverige er anvendelse af plastkrør med gummiringe som kan udvide sig. En anden metode er at injicere boringen/brønden med cement og derved forsegle mod vandindtrængning fra vandførende sprækker.

#### 4.4 Afstand mellem brønde

Anbefalet mindste afstand mellem bjergvarmebrønde er 20 meter. Formålet med at anbefale en mindste afstand er at mindske risikoen for termisk interaktion mellem bjergvarmebrønde på længere sigt. Hvis bjergvarmebrønde anlægges for nær hinanden kan konsekvensen blive lavere temperatur og dermed mindre virkningsgrad for installationerne. Ved meget lave temperature kan vandet i borerne fryse til is, hvilket kan føre til at kollektorslangerne presses sammen, skades og begynder at lække.

Når bjergvarmeteknikken efterhånden bliver etableret, kan der i tætbefolkede områder opstå pladsmangel. Hvis den anbefalede mindsteafstand ikke kan opnås, kan der tages forholdsregler såsom vinkling af borerne eller dybere borehuller.

Hvis en grundejer vælger at gennemføre etableringen af bjergvarmebrønde, trods at afstanden til nærmeste bjergvarmebrønd er mindre end 20 meter, er grundejeren forpligtet til at vise at grundvandstemperaturen i de eksisterende bjergvarmeinstallationer ikke påvirkes.

#### 4.5 Afstand til nærmeste bygning

Der er risiko for skader på dræn og bygninger hvis borerne udføres indenfor kort afstand. Derfor skal afstanden fra bjergvarmebrønd til nærmeste bygning normalt være mindst 4 meter. Undtagelser kan forekomme, hvor det kan godtgøres at der ikke er nogen risiko for skader på bygningen.

Boring i nærheden af en bygning bør altid udføres med så lavt lufttryk som muligt. Hvis risikoen for skade ikke kan udelukkes, inspiceres facader, fundament og kælder inden borearbejdet påbegyndes.

#### 4.6 Boring med forerør

For at stabilisere borehullet og for at hindre højtliggende grundvand i at sive ind i bjergvarmebrønden drives stålrør (såkaldte forerør) ned gennem jordlagene til

klippegrund nås. Forerøret skal bores mindst 2 meter ned i fast klippegrund og forsegles. Forerøret skal have høj kvalitet med tætte og professionelt udførte svejsninger.

Til dette borearbejde anvendes normalt et excentrisk borehoved (f eks ODEX eller TUBEX) eller et ringformet borehoved (f eks NOEX).

Forseglingen skal bestå af en cementblanding som skal nå at hærde inden borearbejdet kan fortsætte. Anbefalet cementblanding er 95% standard cement og 5% bentonit. Anbefalede dimensioner for forerør:

139.7 mm x 5.0 mm

168.3 mm x 5.0 mm

193.7 mm x 5.0 mm

For samtlige dimensioner gælder at stål kvalitet og tolerancer skal være i overensstemmelse med DIN 1626 eller tilsvarende. Dette garanterer blandt andet en vis korrosionsmodstand. Hvis grundvandet er saltholdigt kan det være aktuelt at anvende en højere stål kvalitet.

Under normale forhold bør dimensionen 139.7 mm anvendes.

#### 4.7 Boring af åbent hul (bjergboring)

Efter at forerøret er installeret mod fast klippegrund og forseglingen er udført, bores et åbent hul med noget mindre diameter end forerørets indre diameter. Der findes et antal forskellige metoder når det gælder boring i fast klippegrund, men den mest almindelige er slaghammerboring (DTH), hvor selve slaghammeren virker længst nede i borehullet.

Boreprocessen drives af trykluft fra store kompressorer, ofte med arbejdsstryk på 20-30 bar. Boringen i det åbne hul fortsætter indtil ønsket dybde er nået. Den maksimale boreddybde med denne teknik er ca 230 meter afhængigt af geologi og vandføring.

Ved bjergboring (åbent hul) skal boreformanden notere eventuel forekomst af grundvand, samt ændringer i strømmingen under boringen. Hvis der er risiko for saltvandsindtrængning i borehullet skal konduktivitetmåling udføres på vand fra mindst tre forskellige dybder og vandprøver til senere brug tages fra disse dybder.

Boreformanden gør sine noteringer i en borejournal. Se også afsnit 6.3 – Informationskrav.

#### 4.8 Sikkerhed og miljø

Boreentreprenøren har ansvaret for sikkerheden under boringens udførelse. Kompressorer, borerig og anden udrustning som anvendes på borepladsen skal være CE-mærket. Borerig og trykluftslanger skal passe til det maksimale arbejdsstryk som kompressoren leverer.

Boreformanden har skal kontinuerligt kontrollere at der ikke forekommer nogen lækage af hydraulisk olie eller lignende fra boreriggen, kompressor eller anden udrustning. Opsugningsmiddel skal altid findes parat på borepladsen. Biologisk nedbrydelige og giftfrie olieprodukter skal anvendes i størst muligt omfang.

#### 4.9 Installation af kollektor og rørledninger

Kollektorvæsken består af vand, for det meste blandet med bioetanol og er relativt ufarlig. På trods af dette kan selv mindre udslip påvirke grundvandskvaliteten lokalt. Ved større lækage, med over 50 liter fortyndet kollektorvæske, kan der opstå problemer blandt andet med dannelse af svovlbrinte og med at denatureringsmidlet i etanolen forbliver i grundvandet i en længere periode.

Det er derfor vigtigt at brøndborerne anvender kollektorsystemer af høj kvalitet og at de følger nedenstående instruktioner for at mindske risikoen for lækage.

Inden kollektorslangen sankes ned i borehullet skal den kontrolleres for eventuelle transportskader.

Efter installation skal kollektoren trykprøves for at sikre at installationen er helt tæt. Trykprøvningen udføres som egenkontrol. Løvrigt skal installation af rørledninger fra boringen til bygningen udføres i overensstemmelse med branchens anbefalinger.

- Svejsninger af plastrørssamlinger skal udføres med godkendte materialer og svejseudrustning i henhold til EN 253 ([www.euroheat.org](http://www.euroheat.org)).
- Rørgraven skal fyldes med passende materiale, såsom finsand, for at hindre skader på slangen.
- Fyldmaterialer omkring bjergvarmebrøndens forerør skal komprimeres for at minimere risikoen for brud på kollektorslangerne.
- Kollektorslangerne skal isoleres mindst to meter ud fra bygningens ydervæg for at forhindre frostskafer
- Mindste udgravningsdybde for ledninger mellem bjergvarmebrønd og ejendom er 500 mm. Hvis udgravning til denne dybde ikke er mulig skal der anvendes ekstra beskyttelse af ledningerne mod ydre mekanisk skade.
- Når varmepumpen er installeret trykprøves hele systemet, inklusive brøndene
- Hvis bjergvarmebrønden afsluttes under jordoverfladen skal brønden markeres tydeligt på husgrunden. Bjergvarmebrøndens beliggenhed skal angives med en nøjagtighed på  $\pm 0.1$  m.
- Kollektorvæsken består af vand og anti-frostvæske (f eks bioetanol) med en concentration som tillader temperature ned til  $-7^{\circ}\text{C}$  (15 % etanol), alternativt  $-15^{\circ}\text{C}$  (25 % ethanol).
- Hvis der sker lækage eller spild af kollektorvæske under eller efter installationen, skal der omgående skrives til handling. Hvis det er nødvendigt skal

kollektorkredsløbet pumpes tom for kollektorvæske, løftes ud af borehullet og reparerer eller udskiftes. Derefter skal en neddykket undervandspumpe monteres og brønden pumpes for grundvand indtil det ikke længere smager eller lugter af kollektorvæske.

#### 4.10 Materiale- og installationskrav for ledningssystemet

Formålet med de materiale- og installationskrav som følger nedenfor er at minimere risikoen for at kollektorvæske skal lække og forårsage trykfald i kollektorsystemet.

- Helsvejsede plastikrør skal anvendes i bjergvarmeinstallationer
- Materialkrav i henhold til svenske SS-EN 12201 eller tilsvarende
- I tilfælde af isdannelse på kollektorslangen kan denne flyde op og trykkes mod borehulslåget. Det er derfor vigtigt at borehulslåget er vel forankret til forerøret
- Låg som slutter tæt via ekspansion anbefales. Denne type, foruden at slutte tæt, hindrer at låget presses op nedefra af is, samtidigt med at det hindrer overfladevand og jord i at trænge ned i brønden.

## 5 Varmepumpeinstallation

Et varmepumpeanlæg bygges til ubemandet drift med periodisk tilsyn. Målet må altid være at bygge robuste systemer med lang levetid.

For at opnå god redundans i anlæggene bør den totale varmepumpe effekt fordeles på mindst 2 enheder, hvis den overskrider 50 kW.

Effektdækningsgraden vælges baseret på bygningstype, efter vejledningen i Tabel 3.2. Udgangspunktet er at opnå passende køreperioder for varmepumperne, med henblik på at maksimere deres levetid.

Forskellige varmepumpemodeller anvender forskellige typer kølevæske. De mest almindelige typer er R407 og R134-C-a.

Varmepumper som anvender R134-a er såkaldte høj-temperatur varmepumper, mens varmepumper som anvender R407-C er såkaldte lav-temperatur varmepumper.

Forskellen er at varmepumper med R134-a arbejder effektivt, også ved høje fremledningstemperaturer (omkring 68 – 70 °C) og varmepumper med R407-C har en begrænsning mht. hvilken fremledningstemperatur de kan levere (maksimum 60 °C).

Begge typer varmepumper arbejder dog i princippet lige effektivt imod et lav-temperatur distributionssystem.

Apparaturskab til styring og overvågning bør sættes op hvis anlægget består af flere end 2 varmepumpeaggregater. Ved installation af 2 aggregater fungerer den ene varmepumpe som "master" og den anden som "slave". Det vil sige at indstillingerne hos den



overordnede varmepumpe ("master") helt styrer driften af den underordnede varmepumpe ("slave").

Apparaturskab til styring og overvågning, forberedt til at kobles op mod internet, installeres med f.eks. en 6.5" touch-display, til brug i kommunikationen med varmepumperne

Det forudsættes at kunden har adgang til internet (tilslutning samt konto hos internetudbyder og IP adresse).

Information om temperaturer, alarm, indstillinger mm kan læses/ændres både lokalt og via internet. Samme strømningsbillede som gengives lokalt, findes også reproduceret på internet.

## 6 Dokumentation for installation af bjergvarmebrønde og varmepumper

### 6.1 Bjergvarmebrønde

I Sverige er der lovkrav om at information fra brøndboringer sendes til Sveriges Geologiska Undersökning (SGU). Informationen ordnes derefter i et borearkiv som er tilgængeligt for offentligheden.

Informationen indsamles ved at boreentreprenøren som udfører brøndboringen udfylder en blanket med de oplysninger som loven kræver og sender den til SGU. Denne information goes derefter tilgængeligt for offentligheden via internet og et brugervenligt geografisk informationssystem.

Fordelen ved denne fremgangsmåde er at myndighederne får information om hvor der finde bjergvarmeanlæg. Dette kan være nyttigt når man vil forhindre at der indenfor et område etableres bjergvarmeanlæg så tæt på nærliggende anlæg så driftseffektiviteten for disse eksisterende anlæg forringes. Dertil kommer at borearkivets informationer om overfladenære geologiske formationer og grundvandsforekomster kombineres. Sådan information er ofte nyttigt i forbindelse med kommende anlægsarbejder eller vandresourceplanlægning.

Inden udvidet udnyttelse af bjergvarme gennemføres, anbefales det at de grønlandske myndigheder opbygger et borearkiv lig det svenske. Et forslag til borejournal præsenteres i bilag 4.

Spredning af informationer og erfaringer kan eventuelt ske via en portal internet som opbygges med dette formål for øje. Der findes eksempler på både myndighedsejede og kommercielle portaler, men også portaler som er sat op og vedligeholdt af forskellige interesseorganisationer.

## 6.2 Anmeldelsesansvar

Det er kundens ansvar at forudanmelde planlagt borearbejde til ansvarlig myndighed.

- Boring for etablering af bjergvarmebrønd skal altid anmeldes til ansvarlig myndighed inden borearbejdet påbegyndes. Stedet hvor boringen/boringerne planlægges udført skal angives med adresse og koordinater (x, y, and z).
- Visse områder kan være undtaget fra retten til frit at bore bjergvarmebrønde. Det anbefales derfor at tage kontakt med ansvarlig myndighed før der indgås aftale med boreentreprenør.

## 6.3 Oplysningskrav

Borejournal føres under boringen og indsendes til ansvarlig myndighed efter at borearbejdet er afsluttet.

Det er den som udfører arbejdet, dvs boreentreprenørens ansvar at føre borejournal og sende den ind til ansvarlig myndighed. I de fleste tilfælde er dette dokument det eneste som beskriver selve boringen. Det er derfor vigtigt at informationen som nedfældes i borejournalen er så detaljeret som muligt.

Hvis oplysningerne i borejournalen er udførlige og korrekte, bliver det enklere at udføre fremtidige renoveringer eller undersøgelser af skader på bjergvarmebrønden. Det fremgår af borejournalen i bilag 4 hvilke oplysninger som skal noteres under borearbejdet.

## 6.4 Varmepumper

I Sverige har Svenska Värmepumpsföreningen (SVEP), som er en uafhængig brancheorganisation, en meget informativ portal med blandt andet et antal faktablade i pdf-format som kan hentes ned. En lignende grønlandsk portal skulle kunne være til betydelig hjælp for samtlige aktører, myndigheder, entreprenører og enkeltpersoner.

I Sverige er der ikke nogen udtalt forpligtelse til at rapportere installation af varmpumper til nogen central myndighed, hvilket bl.a. har ført til at der ikke findes nogen statistik på hvor meget energi der anvendes til opvarmning (eller nedkøling) i Sverige i dag.

Det er bare historiske salgstal fra SVEP som giver en indikation af at mængden af vedvarende energi fra jord og klippegrund i Sverige ligger på ca 10-12 TWh/år. Med et registreringskrav på varmpumper skulle denne usikkerhed i vurderingen kunne undgås på Grønland. Bilag 5 viser et forslag til hvordan en sådan registreringsblanket skulle kunne se ud.

## 7 Terminologi

**COP** – Ydelseskoefficient, dvs forholdet mellem den energi som bjergvarmebrønden leverer og energien som tilføres gennem pumpen.

Koefficienten er defineret som:

$COP = Q_H / W$ , hvor:

- $Q_H$  er varmeenergien som bjergvarmebrønden leverer
- $W$  er det arbejde (omregnet til energi) som tilføres gennem varmepumpen

**SPF** – Sæsonydelsesfaktor, dvs COP midlet over en hel varmesæson.

**Power ratio** – Den andel af maksimal (peak) varmekrav som dækkes af bjergvarmeanlægget

**Energy ratio** – Andelen af totalt varmeenergibehov som dækkes af bjergvarmeanlægget.