



Deep Heat

Studie av jordvärme från djupborring som kopplas till fjärrvärmenätet

Dennis Lindqvist 2016

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Distribuerade energisystem
Identifikationsnummer:	
Författare:	Dennis Lindqvist
Arbetets namn:	Studie av jordvärme från djupborrning som kopplas till fjärrvärmenätet
Handledare (Arcada):	Jarmo Lipsanen
Uppdragsgivare:	Jarmo Lipsanen
Sammandrag:	
<p>I detta arbete förklaras vad Deep Heat är och arbetet fördjupar sig i vad som ingår samt krävs för att få ett 5-8 km djupt borrhål, tiden det tar för att borra sådana sträckor och vem som har utrustning för det. Valet av vilken sorts borr som används beroende på bergtypen. Här redogörs förmågan om att ta till vara så mycket energi som möjligt med så stor verkningsgrad som möjligt. Här förklaras hur man kan förbättra vattenflödet i berggrunden och på vilket sätt man förhindrar att rören skall täppas av bergsmulor och slagg. I arbetet redogörs även var sådana kraftverk finns och hur kraftverken har fungerat. Hur lång tid det tar att bygga ett sådant kraftverk från början till slut och hur tekniken bakom det fungerar och är planerad. Deep Heats framtidsvisioner kommer även att diskuteras eftersom det kommer att vara en av de mest använda energitillverknings metoderna. I Esbo byggs Finlands första geotermiska kraftverk, kommer att berättas om vad för metod där används och om borrningen samt vilka tekniska komponenter det användes för det kraftverket. I avslutningen sammanfattar jag det hela och berättar mina egna åsikter och spekulationer över hur man skulle kunna förbättra systemet, och vad som händer om man skulle ändra på borrhålets diameter och ändra pumpens storlek och andra tekniska komponenter, skulle man eventuellt kunna vinna på det eller inte.</p>	
Nyckelord:	Deep Heat, djupborrning, geotermik, energiproduktion
Sidantal:	30
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Distribuerade energisystem
Identification number:	
Author:	Dennis Lindqvist
Title:	Studie av jordvärme från djupborrning som kopplas till fjärrvärmenätet
Supervisor (Arcada):	Jarmo Lipsanen
Commissioned by:	Jarmo Lipsanen
Abstract:	
<p>This thesis outlines the concept of Deep Heat power plants and explains the challenges of drilling holes several kilometers deep. What types of drilling equipment is needed for which type of rock and which companies are capable of the job is discussed. Different ways to make use of the heat and typical power plant efficiencies are presented.</p> <p>The thesis explains ways to improve water flow at great depths and how to prevent pipes from clogging due to debris and dross.</p> <p>How long does it take to build a deep heat power plant, which are the critical phases during construction, and what technologies are needed for generating electricity and providing district heating, are some of the questions answered in the paper.</p> <p>The future of deep heat technology is discussed with the premise that deep heating will be a prevalent energy production method. In Espoo they are building Finland's first geothermal power plant, the drilling methods that they are using will be talked about, and what technical components are used in Espoo. Finally, the summary assesses methods of improvement, changes in pump or pipe size, increased flow rates and the expected outcome of such changes.</p>	
Keywords:	Deep Heat, deep drilling, geothermic, energy production
Number of pages:	30
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Distribuerande energisystem
Tunnistenumero:	
Tekijä:	Dennis Lindqvist
Työn nimi:	Studie av jordvärme från djupborring som kopplas till fjärrvärmenätet
Työn ohjaaja (Arcada):	Jarmo Lipsanen
Toimeksiantaja:	Jarmo Lipsanen
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Tässä työssä esitetään, mitä syväporaus on sekä esitetään tarkemmin, mitä tarvitaan, kun porataan 5,0 – 8,0 km syvää reikää; kuinka kauan kestää porata tavoitesyvyyteen, sekä kenellä on kyky ja varusteet siihen. Poranterän valinta tehdään riippuen maaperän ja kallion olosuhteista. Tavoitteena on ottaa talteen niin paljon energiaa kuin mahdollista niin suurella hyötysuhteella kuin mahdollista. Kerrotaan, miten veden virtaamaa kallionperässä voidaan parantaa ja millä tavalla vältetään putkien tukkiutumista hiekasta ja kalliojyvistä.</p> <p>Selitetään myös, missä päin maailmaa löytyy valmiita geotermisiä voimaloita ja miten ne ovat toimineet, kauanko kestää rakentaa geotermisen voimalaitos alusta loppuun, sekä miten tekniikka sen takana toimii ja on suunniteltu.</p> <p>Syväporauksen tulevaisuus tullaan tarkastelemaan, sillä geotermiikka tulee olemaan yksi eniten käytetyistä energiatuotantomenetelmistä. Espooseen on rakenteilla Suomen ensimmäinen geotermisen energialaitos, opinnäytetyössä kerrotaan, miten se tulee toimimaan, millä menetelmällä se tehdään ja minkälaisia teknisiä komponentteja siihen liittyy. Lopussa laaditaan yhteenveto, ja kommentoidaan opinnäytetyön kirjoittajan näkemykset geotermisestä energiantuotannosta, miten voisi parantaa järjestelmää ja miten eri painetasot tai kaivojen etäisyydet toisista vaikuttavat.</p>	
Avainsanat:	Deep Heat, syväporaus, geotermiikka, energia tuotanto
Sivumäärä:	30
Kieli:	Ruotsi
Hyväksymispäivämäärä:	

INNEHÅLL / CONTENTS

Figurer	5
1 Inledning	6
2 Grundfakta	7
3 Varifrån kommer värmen	8
4 Hur skapas ett geotermiskt kraftverk.....	9
4.1 Injektionsbrunn	9
4.2 Hydraulisk spräckning	9
4.3 Produktion	10
5 Produktion av elektricitet	11
5.1 Överhettat vatten.....	11
5.2 Torr ånga	13
5.3 Binära kraftverk.....	14
6 Geotermik som uppvärmningsmetod.....	15
7 Borrningsmetoder.....	16
7.1 Kabel Borrning.....	16
7.2 Roterande borrning.....	17
7.3 Nere i hålet metoden (dth)	20
8 Geotermiskt kraftverk till Otnäs	22
8.1 Pumparna som används i Otnäs.....	23
8.1.1 Injektions Pumpen	23
8.1.2 Vad gör CHTR till en så pålitlig pump.....	24
8.1.3 Teknisk information	24
8.1.4 Motorn som driver pumpen	25
8.1.5 Motorns och därmed pumpens varvtal styrs med en ABB ACS 6000 frekvensomvandlare. 26	
Diskussion.....	27
Bibliography.....	29

FIGURER

Figur 1. (all, 2016) Gejsrar	8
Figur 2. Injektionsbrunn (Dailykos, 2008)	9
Figur 3. Hydraulisk spräckning (Dailykos, 2008)	9
Figur 4. Produktion (Dailykos, 2008).....	10
Figur 5. Utvidgning av produktionen (Dailykos, 2008)	10
Figur 6. funktions bild (Ryan, 2005)	12
Figur 7. funktions bild (Ryan, 2005)	13
Figur 8. (wellspringafrica, 2010), (well drilling school, 2016).....	16
Figur 9. Bladbett (slimdrill, 2016).....	19
Figur 10. Ståltandsbett (diytrade, 2016)	19
Figur 11. Diamantbett (diytrade, 2016)	19
Figur 12. Maskin (industry, 2016).....	19
Figur 13. Skärningsbild på hammaren (marinelink, 2011).....	21
Figur 14. Bild från borrhingscentralen (länsiväylä, 2015)	21
Figur 15. Hur hammaren fungerar (drillpangolin, 2016).....	21
Figur 16. Borrhingsbild (novaoskarshamn, 2015).....	22
Figur 17. (KSB , 2016)	23
Figur 18. ABB motor AMI630 (ABB, 2016).....	25
Figur 19. Styrcentralen för motorn (ABB, 2016).....	26

1 INLEDNING

Detta arbete handlar om geotermisk energi (Deep heat) eftersom jag är intresserad av det och tycker det är intressant hur man får en så stor mängd energi upp från berggrunden.

Arbetet går igenom vilka metoder som används för geotermisk produktion av el- och värme. Arbetet går igenom olika typer av geotermiska kraftverk och analyserar vilka som lämpar sig bäst för olika geografiska lägen. Fördelar och nackdelar mellan typerna utreds och vägs mot varandra. Arbetet går igenom borrningsmetoder och borrhett eftersom de utgör en viktig del av kraftverken. Finlands första geotermiska kraftverk byggs i Esbo, och dess huvudkomponenter förklaras förklaras. Även de ekonomiska förväntningarna på Otnäs geotermiska kraftverk utreds.

De existerande kraftverken är av varierande storlek och använder sig av mycket olika energiutvinningsmetoder. På grund av detta behandlas inte de ekonomiska aspekterna kring kraftverken.

2 GRUNDFAKTA

Geotermisk energi produceras genom att borra två hål i marken som är flera kilometer djupa. Vatten pumpas ner i ett hål, injektionsbrunnen. I berggrunden uppvärms vattnet av den värmeenergi som finns lagrad där. Det varma vattnet trycks upp genom det andra röret, produktionsbrunnen, och används för fjärrvärme eller elproduktion. På grund av det i berggrunden ner pumpade vattnets höga temperatur behövs ingen värmepump. Värmepump används endast i system där den inkommande temperaturen ligger under 70°C. Vattnet från produktionsbrunnen körs därför direkt till en värmeväxlare och kan distribueras till fjärrvärmenätet. I traditionella jordvärmesystem har vattnet en så låg temperatur att användning av värmepump är nödvändig. I många geotermiska kraftverk är den inkommande temperaturen högre än 100 °C vilket betyder att en del av vattnet förångas. Temperaturen under marken ökar ungefär med 25 °C per Km (union of concerned scientists, 2014)

Det finns många fördelar med geotermisk energi. Energin produceras utan användning av fossila bränslen som till exempel olja, gas eller kol. Geotermiska kraftverk producerar en bråkdel så mycket koldioxid som ett kraftverk drivet med naturgas. Geotermiska kraftverket är inte beroende av väder, årstid eller månad, berggrunden är lika varm året runt. Dessa egenskaper finns inte vid produktion av sol- eller vindenergi. (union of concerned scientists, 2014)

Uppvärmning samt produktion av elektricitet med geotermisk energi är dessutom mycket billigt. Ekonomiska besparingarna kan vara upp till 80 % jämfört med olja, gas eller kol som uppvärmningsmetod. (union of concerned scientists, 2014)

Men det finns nog några problem för miljön. Ett av problemen är att det utlöser vätesulfat, en gas som luktar ruttet ägg. (union of concerned scientists, 2014)

3 VARIFRÅN KOMMER VÄRMEN

Jordskorpan är det yttersta lagret på jorden. Under jordskorpan finns ett lager av heta och smultna stenar som kallas för magma. I detta lager produceras det ständigt värme, mestadels av sådana ämnen vilka är naturligt radioaktiva, till exempel uran. På 10 000 meters djup från jordytan finns det 50 000 gånger mer värmeenergi än vad det kan utvinnas ur all befintlig olja och naturgas i hela världen. De smartaste platserna att placera geotermiska kraftverk är nära vulkaner, eftersom berggrunden är varmast nära magman. I berggrunden nära vulkaner blir det så kallade heta punkter. Dessa heta punkter kan man se där jordskorpan är så tunn att värmen släpps igenom. Då vattnet stiger upp till ytan bildas det varma källor och gejsrar. Seismiskt aktiva platser är inte det enda ställena där geovärme kan hittas, de är bara de hetaste. Det finns värme i marken överallt på jorden och denna värme används redan av många, vi känner igen den som jordvärme. Slingor och borrhålen för jordvärmens är mellan 1,5m-200m. (our energy, 2015)

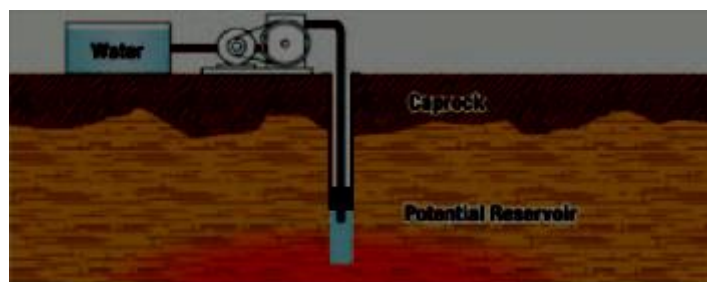


Figur 1. (all, 2016) Gejsrar

4 HUR SKAPAS ETT GEOTERMISKT KRAFTVERK

4.1 Injektionsbrunn

Injektionsbrunnen skapas genom att borra ett stålrör ner i berggrunden. Hålet måste nå ner under grundvattennivån. Borrålet måste ha ett djup på minst 1,5 km. (US department of energy, 2016)



Figur 2. Injektionsbrunn (Dailykos, 2008)

4.2 Hydraulisk spräckning

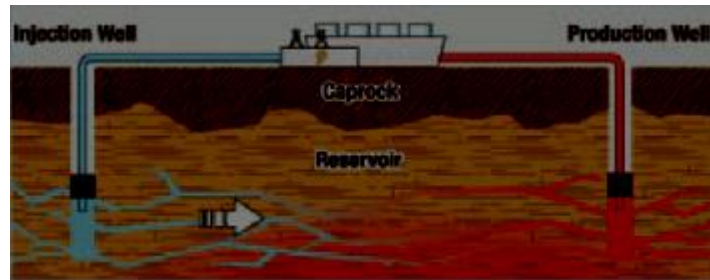
Efter att hålet är borrarat pumpas vatten ner i brunnen med ett tryck ända upp till 1000 bar för att skapa sprickor och öppna de sprickor som redan existerar. Detta görs så att sprickorna utvidgas ett stycke från injektionsbrunnen. Hydrauliska spräcknings skede är en kritisk del i dessa projekt. Sprickorna skall vara en viss storlek för att maximera vattnets kontaktyta med berggrunden. Om det är för stora eller för små, blir vattnet inte tillräckligt varmt innan det kommer upp längs produktionsbrunnen. (US department of energy, 2016)



Figur 3. Hydraulisk spräckning (Dailykos, 2008)

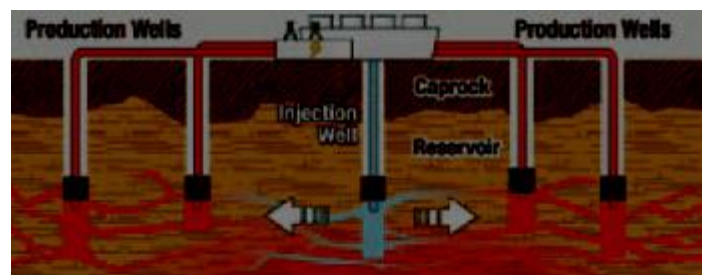
4.3 Produktion

Produktionsbrunnen borrar då sprickorna i berggrunden har en lämplig storlek och riktning. Vattnet som injicerats i berggrunden stiger upp här. Det varma vattnet leds till en värmeväxlare. Värmeväxlaren överför värmen från vattnet till fjärrvärmenätet och skickar det nerkylda vattnet tillbaka till injektionsbrunnen. (US department of energy, 2016)



Figur 4. Produktion (Dailykos, 2008)

Man kan utvidga produktionen genom att borra flera produktionsbrunnar kring insprutningsbrunnen. Då maximeras energi mängden på den inkommande energin från berggrunden. (US department of energy, 2016)



Figur 5. Utvidgning av produktionen (Dailykos, 2008)

5 PRODUKTION AV ELEKTRICITET

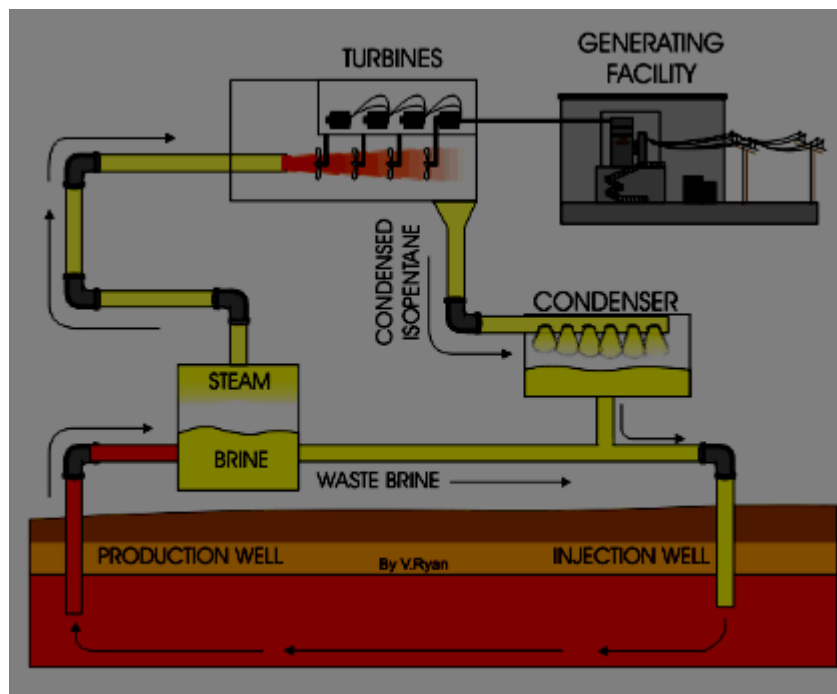
De flesta geotermiska kraftverk använder sig av hett vatten från berggrunden. Vattnet är så varmt att det avger ånga. Ångan används för att producera elektricitet. Kraftverk som använder sig av fossila bränslen som olja, kol eller gas kokar upp vatten för att få ånga. Av alla geotermiska kraftverk som redan existerar använder en stor del av dem ånga som produceras med en metod som kallas flashing. Detta innebär att minska på trycket av produktionsbrunnens vatten, som gör att vattnet börjar koka och på så sätt fås ånga. I dagens läge använder nästan alla kraftverk vatten i förångnings skede. Det finns några få kraftverk som tar ångan direkt från berggrunden. De allra vanligaste metoderna är överhettat vatten, binär ånga och torr ånga. Alla dessa tre metoder använder sig av att återinspruta det nedkylda vattnet från värmeväxlaren. Vilket gör dessa till långvariga resurser. (US department of energy, 2016)

5.1 Överhettat vatten

Den mest använda metoden att skapa elektricitet med ett geotermiskt kraftverk är överhettat vatten. Denna metod kräver dock att vattnet som tas upp från produktionsbrunnen har en temperatur på minst 180 °C. När vattnet stiger upp längs brunnen sjunker dess tryck som gör att vattnet når sin kokpunkt och spontant övergår till ångform. Om vattnet stannar uppstår det ingen ånga, därför måste flödet hållas oavbrutet. Ångan leds med ett stålrör rakt in till en turbin där ångans energi omvandlas till mekaniskt arbete. Turbinaxelns mekaniska arbete omvandlas sedan till el en generator. Efter att ångan tagits till godo finns det möjlighet att sänka på trycket av det resterande vattnet för att få det att koka igen och på så sätt skapa mer ånga. Den processen kallas för (double flashing). På kraftverk där temperaturen i produktionsbrunnen är väldigt hög går det att sänka trycket en tredje gång för förångning (triple flashing). (US department of energy, 2016)

Metoden med överhettat vatten använder sig av tryckskillnader för att skapa ånga.

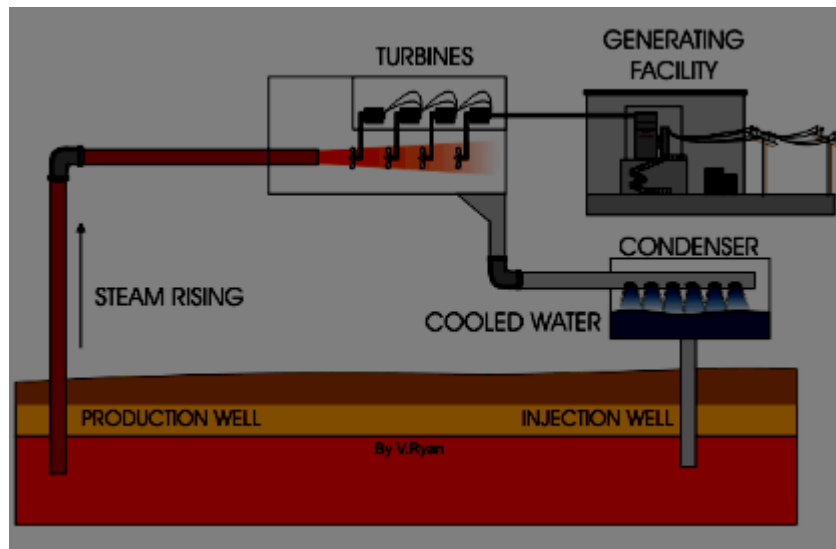
Då ångan körs igenom turbinerna kyls den ner. I alla kraftverkstyper tas kondensen till vara och körs tillbaka ner i injektionsbrunnen. Kondensen kan även användas för olika typer av nedkylnings behov. Vilken typ av geotermiskt kraftverk som används avgörs av hur djupt borrhålet är, temperaturen som finns vid det djupet och trycket som används i systemet. (US department of energy, 2016)



Figur 6. funktions bild (Ryan, 2005)

5.2 Torr ånga

Av alla existerande geotermiska kraftverk är det endast få som producerar elektricitet genom att använda torr ånga. I denna typs kraftverk är berggrunden så het (>180 °C) att ångan använder sig av sitt egna tryck för att stiga upp längs produktionsbrunnen. Ångan leds direkt till en turbin med hjälp av stålrör. Turbinen omvandlar energin från ångan till mekanisk energi, som skickas vidare till en generator där den mekaniska energin omvandlas till elektricitet. Ångans strömningshastighet måste kontrolleras för att anpassas enligt elbehovet. Kraftverken som använder sig av torr ånga är lättare att reglera än kraftverk som använder sig av överhettat vatten. Berggrunden är så het att ångflödet styrs av flödet från injektionsbrunnen. (US department of energy, 2016)

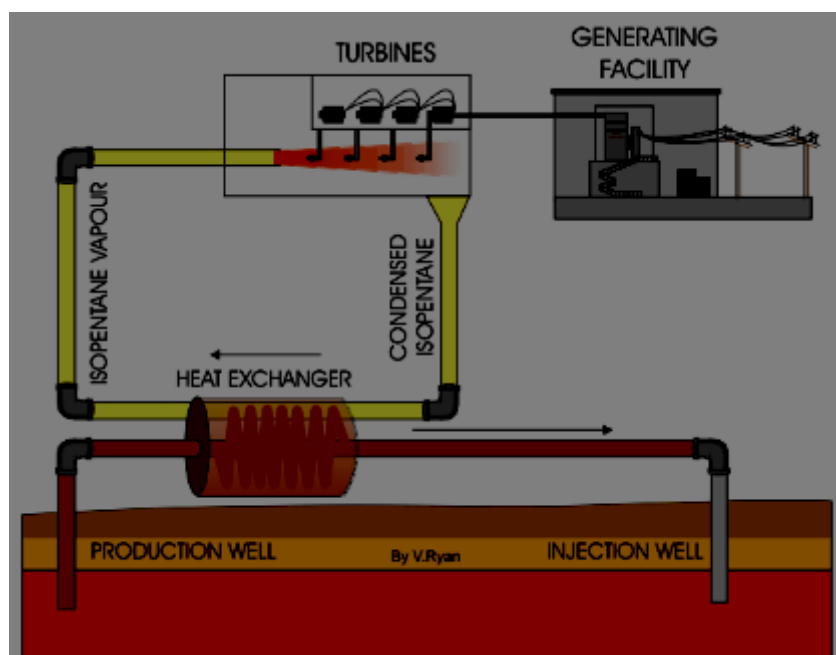


Figur 7. funktions bild (Ryan, 2005)

5.3 Binära kraftverk

Binära kraftverk används där vattnets temperatur från berggrunden inte räcker till för att förångas. Binära system använder vatten med temperaturer mellan 70 °C-180 °C. Det finns två olika slutna system i denna typs kraftverk (produktionssystemet och förångningssystemet). I produktionssystemet används vatten som värmeöverförande medium och i förångningssystemet används en organisk vätska. Den organiska vätskan har en mycket lägre kokpunkt än vatten och förångas vid lägre temperaturer än det som finns i produktionsbrunnen. Vattnet i produktionssystemet är aldrig i direkt kontakt med den organiska vätskan i förångningssystemet. Produktionsvattnet körs igenom en värmeslinga som är i kontakt med den organiska vätskan. På detta sätt fås den organiska vätskan att förångas. Ångan används till att driva turbinen som producerar elektricitet. Kondensen som uppstår återförenas med organiska vätskan.

Binära kraftverk utgör inte en så stor del av de existerande geotermiska kraftverken men de har blivit allt mer populära, speciellt på sådana ställen som inte är i behov av uppvärmning men har behov av en billig lösning för produktion av elektricitet. (US department of energy, 2016) (union of concerned scientists, 2014)



Figur 8. Funktions bild (Ryan, 2005)

6 GEOTERMISK SOM UPPVÄRMNINGSMETOD

Geotermisk uppvärmning används mest på ställen där klimatet är kallt, till exempel Nordeuropa och Nordamerika. Det inkommande vattnet från produktionsbrunnen behöver inte ha en lika hög temperatur som vattnet i geotermisk produktion av elektricitet har. I geotermisk uppvärmning kan redan en så låg temperatur som 20 °C - 30 °C användas för uppvärmning av fastigheter.

Geotermiska kraftverk som endast används för uppvärmningsbehov har en injektionsbrunn och en eller flera produktionsbrunnar. Det varma vattnet körs via en värmeväxlare till fjärrvärmenätet. Det nedkylda vattnet från värmeväxlaren återanvänds genom att injicera det ner i berggrunden för att värmas upp igen. I och med det kan man kalla det en förnybar värmekälla.

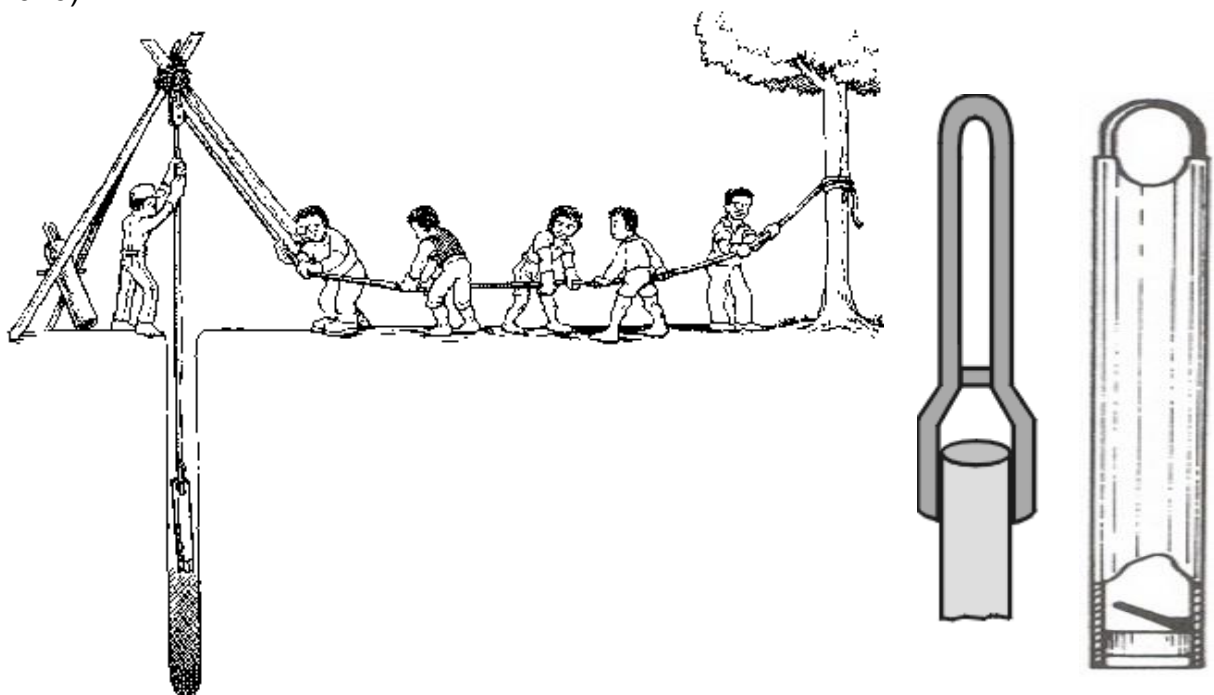
Eftersom det inte går att flytta på värmen så långa sträckor är geotermisk uppvärmning mest använt i kyligare länder och områden. (international energy agency, 2011)

7 BORRNINGSMETODER

7.1 Kabel Borrning

Kabelborrning uppfanns av kineserna för fyra tusen år sedan. Kabelborrning är den äldsta metoden men används ännu idag. Kineserna använde sig av bambu som material för verktyget och lyckades borra 100m djupa hål.

Kabelborrning fungerar så att det upprepat lyfts upp och släpps ner ett snöre med borbett i endan som med slagkraft söndrar berget. Borrbettet söndrar och smular berggrunden lättare om det finns lite småsten i borrhålet. En erfaren borrar känner när det finns för mycket stensmulor i borrhålet som gör att slagkraften dämpas och därmed inte är så effektiv. Vid det skedet tas stensmulorna bort från borrhålet med hjälp av ett öskar. Då extra stensmulor har tagits upp från borrhålet är det bara att fortsätta borringen. (well drilling school, 2016)



Figur 8. (wellspringafrica, 2010), (well drilling school, 2016)

7.2 Roterande borrar

Roterande borrar används oftast för att borrar igenom jordskorpan. Denna metod fungerar som det låter. Roterande borrarbett möjliggör borrar även igenom de allra hårdaste bergarterna. Fastän metoden låter rätt simpel, är mekaniken bakom nya borrarriggar väldigt komplicerad och dessutom utvecklas tekniken så pass snabbt att nya uppfinningar presenteras konstant. I rotande borrar finns det 5 huvudkomponenter, motorerna, lyftredskap, roteringsredskap, borrarbett och cirkulerande redskap. (well drilling school, 2016)

Motorerna är de som ger kraft för hela borrarprocessen. Efter andra världskriget blev det mer vanligt att driva motorerna med gas och diesel. Före det använde man ånga för att driva dessa motorer. Det används även naturgas och bensin drivna motorer, oftast i olje- och gasindustrin. (well drilling school, 2016)

Lyftredskapen används för att lyfta och sänka ner borrarbetten och i princip ansvarar för allt som far ner samt kommer upp från borrhålet. Det som syns bäst på lyftredskapet är borrarornet, som är placerat rakt ovanför borrhålet. Borrarornet används för att stabilisera processen av att sänka och lyfta saker i borrhålet, speciellt för att lyfta och sänka på den otroligt tunga borrarlinjen. Ornets stabilitet är säkrat med kablar och blockvikter. Borrarören kommer oftast i 6 meters stänger. Vilket betyder att för varje borrar 6 meter måste ett nytt rörskärv läggas. (well drilling school, 2016)

Roteringsredskap är de som gör att hela borrarlinjen snurrar. Roteringsredskapet består av flera olika delar som tillsammans står för att överföra kraften från motorn till borrarbetten. En så kallad svängtapp är kopplad fast i borrarbetten vars uppgift är att bära hela borrarlinjen, men låter borrarlinjen snurra fritt. Längst ner i borrarlinjen är borrarbetten. Ovanför borrarbetten finns hylsor. Hylsorna är mycket tyngre och hållbarare än vanliga rörskärv. Dessa hylsor kopplas fast för att få till vikt i rör linjen. Vikten behövs för att maximera momentet på borrarbetten vilket gör att borrarprocessen blir effektivare. Antalet av hylsor beror på hur hård berggrunden är. (well drilling school, 2016)

Borrbettet befinner sig längst ner i borrlinjen och är den ända komponent som rör borrhingsytan samt borrar igenom. Borrbettets uppgift är att krossa sten, berg och egentligen allt som kommer emot under borrhningen. Det finns många olika typer av borrbett. Alla är designade för olika omständigheter. Olika berglager som bemöts under borrhningen kan behöva olika borrbett för att maximera borrhningsprocessen. Även om det tar länge att byta borrbett på grund av att varje rörskarv måste tas skilt loss är byte av borrbett mycket viktigt. Byts borrbettet inte i tid så sliter det onödigt mycket på bettet och borrhningsresultaten är dåliga. Borrbetten väljs på basis av vad förutsättningarna för berggrunden är i kommande skeden. Det finns 3 huvudtyper av borrbett. (well drilling school, 2016)

1 Bladbett eller vingbett är smidda stålbett med skärytan gjort av volframkarbid. Borrbettet är designat för mjuka ytor som sand, lera eller mjuk sten. Detta bett lämpar sig inte bra för hårda ytor eller grovt grus. Vingbett används oftast för att borra vatten brunnar, jordvärme eller för forskning. (well drilling school, 2016)

2 Ståltands bett är det mest använda borrbettet inom alla industrier. Det används några olika typer av ståltandsbett. Lång tandat, kort tandat och volframkarbid tandat borrbett. Det långtandade bettet används för mjuka underlag, det korttandade bettet för hårda underlag. För riktigt specifika hårda ytor som till exempel granit som berggrunden i Finland till största delen består av, byts de korta tänderna bort och ersätts med volframkloridbett. (well drilling school, 2016)

3 Diamantbett använder sig av industriella diamanter som är inlagda i bettet. Diamantbett är ungefär 50 gånger hårdare än normala stålbett, vilket gör att borrbettet inte slits lika snabbt. Diamantbett används för att borra igenom en mycket hård berggrund eller sten. (well drilling school, 2016)

Cirkulations system har många uppgifter som till exempel kylning, smörjning av borrbettet, ta bort skräp och laga ett hölje av gyttja på borrhållsväggarna. Cirkulationssystemet fungerar med en borrhingsvätska som cirkulerar längs hela

borrhålet i samband med borrhningen. Huvudkomponenterna i cirkulationssystemet är pumpen för borrhningsvätskan, VVS-armatur och en kompressor. (well drilling school, 2016)



Figur 9. Bladbett (slimdrill, 2016)



Figur 10. Ståltandsbett (diytrade, 2016)



Figur 11. Diamantbett (diytrade, 2016)



Figur 12. Maskin (industry, 2016)

7.3 Nere i hålet metoden (dth)

För att få en effektiv borrhning i väldigt hårda ytor används metoden ner i hålet. Tryckbehovet för att borbettet skall fungera i hårda berggrunder är ofta större än vad borrhningsriggen klarar av samt att det är svårt att få det rätta trycket som behövs, för att inte förstöra borbettet får inte trycket vara för stort eller om trycket är för litet är borrhningen inte effektiv. Ner i hålet metoden använder sig av ett slagkrafts borbett med iden att fungera som en slägga samt borrar samtidigt. Borrbettet kallas för hammaren nere i hålet.

Borbettet, hammaren nere i hålet är ett slående borbett som drivs med lufttryck. Borrbettet är tillverkat av legerat stål med volframkarbid brett i ändan på borren som möjliggör flisning och hackning av den yta som borraras. Hammarborrens största fiende är korrosion vilket betyder att smörjning av borbettet är mycket viktigt. För att betten på borren inte skall slå på samma ställe hela tiden snurrar borbettet. Borrbettet är hela tiden i kontakt med ytan som borraras. Detta är möjligt eftersom borbettet har en trycklufts driven kolv i sig som ger hammareffekten till borbettet. För varje slag som kolven gör avgas det använda lufttrycket. Det avgående lufttrycket blåses ner mot den ytan som borraras för att putsa bort smulor och skräp vilket gör att borrhningen blir effektivare. Namnet på metoden kommer från att den viktigaste processen sker nere i hålet. (well drilling school, 2016)

Fördelar

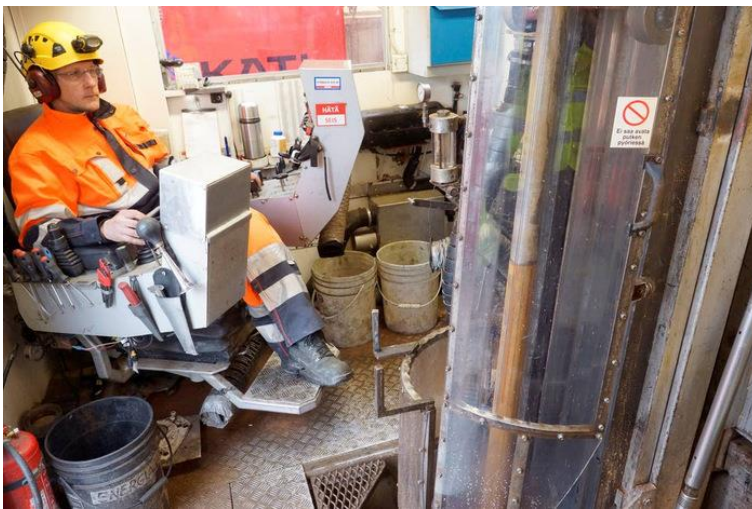
- Snabbaste borrhningsmetoden för hårda ytor
- Är inte påverkad av kalla väder
- Borrbettet är mycket hållbart
- Enkelt att uppskatta när borbettet skall bytas

Nackdelar

- Kompressorn är dyr
- Reparations- samt underhållskostnaderna för både borbettet och kompressorn är dyra.



Figur 13. Skärningsbild på hammaren (marinelink, 2011)



Figur 14. Bild från borrhingscentralen (länsiväylä, 2015)



Figur 15. Hur hammaren fungerar (drillpangolin, 2016)

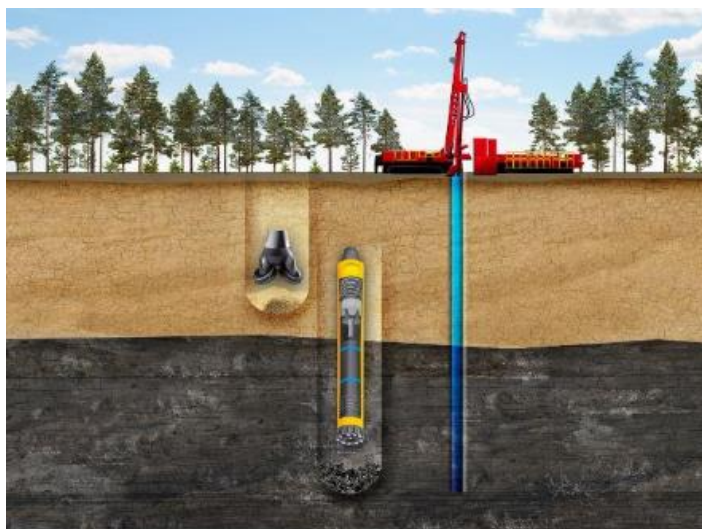
8 GEOTERMISKT KRAFTVERK TILL OTNÄS

Finlands första geotermiska kraftverk byggs som bäst i Otnäs (Esbo). Företagen St:1 och Fortum samarbetar i detta projekt. St:1 planerar kraftverket och Fortum kommer att köpa värmeenergin som produceras där med planer att använda det i Esbos fjärrvärmenät.

Enligt beräkningarna kommer Otnäs geotermiska kraftverket att producera som mest 40 MW geovärme, vilket betyder att med den mängden energi kan Fortum täcka ungefär 10 % av hela Esbos fjärrvärmeförbrukning. Det betyder att 20 000 hushåll i Esbo kommer att värmas med värme från det geotermiska kraftverket.

Djupet på borrhålet i Otnäs kommer att vara 7 km djupt och har en diameter på 20 cm. Temperaturen som fås från berggrunden är 120 °C. Berggrundens temperatur i Otnäs stiger med +10 °C till +15 °C per Km. Det djupaste borrhålet som tidigare borrats i Finland är 2,5 km och befinner sig i Outokumpu. Men det hålet var inte borrarat med meningen att använda det som en energiresurs, utan för forsknings möjligheter. Outokumpus borrhållningsprocess tog ungefär 9 månader, detta skedde år 2005. Borrningarna i Otnäs påbörjades 2015 och uppskattas ta ett år. Kraftverket kommer igång 2017.

Borrhållningsmetoderna som används i Otnäs är roterande borrhållning samt nere i hålet metoden. (Saarno & Niemi, 2015)



Figur 16. Borrningsbild (novaoskarshamn, 2015)

8.1 Pumparna som används i Otnäs

8.1.1 Injektions Pumpen

Pumpen som används i Otnäs vid injektions brunnen.

Märke: KSB

Model: Centrifugal, High-pressure, Barrel Pump to API 610 Type BB5 (CHTR)



Figur 17. (KSB , 2016)

CHTR pumpar har upp till 16 olika steg och mer än 30 hydrauliska konfigurationer. Denna pump valdes för den mångsidiga användningen och alla dess funktioner, vilket säkrar att Otnäs geotermiska kraftverk kan pumpa in vatten med olika flödesmängder och tryck så att det motsvarar behoven för kraftverket. (KSB , 2016)

KSB:s pumpar är mycket uppskattade, eftersom de är planerade tillsammans med olje och gas borrhings företag för att kunna uppnå alla behov som kommer

när det gäller väldigt djupa borrhål och höga tryck. KSB:s pumpar är kända för att ha en väldigt god kvalitet på sina produkter. Nämnvärt är bland annat de små kapaciteterna vid höga tryck, stora kapaciteterna vid medelhögt och högt tryck. Utöver detta kan det användas både periodiskt och dygnet runt. KSB:s pumpar fungerar även smärtfritt i extrema förhållanden (KSB , 2016)

8.1.2 Vad gör CHTR till en så pålitlig pump

På grund av dess starka oljesmorda glidlager hålls pumpens rotor hela tiden i rätt läge och absorberar den resterande dragkraften. Pumpen har en optimerad balanstrumma som minimerar vridmoment på lagret, vilket resulterar i en längre hållbarhet. Dessutom är alla impellrar individuellt säkrade och låsta i riktning vid normala vridmoment. Livslängden maximeras med special glidlager som minimerar vibrationer och slitage (KSB , 2016)

Till Otnäs projektets CHTR pump valde St:1 trycklager som är designade för extrema förhållanden. Trycklagrena har en tvångsinmatning av smörjmedel för större belastningar och hastigheter, dessutom valde de vridmomentlager med en speciell design för att ge självriktningsfunktion för de behoven St:1 har. (KSB , 2016)

8.1.3 Teknisk information

Flödes hastighet Q	= Upp till 1450 m ³ /h (400l/s)
Pumpens lyfthöjd H	= Upp till 4000m
Temperatur T	= -60 °C till 450 °C
Pumpens tryck på trycksidan P _u	= Upp till 400 bar
Rotationshastighet	= Upp till 7000 varv/min
Storlek	= DN 50 till DN 250 (KSB , 2016)

8.1.4 Motorn som driver pumpen

Typ: Högsäpännings induktions motor

Märke: ABB

Modell: AMI 630L2L BSFTH

Utmatning: 7000 kW

Volt: 6300 V

Hastighet: 3586 varv/min (ABB, 2016)



Figur 18. ABB motor AMI630 (ABB, 2016)

För att maximera motorns egenskaper och livslängd är AMI-motorn skräddarsydd för att bemöta behovet kunden kommer att använda motorn till. Till denna motor finns många olika alternativ av höljen samt kylning.

Till AMI kan kopplas till exempel. Fläktar, pumpar, fliohuggare, kompressorer, transportörer, lyftanordningar, blandare och propellrar med mera. (ABB, 2016)

8.1.5 Motorns och därmed pumpens varvtal styrs med en ABB ACS 6000 frekvensomvandlare.



Figur 19. Styrcentralen för motorn (ABB, 2016)

Förmågan att kunna styra hastigheten och vridmomentet av en elektrisk motor ger många fördelar, till exempel. Energi besparingar, optimal kontroll över processen, minskar på underhåll av motorn samt pumpen, effektiv nätverks dimensionering och ökar på funktionssäkerheten. (ABB, 2016)

DISKUSSION

Framtiden för geotermisk energi ser lovande ut eftersom det är en miljövänlig och ekonomiskt lönsam metod att producera framförallt värme- och också elektricitet. Erfarenheterna visar dock att utan ekonomisk lönsamhet räcker det inte med nobla ideal om miljövänlighet, utan dessa bör gå hand i hand. Lönsamheten att installera geotermiska kraftverk varierar beroende på energimängden i berggrunden, vilken inte är lika stor på alla ställen i världen.

Det är för tidigt att göra en slutlig ekonomisk kalkyl över lönsamheten, eftersom berggrunden i Finland är till största delen granit vilket är bland de hårdaste och svåraste typerna av berg att borra i och borrhningen utgör en stor del av helhetskostnaderna men man har inte mycket erfarenhet av borrhning i granit så djupt. Erfarenheterna från till exempel oljeborrhning är enbart på djup upp till 4 km, men oftast inte djupare, eftersom de flesta oljefyndigheter finns på mindre djup än vad geotermisk energi kräver. I Mellaneuropa och stora delar av världen täcks den hårda granit berggrunden av mjukare bergarter som istiden har hyvlat bort i våra områden. Detta ungefär 2 km tjocka mjukare lager verkar som ett isolerande täcke och följaktligen är berggrunden längre söderut varmare än i Finland. Det har dock visat sig vara ekonomiskt mest lönsamt att enbart utvinna värme vilket är intressant för nordligare breddgrader men inte särskilt lönsamt i sydligare länder. Det förutsätts även ett väl utbyggt fjärrvärmenät att distribuera värmen vilket ofta saknas i sydligare länder, men som till exempel Finland har.

Med tanke på den globala uppvärmningen och behovet att hitta flera miljövänligare energikällor gör geotermisk energi mycket attraktivt och ekologiskt hållbart. Eftersom världen idag är mycket fokuserad på att förhindra klimatförändringen eller åtminstone dämpa den till högst 1,5 °C – 2 °C kan geotermiska kraftverk bidra positivt. Kraftverk som drivs med fossila bränslen som till exempel kol, gas och olja påverkar klimatet ogynnsamt. Geotermiska kraftverk har en kylande effekt på det globala klimatet. Energimarknaden förändras från traditionella kraftverk i en riktning mot mera hållbara sätt att producera energi. Sol, vind och andra förnybara energiformer vinner terräng och står för en allt större del av energiproduktionen.

Det geotermiska kraftverket i Esbo använder energin endast för uppvärmning vilket jag tror kommer att vara en rätt slutsats. Kostnaderna för att göra kraftverket utrustat med en turbin, generator, binärsystem etc. för att producera även el är mycket höga, och dagens extremt låga produktionspris på el gör investeringen i även elproduktion dåligt lönsam. Megawatt priser kring 32 € gör el delen olönsam, medan fjärrvärmens inbringning ca 70 € per megawatt. Jag tror att man i de nordligare delarna av världen bäst kan utnyttja geotermi främst som värmeenergi. Detta förespråkas även av att i dessa områden ofta finns ett väl utbyggt fjärrvärmennät. Då man ser på det nordiska länderna ser det ut som Finland och Sverige skulle ha det största behovet för geotermiska kraftverk. Norge har ett överskott av el pga. vattenkraft och därmed inget stort behov av geotermenergi. Danmark har inte ett lika stort värmebehov beroende på sitt mera sydliga läge men dock en större potential än Norge.

Från arbetet lämnade jag bort fallstudiejämförelser mellan olika kraftverk eftersom kraftverken skiljer sig så mycket från varandra. Jag redovisade inte heller över alla borrhingsmetoder, eftersom det inte skulle ha stött arbetets syfte. Jag hittade ingen information gällande sträckan mellan injektions- och produktionsbrunnen, och hur den sträckan påverkar produktionen. Man skulle tycka att med en lite längre sträcka mellan brunnarna, skulle vattenflödet som körs igenom berggrunden kunna ökas och ändå få samma temperatur ur produktionsbrunnen, vilket skulle resultera i mera värmeenergi på en kortare tid.

Mycket intressant kommer också att vara hur snabbt berggrunden kyls ner under en lönsam temperatur. Man antar att en värmebrunn skall kunna användas omkring 50 år.

Berggrundens egenskaper är också en avgörande faktor då man bestämmer vilken typ av geotermiskt kraftverk som ska byggas. Detta gör geotermik till en väldigt geografibunden energikälla.

BIBLIOGRAPHY

ABB, 2016. *High voltage motors*, Finland: ABB.

ABB, 2016. *medium voltage drives*, Finland: ABB.

international energy agency, 2011. *iea*. [Online]
Available at: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Geothermal_roadmap.pdf
[Accessed 18 4 2016].

KSB , 2016. *CHTR – Centrifugal, High-pressure, Barrel Pump to API 610 Type BB5*, Finland: KSB.

our energy, 2015. *our energy*. [Online]
Available at: http://www.our-energy.com/geothermal_energy.html
[Accessed 18 4 2016].

Saarno, T. & Niemi, R., 2015. *Stl deep heat oy*. [Online]
Available at: <http://www.novaoskarshamn.se/documents/nova/documents/drilling%20of%20the%207%20km%20deep%20geothermal%20borehole%20in%20finland%20-%20saarno,%20niemi.pdf>
[Accessed 18 4 2016].

union of concerned siantists, 2014. *How Geothermal Energy Works*. [Online]
Available at: http://www.ucsusa.org/clean_energy/our-energy-choices/renewable-energy/how-geothermal-energy-works.html#.Vw0PVBN97dQ
[Accessed 12 4 2016].

US department of energy, 2016. *energy.gov*. [Online]
Available at: <http://energy.gov/eere/geothermal/how-enhanced-geothermal-system-works>

US department of energy, 2016. *energy.gov*. [Online]
Available at: <http://energy.gov/eere/geothermal/electricity-generation>
[Accessed 12 4 2016].

well drilling school, 2016. *drilling methods*. [Online]
Available at: <http://www.welldrillingschool.com/courses/pdf/DrillingMethods.pdf>
[Accessed 18 4 2016].