

Geoenergi för växthusjordbruk – Möjlig anläggning av värme och kyla i Västskåne

Daniel Preis Bergdahl

Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet,
kandidatarbete, nr 404
(15 hp/ECTS credits)



Geologiska institutionen
Lunds universitet
2014

Geoenergi för växthusjordbruk – Möjlig anläggning av värme och kyla i Västskåne

Kandidatarbete
Daniel Preis Bergdahl

Geologiska institutionen
Lunds universitet
2014

Innehåll

1	Introduktion	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Syfte	7
1.3	Växthusets energibalans	7
1.4	Växthusens belägenhet	7
1.5	Förändringar av energislag	7
1.6	Geoenergi	8
1.7	Geologiska förutsättningar	8
2	Metoder	9
2.1	Typväxthus	9
2.2	Modellering och beräkningar	9
2.3	Värme- och kylenergi	9
2.4	Borrhålslager	9
2.5	Akviferlager	10
2.6	Undersökning av geologin	10
2.7	Geologin i Mörap	10
3	Resultat	11
3.1	Modellering av borrhålslager	11
3.2	Beräkning av akviferlager	11
3.3	Kostnadsberäkning	11
3.3.1	Borrhålslager	12
3.3.2	Akviferlager	12
4	Diskussion	13
4.1	Energibalans	13
4.2	Energilager	13
5	Slutsatser.....	13
6	Tack.....	14
7	Referenser.....	14
7.1	Skriftliga referenser	14
7.2	Personliga referenser	14

Geoenergi för växthusjordbruk – Möjlig anläggning av värme och kyla i Västskåne

DANIEL PREIS BERGDAHL

Preis Bergdahl, D., 2014: Geoenergi för växthusjordbruk – Möjlig anläggning av värme och kyla i Västskåne. *Examensarbeten i geologi vid Lunds universitet*, Nr. 404, 15 sid. 15 hp.

Sammanfattning: Uppsatsen undersöker teoretiskt om det är praktiskt genomförbart att utnyttja geoenergi för uppvärmning och kylning för växthus med avseende på svenskt klimat. Brukare av växthus måste i många fall gå ifrån fossila bränslen som värmekälla på grund av stigande energipriser och ökad miljömedvetenhet. Utvecklingen går därmed mer och mer mot utnyttjande av förnyelsebara energikällor. Växthus kräver mycket energi för uppvärmning. Vanligtvis kyls växthus idag genom ventilering, vilket släpper ut den koldioxid som ofta tillsätts för ökad tillväxt. Undersökningen är genomförd genom förenklade modelleringar och beräkningar på ett typväxthus som är ett hektar stort med gurkanodling i Västskåne. Var det går att anlägga geoenergi och vilken typ som är mest lämplig beror på geologin i det tilltänkta området. Gruslager eller vattenförande sedimentär berggrund är lämplig för akviferlager och kvartsrikt berg mest lämpligt för borrhålslager. Akviferlager är ofta billigare att anlägga och ger ofta lägre driftkostnader än borrhålslager, men har högre underhållskostnader. Tvärt om gäller borrhålslager som ofta ger högre anläggningskostnader men lägre drift- och underhållskostnader. På den valda platsen, Mörarp i nordvästra Skåne, skulle både akviferlager och borrhålslager vara möjliga att anlägga för både värme och kyla.

Nyckelord: geoenergi, växthus, akviferlager, borrhålslager, kylning.

Handledare: Per Möller, Signhild Gehlin

Ämnesinriktning: Berggrundsgeologi

Daniel Preis Bergdahl, Geologiska institutionen, Lunds universitet, Sölvegatan 12, 223 62 Lund, Sverige. E-post: daniel_preis@hotmail.com

Geoenergy for greenhouse agriculture – Possible design for heating and cooling in western Scania

DANIEL PREIS BERGDAHL

Preis Bergdahl, D., 2014: Geoenergy for greenhouse agriculture – Possible design for heating and cooling in western Scania. *Dissertations in Geology at Lund University*, No. 404, 15 pp. 15 hp (15 ECTS credits).

Abstract: This report investigates theoretically the possibility of using geoenergy for heating and cooling of greenhouses in the Swedish climate. Due to increasing prices of fossil fuels, greenhouse companies need to change their energy source and progress is towards more renewable energy sources. Greenhouses need large amounts of energy for heating. Usually greenhouses are cooled by venting, but this also vents out the often added carbon dioxide. The analysis is made using simplified models and calculations on a fictive greenhouse for cucumber cultivation in western Scania. Choice of geoenergy technique and suitable location depends on the geology of the area of interest. Gravel or sedimentary rock is suited for aquifer thermal energy storage (ATES) and crystalline rock rich in quartz is suited for bore hole thermal energy storage (BTES). ATES systems cost less to construct and have high COP (coefficient of performance), but require higher maintenance than BTES systems and vice versa. At the chosen location, Mörarp, both ATES and BTES systems would be possible to use for heating and cooling.

Keywords: geoenergy, greenhouse, borehole, aquifer, cooling.

Supervisor(s): Per Möller, Signhild Gehlin

Subject: Bedrock Geology

Daniel Preis Bergdahl, Department of Geology, Lund University, Sölvegatan 12, SE-223 62 Lund, Sweden. E-mail: daniel_preis@hotmail.com

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Vid växthusodling kan grödor produceras under större del av året, vilket ej är fallet för frilandsodling. Nackdelen med växthusodling är att det ställer stora krav på uppvärmning under den kallare delen av året. Att hålla växthuset frostfritt på vintern kräver mycket energi. Dagtid när solen ligger på behövs inte alltid uppvärmning, men temperaturen faller snabbt när solen går ner eller inte lyser direkt på växthuset. Under natten försvinner även värme genom avstrålning. Under sommaren kan växthuset även kylas för att växterna inte ska överhettas, vilket kan ge sämre produktion. Detta gör att det inte bara krävs uppvärmning och möjlig kylning, utan även snabbt reagerande system (Rozenberg 2010). 2009 kom 57% av energin för uppvärmning av växthus i Sverige från fossila bränslen såsom olja och naturgas (Nielsen 2009).

Kylningen av ett växthus görs vanligtvis genom öppning av luckor som släpper ut överskottsvärme. Eftersom man i vissa fall tillsätter koldioxid i växthusodling kan ventileringen innebära en miljömässig och ekonomisk nackdel eftersom den tillsatta koldioxiden går förlorad. Kylning genom andra medel kan dock vara mycket dyr och används därför sällan i Sverige (Möller Nielsen 2014).

Det finns flera lösningar för att minska uppvärmningssystemens reaktionstid, alternativt för att göra så att reaktionstiden inte behöver vara lika snabb. Det går att minska värmeförlusten under natten genom olika typer av isolering vilket sänker uppvärmningskravet (Nimmermark 2013). En annan lösning är buffertsystem, antingen genom ackumulatortankar som värms upp av överskottsenergi som sedan kan gå in i systemet och/eller genom mindre brännare. Dessa buffertsystem hjälper till att jämna ut effektvariationer över dygnet och möjliggör en jämnare och mer kontrollerad temperatur. Ackumulatortank används ofta tillsammans med geoenergi för att minska spetslasten, alltså det maximala effektbehovet av värme. De medför även att värmepumparna i systemen slits mindre eftersom de inte behöver slås av och på lika ofta (Möller Nielsen 2014).

Flera av kulturväxterna som traditionellt odlas i växthus har en optimal odlingstemperatur på 15-24 °C beroende på växtslag. Gurka trivs bäst med en lufttemperatur på 22-23 °C (Nimmermark 2013). Utomhustemperaturen varierar stort på de flesta platser i landet. Som riktvärde bör ett växthus klara av att hålla en temperaturdifferens på 30-35 °C jämfört med utomhustemperaturen. Detta riktvärde kan variera beroende på var växthuset är beläget (Lantz et al. 2006). Effektbehovet för att upprätthålla en sådan temperaturdifferens har tidigare varit 300-350 W/m². Dock går effektbehovet att sänka till 175-225 W/m² om energisparåtgärder används, som till exempel dubbelt täckskikt, vävar och liknande. Ifall snöbelastning blir ett problem för husen, som ej är konstruerade för extra tyngd, behövs en ef-

fekt på 200-250 W/m² för att smälta snön och hålla huset frostfritt (Möller Nielsen 2014). Detta görs genom att hålla en viss temperatur på luften inne i växthuset även under perioder då det inte odlas.

1.2 Syfte

Geoenergi är en hållbar energiresurs som fortfarande inte är utnyttjad till sin fulla potential. Växthus behöver uppvärmning under vintern och ibland även kylning under sommaren, vilket kräver mycket energi. I de flesta fall kommer denna energi från andra källor än geoenergi, till exempel olja eller naturgas för uppvärmning och el till kompressorkyla för kylning, vilket är negativt för både miljön på grund av utsläpp och för företags ekonomi eftersom priser på dessa energikällor stiger. Syftet med denna rapport är därför att undersöka huruvida geoenergi går att utnyttja inom växthusjordbruk för värme och kyla och vilka lösningar som är applicerbara på svenska förhållanden.

1.3 Växthusets energibalans

Det finns många faktorer som påverkar ett växthus energibalans och därmed även dess uppvärmnings- och kylbehov. Uttrycket kan beskrivas som (Möller Nielsen 2008):

$$\sum (\text{Läckage, Strålning, Konvektion, Kondens, Värmeledning}) - \text{Sol}$$

Läckage beror på byggnadens kondition och utformning, samt ventilation. Strålning mot rymden för bort energi via värmestrålning. Konvektion på glasens utsida och kondens på insidan kräver ytterligare energi och värmeledningsförmågan i materialet kan även föra ut stora mängder energi. Värmeledningsförmågan U mäts i W/m²/°C. Inkommande energi till växthuset sker via solstrålning. När summan av ovanstående ekvation är = 0 råder energibalans i växthuset.

1.4 Växthusens belägenhet

År 2002 bedrev 1143 företag i Sverige växthusodling med en sammanlagd area av 337 hektar. Växthusarealen har varit mer eller mindre konstant under perioden 1981 - 2002 men antalet företag har minskat, vilket gör att medelarean per företag har ökat under den här tiden. Ungefär en tredjedel av företagen står för 80% av växthusproduktionen, vilket betyder att de flesta växthus är ganska små. 2002 fanns cirka hälften av växthusytan i Sverige i Skåne, medan andra koncentrationer är kring Stockholm, Göteborg och i Östergötland (Lantz et al. 2006).

1.5 Förändringar av energislag

Under de senare åren har det skett en snabb övergång från fossila till förnyelsebara bränslen som huvudsaklig energikälla inom svenskt växthusjordbruk. Tomat och gurka är de två vanligaste grödorna inom svensk växthusodling. År 2007 bestod 66% av tomatodlingsarealens och 78% av gurkanodlingsarealens energi av

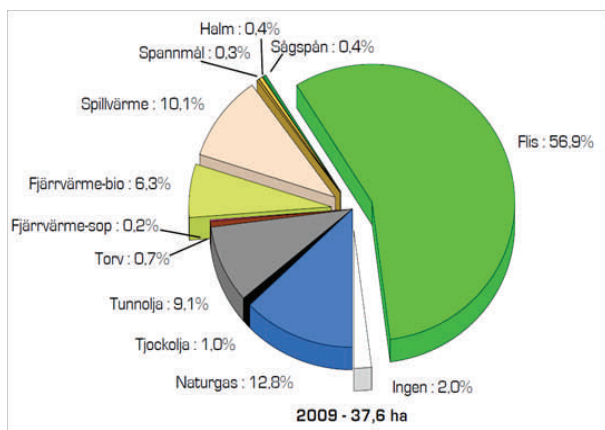


Fig. 1. Energislagsfördelningen för tomatarealen år 2009.

Källa: Möller-Nielsen (2014).

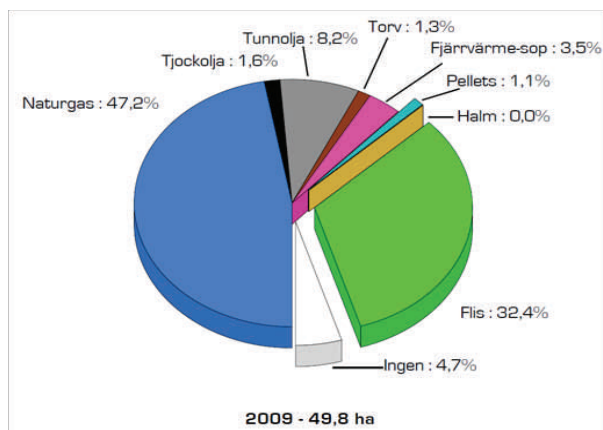


Fig. 2. Energislagsfördelningen för gurkarealen år 2009.

Källa: Möller-Nielsen (2014).

fossila bränslen. Redan två år senare hade denna siffra sjunkit till 23% för tomatodlingarna och till 58% för gurkodlingarna (Fig 1. och Fig 2.) (Möller Nielsen 2009).

Flisbränning (träflis) är den huvudenergikälla som har ökat mest och ersatt framför allt olja och naturgas. För tomatodlingar har flis användningen ökat från att användas på 16% av arealen år 2007 till 57% år 2009 och har till största del ersatt olja och naturgas som energikälla. Vad gäller gurkodlingar under den här perioden har flisbränning ökat mest, från att användas på 15% av arealen till 32% och härvid främst ersatt fossila bränslen (Möller Nielsen 2009). Som Fig. 2 visar använder gurkodling fortfarande mycket fossila bränslen trots stora förändringar.

Övriga energislag som används inom växthusodling av tomat och gurka är till exempel fjärrvärme, spillvärme samt förbränning av spannmål, halm, sågsåpån, pellets. Användningen av dessa energislag är dock liten i jämförelse med fossila bränslen och flis (Möller Nielsen 2009).

Väghults handelsträdgård, i närheten av Växjö, ändrade år 2008 sin energikälla från olja till geoenergi med ackumulatortank eftersom oljepriset steg kraftigt. Att flis här valdes bort berodde på att hanteringen dels tar arbetstid varje dag, men också att stora lagringskapaciteter krävs. Dessutom kan tillgången på flis variera beroende på tidpunkt och plats (Wärnö 2014).

1.6 Geoenergi

Geoenergi är ett samlingsbegrepp för flera typer av uppvärmnings- och/eller kylsystem. Det gemensamma för dessa system är principen att ta upp energin från marken i form av värme eller kyla. Den huvudsakliga energikällan för geoenergin är solenergi. Endast en mycket liten del kommer från geotermi, värme från jordens inre (Barth et al. 2012). Solen värmer upp marken och effekten når några hundra meter ner. På större djup än så är det främst jordens inre värme som påverkar. Ca 100 meter under markytan brukar temperaturen motsvara årsmedeltemperaturen på platsen. Den geotermiska gradienten, alltså temperaturökningen i marken på grund av värmeledningen från jordens inre vari-

erar beroende på var på planeten man befinner sig. I Sverige rör det sig om 1-2 °C per 100m (Svenskt Geocenter 2014). Geoenergisystem går att dela upp i två huvudsakliga typer av system, passiva respektive aktiva system.

Passiva system går att beskriva som ensidigt uttag av energi ur marken. Vid passiv bergvärme och jordvärme leds en värmebärare, vilket är en vätska, genom vanligtvis slutna system i slangar antingen ner i borrhål eller runt i ytjordlagren. Vid uttag av grundvattenvärme eller -kyla pumpas vatten upp ur en akvifer, ett vattenmagasin i jordlager eller berggrund (Barth et al. 2012). Återladdningen av energi sker genom den naturliga värmetransporten av solvärme i marken. Geoenergi är således en lokal och förnybar energiresurs.

Aktiva system fungerar som lager för både värme och kyla. Tekniskt är systemen likvärdiga, men användningen skiljer. Principen går ut på att när en byggnad värms, återförs restprodukten, dvs. något som är kallare, ner i berget. Kylan lagras in i berggrunden och klingar endast långsamt av. Det gör att när det är kylsäsong kan systemet användas för att kyla samma byggnad. När det görs, lagras restprodukten, värme, åter ner i berggrunden. Det finns två huvudtyper av system, borrhålslager respektive akviferlager. Ett borrhålslager (vanligen utfört i berg) är många borrhål som är tätt belägna för att åstadkomma en effekt i en större bergmassa. Akviferlagret går ut på att vatten pumpas upp ur en del av akviferen och pumpas ner i en annan del av akviferen så att en varm och en kall del bildas. Den så kallade energifaktorn, definierad som hur många gånger mer energi man får ut än den elektricitet som används i processen, är vanligen 4,5-5,5 för borrhålslager och 6-7 för akviferlager (Barth et al. 2012).

1.7 Geologiska förutsättningar

Sveriges geologi avseende berggrund består till dominerande del av granit och gnejs. Det förekommer även en del sedimentära bergarter som kalksten, skiffer och sandsten. Bra värmeledning har till exempel kristallint berg med hög kvartshalt (Barth et al. 2012). Granit och gnejs har en genomsnittlig värmeledningsförmåga på

3,5 W/(m*°K). De sedimentära bergarterna har en genomsnittlig värmeledningsförmåga på 2,15-5,25 W/(m*°K) där kalksten ligger i det lägre spannet och sandsten i det högre. Mängden kvarts är det som mest påverkar värmeledningsförmågan hos en bergart (Rosén et al. 2001). Detta medför att det är möjligt att anlägga borrhålslager för värme och kyla på det flesta platser i landet. För akviferlager för värme och kyla krävs dock god vattenföring och permeabilitet, till exempel sedimentära bergarter som sandstenar eller porös kalksten. Lösa kvartära jordlager som rullstensåsar och deltsediment, eller andra liknande grovkorniga lager kan även fungera som vattenmagasin för akviferlager. Områden som skulle kunna lämpa sig för akviferlager är till exempel Sydvästskåne och området kring Kristianstad (Lantz et al. 2006).

2 Metoder

2.1 Typväxthus

För att undersöka hur växthus fungerar och är uppbyggda har en litteraturstudie genomförts och kontakt med växthusodlare upprättats. Eftersom växthusen kan se mycket olika ut, och de därmed har varierande krav på uppvärmning och potentiellt kylning, har ett typväxthus tagits fram som beräkningsunderlag.

Det typväxthus som har använts i modelleringarna är en hektar stort, eftersom nybyggnation av kommersiella växthus sällan är mindre idag (Karlén 2014). Växthuset har utformats med dubbelglas och energivävtäckning (Fig. 3) på alla ytor under dygnets mörka timmar.

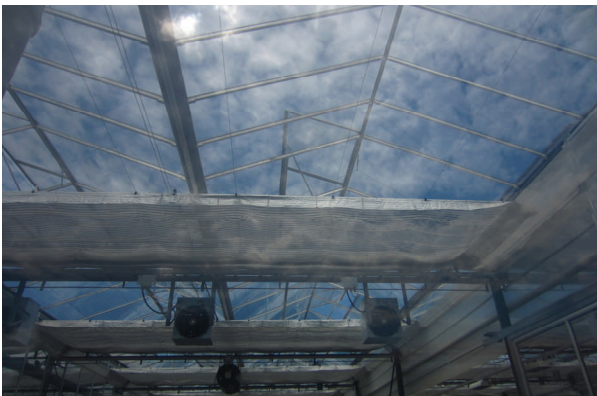


Fig. 3. Energivävarna i taket vecklas ut under natten för att spara energi. I taket syns även öppna ventileringssyckor. Foto: Clara Montalba

2.2 Modellering och beräkningar

För att beräkna uppvärmningsbehovet i respektive växthustyp har beräkningsprogrammet Kalkyllådan använts (Grön Kompetens u.å.). Detta är ett program som företaget Grön kompetens utvecklat för att enkelt kunna beräkna energiåtgång för uppvärmning veckovis under året. De veckovisa energilasterna har sedan räknats om till månadsvisa energilaster. Beräkningen i

den här rapporten är baserad på odlingsperioden vecka 5-47 med en nattemperatur på 21 °C och en dagtemperatur på 23 °C i växthuset. Energi för att hålla huset frostfritt under övrig tid tas ej hänsyn till.

Kylbehovet har beräknats med hjälp av klimatdata. Dessa utgör normalvärden på temperatur och solinstrålningsenergi per timme över ett år med Lund taget som beräkningsexempel. Att Lund och inte Mörarp används beror på att Kalkyllådan inte hade en närmare referenspunkt än Lund. Normalvärden inom meteorologin är medelvärden beräknade över 30 årsperioder. Eftersom gurka föredrar 21-23 °C adderades all solinstrålning under de timmar på året där normallufttemperaturen överskred 22 °C. För systemdimensionering togs även spetslasterna fram. Energimängderna korrigerades sedan för g-värdet på fönsterglasen. G-värdet anger hur mycket ljus som går igenom materialet (Carlson 2005), i det här fallet dubbelt planglas. G-värdet som använts är 0,78 för dubbelglas (Carlson 2014). Modellen är förenklad och tar inte hänsyn till alla faktorerna i energibalansen för byggnader utan baseras endast på utetemperatur, solinstrålning och tillförd värme/kyla. Solens infallsvinkel mot glasen togs ej hänsyn till.

Vid beräkning för återbetalningstid används SPF (Seasonal Performance Factor), energifaktor, 4,5 för borrhålslager och 6 för akviferlager. SPF anger hur många gånger mer energi som utvinns jämfört med elektriciteten som driver värmepumparna (Barth et al. 2012). För att kunna utföra beräkningarna dimensionerades ett borrhålslager och ett akviferlager för värmning och kylning av växthuset för att kunna bedöma det tekniskt och ekonomiskt.

2.3 Värme- och kylenergi

Modelleringen i Kalkyllådan för uppvärmningsbehovet visar att växthuset kräver 1291 MWh årligen för uppvärmning (Tabell 1). Vintertid ökar energiåtgången markant, medan sommaren endast kräver viss uppvärmning. Beräkningarna av kylenergi visar att det sammanlagda kylbehovet uppgår till 500 MWh årligen (Tabell 2). Den årliga uppvärmningslasten är således mer än dubbelt så hög som kyllasten samtidigt som kyllasten endast är fördelad endast på ett fåtal månader (Fig. 4).

2.4 Borrhålslager

Borrhålslagret dimensioneras med hjälp av dimensioneringsprogrammet EED (Earth Energy Designer) (BLOCON u.å.) som beräknar hur många och hur djupa borrhål som behövs för att energilagrets energibehov tillgodoses utan att bli för varmt eller för kallt och därmed sluta fungera väl. Enligt erfarenhet från området görs antagandena att medeltemperaturen i marken längs borrhålsprofilen här är 10°C och har hög värmeledningsförmåga för den aktuella typen av geologi (Gehlin 2014). Erfarenhet från borrhål i området visar även på högt grundvattenflöde, vilket ökar värmetransporten i marken.

Tabell 1. Uppvärmningsenergi som krävs månadsvis för växthuset.

Månad	Energiåtgång MWh
Jan	39
Feb	331
Mars	214
April	108
Maj	65
Juni	42
Juli	38
Aug	45
Sept	71
Okt	125
Nov	213
Dec	0
Summa:	1291

Tabell 2. Kylenergi som krävs månadsvis för växthuset baserat på instrålad solenergi vid lufttemperatur över 22 °C. Spetslasten anger den högsta energilasten någon timme under respektive månad. Med antalet timmar i följd inom parantes.

Månad	MWh	Spetslast kWh
Maj	12,9	5820 (3)
Juni	49,2	5870 (4)
Juli	261,91	5950 (3)
Aug	170,87	5810 (2)
Sept	27,23	4930 (0)
Summa:	500,12	

2.5 Akviferlager

Dimensionering av akviferlager görs med hjälp av följande samband (Andersson 2014):

$$Q=P/(\Delta T \cdot C_w)$$

- Q är massflödet i kg/s som måste tas ut ur lagret. Eftersom vatten väger ca ett kg/l antas här att ett kilo är en liter vatten.
- P är den högsta värme/kyl effekten under året i W. För värme har effekten 541 666 W använts för växthuset. För kyla har effekten 5 950 000 W, som är spetskylan, använts för växthuset.
- ΔT är temperaturdifferensen i °C mellan in- och utgående vatten i systemet. Schablonvärdena 3 °C för värmeberäkning och 4 °C för kylberäkning användes (Andersson 2014).

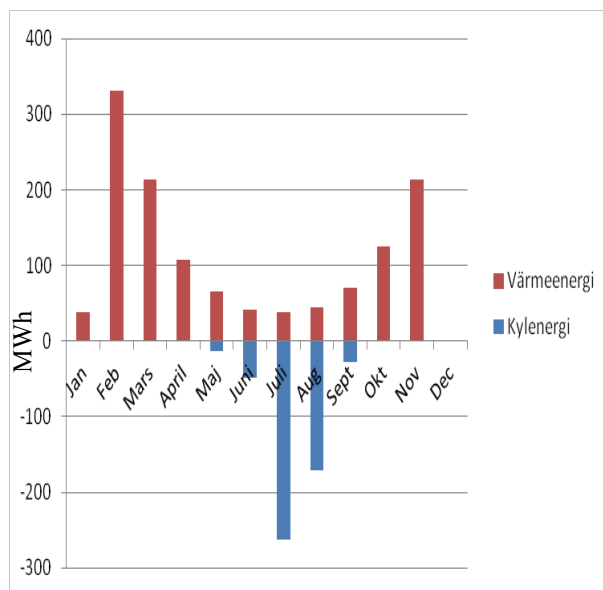


Fig. 4. Årslaster månadsvis av värme- och kylenergi i MWh som geoenergilagret behöver klara av. Energilöasterna för December och Januari är låga eftersom det ej odlas under denna period.

- C_w är vattnets värmekapacitet och är bestämd till 4181 J/kg/°C.

Antalet borrhål som krävs beräknas sedan med hjälp av Q och den genomsnittliga vattenföringen i brunnarna som undersöks.

2.6 Undersökning av geologin

I syfte att få reda på vilka berggrundstyper som finns i området på det djup man vanligtvis gör borrhålslager har information från fyra brunnar undersökts. Brunnarnas nummer i SGU:s brunnsarkiv är 903119287, 906052162, 903118248 och 913000474. Brunnarna ligger i Mörap, öster om Helsingborg. Platsen valdes slumpmässigt, men med kriterierna att brunnsdjupet ska vara över 100 meter och att platsen skall vara lokaliserad till i Västskåne. God vattenföring i brunnarna var även önskvärt. Berggrundskartor genererades via SGU:s kartgenerator (SGU u.å.).

2.7 Geologin i Mörap

Som framgår av berggrundskartan kring Mörap (Fig. 5) består den ytliga berggrunden av skiffer och siltsten. Sandstenspartier går i dagen på flera platser i området.

Brunnsloggarna från Mörap visar att sandsten underlagrar en skiffer från ca 74m djup under markytan. Sandstenen fortsätter sedan ner till borrhålens slut vid 144m djup och vidare. Genomsnittsdjupet för de undersökta brunnarna är 142m och den genomsnittliga vattenföringen för brunnarna är 312 l/min. Brunnsdjup och vattenföring för varje brunn visas i tabell 3.

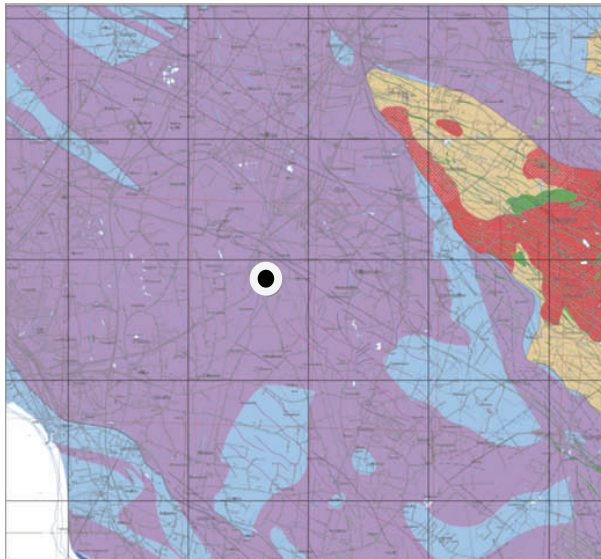


Fig. 5. Berggrundskarta över området öster om Helsingborg. Mörarp är markerad med svart och ligger mitt i ett skifferområde med ytliga sandstenspartier runt omkring. Copyright: SGU 2014-05-08.

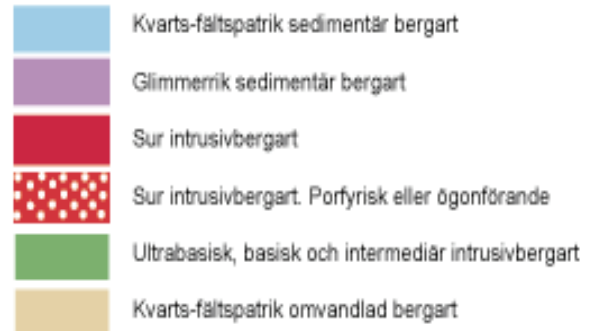
Tabell 3. Djup och vattenföring för de undersökta brunnarna i Mörarp. Brunnsdjupet varierar mellan 124 m och 156 m med ett medelvärde på 142 m och vattenföringen varierar mellan 150 och 500 l/min, med ett medelvärde på 312 l/min.

Brun n	Djup m	Vattenföring l/min	Medelvärden för alla brunnar
1	124	300 l/m	142m djup
2	140	300 l/m	312 l/min
3	156	150 l/m	
4	150	500 l/m	

3 Resultat

3.1 Modellering av borrhålslager

Enligt modelleringen för växthuset i EED krävs 42 borrhål till 224 m djup, varav 212 m är aktivt borrhål, i en rektangel med 6 * 7 borrhål för att systemet inte ska överbelastas. Spetslasten för kylning användes inte i denna modellering. För att klara spetskylan skulle ett orimligt stort lager krävas. Istället används månadslasterna för kyla i modelleringen. För att komplettera kylningen från borrhålslaget kan solen avskärmas eller växthuset vädras under de timmar med högst instrålning för att minska effektbehovet. Borrhålen är 115mm i diameter med 12m mellanrum mellan borrhålen. Antaganden som gjorts för borrhålen är att de konstrueras med enkla 40 mm u-rör innehållande en etanol-/vattenblandning med fryspunkt på -15 °C som värmebärare, samt att borrhålen är vattenfyllda och att grundvattenytan ligger 12 meter under markytan. Berggrunden består utav skiffer och sandsten med den här antagna värmeledningsförmågan 4 W/(m*K). SPF



antogs vara 3,5 för värmeuttag och kylning tas ut genom frikyla. Det tillåtna temperaturspannet för värmebäraren är -5 °C till 18 °C. Värmebärarens temperatur varierar under året från ca -5°C till ca 17°C (Fig 5). Den högsta och lägsta temperaturen på värmebäraren per år för de första 25 driftåren går att se i Fig. 6. Grundvattenflödet i området är högt, vilket kan leda till att lagret "glömmar" sin laddning och återgår snabbare till sitt normalläge. Detta är inte nödvändigtvis negativt då systemet är i obalans eftersom en högre värmeenergi än kylenergi tas ut årligen samtidigt som den önskade kyleffekten är högre än värmeeffekten och kan få lagret att fungera bättre.

3.2 Beräkning av akviferlager

Enligt sambandet $Q=P/(\Delta T * C_w)$ behöver uttaget av vatten för värmning av växthuset vara 2591 l/min. Systemet är i obalans eftersom en högre kyleffekt än värmeeffekt krävs samtidigt som den årliga värmeenergin som krävs är högre än den årliga kylenergin som krävs. Värmeuttaget får dimensionera lagret eftersom den önskade kyleffekten är orimligt att dimensionera efter, dock kan lika stor kyleffekt som värmeeffekt användas för att få bättre balans i systemet, så att det därmed fungerar bättre. I kostnadsberäkningen används endast den beräknade årliga kylenergin.

- $Q_{\text{värme}} = 541\,666 \text{ W} / (3 \text{ °C} * 4181 \text{ J/kg/°C}) = 43,2 \text{ l/s}, 43,18 * 60 = 2\,591 \text{ l/min}$
- $Q_{\text{kyla}} = 5\,950\,000 \text{ W} / (4 \text{ °C} * 4181 \text{ J/kg/°C}) = 355,7 \text{ l/s}, 355,7 * 60 = 21\,346 \text{ l/min}$

Eftersom den genomsnittliga vattenföringen i brunnarna är 312 l/min krävs 18 borrhål för att klara kravet på 2591 l/min ($312 * 8,3 = 1560 \text{ l/min}$), nio borrhål för varmsidan och nio borrhål för kallsidan. Avståndet mellan brunnarna för att undvika termiskt genomslag tas ej hänsyn till. För att komplettera kylningen från akviferlaget kan solen avskärmas och växthuset ventileras under de timmar med högst solinstrålning för att minska effektbehovet.

3.3 Kostnadsberäkning.

Uppvärmningskostnaden för växthuset med eldningsolja 1 (tunnolja) (SPBI, u.å.), naturgas (Öresundskraft

b 2014) respektive flis (Energimyndigheten 2014) beräknas nedan. Priset för elektricitet är medtaget för senare kostnadsberäkningar (Öresundskraft a 2014). I Tabell 4 visas den genomsnittliga kostnaden under 2013 för de olika energislagen.

Tabell 4. Kostnaden för olika energislag i genomsnitt under 2013.

Energislag	Kr/kWh
Eldningsolja 1	1,327
Naturgas	0,8175
Flis	0,198
Elektricitet	0,798

- Kostnaden för uppvärmning av växthuset med eldningsolja 1 är: $1,327 \text{ kr} * 1\,291\,000 \text{ kWh} = \mathbf{1\,713\,157 \text{ kr/år}}$
- Kostnaden för uppvärmning av växthuset med naturgas är: $0,743 \text{ kr} * 1\,291\,000 \text{ kWh} = \mathbf{959\,213 \text{ kr/år}}$
- Kostnaden för uppvärmning av växthuset med flis är: $0,198 \text{ kr} * 1\,291\,000 \text{ kWh} = \mathbf{255\,618 \text{ kr/år}}$

3.3.1 Borrhålslager

Överslagsberäkning av kostnad för att anlägga borrhålslager i detta fall med 42 borrhåll å 224 meter djup (Fernbrant 2014) med värmepumpsystem syns i tabell 5 (Tjernberg 2014):

Tabell 5. Överslagsberäkning för kostnad att anlägga borrhålslager.

	Kostnad
Brunnsborrning 42 borrhåll å 224 m inkl. material	2 268 000 kr ex. moms
Värmepumpsystem 600 kW	2 500 000 kr ex. moms
Summa inkl. moms (25%)	5 960 000 kr

Återbetalningstid för detta borrhålslager:

Om borrhålslagret har energifaktor 4,5 blir elförbrukningen för uppvärmning och kylning $1291 + 500/4,5 = 398 \text{ MWh/år}$. $0,798 \text{ kr} * 398\,000 \text{ kWh/år} = \mathbf{317\,604 \text{ kr/år}}$

- Således minskar den årliga energikostnaden jämfört med naturgas med $959\,213 \text{ kr} - 317\,604 \text{ kr} = 641\,609 \text{ kr}$
- Jämfört med olja minskar den årliga kostnaden med $1\,713\,157 \text{ kr} - 317\,604 \text{ kr} = 1\,395\,553 \text{ kr}$

- Jämfört med flis ökar den årliga kostnaden med $317\,604 \text{ kr} - 255\,618 \text{ kr} = 61\,986 \text{ kr}$

$$5\,960\,000 \text{ kr} / 1\,395\,553 \text{ kr} = 4,2 \text{ år}$$

$$5\,960\,000 \text{ kr} / 641\,609 \text{ kr} = 9,3 \text{ år}$$

Återbetalningstiden blir drygt **9 år** vid byte från naturgas och drygt **4 år** vid byte från eldningsolja. Flis är endast medtaget som en jämförelse då det är ett av energislagen som byts till idag.

3.3.2 Akviferlager

Överslagsberäkning av kostnad för att anlägga ett akviferlager i detta fall med 18 borrhåll å 140m djup (Fernbrant 2014) med värmepumpsystem syns i tabell 6 (Tjernberg 2014):

Tabell 6. Överslagsberäkning för kostnad att anlägga akviferlager.

	Kostnad
Brunnsborrning 18 borrhåll å 140 m	51 000 kr * 18 = 918 000 kr ex. moms
Pumpar och övrig materiel	45 000 kr * 18 = 810 000 ex. moms
Värmepumpsystem 600 kW	2 500 000 kr ex. moms
Summa inkl. moms (25%)	5 285 000 kr

Återbetalningstid för detta akviferlager:

Om akviferlagret har energifaktor 6 blir elåtgången för uppvärmning och kylning $1291 + 500 \text{ MWh}/6 = 298 \text{ MWh/år}$. $0,798 \text{ kr} * 298\,000 \text{ kWh/år} = \mathbf{237\,804 \text{ kr/år}}$

- Således minskar den årliga energikostnaden jämfört med naturgas med $959\,213 - 237\,804 = 720\,509 \text{ kr}$
- Jämfört med olja minskar den årliga kostnaden med $1\,713\,157 - 237\,804 = 1\,475\,353 \text{ kr}$
- Jämfört med flis minskar den årliga kostnaden med $255\,618 - 237\,804 = 17\,814 \text{ kr}$

$$5\,285\,000 \text{ kr} / 720\,509 \text{ kr} = 7,3 \text{ år}$$

$$5\,285\,000 \text{ kr} / 1\,475\,353 \text{ kr} = 3,6 \text{ år}$$

Återbetalningstiden blir drygt **7 år** vid byte från naturgas och knappt **4 år** vid byte från eldningsolja. Flis är endast medtaget som en jämförelse då det är ett av energislagen som byts till idag.

Andra energislag än geoenergilager ger bara värme och ingen kyla. För båda geoenergilagren ingår både värme och kyla, vilket medför att elförbrukningen för geoenergilagren är högre än om endast värme räknas på. Den övriga uppvärmningsalternativen skulle för en likvärdig klimatisering av växthuset kräva installation

och drift av kompressorkyla vilket skulle medföra stor extra anläggnings- och elkostnad.

4 Diskussion

4.1 Energibalans

Eftersom modellerna som använts i denna rapport är förenklade finns flera ytterligare faktorer som i verkligheten kommer att påverka växthusets energibalans och därmed även geoenergilagrens förmåga och dimension. Faktorer som skulle tala för ett lägre uppvärmningsbehov än beräknat är till exempel växthusets energisparåtgärder. Om material med bättre isolering används eller om huset ligger vindskyddat kommer mindre värmestillskott behövas. Dessutom kan lampor och elektronik bidra med värme som här ej har tagits hänsyn till. Om koldioxid tillsätts genom förbränning kan även den värmeenergin användas. För att minska solinstrålning och därmed kylkrav kan mörkläggningsväv läggas på under perioder med stark solstrålning. Med kylning kan man minimera denna tid, vilket ger mer solljus åt växterna.

Faktorer som kan ge en högre energianvändning än beräknat för uppvärmning är bl.a. energi för att hålla huset frostfritt, för vilket det inte tagits hänsyn till i beräkningarna. Under månaderna då odling inte sker, i det här fallet januari och december, hålls växthusen frostfria, vilket kräver en viss uppvärmning även under denna tid och därmed ökar den årliga energilasten.

Växthuset är enligt uträkningen i kalkylådan energisnålare vad gäller uppvärmning än vad som är vanligt. Enligt Lantz et al. (2006) bör maxeffekten vara 175-225 W/m² för att vara på den säkra sidan. Troligtvis påverkar till exempel vind, otätheter och liknande. Fler energisparåtgärder än som har angivits kan användas, till exempel att energiväv läggs på tidigare på kvällen och tas av senare på morgonen.

4.2 Energilager

Kylningen är bara beräknad på timmar med lufttemperatur över 22 °C som beräkningsutgångsvärde. Solen kan dock värma växthuset till mycket högre temperaturer även vid lägre lufttemperatur ute, vilket gör att den sammanlagda årliga kylkosten troligen skulle bli högre än vad som här är beräknat. Det beräknade geoenergilagret är i obalans eftersom värmeenergin som krävs är högre än kylenergin samtidigt som kyleffekten som krävs är högre än värmeeffekten. Troligtvis kan man inte räkna med att kyla bort all solinstrålning eftersom effektkravet blir mycket högt och anläggningen av ett lager som skulle klara denna effekt blir både praktiskt och ekonomiskt svårt. Av denna anledning har geoenergilagren här dimensionerats efter värmebehovet.

Enligt beräkningen kommer ett akviferlager med 18 borrhål eller ett borrhålslager med 42 borrhål behövas för att ska kunna tillgodose värmebehoven samt täcka delar av kylbehovet för detta växthus. Detta medger samtidigt en kylning som inte bara är positivt

under varma dagar, utan det ger även lagret en bättre balans. Denna kyleffekt går sedan att komplettera med någon form av extra kylning till exempel mörkläggningsväv och ventilering. Ventileringen bör dock bli mindre än utan geoenergikyla, vilket är positivt för koldioxidsättningen av växthuset.

Fördelen med akviferlager jämfört med borrhålslager är att responstiden är snabbare. Samtidigt är underhållskostnaderna högre. Dock går inte akviferlager att anlägga överallt på grund av de geologiska förutsättningarna. Noggrannare undersökning krävs i varje enskilt fall för att fastställa vilken typ av geoenergilagret som passar bäst på varje plats. Eftersom responstiden i ett borrhålslager är långsammare än i ett akviferlager krävs möjligen en ackumulatortank som kan användas som en buffert för att undvika spetslastuppvärmning. Detta medför även mindre slitage på värmepumpar. Fördelar med borrhålslager, förutom lägre underhållskostnader är att de går att anlägga på fler platser i landet då Sverige har mycket berggrund som är kvartsrik. För att veta säkert vilken typ av lager som är bäst att anlägga på den här platsen (Mörarp) behövs noggrannare undersökningar. Vad gäller anläggningskostnaderna så skiljer sig lagren inte åt markant. Valet beror snarare här på faktorer som hur snabb responstid som krävs ställt emot underhållskostnader och årlig elkostnad.

På den här platsen vet man av erfarenhet att grundvattenflödet är högt och att värmeledningsförmågan är så hög den kan bli för denna typ av berggrund. Det är möjligt att energi kommer att strömma bort på grund av detta och lagret kommer att "glömma", alltså återgå snabbt till sitt normalläge. Eftersom uttaget är i obalans, som beskrevs tidigare, kan detta ha en positiv effekt på så sätt att det inte utarmas, utan går att använda trots obalansen.

Valet mellan till exempel flisförbränning och geoenergi beror inte enbart på direkt uppvärmningskostnad. Flis skulle i det här fallet vara billigare än ett borrhålslager i årlig energikostnad för enbart uppvärmning. Jämfört med ett akviferlager skulle flis i det här fallet var något dyrare för enbart uppvärmning. Dock kräver flis arbetstid varje dag och stort lagerutrymme. En klar fördel med aktiva geoenergilagret jämfört med andra energikällor är att geoenergilagret är den enda energikällan som kan ge både värme och kyla, och dessutom gynnas av den dubbla funktionen. Eftersom elektricitet för kylning räknas med i kostnadsberäkningen blir jämförelsen med uppvärmningskostnaden för andra energislag något skev. Att anlägga ett kylsystem med kompressorkyla likvärdigt aktiv geoenergi som komplement till en annan värmeresurs skulle vara mycket kostsamt, både i investering och drift.

5 Slutsatser

Båda typerna av geoenergilagret är möjligt att anlägga i det undersökta området till en kostnad på mellan 5-6 miljoner kr. Borrhålslagret skulle få en återbetalnings-

tid på drygt 9 år vid byte från naturgas respektive drygt 4 vid byte från eldningsolja. Akviferlagret skulle få en återbetalningstid på drygt 7 år vid byte från naturgas respektive knappt 4 år vid byte från eldningsolja. I båda fallen får man kylan på köpet

Det skulle vara ekonomiskt olönsamt att dimensionera för att kyla bort all inkommande solstrålningsvärme, däremot kan man dimensionera geoenergilagret efter värmebehovet och använda frikylan som fås samtidigt för att jämna ut temperaturen tillsammans med andra kyl- och/eller skuggmetoder. Detta ger både bättre värmeeffekt under vinter och minskad utvädring av koldioxid.

Konstruktionen av växthuset är mycket viktig för energianvändning av både värme och kyla. Relativt små åtgärder kan ge stort utslag. En lägre uppvärmning under vintern ger lägre kylpotential under sommaren och tvärt om, varför en så bra balans som möjligt måste hittas i systemet.

6 Tack

Jag vill tacka Johan Barth på Geotec och min handläggare Signhild Gehlin på Svenskt Geoenergicentrum för möjligheten att utföra detta examensarbete och för all hjälp under arbetets gång. Jag vill även rikta ett tack till Jonas Möller Nielsen på Cascada AB och alla andra som hjälp till att svara på frågor om växthus, odling och energisystem. Slutligen vill jag även tacka Clara Montalba för korrekturläsning och Ida Pettersson för stöd under arbetet.

7 Referenser

7.1 Skriftliga referenser

- Barth, J., Andersson, O., Nordell, B., Hellström, G., Berg, M., Gehlin, S., Frank, H., Risberg, G., & Nowacki, J-E., 2012. Geoenergin i Samhället – En viktig del i en hållbar energiförsörjning, Geotec, 94 s.
- BLOCON u.å. EED - Earth Energy Designer. Information hämtad 2014-04-18 från <http://www.buildingphysics.com/index-filer/Page1099.htm>
- Carlson, P-O., 2005. Bygga med glas - en handbok om glas i funktion, *Väg- och vattenbyggaren* 5, s. 45-48. Information hämtad 2014-05-02 från <http://www.acc-glas.se/artiklar.htm>
- Energimyndigheten, 2014. Trädbränsle- och torvpriser nr. 1/2014. Hämtad 2014-05-21 från <http://www.energimyndigheten.se/Global/Ny%20statistik/Tr%C3%A4dbr%C3%A4nsle%20och%20torvpriser%20EN0307%20SM1401.pdf>
- Grön Kompetens AB, u.å. Kalkyllådan, värmeberäkning utökad. Hämtad 2014-04-21 från <http://www.gronkompetens.se/gem/default.aspx?p=41>

Lantz, M., Larsson, G., & Hansson, T., 2006. Förutsättningar för förnybar energi i svensk växthusodling: Rapport 57. Institutionen för teknik och samhälle; Miljö och energisystem, Lunds tekniska högskola. 74 s. Hämtad 2014-04-01 från <http://www.miljo.lth.se/svenska/publikationer/visainfo.asp?ID=268>

Möller Nielsen, J., 2009. Energin i svensk växthusgrönsaksodling 2009: Rapport 4, Cascada AB 19 s. Hämtad 2014-04-12 från <http://cascadaab.se/sv/rapporter/publikationer/>

Möller Nielsen J., 2008. Växthusteknik, *Ekologisk odling i växthus*, Winter C & Bunnvik C (red.), Jordbruksverket, 35s.

Nimmermark, S. & Nilsson, U., 2013. Restvärme för växthusproduktion - Use of waste heat for greenhouse production, SLU 52 s. Hämtad 2014-04-02 från <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-e-855>

Rosén, B., Gabrielsson, A., Fallsvik, J., Hellström, G., Nilsson, G., 2001. System för värme och kyla ur mark - En nulägesbeskrivning, Statens geotekniska institut (SGI), SGI-varia/statens geotekniska institut, no.511, 236 s. Hämtad 2014-05-20 från <http://www.swedgeo.se/upload/publikationer/Varia/pdf/SGI-V511.pdf>

Rozenberg, H., 2010. Femtio tusen liter vatten gör skillnad, *Borrsvängen nr.1*, Rozenberg, H. (red.), s. 26-29.

SGU, u.å.. Kartgenerator, Sveriges geologiska undersökningar. Hämtad 2014-05-08 från <http://www.sgu.se/produkter/kartor/kartgenerator/>

SPBI, u.å.. Statistik, Svenska Petroleum och Biodrivmedel Institutet. Hämtad 2014-05-21 från <http://spbi.se/statistik/priser/eldningsolja/>

Svenskt Geoenergicentrum 2014. Geoenergi. Hämtad 2014-05-20 från <http://geoenergicentrum.se/geoenergi-2/sa-funkar-geoenergi>

Öresundskraft a, 2014. Elpris. Hämtad 2014-05-15 från <http://oresundskraft.se/privat/produkter-tjanster/elhandel/avtalsformer/smartel/prishistorik/>

Öresundskraft b, 2014. Gaspris. Hämtad 2014-05-15 från <http://oresundskraft.se/privat/produkter-tjanster/gas/gaspriser/prishistorik/>

7.2 Personliga referenser

- Andersson, B., 2014. Skriftl. kontakt 2014-05-12, Sweco.
- Carlson, P-O., 2014. Muntl. kontakt 2014-05-07, ACC glastrådgivare AB.
- Fernbrant, P., 2014. Muntl. kontakt 2014-05-14, HP Borningar AB.
- Gehlin, S., 2014. Muntl. kontakt 2014-05-23, Svenskt Geoenergicentrum.
- Karlén, H., 2014. Muntl. kontakt 2014-04-07, SLU, Alnarp.

Möller Nielsen, J., 2014. Muntl. kontakt 2014-04-10,
Cascada AB.
Tjernberg, G., 2014. Muntl. kontakt 2014-05-22, RO
TEK AB.
Wärnö, U., 2014. Muntl. kontakt 2014-04-06, Väg
hults handelsträdgård.

Tidigare skrifter i serien

”Examensarbeten i Geologi vid Lunds universitet”:

358. Olsson, Andreas, 2013: Monazite in meta-sediments from Stensjöstrand: A pilot study. (15 hp)
359. Westman, Malin, 2013: Betydelsen av raka borrhål för större geoenergisystem. (15 hp)
360. Åkesson, Christine, 2013: Pollen analytical and landscape reconstruction study at Lake Storsjön, southern Sweden, over the last 2000 years. (45 hp)
361. Andolfsson, Thomas, 2013: Analyses of thermal conductivity from mineral composition and analyses by use of Thermal Conductivity Scanner: A study of thermal properties in Scanian rock types. (45 hp)
362. Engström, Simon, 2013: Vad kan inneslutningar i zirkon berätta om Varbergscharnockiten, SV Sverige. (15 hp)
363. Jönsson, Ellen, 2013: Bevarat maginnehåll hos mosasaurier. (15 hp)
364. Cederberg, Julia, 2013: U-Pb baddeleyite dating of the Pará de Minas dyke swarm in the São Francisco craton (Brazil) - three generations in a single swarm. (45 hp)
365. Björk, Andreas, 2013: Mineralogisk och malmpetrografisk studie av disseminerade sulfider i rika och fattiga prover från Kleva. (15 hp)
366. Karlsson, Michelle, 2013: En MIFO fas 1-inventering av förorenade områden: Kvarnar med kvicksilverbetning Jönköpings län. (15 hp)
367. Michalchuk, Stephen P., 2013: The Sämfold structure: characterization of folding and metamorphism in a part of the eclogite-granulite region, Sveconorwegian orogen. (45 hp)
368. Praszkiar, Aron, 2013: First evidence of Late Cretaceous decapod crustaceans from Åsen, southern Sweden. (15 hp)
369. Alexson, Johanna, 2013: Artificial groundwater recharge – is it possible in Mozambique? (15 hp)
370. Ehlorsson, Ludvig, 2013: Hydrogeologisk kartering av grundvattenmagasinet Åsumsfältet, Sjöbo. (15 hp)
371. Santsalo, Liina, 2013: The Jurassic extinction events and its relation to CO₂ levels in the atmosphere: a case study on Early Jurassic fossil leaves. (15 hp)
372. Svantesson, Fredrik, 2013: Alunskiffern i Östergötland – utbredning, mäktigheter, stratigrafi och egenskaper. (15 hp)
373. Iqbal, Faisal Javed, 2013: Paleocology and sedimentology of the Upper Cretaceous (Campanian), marine strata at Åsen, Kristianstad Basin, Southern Sweden, Scania. (45 hp)
374. Kristinsdóttir, Bára Dröfn, 2013: U-Pb, O and Lu-Hf isotope ratios of detrital zircon from Ghana, West-African Craton – Formation of juvenile, Palaeoproterozoic crust. (45 hp)
375. Grenholm, Mikael, 2014: The Birimian event in the Baoulé Mossi domain (West African Craton) — regional and global context. (45 hp)
376. Hafnadóttir, Marín Ósk, 2014: Understanding igneous processes through zircon trace element systematics: prospects and pitfalls. (45 hp)
377. Jönsson, Cecilia A. M., 2014: Geophysical ground surveys of the Matchless Amphibolite Belt in Namibia. (45 hp)
378. Åkesson, Sofia, 2014: Skjutbanors påverkan på mark och miljö. (15 hp)
379. Härling, Jesper, 2014: Food partitioning and dietary habits of mosasaurs (Reptilia, Mosasauridae) from the Campanian (Upper Cretaceous) of the Kristianstad Basin, southern Sweden. (45 hp)
380. Kristensson, Johan, 2014: Ordovicium i Fågelsångskärnan-2, Skåne – stratigrafi och faciesvariationer. (15 hp)
381. Höglund, Ida, 2014: Hiatus - Sveriges första sällskapsspel i sedimentologi. (15 hp)
382. Malmer, Edit, 2014: Vulkanism - en fara för vår hälsa? (15 hp)
383. Stamsnijder, Joaen, 2014: Bestämning av kvartshalt i sandprov - metodutveckling med OSL-, SEM- och EDS-analys. (15 hp)
384. Helmfrid, Annelie, 2014: Konceptuell

- modell över spridningsvägar för glasbruksföroreningar i Rejmyre samhälle. (15 hp)
385. Adolfsson, Max, 2014: Visualizing the volcanic history of the Kaapvaal Craton using ArcGIS. (15 hp)
386. Hajny, Casandra, 2014: Ett mystiskt ryggradsdjursfossil från Åsen och dess koppling till den skånska, krittida ryggradsdjursfaunan. (15 hp)
387. Ekström, Elin, 2014: Geologins betydelse för geotekniker i Skåne. (15 hp)
388. Thuresson, Emma, 2014: Systematisk sammanställning av större geoenergiläggningar i Sverige. (15 hp)
389. Redmo, Malin, 2014: Paleontologiska och impaktrelaterade studier av ett anomalt lerlager i Schweiz. (15 hp)
390. Artursson, Christopher, 2014: Comparison of radionuclide-based solar reconstructions and sunspot observations the last 2000 years (15 hp)
391. Svahn, Fredrika, 2014: Traces of impact in crystalline rock– A summary of processes and products of shock metamorphism in crystalline rock with focus on planar deformation features in feldspars (15 hp)
392. Järvin, Sara. 2014: Studie av faktorer som påverkar skredutbredningen vid Norsälven, Värmland (15 hp)
393. Åberg, Gisela, 2014: Stratigrafin i Hanöbukten under den senaste glaciationen: en studie av borrhävar från IODP's expedition nr 347 (15 hp)
394. Westlund, Kristian, 2014: Geomorphologisk evidens för en pågående transgression på nordvästra Svalbard (15 hp)
395. Rooth, Richard, 2014: Uppföljning av utlastningsgrad vid Dannemora gruva; april 2012 – april 2014. (15 hp)
396. Persson, Daniel, 2014: Miljögeologisk undersökning av deponin vid Getabjär, Sölvesborg. (15 hp)
397. Jennerheim, Jessica, 2014: Undersökning av långsiktiga effekter på mark och grundvatten vid infiltration av lakvatten - fältundersökning och utvärdering av förhållanden vid Kejsarkullens avfallsanläggning, Hultsfred. (15 hp)
398. Särman, Kim, 2014: Utvärdering av befintliga vattenskyddsområden i Sverige. (15 hp)
399. Tuveson, Henrik, 2014: Från hav till land –en beskrivning av geologin i Skrylle. (15 hp)
400. Nilsson Brunlid, Anette, 2014: Paleoekologisk och kemisk-fysikalisk undersökning av ett avvikande sedimentlager i Barsebäcks mosse, sydvästra Skåne, bildat för ca 13 000 år sedan. (15 hp)
401. Falkenhaus, Jorunn 2014: Vattnets kretslopp i området vid Lilla Klåveröd: ett kunskapsprojekt med vatten i fokus. (15 hp)
402. Heingård, Miriam 2014: Long bone and vertebral microanatomy and osteohistology of 'Platycarpus' ptychodon (Reptilia, Mosasauridae) – implications for marine adaptations. (15 hp)
403. Kall, Christoffer 2014: Microscopic echinoderm remains from the Darriwilian (Middle Ordovician) of Västergötland, Sweden – faunal composition and applicability as environmental proxies. (15 hp)
404. Preis Bergdahl, Daniel 2014: Geoenergi för växthusjordbruk – Möjlig anläggning av värme och kyla i Västakåne. (15 hp)



LUNDS UNIVERSITET

**Geologiska institutionen
Lunds universitet
Sölvegatan 12, 223 62 Lund**

