

### Effektivare kyl- och värmepumpssystem

#### Sökande

Företag/organisation KTH, Kungliga Tekniska Högskolan		Organisationsnummer 202100-3054		
Institution/avdelning Energiteknik, Avd. Tillämpad Termodynamik och Kylteknik		Postgiro/Bankgiro/Bankkonto PG: 1 56 53-9, BG: 895-9223		
Postadress Brinellvägen 66				
Postnummer 100 44	Ort Stockholm	Länskod 01	Kommunkod 80	Land Sverige
Projektledare (förmamn, efternamn) Björn Palm				
Telefon 08 7907453		Fax 08 20 41 61		
E-postadress <a href="mailto:Bjorn.palm@energy.kth.se">Bjorn.palm@energy.kth.se</a>		Webbplats Energy.kth.se		
Eventuell medsökande (ange organisation) Per Lundqvist, KTH/Energiteknik/Tillämpad termodynamik och kylteknik				

#### Projektet

<input checked="" type="checkbox"/> Ansökan avser nytt projekt	<input type="checkbox"/> Fortsättning på tidigare projekt, ange projektnummer:
Projekttitel (på svenska) Effektivt utnyttjande av energibrunnar för värmepumpar	
Projekttitel (på engelska) Efficient use of geothermal wells for heat pumps	
<p>Sammanfattning (på svenska). Sammanfattningen skall omfatta max 250 ord och skall skrivas både på svenska och på engelska. Sammanfattningen skall skrivas så att den i ämnet oinvidde med lätthet förstår projektets innehåll och syfte.</p> <p>Bergvärmepumpar är idag en mycket vanlig metod för uppvärmning av villor. Även större fastigheter värms och kyls med berggrunden som värmekälla/värme-sänka för värmepumpar. Den helt dominerande metoden att växla värme med berggrunden är genom cirkulation av en köldbärare (t.ex. vatten+glykol) i slangar, kollektorer, som förs ner i borrhål, energibrunnar.</p> <p>Projektet syftar till att ta fram rekommendationer för utformning och installation av kollektorer i borrhål för värmepumpar. Flera olika aspekter kommer att behandlas:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Kartläggning av kortslutningseffekter (intern värmeöverföring) i kollektorn och av metoder för att undvika dessa.</li><li>• Undersökning av prestanda för olika utföringsformer på kollektorerna.</li><li>• Kartläggning av metoder för att säkerställa turbulent flöde utan att orsaka onödigt höga pumpeffekter, dvs optimering av flödet.</li><li>• Kartläggning av inverkan på prestanda och kostnad av utförande av borrhålet/borrhålen.</li><li>• Undersökning av värmeupptagning med tvåfas termosifon (själv-cirkulation).</li><li>• Undersökning av det dynamiska samspelet mellan värmeöverföringen i kollektor/borrhål och värmeledningen i omgivande berg.</li><li>• Undersökning av effekten av återlagring i olika typer av energibrunnar.</li></ul> <p>Studien görs i nära samarbete med universiteten i Lund och Luleå samt med värmepumpstillverkare, kollektortillverkare, brunnsbore, installatörer, konsulter i branschen och användare. Noggranna mätningar i borrhål i drift kommer att ge detaljerade data som idag tycks saknas. Dessa mätningar kommer att användas för att kalibrera teoretiska /numeriska modeller av strömning och värmetransport.</p>	

Projektet förväntas leda till metoder och rekommendationer för bättre utnyttjande av borrhål och högre värmefaktorer för bergvärmepumpar i allmänhet.

Sammanfattning på engelska enligt ovan (max 250 ord).

It is today very common in Sweden to use geothermal heat pumps for heating of single family homes. Also larger buildings are heated and cooled using the rock as a heat source or heat sink for heat pumps. The dominating method of exchanging heat with the rock is by circulating a secondary coolant (e.g. water+glycol) in plastic hoses, collectors, inserted into boreholes, geothermal wells.

The project aims at presenting recommendations for design and installation of collectors in geothermal wells for heat pumps. Several different aspects will be covered:

- Evaluation of the thermal short-circuiting for different designs of the collectors.
- Evaluation of methods of assuring turbulent flow without unnecessary high pumping powers, i.e. optimizing the flow.
- Evaluating the influence on the performance and cost of the design of the borehole(s).
- Investigation of the possibility of using two-phase thermosyphons for extracting heat from the ground.
- Investigation of the dynamic interaction between the heat transfer in the collector/borehole and the thermal heat conduction in the surrounding rock.
- Investigation of the effect of re-charging of different types of geothermal wells.

The project is done in close cooperation with the universities in Lund and Luleå as well as with heat pump manufacturers, collector manufacturers, drilling companies, installers, consultants and users.

Detailed measurements in boreholes under operation will give detailed information which today seem to be missing. These measurements will be used for calibration of theoretical/numerical models of the liquid flow and heat transfer.

The project is expected to result in methods and recommendations for better use of geothermal wells and higher COPs of geothermal heat pumps in general.

<input type="checkbox"/> Enskilt projekt	<input checked="" type="checkbox"/> Forskningsprogram, ange vilket: EFFSYS 2
Datum för projektstart 061201	Tidpunkt då projektet beräknas vara genomfört 100630
Totalt sökt belopp 3200 kkr	

Motivering; Energi-/miljö-/näringslivsrelevans, max 250 ord. Ange koppling till resultat från tidigare genomfört program eller projekt.

Berggrunden utgör redan idag en mycket vanlig värmekälla för villavärmepumpar. För större klimatiseringsanläggningar används berggrunden både som värmekälla på vintern, som värmesänka för luftkonditioneringsystem på sommaren och som källa till frikyla. Berggrunden kan också användas som lager för värme. Den i särklass vanligaste metoden för att utbyta värme med berget är med hjälp av kollektorslangar i vertikala borrhål. Trots att detta är ett vanligt sätt att utbyta värme med berget finns fortfarande många oklarheter vad gäller effektiviteten i olika utföringsalternativ för kollektorerna. Nyligen gjorda mätningar i borrhål i Solna pekar, liksom vissa tidigare mätningar, på att kortslutningseffekter kraftigt påverkar temperaturprofilen och därmed effektiviteten i värmeupptagningen. Olika metoder att undvika dessa effekter har föreslagits, men ingen systematisk jämförelse av dessa metoder har så vitt vi vet genomförts. (Problemets aktualitet visas av att två vetenskapliga artiklar nyss publicerats om förbättringar av tidigare beräkningsmetoder för temperaturutbredningen i berg kring energibrunnar. (Presenterade vid International Heat Transfer Conference, Sydney, aug. 2006)).

Mätningarna pekar också på vikten av att säkerställa att turbulent strömning upprätthålls i kollektorn. Kriterier för att säkerställa detta behöver fastställas, speciellt som erfarenheter från branschen antyder att tidigare använda kriterier inte varit tillfyllest.

Värmeöverföringen mellan berg och rör kan också förbättras genom att hålet återfylls med material med bättre värmeledning är vatten. Detta är idag inte vanligt i Sverige, men är ett krav av miljöskäl i vissa länder på kontinenten. (Minskar bl.a. risken för vattentransport mellan olika nivåer i berget.) En undersökning av återfyllningens inverkan på temperaturdifferensen mellan berg och kollektorslang är av stort intresse.

Totalkostnaden för bergvärme påverkas kraftigt av kostnaden för borrhålen. Det är därför av intresse att klargöra om borkostnaden kan minskas genom användning av alternativa bormetoder, genom att använda fler men kortare hål eller genom att minska håldiametern/ändra hålformen.

I Österrike och Tyskland finns ett mindre antal bergvärmepumpar där värmen extraheras ur berget med hjälp av en tvåfas termosifon med koldioxid som arbetsmedium. Cirkulationen åstadkoms alltså utan mekanisk drivenergi och pumparbetet elimineras. Vi tror att detta kan vara en intressant lösning också här. Tekniken behöver testas och anpassas för svenska förhållanden, bland annat vad avser maximal borrhållängd. Samspelet mellan kollektor (termosifon) och berggrunden kommer också att bli annorlunda i detta fall då endast en liten temperaturändring sker längs kollektorn.

För större system med många borrhål är det vanligt att använda borrhålen för frikyla eller som värmesänka för luftkonditioneringsystem sommartid. Detta innebär lagring/återlagring av värme till berget. För små system (enfamiljshus) är det oklart under vilka förhållanden som återlagring kan vara lönsam då värme till/från ett enskilt hål relativt lätt förs bort från/tillbaka till borrhålets omgivning från omgivande berg. Sommartid kan värmen tas från omgivningen, eller från huset, utan annan löpande kostnad än drivenergin för cirkulationspumpen. Det är också möjligt att använda någon form av sol/värmedriven antigravitations-sifon som pump. Rekommendationer för under vilka förutsättningar återlagring bör ske saknas idag. Det finns också ett behov av utveckling av billiga och enkla värmeväxlare/solfångare för att sommartid absorbera värme.

Bakgrund; vad har gjorts tidigare?, vad är nytt i detta projekt?, forskargruppens verksamhet?, samarbeten? etc, max 1 A4-sida

Projektet föreslås av KTH/Inst Energiteknik/Avd tillämpad termodynamik och kylteknik, som har en lång erfarenhet av undervisning och forskning inom området värmepumpar, kylanläggningar och andra värmepumpande tekniker. Avdelningen har goda kontakter inom värmepumpstillverkande företag, installatörer och konsulter. Vi har också lång erfarenhet av tester av värmepumpar, både på avdelningens laboratorium och genom fältmätningar. Avdelningen deltar vidare i flera internationella forskningsprojekt rörande värmepumpar, deras konstruktion, installation och användning. Av speciell vikt för detta projekt är dels det arbete som gjorts vid avdelningen rörande numeriska metoder för beräkning av värmeutbredning i berg och speciellt för dimensionering av borrhålsdjup. Ett andra tidigare projekt direkt kopplat till det nu föreslagna behandlade termosifoner och deras funktion, speciellt beräkning av massflöde och värmeövergång i sådana system. Generellt har avdelningen flera projekt rörande tvåfasströmning vilka kan vara direkt hjälp i en del av detta projekt.

Avdelningen har allmänt mycket goda kunskaper i värmeöverföringsberäkningar och ansvarar även för kurser inom detta område på såväl grund- som doktorandnivå på KTH.

Även experter från Lunds Universitet (Göran Hellström) och Luleå Universitet (Bo Nordell) är knutna till projektet. Dessa experters medverkan, tillsammans med den mycket starka medverkan av industriföretag och enskilda konsulter med lång erfarenhet av energibrunnar och värmepumpar gör denna grupp kunnande mycket unik.

Värmeutbredning i berggrunden och värmeupptagning ur borrhål har tidigare undersökts i en rad projekt och redovisats dels i form av vetenskapliga artiklar, dels i form av rapporter från bland annat Bygghälsorådet. Metoder för att minska kortslutningseffekter med hjälp t.ex. av klämmor (S.k spacers), och alternativa utformningar av kollektorer finns också kommersiellt tillgängliga. Termosifoner för upptagning av värme ur berget har också undersökts och kommersialiserats, dock inte anpassat till svenska förhållanden.

Vi är väl medvetna om denna tidigare kunskapsbas. Trots detta kan vi konstatera att i dagens installationer använder relativt enkla utförandeformer för kollektorer och borrhål, varför de påtalade problemen fortfarande är i högsta grad aktuella. Detta beror sannolikt till stor del på ekonomiska faktorer som befrämjar enkla lösningar. Med ett mer utpräglat livscykelperspektiv, stigande energipriser och ökad miljömedvetenhet bör det dock i framtiden finnas utrymme och intresse att utnyttja mer avancerade, och initialt dyrare, lösningar. Ett uttalat mål för detta projekt är därför att även ta hänsyn till de ekonomiska förutsättningarna när olika tekniska lösningar bedöms.

I detta projekt vill vi kombinera omfattande och noggranna mätningar med en detaljerad simulering av värmeövergången i hela kedjan, i berggrunden, i borrhålet, i kollektorns olika delar såväl som i flödet i kollektorn. Vi kommer att utnyttja avancerade numeriska beräkningsmetoder och kombinera dessa med klassiska beräkningsmetoder där så anses fördelaktigt och integrera dessa till en noggrann och pålitlig beräkningsmetod som tillåter jämförelse av olika utformningar av kollektorn och dess installation i berget. Metoden kommer att testas och kalibreras mot de utförda mätningarna. Vi känner inte till att något motsvarande verktyg för utvärdering av utföringsformer och installationsmetoder tidigare utvecklats.

Även vad gäller användningen av tvåfas-termosifoner anser vi att detta projekt kommer att tillföra ny kunskap jämfört med de undersökningar som tidigare gjorts. Tidigare undersökningar har mest varit experimentella och fältmässiga och har utnyttjat betydligt grundare borrhål än som är vanligt i Sverige. Vi har också idéer om användning av nya, alternativa material för tillverkningen av termosifonerna. Återladdning av värme i borrhål sommartid kommer att studeras utifrån två nya utgångsvinklar: Dels vill vi undersöka möjligheten att utnyttja någon av flera tänkbara värmedrivna antigravitations-termosifoner, dels vill vi utreda frågan "Vad får det kosta?" under olika antaganden och därefter söka finna kostnadseffektiva metoder att åstadkomma återladdningen till acceptabel kostnad.

Mål: Ange enkla, tydliga och mätbara mål i exempelvis kWh, max 250 ord.

Uttryckt i energi-termer är målet att, med given total borrhålslängd, kunna minska temperaturdifferensen mellan berg och förångningstemperaturen med tre grader. Detta bör ge en ökning av värmefaktorn med ca 10%. Med termosifoncirkulation elimineras också cirkulationspumpens effektbehov vilket ytterligare ökar värmefaktorn med ca 10%. Om Sveriges bergvärmepumpar antas ge 6 TWh värme och ha en värmefaktor av ca 3 så skulle detta innebära en besparing av 0,2 – 0,4 TWh per år.

För att nå ovanstående energimål behöver vi finna metoder att minska korstlutningseffekter och att effektivisera värmeövergången mellan berg och köldbärare med nya kollektorutformningar. Ett mål är därför att finna sådana metoder som samtidigt är ekonomiskt försvarbara.

Ett ytterligare mål är att peka på metoder att minska kostnaden för energibrunnar med 20% utan att påverka prestanda.

Ett mål är också att utveckla metoder för återladdning av borrhål under sommaren som är ekonomiskt försvarbara även i mindre system, möjligen även för enskilda borrhål.

Genomförande, max 250 ord.

En referensgrupp bestående av representanter för de deltagande parterna kommer att tillsättas för att försäkra att tidigare kunnande tas tillvara och inlemmas i projektet

En detaljerad arbetsplan kommer att upprättas tillsammans med referensgruppen när projektet godkänns.

Följande punkter avses att behandlas under projektets gång:

- Noggranna mätningar av temperaturprofilen genomförs i flera borrhål.
- Modellering av värmeövergången mellan köldbärare och rörvägg, mellan rörvägg och berg, mellan nedgående och uppgående rör och i berget genomförs. Modellerna kalibreras mot mätdata.
- Modellerna används för att jämföra olika tekniska lösningar på kortslutningsproblemet.
- Identifierade lösningar testas i borrhål.
- Mätningarna görs med olika massflöden och värmeövergångstal bestäms. Optimala flöden för de testade objekten fastställs och generaliseras till allmänt användbara råd och anvisningar.
- Faktiska kostnader för borrhåll uppskattas som funktion av borrhållsdjup, borrhållsmetod, håldiameter, hållform.
- Minst ett borrhål med mindre borrhållsdiameter borrar, om möjligt med alternativ borrhållsmetod, och prestanda och erfarenheter för installationen utvärderas.
- Termosifonprincipen testas i verkligt borrhål och befintliga numeriska modeller på KTH för termosifoner anpassas för denna applikation.
- Alternativa utformningar av termosifonröret, för att erhålla god vätskefördelning över ytan, testas.
- Inverkan på prestanda av återfyllning för hålet studeras.
- Vinsten med återladdning av enskilda, eller mindre system av, energibrunnar undersöks med syfte att fastställa under vilka förhållanden detta är ekonomiskt försvarbart.
- Möjligheter att utnyttja sol/värmedrivna själv-cirkulationskretsar för återladdning av berget undersöks.
- Metoder för bestämning av värmeledningstal och grundvattenflöde undersöks och resultaten sammanställs.

**Kostnader**

KALENDERÅR	Projektets totala kostnad	Projektets totala kostnader per år				% av heltid
		2006&7	2008	2009	2010	
Lönekostnader	6270000	1800000	1700000	1700000	1070000	
Laboratoriekostnad	0					
Datorkostnad	80000	25000	25000	20000	10000	
Utrustning	400000	150000	100000	100000	50000	
Material	170000	50000	50000	50000	20000	
Resor	200000	50000	50000	50000	50000	
Övriga kostnader	40000	10000	10000	10000	10000	
Ev förvaltningskostnader	1120000	340000	315000	315000	150000	
<b>SUMMA</b>	<b>8280000</b>	<b>2425000</b>	<b>2250000</b>	<b>2245000</b>	<b>1360000</b>	

**Finansiering inkl. samfinansierare**

FINANSIÄR	Andel i kronor och procent av projektets totala kostnader/år						
	År 2006	År 2007	År 2008	År 2009	År 2010	Total	(%)
Energimyndigheten	70000	900000	900000	900000	430000	3200000	38.6
Thermia	10000	110000	110000	100000	50000	380000	4.6
Tommy Nilsson	10000	110000	110000	100000	45000	375000	4.5
Wilo	2000	22000	22000	22000	12000	80000	1.0
Avanti	4000	44000	44000	44000	24000	160000	1.9
Broberg BB	5000	70000	70000	70000	35000	250000	3.0
Manil	4000	36000	36000	36000	18000	130000	1.6
SWECO	11000	134000	134000	134000	67000	480000	5.8
NIBE	3000	33000	33000	33000	18000	120000	1.4
SVEP	5000	55000	55000	55000	30000	200000	2.4
THORÉNS	10000	105000	105000	105000	55000	380000	4.6
COOLY	2000	25000	25000	25000	13000	90000	1.1
PM AB	3000	33000	33000	33000	18000	120000	1.4
IVT	4000	55000	55000	55000	21000	190000	2.3
DTI	5000	60000	60000	60000	40000	225000	2.7
EXTEN PLAST	10000	80000	80000	80000	30000	280000	3.4
UPONOR	20000	210000	210000	210000	110000	760000	9.2
ETM Kylteknik	10000	90000	90000	90000	50000	330000	4.0
COMSOL	0	10000	10000	10000	0	30000	0.4
LOWTE	10000	140000	140000	140000	70000	500000	6.0
<b>SUMMA</b>	<b>198000</b>	<b>2322000</b>	<b>2322000</b>	<b>2302000</b>	<b>1136000</b>	<b>8280000</b>	<b>100.0</b>

Detta projekt är  i sin helhet  
 i vissa delar lika med ansökan till annan myndighet,  
 ange vilken:

Sökt stöd för dyr utrustning (Vetenskapsrådet, Wallenbergsstiftelsen e.d.) Gäller endast högskola.

Namn på doktorand	Namn på doktorand
Namn på doktorand	Namn på doktorand

Övriga samarbetspartners (ange organisation och namn)

Se bilagor

Resultatredovisning (ange här om resultatet kommer att redovisas på något ytterligare sätt än det obligatoriska, se information).

Detta är ett doktorandprojekt med stort deltagande från industrin. Det kommer därmed att redovisas såväl i vetenskapliga publikationer (tidskrifter, konferenser, avhandling) som i tekniska publikationer (bransch-tidskrifter, industriseminarier etc). Därutöver kommer resultaten också att redovisas i samband med Effsys regelbundna möten. Delar av resultaten kan också komma att ingå i kursmaterial på civilingenjörsutbildningen och i andra utbildningssammanhang.

Bilagor

Enligt instruktioner från Effsys styrelse så bifogas enbart utdrag ur e-brev där motfinansieringen godkänns. Undertecknade medgivanden översändes senare.

Övriga bilagor

Inga

Datum 6/11 2006	Datum 6/11 2006
Behörig firmatecknares (prefekt motsv.) underskrift	Projektledarens underskrift
Namnförtydligande, titel och telefon Björn Palm, proprefekt, 08 790 7453	Namnförtydligande och titel Björn Palm