

### Effektivare kyl- och värmepumpssystem

#### Sökande

Företag/organisation Chalmers tekniska högskola AB		Organisationsnummer 55 64 79-55 98		
Institution/avdelning Institutionen för Energi&Miljö/Installationsteknik		Postgiro/Bankgiro/Bankkonto 458 93 58-3		
Postadress				
Postnummer 412 96	Ort GÖTEBORG	Länskod 14	Kommunkod 80	Land Sverige
Projektledare (förnamn, efternamn) Professor Per Fahlén				
Telefon 031-772 11 42		Fax 031-772 11 52		
E-postadress <a href="mailto:per.fahlen@chalmers.se">per.fahlen@chalmers.se</a>		Webbplats <a href="http://www.chalmers.se/">http://www.chalmers.se/</a>		
Eventuell medsökande (ange organisation)				

#### Projektet

<input checked="" type="checkbox"/> Ansökan avser nytt projekt	<input type="checkbox"/> Fortsättning på tidigare projekt, ange projektnummer:
Projekttitel (på svenska) Optimering av marklageranslutna värmepumpssystem för klimatisering av byggnader	
Projekttitel (på engelska) Optimization of groundstorage heat pump systems for space conditioning of buildings	
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 oinvgide med lätthet förstår projektets innehåll och syfte. <p>Värmebehoven har minskat inom lokalsektorn. Många byggnader har dagtid ett kylbehov medan det kan finnas värmebehov nattetid. En effektiv lösning för dessa byggnader är att utnyttja marken som värme-sänka, värmekälla och utjämningslager och med hjälp av värmepump höja eller sänka temperaturen till erforderlig nivå. Jämfört med fjärrvärme och fjärrkyla kan den köpta energin sänkas med en faktor 7-8. Markkollektorns dimensionering och geometri bestäms av om marken ska fungera som källa, sänka eller lager. Optimering av totalfunktionen kräver samordning mellan mark, värmepump och byggnad och för detta saknas lämpliga beräkningsverktyg. Detta doktorandprojekt syftar till att utveckla en teknik för att genomföra kompletta systemsimuleringar (se bilaga 1).</p>	
Sammanfattning på engelska enligt ovan (max 250 ord). <p>Demand for space heating decreases in the non-residential sector. Many buildings have a daytime cooling demand while there may be a heating demand at night. One efficient solution for these buildings is to use the ground as source, sink or intermediate storage of heat and to raise or lower the temperature to the required level by means of a heat pump. Compared to district heating and cooling, purchased energy may be reduced by a factor 7-8. Ground collector size and geometry is decided by whether the ground will act as source, sink or storage. Optimization of the overall function requires synchronization of ground, heat pump and building but the calculation tools are missing at present. This Ph.D. project aims at the development of a technique for complete system simulations.</p>	

Enskilt projekt	<input checked="" type="checkbox"/> Forskningsprogram, ange vilket: EFFSYS 2
Datum för projektstart 2007-01-01	Tidpunkt då projektet beräknas vara genomfört 2009-12-31
Totalt sökt belopp 2 264 000	



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

Se bilaga 1 beträffande referenser och fler detaljer.

Behoven av köpt värme har minskat dramatiskt inom lokalsektorn och många moderna byggnader har dagtid ett kylbehov nästan hela året. Däremot kan det finnas värmebehov nattetid (en kontorsbyggnad har helt skilda förutsättningar dagtid och nattetid). Under årets kalla del kan man lösa kylbehovet genom ett ökat intag av uteluft men sommarhalvåret är detta inte möjligt eller också blir luftflödena orimligt stora. Ett alternativ, som blir allt vanligare, är att utnyttja marken som värmesänka, värmekälla och utjämningslager och med hjälp av värmepump höja eller sänka temperaturen till erforderlig nivå för att klimatisera byggnaden. Ett genomtänkt och kostnadseffektivt utnyttjande av tekniken belönades med stora energipriset år 2005. I jämförelse med fjärrvärme och fjärrkyla har andelen köpt energi kunnat sänkas med en faktor 7-8. Den kommersiella potentialen är stor, speciellt i det befintliga beståndet av lokaler och i perspektiv av kommande energideklarationer och energiprishöjningar.

Beroende på byggnaden och dess verksamhet kan antingen kyl- eller värmebehovet dominera eller så har man balans över året mellan dessa behov. Därmed ställs också olika krav på markkollektorns dimensionering och geometri beroende på om marken ska fungera som källa, sänka eller lager. I dagsläget utnyttjar man olika beräkningsprogram för att analysera kollektorsystem och byggnaden. Optimering av totalfunktionen kräver en växelverkan mellan mark, värmepump och byggnad och detta projekt syftar till att utveckla en teknik för att hantera denna problemställning. Målet är att kunna genomföra en hel systemsimulering, inklusive möjligheten till vätskekopplad värmeåtervinning, i ett enda paket.

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

Se bilaga 1 beträffande referenser och fler detaljer.

Tekniken med borrhålslager kombinerad med värmepump har en lång tradition, framförallt för att täcka behov för uppvärmning. Allteftersom fler och fler byggnader får stora kylbehov ökar intresset för att utnyttja borrhållssystem både som värmekälla, värmesänka och värmelager. Tekniken utnyttjas kommersiellt och Akademiska Hus fick stora energipriset år 2005 för sitt arbete med detta.

Den tänkta forskargruppen vid Chalmers har en god samlad kompetens inom området. Avdelningen för Installationsteknik har kompetens både inom kylteknik och inom tillämpningen med klimatisering av byggnader (se separat forskargrupsbeskrivning i bilaga 2 och 3). Avdelningen för Byggnadsteknologi har en mycket gedigen kompetens beträffande modellering av energiflöden och temperaturförhållanden i byggnadsdelar och i mark. Det finns också en direkt koppling till en parallell ansökan från forskargruppen om tillämpningen av frikyla i livsmedelsbutiker, bl.a. med utnyttjande av markkollektorer. Det finns även naturliga kopplingar till en ansökan från KTH om utveckling av värmeupptagningen i enskilda borrhål samt en ansökan från SP om stora system i köpcentra.

Projektledaren prof. Per Fahlén har arbetat med värmepumpar och markvärmesystem i 25 år och har även utvecklat avancerade dynamiska beräkningsmodeller för byggnader. Medsökanden prof. Johan Claesson har varit huvudförfattare till Markvärmehandboken, vilken blivit ett internationellt standardverk för beräkning av markvärmesystem och lager. Prof. Claesson har även utvecklat en teknik med dynamiska termiska nätverk, som tillämpats i ett doktorsarbete. Vi planerar att använda tekniken även inom detta doktorandprojekt.

I den pågående forskningsverksamheten har vi flera projekt som kan ge underlag för den aktuella studien, t.ex. beträffande effektivisering av pump- och fläktdrifter med hjälp av ny styrteknik, ny kraftelektronik och ny motorteknik (i samverkan med Elteknik på Chalmers), behovsstyrd ventilation,

självoptimerande drift av kapacitetsreglerade värmepumpar, återladdning av borrhål med värme ur frånluft och uteluft, frikyla, integrerad vätskekopplad värmeåtervinning (se figur 4) och modellering av byggnadsdelar med hjälp av dynamiska termiska nätverk.

En inledande studie vid Installationsteknik pekar ut några viktiga faktorer att beakta vid dimensionering av system för kombinerad värme och kyla:

- Byggnadens lastprofil, d.v.s. relationen mellan värme/kyla
- Borrhålens belastning i form av specifikt uttagen värme under vinter [kWh/m/år] och specifikt tillförd värme under sommaren [kWh/m/år]
- Borrhålssystemets geometri karakteriserad av antal borrhål och deras djup, avstånd mellan borrhålen, förhållande längd/bredd (rektangulär eller linjär form)

Man kan urskilja tre huvudtyper av tillämpningar:

- Dominerande värmebehov när det är lämpligt med direkt värmeväxling och en linjär konfiguration
- Dominerande kylbehov när det är lämpligt med direkt värmeväxling och en linjär konfiguration
- Balanserade värme och kylbehov när det är intressant med lagring och därmed en rektangulär konfiguration

Värmepumpssystemet kopplas i denna typ av tillämpning antingen indirekt med köldbärare (vätskekylaggregat), vilket ger en enkel möjlighet till frikyla, eller som DX-system (reversibel värmepump) och normalt utan frikyla. Det första alternativet är det som används i Sverige medan det andra sättet är vanligt i USA.

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

Se bilaga 1 beträffande referenser och fler detaljer.

Mål för marknadspenetration: Att identifiera systemlösningar som klarar att klimatisera lokalbyggnader med mindre än 20 kWh(el)/m<sup>2</sup>/år och 5 kWh(värme)/m<sup>2</sup>/år köpt energi för hela behovet av värme och kyla. Lösningarna ska vara konkurrenskraftiga mot alternativet fjärrvärme/fjärrkyla. Ett annat mål är att visa på konkurrenskraftiga alternativ även för flerbostadshus. Målet är att hitta lösningar som i flerbostadshus kan reducera behovet av köpt energi för värme från dagens medelnivå 150 kWh(värme)/m<sup>2</sup>/år till < 40 kWh(el)/m<sup>2</sup>/år. En viktig faktor för marknadspenetration är tillgång till kompetenta projektörer och beställare. Inom ramen för forskarutbildningen och projektarbetet kommer vi att få en expert på denna typ av system, som i sin tur kan utbilda blivande och idag praktiserande ingenjörer.

Mål för forskningsprojektet: Att ge beräkningsverktyg för att kunna genomföra en komplett systemmodellering av en byggnad med markkollectorer och värmepump. Akademiskt mål är en licentiatuppsats.

Genomförande, max 250 ord.

Se bilaga 1 beträffande referenser och fler detaljer.

Projektplanen sammanfattas nedan i punkterna 1-6. En utbildningsplan tas fram utifrån den enskilde doktorandens behov enligt Chalmers mall för forskarskolan inom institutionen för Energi och Miljö. Kostnadsplan redovisas i bilaga 1. De två viktigaste forskningsuppgifterna, som identifierats i en licentiatuppsats från Installationsteknik, är att ta fram:

- Ett bra mättekniskt underlag för uppföljning av systemens funktion i detalj och fastighetens övergripande användning av energi och effekt. Underlaget saknas i stor utsträckning idag och behövs också för att validera beräkningsmodellerna.
- En sammanhållen modell av hela systemet markkollektor – värmepump - byggnad, som underlättar arbetet med att optimera lösningen för en given tillämpning.

Del 1: Sammanställning av tidigare arbeten.

Del 2: Sammanställning av kunskapsläget (analys och syntes).

Del 3: Sammanställning av dagens systemlösningar.

Del 4: Fältmätningar.

Del 5: Teoretisk analys (utveckling av delmodeller för kollektor, värmepump och byggnadsinstallationer; simulering av några alternativa lösningar och olika dimensionering inklusive känslighetsanalys för systemval och dimensionering).

Del 6: Rapportering

Vi avser att fortsätta projektet ytterligare en period mot en doktorsavhandling för doktoranden.

Fortsättningens inriktning blir avhängig utfallet i denna första delstudie.

**Kostnader**

KALENDERÅR	Projektets totala kostnad	Projektets totala kostnader per år			% av heltid
		2007	2008	2009	
Lönekostnader	1 359 000	508 000	541 000	310 000	83+4+4
Laboratoriekostnad	50 000	10 000	20 000	20 000	
Datorkostnad	90 000	20 000	50 000	20 000	
Utrustning	150 000	20 000	80 000	50 000	
Material	40 000	10 000	20 000	10 000	
Resor	120 000	30 000	50 000	40 000	
Övriga kostnader	0	0	0	0	
Ev förvaltningskostnader	455 000	167 000	185 000	103 000	
<b>SUMMA</b>	<b>2 264 000</b>	<b>765 000</b>	<b>946 000</b>	<b>553 000</b>	

**Finansiering inkl. samfinansierare**

FINANSIÄR	Andel i kronor och procent av projektets totala kostnader/år						
	År 2007	År 2008	År 2009	År	År	Total	(%)
Energimyndigheten	766 000	945 000	553 000			2 264 000	40,0
Akademiska Hus	100 000	320 000	200 000			620 000	11,4
IVT	50 000	150 000	50 000			250 000	4,4
Nibe	50 000	150 000	50 000			250 000	4,4
Thermia	50 000	150 000	50 000			250 000	4,4
York	50 000	50 000	50 000			150 000	2,7
Wilo	50 000	50 000	50 000			150 000	2,7
Grundfos	50 000	50 000	50 000			150 000	2,7
Pipetech	50 000	50 000	50 000			150 000	2,7
NCC	25 000	25 000	25 000			75 000	1,3
Sweco-Theorells	50 000	100 000	50 000			200 000	3,6
ÅF	50 000	100 000	50 000			200 000	3,6
Borrenreprenörerna	50 000	50 000	50 000			150 000	2,7
Carrier	50 000	50 000	50 000			150 000	2,7
ICA	50 000	50 000	50 000			150 000	2,7
Fastighetsägarna Stockholm	50 000	50 000	50 000			150 000	2,7
Huure	75 000	75 000	50 000			200 000	3,6
TAC	50 000	50 000	50 000			150 000	2,7
<b>SUMMA</b>	<b>1 666 000</b>	<b>2 465 000</b>	<b>1 528 000</b>			<b>5 659 000</b>	<b>100</b>

Detta projekt är  i sin helhet  
 i vissa delar lika med ansökan till annan myndighet, ange vilken:  
 Vi avser att gå in med en ansökan till STEM/CERBOF om kompletterande finansiering  
 beträffande den grundläggande modelleringstekniken (ej spec. för Effsys)

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

Namn på doktorand N N (anställs vid positivt utfall av ansökan)	Namn på doktorand
Namn på doktorand	Namn på doktorand

Övriga samarbetspartners (ange organisation och namn)

Lunds Tekniska Högskola, prof. Göran Hellström. Beträffande företag, se ovan samt bilaga 1

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

De tillämpade resultaten kommer att redovisas i intern- och eller Effsysrapporter, branschtidningar (någon eller några av Kyla, ScanRef, Energi&Miljö) samt vid Effsysdagarna och andra nationella konferenser.

De akademiska resultaten presenteras i en licentiatuppsats samt i vetenskapliga tidskrifter (någon eller några av International Journal of Refrigeration, HVAC&R Research, Energy&Buildings etc.) samt vid internationella konferenser (någon eller några av IIR-konferenser, ASHRAE- och REHVA-konferenser, Nordiska kyl- och värmepumpsdagarna etc.)

Bilagor

Intyg med underskrifter från samfinansierare

Avsiktsförklaringar har skickats in med mejl från 14 (hittills) av 17 företag som fått bilaga B1 som förfrågningsunderlag (där finns beloppen angivna för respektive företag). En mindre ändring har gjorts i budgeten i denna blankett där 300 kkr ändrats till 320 kkr år 2008 för Akademiska Hus. Ändringen är accepterad av Akademiska Hus per telefon.

Övriga bilagor

1. Beskrivning av forskningsprojekt
2. Beskrivning av forskargruppen och CV för deltagare
3. Research group Building Services Engineering (including members of staff and funding)
4. Publikationsförteckning för sökanden

Datum 2006-10-30	Datum 2006-10-30
Behörig firmatecknares (prefekt motsv.) underskrift	Projektledarens underskrift
Namnförtydligande, titel och telefon Per Fahlén, prof. (avdelningschef), 031-772 11 42	Namnförtydligande och titel Per Fahlén, prof. (avdelningschef), 031-772 11 42