

### Effektivare kyl- och värmepumpssystem

#### Sökande

Företag/organisation Kungliga Tekniska Högskolan				Organisationsnummer 202100-3054	
Institution/avdelning Energiteknik/Tillämpad Termodynamik och Kylteknik				Postgiro/Bankgiro/Bankkonto PG: 1 56 53-9, BG: 895-9223	
Postadress Brinellvägen 68					
Postnummer 100 44	Ort Stockholm	Länskod 01	Kommunkod 80	Land Sverige	
Projektledare (förnamn, efternamn) Joachim Claesson					
Telefon 08 – 790 74 60			Fax 08 – 20 41 61		
E-postadress <a href="mailto:claesson@energy.kth.se">claesson@energy.kth.se</a>			Webbplats <a href="http://www.energy.kth.se">www.energy.kth.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) <b>Modell för identifiering av lämplig effektivisering av energitekniska system med värmepumpar i befintligt byggnadsbestånd – När/Var/Hur?</b>	
Projekttitel (på engelska) <b>Model for identify improvements of energy systems using heat pumps in built environment</b>	
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. Byggnader är komplexa energisystem. Ofta förekommer flera olika energisystem som ska samordnas för att förse byggnaden med lämpligt klimat. Allteftersom byggnaden åldras förändras byggnadens användning men även byggnadens energisystem, tyvärr ofta till det sämre. Många byggnader är således i behov av upprustning, åtgärdande av utrustning som inte fungerar till dess fulla potential, Hur ska åtgärder i byggnadens energisystem väljas, så att spenderat kapital utnyttjas maximalt? Detta är inte möjligt att avgöra om inte åtgärder utvärderas utifrån dess påverkan på <u>hela byggnaden</u> , inte bara dess egna undersystem.  Projektet som här föreslås har två principiella nivåer, dels en detaljerad nivå, dels en förenklad nivå. Den detaljerade nivån består av detaljerad simuleringsmodell som valideras genom varsamt valda referensbyggnader. I denna detaljerade nivån ingår även att identifiera typiska begränsningar eller fel i befintliga energisystem i byggnader. När väl denna modell är validerad kan den sedan användas för att studera hur åtgärder på delsystem i byggnaden återverkas på byggnadens energianvändning, t.ex. utbyte av värmekälla till en värmepump eller uppdatering av komponenter i ventilationssystemet.  I den förenklade nivån utformas modeller (enkäter, frågeformulär, checklistor) som ger "svar" på lämpliga energi- och kostnadseffektiva åtgärder baserat på byggnadens status. De förenklade modellerna utformas utifrån erfarenheter från den detaljerade nivån. De förenklade modellerna tjänar alltså syftet att vara ett verktyg för daglig användning av individer som kanske inte besitter kunskapen att utföra detaljerade simuleringar av byggnadens prestanda enligt den detaljerade nivån.  Specifikt inriktas projektet mot identifiering av lämpliga byggnadssystem där värmepumpar kan vara speciellt attraktivt alternativ vid en restaurering av byggnaden och dess energisystem.	

Sammanfattning på engelska enligt ovan (max 250 ord).

Buildings are complex energy systems. Often, several sub-systems are to be interacting producing a suitable indoor climate in the building. As the building ages the usage of the building may change as well as the buildings energy systems, often to the worse. Many buildings are therefore in need of refurbishment of the building envelope and the energy systems, which is not operating at full potential. How could appropriate actions be selected, in order to fully utilize spent capital? This is not possible to determine unless actions are evaluated in respect to the entire building's performance.

The proposed project is in principle divided into two different levels, a detailed level and a simplified level. The detailed level consists of a detailed simulation model. This model will be validated through measurements on carefully selected reference buildings. In this detailed model typical limitations and faults will be identified of energy systems in buildings. When the detailed model is validated it may be used to study changes in different subsystems, e.g. replace oil boiler with an exhaust heat pump, and how these changes affects the energy performance of the building.

In the simplified level simple to use models (e.g. surveys, questionnaire, and checklists) will be developed which will provide the user with an "answer" on suitable energy and economically efficient actions on a specific building. These simplified models are constructed on the basis of the experience and results from the more detailed level. Hence, simplified models serve the purpose of being a tool for day-to-day use for personnel that may not have the background for use of the detailed models.

Specifically, the proposed project is directed towards identification of buildings with suitable energy system where heat pumps may be especially suitable when refurbish the buildings energy systems.

<input type="checkbox"/> Enskilt projekt	<input checked="" type="checkbox"/> Forskningsprogram, ange vilket: EFFSYS 2
Datum för projektstart 2008-07-01	Tidpunkt då projektet beräknas vara genomfört 2010-06-30
Totalt sökt belopp 1 460 000	

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

Energianvändningen inom bebyggelsesektorn står för 36 % av Sveriges totala slutliga energianvändning och förorsakar ca 15 % av det totala svenska koldioxidutsläppet. Cirka 50 % av Sveriges elanvändning härstammar från bebyggelsesektorn.

De flesta byggnader vi kommer att ha om 20 år är redan byggda. Kyotoavtalet och den nya lagen om byggnaders energiprestanda innebär att omfattande förbättringar behövs av många befintliga byggnaders energisystem. Det är därför av yttersta vikt att identifiera varje möjlighet till energieffektivisering i det befintliga byggnadsbeståndet.

Även om byggnadsfysiken i gamla byggnader är tämligen väl utredd, finns luckor i kunskap kring hur värmepumpar kan användas för att effektivt tillföra energi till de befintliga energiförsörjningssystemen och hur detta påverkar dels den komplexa byggnadens energiprestanda och dels hur utförda åtgärder påverkar energianvändningen. Focus flyttas på så sätt från byggnadsfysiken till byggnadens energisystem. Tidigare forskning har lett till att ny teknik införts i nya byggnader avseende energieffektiva tekniska system och klimatskal. Användning av värmepumpar i befintligt byggnadsbestånd av komplexa byggnader och dess energisystem har inte i samma utsträckning fokuserats på inom forskningen.

Ökande energipriser och politiska beslut ökar incitamentet för fastighetsägare att faktiskt reducera sin energianvändning. Vidare är det så kallade miljonprogrammet i stark behov av renovering dels rent klimatskalsmässigt, men även ur ett energitekniskt perspektiv. Vilka vägar kan då väljas för att förbättra en byggnads energiprestanda? Återvinning av energi från t.ex. avlopp eller frånluft i kombination med solpanerar kan vara en väg. Eftersom dynamiken i en byggnads energisystem är komplex kan det vara svårt att utvärdera värdet av en åtgärd sett utifrån byggnadens perspektiv, både energitekniskt och ekonomiskt. Utan denna insyn i åtgärdens påverkan på byggnadens prestanda finns risken att åtgärder väljs utifrån delsystemens prestanda, d.v.s. suboptimering. För att undvika suboptimering behövs detaljerad kunskap kring hur värmepumpar samverkar med övriga energisystem i komplexa byggnader sett ur byggnadens perspektiv.

Ett lämpligt sätt att utvärdera ändringar i energisystemen sett ut byggnadsperspektiv är att i detalj modellera hela byggnaden tillsammans med dess olika energisystem. Det är då möjligt att utvärdera ändringar av energisystemen och undvika suboptimeringar.

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

Energisystemen i en byggnad ska uppfylla olika syften för de olika inblandade aktörerna. Vid systemdesign är huvudmålet att skapa ett väl fungerande system som uppfyller aktörernas syften med bäst möjliga verkningsgrad. De olika inblandade kan inkludera; byggnadsanvändarna, byggnadsägare, energileverantören och driftorganisationen. Aktörerna har olika mål med sina verksamheter men vissa av målen delas också. Ökad energiprestanda hos ett delsystem kan leda till vinster för samtliga aktörer; t.ex. reducerade kostnader för ägare och användare, förbättrat inomhusklimat för användare, nöjdare kunder för ägare, reducerad producerad marginalenergi för energileverantören, minskat underhåll för driftorganisationen och reducerad miljöpåverkan. Det är viktigt att belysa att det finns gemensamma nämnare hos alla aktörer i ett sociotekniskt system.

Med fokus på att förbättra byggnaders energiprestanda behöver ny kunskap formaliseras och förmedlas. Men vilken kunskap skall förmedlas? Idag finns några få vedertagna metoder för att följa upp och kategorisera energianvändning i bebyggd miljö. Metoder för att identifiera potential för värmepumpar i flerbostadshus, t.ex. frånluftvärmepump, samt att utvärdera hur energi- och kostnadseffektiva dessa åtgärder kan hjälpa fastighetsägare att ta riktiga beslut för att effektivisera byggnadens energiprestanda.

De metoder och datamodeller som finns idag är i huvudsak anpassade för nya byggnader, vilket innebär ett problem eftersom systemens energiprestandaegenskaper förändras med tiden. När systemparametrar förändras minskar befintliga modellers validitet. Av denna anledning bör modeller för gamla system vara flexibla med avseende på variationen i systemutformning.

Flera programvaror finns för att simulera energiflöden i olika system. Vissa av dessa är dedikerade program för beräkning av byggnader, men är inte flexibla gällande utformning av energisystem. Andra är mer generella och erbjuder då större frihet i att konstruera och modellera olika scenarier men kräver i gengäld mer av användaren och har därför inte erhållit någon vidare spridning.

Projektet avser att skapa virtuella energisystemmodeller i komplexa byggnader där energiprestanda med värmepumpar kartläggs. Resultaten från simuleringar jämförs med detaljerade fältmätningar på ett brett spektrum

av byggnader och genomförda förändringar i energisystemen. Utifrån jämförelse mellan simulering och mätningar kan de upprättade modellerna valideras. Validerade modeller kan sedan i ett vidare perspektiv användas för verifiering av alternativa åtgärder i de olika energisystemen i byggnader.

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

Målet med projektet är att utveckla en generell simuleringsmodell som beskriver hur de ingående energisystemen interagerar och påverkar befintliga byggnaders energiprestanda. Detta för att på ett korrekt sätt kunna utvärdera hur värmepumpar kan användas på bästa sätt för att effektivisera byggnaders energiprestanda. Ambitionen med simuleringsmodellen är att få djupare förståelse för hur förändringar i befintliga byggnaders energisystem påverkar hela byggnadens energiprestanda. Utifrån den djupare förståelsen utvecklas enkla modeller för att identifiera vilka åtgärder som är ekonomiska och praktiskt genomförbara. Den enkla modellens huvudsyfte är att ge fastighetsägare i Sverige en större möjlighet att reducera energianvändningen med hjälp av värmepumpar i sina byggnader genom att implementera den i sin befintliga driftorganisation.

Kortfattat i punktform kan projektets mål sammanfattas enligt:

- Utformning och framtagning av en generell simuleringsmodell för energisystem i befintliga byggnader som kan påvisa hur specifika byggnaders energiprestanda kan förbättras med hjälp av värmepumpar.
- Ta fram ett systematiskt angreppssätt för att identifiera viktiga möjligheter till att effektivisera energianvändningen i befintlig bebyggelse med hjälp av värmepumpar.
- Producera en generell metod för att hitta lämpliga åtgärder, systemlösningar och komponentval.
- Producera en licentiatavhandling (själva skrivandet och framläggandet av avhandlingen kommer att ske efter projekttidens slut).

Eftersom ett "generellt" verktyg eftersöks i detta projekt kommer studier att omfatta olika typer av byggnader, inte bara flerbostadshus. Modellen som utvecklas kommer ändå att vara kapabel att behandla och utvärdera förändringar i flerbostadshus, men också inom kommersiella byggnader och industribyggnader.

Den samlade kunskapsmassan från projektet skall utformas så att den kan förmedlas till samhället, minska befintlig byggnadsbeståndets energianvändning och därmed dess miljöpåverkan.



Genomförande, max 250 ord.

Följande aktiviteter planeras i projektet ("Effektiviseringsmodell av energitekniska system i befintligt byggnadsbestånd")

#### *Undersökning av kunskapsläget*

1. Litteratursökning och intervjuer med erfarna personer.

Även om den tilltänkte doktoranden har en mångårig erfarenhet kring energikartläggning och åtgärdsförslag på komplexa energisystem i byggnader med varierande användningsområden, är informationsinhämtning ofta den absoluta förutsättningen för ett lyckat projekt. Äldre erfarna tekniker och ingenjörer och ofta en ovärderlig källa av kunskap att ösa ur, problemet kan ibland vara att kunskapen inte är formaliserad. Eftersom doktorand "talar samma språk" (p.g.a. sin mångåriga praktiska erfarenhet som konsult) som dessa erfarna personer finns goda förutsättningar att även deras oformaliserade kunskap kan formaliseras och utnyttjas av projektet och övrigt berörda aktörer.

#### *Fallstudie i utvalda byggnader*

2. Välja objekt med olika förutsättningar.

Bland aktörerna som deltar i projektet finns tillgång till stor variation av byggnader, inklusive ålder och användning. Denna del av projektet syftar till att identifiera ett antal byggnader som (inklusive bostadshus byggda inom det s.k. "miljonprogrammet") kan förväntas vara representativa för övrigt byggnadsbestånd och således ge en kartläggning av bl.a. prestanda, typproblem och systemlösningar. Mätutrustning kan installeras i utvalda byggnader för senare användning, bl.a. som validering av modeller, men även som basdata inför framtida förändringar av energisystemen.

3. Inventera, klassa och beräkna potentialen.

När specifika byggnader är identifierade kan dessa inventeras och klassificeras baserat på t.ex. systemtyp, användning av byggnaden, typiska fel, energianvändning. Energibesparingspotentialen i dessa byggnader kan sedan uppskattas.

#### *Teoretisk systemanalys och modellering*

4. Modellering av tekniska system i utvalda byggnader.

Utvärdering av energitekniska system kan göras på flera olika sätt och modellnivåer. I detta projekt avser vi att i detalj studera energisystemets beteende för givna randvillkor (byggnaden). Detaljstudier av energisystem betyder implementering av systemets undersystem (ner till komponentnivå). Inledningsvis i denna fasen bör först lämpligt modelleringsverktyg identifieras, varpå det finns flera alternativ som alla har sina fördelar och nackdelar. Omedelbar tillgänglighet finns på avdelningen för följande kommersiella modelleringsverktyg; EES, TRNSYS, MATLAB, SIMULINK, IDA ICE, STELLA. Därutöver finns specialiserade datorprogram utvecklade inom avdelningen; PRESTIGE (värmepumpar för småhus), CyberMart (Energiberäkningar/kartläggningar av livsmedelsbutiker). När väl identifikationen på lämpligt modelleringsverktyg är genomförd skall energisystemen för valda byggnader implementeras i modelleringsverktyget.

#### *Komponentanalys ur funktionssynvinkel*

5. Med hjälp av systemanalys och diskussioner med deltagande företag få en bild av de krav som kan förväntas på komponenterna i byggnadernas energisystem.

Genom den teoretiska systemanalysen kan de ingående komponenternas funktion analyseras och komponenter som är kritiska för energisystemets prestanda identifieras. De deltagande företagens erfarenheter och synpunkter samlas in och samkörs med resultatet från analyser. Utredningen syftar till att se hur kommersiella aktörers interna krav på komponenter påverkar prestanda i energisystemet.

### *Komponent och systemprestanda*

6. Studera och mäta på energisystemen och dess ingående komponenter i utvalda projekt för att kontrollera och validera teoretiska modeller.  
Fältmätningarna fortsätter under denna punkt där inhämtad data för byggnaderna och dessa energisystem jämförs med motsvarande byggnad och energisystem implementerat i detaljerad simuleringsverktyg. Justeringar och modifieringar av teoretiska modeller kan vara nödvändiga, vilket helt naturligt och faktiskt en del av att tillfullo erhålla insikten och kunskapen om hur komponenter och system samverkar även i ett större perspektiv. De finjusterade modellerna som är resultat från denna del av projektet kan sedan användas för vidare analys av modifieringar av energisystem.

### *Analyser av effektiviseringspotential*

7. Analysera funktion, energianvändning och miljökonsekvens utifrån de önskemål som referensgruppen uttrycker (LCC, LCA).  
Validerade modeller används i detta skede till att undersöka vilken påverkan olika förändringar i energisystemet har i ett större perspektiv, avseende energianvändning och funktion. En given förändring av systemet innebär en kostnadspost, men även en förhoppning kring ett mer funktionsdugligt energisystem med lägre driftskostnader till samma eller bättre inneklimat. Modellerna möjliggör i detta läge att faktiskt värdera kostnader för en åtgärd mot minskad energianvändning. Om detta även sedan inkluderar systemets hela livslängd kan åtgärdens totala kostnad bestämmas, från vaggan till grav.

### *Skapa enkel modell för energieffektivisering*

8. Skapa en enkel modell för energieffektivisering  
De omfattande detaljmodeller som beskrivits ovan är av naturen alltför komplicerade att användas till vardags. Av denna anledning skapas i projektet mer anpassade modeller för just vardaglig användning. Dessa "enklare" modeller kan ses som frågeformulär eller "check-listor" där ett antal frågor om byggnaden och dess energisystem ställs. Svaren på dessa frågor bildar underlaget för att identifiera troligen lämpliga åtgärder med avseende på förväntad energibesparing och kostnadsbesparing. Modellen avser alltså att utifrån frågor, svar och en uppsättning regler göra den ovan nämnda bedömningen. Denna förenklade modell kan även ses som en grundplåt för ett eventuellt framtida "expertsystem".

### *Information*

9. Genomföra ett antal teknikseminarier för att belysa möjligheterna för olika intressenter.  
Avsikten med projektet är att ta fram modeller för att åstadkomma energieffektivare energisystem i befintlig byggnadspark. Projektets resultat har föga inverkan på nationell nivå om inte dess resultat kan kommuniceras ut till en bredare nyttjandekrets än de i projektet aktiva aktörer. Det är därför av yttersta vikt att resultaten sprids på bästa sätt, vilket görs i denna den sista aktiviteten i projektet. Således kommer resultaten att spridas genom publicering i nationella tidskrifter relevanta för projektet (t.ex. tidningen Energi & Miljö). Även internationell spridning av resultaten avses genom publicering i internationella vetenskapliga tidskrifter (t.ex. Energy and Buildings). Doktoranden skall också från arbetsprocessen inom projektet tillförskansat sig tillräckligt med kunskap för att skriva och försvara åtminstone en licentiatavhandling, även om dessa båda processer troligen sker efter projektets avslutande. Till sist kan även en nationell workshop tänkas anordnas för "undervisning" av hur modellerna kan utnyttjas av presumtiva användare.

**Kostnader**

KALENDERÅR	Projektets totala kostnad	Projektets totala kostnader per år				% av heltid
		2007	2008	2009	2010	
Lönekostnader	1 783 704	0	587 407	861 852	334 444	119
Laboratoriekostnad	0	0	0	0	0	
Datorkostnad	100 000	0	50 000	50 000	0	
Utrustning	270 000	0	100 000	150 000	20 000	
Material	270 000	0	100 000	150 000	20 000	
Resor	80 000	0	20 000	40 000	20 000	
Övriga kostnader	200 000	0	50 000	100 000	50 000	
Ev förvaltningskostnader	946 296	0	317 593	473 148	155 556	
<b>SUMMA</b>	<b>3 650 000</b>	<b>0</b>	<b>1 225 000</b>	<b>1 825 000</b>	<b>600 000</b>	

**Finansiering inkl. samfinansiärer**

FINANSIÄR	Andel i kronor och procent av projektets totala kostnader/år						
	År 2006	År 2007	År 2008	År 2009	År 2010	Total	(%)
Energimyndigheten			490 000	730 000	240 000	1 460 000	40
Bravida, Natura			196 000	292 000	95 000	583 000	16
Bravida, Likvida			49 000	73 000	25 000	147 000	4
DynaMate, Natura			196 000	292 000	95 000	583 000	16
DynaMate, Likvida			49 000	73 000	25 000	147 000	4
Humlegården, Natura			196 000	292 000	95 000	583 000	16
Humlegården, Likvida			49 000	73 000	25 000	147 000	4
<b>SUMMA</b>			<b>1 225 000</b>	<b>1 825 000</b>	<b>600 000</b>	<b>3 650 000</b>	<b>100</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 <b>Jörgen Wallin</b>	Namn på doktorand
Namn på doktorand	Namn på doktorand

Övriga samarbetspartners (ange organisation och namn)

Projektgruppen har för avsikt att söka vidare medel som en fortsättning på detta projekt via t.ex. CERBOF, där projektet inriktar sig mot mer generell betraktelse av byggnadsbestånd och åtgärds paket. Inledande fasen som beskrivs i föreliggande projektansökan fokuserar på värmepumpar i byggnadsbeståndet och resulterar i en licentiatavhandling. Fas två som söks via annan finansiering avser att resultera i en doktorsavhandling.

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

Projektets resultat har föga inverkan på nationell nivå om inte dess resultat kan kommuniceras ut till en bredare nyttjandekrets än de i projektet aktiva aktörer. Det är därför av yttersta vikt att resultaten sprids på bästa sätt. Resultaten sprids genom publicering i nationella tidskrifter relevanta för projektet (t.ex. tidningen Energi & Miljö). Även internationell spridning av resultaten avses genom publicering i internationella vetenskapliga tidskrifter (t.ex. Energy and Buildings).

För att sprida resultat i branschen anordnas en eller flera nationella workshops där man diskuterar hur resultatet från projektet kan utnyttjas av presumtiva användare och intressenter.

Doktoranden skall också från arbetsprocessen inom projektet tillförskansat sig tillräckligt med kunskap för att skriva och försvara åtminstone en licentiatavhandling, även om dessa båda processer troligen sker efter projektets avslutande. Ansvarig för resultatspridning åligger projektledaren, vilket i praktiken innebär att doktoranden skriver all rapportering under överinseende av handledare/projektledaren.

Bilagor

Intyg med underskrifter från samfinansierare

Övriga bilagor

Datum	Datum
Behörig firmatecknares (prefekt motsv.) underskrift	Projektledarens underskrift
Namnförtydligande, titel och telefon Björn Palm, Prof., 08 – 790 74 53	Namnförtydligande och titel Joachim Claesson, Tekn. Dr.