

# Simulering av värmepumpsystem och klimatmodeller

Martin Forsén  
KTH, Inst. För Energiteknik  
Avd. Tillämpad termodynamik och kylteknik  
100 44 Stockholm

## Sammanfattning

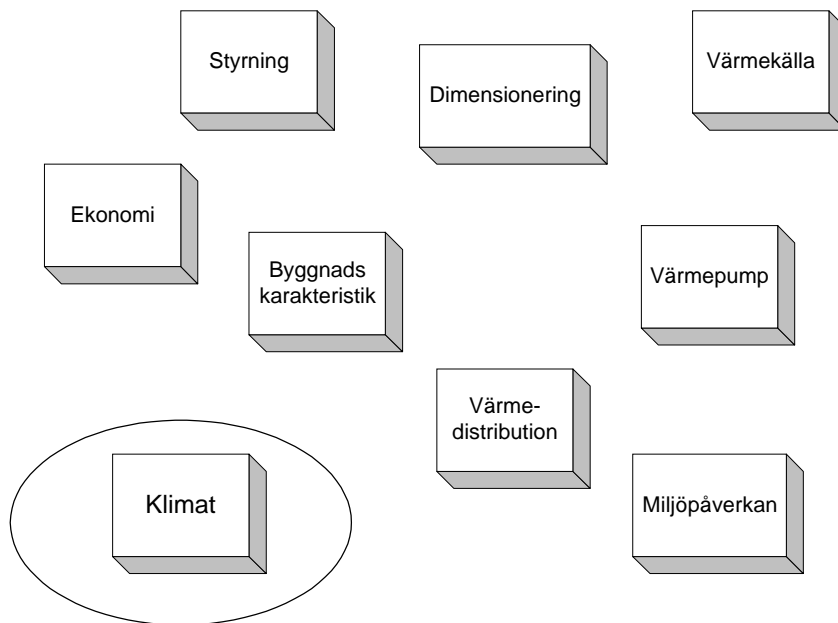
Inom energimyndighetens ramforskningsprogram Klimat 21 pågår ett delprojekt som omfattar framtagande av ett beräkningsprogram för energibesparing med hjälp av värmepumpar i småhus. En förutsättning för en vidsträckt introduktion av värmepumpar är att man på ett tillförlitligt sätt kan förutse hur en given värmepump kommer att fungera i en installation. Speciellt intressant är att kunna beräkna besparingsfaktor samt att jämföra driftskostnad mellan olika alternativ. Även möjlighet att jämföra miljöpåverkan mellan olika uppvärmningsalternativ tilldrar sig allt större intresse. I det inledande arbetet har ramarna för programmets uppbyggnad fastställts och inverkan av olika klimatmodeller utvärderats. Det slutgiltiga valet av klimatmodell blir en avvägning mellan beräkningsnoggrannhet, lättillgänglighet och erforderlig beräkningsomfattning.

## Introduktion

Idag råder svårigheter att få en rättvis jämförelse mellan olika värmepumpsalternativ eftersom många av de datorprogram som används är företagsspecifika. Ofta kan endast det egna företagets produkter användas i programmen. Även antalet faktorer som beaktas i beräkningen av totalkostnad varierar mellan programmen. I en del program ingår dimensionering av kollektorer för ytjordvärme respektive bergvärme emedan andra program förutsätter tillgång till andra dimensioneringsprogram.

Ett led i att förbättra informationen till brukare är att ta fram datorhjälpmedel som kan bli allmänt accepterade och som kan hjälpa brukare och kunder att fatta förnuftiga investeringsbeslut. Ett sådant verktyg är också mycket användbart i samband med utvecklingen av värmepumpar.

På Avdelningen för Tillämpad termodynamik och kylteknik på KTH pågår arbete med att ta fram ett sådant program. Programmet skall vara uppbyggt i utbytbara moduler, som skall kunna kopplas samman till en helhet, som speglar hela systemet. Bland dessa moduler ingår förutom karakteristik för själva värmepumpenheten, även egenskaper för olika värmekällor, distributionssystem, husets isolationsgrad och tröghet, klimatdata, dimensionering och ekonomi. Viktigt är att programmet på ett relevant sätt även tar hänsyn till hur värmepumpdriften styrs vid verkliga installationer. Resultat från beräkningarna kan sedan även kopplas mot miljömässiga aspekter, såsom reducering av koldioxidutsläpp etc.



*Figur 1 Exempel på beräkningsmoduler*

En förutsättning för att bestämma värmebehovet för en byggnad är möjligheten att på ett relevant sätt modellera klimatet. Klimatet påverkar i hög grad även värmepumpens kapacitet. I synnerhet för en värmepump med uteluft som värmekälla, men även bergvärmepumpars och jordvärmepumpars kapacitet påverkas så till vida att inkommande brinetemperatur varierar under året. Idealt för ett beräkningsprogram vore tillgång till fullständiga klimatdata för ett verkligt år, där utetemperaturens förändring kan observeras timme för timme. En sådan tidsupplösning kräver en enorm databas om man önskar täcka in ett stort antal orter. Även om det vore möjligt att upprätta en sådan databas i ett beräkningsprogram skulle det vara alltför kostsamt att få tillgång till dataunderlaget. Det finns idag beräkningsprogram uppbyggda enligt denna modell, men i dessa program är klimatdata begränsat till ett fåtal orter. I majoriteten av de program som förekommer på marknaden använder man sig istället av olika tekniker för att förenklat modellera klimatet. De tre grundprinciper man generellt använder sig av för modellering av utetemperaturen är:

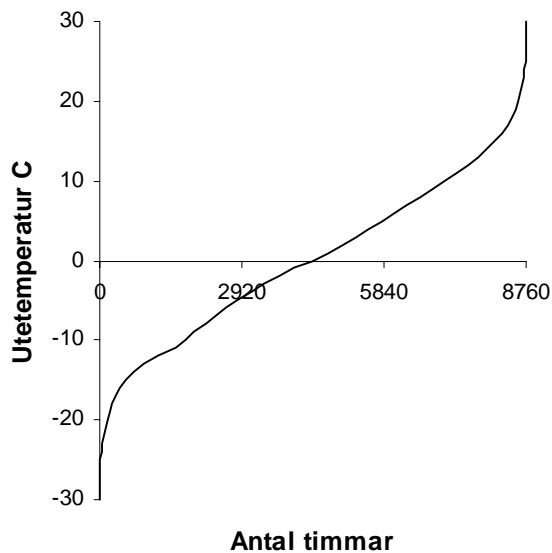
- användande av tabeller över varaktighet för olika utetemperaturer
- dygnsmedeltemperaturer
- låta dygnsförloppet under ett antal typdygn representera olika tidsperioder.

En viss variationen erhålls i beräkningsresultatet beroende på de speciella egenskaper som är förknippade med respektive metod. I den följande texten ges en kort beskrivning av de olika metoderna

### Klimatmodellering utifrån varaktighetsdiagram

I Sverige har väderobservationer från ett stort antal väderstationer registrerats under en längre tid. Dessa data sammanställs fortlöpande och ligger till grund för statistiska tabeller. Data i form av utetemperaturens varaktighet på olika orter är relativt lättillgängligt och utgör ett enkelt underlag för att beräkna byggnaders värmebehov. I energiberäkningsprogram som använder utetemperaturens varaktighet för beräkning av värmebehov beräknas byggnadens värmebehov för varje temperatur. Den värmeeffekt som krävs för en specifik utetemperatur multipliceras med det antal timmar som denna temperatur normalt uppträder varje år. Då detta

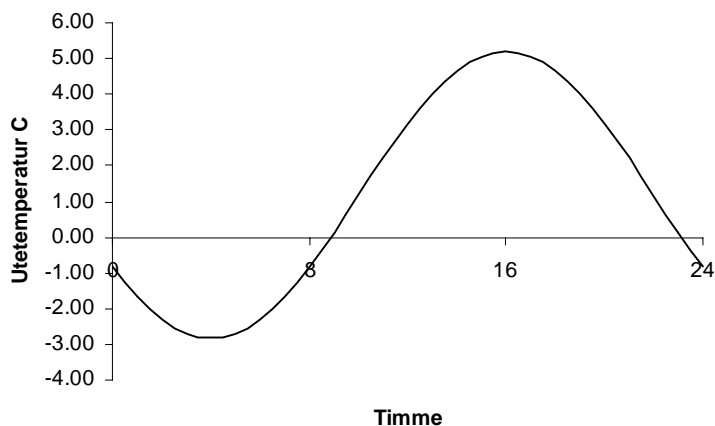
summeras för alla uppträdande temperaturer erhålls det totala värmebehovet för byggnaden under ett år. Fördelarna med denna metod är att den är relativt billig och kräver ganska lite beräkningskapacitet. Eftersom eltaxor och inkommande brinetemperatur är säsongberoende och inte direkt hänfört till en given utomhustemperatur uppstår problem vid beräkning av driftskostnad för dessa värmepumpar. Ett vanligt sätt att hantera detta problem är att göra ett antagande om att låga temperaturer endast uppträder under vinterhalvåret.



Figur 2 Varaktighetsdiagram

### Klimatmodellering utifrån typdygn

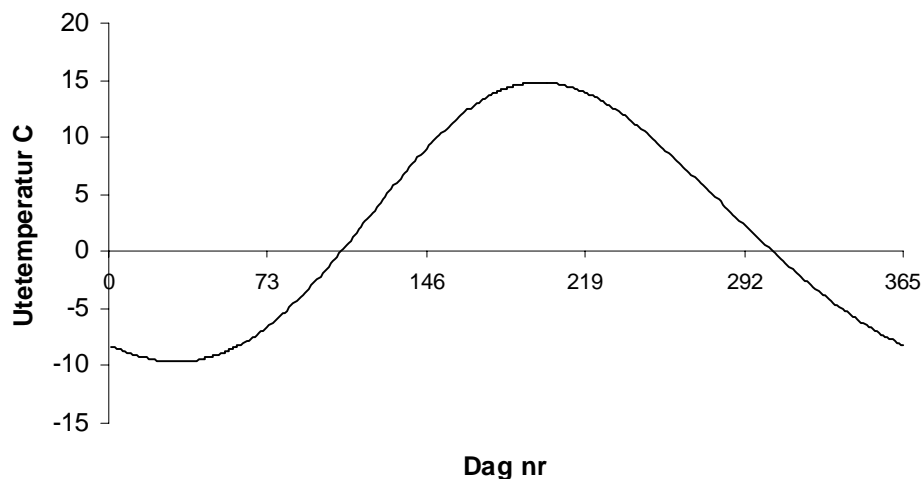
En annan förekommande modelleringsmetod är att definiera ett antal typdygn för varje ort. Exempelvis väljer man ut ett dygn för varje månad. Utetemperaturens variation under detta dygn får sedan representera månadens alla dygn. Beräknas sedan energibehovet för dygnet och multipliceras med antalet dagar i månaden erhålls ett värde på månadsförbrukning. Önskas större noggrannhet i beräkningarna väljer man fler typdygn som får representera kortare tidsperioder än en månad. Denna metod gör det möjligt att ta hänsyn till säsongsvariationer för eltaxor och brinetemperaturer. Antalet typdygn som skall motsvara året blir en avvägning mellan kravet på beräkningsnoggrannhet och resurser för datainsamling.



Figur 3 Exempel på dygnsvariation för typdygn

## Klimatmodellering utifrån dygnsmedeltemperatur

I beräkningsprogram förekommer även klimatmodeller som bygger på en databas innefattande dygnsmedeltemperaturen för årets alla dygn. Antingen inköps dataunderlaget från något meteorologisk institut eller så använder man sig av en matematisk modell som utifrån ett fåtal parametrar genererar dygnsmedeltemperaturen. Energiförbehovet kan sedan beräknas dag för dag och summeras för erhålla årsenergiförbehovet. Metoden ger relativt noggranna beräkningar med möjlighet att beakta säsongsvariationer för eltariffer och brinetemperaturer.



Figur 4 Exempel på dygnsmedeltemperaturens årsvariation

I detta projekt har vi jämfört en klimatmodell som utgår från dygnsmedeltemperaturen och en egenutvecklade modell där dygnsvariationen av utetemperaturer överlagras dygnsmedeltemperaturen. I jämförelsen utgår vi från en byggnad i Svea med ett dimensionerande värmebehov av 8 kW. Byggnaden är att anses som väldigt lätt varmed varje temperaturändring utomhus ger en omedelbar förändring i värmebehovet. Huset är försett med en värmepump med uteluft som värmekälla vars kapacitet angivits utifrån givna testpunkter. En kapacitetskurva har tagits fram genom att linjärisera prestanda mellan testpunkterna. Energier från värmepumpen, värmebehov respektive erforderlig tillsatsenergi har beräknats med de två olika klimatmodellerna. Resultatet har beräknats med de två modellerna och redovisas för två vinterdygn och för en hel uppvärmningssäsong. I tabellerna nedan redovisas resultatet kort.

### Resultat från de två vinterdygnen

	$\Sigma$ tillförd energi VP (kWh)	$\Sigma$ Tillsats energi (kWh)	$\Sigma$ Värmebehov (kWh)
Dygnsvariation	120	162	282
Dygnsmedel	187	95	282
Avvikelse	+56.2%	-41.4%	0%

### Jämförelse av en hel uppvärmningssäsong

	$\Sigma$ tillförd energi VP (kWh)	$\Sigma$ Tillsats energi (kWh)	$\Sigma$ Värmebehov (kWh)
Dygnsvariation	18404	5587	23991
Dygnsmedel	19707	4120	23827
Avvikelse	7.1%	26.2%	-0.7%

Dygnsmedeltemperaturen för de två vinterdygnen ligger precis över värmepumpens lägsta arbetstemperatur. Under dessa två dygn kommer dock utetemperaturen att understiga lägsta arbetstemperatur under ett flertal timmar och i det verkliga fallet kommer inte värmepumpen att arbeta överhuvudtaget under dessa timmar. Det här fenomenet kan inte observeras då man endast grundar beräkningarna på dygnsmedeltemperaturen eftersom denna modell tror att dygnsmedeltemperaturen råder under dygnets samtliga timmar. Om man jämför beräkningar utförda med de två modellerna för en hel uppvärmningssäsong blir skillnaderna inte alls lika stora eftersom det även finns ett antal dygn med medeltemperatur något under värmepumpens lägsta arbetstemperatur. Avvikelsen blir trots allt i storleksordningen 7%. Om klimatet modelleras utifrån dygnsmedeltemperatur blir täckningsgraden 83%. Använder man sig av modellen som tar hänsyn till dygnsvariationen erhålls ca 77% täckningsgrad. Ett av kriterierna i det nyligen framtagna kriteriedokumentet för miljömärkning av små värmepumpar [1] kräver en täckningsgrad av 80% för att kunna miljömärka uppvärmningssystemet.

## Referenser

[1] ”Miljömärkning av Små värmepumpar som uppvärmningssystem” Kriteriedokument 15 juni 1998-14 juni 2001 Version 1.0; Nordisk Miljömärkning.