



# Nästa generations värmepumpssystem i bostäder och lokaler

Caroline Haglund Stignor, Markus Lindahl, Markus Alsbjer, Roger Nordman, Lennart Rolfsman, Monica Axell



# Innehållsförteckning

<b>Innehållsförteckning</b>	<b>3</b>
<b>Förord</b>	<b>6</b>
<b>Sammanfattning</b>	<b>7</b>
<b>Summary - Next-generation heat pump systems in residential buildings and commercial premises</b>	<b>12</b>
<b>1 Kartläggning av värmepumpsmarknaden</b>	<b>17</b>
1.1 Befintliga systemlösningar	17
1.1.1 Bostäder	17
1.1.2 Lokaler	24
1.2 Nuvarande marknadsomfattning	24
1.2.1 Bostäder	26
1.2.2 Lokaler	26
<b>2 Kartläggning av fastighetsbeståndet</b>	<b>27</b>
2.1 Sammanställning av värmebehov, kylbehov och tappvarmvattenbehov för lokaler och bostäder	27
2.2 Bostäder	29
2.2.1 Småhus (en- och tvåfamiljshus)	29
2.2.2 Flerfamiljshus	31
2.3 Lokaler	33
2.4 Distributionsmetoder samt vilka krav de ställer på framledningstemperatur och elbehov för pump- och fläkt drift	37
2.4.1 Distributionssystem för värme	37
2.4.2 Distributionssystem för kyla	38
<b>3 Kartläggning och analys av nuvarande och framtida krav</b>	<b>40</b>
3.1 Beskrivning av den förväntade utvecklingen för fastighetsbestånd gällande både nybyggnation och ombyggnad	40
3.2 Analys av inverkan från nuvarande och framtida lagstiftning och direktiv på krav för framtida systemlösningar	40
3.2.1 Direktivet för "Energy using products, EuP"/ Eco-design-direktivet	41
3.2.2 Energieffektivitetsdirektivet	44
3.2.3 F-gas-förordningen	47
3.2.4 EPBD och "nya" BBR	49
3.2.5 Energideklarationer för byggnader	52
3.2.6 Utsläppsrätter	54
3.2.7 Standarder och metoder	54
3.2.8 Märkningssystem (P-märkning, DACH, Svanen)	56
<b>4 Hur kommer framtida energi- och effektbehov påverkas?</b>	<b>58</b>
4.1 Scenarier baserat på kapitel 1-3	58
4.1.1 Scenario "Miljö/Klimat" (2)	58
4.1.2 Scenario "Business as Usual" (1)	60
4.1.3 Scenario "Tillväxt" (3)	61
4.2 Typbyggnader	62
4.2.1 Enbostadshus	62
4.2.2 Flerbostadshus	63
4.2.3 Kontor	64
4.2.4 Skolor	65
4.2.5 Förändrade energibehov för typbyggnaderna för olika scenarier	67

4.3	Påverkan från enskilda parametrar	74
4.3.1	Klimatförändring	74
4.3.2	Solavskärmning	75
4.3.3	Isolering	75
4.3.4	Värmeåtervinning	76
4.3.5	Fönster	76
4.3.6	Internvärme	76
4.3.7	Brukarbeteende	76
4.3.8	Tröga, snabba, tunga, lätta konstruktioner	76
<b>5</b>	<b>Kravspecifikation</b>	<b>77</b>
5.1	Enfamiljshus	77
5.1.1	Befintliga typhus (70-talshus)	77
5.1.2	Befintliga 40-talshus vid byte av befintlig bergvärmepump	77
5.1.3	Nybyggda typhus år 2020	77
5.2	Flerfamiljshus	78
5.2.1	Befintliga typhus (miljonprogramshus)	78
5.2.2	Nybyggda flerfamiljshus (typhus) år 2020	78
5.3	Kontor	79
5.3.1	Befintligt typkontor (byggt på 80-talet)	79
5.3.2	Nybyggt kontor år 2020	79
5.4	Skolor	79
5.4.1	Befintlig typskola (byggd under 70-talet)	79
5.4.2	Nybyggd skola år 2020	80
5.5	Övriga lokaler – förskolor och äldreboenden	80
<b>6</b>	<b>Utveckling av begreppet SPF och definition av jämförelseobjekt</b>	<b>81</b>
<b>7</b>	<b>Jämförelse av olika systemlösningars prestanda</b>	<b>83</b>
7.1	Generella indata	83
7.2	Enfamiljshus	83
7.2.1	Befintliga typhus (70-talshus)	83
7.2.2	Befintliga 40-talshus vid byte av befintlig bergvärmepump	90
7.2.3	Nybyggda typhus år 2020	95
7.3	Flerfamiljshus	99
7.3.1	Befintliga typhus ("miljonprogramshus")	99
7.3.2	Nybyggda typhus	102
7.4	Kontor	106
7.4.1	Befintliga kontor	106
7.4.2	Nybyggda kontor	111
7.5	Skolor	113
7.5.1	Befintlig skola	113
7.5.2	Nybyggd skola	116
7.6	Övriga lokaltyper	118
7.7	Jämförelse av olika systemlösningars inverkan på elnätets energi och effektbalans	118
<b>8</b>	<b>Jämförelse av olika systemlösningars konkurrenskraft i ett livscykelerspektiv map på kostnader</b>	<b>120</b>
8.1	Enfamiljshus	122
8.1.1	Befintliga enfamiljshus (70-tal)	122
8.1.2	Befintliga enfamiljshus (40-tal)	124
8.1.3	Nybyggda enfamiljshus	124

8.2	Flerfamiljshus	125
8.2.1	Befintliga flerfamiljshus	125
8.2.2	Nybyggda flerfamiljshus	126
8.3	Kontor	127
8.3.1	Befintliga kontor	127
8.3.2	Nybyggda kontor	128
8.4	Skolor	129
8.4.1	Befintliga skolor	129
8.4.2	Nybyggda skolor	130
<b>9</b>	<b>Jämförelse av olika systemlösningar inverkan på miljön</b>	<b>133</b>
<b>10</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>136</b>
10.1	Hur långt kan man nå idag med state of the art teknik?	137
10.2	Identifiering av nya forskningsbehov	137
<b>11</b>	<b>Referenser</b>	<b>139</b>
	<b>Appendix A Statistik över energianvändningen i fastighetsbeståndet</b>	<b>141</b>
	<b>Appendix B Bakgrundsdata för kostnadsuppskattningar</b>	<b>151</b>
	<b>Appendix C Miljöutvärdering av systemlösningar</b>	<b>157</b>

## Förord

Denna rapport är en slutrapport för ett projekt med samma namn ”Nästa generations värmepumpssystem i bostäder och lokaler” som bedrivits på SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Projektet har finansierats av ELFORSK och Energimyndigheten via kollektivforskningsprogrammet effSys2 och ett stort antal deltagande företag från värmepumps-, energi-, bygg- (genom FoU-Väst) och fastighetsbranschen, som bidragit med erfarenhet och kompetens och arbetstimmar och finansiering – AB Bostäder i Borås, Akademiska hus, Borås Energi och Miljö, Enertech AB, Göteborgs Energi AB, IVT Industrier AB, JACAB AB, JM AB, LB Hus, NCC, Nibe AB, Peab AB, Refcon, Skanska, Skellefteå Kraft, SBUF (Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond), Sveriges Byggindustrier, Landstinget i Uppsala län, Vattenfall Utveckling, VVS Företagen, Västfastigheter och ÅF. Projektet har utförts av en forskargrupp på SP (se författare till denna rapport) samt ett antal experter från Chalmers – Per Fahlén och Jan-Olof Dalenbäck - och Lunds Tekniska Högskola – Göran Hellström. Författarna vill tacka alla som bidragit eller deltagit i detta projekt!

Inom projektet har litteratur- och intervjustudier genomförts och dessutom har ett stort antal beräkningar utförts. Under projektet har totalt sex olika möten hållits med de deltagande parterna, varav ett var en tvådagars ”workshop”. Under dessa möten har delresultat presenterats och diskuterats och beslut tagits om hur det fortsatta arbetet skulle utföras.

## Sammanfattning

Inom detta projekt har olika delstudier genomförts med målet att få fram en bild av hur framtidens värmepumpssystem kommer att se ut samt vilka krav som kommer att ställas på dessa för att de ska vara konkurrenskraftiga. Framtiden är definierad som 10-15 år fram i tiden.

Till att börja med genomfördes en **kartläggning av värmepumpsmarknaden** för att ta reda på vilka befintliga systemlösningar som finns på den svenska marknaden idag samt hur värmepumpsmarknaden har utvecklats under de senaste åren. Resultaten från denna delstudie visar att värmepumpar blivit allt vanligare i enfamiljshus det senaste decenniet. Försäljningssiffran för 2006 visar en toppnotering på över 120 000 sålda värmepumpar enligt SVEP vilket innebär en tiofaldig ökning på 10 år. Vätska/vattenvärmepumpar och luft/luftvärmepumpar är de mest sålda typerna. Den förstnämnda installeras ofta i äldre hus med vattenburna system som tidigare värmts med olja medan luft/luftvärmepumpen oftast installeras i hus som saknar ett vattenburet uppvärmningssystem. Frånluftvärmepumpen har varit vanlig i nybyggda småhus. På senare år har även (ute)luft/vattenvärmepumpen blivit allt vanligare och dessa installeras vanligen i befintliga hus i Södra Sverige. Värmepumpssystem i större fastigheter och lokaler är fortfarande relativt ovanligt, även om det finns många exempel på installerade både frånluft-, uteluft- och vätska/vattenvärmepumpar i större fastigheter och lokaler.

I nästa delstudie gjordes en **kartläggning av fastighetsbeståndet**. Resultatet visar att en stor andel av enfamiljshusen i Sverige är byggda antingen före 1940 eller under 1970-talet och att färre och färre hus byggts under de senaste decennierna. Den sammanställda statistiken visar att en stor andel av husen byggda på 70-talet värms med direktverkande el (som ofta kompletteras med en luft/luftvärmepump) och att det idag finns mycket få hus kvar som värms upp med hjälp av olja. När det gäller flerfamiljshus har färre och färre byggts för varje decennium sen miljonprogrammet avslutades på 1970-talet. De flesta av dessa värms med fjärrvärme, vilket tyder på att de ligger inom områden där det finns ett fjärrvärmenät. För lokaler ser det ungefär likadant ut. De tre vanligaste lokaltyperna är de som används som kontor och förvaltning, skolor och vård.

I nästa del av projektet gjordes en **kartläggning och analys av nuvarande och framtida krav**. Den förväntade utvecklingen av fastighetsbeståndet är att det kommer att byggas relativt få nya bostäder och lokaler jämfört med vad det gjordes för några decennier sedan. Det som byggs kommer troligtvis att vara relativt energieffektivt jämfört med det befintliga beståndet. Det befintliga fastighetsbeståndet kommer dock att renoveras till viss del. Både de enfamiljshus som byggdes under 70-talet och de flerfamiljshus som byggdes under miljonprogrammet har nått en sådan ålder att omfattande renoveringar är nära förestående. Renoveringarna kommer sannolikt att leda till att dessa hus kommer att kräva mindre energi.

En viktig del i denna delstudie var också att **analysera inverkan från nuvarande och framtida lagstiftning och direktiv på krav för framtida systemlösningar**. Som exempel kan nämnas att det s.k. *Ecodesigndirektivet* kommer att leda till att internvärmen från elektrisk utrustning i bostäder och lokaler kommer att minska, *Energieffektivitetsdirektivet* sätter upp mål för hur mycket varje land ska minska sin energianvändning fram till år 2020 och för att Sverige ska uppnå sina mål föreslår en svensk utredning tex att statliga bidrag ska ges till strategiska installationer i småhus, flerfamiljshus och lokaler, vilka leder till minskad energianvändning. Hur snabbt renoveringar kommer att göras för att minska energianvändningen i bebyggelsen beror på många olika faktorer, inte minst ekonomiska. Installation av en värmepump kan vara ett enklare och billigare sätt att minska en byggnads energianvändning utan att göra

omfattande modifieringar av själva klimatskalet. De nya byggreglerna för ny- och ombyggnation (*BBR2008*), vilka gäller från 1 februari 2009 innebär att gränser för specifik energianvändning införs (infördes redan i *BBR2006*, men har nu reviderats). De nya byggreglerna är en effekt av *EPBD (Energy Performance of Buildings Directive)*. Kraven är olika beroende var i landet husen är placerade och beroende på om el är den huvudsakliga värmekällan eller inte. Kraven leder troligtvis till att värmeåtervinning av ventilationsluften kommer att krävas i nybyggda hus, även sådana som värms upp av fjärrvärme, att dagens frånluftsvärmepumpar kommer att bli mer ovanliga i nybyggda hus och att vätska/vattenvärmepumpar blir vanligare. Nybyggda småhus kommer troligtvis också att bli mer välisolerade.

Tillsammans med projektgruppen togs tre olika **framtidsscenarioer** fram för år 2020, vilka benämndes ”Miljö/Klimat”, ”Business as Usual” och ”Tillväxt” och olika typbyggnader definierades – två olika småhus, ett flerbostadshus, ett kontor och en skola. I nästa del av studien studerades hur **olika åtgärder på fastighetens klimatskal, förändrade internvärmeeffekter samt ett förändrat klimat kommer att påverka byggnaders framtida energi- och effektbehov**. Beräkningar för typhusen för de olika scenariorna genomfördes med hjälp av programmet BV<sup>2</sup>.

Det förstnämnda scenariot, ”Miljö/Klimat” var det som projektgruppen trodde mest på och de fortsatta studierna gäller därför detta scenario. Det innebar en ökning på årsmedeltemperaturen på 1°C, att miljö- och klimatmedvetenheten hos människor och samhälle är stor och att man är beredd att betala för det och att det finns fler krav, lagar och regler som styr mot energieffektivitet och CO<sub>2</sub>-minskning. Detta scenario innebär också att användandet av hushållsel minskat betydligt och därmed även internvärmens från elektrisk utrustning, att äldre hus har tilläggsisolerats och att solavskärmning tillämpas på både nya och befintliga byggnader. När det gäller teknikutveckling innebar scenariot att pumpar, fläktar och varvtalsstyrda kompressorer blivit betydligt effektivare. Energipriserna förväntas öka och längre återbetalningstider förväntas accepteras.

Resultaten från beräkningarna för detta scenario visar att uppvärmningsbehoven kommer att minska i både befintliga och nybyggda bostäder och lokaler, även om internvärmens från elektrisk utrustning förväntas minska. Om effektiv solavskärmning används kommer klimatkylla inte att vara nödvändig i bostäder, även om omgivningsklimatet blir varmare och husen mer välisolerade. När det gäller kontor kommer behovet av både värme, el och kyla att minska för både befintliga och nybyggda kontor jämfört med dagens typkontor. Även för skolor kommer behovet av värme och el att minska. Beräkningarna visar att de faktorer som får störst betydelse för byggnadernas energianvändning är ökning av isolering av väggar och tak samt användning av effektiv solavskärmning.

Baserat på fakta från projektets tidigare delar skapades en **kravspecifikation** i samarbete med projektgruppen för framtidens värmepumpssystem när de ska installeras i nya eller befintliga bostäder och lokaler. Eftersom scenariot ”Miljö/Klimat” var det scenario projektgruppen trodde var mest troligt, var fokus på det. Några av de viktigaste punkterna i kravspecifikationerna för alla utvärderade bostäder och lokaler var att värmepumpen ska klara hela uppvärmningsbehovet utan eltilsats och att värmepumpen ska kunna anpassa den avgivna värmeeffekten efter det aktuella uppvärmningsbehovet (så att den inte arbetar på onödigt höga framledningstemperaturer). För de olika byggnadstyperna ställdes olika krav på distributionssystemet.

Olika **förslag på systemlösningar** för värmepumpssystem i de olika tidigare definierade typbyggnaderna togs sedan fram i samarbete med projektgruppen. Dessa utvärderades därefter beräkningsmässigt, delvis med hjälp av programmet BV<sup>2</sup>. De föreslagna systemlösningarna innefattar värmekälla, värmepump och värmesänka. Värmepumpar i



kombination med solfångare utvärderades. Inom projektet fanns ingen begränsning i att utesluta andra värmekällor (t.ex. biobränsle) eller annat än elektriskt driva värmepumpar. Ingen sådan lösning var dock tillräckligt intressant för fortsatt utvärdering. För byggnader med kylbehov (kontor och nybyggda skolor) utvärderades olika lösningar som använder frikyla en del av året. Möjligheten till kyla utan extra elanvändning utvärderades även för bostäderna. De olika systemlösningarna utvärderades ur ett prestandamässigt, kostnadsmässigt och miljömässigt perspektiv (utsläpp av CO<sub>2</sub>). Vid utvärdering av resultaten har begreppet SPF ("Seasonal Performance Factor" eller "systemårsfaktor" på svenska) modifierats för att även inkludera kyla och för varje typ hus har ett "dagens system" identifierats för att ha som jämförelse.

Resultaten från beräkningarna visar bland annat att små luft/vattenvärmepumpar i **småhus** blir relativt bra prestandamässigt och kan erbjuda viss kyla utan extra elanvändning, men får svårt att konkurrera kostnadsmässigt mot system med en luft/luftvärmepump i kombination med en solfångare. Generellt kan sägas att system med vätska/vattenvärmepumpar får bättre SPF-värden än system med luft/vattenvärmepumpar, men skillnaden i den årliga kostnaden blir ofta inte så stor om en annuitet på investeringen inkluderas, eftersom systemen med vätska/vattenvärmepumpar innebär en dyrare investering. Alla värmepumpssystem får dock svårt att konkurrera kostnadsmässigt med direktel och fjärrvärme för dessa hus med små uppvärmningsbehov. För att de ska göra det krävs att det finns mindre (<5 kW) vätska/vatten- och luft/vattenvärmepumpar på marknaden som är betydligt billigare än vad som antogs i denna studie.

I det studerade scenariot har det antagits att befintliga hus har tilläggsisolerats i stor utsträckning. Husens maximala värmeeffektbehov har därför minskats betydligt. Resultaten från beräkningarna visar att det därför inte borde innebära några problem att installera en ny värmepump i ett befintligt borrhål även om den nya vätska/vattenvärmepumpen är dimensionerad så att den täcker hela uppvärmningsbehovet även den kallaste dagen.

För **hus med större värmebehov** gäller att lösningar med vätska/vattenvärmepumpar är kostnadsmässigt konkurrenskraftiga mot fjärrvärme/fjärrkyla-lösningar. Ofta även om anslutning till fjärrvärme redan finns. Miljöpåverkan beror på hur elen värderas. Återladdning av borrhålet samt installation av ett stort antal fläktkonvektorer leder till lägre energianvändning men de extra investeringarna detta kräver får väldigt lång återbetalningstid.

För ett **kontor** visade sig ett system med en luft/vattenvärmepump och ett system med en vätska/vattenvärmepump kopplad mot ett borrhålslager ungefär likvärdiga kostnadsmässigt, men det sistnämnda var mest fördelaktigt energimässigt och därmed även miljömässigt. I båda fallen antogs det att samma värmepumpssystem användas till både värme och kyla och därmed kan både den varma och kalla sidan på värmepumpen nyttjas samtidigt. Den huvudsakliga anledningen till att systemet med vätska/vattenvärmepumpen får så pass mycket bättre energiprestanda är att kyla kan hämtas från borrhålet utan att kompressorn är i drift under en stor del av kyla-säsongen.

För en befintlig **skola**, där inget kylbehov antogs föreligga, gällde att systemet med vätska/vattenvärmepumpen var energi- och därmed även miljömässigt mer fördelaktigt, än ett system med en luft/vattenvärmepump, men att det omvända gällde när den årliga kostnaden, inklusive annuiteten för investeringen, jämfördes.

SPF-värden för de föreslagna systemlösningarna har beräknats och **jämförts med SPF-värden för dagens lösningar** i vissa fall är de föreslagna systemlösningarna system som

i praktiken redan finns på marknaden, i vissa fall inte. De föreslagna systemlösningarna är därmed allt från 0 till upp mot 140 % bättre än dagens lösningar. De föreslagna systemlösningarna består till stor utsträckning på kombinationer av komponenter som finns tillgängliga redan idag. Dock behövs nya storlekar (effektmässigt) och styrningar utvecklas. Detta betyder att man kan nå relativt långt med state-of-the-art teknik, men att insatser behövs för att vissa av systemen ska bli konkurrenskraftiga ur ett kostnadsmässigt perspektiv.

När det gäller **miljövärderingen** (i denna studie begränsad till **klimatvärdering**) av de olika systemlösningarna med värmepumpar kontra lösningar med fjärrvärme och fjärrkyla är resultatet helt beroende av hur elen värderas. Enligt Energimyndigheten finns riktlinjer som säger att om konsumenten har kontrakterat en viss typ av el, till exempel vindkrafts- eller vattenkraftsel, så ska miljöbelastningar från sådan el användas vid miljövärdering av elanvändningen. Om en värmepumpslösning miljövärderas på detta sätt och dess miljöbelastning jämförs med den som blivit om en fjärrvärme/fjärrkylalösning använts istället, blir den från värmepumpslösningen oftast betydligt lägre. Om elen inte är kontrakterad att vara producerad på ett visst sätt ska "värsta fallet" istället användas vid miljövärderingen av elanvändningen enligt Energimyndighetens riktlinjer. Detta blir någon form av marginalproduktion av elen. Om värmepumpens elanvändning värderas på detta sätt blir fjärrvärme/fjärrkylalösningarna bäst ur miljöperspektiv

När det gäller **olika systemlösningars eleffektbehov** kräver värmepumpar som har luft som värmekälla betydligt högre eleffekt när det är som kallast ute (jämfört med dem som har mark eller berg som värmekälla), eftersom dess prestanda påverkas i större utsträckning av en sjunkande utomhustemperatur. När det gäller eleffekt för kyla kommer de lösningar som använder sig av frikyla från marken att ha ett lägre effektbehov de flesta av årets varma timmar/dagar. Det är dock osäkert hur mycket det skiljer för de absolut varmaste timmarna när de inträffar sent under kyla-säsongen. Risken är då att borrhålet är så uppvärmt att det inte längre tillför någon kyleffekt och systemet blir då likvärdigt med en reversibel luftvärmepump.

**Sammanfattningsvis** kan man från denna studie dra följande slutsatser.

- Installation av ett värmepumpssystem är ett mycket effektivt sätt att minska en byggnads energianvändning utan att göra några större förändringar på byggnadens klimatskal och kan därför bidra till att Sverige kan nå sina energieffektiviseringsmål.
- För de småhus som byggs eller för dem där omfattande isolering görs vid renovering krävs en ny generation kostnadseffektiva mindre värmepumpar.
- Marknadspotentialen för större värmepumpar, än vad hittills varit vanligt förekommande, verkar också vara väldigt god. Det borde finnas goda möjligheter att sälja sådana till både flerbostadshus och till lokaler.
- Särskilt konkurrenskraftiga blir värmepumpslösningar i de fall där det finns ett samtida värme- och kylbehov i fastigheten, men även i de fall där värmebehovet dominerar under en del av året och kylbehovet under en annan.

För att de föreslagna systemlösningarna ska kunna realiseras till fullo kommer i vissa fall att **ytterligare forskningsinsatser** att behöva göras. För det första krävs forskning och utveckling för att effektiva pumpar, fläktar och varvtalsstyrda kompressorer ska tas fram och komma ut på marknaden.

För att få en klar bild av hur effektiva såväl dagens som de föreslagna systemlösningarna är i verkligheten krävs mätningar och uppföljningar av verkliga system. Denna kunskap är en förutsättning för att kunna vidareutveckla systemen. Detta gäller bostäder men i ännu större utsträckning lokaler. Verkliga värme- och kylbehov i olika typer av lokaler

skulle behöva kartläggas mer grundligt för att ta reda på hur systemen ska styras för att minimera den totala energianvändningen.

Mycket tyder på att framtidens småhus kommer att bli allt mer energieffektiva. Detta kan leda till att de värms upp i större utsträckning av direktel eftersom andra system (värmepumpar eller fjärrvärme) innebär alltför stora investeringar för att de ska bli lönsamma. För att undvika detta behöver forskning och utveckling satsas på att ta fram kostnadseffektiva små värmepumpsystem (<5 kW) som kan användas till både rumsvärmning och tappvattenvärmning.

Det finns krav på att alla nybyggda småhus ska vara mekaniskt ventilerade. Frånluftsvärmepumpar som använder denna luft som värmekälla har under de senaste decennierna varit mycket vanliga i nybyggda småhus, men de nya byggreglerna (BBR2008) gör att dagens frånluftsvärmepumpar med stor sannolikhet inte kommer att leda till tillräckligt låg specifik energianvändning på de flesta ställen i landet. Ytterligare utredningar och undersökningar behöver göras på hur den energikälla som ventilationsluften utgör ska användas på bästa sätt.

## Summary - Next-generation heat pump systems in residential buildings and commercial premises

This project has involved a number of sub-studies aimed at establishing a picture of what future heat pump systems will look like, and what requirements they will have to meet in order to be competitive. For this purpose, 'the future' is regarded as being about 10-15 years ahead.

The work started with a **survey of the heat pump market** to obtain an overview of existing heat pump system packages on the Swedish market today, and of how the market has developed over the past few years. The results from this work show that heat pumps have become increasingly common in detached houses over the last decade. Sales figures from SVEP for 2006 show a peak of over 120 000 units sold, which represents a tenfold increase in ten years. Liquid-to-water heat pumps and air-to-air heat pumps are the most commonly purchased, with the former generally being installed in older houses having waterborne heating systems that had previously been heated by oil firing, while the latter are generally installed in houses not having waterborne heating systems. Exhaust air heat pumps have become common in newly built detached houses. In the last few years, (outdoor) air-to-water heat pumps have become increasingly common, usually being installed in existing houses in the southern parts of Sweden. Heat pump systems in larger properties and in commercial or other premises are still relatively uncommon, although there are (in absolute terms) many systems in larger properties and in commercial premises, of exhaust air, outdoor air and liquid-to-water types.

The next sub-study was devoted to a **survey of the country's property stock**. The results show that a considerable proportion of detached houses in Sweden were built either before the 1940s or during the 1970s, with a steadily declining number of houses being built over the last couple of decades. The overall statistics shows that a substantial proportion of houses built in the 1970s are heated by direct electric heating (often in combination with an air-to-air heat pump), and that there are very few houses left today that are heated by oil. As far as apartment buildings are concerned, the number of new builds has declined each decade since the Million New Homes programme was concluded in the 1970s. Most of these buildings are heated by district heating, which indicates that they are in areas served by district heating systems. The picture is more or less the same for non-residential premises. The three most common types are those used as offices and administration buildings, schools and health care premises.

The next part of the project was devoted to a **survey and analysis of present and future requirements**. The expected development of the country's building stock foresees relatively little new building of residential buildings or commercial or similar premises. What is built will probably be relatively energy-efficient in comparison with existing building stock, although the latter will probably be renovated and upgraded to some extent. Detached houses built in the 1970s and apartment buildings from the Million New Homes programme will have reached such an age that extensive renovation cannot be far away. The renovation will probably mean that they will require less energy.

An important part of this study was also to **analyse the effect of present and future legislation and directives on requirements for future system arrangements**. An example of this is that the *Ecodesign of EuPs directive* will result in the release of less heat from electrical equipment in residential buildings and commercial and other premises. *The Directive on energy end-use efficiency and energy services* sets targets for each country's reductions in energy use by 2020. If Sweden is to meet its targets, a public commission has suggested that grants should be available for strategic improvement

installations in detached houses, apartment buildings and commercial and other premises intended to reduce the use of energy.

Just how quickly renovations intended to reduce energy use in the built environment will be carried out depends on many factors, not least economic. Installation of a heat pump can be a simpler and cheaper way of reducing the energy use of a building, without having to carry out extensive work on the building's climate screen. The latest Building Regulations for new buildings and conversions (*BBR 2008*), which came into force at the beginning of 2009, set limits for specific energy use. (These limits were actually introduced in *BBR 2006*, but have now been revised to reflect the requirements of the *Energy Performance of Buildings Directive, EPBD*.) The limit values vary, depending on the part of the country in which the building is, and on whether electricity is the main heat source or not. The results will probably be that heat recovery of the ventilation air will be required in all new buildings (even those heated by district heating), and that today's exhaust air heat pumps will become less common in new buildings, while liquid-to-water heat pumps will become more common. New detached houses will probably also be better insulated.

Working with the project group, three different **future scenarios** were drawn up for 2020: "Environment/Climate", "Business as Usual" and "Growth", and various typical buildings were defined – two different detached houses, an apartment building, an office and a school. The next part of the study used the BV<sup>2</sup> program to **investigate how different specifications of climate screen, varying internal heat loads and changed climate conditions will affect the buildings' future energy and power requirements** in the three scenarios.

The first scenario, "Environment/Climate", was the one that the project group felt to be most plausible, and so it was this on which the rest of the work was concentrated. It foresees an increase of 1°C in annual average temperature, a significant awareness of environmental and climate factors on the part of society and the public, together with a willingness to pay for improvement, and more legislation and regulations intended to improve energy efficiency and reduce CO<sub>2</sub> emissions. This scenario also expects a substantial reduction in the use of domestic electricity, with associated reduction in the amount of heat from electrical equipment, that most older houses will have had their insulation upgraded, and that solar shading will be used on both existing and new buildings. As far as technical development is concerned, the scenario assumes that pumps, fans and speed-controlled compressors will have become significantly more efficient. Energy prices are expected to have increased, and longer payback times on investments are also expected to be accepted.

The results from the calculations for this scenario indicate that heating requirements in both existing and new residential and non-residential premises will be reduced, even though the contribution of heat from internal electrical equipment sources is expected to decline. If efficient sunshading is used, indoor climate cooling should not be needed in residential buildings, even though the external climate becomes warmer and buildings are better insulated. As far as offices are concerned, there will be less need for heating, cooling or electricity, whether in existing or newly built premises, when compared with typical present-day offices. Schools, too, will need less heating and electricity. The calculations show that the most important factors in determining the amount of energy used by a building are increasing the amount of insulation in walls and roofs, and the use of efficient sunshading.

**A performance specification** for future heat pump systems to be installed in new or existing residential and non-residential buildings was drawn up in conjunction with the

project group, based on material from the earlier parts of the project. As it was the "Environment/Climate" scenario which was regarded as the most likely, it was this on which the work was concentrated. Two of the most important points in the performance specifications for each type of residential and non-residential building were that the heat pump should be able to meet the entire heating demand without requiring additional electric heating, and that the heat pump must be able to vary its output to suit the heat demand at any time, in order to avoid it delivering an unnecessarily high space heating water supply temperature. The performance requirements differed for the distribution systems in the different types of buildings.

Various **proposals for heat pump system designs** for use in the previously defined typical buildings were developed in conjunction with the project group, and were then evaluated partly by calculation analysis and partly by the BV<sup>2</sup> program. The proposed system arrangements include a heat source, a heat pump and a heat sink. Heat pumps in combination with solar heating were also evaluated. Although the project did not exclude other heat sources, such as biofuels, or any forms of heat pump drive powers other than electricity, no such arrangement was found to be sufficiently interesting to justify further investigation. Various arrangements for the provision of cooling of those buildings having a need for it (offices and new school buildings) were evaluated, based on the provision of free cooling for part of the year. The possibility of providing cooling without requiring additional electricity was also evaluated for the residential buildings. The various system arrangements were evaluated in terms of performance, cost and environmental perspective (CO<sub>2</sub> emissions). When doing so, the concept of Seasonal Performance Factor (SPF) was modified to allow the inclusion of cooling for each type of building. A "present-day" system was identified for each type of building, to use as a comparison.

The results from the calculations show (for example) that small air-to-water heat pumps in **detached houses** would have relatively good performance, and could provide some degree of cooling without any additional electricity use, but would have difficulty in competing in cost terms with systems combining an air-to-air heat pump with solar collectors. In general, it can be said that systems with liquid-to-water heat pumps have better SPFs than those with air-to-water heat pumps, although the difference in annual cost is reduced if the costs are compared on a present value basis, as liquid-to-water heat pumps systems have a higher investment cost. However, heat pump systems of all types have difficulty in competing in cost terms with direct electric heating or district heating for buildings with low heating requirements. If they are to be competitive, there is a need for smaller (< 5 kW) liquid/water and air/water heat pumps at a price considerably cheaper than that which has been assumed in this study.

The scenario assumed that most existing houses would have had additional insulation fitted, thus significantly reducing their maximum heating power demand. The results of the calculations show that there should therefore not be any problem with installing a new heat pump to connect to an existing borehole, even though the rating of the new liquid-to-water heat pump would be sufficient to meet the entire heat demand on even the coldest day.

In the case of **buildings having higher heating requirements**, solutions based on liquid-to-water heat pumps were competitive with district heating / district cooling solutions in cost terms, often even where there is an existing connection to district heating. Environmental impact depends on how the electricity is evaluated. Recharging the borehole with heat or installing a large number of fan convectors results in lower energy use, but the resulting additional costs greatly increase the payback time.

For an **office**, an air-to-water heat pump system and a liquid-to-water heat pump system connected to a borehole heat store gave about the same results in cost terms, but the latter system was the better in terms of energy and therefore also of overall environmental impact. Both cases assumed that the same heat pump would be used for both heating and cooling, so that both the hot and cold sides of the heat pump can be used at the same time. The main reason for the liquid-to-water heat pump being so much better in terms of energy performance is that it can provide cooling can be drawn from the borehole for much of the cooling season without the heat pump compressor having to run.

In the case of an existing **school**, for which no cooling requirement was assumed to be necessary, the liquid-to-water heat pump delivered better energy performance (and therefore also less environmental impact) than did the air-to-water heat pump, but the positions were reversed when considering the annual cost, including the present value of the capital cost.

SPF values for these proposed system arrangements have been calculated and **compared with corresponding SPF values for present-day systems**. In some cases, the proposed systems are in practice already available on the market, while in others they are not. The proposed systems, which largely consist of combinations of components that are already available today, range from 0 % up to 140 % better than present-day systems. However, they need to be available to cover new power size ranges, and new control systems need to be developed. This means that state-of-the-art technology can go a relatively long way, but that work is needed if some of the systems are to become competitive in cost terms.

As far as the value of the **environmental considerations** of the various heat pump system solutions as against district heating and district cooling systems are concerned (restricted in this study to **climate considerations**), the results depend entirely on the value attached to electricity. According to the Swedish Energy Agency, there are guidelines that say that if the consumer has contracted for a certain type of electricity (for example, wind power or hydro power), then it is the environmental impact of that electricity that should be used when calculating the environmental cost of the use of the electricity. If a heat pump system is evaluated in this way, and if its environmental impact is compared with what the impact would have been if district heating or district cooling had been used instead, the environmental impact of the heat pump system is usually considerably less. If the electricity is not contracted to be supplied from some particular source, then it is the worst-case environmental impact that must be used when deciding on the environmental impact of the electricity use. The worst case will be that of electricity from marginal production. If the heat pump's electricity use is evaluated on the basis of such electricity production, then district heating / district cooling solutions are the best from an environmental perspective.

As far as the **electrical power demand** of various types of system arrangements are concerned, heat pumps using air as their heat source have considerably higher power demands when the ambient temperature is low than have those using the ground or rock as their heat source, as their performance is more affected by falling ambient temperatures. As far as electrical power for cooling is concerned, those systems that use free cooling from the ground have a lower power demand during most of the warm hours/days of the year. However, it is uncertain how great the difference is for the very hottest days if they occur late in the cooling season. This is because the temperature of a borehole heat source is likely to have been so raised by the return of heat to the borehole that it can no longer serve as a heat sink for cooling, with the result that the system has the same performance as a reversible air heat pump.

**Summarising**, the following conclusions can be drawn from this work.

- Installation of a heat pump system is a very efficient way of reducing a building's energy demand without making any greater changes to the building's climate screen, and can therefore assist Sweden's achievement of its energy efficiency improvement targets.
- A new generation of cost-effective smaller heat pumps is needed for installation in new detached houses or those being renovated and upgraded.
- There also seems to be an excellent market potential for heat pumps that are larger than has previously been common: there should be good prospects for selling them for use in apartment buildings and in commercial or similar premises.
- Heat pump installations are particularly competitive in applications where there are simultaneous heating and cooling demands in the property, and also in those cases where heating is required for most of the year and cooling for some other part of the year.

If these suggested system arrangements are to be fully realised, there will be a need for **further research** in certain cases. Particularly, there is a need for research and development of more efficient pumps, fans and speed-controlled compressors in order to get such products on to the market.

Performance measurements and follow-up of real systems are needed in order to obtain a clear picture of the efficiency of both present-day and proposed systems. This knowledge is essential for further development of systems, not only for residential buildings but also, even more importantly, for commercial and similar premises. Actual heating and cooling requirements in different types of non-residential premises need to be known more accurately in order to decide how systems should be controlled in order to minimise total energy use.

Much indicates that future detached houses will be more energy-efficient, which could have the undesirable result of greater use of direct electric heating, as the investment costs of other forms of heating (heat pumps or district heating) are too high for them to be economically viable. To avoid this, there is a need for research and development of small cost-efficient heat pump systems (< 5 kW) that can provide both space heating and domestic hot water production.

It is a requirement that all new detached houses must have mechanical ventilation. Over the last few decades, exhaust air heat pumps using this air as their heat source have become very common in new houses, but the latest Building Regulations (BBR 2008) mean that it is very likely that present-day exhaust air heat pumps will probably not provide sufficiently low energy use in most parts of the country. Further studies and investigations of how ventilation air can best be utilised as an energy source are needed.



# 1 Kartläggning av värmepumpsmarknaden

I detta kapitel redovisas en kartläggning av värmepumpsmarknaden kortfattat. En genomgång görs över vilka typer av värmepumpar och systemlösningar som är vanligast i olika typer av byggnader samt hur den nuvarande marknadsomfattningen ser ut i Sverige.

## 1.1 Befintliga systemlösningar

Alla värmepumpar har en värmekälla och en värmesänka. Värmekällan är det medium/system värmepumpen upptar värme från och värmesänkan är det medium/system som värmepumpen avger sin värme till.

En stor del av informationen nedan har hämtats och översatts från Sveriges nationella rapport för del 1 i IEA HPP Annex 28 (Karlsson *et al.*, 2003).

### 1.1.1 Bostäder

Fram till idag är det i huvudsak bland småhus om värmepumpar har den största marknadsandelen, men mycket tyder på att värmepumpar håller på att bli alltmer vanliga även i flerfamiljshusen. På grund av dess geografiska placering är det dock mer vanligt förekommande att flerfamiljshusen är placerade inom fjärrvärmenätens utbredning, vilket påverkar värmepumpars konkurrenskraft gentemot andra uppvärmningsalternativ såsom tex fjärrvärme.

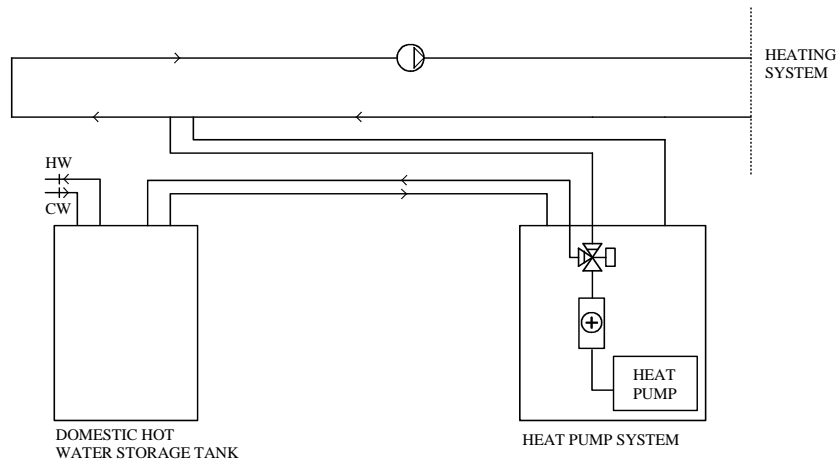
#### 1.1.1.1 Småhus (en- och tvåfamiljshus)

I småhus används idag främst vätska/vattenvärmepumpar, (ute)luft/luftvärmepumpar, frånluftsvärmepumpar och (ute)luft/vattenvärmepumpar.

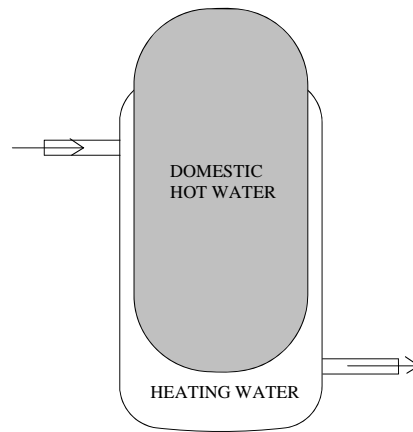
##### 1.1.1.1.1 Vätska/vattenvärmepumpar

Den vanligast förekommande värmepumpstypen i småhus i Sverige idag är troligtvis vätska/vattenvärmepumpen. Dessa värmepumpar kan ha olika värmekällor. De upptar antingen värme från marken via ett borrhål eller via en slinga som är nedgrävd i jorden. De kan också uppta värme via ett vattendrag eller en sjö. Andra benämningar för dessa värmepumpar är bergvärmepumpar eller markvärmepumpar. Denna värmepumpstyp har ett vattenburet värmesystem som värmesänka, antingen ett system bestående av vanliga radiatorer (element), ett golvvärmesystem eller ett system med fläktkonvektorer (olika distributionssystem beskrivs mer detaljerat i kapitel 2.4). Det vanligaste är att denna värmepumpstyp även avger värme till tappvarmvatten via en ackumulerande tank (varmvattenberedare).

Denna värmepumpstyp styrs ofta via s.k. kurvstyring, där systemets returtemperatur korreleras till den faktiska utomhustemperaturen. I vissa fall används även/istället inomhustemperaturen för värmepumpens styrning. I de fall då värmepumpen avger värme till både husets uppvärmningssystem och till tappvarmvatten (vanligt) prioriteras tappvarmvattenproduktion. En principskiss över en vanlig typ av installation visas i Figur 1.1. Varmvattnet värms ofta i en dubbelmantlad beredare (se Figur 1.2). Vid tappvarmvattenvärmning cirkuleras värmevattnet genom dubbelmanteln istället för genom husets uppvärmningssystem. Detta styrs med hjälp av en alternerande trevägsventil. Detta gör att värmepumpen jobbar mot en flytande kondenseringstemperatur som varierar beroende på om den jobbar med tappvarmvattenvärmning eller rumsuppvärmning samt vilket uppvärmningsbehovet är (beror av utomhustemperaturen).

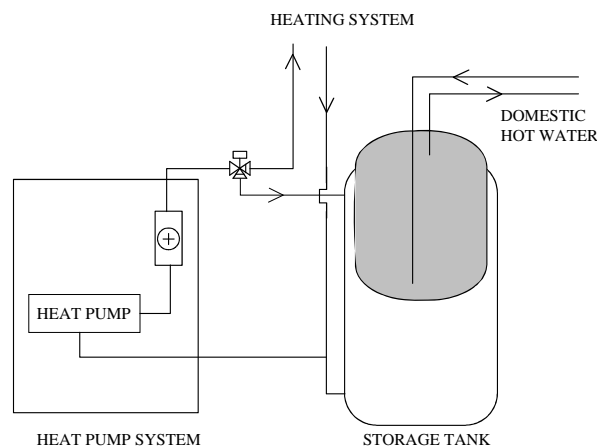


**Figur 1.1.** Principskiss över en vanlig typ av installation av vätska/vattenvärmepump för både rums- och tappvarmvattenvärmning.



**Figur 1.2.** Dubbelmantlad beredare (ersätter den vänstra rektangeln i Figur 1.1). Vid tappvarmvattenvärmning cirkuleras värmevattnet genom dubbelmanteln **istället** för genom husets uppvärmningssystem. Detta styrs med hjälp av en alternerande tre-vägsventil.

En annan förekommande installation är den som beskrivs i Figur 1.3. I denna kopplas värmepumpen mot en ackumulatortank (lagringstank) för värmevatten. Denna typ av koppling leder till att färre antal kompressorstopp/-starter och därmed längre drifttider för kompressorn. Inuti denna placeras sedan en tappvarmvattentank. Alternativt kan en eller två rörslingor för tappvarmvatten vara monterade inuti tanken, en s.k. slingberedare.



**Figur 1.3.** Värmepump kopplad till en ackumulatortank för värmevatten. I denna finns i detta fall en tank för tappvarmvatten.

De ovan beskrivna värmepumpssystemen är mycket sällan dimensionerade för att täcka hela uppvärmningsbehovet de kallaste dagarna på året. En vanlig tumregel var för ett antal år sedan (runt sekelskiftet) att de skulle dimensioneras så att de täckte hälften av värmeeffektbehovet vid den dimensionerande utomhus(vinter)temperaturen (DUT eller DVUT) som vanligtvis ofta är -15 -20°C. På så sätt täcks ungefär 90 % av det totala värmeenergibehovet under året av värmepumpen. Resten av värmen tillförs då vanligen systemet via en elpatron (direktverkande el). Hur heltäckande värmepumpen bör vara är en ekonomisk optimering. På senare år har trenden gått mot att värmepumpen dimensioneras så att den täcker en större del av uppvärmningsbehovet, upp mot 70-75 % av värmeeffektbehovet vid DUT. Det leder i sin tur att de täcker upp mot 98 % av värmeenergibehovet under året.

#### **1.1.1.1.2 Luft/vattenvärmepumpar**

Luft/vattenvärmepumpar (här syftas på uteluft/vattenvärmepumpar) har utomhusluften som värmekälla och ett vattenburet uppvärmningssystem som värmesänka (radiatorer, fläktkonvektorer eller golvvärme). Denna värmepumpstyp har i vissa fall hela värmepumpen (kompressor, kondensator, expansionsventil och förångare) placerad utomhus och så leds värmevattnet ut till denna. I andra fall är den utformad som ett s.k. split-aggregat och kondensorn placeras då inomhus och köldmediet cirkulerar då mellan utom- och inomhusenheten. Det finns även luft/vattenvärmepumpar där en köldbärare cirkuleras ut till värmepumpens utomhusenhet. Fördelen med det är att mindre och jämnare påfrysning kan erhållas vilket påverkar värmepumpen positivt. Nackdelen är att det krävs en extra värmeväxling vilket kan leda till sämre prestanda för värmepumpen. Kanalanslutna system har funnits på marknaden tidigare i Sverige, men har länge varit ovanliga. Finns dock på exempelvis på den tyska marknaden.

Denna värmepumpstyp bör ha tillsatsvärme som har så stor kapacitet att det kan täcka *hela* värmeeffektbehovet vid DOT och inte bara det resterande, vilket är fallet för vätska/vattenvärmepumparna. Detta beror på att de får så låga verkningsgrader att de slår av vid riktigt låga utomhustemperaturer (vanligtvis under -15°C).

Utomhusenheten (förångaren eller luft/vätskevärmväxlaren) i dessa värmepumpar måste avfrostas vid vissa utomhusklimat och detta görs oftast via hetgas-avfrostning genom att vända på köldmedieflödet via en fyrvägs-ventil. Förångaren används då som kondensator, vilket leder till att värme avges som kan smälta isen/frosten.

I de system där hela värmepumpen placeras inomhus och en köldbärarvätska cirkuleras mellan utomhusenheten och värmepumpens förångare, kan avfrostningen utföras på annat sätt. Vid avfrostning av utomhusenheten stängs kompressorn av och köldbärarvätskan får då cirkulera genom en slinga i varmvattenberedaren och sedan genom förångaren. På så sätt används värme ackumulerad av värmepumpen under drift till att smälta isen/frosten under avfrostningarna.

I övrigt kopplas ofta luft/vattenvärmepumpar till husets uppvärmningssystem och tappvarmvattensystem på samma sätt som vätska/vattenvärmepumparna beskrivna ovan.

#### **1.1.1.1.3 Frånluftsvärmepumpar**

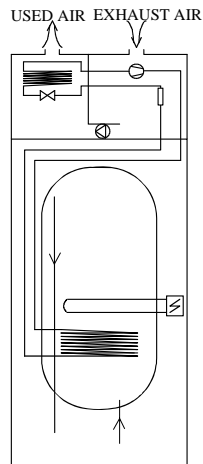
Frånluftsvärmepumpen är också mycket vanlig i svenska småhus. Denna värmepumpstyp har levererats till en mycket stor andel av de småhus som byggts sedan 1980, eftersom det då infördes ett krav i gällande byggnormer (SBN 1980) att byggnader vars ventilationsluft har ett energiinnehåll på mer än 50 kWh/år under uppvärmningssäsongen måste installera ett system för värmeåtervinning (fjärrvärmeuppvärmda hus var undantagna från detta krav). En acceptabel lösning på detta är en frånluftsvärmepump,

vilken upptar värme från ventilationsluften (frånluften) och avger den till tappvarmvatten, värmevatten eller till tilluften eller till en kombination av dessa. Det vanligaste är frånluftsvärmepumpar som avger sin värme till antingen enbart tappvarmvatten eller till tappvarmvatten och värmevatten. Mycket få frånluftsvärmepumpar som värmer tilluft har sålts under det senaste årtiondet.

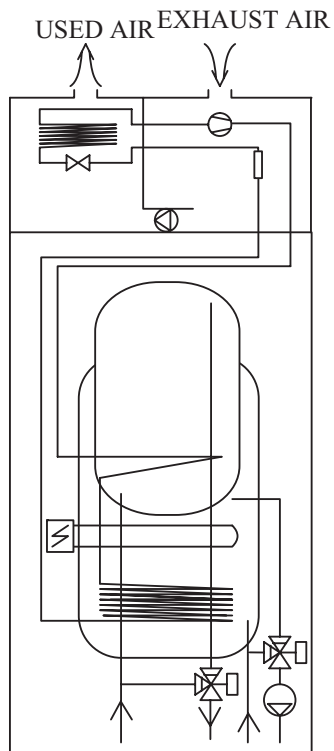
Eftersom frånluftsvärmepumpens kapacitet är begränsad av ventilationsluftflödet, vilket i sin tur bestäms av de byggregler som gällde när huset byggdes, exempelvis BBR 2002, kan de inte dimensioneras på samma sätt som en väska/vattenvärmepump. Kapaciteten skulle givetvis öka genom att öka den tillgängliga värmekällan, dvs ventilationsluftflödet. Detta skulle dock leda till även inflödet av kall uteluft ökade, vilket i sin tur skulle leda till ett ökat värmebehov och således inte till någon öka besparing. Av denna anledning är täckningsgraden betydligt lägre för en frånluftsvärmepump jämfört med den för en vätska/vattenvärmepump och tillskottsvärme krävs således under en relativt stor del av året. Tillskottsvärmen tillförs vanligtvis via en elpatron eller via värmesköldar placerade utanpå beredaren. Det finns även åtminstone en produkt på marknaden i vilken fjärrvärme används som tillskottsvärme. De värmepumpar som levererar värme till både tappvarmvatten och värmevatten har ofta en styrning som gör att de prioriterar att värma värmevatten vid samtida behov. Ofta är värmepumpen dimensionerad så att den kyler frånluften till strax över 0°C, för att undvika påfrysning, men det är möjligt att dimensionera den för drift med påfrysning och avfrostning.

Det finns några olika systemlösningar för avgivningen av värme till värmebäraren för denna värmepumpstyp. Dessa visas i Figur 1.4 - Figur 1.7 nedan. Den i Figur 1.4 är aktuell för en värmepump som enbart värmer tappvarmvatten, medan skisserna i Figur 1.5 och Figur 1.6 beskriver en värmepump som även avger värme till värmevattnet. Den i Figur 1.6 var vanlig för ett antal år sedan, men på senare år den typ som beskrivs i Figur 1.5 så gott som uteslutande sålts. Den stora skillnaden är att den systemlösning som beskrivs i Figur 1.6 kommer under uppvärmningssäsongen enbart att värma värmevatten. Tappvarmvattnet värms då av värmesköldar. Om tillskottsvärme behövs även till värmevattnet tillförs den via en elpanna/elpatron placerad efter värmepumpens värmeväxlare. Detta gör att den alltid arbetar med lägsta möjliga kondenseringstemperatur. Den systemlösning som beskrivs i Figur 1.5 är mer känslig för hur stabil temperaturskiktningen i dubbelmanteln och varmvattentanken är och ställer därför högre krav på hur värmepumpens styrning är utformad. Risk finns annars att elpatronen ”slår ut” kompressorn och/eller att värmepumpen arbetar med onödigt hög kondenseringstemperatur.

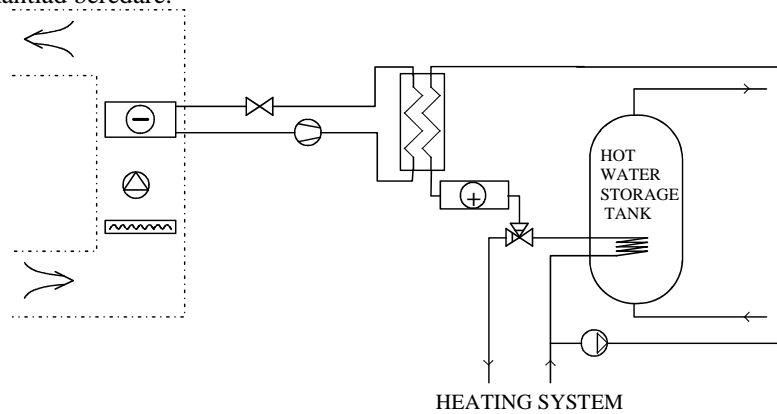
Figur 1.7 beskriver en systemutformningen hos en frånluftsvärmepump som värmer tappvarmvatten och tilluft. Mycket få sådana värmepumpar har dock sålts under det senaste decenniet. Fördelen med en sådan värmepump är för det första att den kan arbeta med en låg kondenseringstemperatur när inget tappvarmvattenbehov föreligger samt att det finns möjlighet för den att leverera kyla sommartid. Om köldmediekretsen i sådana driftfall kopplas om så att värme vid kyl drift kan avges till tappvarmvattnet kan man anse att detta värms upp ”gratis”. Nackdelen med denna typ av värmepump är att den kräver dubbla kanalsystem, ett för frånluften och ett för tilluften.



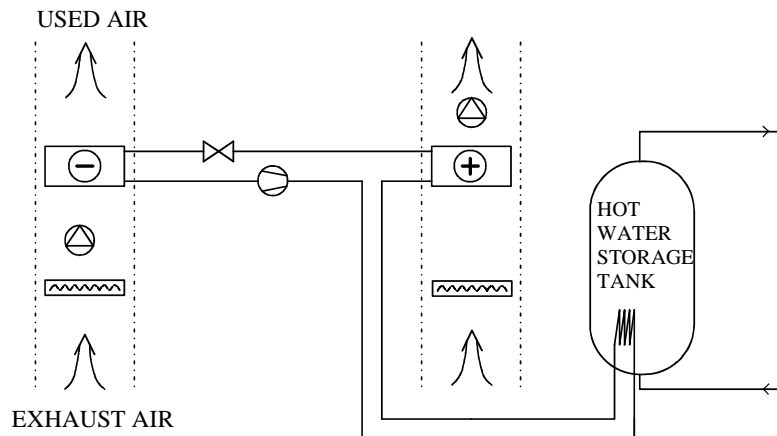
**Figur 1.4** Frånluftsvärmepump som enbart värmer tappvarmvatten.



**Figur 1.5** Frånluftsvärmepump som värmer värmevatten (radiatorvatten) och tappvarmvatten via en dubbelmantlad beredare.



**Figur 1.6** Frånluftsvärmepump som värmer värmevatten (radiatorvatten) och tappvarmvatten.



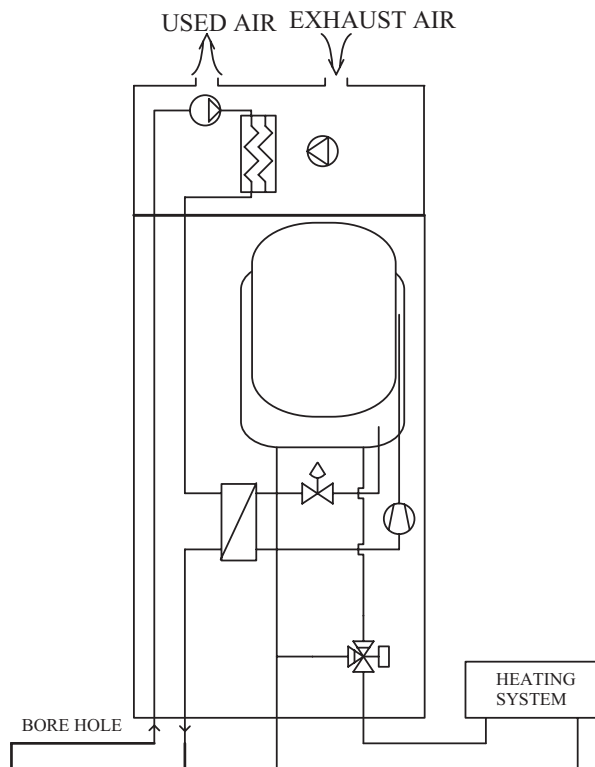
**Figur 1.7** Frånluftsvärmepump som värmer tilluft och tappvarmvatten.

#### 1.1.1.1.4 Luft/luftvärmepumpar

Luft/luftvärmepumpen har på senare år blivit mycket populär bland småhusägare i Sverige och är idag den näst vanligaste värmepumpstypen i småhus. Denna typ av värmepump upptar värme från utomhusluften via förångaren som placeras utomhus och avger den direkt till inomhusluften via kondensorn (oftast en men kan vara flera) som placeras inomhus. Både utomhus- och inomhusenheten är försedd med fläktar som skapar ett luftflöde genom värmeväxlarna (förångaren och kondensorn). Fördelen med denna värmepumpstyp är att den inte kräver något vattenburet värmesystem och att den ofta kan köras reversibelt och på så sätt kyla inomhusluften varma sommardagar. Till skillnad från frånluftsvärmepumpen som värmer tilluft och tappvarmvatten kan denna värmepumpstyp dock inte avge värmen till tappvarmvattnet i kyl drift. Eftersom luft/luftvärmepumpen sprider värmen via inomhusluften, lämpar den sig bäst för hus med en öppen planlösning.

#### 1.1.1.1.5 Andra typer av värmepumpar

En intressant systemlösning som finns på marknaden är en värmepump som är en kombination av en frånluftsvärmepump och en väska/vattenvärmepump. I denna systemlösning, som beskrivs i Figur 1.8, får frånluften värma köldbäraren som kommer från borrhålet eller markslingan (alternativt värma den innan den går ner i borrhålet). Detta leder till att värmepumpen kan arbeta vid en högre förångningstemperatur jämfört med om värmen i frånluften inte hade återvunnits. Detta leder i sin tur till högre effektivitet, COP (Coefficient Of Performance), för värmepumpen och därmed lägre elanvändning för samma värmebehov. Dessutom borde det leda till att borrhålet/markslingan kan göras kortare. Då inget värmebehov föreligger och värmepumpen (kompressorn) inte är i drift värmer frånluften upp marken runt markslingan. Dock leder den extra värmeväxlingen till att extra elenergi erfordras av frånluftsfläkt och köldbärarpump. Styrningen av framförallt köldbärarpumpen blir av betydelse för att erhålla ett högt COP för denna systemlösning.



**Figur 1.8** Kombinerad frånlufts- och markvärmepump.

Det finns även frånluftsvärmepumpar som för att öka den tillgängliga värmekällan blandar upp frånluften med en del uteluft. På så sätt blir den kombination av uteluftsvärmepump och frånluftsvärmepump.

#### 1.1.1.1.6 Olika ägandeformer och värmepumpar

Eftersom en värmepumpsinstallation innebär en viss investering är det vanligast att en sådan installation görs i de fall där man äger sitt eget boende. Värmepumpar borde alltså vara vanligast i äganderätter.

Frånluftsvärmepumpar borde vara relativt vanliga i bostadsrätter i form av radhus eller småhus. För bostadsrättsföreningar borde det i många fall finnas goda möjligheter att installera en större vätska/vattenvärmepump med ett eller flera borrhål (eller ev. markslinga) på föreningens mark. Exempel på detta finns. I dessa fall kan värmen ingå i avgiften eller debiteras innehavaren separat av föreningen. I det sistnämnda fallet krävs individuell mätning, vilket borde vara en kostnadsfråga.

Exempel finns på hyresrätter i form av radhus utrustade med frånluftsvärmepumpar. I dessa fall har hyregästen troligtvis "kallhyra".

#### 1.1.1.2 Flerfamiljshus

Vätska/vattenvärmepumpar används till viss del i flerbostadshus. Eftersom de har ett relativt stort tappvattenbehov, ca 25 %, i kombination med ett stort totalt värmeeffektbehov görs en annan lösning för tappvattenvärmning jämfört med villavärmepumparna. En hetgasväxlare får ofta värma tappvarmvattnet istället för att kondenseringstemperaturen periodvis höjs. Detta leder till bättre energieffektivitet, vilket gör att en hetgasväxlare kan betala sig. (Värmepumpen förvärmer först tappvarmvattnet och så eftervärms det i hetgasväxlaren). Ofta används flera borrhål och en eller två stora värmepumpar. Man dimensionerar ofta så att det blir 7 kW värme från värmepumparna per borrhål. I de fall huset har ett högtemperatursystem som är dimensionerat för hög en framledningstemperatur, används ofta R134a som köldmedium istället för det annars

vanligt förekommande R407C. I de fall får ofta tappvarmvattnet förvärmas i en underkylare.

Det blir allt vanligare med frånluftsvärmepumpar i kombination med fjärrvärme pga höjda krav på energieffektivitet. I flerbostadshus förekommer lösningar med en gemensam frånluftsvärmepump med fjärrvärmespets. Detta är även möjligt i grupphus/radhusområden. Ett exempel är ett nytt område i Uppsala, Flogstad, dit 6-7 containrar med frånluftsvärmepumpar levererats, spetsvärms med fjärrvärme.

Exempel finns också på hyreshus byggda i två plan av småhustillverkare, där varje lägenhet har en separat frånluftsvärmepump.

Det är vanligare med värmepumpslösningar i flerbostadshus som ägs av bostadsrättsföreningar, eftersom dessa oftast är mer benägna att göra en investering för att minska driftkostnaderna.

### 1.1.2 Lokaler

Generellt användes få värmepumpar i lokaler. Ett hinder för användningen i befintliga byggnader är traditionell och äldre dimensionering av radiatorytor. Radiatorerna är ofta dimensionerade för högre framledningstemperaturer jämfört med fallet i småhus. Hinder av icke teknisk karaktär är ägarformen där det är en part som äger fastigheten, medan en annan, hyresgästen, nyttjar den. Mest tydligt blir detta i de fall där bra värmekällor finns tillgängliga som inte utnyttjas. Exempel är datorhallar och livsmedelsbutiker, som hela året har ett värmeöverskott. Värmen kan med en merinvestering bli tillgänglig för värmning av lokaler. En investering borde ge både ägare och hyresgäst en ekonomisk vinst.

Exempel på där värmepumpssystem används i lokaler finns dock både med frånluftsvärmepumpar, uteluft/vattenvärmepumpar och vätska/vattenvärmepumpar. Bland annat i fastigheter ägda av Akademiska hus på Medicinareberget i Göteborg och Astronomicentrum i Lund. I dessa hus värms fastigheten huvudsakligen med en vätska/vattenvärmepump. Sommartid används borrhålen till att kyla och dessa täcker den största delen av kylbehovet. När de inte gör det kyls fastigheten av "värmepumpen" som då avger sin värme via en kylmedelskylare (Akademiska hus, 2004).

Den från livsmedelskylan erhållna kondensoreffekten är tillräcklig för att värma hela butiken. Om detta skall göras med befintlig utrustning och förhöjd kondensering eller genom att med en värmepump höja temperaturen bara på den för uppvärmning nödvändiga värmemängden är en optimeringsfråga. Tidiga lösningar var att placera köldmediekondensorn i ventilationsaggregatet.

## 1.2 Nuvarande marknadsomfattning

En stor del av informationen nedan har hämtats och översatts från Sveriges nationella rapport för del 1 i HPP Annex 28-rapporten 2003.

Den svenska värmepumpsmarknaden har haft sina upp- och nedgångar sedan början av 80-talet då de introducerades på den svenska marknaden. Under första halvan av 80-talet användes i första hand markvärmepumpar med en horisontell markslinga eller öppna system som tog in vatten från en sjö eller ett vattendrag. Uteluft/vattenvärmepumpar och frånluftsvärmepumpar var också rätt vanliga. Under denna period stöddes värmepumpsmarknaden till viss del av statliga bidragssystem (energiparlån). När dessa bidragssystem försvann runt 1985 gick värmepumpsmarknaden ner markant. De värmepumpar som såldes under den andra halvan av 1980-talet var relativt enkla och



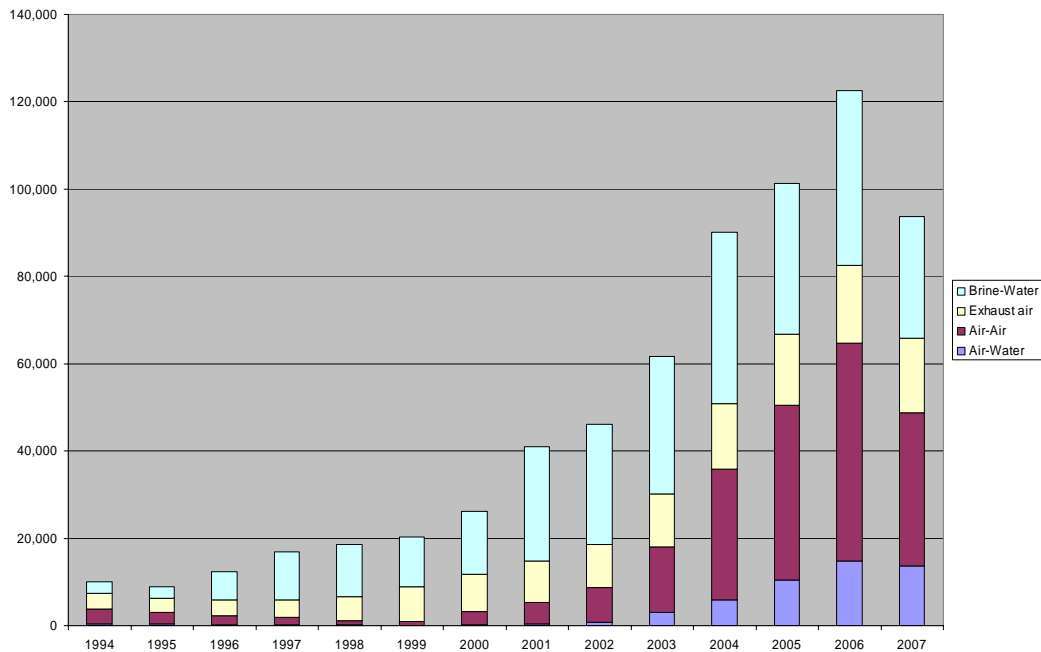
billiga. De utgjordes dels av markvärmepumpar i vilka köldmediet förångades direkt i markslingan och dels av luft/vattenvärmepumpar.

Efter 1995 har värmepumpsförsäljningen ökat markant varje år med undantag för år, 2007. Detta illustreras i Figur 1.9. En av anledningarna till att uppgången tog fart var den teknikupphandlingstävling som NUTEK drev under 1994-1995, eftersom denna tävling fick mycket uppmärksamhet. Tävlingen hade två vinnare, vilka båda var mark/bergvärmepumpar och under många år därefter var detta den mest sålda värmepumpen. Under senaste åren har luft/luftvärmepumparna stått för den största andelen av försäljningen, men vätska/vattenvärmepumpen fortfarande är den värmepumpstyp som det finns flest antal av i drift idag (med reservation för att antalet sålda luft/luftvärmepumpar enbart är uppskattningar).

Antalet sålda luft/luftvärmepumpar började öka kraftigt i början av 2000-talet. Denna värmepumpstyp lämpar sig bäst för ett hus med direktverkande elradiatorer (utan vätskeburet uppvärmningssystem), som har en öppen planlösning. Anledningen till den ökande försäljningen var troligtvis att konkurrens mellan olika importörer gjorde att priset på dem gick ner kraftigt i kombination med ett ökande elpris.

År 2007 avbröts den trend med ökande försäljning som pågått sedan år 1996. Detta är troligtvis ett tecken på att de flesta hus som tidigare värmdes upp med olja nu har konverterats och värms idag upp av antingen en värmepump, fjärrvärme eller ett biobränslebaserat uppvärmningssystem. Statliga konverteringsbidrag fanns att söka för privatpersoner under år 2006, vilket kan ha lett till att många investeringar gjordes under detta år istället för att vänta ett eller ett par år. Under år 2008 såldes enligt SVEP totalt drygt 25 000 bergvärmepumpar (vätska/vatten), knappt 17 000 (ute)luft/vattenvärmepumpar och drygt 16 000 frånluftsvärmepumpar. Försäljningen av luft/luftvärmepumpar uppgick enligt branschens uppskattningar till ca 75 000 (denna siffra är högre än den uppskattning som redovisades för 2007, men det nämns inget om att försäljningssiffran ökat utan skillnaden beror eventuellt på en förbättrad eller förändrad uppskattning). Under det senaste året har efterfrågan på olika typer av värmepumpar förändrats enligt SVEP. Bland annat har försäljningen av bergvärmepumpar minskat till förmån för (ute)luft/vattenvärmepumpar som ökat med mer än 20 % under 2008. Detta innebär att på fem år har försäljningen av luft/vattenvärmepumpar mer än femdubblats. SVEP förutspår att för 2009 kommer det totala antalet sålda värmepumpar i småhus att ligga på samma nivåer som för 2008. Den totala omsättningen för branschen förväntas dock att öka tack vare ett ökat intresse för större värmepumpsanläggningar i hyreshus och kommersiella lokaler.

SVEP uppskattar att det finns ca 10 000 frånluftsvärmepumpar och lika många vätska/vattenvärmepumpar som såldes före 1994 och fortfarande är i drift (år 2007).



**Figur 1.9.** Årsvis värmepumpsförsäljning i Sverige under 1994 – 2007 enligt Svenska Värmepumpsföreningen, SVEP. Uppgifterna för luft/luftvärmepumpar är uppskattade värden.

### 1.2.1 Bostäder

En mycket stor del av de värmepumpar som redovisas i statistiken i Figur 1.9 har sålts till bostäder och då främst småhus. År 2004 hade 91 % av de sålda värmepumparna en effekt under 10 kW och 47 % en effekt under 6 kW. År 1994 var 93 % mindre än 10 kW och 84 % mindre än 6 kW. Trenden har alltså gått mot allt större värmepumpar. Detta beror dels på att de installeras i hus och byggnader med allt större värmebehov, men troligtvis även på att de dimensionerats till större och större täckningsgrad i och med att elpriset har gått upp och brunnborrning blivit billigare.

### 1.2.2 Lokaler

I lokaler fanns enligt SCB år 2005 ca 2 100 frånluftsvärmepumpar, 5 700 bergvärmepumpar (vätskavatten) och 2 700 uteluftsvärmepumpar (luft/vatten). Detta ger en total siffra på totalt ca 10 500 värmepumpar. Motsvarande siffra för småhus detta år var 450 000 st installerade värmepumpar (600 000 år 2007). Detta ger att ungefär 2 % av värmepumparna i Sverige finns i lokaler.

## 2 Kartläggning av fastighetsbeståndet

I detta avsnitt redovisas en kartläggning av fastighetsbeståndet som gjorts för att skapa en bild av i vilka typer av fastigheter framtidens värmepumpar kommer att installeras i. För att prediktera det framtida värme- och kylbehovet i bostäder och lokaler behövs en bild av dagens värme-, tappvatten- och kylbehov. Statistikunderlaget kommer från Statistiska centralbyrån (SCB) 2006,2006,2006,2006 och gäller för år 2006. Många av kommentarerna kommer från ett arbetsmöte som hölls det projekt som slutrapporteras i denna rapport. De siffror som graferna i detta kapitel är baserade på redovisas i tabellform i Appendix A. I detta appendix finns även utdrag från de enkäter som fyllts i av ägare till små- och flerbostadshus när siffrorna samlades in.

### 2.1 Sammanställning av värmebehov, kylbehov och tappvarmvattenbehov för lokaler och bostäder

Figur 2.1 visar uppvärmd yta uppdelat på byggnadstyp, byggår och uppvärmningssätt. Uppdelningen av uppvärmningssätt varierar för de olika hustyperna, därav kategorier som överlappar varandra. Exempelvis är el uppdelat på direktverkande och vattenburen el i småhusstatistiken, medan det är en gemensam siffra för flerbostadshus och lokaler.

Uppdelning av uppvärmningssätt för de olika hustyperna:

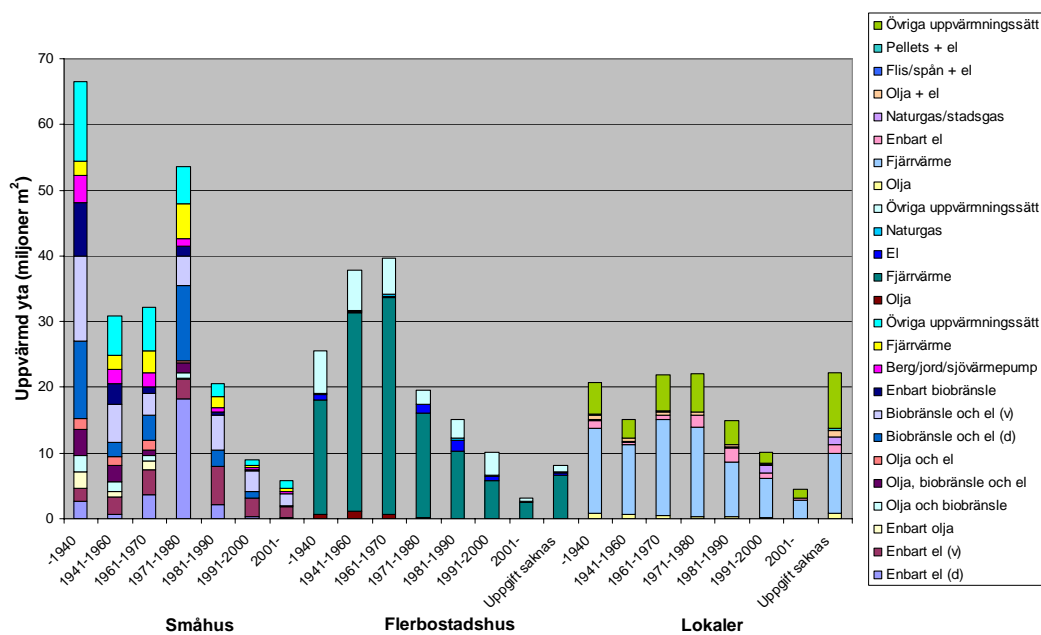
- Småhus - Enbart el (d), enbart el (v), enbart olja, el och olja, el och biobränsle, enbart biobränsle, berg/jord/sjövp och el, berg/jord/sjövp och biobränsle, berg/jord/sjövärmepump, fjärrvärme, övriga uppvärmningssätt.
- Flerbostadshus - Olja, fjärrvärme, el, naturgas, övriga uppvärmningssätt.
- Lokaler - Olja, fjärrvärme, el, naturgas/stadsgas, olja och el, flis/spån och el, pellets och el, ved och el, övriga uppvärmningssätt.

Övriga uppvärmningssätt: På denna rad/kolumn i tabellerna återfinns samtliga andra kombinationer av uppvärmningssätt än de som redan finns uppräknade i samma tabell.

Energimängden i all presenterad data är hur mycket energi som stoppats in till uppvärmningssystemet, dvs. hur mycket energi (i vissa fall i form av bränsle) som husägaren köpt, inte hur mycket som tagits ut från uppvärmningssystemet. Det innebär att särskilt el till värmepumpar blir underrepresenterade i diagrammen, då det är elanvändningen som syns i statistiken, inte hur mycket värme som värmepumparna avgivit. Därmed visas inte heller hur stor del av det totala värmebehovet som de olika uppvärmningssätten står för.

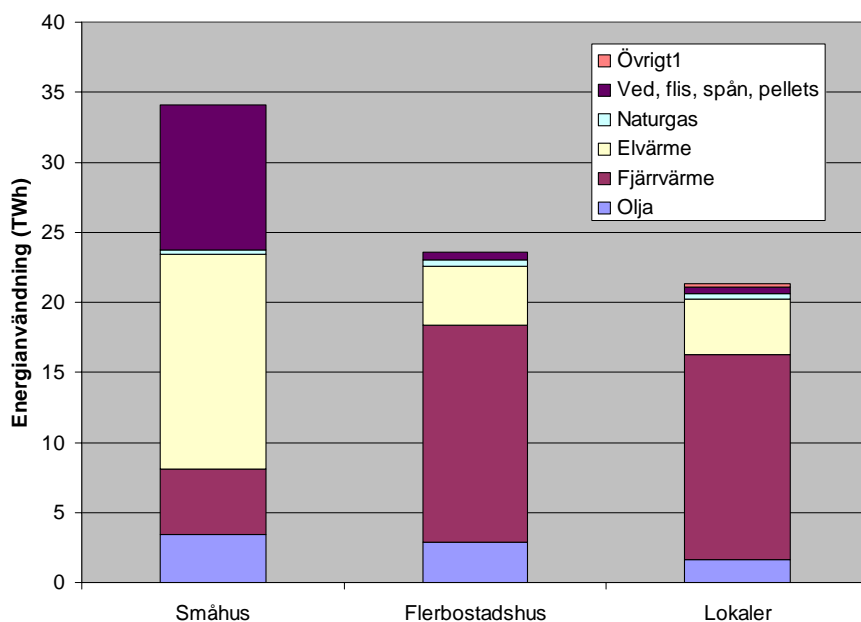
Noterbart att stapeln för ”uppgift saknas” är så stor för lokaler.

Statistik är tagen från SCB(2006a,2006b,2006c,2006d).



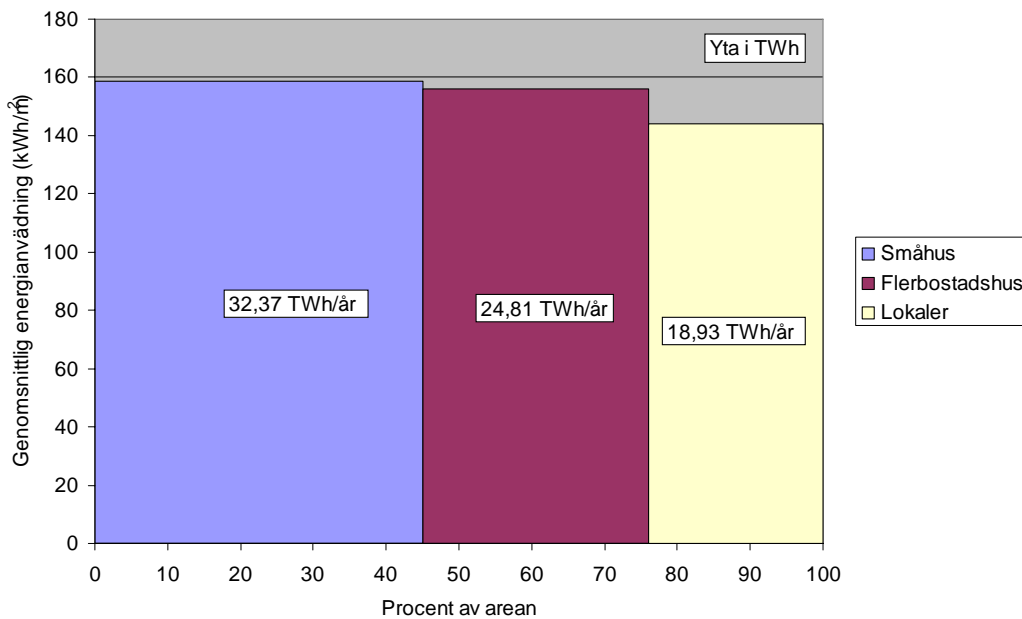
**Figur 2.1** Uppvärmad yta uppdelat på hustyp, byggår och uppvärmningssätt.

Energianvändning för uppvärmning av rum och tappvatten uppdelat på hustyp och uppvärmningssätt visas i Figur 2.2. Fjärrvärme dominerar som uppvärmningsform för flerbostadshus och lokaler, 70 % respektive 69 %. För småhusen syns en jämnare blandning av uppvärmningssätt. Elvärme är störst med 45 %. Den siffran skulle vara betydligt högre om man räknat avgiven energi istället för använd energi då värmepumpar hamnar i denna kategori. Ett grovt överslag ger att denna del av stapeln skulle öka med 7-8 kWh om avgiven energi hade redovisats istället för använd.



**Figur 2.2.** Energianvändning för uppvärmning av rum och tappvatten uppdelat på hustyp och uppvärmningssätt.

I Figur 2.3 representerar arean energianvändningen för uppvärmning av rum och tappvarmvatten. Storleken på denna area i TWh är också är inskrivet i den vita rutan i varje stapel. Småhus upptar 47 % av den totala arean i diagrammet (och därmed energianvändningen), flerbostadshus 32 % och lokaler 22 %. Observera att alla värden avser köpt energi och inte avgiven energi. Särskilt viktigt när det gäller värmepumpar. Notera att värdena gäller energi för uppvärmning (inkl. tappvarmvatten). Om det gäller totalt använd energi (inklusive energi till belysning och utrustning etc) får lokaler högre värden än bostäder.

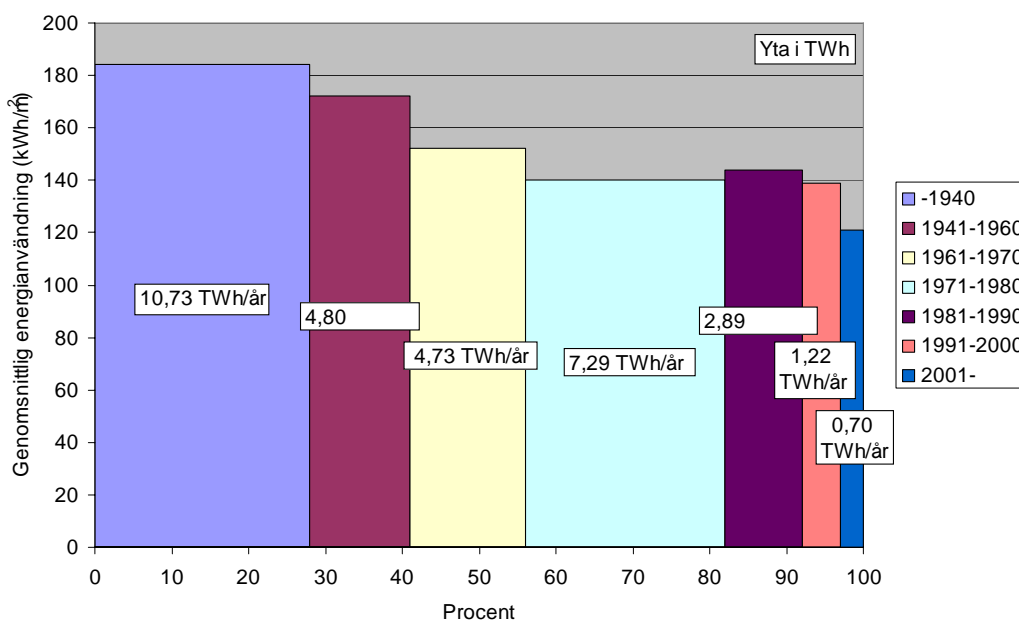


**Figur 2.3.** Energianvändning uppvärmning och tappvatten illustrerat som en yta med genomsnittsanvändning på y-axeln och andel av den totala arean (i procent) på x-axeln.

## 2.2 Bostäder

### 2.2.1 Småhus (en- och tvåfamiljshus)

Energianvändningen för rumsuppvärmning och tappvattenvärmning för småhus uppdelat på byggår är illustrerat som en yta med genomsnittsanvändning på y-axeln och arean (i procent) på x-axeln i Figur 2.4. Gamla hus är dominerar energianvändningen bland småhusen, 28 % är byggda före 1940. Hus byggda på 70-talet ser i diagrammet oförtjänt energieffektiva ut med låg genomsnittsanvändning, vilket antagligen beror på den stora andelen värmepumpar (främst luft/luftvärmepumpar) i dessa hus. De som är byggda före SBN 80 är helt dominerande med 85 % av energianvändningen. Uppgången i energianvändning på 80-talet kan bero på att fjärrvärme fick undantag på krav på värmeåtervinning.



**Figur 2.4.** Energianvändning för rums- och tappvarmvattenvärmning för småhus uppdelat på byggår illustrerat som en yta med genomsnittsanvändning på y-axeln och andel av den totala arean (i procent) på x-axeln.

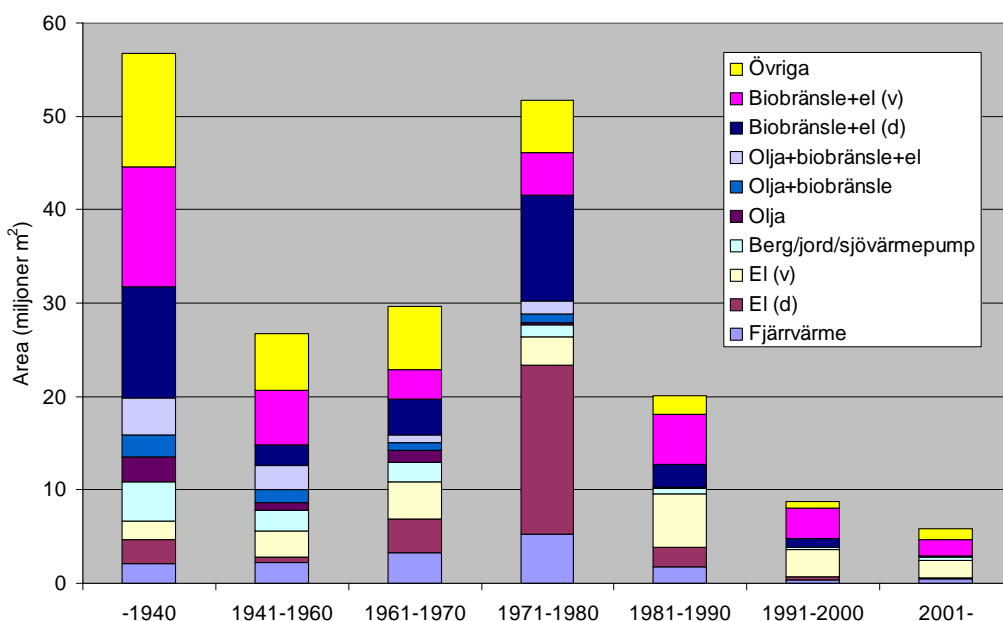
Uppvärmad yta för småhus uppdelat på byggår och uppvärmningssätt visas i Figur 2.5. Gamla hus samt hus byggda på 70-talet utgör en stor del av den uppvärmda arean för småhus.

Det används relativt mycket biobränsle till uppvärmning i hus byggda före 1940, medan denna andel är mindre i hus som är byggda senare. Detta beror till stor del på att de nyare husen ofta är byggda tätt och att biobränsleuppvärmning då inte alltid är tillåten. Dessutom krävs mycket plats i källare och på tomten för att kunna elda biobränsle, vilket oftare finns i äldre hus jämfört med i nya hus.

Olja är i stort sett borta som uppvärmningsform, eftersom det mesta redan är konverterat till andra värmekällor. Siffrorna är från 2006 och detta år fanns det konverteringsbidrag att söka. Olja används därför troligtvis ännu mindre idag jämfört med år 2006. Enligt SVEP finns ca 100 000 oljeuppvärmda hus kvar idag i Sverige och det åtgår ca 3 TWh olja per år.

Frånluftsvärmepumpar finns med både i El(v)- och i Biobränsle + el(v)-delarna av staplarna. Ca 90 % av nybyggda hus har en frånluftsvärmepump.

I denna bild antas att luft/luftvärmepumpar döljer sig inom kategorin för direktverkande el. På grund av blankettens utformning, och att det tidigare varit taxeringsvärdeshöjande att ha värmepump är det troligt att det finns ett stort mörkertal här.



**Figur 2.5.** Uppvärmad yta för småhus uppdelat på byggår och uppvärmningssätt.

### Kommentarer kring småhus

Distributionssystemets utformning kan ha viss betydelse för val av uppvärmningssystem. Hus byggda under 1960-70 har ofta högtemperatursystem, medan hus byggda tidigare har större distributionssystem som ofta är fullt tillräckligt stora för att en värmepump ska kunna arbeta med en lämplig framledningstemperatur. Den geografiska placeringen har stor betydelse för om man väljer att konvertera till biobränsle eller värmepump. I vissa delar av landet har fler tillgång till gratis ved och husen kanske ligger glesare. Där huspriserna är låga är det ofta vanligare med vedeldning eftersom detta kräver en mindre investering.

Det byggs 15 000 nya hus per år. 80 % av de hus som byggs nu värms upp av el (oftast med en värmepump).

Det finns ca 200 000 – 300 000 direkteluppvärmda hus kvar idag. För några år sedan var siffran 500 000. Direkteluppvärmda hus byggda under 1970-talet är ofta energieffektiva, ofta under 20 000 kWh/år totalt. Det är då svårt att då motivera någon annan investering än en luft/luftvärmepump. De har oftast inte värmeåtervinning, ibland mekanisk ventilation och är ofta ”fyrkantiga”, vilket innebär att de har en bra formfaktor för att få ett lågt uppvärmningsbehov. Om husen är självdragsventilerade är ofta energianvändningen låg, men dessa hus kan också ha fuktproblem.

När det gäller renoveringsintervall för bostäder är det så att större renoveringar av områden/hus ofta sker vid generationsskiften, dvs. med 25 -30 års intervall. Idag händer det mycket saker med hus byggda 1970-80.

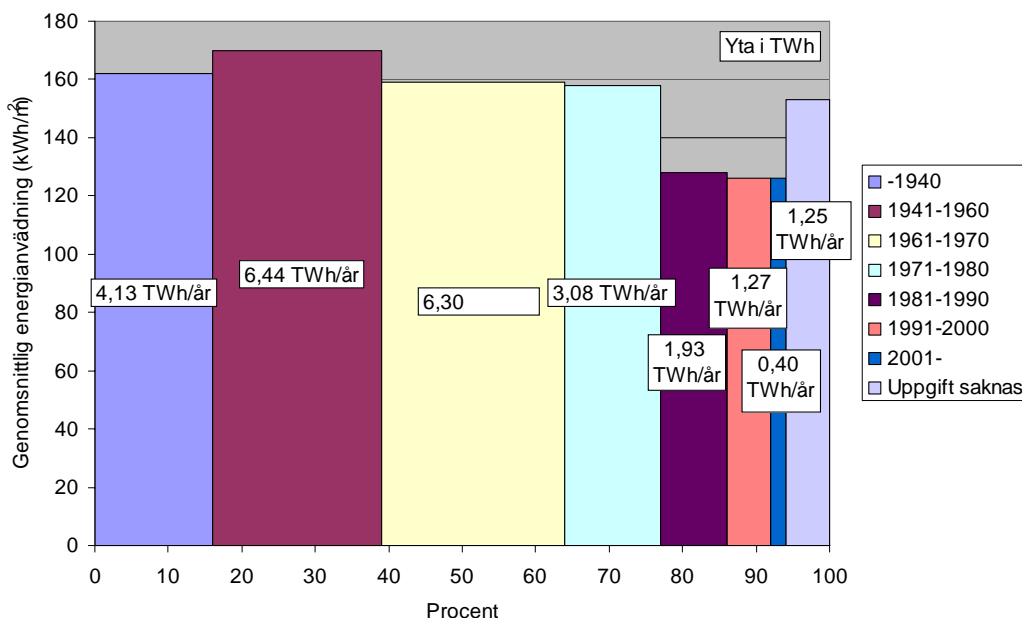
## **2.2.2 Flerfamiljshus**

Användningen av tappvarmvatten i flerbostadshus uppskattas normalt till drygt 40 kWh/m<sup>2</sup> och år. Motsvarande siffra för energianvändning för rums- och tappvarmvattenvärmning är 156 kWh/m<sup>2</sup>. Tappvatten utgör alltså drygt 25 % av det sammanlagda värmebehovet.

Energianvändningen för tappvarmvatten- och rumsuppvärmning för flerbostadshus uppdelat på byggår illustrerat som en yta i Figur 2.6 med genomsnittsanvändning på y-

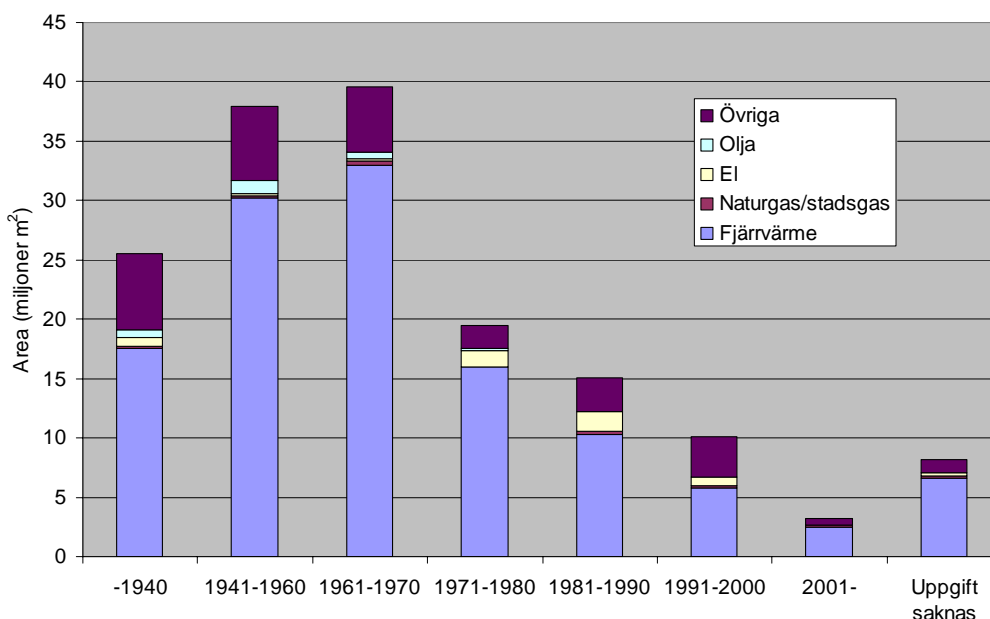
axeln och arean (i procent) på x-axeln. För flerbostadshus upptar hus byggda före 1970 över 60 % av den uppvärmda ytan. Under 10 % av husen är byggda efter 1990. Stapeln för ”uppgift saknas” innebär ofta äldre hus.

Steget nedåt i energianvändning vid år 1980 har sin förklaring i att det då kom krav på värmeåtervinning samt krav på bättre isolering (SBN1980) .



**Figur 2.6.** Energianvändning för rums- och tappvattenvärmning för flerbostadshus uppdelat på byggår illustrerat som en yta med genomsnittsanvändning på y-axeln och andel av den totala arean (i procent) på x-axeln.

Uppvärmad yta för flerbostadshus uppdelat på byggår och uppvärmningssätt visas Figur 2.7. Fjärrvärme är det totalt dominerande uppvärmningssättet för flerbostadshus. I kategorin ”Övriga” ingår solvärme, närvärme och biobränslen.



**Figur 2.7.** Uppvärmad yta för flerbostadshus uppdelat på byggår och uppvärmningssätt.



### Kommentarer kring flerbostadshus

Många flerbostadshus som byggts på senare år är byggda som tvåvåningshus och ofta av småhusbyggare, t.ex. de så kallade BOKLOK-husen. I sådana fall har de i stort sett samma typ av uppvärmningssystem som småhus, d.v.s. en frånluftvärmepump per lägenhet.

Flerbostadshus definieras som hus med minst tre lägenheter. Upplåtelseformen kan också påverka om en byggnad definieras som småhus eller flerbostadshus. En radhuslänga som ägs av en bostadsrättsförening definieras som flerbostadshus, medan den definieras som flera småhus om det istället varit äganderätter (Forsling, 2008).

Enligt Nils Holgersson-undersökningen är priset i 80-85% av kommunerna högre för fjärrvärme än priset för värme från värmepump med en normal avbetalningsperiod och ränta. Genom planmonopolet finns dock en stark begränsning av möjligheterna för värmepumpar, då många kommuner skriver in krav på fjärrvärme för bygglov etc. Denna konkurrensbegränsning görs alltså inte genom byggregler eller PBL (Plan- och bygglagen), men via markmonopolet, vilket är ett av kommunernas starkaste styrmedel. I många fall har det dessutom krävts att husen ej skall ha värmeåtervinning. Detta för att öka mängden försold värme. Det förekommer diskussioner om huruvida ett sådant markmonopol är lagligt eller inte. I och med nya byggregler, BBR 2006, krävs att värmeåtervinning görs även i många fjärrvärmeuppvärmda hus, för att uppfylla kraven i byggreglerna.

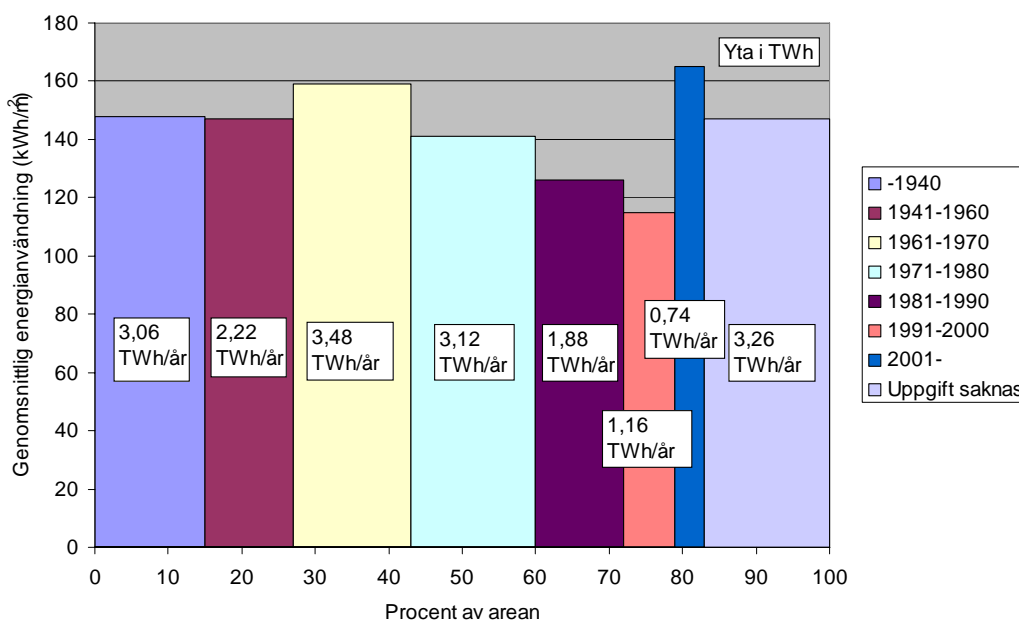
När det gäller renovering av miljonprogrammet skulle det vara en fördel med fjärrvärmeuppvärmning om fjärrvärmen även kunde användas till att producera kyla sommartid. Detta skulle kunna höja statusen på dessa bostadsområden. Detta är möjligt om fjärrvärme levereras vid 90°C. Ofta gör den dock inte det utan har snarare en temperatur runt 80°C vid leverans och då blir det svårare att producera absorptionskyla effektivt.

30 000 – 35 000 lägenheter byggs varje år. I och med att bidrag har försvunnit har byggandet av flerbostadshus gått ner.

## **2.3 Lokaler**

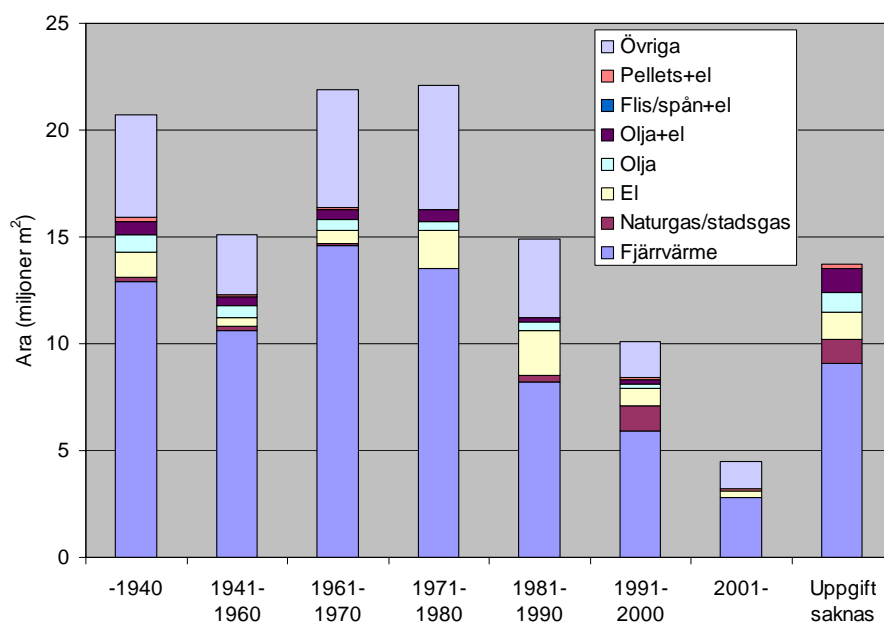
Uppvärmad yta för flerbostadshus uppdelat på byggår och uppvärmningssätt visas i Figur 2.8. Bland lokalerna är fördelningen mellan byggåren mer jämn jämfört med bostäderna. Det saknas byggår för över 15 % av lokalytan. Förmodligen är många av dessa äldre byggnader där ägaren inte riktigt vet när huset är byggt.

Tänkbara anledningar till uppgången i energianvändning från 2001 är införande av mycket glasfasader och att det finns en viss risk för att energianvändningen till uppvärmningen blandas ihop med den för komfortkylan eller för att man faktiskt värmer och kyler samtidigt i vissa lokaler.



**Figur 2.8.** Energianvändning för rums- och tappvattenvärmning för lokaler uppdelat på byggår illustrerat som en yta med genomsnittsanvändning på y-axeln och andel av den totala arean (i procent) på x-axeln.

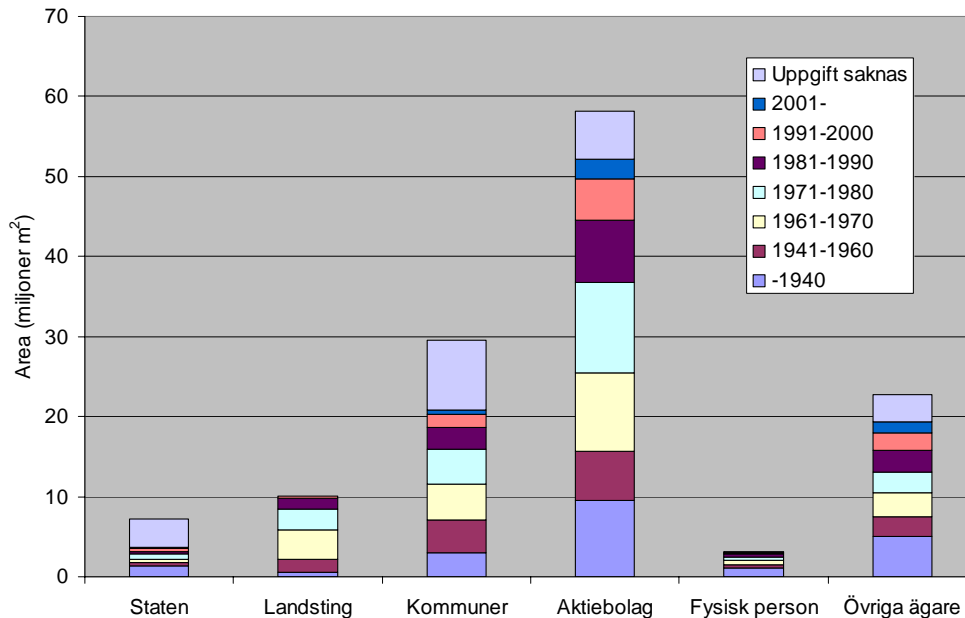
Uppvärmad yta för lokaler uppdelat på byggår och uppvärmningssätt visas i Figur 2.9. Fjärrvärmens dominerar kraftigt som uppvärmningssätt. Den värmer upp 59 % av Sveriges lokalarea. Kategorin ”Övriga” inkluderar solvärme, närvärme, bioolja, ved.



**Figur 2.9.** Uppvärmad yta för lokaler uppdelat på byggår och uppvärmningssätt.

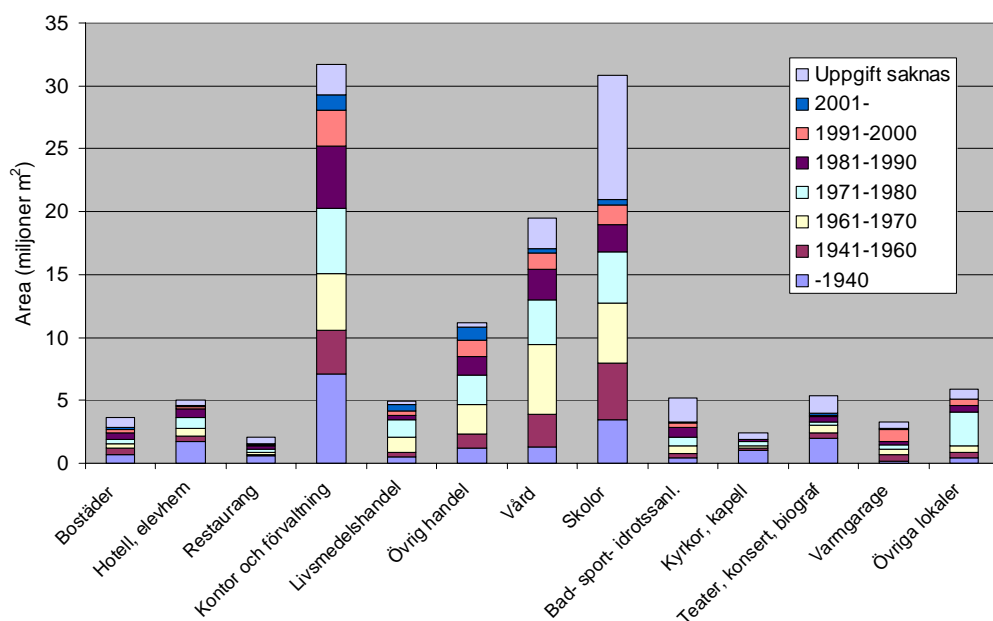
Uppvärmad yta för lokaler uppdelat på ägare och uppvärmningssätt redovisas i Figur 2.10. ”Övriga ägare” inkluderar enskild firma, handelsbolag, dödsbon m.m. Det kan finnas olika grad av intresse för energieffektivisering i olika ägandeformer. Vissa ägandeformer har en mer kortsiktig syn på sitt ägande vilket leder till att investeringar ofta har en kort avbetalningstid. Ett långsiktigt ägande borde leda till det motsatta. Intresset för energieffektivitet kan också bero på enskilda personer. T. ex äger kommuner ofta sina

lokaler långsiktigt samtidigt som de utnyttjar dem, men de är inte kända för att välja de mest energieffektiva lösningarna. När det gäller kylanläggningar är det dock lättare att sälja dyra, men energieffektiva anläggningar (exempelvis NH<sub>3</sub>-chillers) till offentliga ägare (som äger långsiktigt och nyttjar sina egna lokaler) än till t.ex. fastighetsbolag (Rolfman, 2008).

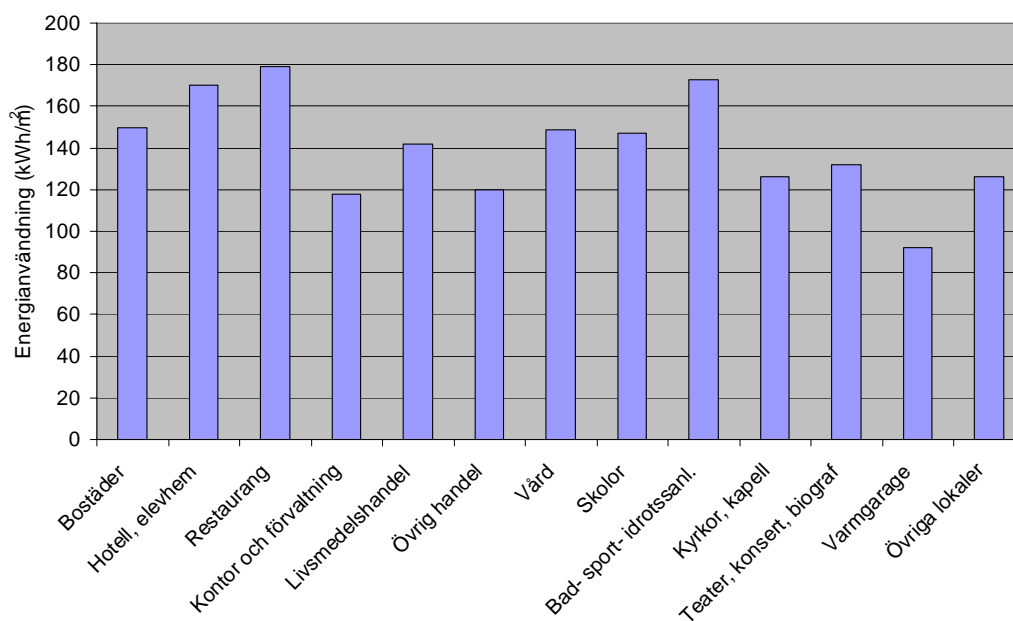


**Figur 2.10.** Uppvärmad yta för lokaler uppdelat på ägare och uppvärmningssätt.

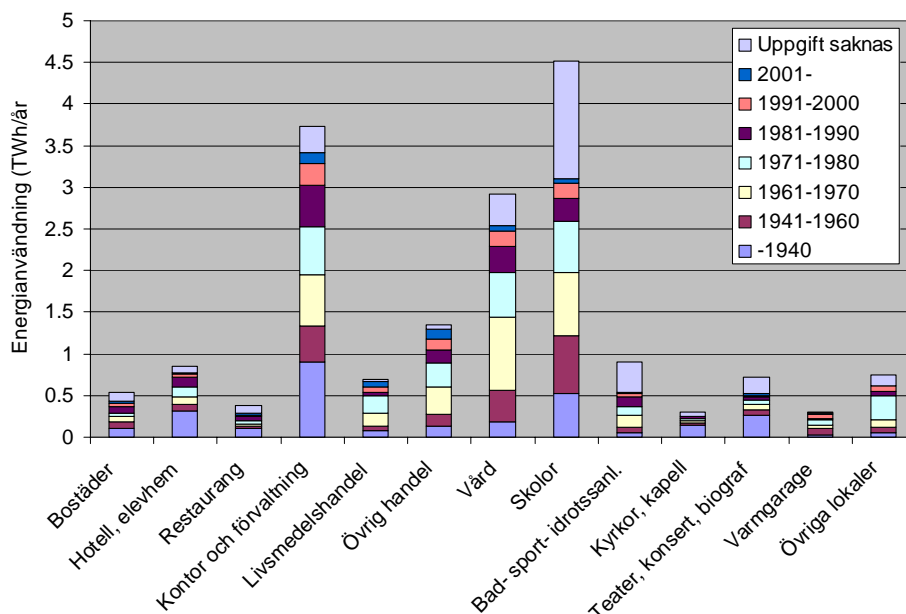
Figur 2.11 visar uppvärmd yta för lokaler uppdelat på lokaltyp och byggår. Tre dominerande staplar syns tydligt – de för kontor/förvaltning, vård och skolor. Genomsnittlig energianvändning för rums- och tappvattenvärmning för lokaler uppdelat på lokaltyp redovisas i Figur 2.12. På grund av att kontor/förvaltning har låg energiförbrukning för uppvärmning krymper den när vi tittar på energianvändning istället för på uppvärmd yta, se Figur 2.13, vilket medför att skolor blir den största posten i detta diagram. Det borde därför finnas en stor besparingspotential i just skolor.



**Figur 2.11.** Uppvärmad yta för lokaler uppdelat på lokaltyp och byggår.



**Figur 2.12.** Genomsnittlig energianvändning uppvärmning och tappvatten för lokaler uppdelat på lokaltyp.



**Figur 2.13.** Använd energimängd uppvärmning och tappvatten för lokaler uppdelat på lokaltyp och byggår.

Kylbehovet för lokaler år 2006 var enligt statistiken 654 GWh, detta inkluderar både fjärrkyla och eldriven kyla. Uppgifter om använd mängd fjärrkyla samlades in för första gången 2001 och förmodligen är uppgifterna ännu ofullständiga. Detta kan ställas mot uppvärmningsbehovet som är 21,3 TWh.

## 2.4 Distributionsmetoder samt vilka krav de ställer på framledningstemperatur och elbehov för pump- och fläktdrift

### 2.4.1 Distributionssystem för värme

I en fastighet kan värme antingen distribueras via ett vattenburet system eller via ett luftburet system. Det första är vanligast i Sverige idag. När det gäller vattenburna system kan värmen antingen överförs till luften via radiatorer, fläktkonvektorer eller via ett golvvärmesystem. Radiatorsystem är det vanligaste distributionssystemet i äldre hus medan golvvärmesystem blir allt vanligare i nybyggda hus.

När det gäller **radiatorer** överförs värme från värmevattnet till rumsluften via fri konvektion och strålning. Systemen kan modelleras genom att energibalanser för byggnaden, radiatorerna och värmesystemet sätts upp. Efter 1980 (då SBN80 infördes) bör radiatorsystemen i bostäder vara dimensionerade så att en framlednings- respektive returtemperatur på 55 respektive 45°C är tillräcklig vid den dimensionerande (vinter) utomhustemperaturen, DVUT. I småhus har det ofta visat sig att dessa temperaturer är tillräckliga även i hus byggda före 1980, medan radiatorsystemen i flerfamiljshus och lokaler ofta är dimensionerade för högre temperaturer och lägre flöden, exempelvis 80/60°C eller 60/40°C. Ett distributionssystem med radiatorer kräver elenergi för drift av en värmebärarpump.

**Fläktkonvektorer** är intressanta att använda vid konvertering från t.ex. direktelvärme till ett vattenburet system, eftersom de har relativt hög överföringskapacitet per enhet (och volym). Distributionssystem med fläktkonvektorer kan dimensioneras efter olika framlednings- och returtemperaturer vid DVUT. Det är helt enkelt en fråga om hur många fläktkonvektorer systemen ska innehålla. Vid konvertering från direktelvärme, kan det vara komplicerat och kostsamt att installera ett stort antal fläktkonvektorer, och ett färre antal (och högre framledningstemperatur) kan då väljas. Viktigt att tillägga är att ett distributionssystem med fläktkonvektorer kräver elenergi för drift av både fläktar och en värmebärarpump.

För att ett hus med ett vattenburet **golvvärmesystem** ska få god energiprestanda är det viktigt att plattan under systemet isoleras väl för att förhindra att värme läcker ut till marken. Ett golvvärmesystem dimensioneras ofta så att en framlednings- respektive returtemperatur på 35 respektive 28°C är tillräcklig vid DVUT. Det är viktigt att golvet inte får för hög yttemperatur, särskilt om trä används som golvet ytskikt. Ett golvvärmesystem kräver elenergi för drift av en värmebärarpump.

Ett golvvärmesystem är tungt och trögt medan ett system med fläktkonvektorer är lättare och snabbare. Ett radiatorsystem ligger däremellan. Att systemet är tungt innebär att mycket värme kan lagras i det och att det är trögt innebär att det tar relativt lång tid innan den överförda värmeeffekten ändras efter det att en förändring gjorts.

**Luftburna system** innebär att värmen tillförs inomhusluften via en luftström, t.ex. ventilationsluften. Denna typ av system är relativt ovanliga i Sverige idag, men tillämpas i mycket energieffektiva s.k. passivhus. Värmen överförs då från värmesystemet exempelvis via ett vätskebatteri placerat i ventilationskanalen. Vilken framledningstemperatur som erfordras bestäms av husets värmebehov den kallaste dagen, ventilationsflödets storlek samt hur stor värmeväxlare som installeras. I lokaler är det vanligt att viss del av värmen distribueras via ventilationsluften genom att denna förväms och resten via radiatorer.

Ett hus med en luft/luftvärmepump klassificeras och som ett luftburet uppvärmningssystem, eftersom värmen där överförs direkt från köldmediet till en recirkulerande luftström.

## 2.4.2 Distributionssystem för kyla

Kyla kan antingen distribueras via ventilationsluften eller via ett vattenburet system. Det förstnämnda är vanligast i mindre och äldre lokaler, medan det sistnämnda är vanligast i nyare och större lokaler.

Ett **luftburet system** kräver olika framledningstemperaturer beroende på vilka don som används för att distribuera ut luften i lokalen. Om s.k. lågimpulsdon används distribueras luften vid en temperatur på minst 18°C (eftersom det annars kan upplevas som dragit i lokalen). Dessa system kräver inte så låga framledningstemperaturer, vilket ofta är en fördel för dess energiprestanda. Hur mycket lägre kylvattentemperaturen eller förångningstemperaturen måste vara beror på hur stora värmeväxlarytor som tillämpas. Nackdelen med denna typ av system är att luftflödena vid höga kylbehov måste ökas för att kunna föra bort överskottsvärmen, vilket leder till att mycket elenergi krävs för att driva fläktarna. Om istället ett s.k. högimpulsdon används kan luft med lägre temperaturer, ner till ca 14°C blåsas in i lokalen, vilket ställer krav på lägre framledningstemperatur, men lägre fläkteffekt krävs då.

Ett **vattenburet kylsystem** innebär att lokalen kyls via vattenkylda kylbafflar som placeras i taken. Värmen överförs från rumsluften till kylvattnet via fri konvektion,

eftersom den kalla kylda luften är tyngre än den varmare och därmed faller mot golvet. Vilka framledningstemperaturer som krävs på kylvattnet beror på hur systemet dimensioneras (hur många kylbafflar som installeras). Vanligt är att systemen dimensioneras för en framlednings- respektive returtemperatur på 14 respektive 17 eller 18°C, men det finns även exempel på kylbaffelsystem i nyare lokaler som dimensionerats för en framledningstemperatur på 19°C och att god energiprestanda då erhöles eftersom den högre framledningstemperaturen ledde till lägre drivenergi till kylmaskinens kompressor.

### 3 Kartläggning och analys av nuvarande och framtida krav

I detta kapitel görs en kartläggning av nuvarande och framtida krav för värmepumpssystemen. Dels när det gäller den förväntade utvecklingen av fastighetsbeståndet, men framför allt görs en analys av hur nuvarande och framtida lagstiftning etc. tros komma att påverka kraven som kommer att ställas på framtidens värmepumpssystem.

#### 3.1 Beskrivning av den förväntade utvecklingen för fastighetsbestånd gällande både nybyggnation och ombyggnad

De flesta av de byggnader vi kommer att ha om 10-15 år **är redan byggda**. Det har byggts färre och färre byggnader de senaste decennierna och det finns inget som tyder på att denna trend kommer att brytas, särskilt inte i rådande lågkonjunktur. För nybyggnation gäller hårdare byggregler för både lokaler och bostäder, samtidigt som fastighetsbranschen efterfrågar byggnader med lägre energibehov. Många passivhusprojekt pågår, speciellt avseende nybyggnation av små- och flerbostadshus. Dessutom testas ombyggnad till passivhus-standard i befintliga flerbostadshus, exempelvis i området Brogården i Alingsås. Politiskt vill man se alla typer av upplåtelseformer, så vi kan förvänta oss en mix av hyresrätter, borrhätter och privat boende även i framtiden.

Marknaden för nybyggnation omfattar ca 15 000 småhus och 30 000 – 35 000 lägenheter årligen.

#### 3.2 Analys av inverkan från nuvarande och framtida lagstiftning och direktiv på krav för framtida systemlösningar

Av de direktiv och lagar som behandlas i detta stycke verkar en del i vissa led i, andra i flera led. Den totala effekten av dessa lagar och direktiv blir därför svår att bedöma. Dessutom verkar många direktiv i samma riktning, så den överlappande effekter kan ej heller bedömas.

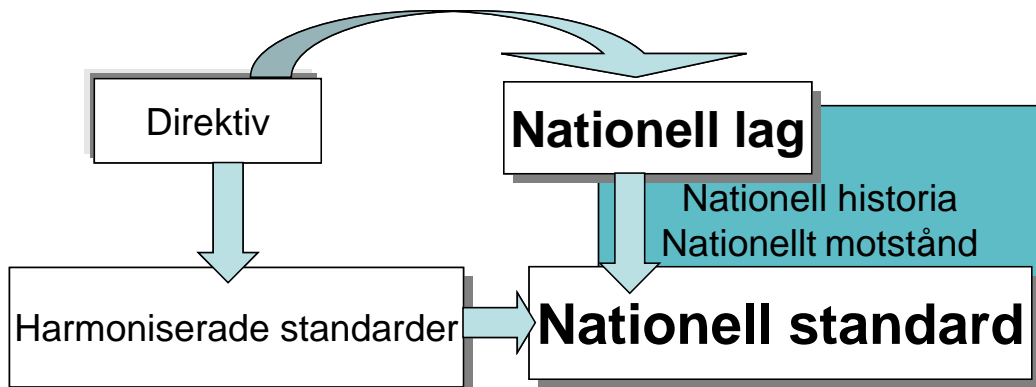
Som exempel kan nämnas följande direktiv som verkar på olika nivåer/led:

- Byggregler (EPBD, BBR) → Fastighetsnivå  
Byggreglerna ger instruktioner på de krav som ställs på byggnader avseende bland annat energi och ventilation. Kraven verkar därmed på fastighetsnivå, och berör byggare, konsulter och fastighetsförvaltare.
- Eco-designdirektiv → Fastighetsnivå & Brukarnivå  
Direktivet ställer krav på energianvändande produkter som används inom fastigheten. Produkterna som omfattas rangordnas efter energieffektivitet eller liknande kriterier. Brukarens val blir avgörande för vilken nivå på energieffektivitet som uppnås.
- Energieffektivitetsdirektivet → Samhällsnivå  
Det svenska energieffektivitetsdirektivet har nyligen lagts fram (nov-08), och ett antal förslag till lagstiftning och andra åtgärder har presenterats. Dessa förslag har dock ännu ej behandlats av



riksdagen, men troligen får de stort genomslag. Huvudsyftet är här att samhället skall minska energianvändningen.

De direktiv som utfärdas inom EU ligger till grund för antingen harmoniserade standarder inom EU, eller så står de som modell för nationell lagstiftning (Figur 3.1). Harmoniserade standarder och/eller nationella lagar leder sedan till nationella standarder. Det finns därmed ett tolkningsutrymme i omvandlingen från EU-direktiv till nationell lag, men direktivets intentioner skall återfinnas även i den nationella lagen.



Figur 3.1. Direktiv och dess inverkan på nationell lagstiftning.

Viktigt att notera att EU:s direktiv har samhällsperspektiv, vilket är viktigt att ha i åtanke när man analyserar vem de är bra för.

### 3.2.1 Direktivet för “Energy using products, EuP”/ Eco-design-direktivet

I detta avsnitt beskrivs effekterna av de nedan angivna direktiven.

#### “Ecodesign of EuPs directive 2005/32/EC”

”Council Directive 92/75/EEC of 22 September 1992 on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by household appliances”

EuP står för Energy using Products, och EuP-direktivet är samma sak som ekodesign-direktivet. Ekodesign-direktivet för energianvändande produkter syftar till att minimera produkternas miljöpåverkan och samtidigt bevara deras användningskvalitet/funktionalitet. Direktivet är ett så kallat ramdirektiv och sätter inga direkta krav på någon produkt, utan dessa kommer att införas genom vad som i ramdirektivet kallas för genomförandeåtgärder (implementing measures).

Genomförandeåtgärderna ställer krav på produkterna, till exempel elanvändningen i standby hos en TV. Detta innebär att de sämsta produkterna ur ekodesignperspektiv kommer att fasas ut från marknaden. Systemet med ”Energy-labelling” av hushållsprodukter har fungerat bra och drivit på teknikutvecklingen. Därför vill man vidareutveckla detta. Kraven gäller alla produkter, som skall SÄLJAS inom EU, vilket gör att detta kommer att få stor effekt, även på importprodukter.

Syftet med lagstiftningen är att

- Sänka energibehovet - i första hand av el

- ❑ Minska CO<sub>2</sub>-utsläppen
- ❑ Minska energiberoendet av stater utanför EU

Resultatet ska alltså ge en lägre förbrukning av elektricitet inom EU. Metoden som tillämpas är att serieproducerade produkter med en seriestorlek > 200000 st/år, med stor miljöpåverkan väljs ut. Genom frivilliga överenskommelser med producenter och importörer där det är möjligt, och minimiregler för energieffektivitet, vill EU-kommissionen nå sina mål med avseende på minskning av energianvändning.

Att minimivärden upprätthålls skall säkras genom CE-märkning. Kontroll av CE-märkning är dålig i hela Europa. Marknadsövervakningssystemen borde innebära att fler stickprov görs än vad som görs idag.

De produkter som är mest intressanta för bostäder och lokaler är:

- alla konsumtionsvaror där användningen av stand-by-energi ska minskas
- belysning inomhus
- elmotorer, pumpar och fläktar (pumpar för värmecirkulation i vattenburna system behandlas separat och kallas ”cirkulatorer”, troligen eftersom pump och elmotor är sammanbyggda i en hermetisk enhet)
- kyl och frys för hushåll
- butikskylustrustning

#### **Produktgrupper där förslag skall ha antagits under 2008 är**

- Gatubelysning
- *Kontorsbelysning*
- *Stand by och ”off-mode”-förluster*
- Externa kraftaggregat
- *Enkla Digital TV- boxar*

#### **Grupper där förslag ska antas våren 09**

- *Belysning för hem*
- *Tv-apparater*

#### **Grupper som skall fastställas under 08-09**

- Pannor
- Varmvattenberedare
- Tvättmaskiner, diskmaskiner
- *Butikskyla (i första hand kyl- och frysmöbler)*
- *Elektriska motorer 0,5-200(360) kW*
- *Cirkulatorer (hermetiska cirkulationspumpar)*
- *Datorer*
- *Skrivare, kopiatorer*
- *Pumpar*
- *Ventilationsfläktar*
- *Mindre luftkonditionerings aggregat (inklusive luft/luftvärmepumpar)*
- Hushållsfläktar för luftkonditionering

När det gäller ”Eco-design-direktivet” ingår värmepumpar i den ”Lot” som behandlar pannor (Lot 1) och även i den som behandlar luftkonditioneringsaggregat (Lot 10). Utkast är för närvarande på remiss.

De grupper som kursiverats är grupper som påverkar mängden avgiven internvärme i byggnaderna (internlasterna om kyla avses). Genom en minskning av energianvändningen i dessa produkter kan även internvärmern/internlasterna förväntas minska.

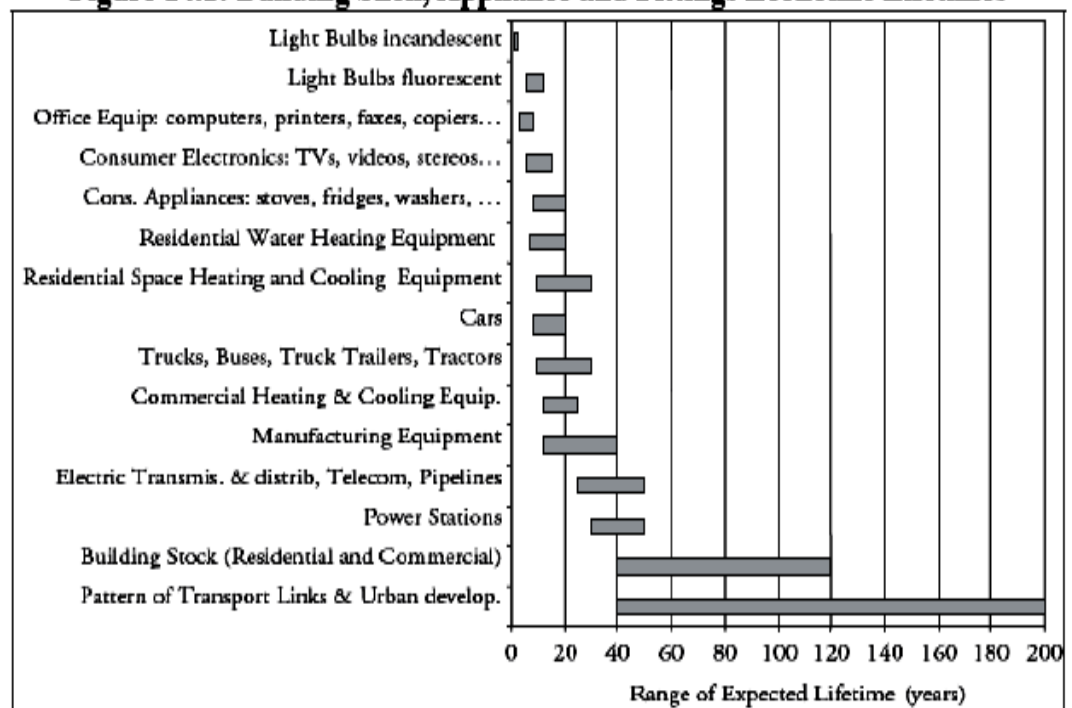
I samtliga dessa fall blir konsekvensen en minskning av den totala elektriska energianvändningen. För alla former av lokalkyla kommer kylbehovet att minska. Även för butikskyla kommer minskade kylbehov att erhållas. För befintliga kylsystem kommer *kylenergibehovet* på årsbasis att minska. Om samtidigt den totala årliga *elenergianvändningen* minskar beror ytterst i varje enskilt fall på kylsystemets uppbyggnad och dess reglersystem. Det troliga är en minskning av *elenergianvändningen* men inte i proportion till minskningen av *kylenergibehovet*.

För nya byggnader innebär direktivet effektivare produkter, mindre avgiven värme och ett förändrat kylbehov. Om inte dimensionerande konstruktionsregler anpassas till det minskande behovet kommer den tendens till överdimensionering av kylutrustning, som tidigare funnits, att förstärkas. Resultatet kan bli mindre elenergivinster än förväntat och i värsta fall ingen minskning av elenergianvändningen alls.

För värmebehov under uppvärmningssäsongen blir resultatet att mer värme måste tillföras. Även här behöver konstruktionsregler troligtvis anpassas.

Förändringarna kommer bara att gälla nya produkter. Innebörden är att systemlösningar inte påverkas direkt och att befintliga installationer påverkas först vid utbyten av i byggnaden ingående produkter. Den livstid som olika produktgrupper har varierar kraftigt med produkttypen, se Figur 3.2, så genomslaget av direktivet kommer att ske gradvis.

Tidplanen för introduktionen av de förbättrade produkterna innebär att den närmaste femårsperioden inte kommer att innebära någon större påverkan på elnätet. Därefter kommer successivt uppvärmningen att flyttas över till medveten uppvärmning varför energibehovet i elnätet minskar. Effektopparna i de fall där el är enda värmekällan kommer dock att bestå. I områden med övervägande fjärrvärme blir effektopparna när det gäller värmebehov större för fjärrvärmern eftersom minskningen i elenergi kommer att ersättas av fjärrvärme vid värmebehov.

**Figure 14.1: Building Shell, Appliance and Fittings Economic Lifetimes****Figur 3.2** Ekonomisk livslängd för olika produkter (Energy Technology Perspectives 2008, IEA).

### 3.2.2 Energieffektivitetsdirektivet

I detta avsnitt analyseras effekten av följande direktiv.

#### “Directive 2006/32/EC of the European Parliament and of the Council of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services”

Europaparlamentets och rådets direktiv 2006/32/EG om effektiv slutanvändning av energi och om energitjänster innebär att 9 % årligt slutanvänd energi skall sparas från 2001-2005 (de så kallade basåren) fram till 2016. Dessutom finns det ett krav att varje medlemsstat skall redovisa en handlingsplan för hur minskningen skall genomföras. En svensk utredning har tillsatts, vilken har skrivit ett delbetänkande, SOU 2008:25 ”Ett energieffektivare Sverige”, och en handlingsplan. Slutbetänkandet lades fram den 18 november 2008. Det har titeln ”Vägen till ett energieffektivare Sverige” och rapportnummer SOU 2008:110.

Följande krav ställs i utredningen:

- Minska *slutanvänd* energi med 9 % från basåren 2001-2005 till 2016
- Redovisa en handlingsplan för varje medlemsstat
- Ett ytterligare beslut kräver 20 % mindre *primärenergi* 2020

Vilka styrmedel som införs kommer att bli det helt avgörande resultatet av utredningen och dess efterföljande politiska beslut. Innan detta är klart kan ingen påverkan på de framtida kyl- respektive värmebehoven uppskattas.

Notera att utredningen har bytt det svenska namnet. En direkt översättning av den engelska titeln skulle innehålla ”energitjänster”, men detta har tonats ner och mer tyngd på andra åtgärder. I förarbeten till utredningen beskrivs effektivisering som minskad förbrukning med bibehållen standard, t.ex. innetemperatur. Utredningen talar sedan om

energi och mindre om effektivisering. Detta är möjligen någorlunda korrekt för uppvärmning av bostäder, eftersom antalet invånare och m<sup>2</sup> bostad/individ kanske kan antas vara konstant under mätperioden. En verksamhet som dock antas förändras som ett led i standardhöjning är kylning av lokaler och kanske även bostäder. Den snabba acceptansen av kyla i bilar kommer troligen att påverka synen på kylning av lokaler och senare även bostäder. Kyla är tas endast med i utredningen som fjärrkyla och ingenting nämns om lokalt producerad kyla. Elförbrukningen för lokalt producerad kyla är en del av övrig elförbrukning.

Utredningen har utöver slutanvänd energi även studerat primärenergi och kopplingen mellan dessa. Skälet är kravet på en sänkning av primärenergiförbrukningen till år 2020 med 20 %. Faktorer för konvertering mellan primärenergi och slutanvänd energi har införts i utredningen. Tabell 3.1 nedan är citerad från utredningen.

**Tabell 3.1. Sammanställning av utredningens viktningsfaktorer för el, fjärrvärme, fjärrkyla, oljeprodukter samt biobränsle**

<b>Energislag/bränsle</b>	<b>Viktningsfaktor för basåren (genomsnitt)</b>	<b>Viktningsfaktor för energieffektivisering (marginal)</b>
<b>El</b>	1,5	2,5
<b>Fjärrvärme</b>	0,9	1,0
<b>Fjärrkyla</b>	0,4	0,4
<b>Oljeprodukter</b>	1,2	1,2
<b>Fasta biobränslen</b>	1,2	1,2

Hur dessa faktorer skall förstås och användas är inte helt tydligt. Är det ändringar som skall ses på marginalen eller är det all energi 2016? Störst är skillnaden avseende el med en ändring från 1,5 för "basåren" och 2,5 för "marginalen". Om detta beror på en förväntad sämre verkningsgrad elproduktionen i nya anläggningar eller på att den nuvarande marginaleten dvs. importerad kolkondens förväntas bibehållas klargörs inte.

Valet av omvandlingsparameter för el och fjärrvärme ger ett intressant resultat. Se på ett värmebehov av 100 kWh:

Idag uppgår primärenergibehovet till  $0,9 \cdot 100 = 90$  kWh för fjärrvärme och med fortsatt användning av fjärrvärme år 2016, då omvandlingsfaktorn för fjärrvärme förslås ändrad från 0,9 till 1,0, blir primärenergibehovet  $1,0 \cdot 100 = 100$  kWh. Om en konvertering till värmepump med en värmefaktor på 3 antas genomföras och samma värmebehov ska täckas ger den föreslagna omvandlingsfaktorn för el  $100/3 \cdot 2,5 = 83$  kWh. Med dessa antagande bör alltså en bra värmepump ersätta fjärrvärme.

Tillförsel av energi från värmepumpar är endast redovisad som den energimängd som tillförs fjärrvärmenätet. Den större energimängden från mindre aggregat är ej medtagen i siffrorna.

I utredningen visas att Sverige både utifrån primär- och slutenergiperspektiv kommer att uppnå målsättningen med hittills införda och beslutade styrmedlen. Det anmärks även att stora ekonomiska effektiviseringar är möjliga och att ytterligare styrmedel därför bör införas och med en högre målsättning.

Omvandlingsfaktorerna är satta så att el ska sparas i så stor utsträckning som möjligt. Faktorerna är satta så att det ej styrs mot enbart förnyelsebar energi. De styrs inte heller mot CO<sub>2</sub>-reduktion. Som faktorerna ser ut nu spelar det inte så stor roll om det är fossila bränslen eller förnyelsebara bränslen som eldas.

I marsutredningen (SOU 2008:25) angavs:

- att energieffektiviseringen skall öka
- primärenergifaktorer för omräkning från slutanvänd till primär energi

Dessa uppgifter gäller fortsatt i novemberutredningen (SOU 2008:110) med följande förtydligande:

- Vid studie av kortsiktiga investeringar skall lokala omräkningsfaktorer för fjärrvärme användas. Som kortsiktigt anges luft/luftvärmepump.
- Vid långsiktiga, strategiska investeringar, t. ex. byte av distributionssystem för värme kan den nationella omräkningsfaktorn användas.

Den för detta projekt mest intressanta delen är de föreslagna **styrmedlen** vilka kan förväntas öka mängden genomförda energieffektiviseringsprojekt.

Utrednings **huvudalternativ** återfinns i utredningen (SOU 2008:110) på sidan 176:

- Ett statligt bidrag ska ges till strategiska installationer i småhus, flerbostadshus och lokaler (butik, restauranger, kontor och liknande - dock ej i industribyggnader).
- Statliga bidrag skall även ges till konsultarbeten för genomförande av åtgärder som rekommenderas i energideklarationer.
- Befintliga stöd för konvertering och energieffektiva fönster bibehålles. En utvidgning skall göras till styr- och reglersystem och till mekaniska till- och frånluftssystem med värmeåtervinning. Konvertering till vattenburna värmedistributionssystem anses vara en strategisk åtgärd.
- Individuell mätning av tappvarmvatten vid om- och nybyggnad av flerbostadshus

En effekt av det föreslagna stödet, speciellt det till konsulter, anses vara en ökning av genomförda åtgärder från 15 % till 50 % av möjliga åtgärder.

Ett **alternativt förslag** anges också, vilket innebär är ett skatteavdrag för åtgärder i småhus och flerbostadshus. Man vill här knyta rätten till avdrag till förslag som är givna vid energideklarationen. En skillnad från huvudförslaget är att konsulttjänster inte är med och inte heller den individuella mätningen av varmvatten. Begränsningen till flerbostadshus anges som ej helt utredd.

När det gäller nybyggnadsregler gäller följande förslag:

- Inför krav på energihushållning vid ombyggnad. En lista på komponentkrav för energidata t.ex. fast belysning, pumpar, komfortkyla och ventilation men även för fönster, dörrar, väggar och tak. En kontinuerlig *ytterligare skärpning av nybyggnadsregler* ska införas men med god framförhållning. Vid fjärrvärmeutbyggnad skall alltid alla typer av tillgänglig spillvärme beaktas. Vid ansökan av miljöprövning skall spillvärmekällor vara angivna och om dessa inte används ska skäl anges till detta.
- Vid om och nybyggnad av flerbostadshus skall individuell mätning av varmvatten vara ett krav.

*Vad kommer nu dessa nya krav och styrmedel att innebära för energisystemen i byggnader?*

Generellt gäller en skärpning av byggkraven vid nybyggnation. Hur ombyggnadskraven utformas kommer att styra mycket av kommande utveckling. Ett bidrag till nya styr- och reglersystem kommer att innebära en stor sänkning av energiåtgången redan i befintliga system. Exempel finns på styrsystem, som enligt dess tillverkare, innebär ungefär 25 % lägre energiförbrukning i befintliga system. Med höga krav och bidrag vid ombyggnader kommer dessutom en snabb ytterligare förbättring av systemen att bli verklighet.

Kommer flerbostadshus efter ombyggnad att få balanserad ventilation? Ja, troligen. En siffra i utredningen är att 60 % av alla flerbostadshus kommer att byggas om inom 10 år. Här finns en stor potential speciellt i dagens arbetsmarknadsläge. Dock finns inte ombyggnadskraven eller bidragsbesluten ännu.

### 3.2.3 F-gas-förordningen

#### EC Regulation No842/2006 on certain fluorinated greenhouse gases

F-gas-förordningen (eller F-gas-regulationen) innebär nya gränser för täthetskontroll av anläggningar som innehåller fluorinerade köldmedier. Det är särskilda regler för hermetiska system, men definitionen för dessa är inte helt klar.

Förordningen innebär:

- åtgärder för att förhindra utsläpp av F-gaser (HFC)
- återkommande läckagekontroll och utrustning för upptäckt av läckage på stationär utrustning
- registerföring (journalföring) för stationär utrustning
- omhändertagande/återvinning

Kravet på indirekta system för kylning över 0 grader (egentligen för indirekta system som inte kräver en köldbärartemperatur på  $< -15^{\circ}\text{C}$ ) är numera borta. Förr fanns ett sådant krav för system med köldmediefyllningar över 50 kg. Dock krävs tätare kontroller ju större fyllningen är (större för DX jämfört med indirekt). Dessutom visare erfarenheten att indirekta system är ur servicehänseende billigare. Kostnaden är bara ca 20 % av kostnaden för att serva DX-system. Många livsmedelshandlare kanske därför ändå väljer att fortsätta låta bygga och använda sådana system.

CO<sub>2</sub>-system i både direkta och indirekta system väntas bli billiga i framtiden då komponenter blir tillgängliga och efterfrågas i större volymer. De har mindre materialåtgång.

Ett speciellt direktiv avseende köldmedieval för luftkonditionering i bilar har antagits med krav på GWP < 150. införandet sker under en 5-årsperiod från 2011. Det saknas ett regelverk för alla typer av kylutrustning i andra fordon t ex båtar, containers, bussar och tåg. Inte heller kyltransporter omfattas av något regelverk.

För att komplettera för svenska förhållanden har Naturvårdsverket gett ut en författning som redovissar de extra krav som gäller i Sverige utöver vad som stipuleras i F-gasförordningen. Denna författning, SFS 2007:846 gäller från 1 januari 2008.

*Citat: Den nya förordningen om fluorerade växthusgaser och ämnen som bryter ned ozonskiktet ersatte förordningen (1995:555) om HFC, förordningen (2002:187) om ämnen som bryter ned ozonskiktet och köldmediekungörelsen. Den är ett komplement till*

*F-gasförordningen i de delar som den inte anses tillräcklig ur ett svenskt perspektiv samt göra att samma kravnivå gäller för HCFC som för fluorerade växthusgaser (HFC).*

Enligt Naturvårdsverket blir de nya bestämmelserna komplicerade på grund av att en "regulation" måste tas som den är. De speciella kraven i Sverige är sedan inskrivna i förordningen.

Täthetskontroll gäller för utrustning med

- 3-30 kg var 12 månad (6-30 kg för hermetiska system)
- 30-300 kg var 6 månad
- >300 kg var 3 månad

Dessutom skall läckagevarnare finnas installerat för system med över 300 kg fyllning. Dessa varningssystem skall kontrolleras var 12 månad. Anmälan skall göras till tillsynsmyndighet för installation av aggregat med > 10 kg fyllning. Reglerna gäller nu per aggregat = köldmediesystem. Tidigare gällde kraven totalmängden installerad hos en ägare och plats. Skrotning skall anmälas.

Kompetenskraven kommer att skrivas om, men det gamla systemet gällde åtminstone till juli 2008. Det nya är att även andra EU länders certifikat skall gälla i Sverige. Både företag och personer skall vara certifierade. Fortfarande får personal utan certifikat arbeta, men under ledning av person som innehar sådant.

Ansvarig för att följa regelverket är "operatören" som kan vara annan än ägaren. Som tidigare gäller att en dagbok över underhållet skall föras. Rapport ska sändas in till kommunen varje år.

En skillnad i Sverige jämfört med EU:s F-gas-förordning är att det svenska systemet även gäller för mobil utrustning.

En stor skillnad i Sverige är att kraven på samlingsbehållare, dubbla säkerhetsventiler och indirekta system vid fyllningar över 50 kg och temperaturer kring 0°C nu har tagits bort.

### **Vilka verkliga förändringar kan nu förväntas**

Kraven på service är likvärdiga med de krav som tidigare har funnits i Sverige. F-gas-förordningen kommer därför troligtvis inte leda till att köldmediefyllningar minskar ytterligare på den svenska marknaden. Hur upphävandet av kravet på indirekta kylsystem för temperaturer över 0°C kommer att påverka systemleveranser på den svenska marknaden är svårt att förutse. De direktexpansionsystem som i första hand kommer att införas är mindre luftkonditionering och även kylsystem mindre och medelstora butiker. Den tekniska utvecklingen av indirekta system i större butiker och den väsentligt lägre servicekostnaden för indirekta system kan åtminstone för centralt inköpta butikssystem göra att dagens lösningar med indirekta system bibehålls.

Något totalt förbud för HFC är svårt att se under lång tid. För installationer med centrifugalkompressorer är inte alternativen CO<sub>2</sub> eller NH<sub>3</sub> lämpliga. Molekylvikten är låg och ger därför dyra kompressorer och högre energibehov. I en miljö med krav på hög energieffektivitet är centrifugalkompressorer lämpliga för stora installationer > 1-2 MW. De är i det avseendet bättre än andra lösningar. En möjlig teknisk lösning är HC som köldmedium vilket används inom oljeindustrin. Där finns kravet på explosionssäker elektrisk utrustning ändå. I andra applikationer som till exempel för luftkonditionering leder sådan utrustning en fördyring som ännu inte har ansetts acceptabel.



Regelverket som nu är under implementering innebär nya servicekrav på all kylutrustning med HFC-köldmedier i de flesta EU länder. I Sverige kommer dock ingen förändring av servicekraven att ske på grund av det nya regelverket, eftersom liknande krav funnits sedan tidigt 90-tal. System med naturliga medier (NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> och kolväten) ingår inte i de nya reglerna.

Förordningen omfattar all icke mobil utrustning. Det finns ett särskilt direktiv för luftkonditionering i bilar, MAC-direktivet. F-gasförordningen berör bara produktionen av kyla, kylbehoven berörs inte alls. Vid en bedömning av framtida påverkan av den nya lagstiftningen har utformningen av MAC direktivet stor betydelse. Den snabba acceptansen av CO<sub>2</sub> som köldmedium av tysk bilindustri skapar dels en reell utveckling inom transkritisk kylteknik dels minskar utrymmet för motstånd inom andra applikationer.

Samtidigt pågår sedan några år en anpassning från några stora livsmedelsleverantörer till kraven på grönare kylproduktion. För glassboxar, flaskkylar och mindre luftkonditioneringsaggregat testas både transkritiska-CO<sub>2</sub> och HC lösningar. Begränsande för produktionen av transkritiska små CO<sub>2</sub> system har varit tillgången på kompressorer i produktionskvantiteter.

Det finns ett krav på översyn av gällande regler inom EU. Eftersom det ännu inte finns några centrala minimiregler för certifiering av läcksökningspersonal och företag kommer de lokala reglerna och utbildningen att försenas. I Sverige gäller de tidigare certifieringsreglerna vidare. EUs översyn kommer att försenas och kan kanske bli utförd under 2010-2011. En eventuell skärpning av reglerna kan inte förväntas få något genomslag i Sverige inom 10-15 år.

Inverkan av F-gasförordningen och eventuella efterföljare kommer troligtvis att bli en övergång till andra (naturliga) köldmedier i mindre aggregat. Om dessa blir likvärdiga i pris med dagens lösning finns risken för acceptans av lägre energieffektivitet, speciellt i områden med korta drifttider.

Från och med den 1 januari 2009 har Kyl- & Värmepumpföretagen övertagit ansvaret för all verksamhet knuten till Svensk Kylnorm från Kylbranschens Samarbetsstiftelse. Kyl- & Värmepumpföretagen är alltså ny huvudman för kylnormen. Detta kommer dock inte att påverka de krav som ställs genom F-gasförordningen eller den kompletterande författningen.

### **3.2.4 EPBD och ”nya” BBR**

**(EPBD, Energy Performance of Buildings Directive, Directive 2002/91/EC)**

Nya BBR (Boverkets ByggRegler) är en följd av EPBD, Energy Performance of Buildings Directive (Directive 2002/91/EC). Nya regler för BBR kom 2006, men en revision har redan utförts. Den har varit på remiss och beslutades i december 2008 och gäller från 1 februari 2009. Generellt gäller att först skall husets energianvändning beräknas, därefter ska huset byggas och slutligen ska den faktiska förbrukningen mätas. En viss anpassning har skett av byggreglerna för att de ska passa a energideklarationerna. Den så kallade ”Nymans utredning” ville att även CO<sub>2</sub>-utsläpp från byggnadens energianvändning skulle redovisas, men detta har Boverket ej tagit med. I tidigare BBR fanns det med krav som ej behövde verifieras, exempelvis krav på täthet. I de nya reglerna finns ej detta krav med.

Skärpningen innebär (från BBR2006 till BBR2008):

- Ett hus med mer än  $10 \text{ W/m}^2$  i installerad eleffekt för värme och varmvatten, inklusive komfortvärme definieras som ett elvärt hus.
- Som elvärmade hus räknas både direktelvärmade hus och hus med vattenburen elvärme.
- Alla elvärmade byggnader berörs, inte bara en- och tvåfamiljshus.
- Tre klimatzoner (varav en är inre Norrland). Vilket innebär att det där blir lättare klara kraven i icke-elvärmade bostäder ( $150 \text{ kWh/m}^2$ ) jämfört med BBR 2006.
- Skärpta kravnivåer för elvärmade hus (bostäder och lokaler) föreslås, förutom i inre norrland.
- Dessutom ställs krav på högsta installerad eleffekt för uppvärmning.
- Skärpta krav på elenergi till elektriska kylmaskiner för komfortkyla i icke-elvärmade byggnader! (räknas upp med en faktor 3).

**Tabell 3.2.** Krav för elvärmade hus enligt BBR 2008 (*BFS 2008:20*),  $A_{\text{temp}}$  definieras som uppvärmd yta.

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning (kWh per $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ år)	95	75	55
Installerad eleffekt för uppvärmning (kW)	5,5	5,0	4,5
+ tillägg då $A_{\text{temp}}$ är större än $130 \text{ m}^2$	0,035 * $(A_{\text{temp}} - 130)$	0,030 * $(A_{\text{temp}} - 130)$	0,025 * $(A_{\text{temp}} - 130)$
Genomsnittlig värme- genomgångskoefficient ( $\text{W/m}^2 \text{ K}$ )	0,4	0,4	0,4

*Installerad eleffekt för uppvärmning:*

Den sammanlagda eleffekt som maximalt kan upptas av de apparater för uppvärmning som behövs för att kunna skapa avsett inomhusklimat, tappvarmvatten och ventilation när byggnadens maximala effektbehov föreligger. Det maximala effektbehovet kan beräknas vid DVUT och tappvarmvattenanvändning enligt BBR 6:623 om inte annat högre belastningsfall är känt vid projekteringen. (*BFS 2008:20*).

*Kommentar: Oklart om fläktel ingår, eller om det endast avser elvärmade efter-/förvärmningsbatterier*

För elvärmade byggnader bör dessutom installerad eleffekt för uppvärmning beräknas vid projekteringen och verifieras i färdig byggnad, genom summering av märkeffekter.

*Kommentar: Ger i många fall orimliga konsekvenser!*

*En heltäckande bergvärmepump får t ex inte innehålla en back-up elpatron ifall kompressorn skulle gå sönder. (Kan ta upp till en månad att få utbytt en havererad kompressor).*

En hel del beräkningar har utförts i ett parallellt projekt på SP med ett av SP utvecklat verktyg, ”TMF beräkningsprogram v 1.4”. Beräkningar har utförts för ett normhus idag, ett hus med förbättrade prestanda, samt ett för ett passivhusliknande koncept. I programmet har en innetemperatur på 21°V använts. Denna temperatur diskuterades inom detta projekt, men man var ense om att man skulle utföra beräkningarna och redovisa resultaten och sedan kan justeringar ske till den temperatur som kunden ger göras. Nedåt finns socialstyrelsens krav på minst 18 grader för att det inte skall vara en olägenhet, uppåt finns egentligen inga begränsningar. Slutsatserna redovisas nedan:

### Konsekvenser av förslag till skärpta energikrav

- De flesta **hus med värmepumpar**, inklusive frånluftvärmepumpar, kommer att **räknas som elvärmda**
- Det vanligaste småhuskoncept som finns och säljs på marknaden idag (d v s ”normal” isolering och täthet, samt frånluftsvärmepump med elspets) kommer inte att klara de nya kraven!
- Den enklaste och sannolikaste åtgärden på kort sikt blir att byta ut frånluftsvärmepumpen mot en heltäckande bergvärmepump! Endast ett fåtal sådana produkter finns på marknaden idag och de är inte helt anpassade till föreslagna effektkrav i kommande BBR.
- Frånluftsvärmepump med fjärrvärmespets blir inte ”elvärmda” (om eleffekten på eventuell back-up elpatron begränsas). De är ett kostnadseffektivt alternativ för husföretag och husköpare i fjärrvärmeområden då man kan behålla befintlig systemlösning. Men FTX är en bättre lösning ur fjärrvärmebolagens synvinkel och i vissa kommuner är frånluftsvärmepumpar inte tillåtet att installeras i kombination med anslutning till deras fjärrvärmenät.
- **I princip utesluts luft-vattenvärmepumpar** utom för hus som närmar sig passivhus eller ”... om särskilda förhållanden föreligger”.
- Där (berg)värmepumpar inte är ett alternativ måste man komplettera med solvärme och/eller FTX (och tätare byggnadsskal). I inre norrland och norra/inre delarna av övriga klimatzoner krävs i de fallen även en förbättrad isoleringsstandard
- Investeringskostnaden för ett nytt hus ökar en hel del. Ökade ränte- och amorteringskostnader balanseras dock mer- eller mindre av minskade energikostnader!
- Det kan bli vanligare med spetsvärme i annan form än el (braskamin?)
- Att beräknade prestanda för olika installationer stämmer med deras verkliga prestanda blir allt viktigare (gäller redan med befintliga BBR).

### Sammanfattning - Slutsatser

Skärpta energikrav i BBR kan i södra Sverige huvudsakligen klaras med förbättrade/utökade installationer;

- I de fall hus byggdes med enbart elvärme, får nu istället byggas med en bergvärmepump.
- I de fall hus byggdes med enbart fjärrvärme utan värmeåtervinning, får nu istället hus byggas med så kallade FTX-aggregat för värmeåtervinning i kombination med fjärrvärme
- I de fall hus byggdes med biobränsle som uppvärmningskälla får denna kombineras med termisk solvärme

... men det innebär en ökad investeringskostnad

- I norra Sverige och norra/inre delarna av övriga klimatzoner krävs även förbättrade klimatskal i samband med fjärrvärme och biobränsle

- För att beräknad energiprestanda skall kunna uppnås krävs tillförlitliga och för beräkningarna anpassade data för olika installationers prestanda (saknas idag i stor utsträckning för både värmepumpar och ventilationsvärmeåtervinnare).
- Tolkningen av hur installerad eleffekt för uppvärmning skall verifieras, d v s summering av märkeffekter, behöver revideras!

I Norrland klarade man ej BBR-kraven (före 2008) med något av husen som värms upp med fjärrvärme. Därför har en tredje klimatzon införts. I söder klarar sig inte normalt standardhus om det värms med fjärrvärme.

När det gäller effektbegränsning klarar luftvärmepumpar oftast inte effektkravet. Satta krav på installerad eleffekt kan även ge upphov till/stimulera kombilösningar. Effektbegränsningen kommer troligen att driva mot värmepumpar som inte har full effekttäckning kalla dagar. Kan även leda till mer vätska/vattenvärmepumpar i nybyggda hus. Som exempel kan nämnas ett område i Steninge där nu 500 villor byggs med vätska/vattenvärmepumpar och individuella borrhål.

### 3.2.5 Energideklarationer för byggnader

#### (EG-direktivet 2002/91/EG)

En lag om energideklaration för byggnader trädde ikraft den 1 oktober 2006. Syftet med lagen är att föra in EG-direktivet 2002/91/EG om byggnaders energiprestanda i svensk lagstiftning och därmed främja en effektivare energianvändning och en god inomhusmiljö i byggnader. En energideklaration är giltig i tio år.

Boverket skriver föreskrifter och allmänna råd som ska förtydliga innehållet i lagen, bl.a. kompetenskrav hos de som får upprätta deklarerationer, hur de ska fyllas i och skickas in. Den 1 oktober 2006 började lagen gälla. Reglerna gällde då inte för riktigt alla kategorier av byggnader. Från och med 1 januari 2009 skall även villor som säljs energideklaras av säljaren.

Enligt lagen ska fastighetsägare se till att oberoende experter upprättar energideklarationer. Vid behov ska experten först besiktiga byggnaden. Boverket är ansvarig myndighet för det deklaraionsregister som skapas allt eftersom deklarerationer upprättas.

Deklarationen ska innehålla:

- uppgift om byggnadens energiprestanda, dvs. hur stort energibehov byggnaden har vid "normalt" bruk
- uppgift om obligatorisk funktionskontroll av ventilationssystemet har utförts i byggnaden
- uppgift om radonmätning har utförts i byggnaden
- uppgift om hur byggnadens energiprestanda kan förbättras med hänsyn till en god inomhusmiljö. I så fall ska rekommendationer om kostnadseffektiva åtgärder finnas med, och
- referensvärden, som gör det möjligt för konsumenter att bedöma och jämföra byggnadens energiprestanda med andra byggnaders.

Lagen omfattar alla kategorier av byggnader (med vissa undantag). Specialbyggnader och flerbostadshus skulle ha deklarerationer senast vid utgången av år 2008. Övriga byggnader, t.ex. småhus, deklaras från och med 1 januari 2009.

En energideklaration ska enligt lagen upprättas:

- när en byggnad uppförs, dvs. vid nybyggnation. (2 år efter bruktagandet, dock inte senare än 2 år efter slutbevis).
- när en byggnad säljs, förutsatt att det då inte redan finns en deklARATION, som ej är äldre än 10 år.
- för byggnader som upplåts med nyttjanderätt i form av bostads- eller hyresrätt (i huvudsak flerbostadshus och hus med lokaler). Ägaren ansvarar för att det finns en energideklARATION som inte är äldre än tio år.
- för lokaler med offentlig verksamhet, s k. specialbyggnader, med större golvyta än 1 000 m<sup>2</sup>, t ex. bad-, sports- och idrottsanläggningar, vårdbyggnader m fl. Ägaren ansvarar för att det finns en energideklARATION som inte är äldre än tio år.

Särskilda krav ställs på regelbunden besiktning av större luftkonditioneringssystem, och redovisning av alternativa energiförsörjningssystem för större nybyggnader inklusive en teknisk, miljömässig och ekonomisk bedömning för ett genomförande av systemet.

Hittills har drygt 49 000 av de 350 000 energideklARATIONerna som skulle varit klara vid årsskiftet kommit in till Boverket, vilket motsvarar 14 %.

Följande typer av byggnader är undantagna från skyldigheten att energideklARERA. *Dock gäller att om byggnaden har ett i huvudsak eldrivet luftkonditioneringssystem med nominell kyleffekt större än 12 kW så skall systemet, efter 2008-12-31, besiktigas minst vart tionde år.*

- Byggnader som i huvudsak används till andakt eller religiös verksamhet.
- Industrianläggningar och verkstäder
- Fritidshus med högst två bostäder
- Tillfälliga byggnader som avses att användas i högst två år
- Ekonomibyggnader inom skogs- och jordbruksnäring
- Fristående byggnader mindre än 50 kvm
- Hemliga byggnader
- Byggnader som är byggnadsminnen eller är särskilt värdefulla (enl. PBL 3:12) om åtgärdsförslag inte kan lämnas.
- Hus med nyttjanderätt där:
  1. Upplåtelsen är tillfällig eller en liten del av byggnaden
  2. Sker mellan företag i samma koncern
  3. Sker genom arrende och byggnaden inte används som bostad åt arrendatorn.
- En och tvåbostadshus med nyttjanderätt om upplåtelsen sker:
  1. På grund av ägarens arbete eller studier på annan ort, utlandsvistelse, sjukdom med mera.
  2. Genom testamente.
  3. Till närstående eller dylikt.
- Vid försäljning av byggnad:
  1. Mellan företag inom samma koncern.
  2. Expropriation eller inlösen.
  3. Konkursbo eller exekutivt förfarande.
  4. Närstående eller dylikt.

Framförallt väntas energideklARATION av byggnader leda till en medvetenhet om dels den faktiska energiförbrukningen, dels en medvetenhet om de kostnadseffektiva energibesparingsåtgärder som passar för den aktuella byggnaden.

### 3.2.6 Utsläppsrätter

Handel med utsläppsrätter för koldioxid omfattar drygt 730 svenska anläggningar inom industri och energiproduktion. Totalt berörs cirka 13 000 anläggningar i hela EU motsvarande cirka 40 procent av de totala utsläppen av koldioxid inom unionen. På EU-nivå tas en rad initiativ för att utveckla utsläppshandeln så att fler länder, samhällssektorer och växthusgaser ska kunna omfattas. Utsläppshandel bygger på att ett tak sätts för de totala utsläppen. Varje år ska de utsläpp företag genererar kompenseras med ett innehav erforderligt antal utsläppsrätter.

Tanken är att utsläppen minskar när priset på utsläppsrätter överstiger kostnaden för att minska utsläppen genom förändringar i produktion eller teknik vid det enskilda företaget. En förutsättning för att handeln ska leda till minskade utsläpp är därför att det finns en brist på utsläppsrätter på marknaden.

Den 15 maj varje år presenterar Energimyndigheten en lista över företagens rapporterade utsläpp samt de utsläppsrätter de överlämnat, s.k. fullgörandelista. Naturvårdsverket tillhandahåller sorterbar statistik över utsläpp per år samt mängden tilldelade utsläppsrätter.

Handeln med utsläppsrätter berör endast fjärrvärmeföretagen i denna studie. För dem innebär handeln att man i största möjliga mån använder förnybara bränslen för kraftvärmeproduktionen. Detta leder även till att man i många fall får s.k. gröna certifikat för den el de producerar. I de fall där de förnybara bränslena är dyrare än de fossila efter kreditering för utsläppsrätter och gröna certifikat kommer fjärrvärmepriset att bli högre för konsumenten, men samtidigt minskar CO<sub>2</sub>-utsläppen.

### 3.2.7 Standarder och metoder

I detta avsnitt sammanfattas de standarder och testmetoder som berör värmepumpssystem i bostäder och lokaler. Hur standarder utformas kan ha stor inverkan på hur värmepumpar och dess system utvecklas.

#### 3.2.7.1 SS-EN-14511(2007)

Denna standard gäller teknisk utvärdering av luftkonditioneringsaggregat, vätskekyllare och värmepumpar, med elmotordrivna kompressorer, för rumsuppvärmning och kylning. Den senaste utgåvan fastställdes i december 2007 och publicerades som svensk standard i januari 2008. Den ersatte då den tidigare versionen från 2004. Denna standard gäller inte för värmepumpar med en transkritisk cykel, t.ex. sådana som har koldioxid som köldmedium. En revidering av denna standard är dock redan på gång och en ny version kan väntas tidigast under 2010.

Den består av fyra delar:

Del 1: Termer och definitioner

Del 2: Provningsförhållanden

Del 3: Testmetoder

Del 4: Krav

I del 1 specificeras termer och definitioner för klassificering och prestanda av de innefattade produktgrupperna, som används i de senare delarna. Bland annat definieras EER (energy efficiency ratio), SHR (sensible heat ratio) och COP (coefficient of performance).

I del 2 anges vilka omgivningsförhållanden som ska gälla för utom- respektive inomhusenheterna för de olika produktgrupperna under testerna av prestanda och

säkerhet. I denna del definieras därmed olika driftspunkter med olika vätsketemperaturer och / eller torra och våta lufttemperaturer som utom- respektive inomhusenheterna ska arbeta mot. Dessa driftspunkter är uppdelade i s.k ”standard rating conditions” och application rating conditions”. För varje produktgrupp ska det finnas en ”standard rating condition”, men för värmepumpar som värmer värmevatten finns det två olika beroende på om värmepumpen är avsedd att arbeta mot ett radiatorsystem eller ett golvvärmesystem. De flesta värmepumparna på den svenska marknaden är avsedda att kunna arbeta mot båda dessa uppvärmningssystem, vilket gör att man bör vara extra uppmärksam på vilken driftpunkt prestandadata gäller för vid jämförelser av data för olika värmepumpar.

För de luftkonditioneringsaggregat, värmepumpar och kylare som upptar eller avger värme till ett vätskeflöde, definieras flödet av att en viss specificerad temperaturdifferens ska uppnås vid ”standard rating conditions”. Detta gör, enligt många tillverkare, att värmepumpar (som avger värme till ett vattenburet system), som används på den svenska marknaden testas vid en mindre temperaturdifferens och därmed ett högre flöde än vad de normalt arbetar med i en verklig installation. Detta leder då i sin tur att den uppmätta prestandan blir något lägre jämfört vad den skulle ha blivit i en verklig installation.

I del 3 specificeras testmetoderna för klassificering och bestämning av prestanda av de olika produktgrupperna. Här anges hur olika kapaciteter ska beräknas samt hur pump- och fläkteffekter ska korrigeras. Om provning sker med inbyggda fläktar eller pumpar ska den del av fläkt- eller pumpeffekten som motsvarar den externa tryckupbyggnaden dras bort. Om produkten provas utan fläktar eller pumpar ska effekter motsvarande det interna tryckfallet läggas till. Vid dessa korrigeringar ska pump- eller fläktverkningsgraden sättas till 0,3. Detta gör att om den verkliga verkningsgraden är lägre än 0,3 (vilket ofta är fallet) så erhålls bättre prestandadata om produkten provas utan inbyggda pumpar eller fläktar jämfört med om de ingår i testet. Detta är inte gynnsamt för teknikutvecklingen.

Krav på testutrustning, installation och mätosäkerheter definieras även i denna del.

Som anges i titeln gäller standarden för rumsuppvärmning och kylning. Det är därmed i första hand stationära (konstant värmeupptag/uttag) som definieras i denna standard. När det gäller enheter som upptar värme från uteluften, kommer påfrysning att ske på utedelarnas värmeväxlare vid vissa klimat, vilket påverkar den upptagna och avgivna värmeeffekten. Detta leder till s.k. instationära driftpunkter. Hur dessa definieras samt hur långa testperioderna ska vara vid instationära tester anges i denna del av standarden. I vissa fall definieras testpunkten som stationär (skillnaden i avgiven värme är tillräckligt liten i slutet jämfört med i början av en 35-minuters period), men värmepumpen visar sig ändå arbeta i ett cykliskt förlopp med avfrostningar med jämna mellanrum. Det är alltså av stor vikt för testresultaten hur dessa definitioner görs.

I del 4 definieras vissa minimumkrav på funktion vilket säkerställer att produkterna är lämpliga för de användningsområden som tillverkarna definierat för dem. De test som föreskrivs här är bland annat att funktion vid övre och undre temperaturgränser ska säkerställas, att avfrostning och kondensvattenavrinning ska fungera, att produkten inte skadas av att strömmen bryts eller av att värme- eller köldbärarflödena blockeras. Här definieras vilka data märkplåten ska innehålla samt hur tekniska datablad och instruktioner ska utformas.

### **3.2.7.2 prEN14825**

Detta standardförslag föreskriver hur luftkonditioneringsanläggningar och värmepumpar ska testas och märkas vid dellast. Den engelska titeln är ”Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps, with electrically driven compressors, for space heating and

cooling — Testing and rating at part load conditions“. Här föreskrivs hur tester och beräkningar ska genomföras för att få fram förenklade årsmedelsvärden för värmefaktor (SCOP) och köldfaktor (SEER). Arbetet pågår med att få denna standard att harmonisera med det arbete som utförts inom Lot 10 (Air-conditioners) inom det så kallade Ecodesigndirektivet (se avsnitt 3.2.1).

### 3.2.7.3 prEN255-3

Detta standardförslag ska ersätta den tredje delen av SS-EN255, som i övrigt har ersatts med SS-EN14511. Här beskrivs hur prestanda ska utvärderas vid värmning av tappvarmvatten med hjälp av en värmepump. Anpassning till Mandat M/324 görs här. I detta mandat definieras olika tappcykler för bestämning energianvändning vid värmning av tappvarmvatten som ska ligga till grund för energimärkning.

## 3.2.8 Märkningssystem (P-märkning, DACH, Svanen)

### 3.2.8.1 P-märket

P-märket beskrivs i SPCR 130 (dessa kriterier är dock under revision) är ett kvalitetsmärke som har utvecklats av SP tillsammans med branchen. För ett erhålla märket måste produkten uppfylla följande:

- Effektivitetskrav (COP vid vissa driftspunkter)
- Krav på test för tappvarmvattenvärmning
- Svensk kylnorm
- BBR
- Krav på ljudprov
- Krav på CE-märkning, både för elektricitet och tryckkärl
- Krav på information i manualer och installationsanvisningar
- Krav på kvalitet vid tillverkning. Kontrolleras vid reglebundna tillverkningskontroller.

### 3.2.8.2 EHPA (DACH)

Detta märke har sitt ursprung i de tysktalande länderna, men stöds numera av den europeiska värmepumpsorganisationen, EHPA. Det är ett märke för serietillverkade värmepumpar som har en effekt på mindre än 100 kW. Det ställer krav på att värmepumpen ska utvärderas vid provpunkter enligt (SS)-EN14511, har ett minimikrav på COP, ställer krav på dokumentation, serviceorganisationen och att reservdelar ska finnas tillgängliga. Det gäller i tre år.

### 3.2.8.3 Svanen

Svanen (Version 2.0, 14 mars 2007 – 31 mars 2010) är en Nordisk miljömärkning som introducerats av det Nordiska Ministerrådet.

Märkningen ställer krav på:

- Dokumentation
- Ljud (EN 12102)
- Köldmedium (GWP < 2000, ej hälso- el. miljöfarligt etc)
- Köldbärare (ej hälso- el. miljöfarligt)
- Plastdetaljer
- Ytbehandlingar
- Information till kund (anvisningar samt energibesparing)
- Effektivitet via årsmedelverkningsgrad (SPF)
  - Klass I: Enskilda värmepumpsaggregat (llvp, flvp, tpvp) >1.75, om HFC > 2.5
  - Klass II: Värmepumpssystem (vvvp, llvp om kanaldistr.) >2.0, om HFC > 2.25 för GWP < 1000, 2.30 för GWP < 2000



#### 3.2.8.4 EUs miljömärke "Eco-label"

Detta märke, den så kallade "EU-blomman" gäller för eldrivna eller gasdrivna värmepumpar och gasdrivna absorptionsvärmepumpar.

- Krav ställs på
  - Effektivitet i uppvärmningsläget
  - Effektivitet i kylläget
  - Köldmedium (GWP < 2000, om GWP < 150 minskas kraven med 15%)
  - Köldbärare (ej miljö-/hälsosfarliga)
  - Buller (krav på test)
  - Installatörens utbildning
  - Dokumentation
  - Tillgång till reservdelar (minst 10 år)
  - Informationsblad (kunder ska få rätt råd om vp och info om SPF, PEF etc.)

Detta märke ställer högst krav på COP för en värmepump av de olika märkningssystem som redovisats ovan.

## 4 Hur kommer framtida energi- och effektbehov påverkas?

I detta kapitel beskrivs hur olika åtgärder på fastighetens klimatskal och förändrad aviven internvärme från elektrisk utrustning kommer att påverka framtida energi- och effektbehov i olika typer av byggnader.

### 4.1 Scenarier baserat på kapitel 1-3

Tre olika framtidsscenarior togs fram via litteraturstudier och diskussioner med projektgruppen. Framtid definierades inom detta projekt som 10-15 år fram i tiden och eftersom det finns flera energieffektiviseringsmål på EU-nivå för år 2020 antogs att framtidsscenariorna skulle gälla för detta årtal. De tre scenarierna hade olika inriktning. Ett scenario kallades för "Business as Usual" (1), ett kallades för "Miljö/Klimat" (2) och ett för "Tillväxt" (3). När de olika scenariorna presenterades för projektgruppen var det scenariot "Miljö/Klimat" (2) som bäst beskrev vilka förutsättningar som skulle gälla år 2020. Därför har fokus under resterande delar av projektet varit på just detta scenario och det beskrivs först i texten nedan.

#### 4.1.1 Scenario "Miljö/Klimat" (2)

I detta scenario antar vi att klimatförändringarna har börjat märkas betydligt. Detta har lett till att såväl enskilda individer som samhället i stort har reagerat och blivit betydligt mer miljö- och klimatmedvetna.

##### 4.1.1.1 Klimat

FN:s klimatpanel, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) har utarbetat utsläppsscenarior för utsläpp av växthusgaser. Dessa baseras på antaganden om den framtida utvecklingen av världens ekonomi, befolkningstillväxt, globalisering, omställning till miljövänlig teknik med mera. Enligt FN:s klimatpanel, IPCC (2007) kommer årsmedeltemperaturen i världen att öka med 2,0-2,4°C från år 2000 till 2050 om vi lyckas stabilisera CO<sub>2</sub>-halten på 350-400 ppm. Redan idag har vi 380 ppm. Detta ger åtminstone 0,04°C per år vilket ger 0,48°C, ca 0,5°C på 12 år (fram till 2020). SMHI (2008) har gjort beräkningar på hur klimatet kan antas förändras fram till 2100 i Sverige baserat på utsläppsscenariorna enligt IPCC. Enligt SMHIs beräkningar för Östra Svealand kommer medeltemperaturen att öka med 4-5 °C fram till år 2100 (motsvarar samma ökning som ovan). Framförallt blir vintrarna mildare följt av vår och höst. Minst blir temperaturökning på sommaren. Nederbörds mängderna tror man kommer att variera ganska kraftigt från år till år. Men trenden är att nederbörds mängderna långsamt kommer att öka.

I detta scenario antar vi att, trots ansträngningar de närmaste åren, fortsätter CO<sub>2</sub>-halten i atmosfären att öka vilket leder till att årsmedeltemperaturen har ökat dubbelt så mycket, dvs 1,0°C. Eftersom detta blir märkbart, leder detta till en reaktion bland människor och samhälle vilket fram till år 2020 leder till en större medvetenhet när det gäller val av systemlösningar och beteende samt skärpta lagkrav. I detta scenario antas dessutom att antalet fuktiga dagar ( $t > 10^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{RH} > 90\%$ ) ökar med 75 %.

##### 4.1.1.2 Kundkrav

Eftersom miljö- och klimatmedvetenheten är stor är man också beredd att betala extra för mer miljö- och klimatanpassade lösningar. Generellt accepteras att inomhustemperaturen varierar i hemmet. Det kan få bli lite kallare på vintern och lite varmare på sommaren. Inom bostäder finns det generellt inte något krav på komfortkyla, åtminstone inte om det

leder till en extra energianvändning. I kontor finns det fortfarande krav på komfortkyla, men större variationer accepteras i inomhustemp av både arbetsgivare och anställda.

#### **4.1.1.3 Beteende hos brukare**

Baserat på undersökningar av användandet av hushållsel samt bedömningar av besparingspotentialen som Energimyndigheten gjort (Bennichs, 2008) har det i detta scenario antagits att användandet av hushållsel har minskat betydligt – med 30 % från dagens nivåer. Detta eftersom exempelvis alla glödlampor är utbytta mot lågenergilampor, elektronisk utrustning står ej i standby-läge, bara A-klasser på vitvaror väljs etc.

Resultat från mätningar av tappvarmvattenanvändning som Energimyndigheten låtit SP utföra (Wahlström *et al.*, 2008; Stengård, 2008) visar att variationerna är mycket stora, vilket tyder på att besparingspotentialen är stor och att variationerna till stor del beror på beteendet. I detta scenario har det antagits att användandet av tappvarmvatten har minskat med 40 % från dagens nivåer.

#### **4.1.1.4 Lagkrav och styrmedel**

I detta scenario har det antagits att det finns fler krav, lagar och regler som styr mot energieffektivitet och minskning av CO<sub>2</sub>-utsläpp. En möjlighet i detta scenario är dock att strängare lagkrav och styrmedel kanske inte behövs eftersom människor är så medvetna att marknadskrafterna styr hårdare. Effekten har antagits vara densamma dock.

#### **4.1.1.5 Byggnadens krav**

I detta scenario antas att internvärmerna från elektrisk utrustning har minskat med 30 % i lokaler och bostäder, till exempel på grund av effektivare belysning och elektrisk utrustning. Isolering och uppvärmningsbehov i nya byggnader är åtminstone i nivå med skärpningen av BBR2006 (BFS 2008:20). För bostäder gäller att energianvändningen är i nivå med dagens passivhus (FEBY, 2008). Det antas att äldre hus har tilläggsisolerats där detta är möjligt, att effektivare behovsstyrd ventilation (variabelt luftflöde och värmeåtervinning) används företrädesvis samt att solavskärmning tillämpas på befintliga och nya byggnader – antingen via markiser eller solavskärmande glas. Distributionssystemen i framförallt nya byggnader har anpassats till lägre framledningstemperaturer för värme och högre för kyla.

#### **4.1.1.6 Teknikutveckling**

I detta scenario antas det att pengar och resurser har lagts ner på att ta fram effektivare teknik. Detta har bland annat lett till att pumpar och fläktar har blivit betydligt mer effektiva. Prestanda för värmepumpar och luftkonditioneringsaggregat kommer att förbättras till viss del. Ett systemtänkande tillämpas i större utsträckning – byggnader eller flera byggnader ses som ett energisystem istället för att de olika behoven tillgodoses var för sig. Detta gör också att övergripande förbättringar kan göras genom att produktions- och distributionssystemen optimeras ihop.

Vind och solkraft antas ha blivit något bättre och används i något större utsträckning. Tekniken för lagring av fossil CO<sub>2</sub> i marken är dock inte helt löst än.

#### **4.1.1.7 Energipriser**

Elpriset antas öka mer än KPI (konsumentprisindex) i detta scenario på grund av skatter och övriga regleringar etc. Fjärrvärmepris antas öka åtminstone med KPI (konsumentprisindex) eller eventuellt mer. I detta scenario antas dessutom andra prissättningsmodeller för fjärrvärmerna ha utvecklats för att kunna bibehålla lönsamhet när profilen för uppvärmningsbehoven i byggnadsbeståndet förändras. Oljepriset antas öka markant på grund av skatter och övriga regleringar.

#### 4.1.1.8 Investeringskostnader

I detta scenario har det antagits att installationskostnader kommer att öka med KPI och att komponenter kommer att bli billigare dels på grund av ökad produktion i låglöneländer (i exempelvis Asien) och dels på grund att antalet mellanled vid försäljning av komponenter kommer att minska. Eftersom miljö- och klimatmedvetenheten har antagit öka accepteras längre återbetalningstider på investeringar.

#### 4.1.2 Scenario ”Business as Usual” (1)

I detta scenario har en känd, relativt blygsam utveckling på det vi har idag antagits.

##### 4.1.2.1 Klimat

I detta scenario antas medeltemperaturen i världen ha ökat med 0,5°C fram till år 2020 i enlighet med FN:s klimatpanel, IPCC, vilket leder till motsvarande ökning även för Sverige i enlighet med SMHIs prognos (se kapitel 4.1.1.1). I detta scenario antas dessutom att antalet fuktiga dagar ( $t > 10^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{RH} > 90\%$ ) ökar med 50 %.

##### 4.1.2.2 Kundkrav

I detta scenario ställer människor krav på miljö- och klimatvänlighet, men man är inte riktigt beredd att betala så mycket extra för den. Miljö- och klimatvänlighet är dock ett bra marknadsföringsargument. Det finns krav på komfortkyla i vissa dyrare bostäder. Tillgång till komfortkyla är dock främst ett marknadsföringsargument och en image. Och den används inte i så stor utsträckning – används enbart någon eller några veckor per år.

##### 4.1.2.3 Beteende hos brukare

I detta scenario har det antagits att användandet av hushållsel har minskat med 12,5 % och användandet av tappvarmvatten med 20 % från dagens nivåer. Antaganden är baserade på mätningar som Energimyndigheten låtit utföra (se kapitel 4.1.1.3).

Hemmet används till viss del som arbetsplats, men detta leder inte till någon ytterligare anpassning av inomhusklimatet i hemmen.

##### 4.1.2.4 Lagkrav och styrmedel

I detta scenario har det antagits att de lagar och krav som är kända idag fortsätter att gälla, till exempel F-gasförordningen (2007), EuP-direktivet (EC,2005), BBR (BFS 2008:20).

##### 4.1.2.5 Byggnadens krav

I detta scenario antas internvärmerna från elektrisk utrustning ha minskat med 12-13 % i hushåll och 20 % i lokaler. Isolering och uppvärmningsbehov i nya byggnader är åtminstone i nivå med skärpningen av BBR2006 (BFS 2008:20). För bostäder gäller att energianvändningen är i nivå med dagens passivhus (FEBY, 2008).

Distributionssystemen är fortfarande som idag och ventilationen i olika typer av byggnader har setts över, vilket innebär att de minst effektiva systemen har bytts ut. Solavskärmning i någon form antas tillämpas på befintliga och nya byggnader.

##### 4.1.2.6 Teknikutveckling

I detta scenario antas att prestanda för värmepumpar och luftkonditioneringsaggregat kommer att förbättras något. De sämsta produkterna när det gäller pumpar och fläktar kommer att ha tagits bort från marknaden på grund av EuP-direktivet (EC, 2005). Ett systemtänkande tillämpas i viss utsträckning men inte i lika stor utsträckning som i scenario ”Miljö/Klimat (2)”.

Vind och solkraft antas ha blivit något bättre och används i något större utsträckning. Tekniken för lagring av fossil CO<sub>2</sub> i marken är inte helt löst än.

#### **4.1.2.7 Energipriser**

Elpriset och fjärrvärmepriset antas öka med kpi (konsumentprisindex) i detta scenario. Oljepriset antas öka markant på grund av skatter och övriga regleringar.

#### **4.1.2.8 Investeringskostnader**

I detta scenario har det antagits att installationskostnader kommer att öka med kpi och att komponenter kommer att bli billigare dels på grund av ökad produktion i låglöneländer (i exempelvis Asien) och dels på grund att antalet mellanled vid försäljning av komponenter kommer att minska. Kravet på återbetalningstider på investeringar antas vara som idag.

### **4.1.3 Scenario ”Tillväxt” (3)**

I detta scenario har det antagits att konkurrensen i samhället har hårdnat ytterligare och det är pengar, tid och stress som styr vilka system vi väljer och hur vi använder dem.

#### **4.1.3.1 Klimat**

I detta scenario antas medeltemperaturen i världen ha ökat med 0,5°C fram till år 2020 i enlighet med FN:s klimatpanel, IPCC, vilket leder till motsvarande ökning även för Sverige i enlighet med SMHIs prognos (se kapitel 4.1.1.1). I detta scenario antas dessutom att antalet fuktiga dagar ( $t > 10^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{RH} > 90\%$ ) ökar med 50 %.

#### **4.1.3.2 Kundkrav**

I detta scenario köper privatpersoner och företag i regel det som är billigast. Det ställs höga krav på flexibilitet hos lokaler, eftersom konkurrensen är hård och det är ”business” som styr. På grund av den höga konkurrensen kommer företag och går. Detta leder dels till att en lokal enkelt måste kunna anpassas till annan användning, men också att man har ett relativt kort perspektiv när man väljer bland olika system och lösningar.

Generellt har privatpersoner höga krav på bekvämlighet och samma krav på komfort hemma som på jobbet. Arbetsgivaren har också höga krav på komfort för att kunna vara så konkurrenskraftig som möjligt. Det är dessutom höga krav på olika utrustningar är tysta.

#### **4.1.3.3 Beteende hos brukare**

I detta scenario används hemmet som arbetsplats i stor utsträckning på grund av ett tufft klimat på arbetsmarknaden och krav på att ständigt vara tillgängliga/uppkopplade. Detta medför fler datorer och apparater även i hemmet samt höga komfortkrav på inomhusklimatet. Framförallt när det gäller att undvika övertemperaturer.

I detta scenario har ett långsamt genomslag av energieffektiva produkter antagits på grund av låg utbytestakt. Saker byts helt enkelt inte ut så länge de fungerar. Detta leder till att användandet av hushållsel ökar, dels på grund av långsamt genomslag av energieffektiva produkter och dels på grund av att privatpersoner generellt skaffar fler elektroniska grejor. En ökning på 10 % har antagits från dagens nivåer när det gäller användandet av hushållsel. Användandet av tappvarmvatten har dessutom antagits öka med 10 % till exempel på grund av ökad användning av så kallade lyxbadkar.

#### **4.1.3.4 Lagkrav och styrmedel**

I detta scenario antas att regleringar som kan sätta stopp för tillväxt har tagits bort och att det först och främst är marknadskrafterna som får råda. Krav på sysselsättning, tillväxt

och konkurrens styr snarare än krav på energieffektivitet och begränsning av miljö- och klimatpåverkan.

#### **4.1.3.5 Byggnadens krav**

I detta scenario antas det att internvärmerna från elektrisk utrustning inte minskar alls, utan ökar på grund av låg utbytetakt samt att vi köper fler värmealstrande prylar. Isolering och uppvärmningsbehov i nya byggnader är enligt BBR 2006 (ej enligt det förslaget på skrämning av dessa regler som senare antogs). Det antas inte göras några större förändringar med avseende på ventilationen. Det är fortsatt stora kylbehov på grund av stora glasytor (ofta utan solavskärmning). Solavskärmning används enbart av komfortskäl, men inte för att minska kylbehoven.

#### **4.1.3.6 Teknikutveckling**

I detta scenario antas viss teknikutveckling ha ägt rum, men mest för att minska kostnaderna på produkter och komponenter och inte i första hand för att förbättra effektiviteten hos dem. Systemsyn tillämpas om det ger billigare installationer, men inte annars.

#### **4.1.3.7 Energipriser**

Elpriset antas till och med minska i detta scenario, eftersom kärnkraften har byggts ut för att säkra tillväxten. Biobränslepriserna antas öka på grund av konkurrens med massaindustrin om råvara. Detta kan leda till att fjärrvärmepriset ökar mer än med KPI.

#### **4.1.3.8 Investeringskostnader**

I detta scenario har det antagits att installationskostnader kommer att minska och att komponenter kommer att bli billigare eftersom teknikutvecklingen har fokuserats på att få fram billigare lösningar. Kravet på korta återbetalningstider på investeringar antas vara som idag eller ännu högre.

## **4.2 Typbyggnader**

För att kunna dra slutsatser om hur ett förändrat klimat, ett förändrat brukarbeteende och olika åtgärder på byggnadens klimatskal etc. påverkar byggnadens uppvärmnings- och kylbehov har fyra typbyggnader tagits fram (teoretiskt); ett enfamiljshus, ett flerfamiljshus ett kontor och en skola. Dessa byggnader har sedan använts för att undersöka hur olika systemlösningar påverkar energianvändningen och inomhusklimatet. Modeller av respektive typbyggnad har byggts upp i BV<sup>2</sup>, som är ett datorprogram för beräkning av byggnaders energibehov konstruerat av CIT Energy Management AB. Med hjälp av BV<sup>2</sup> har sedan effekterna på energibehov och inomhusklimat för respektive scenario studerats. Scenariorna är närmare beskrivna i kapitel 4.1. De fyra typhusen och de ändringar som görs i respektive scenario beskrivs närmare nedan, för detaljer se Tabell 4.1. Valet av indata presenterade i denna tabell samt indata i de olika framtidsscenariorna har tagits fram i samarbete med projektgruppen.

### **4.2.1 Enbostadshus**

#### Typbyggnaden

Som typhus för ett enfamiljsbostadshus har ett hus byggt på 1970-talet valts. Hus byggda på 70-talet utgör en stor andel av det befintliga husbeståndet. De är intressanta att titta närmare på av flera anledningar. Många av husen i den här ålderskategorin står nu inför ett generationsbyte och därmed nya ägare. De saknar ofta ett vattenburet värmesystem vilket gör dem svårare när det gäller att hitta alternativa lösningar för värmesystemet. De värms idag ofta med hjälp av direktel. Dessutom har många av de här husen installerade

luft-luft värmepumpar som det nu börjar bli dags att byta ut. Det modellerade huset är en 1½-plans villa på 140 m<sup>2</sup> byggt i tegel och med 2-glasfönster och självdrag för ventilationen. Självdraget har ett luftflöde på 0,14 l/s, m<sup>2</sup>. Detta hus är direktelvämt, har ett uppvärmningsbehov på ca 107 kWh/m<sup>2</sup> och år och en hushållselanvändning på ca 28 kWh/m<sup>2</sup> och år enligt beräkningarna med BV<sup>2</sup>. Siffran för uppvärmning är något lägre än genomsnittet för hus byggda under samma tidsperiod, vilket dels har sin förklaring i att detta är ett hus med självdrag och att hus med frånluftsventilation ingår i statistiken. Dessutom kan en bidragande orsak vara att inverkan från köldbryggor har underskattats i beräkningarna. I framtidsscenario 2 "Miljö/klimat" kan man dock anta att inverkan från dessa har åtgärdats och därmed minimerats i samband med tilläggsisolering av fasader och tak.

Nedan specificeras vilka huvudförändringar som har gjorts på byggnaden och dess klimat för respektive framtidsscenario.

#### Scenario 1, "Business as Usual"

- Medeltemperaturen utomhus antas ha ökat 0,5°C
- Installation av solavskärmning
- Byte till 3-glasfönster
- Minskad internvärme med 12,5 %
- Minskad varmvattenförbrukning med 20 %
- För nybyggnation antas dessutom bättre isolering, vilket medför att värmeförlusterna från väggar minskar med 50 % och från tak med 40 %. Dessutom antas ett CAV-system (Constant Air Volume system) med värmeåtervinning för ventilationen.

#### Scenario 2, "Miljö/Klimat"

- Medeltemperaturen utomhus antas ha ökat 1°C
- Installation av solavskärmning
- Bättre isolering, vilket medför att värmeförlusterna från väggar minskar med 50 % och från tak med 40 %.
- Byte till 3-glasfönster
- Minskade internvärme med 30 %
- Minskad varmvattenförbrukning med 40 %
- För nybyggnation antas dessutom CAV-system med värmeåtervinning för ventilationen.
- För nybyggnation gäller i stort sett "passivhusstandard"

#### Scenario 3, "Tillväxt"

- Medeltemperaturen utomhus antas ha ökat 0,5°C
- Byte till CAV-system med värmeåtervinning för ventilationen
- Krav på maxtemperatur inomhus
- 3-glasfönster vid nybyggnation
- Ökad internvärme med 10 %

## **4.2.2 Flerbostadshus**

### Typbyggnaden

Som typhus för flerfamiljshuset har valts ett miljonprogramshus byggt under 60-talet. Den här typen av hus står för en stor andel av husbeståndet samtidigt som många av husen behöver renoveras. Den modellerade byggnaden är ett trevåningshus som är 70 m långt och 11 brett. Den totala arean är på 2300 m<sup>2</sup>. Huset har 2-glasfönster och ventilationen sköts av ett frånluftssystem med ett konstant luftflöde på 0,35 l/s, m<sup>2</sup>. Detta

hus har ett uppvärmningsbehov på ca 110 kWh/m<sup>2</sup> och år och en elanvändning till hushållen samt fläktar på ca 35 kWh/m<sup>2</sup> och år enligt beräkningarna med BV<sup>2</sup>. Siffran för uppvärmning är något lägre än genomsnittet för hus byggda under samma tidsperiod. En bidragande orsak till detta är troligtvis att inverkan från köldbryggor har underskattats i beräkningarna. I framtidsscenario 2 "Miljö/klimat" kan man dock anta att inverkan från dessa har åtgärdats och därmed minimerats i samband med tilläggsisolering av fasader och tak. En sådan åtgärd kan t.ex. vara att balkonger byggs in eller byts ut så att de inte längre utgör en köldbrygga.

Nedan specificeras vilka huvudförändringar som har gjorts på byggnaden och dess klimat för respektive scenario.

#### Scenario 1, "Business as Usual"

- Medeltemperaturen utomhus antas ha ökat 0,5°C
- Installation av solavskärmning
- Byte till 3-glasfönster
- Minskad internvärme med 12,5 %
- Minskad varmvattenförbrukning med 20 %
- För nybyggnation antas bättre isolering, vilket medför att värmeförlusterna från väggar och tak minskar med 57 %. Dessutom antas CAV-system med värmeåtervinning för ventilationen.

#### Scenario 2, "Miljö/Klimat"

- Medeltemperaturen utomhus antas ha ökat 1°C
- Installation av solavskärmning
- Bättre isolering av väggar och tak, vilket medför att värmeförlusterna från väggar och tak sjunker med 57 %.
- Byte till 3-glasfönster
- Minskade internvärme med 30 %
- Minskad varmvattenförbrukning med 40 %
- För nybyggnation antas dessutom ett CAV-system med värmeåtervinning för ventilationen.
- För nybyggnation gäller i stort sett "passivhusstandard"

#### Scenario 3, "Tillväxt"

- Medeltemperaturen utomhus antas ha ökat 0,5°C
- Byte till CAV-system med värmeåtervinning för ventilationen
- Krav på maxtemperatur inomhus
- Ökad internvärme med 10 %

### **4.2.3 Kontor**

#### Typbyggnaden

Typkontoret motsvarar en byggnad från 80-talet. Den modellerade byggnaden är fem våningar hög med längden 50 m och bredden 10 m och har en totalarea på 2500 m<sup>2</sup>. Huset har 3-glasfönster och inomhusklimatet sköts via ett från- och tilluftssystem med konstant luftflöde tillsammans med ett system med vattenburen kyla. Ventilationssystemet fungerar i praktiken som ett CAV-system, där luftflödet är satt till 1 l/s, m<sup>2</sup>, nattetid stängs ventilationen av. Detta resulterar i ett uppvärmningsbehov på 29 kWh/m<sup>2</sup> och år, en total elanvändning på 49 kWh/m<sup>2</sup> och år samt ett kylbehov på 26 kWh/m<sup>2</sup>. Enligt statistik för kontorslokaler presenterad i REPAB Fakta (2006) ligger uppvärmningsbehovet på 45 – 159 kWh/m<sup>2</sup> BTA (BTA = BruttoTotalArea) och år (10 % av lokalerna har ett behov under intervallet och 10 % ett värde över intervallet).



Motsvarande intervall för den gemensamma elanvändningen (inkl. el till kyla) är 34 – 161 kWh/m<sup>2</sup> BTA och år och riktvärden presenterade i samma referens för den verksamhetsberoende elen är 35 – 80 kWh/m<sup>2</sup> LOA och år (LOA = LokalArea), vilket omräknat borde bli ungefär 28 – 64 kWh/m<sup>2</sup> BTA. Motsvarande riktvärde för elförbrukning för kylan är 15 – 50 kWh/m<sup>2</sup> BTA (12 – 40 kWh/m<sup>2</sup> BTA). Jämfört med dessa siffror ligger de som vi kommit fram till i den nedre delen av intervallet för el och kyla och ett COP på 2,5 – 3 antas för kylan. När det gäller uppvärmningsbehovet ligger våra siffror under det angivna intervallet. Anledningen till detta kan dels vara att inverkan från effekter av köldbryggor underskattats men också att de olika systemen i verkligheten inte samspelar så väl som programmet förutsätter. I framtidsscenario 2 ”Miljö/Klimat” kan man dock anta att styrningen av systemen utvecklats för att samspela bättre och att inverkan från köldbryggor minimerats vid åtgärder gjorda i samband med tilläggsisolering etc.

Nedan specificeras vilka huvudförändringar som har gjorts på byggnaden och dess klimat för respektive scenario.

#### Scenario 1, ”Business as Usual”

- Medeltemperaturen utomhus antas ha ökat 0,5°C
- Installation av solavskärmning
- Minskad internvärme med 20 %
- Ökad effektivitet på värmeåtervinningen, +5 % på befintliga byggnader och +15 % vid nybyggnation
- För nybyggnation antas dessutom bättre isolering, vilket medför att värmeförlusterna från väggar minskar med 50 % och från tak med 40 %.

#### Scenario 2, ”Miljö/Klimat”

- Medeltemperaturen utomhus antas ha ökat 1°C
- Installation av solavskärmning
- Bättre isolering, vilket medför att värmeförlusterna från väggar minskar med 50 % och från tak med 40 %.
- Minskad internvärme med 30 %
- Ökad effektivitet på värmeåtervinningen, +5 % på befintliga byggnader och +15 % vid nybyggnation

#### Scenario 3, ”Tillväxt”

- Medeltemperaturen utomhus antas ha ökat 0,5°C
- Installation av solavskärmning
- Ökande interna laster med 10 %
- Ökad effektivitet på värmeåtervinningen vid nybyggnation, +10 %
- Höga krav på ett jämnt inomhusklimat

## **4.2.4 Skolor**

### Typbyggnaden

Typskolan motsvarar en lokal byggd på 1970-talet. Den modellerade byggnaden är tre våningar hög, 40 meter lång och 10 meter bred och har en tung konstruktion med väggar av betong. Den totala arean är på 1200 m<sup>2</sup>. Byggnaden har 3-glasfönster och ventilationen sköts av ett CAV-system. Luftflödet i CAV-systemet är satt till 1 l/s,m<sup>2</sup> dagtid, medan ventilationen stängs av nattetid.

Nedan specificeras vilka huvudförändringar som har gjorts på byggnaden och dess klimat för respektive scenario.

#### Scenario 1, "Business as Usual"

- Medeltemperaturen utomhus antas ha ökat 0,5°C
- Installation av solavskärmning
- Minskade internvärme med 20 %
- Ökad effektivitet på värmeåtervinningen, +5 % på befintliga byggnader och +10 % vid nybyggnation
- För nybyggnation antas bättre isolering, vilket medför att värmeförlusterna från väggar och tak minskar med 57 %. Dessutom antas VAV-system med värmeåtervinning för ventilationen.

#### Scenario 2, "Miljö/Klimat"

- Medeltemperaturen utomhus antas ha ökat 1°C
- Installation av solavskärmning
- Bättre isolering, vilket medför att värmeförlusterna från väggar och tak minskar med 57 %.
- Minskade internvärme med 30 %
- Ökad effektivitet på värmeåtervinningen, +5 % på befintliga byggnader och +10 % vid nybyggnation
- För nybyggnation antas dessutom VAV-system för ventilationen användas

#### Scenario 3, "Tillväxt"

- Medeltemperaturen utomhus antas ha ökat 0,5°C
- Installation av solavskärmning
- Ökande internvärme med 10 %
- Ökad effektivitet på värmeåtervinningen vid nybyggnation, +5 %
- För nybyggnation antas dessutom VAV-system för ventilationen användas

Tabell 4.1. Översikt indata typbyggnader.

Indata	Flerbostadshus	Kontor	Typskola	Småhus	40-tals villa	
Area total	2300	2500	1200	140	190	m <sup>2</sup>
Area per våningsplan	767	500	400	88 / 52	95 / 95	m <sup>2</sup>
Längd x bredd	70 x 11	50 x 10	40x10	11 x 8 (11x4,7)	12 x 8	m <sup>2</sup>
Antal våningar	3	5	3	1,5	2	st
Inre volym	5752	6250	3000	350	480	m <sup>3</sup>
Rumshöjd	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	m
Inre massa	Tung	Medel	Medel	Medel	Medel	
Fasadkonstruktion	Medeltung	Medeltung	Tung byggnad	Medeltung	Lätt	
Takkonstruktion	Medeltung	Medeltung	Medeltung	Lätt	Lätt	
U-värde fasad	0,35	0,3	0,35	0,3	0,6	W/(m <sup>2</sup> °C)
U-värde tak	0,35	0,25	0,35	0,25	0,4	W/(m <sup>2</sup> °C)
U-värde platta mark	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	W/(m <sup>2</sup> °C)
Fönster typ	2-glas	3-glas	3-glas	2-glas	2-glas	
Fönster U-värde	2	1	1	3	3	W/(m <sup>2</sup> °C)
Fönster area:						
Syd	95	100	80,6	8	10	m <sup>2</sup>
Nord	73	100	80,6	4	8	m <sup>2</sup>
Öster	0	40	5,04	8	10	m <sup>2</sup>
Väster	0	40	5,04	8	10	m <sup>2</sup>
Glasad andel	85%	85%	85%	85%	85%	%
Solfaktor	0,77	0,67	0,67	0,67	0,67	
<b>Internvärme belysning:</b>						
Dag	1	5	Sommar: 2 Vinter: 4	1	1	W/m <sup>2</sup>
Natt	2	1	Sommar: 0 Vinter: 1	2	2	W/m <sup>2</sup>
<b>Internvärme person:</b>						
Dag	1	4	Sommar: 3 Vinter: 5	1	1	W/m <sup>2</sup>
Natt	4	0	Sommar: 0 Vinter: 1	4	4	W/m <sup>2</sup>
<b>Internvärme maskin:</b>						
Dag	1	3	Sommar: 2 Vinter: 1	1	1	W/m <sup>2</sup>
Natt	2	1	Sommar: 2 Vinter: 1	2	2	W/m <sup>2</sup>
Ventilationssystem	Frånluft	Från- och tilluft	CAV	Självdrag	Självdrag	
Luftomsättning				0,2	0,4	oms/h
Värmeåtervinning	Nej	Ja	Ja	Nej	Nej	
Verkningsgrad VAV	---	65%	65%	---		%
Uteluftflöde:						
Dag	0,35	1	1	0,14	0,14	l/(s·m <sup>2</sup> )
Natt	0,35	0	0	0,14	0,14	l/(s·m <sup>2</sup> )
Tilluftstemperatur	Uteluft	18	min 16	Uteluft	Uteluft	°C
Specifik fläkeffekt	2,5	2,5	2,5			kW/ (m <sup>3</sup> /s)
<b>Innetemperatur</b>						
Lägsta	21	21	20	20	20	°C
Högsta	--	23	--			
Börvärde för kyla		22				
Kylsystem		Vattenburen	--			
Värmeproduktion (referens)	Fjärrvärme	Fjärrvärme	Fjärrvärme	Fjärrvärme	Fjärrvärme	
Tappvarmvatten	35	5	10	30	30	kWh/(m <sup>2</sup> ·år)

## 4.2.5 Förändrade energibehov för typbyggnaderna för olika scenarier

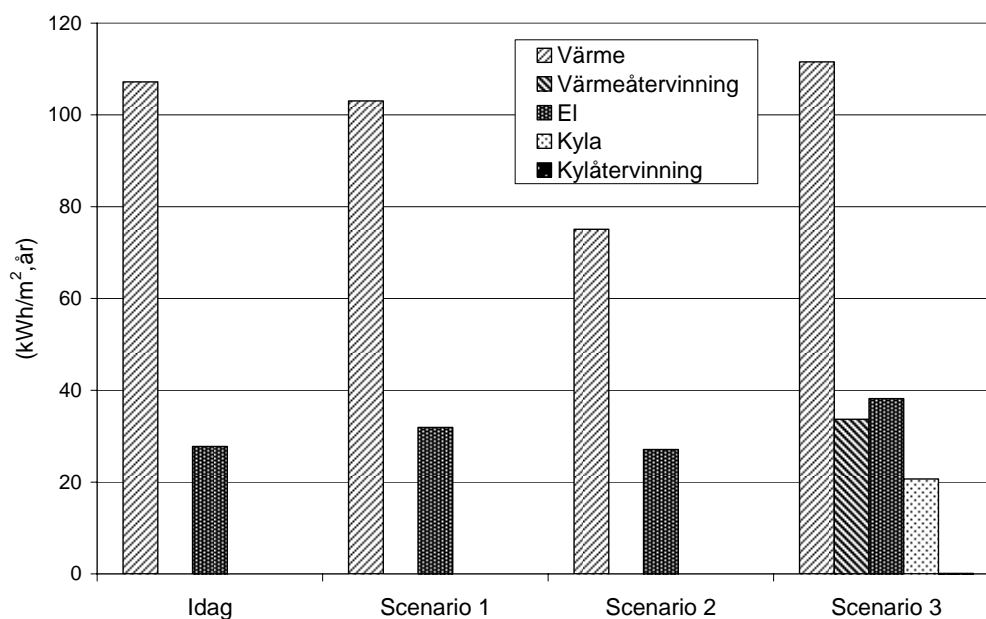
Nedan redovisas hur de olika energibehoven för värme och kyla ändras i de olika scenariorna jämfört med idag (effekter jämförs till viss del i kapitel 7). Eftersom scenario 2, dvs. det framtidsscenario som kallas "Miljö/Klimat" är det av de framtagna scenarion som projektgruppen bedömde som det mest troliga framtidsscenario kommer analysen fokusera på effekterna i detta scenario.

### 4.2.5.1 Befintliga Enfamiljshus

I scenario 2 (se Figur 4.1) har värmebehovet sjunkit med 30 % samtidigt har även elanvändningen minskat med 30 % jämfört med idag. I scenario 2 har värmebehovet minskat betydligt tack vare framförallt tilläggsisolering av väggar och tak samt byte till 3-glasfönster. Med de antaganden som är gjorda i scenariona så står fönsterbytet för den

största energivinsten. Dessutom antas användning av tappvarmvatten minska med 40 %. En ytterligare orsak till det minskade uppvärmningsbehovet är det varmare klimatet i scenario 2. Noterbart är att minskningen i värmebehov har minskat trots att ventilationssystemet antas ha bytts ut från självdrag till ett frånluftssystem med flödet 0,35 l/s.

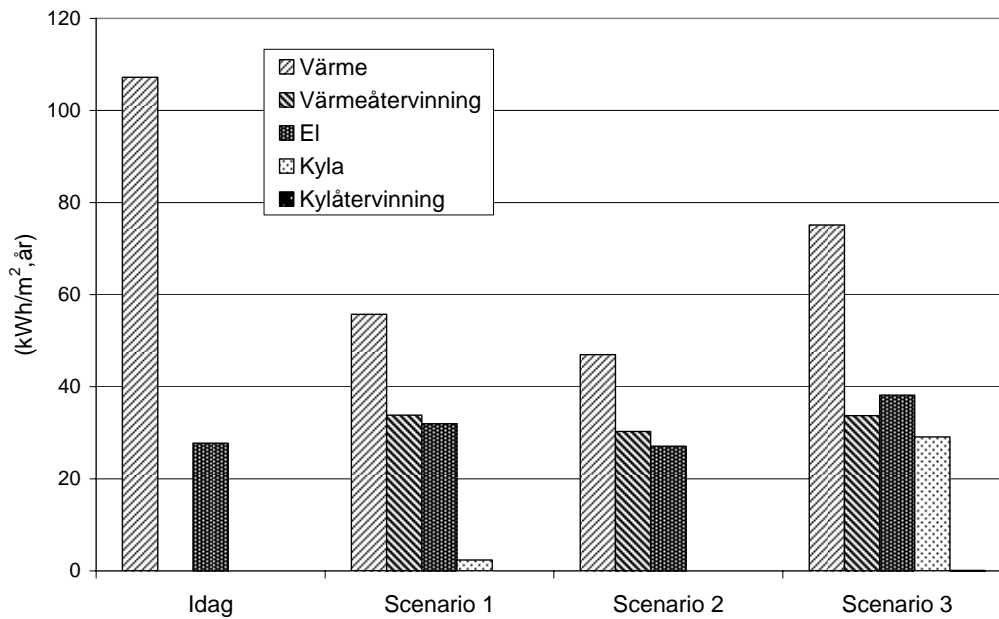
Solavskärmning ger bara en marginell effekt på värmebehovet. Däremot ger det ett lite svalare inomhusklimat framförallt sommartid. Den minskade elanvändningen beror enbart på antagandet att internvärmerna från elektrisk utrustning har minskat med 30 % i scenario 2 på grund effektivare utrustningar (tack vara bl.a. Ecodesigndirektivet).



Figur 4.1. **Energianvändning per år i befintliga enfamiljshus.**

#### 4.2.5.2 Nybyggda enfamiljshus

Jämförelsen mellan scenario 2 och dagens byggnader för nybyggnation visas i Figur 4.2 och liknar till stora delar den för befintliga byggnader. Det är tilläggsisolering och 3-glasfönster som är den främsta anledningen till det minskade värmebehovet. Skillnaden för nybyggnation är att man har antagit ett CAV-system för ventilationen. Ett CAV-system leder till en ökad elanvändning för att driva fläktarna och även till ett ökat värmebehov ökar, trots värmeåtervinning, eftersom det är större luftvolym som ska värmas upp. Det ökade behovet av värme och el som CAV-systemet innebär kompenseras dock gott och väl av övriga energibesparande åtgärder i scenario 2.



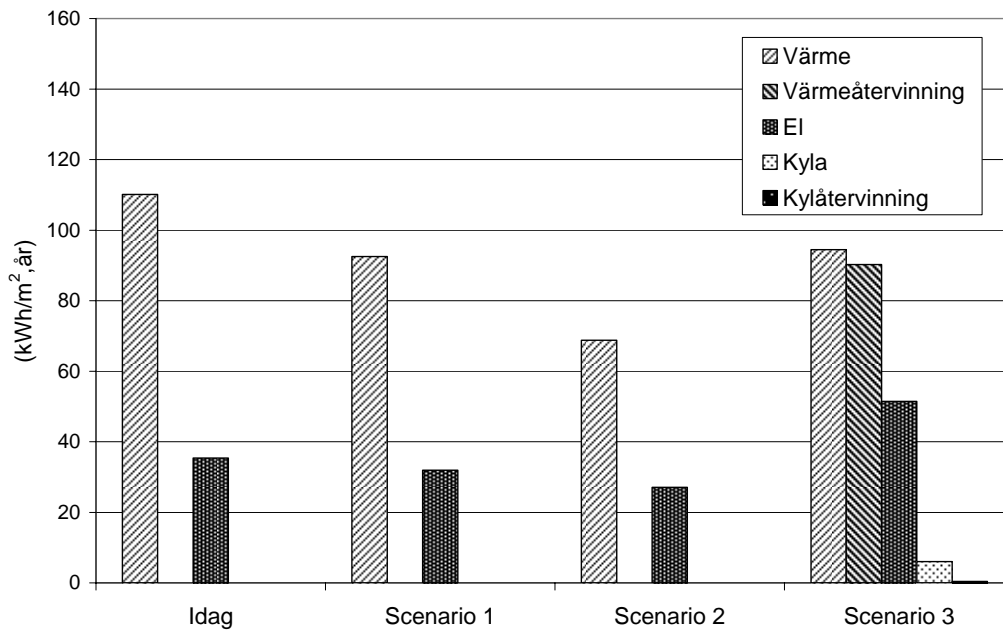
**Figur 4.2.** Energianvändning per år i nybyggda enfamiljshus.

#### 4.2.5.3 Befintliga flerfamiljshus

Flerfamiljshuset har inget kylsystem varken i grundfallet idag eller i scenario 2. Figur 4.3 visar att i scenario 2 har värmebehovet minskat med 38 % samtidigt som elanvändningen har minskat med 24 %. Minskningen i använd energi har flera orsaker:

- Minskad internvärme (-30%)
- tilläggsisolering av väggar och tak
- 3-glasfönster
- Varmare klimat (+1°C)
- Minskad varmvattenförbrukning (-40 %)

De mest bidragande orsakerna till det lägre energibehovet på värmesidan är tilläggsisolering och minskad användning av tappvarmvatten. Minskad internvärme från apparater och belysning leder till minskad elanvändning, men samtidigt till ett större värmebehov, det totala energibehovet blir därför bara marginellt mindre. Det är dock oftast mer effektivt att värma huset med dess uppvärmningssystem än att värma det med internvärmerna från belysning och apparater.



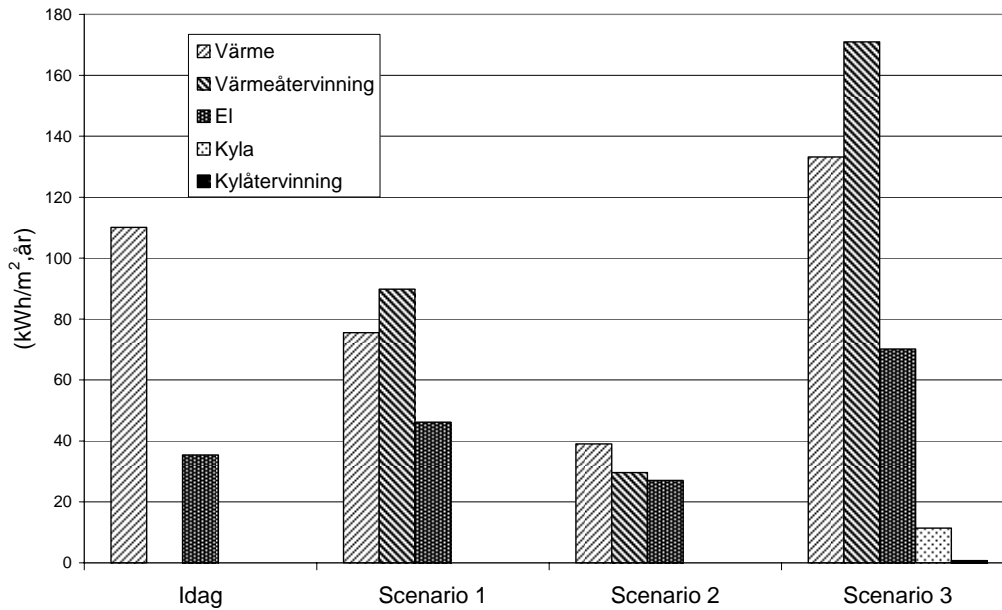
**Figur 4.3** Energianvändning per år i befintliga flerfamiljshus.

#### 4.2.5.4 Nybyggda flerfamiljshus

Vid nybyggnation i scenario 2 har värmebehovet minskat med 65 % jämfört med dagens typhus samtidigt minskar elanvändningen med 24 %. Minskningen i använd energi har flera orsaker:

- Minskad internvärme (-30%)
- Ökad isolering av väggar och tak
- 3-glasfönster
- Varmare klimat (+1°C)
- Minskad varmvattenförbrukning (-40 %)

De parametrar som har störst påverkan är den ökade isoleringen tillsammans med den minskade användningen av tappvarmvatten. Minskad internvärme från apparater och belysning leder till minskad elanvändning, men samtidigt till ett större värmebehov

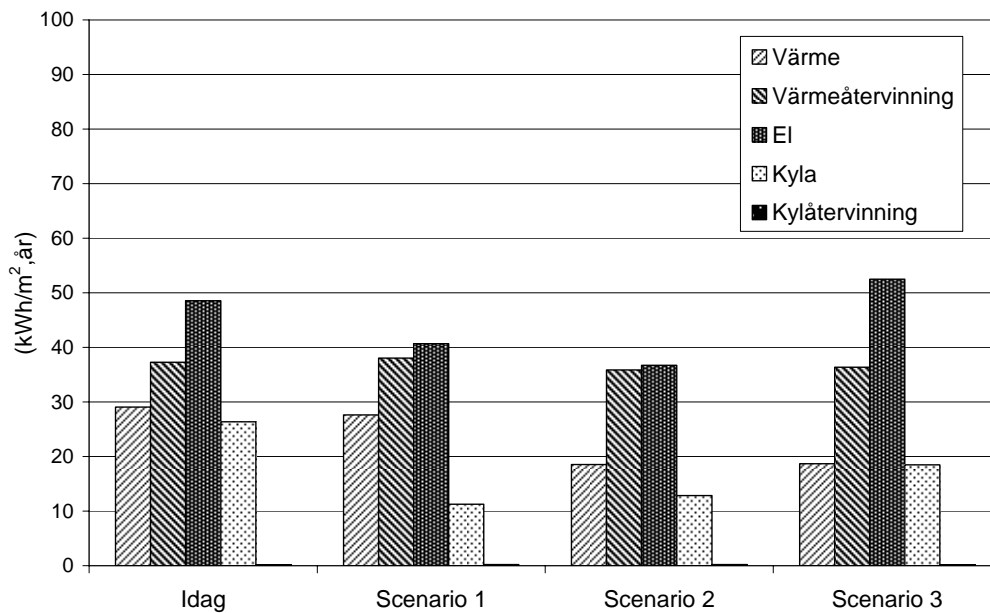


**Figur 4.4.** Energianvändning per år i nybyggda flerfamiljshus.

#### 4.2.5.5 Befintliga kontor

Figur 4.5 visar att i scenario 2 har värmebehovet minskat med 36 %, elanvändningen med 24 % och kylbehovet med 51 % jämfört med idag. Orsakerna till minskningen är flera. Solavskärmning ger ett lägre kylbehov samtidigt som vi tillåter en högre inomhustemperatur, 26°C i stället för 23°. De interna lasterna (internvärmen) antas ha minskat med 30 % vilket leder till lägre el- och kylbehov. Lägre internlast/värme leder i sig till ett ökat värmebehov, vilket dock motverkas dels av att medeltemperaturen utomhus antas öka en grad pga. växthuseffekten och dels av att kontoret i scenario 2 har tilläggsisolerade väggar och tak. Den ökade medeltemperaturen utomhus bidrar till ca halva minskningen av värmebehovet.

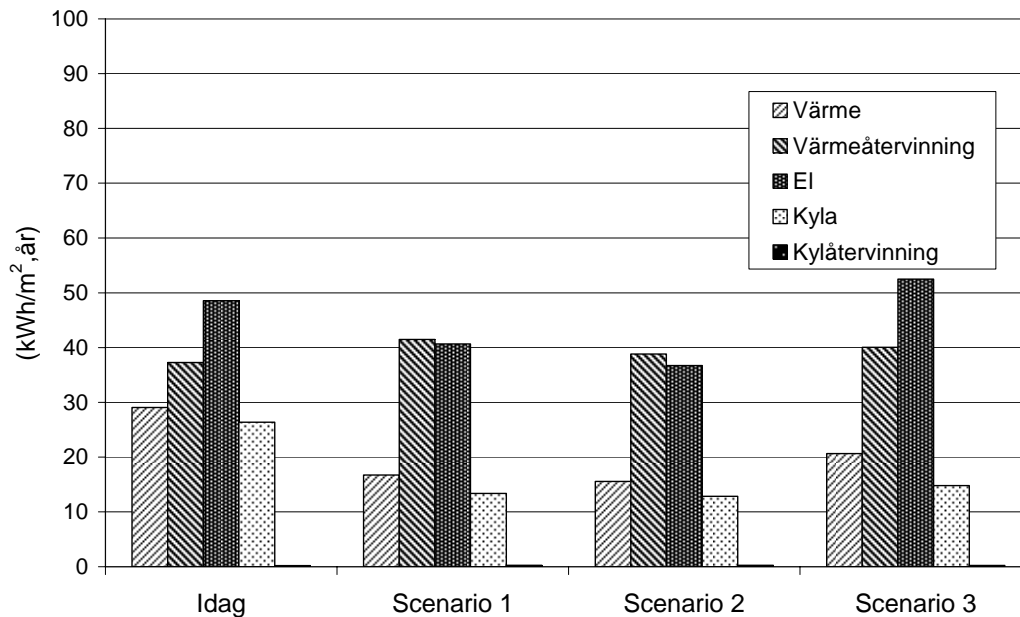
Solavskärmning används i samtliga scenarion men ej i typkontoret idag. Yttre solavskärmning minskar kylbehovet märkbart. Detsamma gäller för selektiva fönster med en yta som reflekterar solinstrålningen. Skillnaden mellan ett yttre solskydd och selektiva fönster beror på vilka antaganden man gör angående hur de verkar och är konstruerade. Med de antaganden som tillämpats i detta projekt leder selektiva fönster till ett högre värmebehov jämfört med både yttre solavskärmning och inget solskydd. Detta beror på att selektiva fönster verkar året runt, även när det är kallt ut och hindrar då en soluppvärmning av byggnaden som då skulle ha varit gynnsam. För yttre solavskärmning har vi antagit att den börjar användas vid en utetemperatur på +10°C och används fullt ut vid +15°C och därutöver.



**Figur 4.5.** Energianvändning per år i ett befintliga kontor.

#### 4.2.5.6 Nybyggda kontor

Trenden för nybyggda kontor i scenario2 jämfört med typkontoret idag följer trenden för befintliga kontor vilket visas i Figur 4.6. Värmebehovet i scenario 2 är 46 % lägre jämfört med typkontoret, elanvändningen har minskat med 24 % och kylbehovet med 51 %. Skillnaderna mellan nybyggda och befintliga kontor är ganska liten, det som skiljer är en högre värmeåtervinning i nybyggnation vilket också leder till än lägre värmeförbrukning. Elanvändning och kylbehov är desamma.



**Figur 4.6.** Energianvändning per år i nybyggda kontor.

#### 4.2.5.7 Befintliga skolor

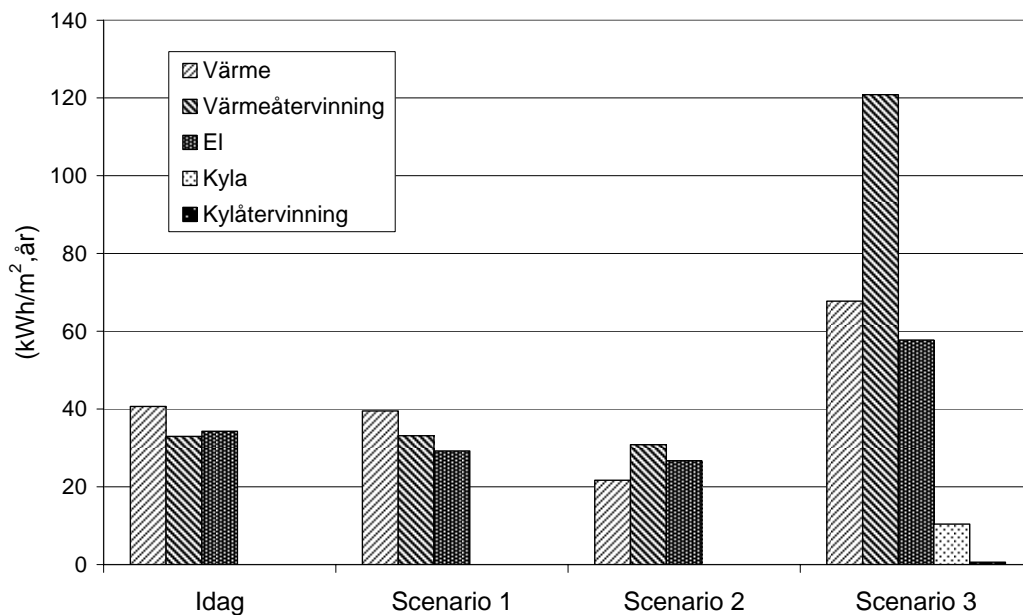
Värmebehovet i scenario 2 har minskat med 47 % jämfört med fallet idag (se Figur 4.7). Den främsta orsaken till det minskade värmebehovet är tilläggsisolering av väggar och



tak. En annan bidragande orsak är det varmare klimatet som också minskar behovet av värme. I scenariot antas vidare att varmvattenförbrukningen minskar med 20 %, vilket också är en bidragande orsak till att det totala värmebehovet minskar. Även internvärmerna från apparater och belysning antas minska (-30 %), denna minskning motverkar dock det sjunkande värmebehovet eftersom mindre värme avges från belysning och maskiner och därmed måste tillföras byggnaden via värmesystemet.

Elanvändningen i scenario 2 har sjunkit med 22 % jämfört med idag. Hela minskningen beror på att internvärmerna från apparater och belysning antas minska på grund av effektivare utrustning. Samtidigt har man fått ett bättre inomhusklimat, framförallt sommartid går inte inomhustemperaturen upp på samma sätt som idag. En bidragande orsak till detta är solavskärmningen.

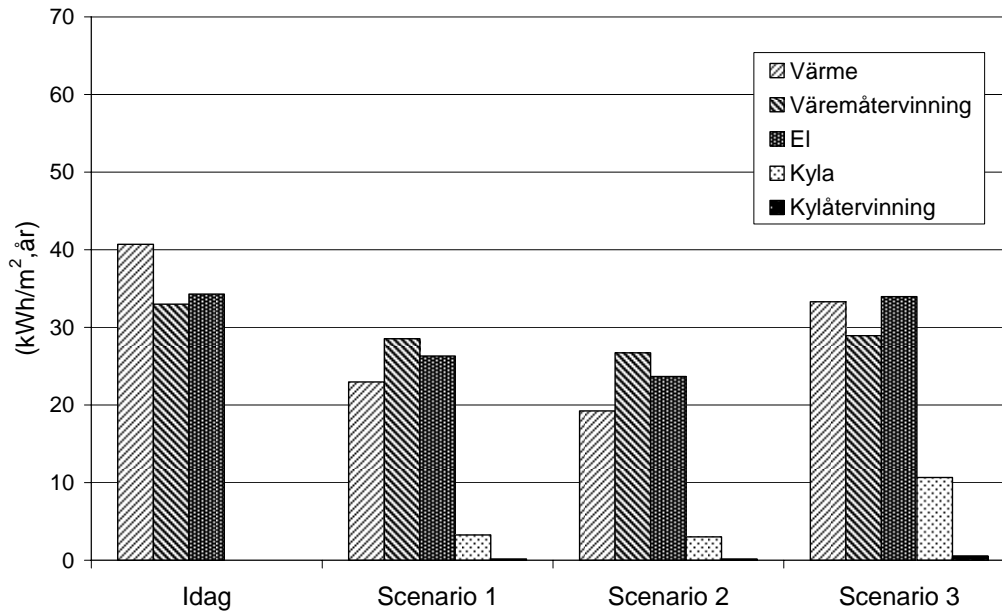
Scenario 3 har ett betydligt högre energibehov, jämfört med de andra scenarierna. Den främsta anledning till det ökade energibehovet är att man i scenario 3 har specificerat en maximal inomhustemperatur samtidigt som man har ett CAV system med ett konstant luftflöde. Det innebär att en stor del av året måste ett onödigt stort luftflöde värmas för att systemet är dimensionerat för att hålla nere temperaturen på sommaren.



Figur 4.7. Energianvändning per år i befintliga skolor.

#### 4.2.5.8 Nybyggda skolor

Värmebehovet för nybyggda skolor i scenario 2 jämfört med en befintlig skola idag sjunker med drygt 50 % samtidigt som elbehovet sjunker drygt 30 % vilket visas i Figur 4.8. Anledningarna till att energibehovet minskar är till stor del de samma som för befintliga skolor, tilläggsisolering och ett varmare klimat är bidragande orsaker till att värmebehovet minskar. Man har installerat ett VAV-system för ventilationen med kylfunktion vilket ger en jämn inomhustemperatur. VAV-systemet i scenario 2 antas också ha en 10 % högre värmeåtervinning jämfört med dagens scenario, vilket sparar energi. Trots att värme och elbehovet har sjunkit markant är inomhusklimatet jämnare. VAV systemet gör dock att kylbehovet ökar jämfört med idag.



Figur 4.8. Energianvändning per år i nybyggda skolor.

### 4.3 Påverkan från enskilda parametrar

I detta avsnitt görs en genomgång av hur enskilda parametrar påverkar uppvärmnings- och kylbehoven samt inomhustemperaturerna generellt för typbyggnaderna.

#### 4.3.1 Klimatförändring

Programmet BV<sup>2</sup> (CIT, 2007) använder Meteororm-filer som indata för utomhustemperaturen vid beräkningarna. Byggnaderna som är modellerade i BV<sup>2</sup> har i grundscenariot (idag) placerats i Stockholm, och därmed har en Meteororm-fil för Stockholm använts. I de framtagna framtidsscenarioerna har det antagits att det sker en klimatförändring. I scenario 1 och 3 antas att klimatförändringen motsvarar en klimatomfattigt flytt från Stockholm till Göteborg (med tillhörande Meteororm-fil). En sådan flytt motsvarar en ökad medeltemperatur på 0,5°C men också ett lite jämnare klimat. Framförallt blir vintrarna mildare men samtidigt blir det färre riktigt varma sommardagar. Detta leder till ett minskat värmebehov men också ett minskat kylbehov.

I scenario 2 antas att klimatförändringen har blivit kraftigare, vilket i våra scenarion medför att Stockholm får ett klimat motsvarande vad Lund har idag. Lund har en medeltemperatur som ligger 1°C över Stockholm. Framförallt har Lund mildare klimat på vinter, vår och höst medan det blir färre riktigt varma sommardagar. Detta leder till ett minskat värmebehov, lägre än i scenario 1 och 3. Kylbehovet minskar också något, dock mindre är i scenario 1 och 3.

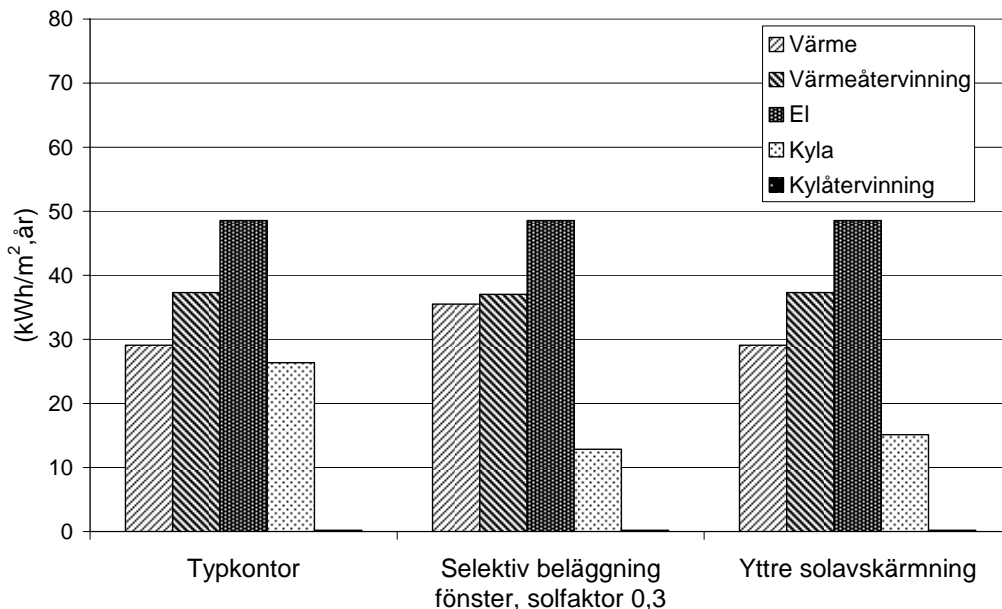
SMHI (2008) har gjort beräkningar på hur klimatet kan antas förändras fram till 2100. Beräkningarna bygger på utsläppsscenarioer där man har gjort antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser. Utsläppsscenarioerna är utarbetade av FN:s klimatpanel (Intergovernmental Panel on Climate Change), IPCC (2007), och baseras på antaganden om den framtida utvecklingen av världens ekonomi, befolkningstillväxt, globalisering, omställning till miljövänlig teknik med mera.

Enligt SMHIs beräkningar för Östra Svealand kommer medeltemperaturen att öka med 4-5°C fram till år 2100. Framförallt blir vintrarna mildare följt av vår och höst. Minst blir temperaturökning på sommaren. Nederbördsmängderna tror man kommer att variera

ganska kraftigt från år till år. Men trenden är att nederbördsmängderna långsamt kommer att öka. Till 2100 beräknar man att nederbördsmängderna kommer att ha ökat med 15 %. Framförallt kommer vinter, vår och höst att bli blötare medan nederbördsmängderna på sommaren kan komma att minska. SMHI bedömer att uppvärmningsbehovet kommer att minska med 35 % till 2100, samtidigt som kylbehovet kommer att öka. Här skiljer sig våra antaganden från SMHIs. Modellen i BV<sup>2</sup> leder förvisso till ett minskat värmebehov för de olika framtidsscenarierna, men samtidigt till ett minskat kylbehov. Vi har dock valt att kvarstå vid tillvägagångssättet enligt ovan. Givetvis skulle en "fiktiv" Meteorolog-fil kunna användas som indata, men det råder ändå viss osäkerhet i hur den skulle se ut. Att enbart lägga på 0,5 – 1,0 °C till den befintliga Stockholmsfilen skulle inte heller vara korrekt, eftersom klimatförändringarna spås leda till ett jämnare klimat.

### 4.3.2 Solavskärmning

Yttre solavskärmning minskar kylbehovet märkbart och leder till ett jämnare inomhusklimat. I scenarierna har yttre solavskärmning antagits i samtliga fall. Selektiva fönster med en yta som reflekterar solinstrålningen ger dock likvärdiga effekter vilket visas i **Figur 4.9**.



**Figur 4.9.** Solavskärmningens påverkan på energibehovet för kontorslokaler

Skillnaden mellan ett yttre solskydd och selektiva fönster beror på vilka antaganden man gör angående hur de verkar och är konstruerade. Med våra antaganden ger selektiva fönster ett högre värmebehov jämfört med både yttre solavskärmning och inget solskydd. Detta beror på att selektiva fönster verkar hela året, även när det är kallt ut och därmed hindrar en soluppvärmning av byggnaden som då skulle ha varit gynnsam. För yttre solavskärmning har vi antagit att den börjar användas vid en utetemperatur på +10°C och används fullt ut vid +15°C och därutöver.

### 4.3.3 Isolering

En ökad isolering har relativt stor påverkan på värmebehovet. I scenario 2 har vi antagit en tilläggsisolering av väggar och tak som sänker U-värdet från 0,35 - 0,25 (beroende på byggnadstyp) till 0,15. Det är en av de insatser som får störst effekt för att minska värmebehovet.

#### **4.3.4 Värmeåtervinning**

Värmeåtervinning har en stor påverkan på energibehovet om jämförelse görs med ett fall helt utan värmeåtervinning. Värmeåtervinning gör det möjligt att ha högre ventilationsflöden utan att energibehovet för den skull ökar alltför mycket. Om däremot effekterna av att förbättra värmeåtervinningen med några procent studeras så är dessa inte så stora.

Samma värmeväxlare som används för värmeåtervinning då uppvärmningsbehov föreligger används för kylåtervinning då det finns ett kylbehov. Denna effekt får dock relativt liten påverkan på det totala kylbehovet.

#### **4.3.5 Fönster**

Ett byte till fönster med lågt U-värde sänker energibehovet. För småhus antogs det att typhuset idag har fönster med ett U-värde på 3, medan det i scenario 2 hade bytts till nya fönster med ett U-värde på 1. I det fallet blev fönsterbytet tillsammans med tilläggsisolering de största bidragande orsakerna till att värmebehovet minskade.

#### **4.3.6 Internvärme**

En minskning av internvärmen från belysning och maskiner gör för det första att mindre el krävs för att driva apparaterna. Samtidigt ökar dock behovet av värme, eftersom mindre värme då genereras av lampor och maskiner. Den faktiska minskningen i el är dock större än vad det ökade värmebehovet är. Dessutom finns det bättre uppvärmningsalternativ än att värme upp via hög internvärme från apparater och belysning. Minskad internvärme leder dessutom till att kylbehovet minskar. En minskning av de interna lasterna (internvärmen) ger störst effekt i lokaler som har ett stort kylbehov.

#### **4.3.7 Brukarbeteende**

Om brukarna av lokaler accepterar något lägre inomhustemperaturer under uppvärmningssäsongen leder detta givetvis till att värmebehovet minskar. På samma sätt leder en större acceptans när det gäller förhöjda inomhustemperaturer till att kylbehovet minskar eller tom kanske helt försvinner.

#### **4.3.8 Tröga, snabba, tunga, lätta konstruktioner**

Effekten av byggnadens tyngd är förhållandevis liten. Det man kan se är att tunga byggnader har ett lite jämnare inomhusklimat och också ett lite lägre värme och kylbehov. Skillnaderna i värme- och kylbehov mellan tunga och lätta byggnader är dock små.

## 5 Kravspecifikation

Baserat på fakta från projektets tidigare delar togs en kravspecifikation fram i samarbete med projektgruppen för framtidens värmepumpssystem när de ska användas i befintliga och nya bostäder och lokaler. Eftersom scenariet ”Miljö/Klimat” (2) var det scenario projektgruppen trodde var mest troligt, har fokus varit på detta. Det är således kravspecifikationer för typhusen/byggnaderna definierade i avsnitt 4.2 för detta scenario som redovisas nedan.

### 5.1 Enfamiljshus

#### 5.1.1 Befintliga typhus (70-talshus)

- Värmepumpen ska klara hela uppvärmningsbehovet utan el tillsats
- Värmepumpssystemet ska kunna anpassa den avgivna effekten efter det aktuella uppvärmningsbehovet, antingen via en varvtalsstyrd kompressor eller genom att koppla värmepumpen mot en så pass stor ackumulerande vattenmängd att ”onödigt höga” framledningstemperaturer (och därmed kondenseringstemperaturer) kan undvikas.
- Ett vattenburet system (s.k. minivattensystem med fläktkonvektorer) ska användas för distribution av värmen eller så kan direkt värmeväxling mellan köldmediet och rumsluften, såsom i dagens luft/luftvärmepumpar användas. Distributionssystemet antas vara utformat så att det kan tillgodose husets uppvärmningsbehov vid den dimensionerande utetemperatur med en framlednings- respektive returtemperatur på 55 respektive 45 °C (detta hus värmdes ursprungligen med hjälp av direktel).
- Värmepumpen ska klara att tillgodose uppvärmningsbehovet för både tappvarmvatten och rumsuppvärmning, möjligtvis delvis i kombination med solvärme
- Värmepumpen ska ha lika eller lägre ljudnivå jämfört med idag
- Värmepumpssystemet ska ha ett mer avancerat styrsystem jämfört med idag, exempelvis med bl.a. prognosstyrning samt med mätning via styrsystemet så att prestanda kan beräknas
- Livscykelkostnaden för värmepumpssystemet är viktigare än investeringskostnaden (eventuellt är det mer relevant att bedöma investeringens internränta istället för dess livscykelkostnad)
- Eventuellt bör det vara ett krav på att värmepumpen ska arbeta enbart med ett naturligt köldmedium. Detta har dock inte satts som ett fast krav eftersom syntetiska köldmedium kan accepteras om de används i täta system och kan erbjuda mer energieffektiva lösningar

#### 5.1.2 Befintliga 40-talshus vid byte av befintlig bergvärmepump

I stort sett samma krav som för fallet ovan ställs på ett värmepumpssystem som ska installeras i ett hus där det redan finns bergvärmepump som ska bytas ut. Det förutsätts dock att det i detta hus redan finns ett vattenburet distributionssystem med radiatorer som klarar att tillgodose husets uppvärmningsbehov vid den dimensionerande utetemperatur med en framlednings- respektive returtemperatur på 55 respektive 45 °C.

#### 5.1.3 Nybyggda typhus år 2020

Även för värmepumpssystem i nybyggda enfamiljshus år 2020 är kraven i stort sett desamma som kraven för det befintliga typhuset ovan. Skillnaden är att i ett nybyggt hus finns även möjligheten att använda ventilationsluften för distribution av värmen. Dock är kravet att distributionssystemet ska vara utformat så att det klarar att tillgodose husets uppvärmningsbehov vid den dimensionerande utetemperatur med en framlednings- respektive returtemperatur på 35 respektive 28 °C. Värt att notera här är också att

uppvärmningsbehovet för tappvarmvatten relativt sett blir större, eftersom värmebehovet för rumsvärmning minskar på grund av ökad isolering etc.

## 5.2 Flerfamiljshus

### 5.2.1 Befintliga typhus (miljonprogramshus)

- Värmepumpen ska klara hela uppvärmningsbehovet utan eltillsats
- Värmepumpssystemet ska kunna anpassa den avgivna effekten efter det aktuella uppvärmningsbehovet, antingen via en varvtalsstyrd kompressor eller genom att koppla värmepumpen mot en så pass stor ackumulerande vattenmängd att "onödigt höga" framledningstemperaturer (och därmed kondenseringstemperaturer) kan undvikas.
- Värmepumpssystemet antas arbeta mot ett vattenburet distributionssystem med radiatorer för distribution av värmen. Distributionssystemet antas ursprungligen vara utformat så att det kunde tillgodose husets uppvärmningsbehov vid den dimensionerande utetemperatur med en framlednings- respektive returtemperatur på 80 respektive 60 °C. Dock har tilläggsisolering av byggnaden mm lett till att uppvärmningsbehovet ha minskat vilket resulterar i att lägre framlednings- och returtemperaturer erfordras.
- Värmepumpen ska klara att tillgodose uppvärmningsbehovet för både tappvarmvatten och rumsuppvärmning, möjligtvis delvis i kombination med solvärme
- Det är en fördel om värmepumpssystemet kan användas till kylning men i sådana fall ska det vara någon form av "frikyla"
- Värmepumpen ska ha lika eller lägre ljudnivå jämfört med idag
- Värmepumpssystemet ska ha ett mer avancerat styrsystem jämfört med idag, exempelvis med bl.a. prognosstyrning samt med mätning via styrsystemet så att prestanda kan beräknas
- Livscykelkostnaden för värmepumpssystemet är viktigare än investeringskostnaden (eventuellt är det mer relevant att bedöma investeringens internränta istället för dess livscykelkostnad)
- Eventuellt bör det vara ett krav på att värmepumpen ska arbeta enbart med ett naturligt köldmedium. Detta har dock inte satts som ett fast krav eftersom syntetiska köldmedium kan accepteras om de används i täta system och kan erbjuda mer energieffektiva lösningar
- Det är troligtvis i flerfamiljshus placerade utanför det befintliga fjärrvärmenätet som värmepumpslösningar kommer att vara mest intressanta. Dock kan de även vara intressanta i fjärrvärmeområden om värmepumpssystemet visar sig leda till en mer kostnadseffektiv alternativt miljövänlig lösning.

### 5.2.2 Nybyggda flerfamiljshus (typhus) år 2020

För värmepumpssystem i nybyggda enfamiljshus år 2020 är kraven i stort sett desamma som kraven för det befintliga typhuset ovan. Skillnaden är att i ett nybyggt hus finns även möjligheten att använda ventilationsluften för distribution av värmen. Dock är kravet att distributionssystemet ska vara utformat så att det klarar att tillgodose husets uppvärmningsbehov vid den dimensionerande utetemperatur med en framlednings- respektive returtemperatur på 35 respektive 28 °C. Värt att notera här är också att uppvärmningsbehovet relativt sett blir större, eftersom uppvärmningsbehovet för rumsuppvärmning minskar på grund av ökad isolering etc.

## 5.3 Kontor

### 5.3.1 Befintligt typkontor (byggt på 80-talet)

- Värmepumpen ska klara hela uppvärmningsbehovet utan eltillsats
- Värmepumpssystemet ska kunna anpassa den avgivna effekten efter det aktuella uppvärmningsbehovet, antingen via en varvtalsstyrd kompressor eller genom att koppla värmepumpen mot en så pass stor ackumulerande vattenmängd att ”onödigt höga” framledningstemperaturer (och därmed kondenseringstemperaturer) kan undvikas.
- Värmepumpssystemet antas arbeta mot ett vattenburet distributionssystem med radiatorer för distribution av värmen. Distributionssystemet antas ursprungligen vara utformat så att det kunde tillgodose husets uppvärmningsbehov vid den dimensionerande utetemperaturen med en framlednings- respektive returtemperatur på 60 respektive 40 °C. Dock har tilläggsisolering av byggnaden mm lett till att uppvärmningsbehovet ha minskat vilket resulterar i att lägre framlednings- och returtemperaturer erfordras.
- Värmepumpen ska klara att tillgodose uppvärmningsbehovet för både tappvarmvatten och rumsuppvärmning, möjligtvis delvis i kombination med solvärme (tappvarmvattenbehovet är dock relativt litet här)
- Värmepumpssystemet ska även kunna användas till kylning och tillgodose byggnadens kylbehov
- Värmepumpen ska ha lika eller lägre ljudnivå jämfört med idag
- Värmepumpssystemet ska ha ett mer avancerat adaptivt styrsystem jämfört med idag, integrerat för både värme, ventilation och kyla. Exempelvis ska det ha bl.a. prognosstyrning samt mätning via styrsystemet så att prestanda kan beräknas
- Livscykelkostnaden för värmepumpssystemet är viktigare än investeringskostnaden (eventuellt är det mer relevant att bedöma investeringens internränta istället för dess livscykelkostnad)
- Eventuellt bör det vara ett krav på att värmepumpen ska arbeta enbart med ett naturligt köldmedium. Detta har dock inte satts som ett fast krav eftersom syntetiska köldmedium kan accepteras om de används i täta system och kan erbjuda mer energieffektiva lösningar
- Det är troligtvis främst i kontor placerade utanför det befintliga fjärrvärmenätet som värmepumpslösningar kommer att vara mest intressanta. Dock kan de även vara intressanta i fjärrvärmeområden om värmepumpssystemet visar sig leda till en mer kostnadseffektiv alternativt miljövänlig lösning.

### 5.3.2 Nybyggt kontor år 2020

För värmepumpssystem i nybyggda kontor år 2020 är kraven i stort sett desamma som kraven för det befintliga typhuset ovan. Skillnaden är att i ett nybyggt kontor är kravet att distributionssystemet ska vara utformat så att det klarar att tillgodose husets uppvärmningsbehov vid den dimensionerande utetemperaturen med en framlednings- respektive returtemperatur på 35 respektive 28 °C.

## 5.4 Skolor

### 5.4.1 Befintlig typskola (byggd under 70-talet)

- Värmepumpen ska klara hela uppvärmningsbehovet utan eltillsats
- Värmepumpssystemet ska kunna anpassa den avgivna effekten efter det aktuella uppvärmningsbehovet, antingen via en varvtalsstyrd kompressor eller genom att koppla värmepumpen mot en så pass stor ackumulerande vattenmängd att

”onödigt höga” framledningstemperaturer (och därmed kondenseringstemperaturer) kan undvikas.

- Värmepumpssystemet antas arbeta mot ett vattenburet distributionssystem med radiatorer för distribution av värmen. Distributionssystemet antas vara utformat så att det kunde tillgodose husets uppvärmningsbehov vid den dimensionerande utetemperaturer med en framlednings- respektive returtemperatur på 55 respektive 45 °C.
- Värmepumpen ska klara att tillgodose uppvärmningsbehovet för både tappvarmvatten och rumsuppvärmning, möjligtvis delvis i kombination med solvärme (tappvarmvattenbehovet är mindre här jämfört med bostäder, men större jämfört med kontor)
- Det är en fördel om värmepumpssystemet kan användas till kylning, men det bör enbart tillämpas om det kan göras utan extra kompressordrift.
- Värmepumpen ska ha lika eller lägre ljudnivå jämfört med idag
- Värmepumpssystemet ska ha ett mer avancerat adaptivt styrsystem jämfört med idag, integrerat för både värme, ventilation och kyla. Exempelvis ska det ha bl.a. prognosstyrning samt mätning via styrsystemet så att prestanda kan beräknas
- Livscykelkostnaden för värmepumpssystemet är viktigare än investeringskostnaden (eventuellt är det mer relevant att bedöma investeringens internränta istället för dess livscykelkostnad)
- Eventuellt bör det vara ett krav på att värmepumpen ska arbeta enbart med ett naturligt köldmedium. Detta har dock inte satts som ett fast krav eftersom syntetiska köldmedium kan accepteras om de används i täta system och kan erbjuda mer energieffektiva lösningar
- Det är troligtvis främst i skolor placerade utanför det befintliga fjärrvärmenätet som värmepumpslösningar kommer att vara mest intressanta. Dock kan de även vara intressanta i fjärrvärmeområden om värmepumpssystemet visar sig leda till en mer kostnadseffektiv alternativt miljövänlig lösning.

#### **5.4.2 Nybyggd skola år 2020**

För värmepumpssystem i nybyggda skolor år 2020 är kraven i stort sett desamma som kraven för den befintliga typskolan ovan. Skillnaden är att i en nybyggd skola är kravet att distributionssystemet ska vara utformat så att det klarar att tillgodose husets uppvärmningsbehov vid den dimensionerande utetemperaturer med en framlednings- respektive returtemperatur på 35 respektive 28 °C.

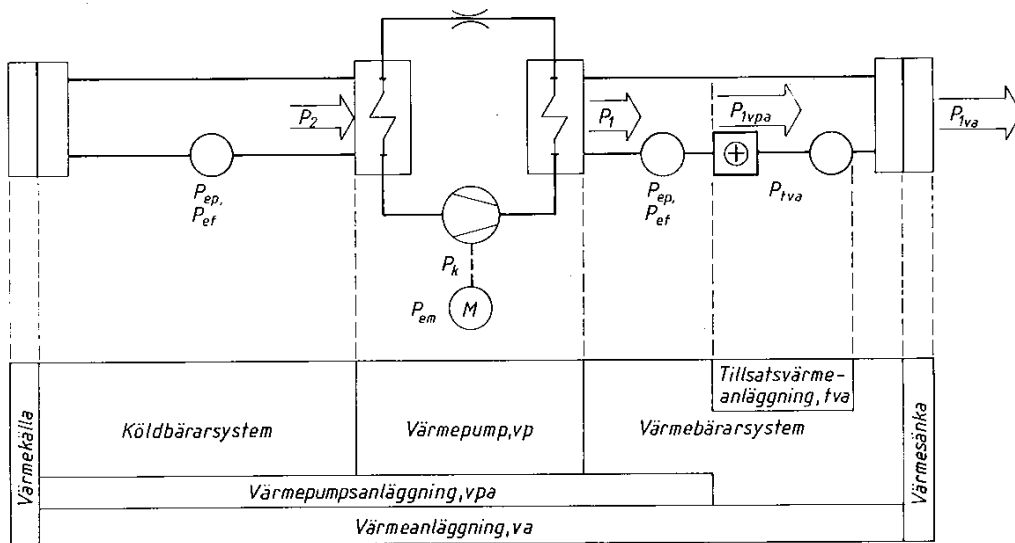
### **5.5 Övriga lokaler – förskolor och äldreboenden**

Kraven på värmepumpssystem i förskolor och äldreboenden är i stort sett desamma som kraven för skolor respektive flerfamiljshus. I dessa lokaltyper bör dock värmepumpssystemet kunna användas till att kyla inomhusluften vid behov, helst utan extra kompressordrift. Anledningen är att båda lokaltyper har brukare som är extra känsliga för höga inomhustemperaturer. Förskolor används i mycket större utsträckning under sommarmånaderna jämfört med vanliga skolor vilket är den period på året då övertemperaturerna oftast inträffar. När det gäller äldreboenden har brukarna ofta begränsade möjligheter att komma ut och är därför hänvisade till att vistas inomhus i mycket stor utsträckning även under sommarmånaderna.



## 6 Utveckling av begreppet SPF och definition av jämförelseobjekt

I standarden SS 2620 (Värmeutrustning – Värmepumpar – Fältprovning och prestanda redovisning) definieras begreppet systemårsfaktor,  $SPF$ , dels för en värmepumpsanläggning,  $SPF_{vpa}$ , och dels för en värmeanläggning (inklusive tillsattsvärme),  $SPF_{va}$ . De  $SPF$ -värden som redovisas i nästa kapitel (Kapitel 7) för olika värmepumpssystemlösningar, där enbart ett värmebehov föreligger, är  $SPF_{va}$ . Eftersom i stort sett alla systemlösningarna, med något undantag, dimensionerats för att vara heltäckande är  $SPF_{vpa}$  identiskt med  $SPF_{va}$ .



**Figur 6.1.** Systemgränser för bestämning av värmefaktor enligt SS 2026.

$$SPF_{vpa} = \frac{\sum Q_{1vpa}}{\sum W_{evpa}} \quad \text{Eq. 6.1}$$

$$SPF_{va} = \frac{\sum Q_{1va}}{\sum W_{eva}} = \frac{\sum (Q_{1vpa} + \eta_{tva} \cdot Q_{tva})}{\sum (W_{evpa} + Q_{tva})} \quad \text{Eq. 6.2}$$

Flertalet av de systemlösningar som presenteras i kapitel 7 tillfredsställer både ett värmebehov och ett kylbehov. Den kylenergi som anläggningen då levererar samt drivenergi för denna ska då även inkluderas i systemårsfaktorn.  $Q_{2kyla}$  i ekvationerna nedan är nyttjad kylenergi från värmepumps- och kylanläggningen och  $W_{evka}$  är den totalt tillförda energin till värme- och kylanläggningen. I fallen nedan är den tillförda energin uteslutande elenergi.

$$SPF_{vka} = \frac{\sum (Q_{1va} + Q_{2kyla})}{\sum W_{evka}} \quad \text{Eq. 6.3}$$

Vissa korrigeringar och avsteg har dock gjorts. Som syns i definitionerna ovan ska exempelvis pumpenergin till värmebärarpumpen ingå i beräkningen av  $SPF_{va}$  och  $SPF_{vpa}$ . I de fall där själva distributionssystemet för värmen (eller kylan) varit identisk för alla jämförda system och även för en alternativ uppvärmnings(- eller kyl)form, såsom tex fjärrvärme (eller fjärrkyla), har inte pumpenergin för själva distributionssystemet

inkluderats. I de fall då det är relevant för jämförelsen har den dock gjort det, tex vid jämförelse mellan en luft/vattenvärmepump och en luft/luftvärmepump.

### Beteckningar

$P_k$	tillförd driveffekt till kompressoraxel
$P_{em}$	tillförd drivenergi till kompressormotor
$P_{ep}$	tillförd driveffekt till pumpar
$P_{ef}$	tillförd driveffekt till fläktar
$P_{evpa}$	tillförd driveffekt till värmepumpsanläggning
$P_1$	avgiven värmeeffekt från värmepump och värmebärare
$P_{1va}$	tillförd effekt till tillsattsvärmeanläggning
$P_2$	upptagen värmeeffekt till köldmediekrets
$P_{1va}$	avgiven värmeeffekt från värmeanläggning
$Q_{1va}$	totalt avgiven energi från värmeanläggningen
$Q_{1vpa}$	totalt avgiven energi från värmepumpsanläggningen
$Q_{1va}$	totalt avgiven energi från tillsattsvärmeanläggningen
$Q_{2kyla}$	nyttjad kylenergi från värmepumps- och kylanläggningen
$W_{eva}$	totalt tillförd energi till värmeanläggningen
$W_{evpa}$	totalt tillförd drivenergi till värmepumpsanläggningen
$W_{evka}$	totalt tillförd energi till värme- och kylanläggningen
$\eta_{1va}$	totalverkningsgrad för tillsattsvärmeanläggningen

## 7 Jämförelse av olika systemlösningars prestanda

Uppvärmnings- och kylbehoven samt inomhustemperaturen i olika typer av bostäder och lokaler har utvärderats med hjälp av programmet BV<sup>2</sup>. Eftersom det scenario som kallades ”Miljö/Klimat (scenario 2), se kapitel 4.1.1, var det scenario som projektgruppen trodde mest på har fokus varit på detta. Det är således enbart för detta scenario som olika föreslagna systemlösningar presenteras nedan. Resultaten för de olika systemlösningarna presenteras i tabellform de följande avsnitten. Observera att vissa av resultaten redovisas med ett större antal värdesiffror än vad som är relevant för dessa beräkningsresultat.

### 7.1 Generella indata

Nedanstående indata har använts genomgående för utvärdering av de olika systemlösningarna i de olika typhusen och typlokalerna

- Värmepumpen har antagits vara heltäckande och varvtalsstyrd så att den kan avge exakt den framledningstemperatur som uppvärmningssystemet kräver för att kunna tillgodose uppvärmningsbehovet.
- Uppvärmningsbehovet tas från resultat från BV<sup>2</sup>-beräkningarna
- Utomhustemperaturen tas från resultat från BV<sup>2</sup>-beräkningarna (ursprung Meteorom). Programmet beräknar även en fiktiv utomhustemperatur, som tar hänsyn till byggnadens interna massa och tröghet. Denna används vid beräkning av värmesystemets erforderade framledningstemperatur. Den verkliga utomhustemperaturen används vid beräkning av köldbärartemperaturen Utomhustemperatur = köldbärartemperatur om köldbäraren är luft, t.ex. för en luft/luftvärmepump.
- Inomhustemperaturen tas från resultat BV<sup>2</sup>-beräkningarna
- Den dimensionerande utomhustemperaturen (DUT), dvs den lägsta utomhustemperatur som uppvärmningssystemet ska klara att tillgodoses uppvärmningsbehovet vid har satts till den lägsta fiktiva utetemperatur som byggnaden utsätts för.
- Framlednings- och returtemperaturer vid DUT har varierat för de olika systemlösningarna i de olika typhusen
- Den erforderade framledningstemperaturen för de olika uppvärmningsbehoven under året har beräknats med hjälp av samband presenterade bland annat av Karlsson (2007).
- Avgiven internvärme från elektrisk utrustning och personer leder till att värmebehovet upphör vid en (fiktiv) utetemperatur som är lägre än den önskade inomhustemperaturen. Skillnaden mellan dessa temperaturer beräknas utifrån resultat från BV<sup>2</sup>-beräkningarna, och används som indata när den erforderade framledningstemperaturen beräknas

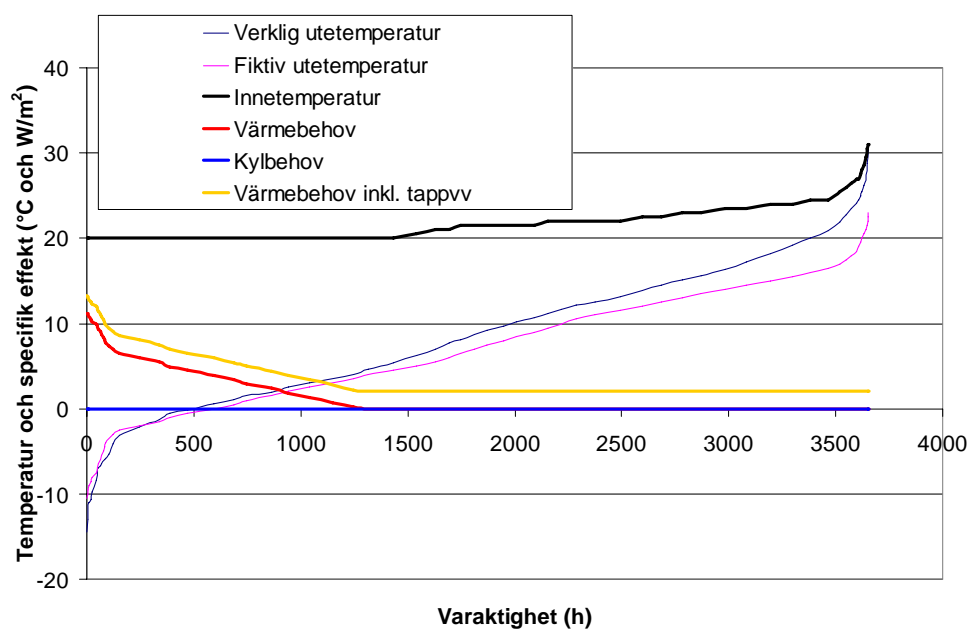
### 7.2 Enfamiljshus

#### 7.2.1 Befintliga typhus (70-talshus)

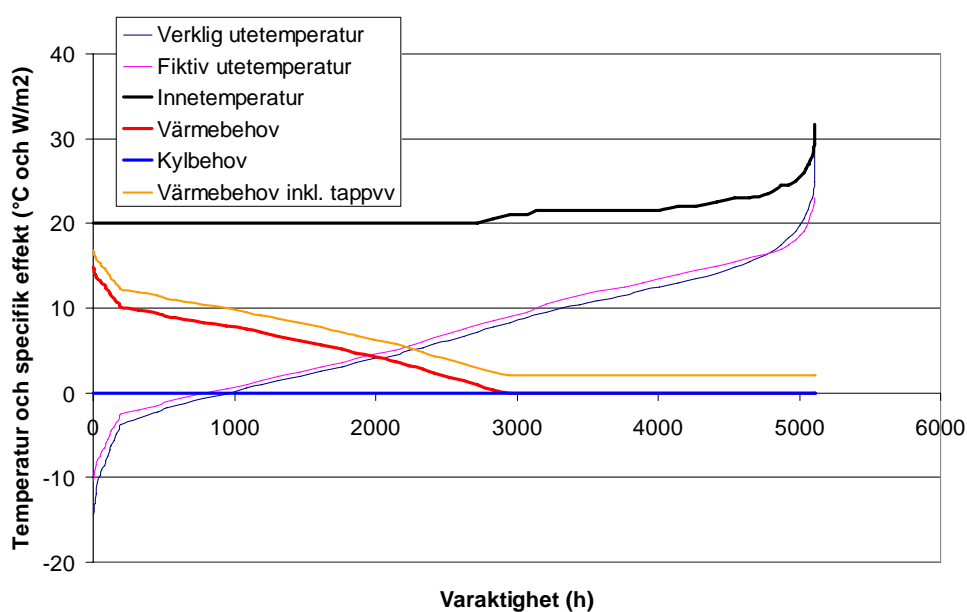
Uppvärmningsbehov samt inne- och utomhus är enligt figurerna nedan. Det syns tydligt att under en viss del av både dag- och nattimmarna är inomhustemperaturen högre än vad som önskas. Det har dock antagits att människor i detta framtidsscenario accepterar något högre inomhustemperaturer utan att ställa krav på tillgång till komfort kyla.

De ursprungliga antaganden som gjordes angående åtgärder för ett befintligt 70-talshus leder till ett mycket energisnålt hus och kan anses realistiskt. Det ska dock ses som ett

ytterlighetsfall. Dessutom är det så att om ett befintligt hus tilläggsisolerats så mycket som det antagits i detta scenario är det troligtvis nödvändigt att frånluftsventilera det, istället för att låta det vara självdragsventilerat, om fuktproblem inte ska uppstå. Beräkningar har därför även gjorts för ett hus med frånluftsventilation. Kurvor för detta visas i Figur 7.2. Detta beräkningsfall kan även ge en indikation om hur stort det maximala värmebehovet är den kallaste dagen. Stora temperaturskillnader mellan inomhus- och utomhusluften leder till en skortstenseffekt, vilket leder till att luftflödena även i det självdragsventilerade huset blir högre jämfört med vad som antagits i beräkningarna. Det kan eventuellt vara komplicerat att tilläggsisolera väggarna på ett sådant här hus. Om det istället antas att enbart taket tilläggsisolerats leder det till att såväl värmebehovet (energi under året) samt det maximala värmeeffektbehovet för rumsvärmning ökar i storleksordningen 10 %.

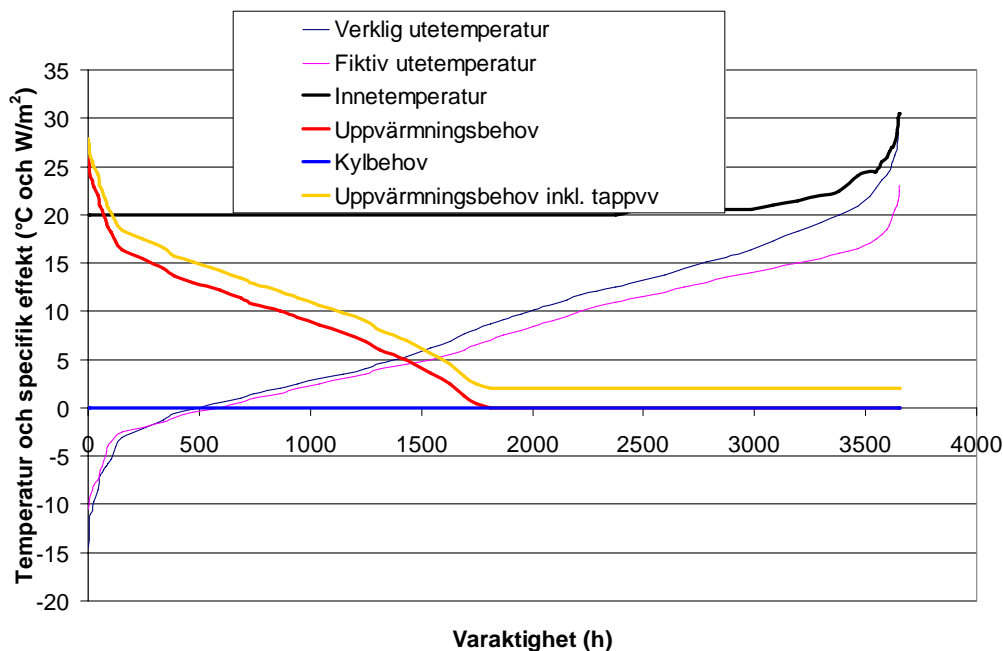


(a)

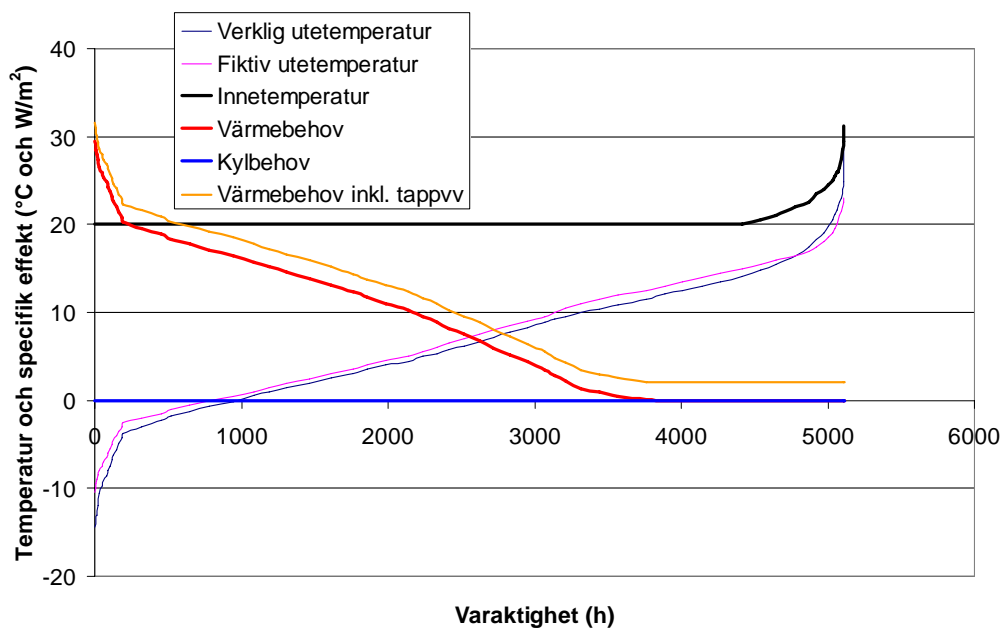


(b)

**Figur 7.1.** Värmebehov samt inne- och utetemperaturer för ett befintligt 70-talshus (typhus) i framtidsscenario "Miljö/Klimat" (2) för (a) dagtid och (b) nattetid



(a)



(b)

**Figur 7.2** Värmebehov samt inne- och utetemperaturer för ett befintligt *frånluftsventilerat* 70-talshus (typhus) i framtidsscenario "Miljö/Klimat" (2) för (a) dagtid och (b) nattetid

### 7.2.1.1 Luft/vattenvärmepump kopplat mot ett (mini)vattenburet system med flätkonvektorer och varmvattenberedare

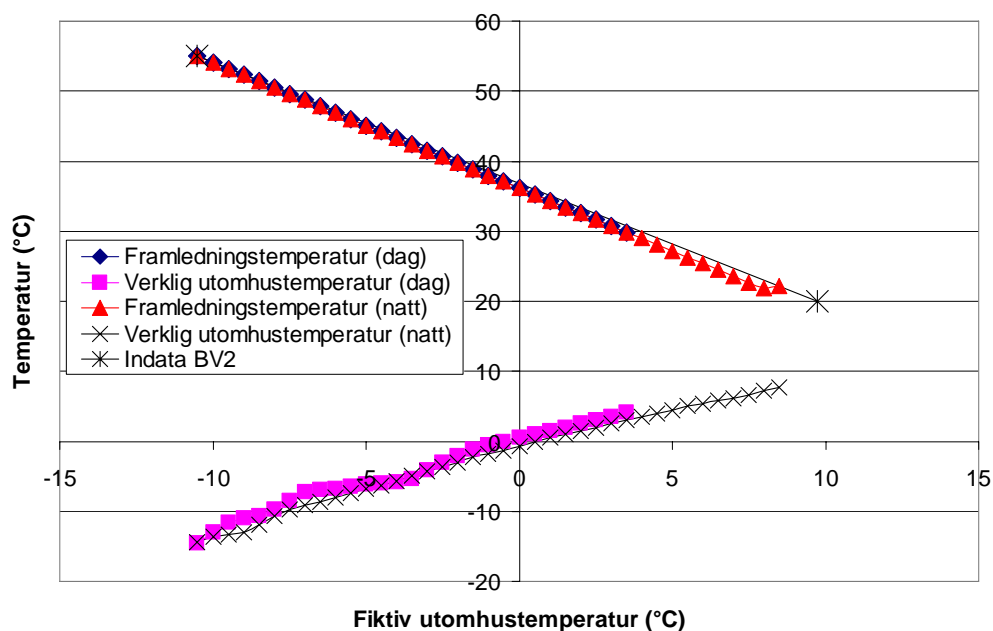
Det antagna typhuset har ursprungligen inget vattenburet distributionssystem. Det är därför relativt komplicerat, dyrt och omständligt att installera ett sådant distributionssystem. En tänkbar lösning i detta fall är dock att installera en eller ett fåtal flätkonvektorer, vilket har antagits här. Värmepumpen antas här värma dessa samt varmvattnet i en varmvattenberedare (till skillnad från dagens luft/luftvärmepumpar som enbart värmer inomhusluften).

Det vattenburna systemet har antagits vara dimensionerat så att det klarar att tillgodose husets uppvärmningsbehov vid en framlednings- respektive returtemperatur på 55 respektive 45 °C vid dimensionerande utetemperatur. Detta leder till att framledningstemperaturen beror av den fiktiva utomhustemperaturen enligt figuren nedan. Den fiktiva utomhustemperaturen påverkas av husets termiska tyngd och tröghet och den verkliga utomhustemperaturen redovisas också i grafen för att visa hur dessa temperaturer förhåller sig till varandra.

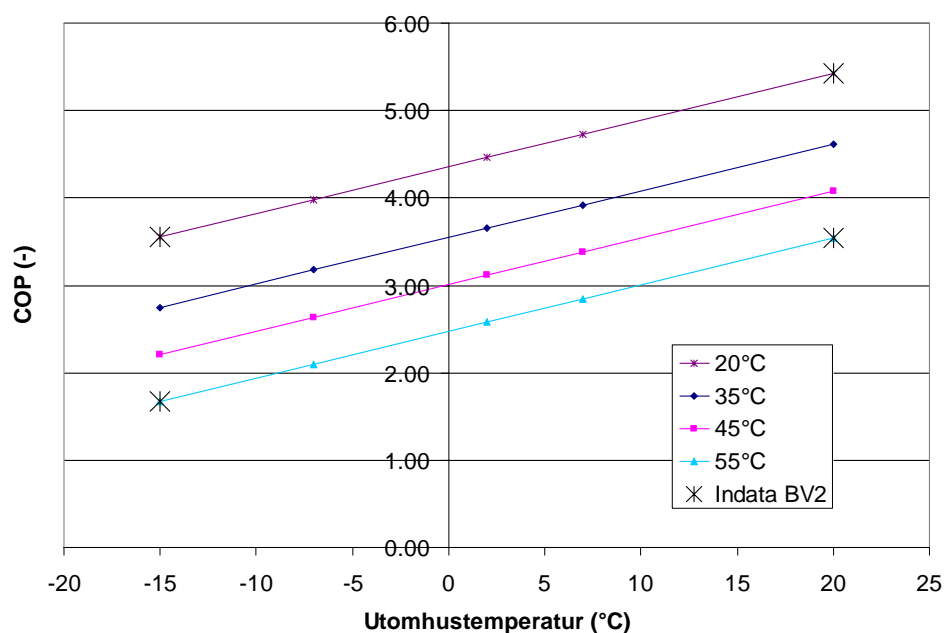
När det gäller värmepumpens prestanda har den antagits vara 15 % bättre än dagens ungefärligt genomsnittliga luft/vattenvärmepump, baserat på statistik över SPs testdata. Detta innebär att den har ett COP på 3,6 vid testpunkten 2/35 enligt SS-EN14511 (2007), dvs vid en utomhustemperatur på 2 °C och en framledningstemperatur på 35 °C. Prestandan för värmepumpen har antagits variera med värmebärar- och köldbärartemperaturen och variationerna har satts på ett sådant sätt att de representerar variationerna för en ”genomsnittlig” värmepump baserat på statistik över SPs testdata. Variationerna för prestandan, COP, hos den antagna värmepumpen redovisas i figuren nedan. I temperaturområden utanför testdata, har värden tagits fram via extrapolering.

Det har antagits att prestandan har förbättrats 15 % i hela värmepumpens arbetsområde. Värmepumpen har antagits vara heltäckande och varvtalsstyrd och en del av den antagna prestandaförbättringen härrör från nedreglering av kompressorns varvtal vid dellast. Det är dock troligt att den kommer att dimensioneras på så sätt att kompressorn kommer att tvingas att arbeta vid ett varvtal över 50 Hz vid det högsta värmebehovet, vilket i kombination med att värmeväxlarytorna vid de driftpunkterna blir något underdimensionerade kommer att leda till en något försämrad prestanda. Det skulle eventuellt vara mer korrekt att åtminstone anta bibehållen prestanda (och inte 15 % förbättrad) vid de kallaste utetemperaturerna. Det är dock få timmar det rör sig om, så skillnaden i SPF över hela året borde bli liten.

Beräkningar utfördes dels via att räkna stegvis för olika tidsteg (ett steg för varje 0,5 °C ökning av den fiktiva utomhustemperaturen) och använda framledningstemperatur och prestanda beräknade enligt beskrivningen ovan. Dessutom beräknades den använda elenergin direkt via  $BV^2$  genom att ge data för värmepumpens och distributionssystemets prestanda (Indata BV2) som indata till programmet.



Figur 7.3. Antagen prestanda för distributionssystemet.



Figur 7.4. Antagen prestanda för en luft/vattenvärmepump år 2020.

Värmepumpen producerar varmvatten under hela året och under de timmar då innetemperaturerna är högre än vad som är önskvärt skulle värmepumpsanläggningen kunna kyla inomhusluften med hjälp av fläktkonvektorerna när kompressorn ändå producerar varmvatten. Det är givetvis inte självklart att dessa behov föreligger samtidigt, men varmvatten kan i viss utsträckning ackumuleras i varmvattenberedaren och användas vid ett senare tillfälle. Därmed skulle en möjlighet till kyla finnas som inte kostar mer i drift än driften av pumpar och fläktar till fläktkonvektorerna.

### 7.2.1.2 Luft/vattenvärmepump kopplat mot ett (mini)vattenburet system med fläktkonvektorer och varmvattenberedare samt solfångare

I detta fall har det antagits att största delen av tappvarmvattnet produceras med hjälp av en solfångare. Detta gör att värmepumpen i stort sett kan stängas av när det är som varmast (och soligast) ute.

Beräkningar gjordes här enligt ovan (se kapitel 7.2.1.1) men med tillägg att det antogs att systemet kopplades till en solfångare som i första hand producerar tappvarmvatten under sommaren. Möjligheten till kyla sommartid försvinner då.

Beräkningar utfördes med hjälp av  $BV^2$  med indata enligt ovan för värmepumpen och för solfångaren har indata för en framtida solångare med vakuumrör på  $2\text{m}^2$  lagts in. Övriga indata för solfångaren har specificerats enligt Tabell 7.1 nedan:

**Tabell 7.1.** Prestanda för solfångare

Lägsta utomhustemperatur för drift	-20°C
Optisk verkningsgrad diffus strålning	1,2
Optisk verkningsgrad direkt strålning	0,8
Mediatemperatur	50°C
Effektivt U-värde	1,0 W/°C,m <sup>2</sup>
Termisk massa i utedel	2,2 Wh/°C

### 7.2.1.3 Luft/luftvärmepump och solfångare som värmer tappvarmvattnet

I detta fall antas en luft/luftvärmepump täcka (hela) värmebehovet för rumsvärmning på samma sätt som vanligen tillämpas idag och en solfångare antas producera huvuddelen av tappvarmvatten. Möjligen krävs två värmepumpar alternativt en split-utförning på värmepumpen för att värmen ska nå ut i hela huset. I detta scenario antas dock att människor accepterar vissa temperaturvariationer i huset när det är som kallast ute.

Beräkningar har gjorts i  $BV^2$  och när det gäller värmepumpens prestanda har det antagits att prestanda är ca 10 % bättre än en ungefärligt genomsnittlig värmepump (baserat på SPs testdata). Detta leder till ett COP på 2,1 vid utomhustemperaturen -15°C, 2,8 vid +2 °C och 4,5 vid +9 °C (då uppvärmningsbehovet upphör). När dessa prestandadata har beräknats har hänsyn tagits den förbättrade prestanda som uppstår vid dellast.

Extrapolering har gjorts utanför utvärderat område och det har antagits att värmebärartemperaturen alltid är densamma som inomhustemperaturen, dvs 20°C. Detta eftersom kondensorn kyls direkt av inomhusluften, vilken är själva värmebäraren. När det gäller solfångare görs samma antaganden som ovan i 7.2.1.2.

### 7.2.1.4 Luft/vattenvärmepump kopplat mot ett (mini)vattenburet system med fläktkonvektorer och varmvattenberedare, huset F-ventilerat

Samma systemlösningar som ovan har även utvärderats för ett likadant hus, men med frånluftsventilation, vilket leder till ökat uppvärmningsbehov, men troligtvis till en bättre inomhusmiljö.

### 7.2.1.5 Jämförelse av resultat

Resultaten för de olika systemen presenterade i kapitel 7.2.1.1 - 7.2.1.3 redovisas i tabellen nedan. Som synes fås bäst energiprestanda för systemlösningen som innebär att en luftvattenvärmepump är kopplad mot ett vattenburet system med fläktkonvektorer samt solfångare. Detta är dock även den dyraste lösningen. De andra lösningarna ger något lägre prestanda men är sinsemellan relativt likvärdiga. Den ena av dem innebär installation av fläktkonvektorer och den andra installation av en solfångare. Det är troligtvis lättare att sprida värme med hjälp av den första lösningen, men detta beror



givetvis på hur många fläktkonvektorer som installeras. Denna lösning erbjuder även en möjlighet till kyla utan extra kompressordrift. Den genomsnittligt tillgängliga kyleffekten vid tappvattenproduktion räcker till att sänka inomhustemperaturen ca någon grad °C, vilket inte är tillräckligt för att upprätthålla 20 °C inomhus hela året men skulle ändå kunna öka komforten till viss del. Den största delen av hushållets varmvatten skulle dock kunna beredas under eftermiddagstimmarna och den tillgängliga kyleffekten skulle då kunna vara betydligt större då kylbehovet är som störst. Eftersom vi i Sverige oftast har relativt svala nätter behövs knappast kyla dygnet runt, och om kylning under de varmaste eftermiddagstimmarna skulle vara tillräckligt för att höja komforten avsevärt. Om värmepumpen dimensioneras efter uppvärmningsbehovet och COP vid tappvarmvattenproduktion antas vara 4,0 sommartid leder det till en tillgänglig kyleffekt på ca 1,4 kW om man antar att hela dygnets tappvarmvatten beredd under de fyra varmaste eftermiddagstimmarna (baserat på 6,9 kWh tappvarmvatten per dygn). Detta kan jämföras med att det maximala kylbehovet för att upprätthålla den högsta önskade inomhustemperaturen (26 °C) de varmaste timmarna under året är 1.8 kW.

Effektmässigt är alla lösningar ungefär likvärdiga. Luft/luftvärmepumpen kräver lägre effekt den kallaste dagen, men bereder då varmvatten med direktel, vilket leder till att totalsumman blir ungefär densamma.

**Tabell 7.2.** Sammanställning av värme-, kyl-, energi- och effektbehov för ett befintligt enfamiljshus (70-talshus) år 2020.

System			LVVP (7.2.1.1)	LVVP+ solfångare (7.2.1.2)	LLVP+ solfångare (7.2.1.3)
Värmebehov (rum)	kWh		3,005	3,005	3,005
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh		2,514	2,514	2,514
Värmebehov (totalt)	kWh		5,519	5,519	5,519
Elanvändning (värmepump och solfångare)	kWh	Excel BV2	1,787 1,797	1,206	1,721
Elanvändning (pumpar och fläktar)	kWh	Pump Fläkt	66 5	66 5	
Elanvändning (totalt uppv.)	kWh	Excel BV2	1,858 1,868	1,277	1,721
Årsvärmefaktor, SPF (värmepump)		Excel BV2	3.1 3.1	4.6	3.2
Årsvärmefaktor, SPF (total)		Excel BV2	3.0 3.0	4.3	3.2
Tillgänglig kyleffekt (pga prod. av tappvv)	W		220		
Maximalt värmebehov (rumsvärmning)	W		2,073	2,073	2,073
Maximalt värmebehov (tappvarmvatten enl. BBR2008)	W		500	500	500
Maximal eleffekt (rumsuppvärmning)	W		1,219	1,219	987
Maximal eleffekt (tappvarmvatten enl. BBR2008)	W		294	294	500

I tabellen nedan redovisas resultat för samma lösningar som ovan men med huset frånluftsventilerat. Det man kan se är att det fortfarande är samma inbördes ordning mellan de olika lösningarna. Den sista kolumnen visar resultatet för ett hus med 33 % högre UA-värde på väggar och tak jämfört med de andra fallen. I stort sett samma resultat fås om det antas att bara taket tilläggsisoleras och inte väggarna.

**Tabell 7.3.** Sammanställning av värme-, kyl-, energi- och effektbehov för ett befintligt enfamiljshus (70-talshus, frånluftsventilerat) år 2020.

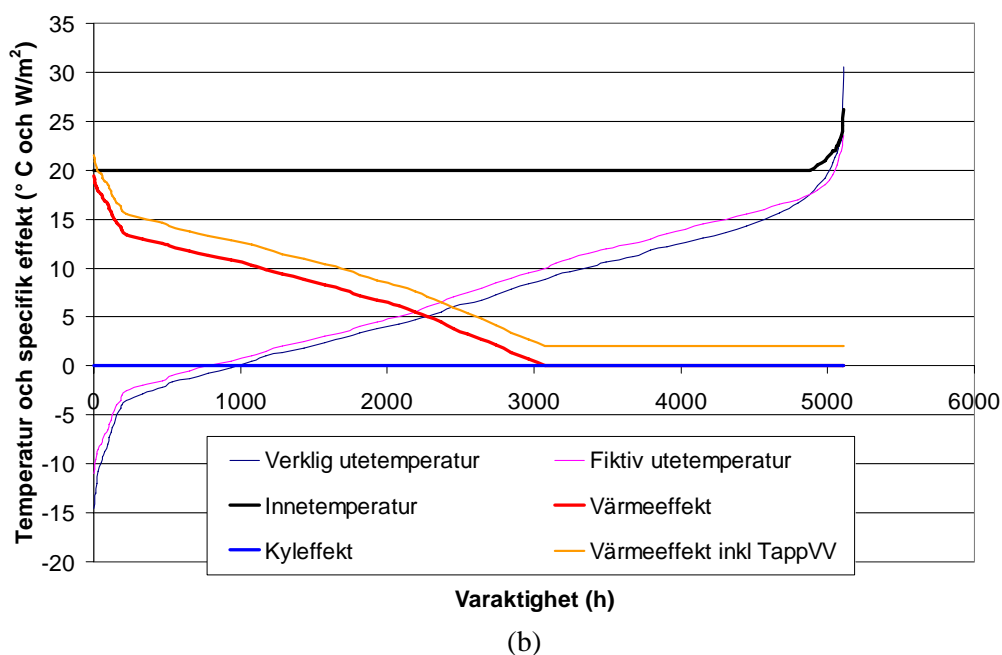
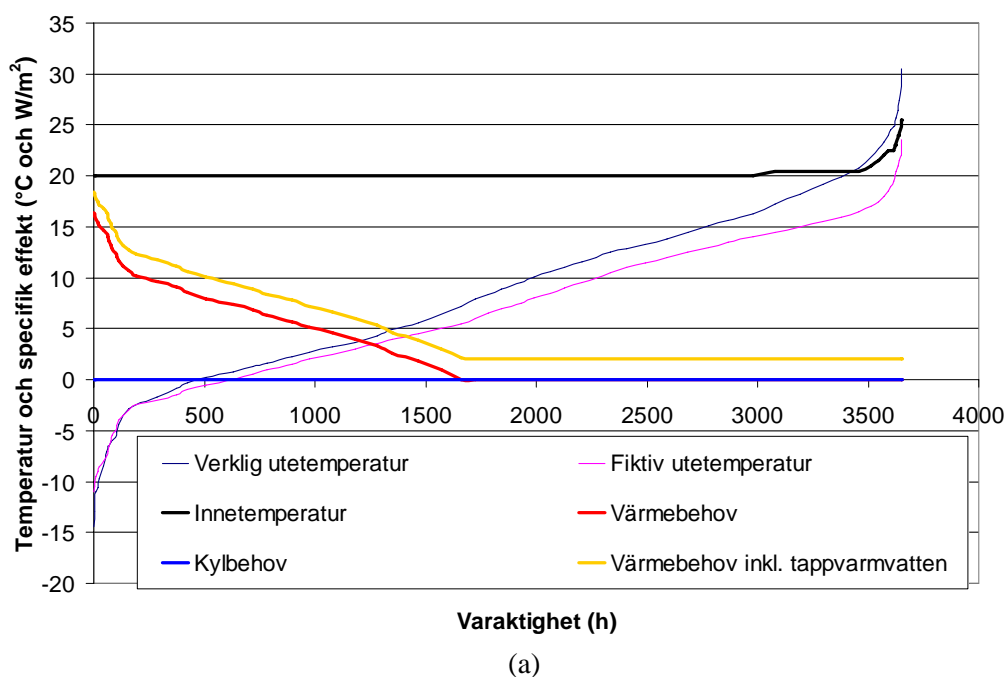
System			LVVP (F-vent) (7.2.1.1)	LVVP+sol­fångare (F-vent) (7.2.1.2)	LLVP+ sol­fångare (F-vent) (7.2.1.3)	LVVP (F-vent), 0.2 isolering
Värmebehov (rum)	kWh		7,990	7,990	7,990	9,052
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh		2,514	2,514	2,514	2,514
Värmebehov (totalt)	kWh		10,504	10,504	10,504	11,566
Elanvändning (värmepump och solfångare)	kWh	Excel	3,299			3,299
		BV2	3,235	2,646	3,085	3,235
Elanvändning (pumpar och fläktar)	kWh	Pump	178	178		193
		Fläkt	13	13		14
Elanvändning (totalt uppv.)	kWh	Excel	3,490			
		BV2	3,426	2,837	3,085	3,605
Årsvärmefaktor, SPF (värmepump)		Excel	3.2			
		BV2	3.2	4.0	3.4	3.6
Årsvärmefaktor, SPF (total)		Excel	3.0			
		BV2	3.1	3.7	3.4	3.2
Tillgänglig kyleffekt (pga prod. av tappvv)	W		220	220	220	220
Maximalt värmebehov (rumsvärmning)	W		4,127	4,127	4,127	4,483
Maximalt värmebehov (tappvarmvatten enl. BBR2009)	W		500	500	500	500
Maximal eleffekt (rumsuppvärmning)	W		2,428	2,428	1,965	2,637
Maximal eleffekt (tappvarmvatten enl. BBR2008)	W		294	294	500	294

Hur mycket bättre är då de föreslagna systemlösningarna jämfört med dagens vanliga lösningar? Den idag vanligaste systemlösningen i denna typ av hus är en luft/luftvärmepump som svarar för rumsvärmningen men inte värmningen av tappvarmvatten. Det har antagits att värmepumpens COP år 2020 är 10 % bättre än dagens genomsnittliga värmepump (se ovan). Med förbättrad prestanda erhålls ett SPF-värde på 1,9 och med bibehållen prestanda 1,8 med dagens systemlösning för den hustyp som beskrivs i tabellen nedan (ej högra kolumnen), vilket innebär en förbättring på 100 % som mest.

Nätavgift 2004 var mellan 22 och 40 öre per kWh (median) för villa med respektive utan elvärme [ref. elmarknaden i Sverige, 2004]. Kostnad för detta har inte inkluderats ovan eftersom den bedöms vara densamma för alla uppvärmningsalternativ.

## 7.2.2 Befintliga 40-talshus vid byte av befintlig bergvärmepump

Värmebehovet och inomhustemperaturen för detta typhus är enligt figurerna nedan. Figurerna visar att det enbart är under ett fåtal timmar som inomhustemperaturen överstiger den önskade.



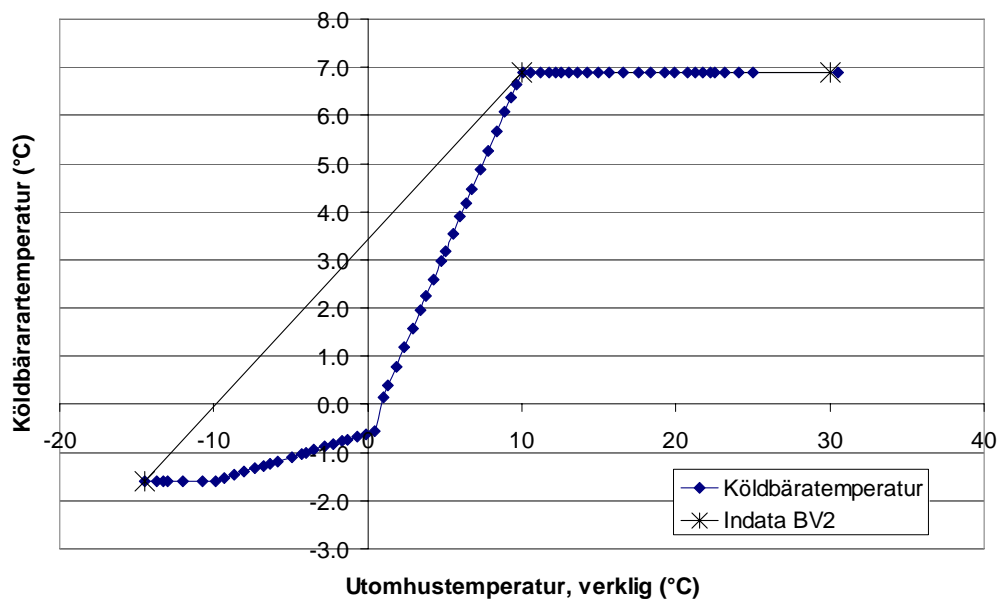
**Figur 7.5.** Värmebehov samt inne- och utetemperaturer för ett befintligt 40-talshus (typhus) i framtidsscenario "Miljö/Klimat" (2) för (a) dagtid och (b) nattetid.

Detta antagna typhus har ursprungligen ett vattenburet distributionssystem med radiatorer och en bergvärmepump som behöver bytas ut. Denna värmepump med borrhål antas vara dimensionerad att täcka ca 70 % av uppvärmningsbehovet vid den dimensionerande utomhustemperaturen när den installerades – troligtvis någon gång mellan år 2000 och 2005. Dock antas vissa åtgärder ha vidtagits sedan dess för att minska uppvärmningsbehovet såsom tilläggsisolering och byte av fönster. Värmeeffektbehovet vid den kallaste utomhustemperaturen är 3,7 kW i detta scenario att jämföra med 11,6 kW med idag (då det inte är tilläggsisolerat). Om borrhålet var dimensionerat för 70 % av det ursprungliga uppvärmningsbehovet blir det väl tillräckligt för en heltäckande värmepump efter det att huset har tilläggsisolerats.

Det vattenburna systemet har antagits vara dimensionerat så att det klarar att tillgodose husets uppvärmningsbehov vid en framlednings- respektive returtemperatur på 55 respektive 45 °C vid dimensionerande utetemperatur. Detta leder till att framledningstemperaturen beroende av den fiktiva utomhustemperaturen i stort sett är som redovisas i Figur 7.3 i kapitel 7.2.1.1 (trögheten och internvärmens skiljer något, men det gör enbart marginell skillnad).

### 7.2.2.1 Vätska/vattenvärmepump med befintligt borrhål som värmekälla

Denna värmepump antas vara heltäckande och steglöst varvtalsstyrd. Tilläggsisolering och fönsterbyte gör att den maximalt erfordrade värmeeffekten har minskat med ca 65 % och den uttagna energin från borrhålet minskat med 70 % jämfört med idag. Detta gör att det befintliga borrhålet antas vara tillräckligt och köldbärarens temperatur har antagits variera med utomhustemperaturen enligt Figur 7.6 nedan. Detta samband är baserat på mätningar presenterade av Fahlén (2004). Dessa mätningar gjordes dock på ett relativt grunt borrhål och har därför parallellförflyttats 2 °C uppåt baserat på erfarenheter från värmepumpsindustrin samt beräkningar via olika dimensioneringsprogram.

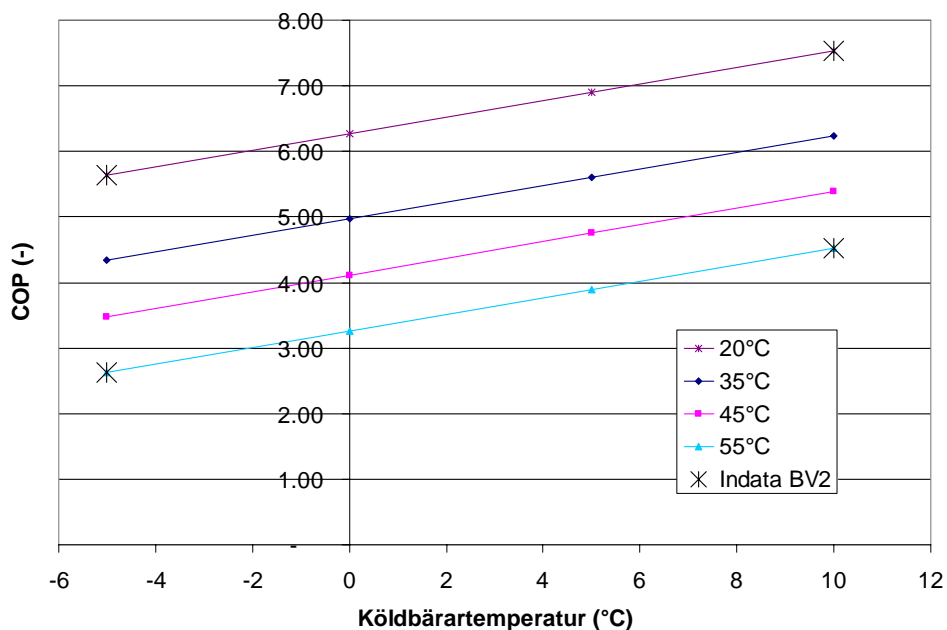


**Figur 7.6.** Köldbärartemperaturen som funktion av utomhustemperaturen i ett normaldimensionerat borrhål.

När det gäller värmepumpens prestanda har den antagits vara 14 % bättre än dagens ungefärligt genomsnittliga vätska/vattenvärmepump, baserat på statistik över SPs testdata. Detta innebär att den har ett COP på 5,0 vid testpunkten 0/35 enligt SS-EN14511 (2007), dvs vid en köldbärartemperatur på 0 °C och en framledningstemperatur på 35 °C. Prestandan för värmepumpen har antagits variera med värmebärar- och köldbärartemperaturen och variationerna har satts på ett sådant sätt att de representerar variationerna för en ”genomsnittlig” värmepump baserat på statistik över SPs testdata. Variationerna för prestandan, COP, hos den antagna värmepumpen redovisas i Figur 7.7 nedan. I temperaturområden utanför testdata, har värden tagits fram via extrapolering.

Det har antagits att prestandan har förbättrats 14 % i hela värmepumpens arbetsområde. Värmepumpen har antagits vara heltäckande och varvtalsstyrd och en del av den antagna prestandaförbättringen härrör från nedreglering av kompressorns varvtal vid dellast. Det är dock troligt att den kommer att dimensioneras på så sätt att kompressorn kommer att

tvingas att arbeta vid ett varvtal över 50 Hz vid det högsta uppvärmningsbehovet, vilket i kombination med att värmeväxlaryrorna vid de driftpunkterna blir något underdimensionerade kommer att leda till en något försämrad prestanda. Det skulle eventuellt vara mer korrekt att åtminstone anta bibehållen prestanda (och inte 14 % förbättrad) vid de kallaste utetemperaturerna. Det är dock få timmar det rör sig om, så skillnaden i SPF (årsvärmefaktor) över hela året borde bli liten.



Figur 7.7. Antagen prestanda för en vätska/vattenvärmepump år 2020.

Beräkningar utfördes dels via att räkna stegvis för olika tidsteg (ett steg för varje 0.5 °C ökning av den fiktiva utomhustemperaturen) och använda framledningstemperatur och prestanda beräknade enligt beskrivningen ovan. Dessutom beräknades den använda elenergin direkt via BV<sup>2</sup> genom att ge data för värmepumpens och distributionssystemets prestanda (Indata BV2) som indata till programmet.

### 7.2.2.2 Vätska/vattenvärmepump med befintligt borrhål, som återladdas mha en solfångare, som värmekälla

Denna systemlösning är identisk med den som beskrivs ovan med det tillägg att borrhålet antas återladdas med hjälp av en solfångare. Detta leder till att köldbärartemperaturen ökar med ungefär 2 °C. Detta, relativt grova, antagande är baserat på beräkningar presenterade av Kjellsson (2004). Dessutom antas att värmepumpsanläggningen är kompletterad med solfångare för att bereda tappvarmvatten. Solfångaren antas ha en area på 5 m<sup>2</sup>. I övrigt antas solfångaren ha samma prestanda som i kapitel 7.2.1.2

### 7.2.2.3 Vätska/vattenvärmepump med befintligt borrhål, som återladdas med värme från ventilationsluften, som värmekälla

Denna systemlösning är också i stort sett likadan som de två som beskrivs ovan. Här antas dock att det förut självdragsventilerade huset nu ventileras via mekanisk från luft med flödet 0.35 l/(s och m<sup>2</sup>). Det antas att borrhålet återladdas med värme från ventilationsluften som överförs till köldbäraren via en extra luft/vätskeväxlare. Detta leder till att köldbärartemperaturen ökar med ca 2 °C jämfört med ursprungsfallet (se Figur 7.6), vilket är baserat på mätningar presenterade av Fahlén (2004). Den mekaniska ventilationen leder till att luftomsättningen i huset ökar, vilket i sin tur medför att husets uppvärmningsbehov ökar.

#### 7.2.2.4 Jämförelse av resultat

Resultaten för de olika systemen presenterade i kapitel 7.2.2.1 - 7.2.2.3 redovisas i tabellen nedan. Som synes leder den systemlösning där en värmepumpsanläggning har kompletterats med solfångare, dels för återladdning av borrhålet och dels för tappvarmvattenvärmning, till att energianvändningen minskar med ca 25 %. Den systemlösning där borrhålet återladdas med hjälp av värme från ventilationsluften leder till en högre energianvändning, eftersom det ökade ventilationsluftflödet leder till ett ökat uppvärmningsbehov. Dessa resultat visar alltså att det inte är möjligt att spara energi genom att frånluftsventilera och återladda borrhålet med denna energi. Å andra sidan, om ett hus byggt på ska 40-talet tilläggsisoleras så mycket som det antagits här, är det kanske nödvändigt att frånluftsventilera för att förhindra fuktproblem och därmed säkerställa en god inomhusmiljö.

Det maximala värmeeffektbehovet före tilläggsisoleringen, antaget att huset då var självdragsventilerat var 11 kW (ingen eventuell ”skorstenseffekt” medräknad den kallaste dagen). Det maximala värmeeffektbehovet för det frånluftsventilerade, tilläggsisolerade huset var ca 7 kW. Därför borde alltså ett befintligt borrhål som dimensionerats att för att värmepumpen ska täcka 70 % värmeeffektbehovet den kallaste dagen vara tillräckligt för ny heltäckande varvtalsstyrd värmepump år 2020.

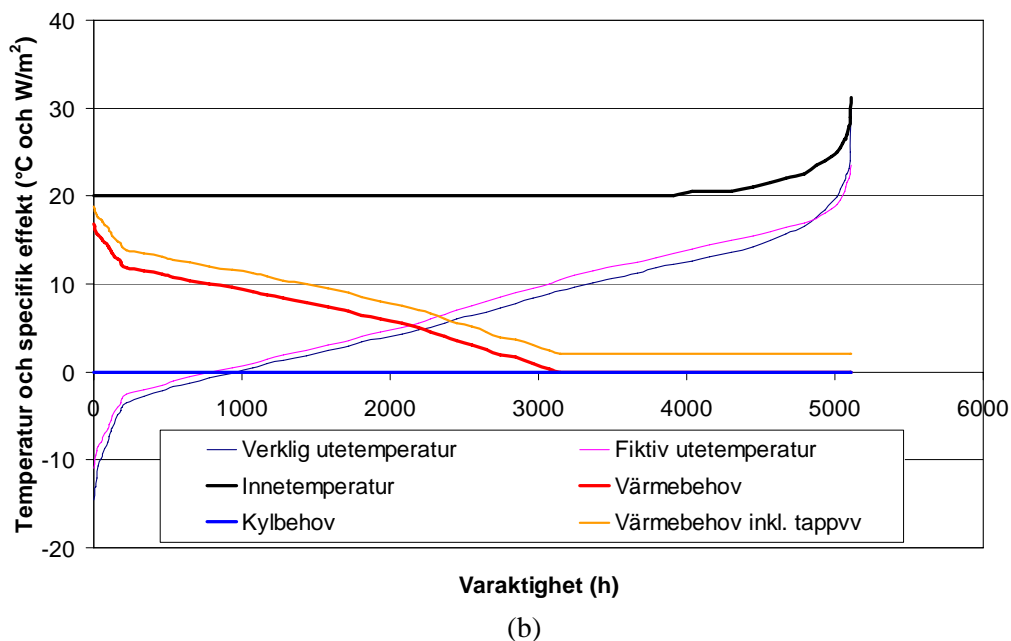
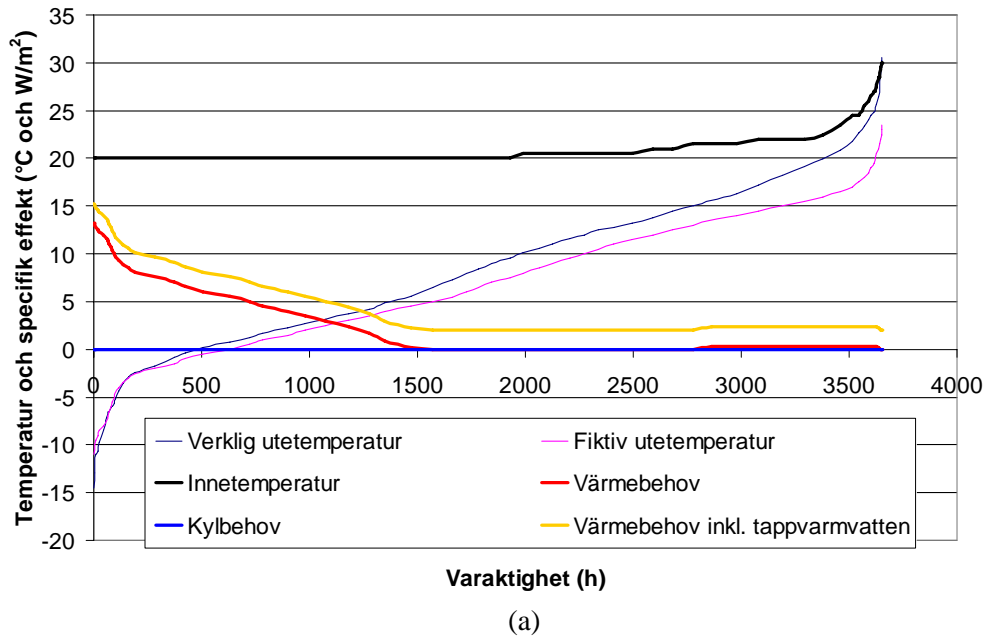
Hur mycket bättre är då de föreslagna systemlösningarna jämfört med dagens vanliga lösningar? Den vanligaste systemlösningen idag är en vätska/vattenvärmepump som dimensionerats med en effekttäckningsgrad på ca 70 % vars effekt inte kan regleras kontinuerligt. I detta fall antas dock borrhålet vara tillräckligt djup för en täckningsgrad på 100 % eftersom huset har tilläggsisolerats etc. Det har antagits att värmepumpens prestanda har förbättrats 14 % i hela värmepumpens arbetsområde och att pumpverkningsgraden är 50 %, medan 15 % är en siffra som mer motsvarar dagens pumpar. Kapacitetsreglering av kompressorn kan leda till en förbättring av SPF-värdet på 3-14 % enligt beräkningar utförda av Karlsson (2007) eftersom värmepumpen då kan producera exakt den värmeeffekt och framledningstemperatur som erfordras hela tiden. Var man hamnar spannet 3-14 % beror på om pumpenergin inkluderas eller ej. Detta innebär att dagens systemlösning skulle få ett SPF-värde som är ca 3 % lägre än det som beskrivs i avsnitt 7.2.2.1 om samma komponenter används. Jämfört med bibehållen prestanda i ”dagens systemlösning” (ingen förbättring) innebär de föreslagna systemlösningarna i avsnitt 7.2.2.1 och 7.2.2.2 SPF-värden som är 23-57 % bättre.

**Tabell 7.4.** Sammanställning av värme-, kyl-, energi- och effektbehov för ett befintligt enfamiljshus (40-talshus) år 2020.

System			VVVP (7.2.2.1)	VVVP+ solfångare (7.2.2.2)	VVVP+ återladd mha vent. Luft (7.2.2.3)
Värmebehov (rum)	kWh		6,470	6,470	13,831
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh		3,412	3,412	3,412
Värmebehov (totalt)	kWh		9,882	9,882	17,243
Elanvändning (värmepump och solfångare)	kWh	Excel BV2	2,318 2,082	1,567	3,630
Elanvändning (pumpar och fläktar)	kWh	Pump Fläkt	57	111	111 123
Elanvändning (totalt uppv.)	kWh	Excel BV2	2,375 2,139	1,678	3,864
Årsvärmefaktor, SPF (värmepump)		Excel BV2	4.3 4.7	6.3	4.8
Årsvärmefaktor, SPF (total)		Excel BV2	4.2 4.6	5.9	4.5
Tillgänglig kyleffekt (pga prod. av tappvv)	W				
Maximalt värmebehöv (rumsvärmning)	W		3,694	3,694	6,481
Maximalt värmebehov (tappvarmvatten enl. BBR2009)	W		500	500	500
Maximal eleffekt (rumsuppvärmning)	W		1,211	1,119	1,964
Maximal eleffekt (tappvarmvatten enl. BBR2009)	W		161	152	152

### 7.2.3 Nybyggda typhus år 2020

Värmebehovet och inomhustemperaturen för det nybyggda typhuset år 2020 är enligt figurerna nedan. Under en viss del av både dag- och nattimmarna är inomhustemperaturen högre än vad som önskas. Det är dock under få timmar som inomhustemperaturen överstiger 25 °C. Dessutom har det antagits att människor i detta framtidsscenario accepterar något högre inomhustemperaturer utan att ställa krav på tillgång till komfortkyla.



**Figur 7.8.** Värmebehov samt inne- och utetemperaturer för ett nybyggt hus (typhus) i framtidsscenario "Miljö/Klimat" (2) för (a) dagtid och (b) nattetid.

Det antagna typhuset har ett så pass lågt uppvärmningsbehov över året att det kan klassas som passivhus (FEBY, 2008). Det kräver dock lite för hög effekt den kallaste dagen för att uppfylla dessa krav. För alla systemlösningar beskrivna nedan har det antagits att huset har ett vattenburet distributionssystem som värmer upp huset via ett vätskebatteri i ventilationsluften, via ett (litet) antal fläktkonvektorer samt ev. via en golvvärmslinga i badrummet. I ett passivhus distribueras normalt värmen enbart via ventilationsluften. I detta fall skulle en sådan lösning leda till att framledningstemperaturen vid dimensionerande utomhustemperatur låg runt 55 °C för att tillräcklig värmeeffekt skulle kunna tillföras huset via ventilationsluften. För att kunna hålla framledningstemperaturen



gynnsamt låg för en värmepump har det i dessa systemlösningar alltså antagits att värme även tillförs huset via fläktkonvektorer och ev. en golvslinga.

Det vattenburna systemet har antagits vara dimensionerat så att det klarar att tillgodose husets uppvärmningsbehov vid en framlednings- respektive returtemperatur på 35 respektive 28 °C vid dimensionerande utomhustemperatur.

### **7.2.3.1 Luft/vattenvärmepump**

I denna systemlösning använder värmepumpen utomhusluften som värmekälla. När det gäller värmepumpens prestanda har den antagits vara 15 % bättre än dagens ungefärligt genomsnittliga luft/vattenvärmepump på samma sätt som för systemlösningen i kapitel 7.2.1.1 för befintliga enbostadshus (se Figur 7.4).

Husets distributionssystem skulle även kunna användas till att kyla inomhusluften när det är som varmast, åtminstone under den tid då värmepumpen producerar varmvatten.

### **7.2.3.2 Vätska/vattenvärmepump med ”topphammarborrat” borrhål**

Denna systemlösning innebär att en vätska/vattenvärmepump använder ett relativt grunt s.k. topphammarborrat, och därmed billigare borrhål som värmekälla. Detta innebär att köldbärartemperaturen blir något lägre jämfört med om borrhålet varit standardmässigt dimensionerat (ca 50 W värme per meter borrhål). Köldbärartemperaturen har antagits vara enligt Figur 7.6, men parallellförflyttad 2 °C nedåt.

När det gäller värmepumpens prestanda har den antagits vara 14 % bättre än dagens ungefärligt genomsnittliga vätska/vattenvärmepump och densamma som för systemlösningen beskriven i kapitel 7.2.2.1 (se Figur 7.7).

Husets distributionssystem skulle även kunna användas till att kyla inomhusluften när det är som varmast. För denna systemlösning skulle borrhålet kunna användas till att kyla bort överskottsvärmen (30 W per meter borrhål har antagits). Denna kyla skulle då kunna erhållas utan att kompressorn behöver vara i drift utan enbart med drift av cirkulationspumparna.

### **7.2.3.3 Vätska/vattenvärmepump med ”topphammarborrat” borrhål som återladdas**

Denna systemlösning är likadan som den som beskrivs ovan bortsett från att borrhålet återladdas, antingen med hjälp av en solfångare med hjälp av återvunnen värme från ventilationsluften, vilket leder till 2°C högre köldbärartemperatur. Samma antaganden görs som för systemlösningarna beskrivna i kapitel 7.2.2.2 och 7.2.2.3.

### **7.2.3.4 Jämförelse av resultat**

Resultaten för de olika systemen presenterade i kapitel 7.2.3.1 - 7.2.3.3 redovisas i tabellen nedan. Beräkningar för de två första systemlösningarna utfördes dels via att räkna stegvis för olika tidsteg (ett steg för varje 0.5 °C ökning av den fiktiva utomhustemperaturen) och använda framledningstemperatur och prestanda beräknade enligt beskrivningen ovan. Dessutom beräknades den använda elenergin direkt via  $BV^2$  genom att ge data för värmepumpens och distributionssystemets prestanda (Indata BV2) som indata till programmet.

Systemlösningarna med vätska/vattenvärmepumpar ger ca 25 % lägre energianvändning jämfört med den med en luft/vattenvärmepump. Dessa system innebär dock en högre investering.

Den tillgängliga kyleffekten från tappvattenproduktion är enbart tillräcklig till att sänka inomhustemperaturen ca 1 °C kontinuerligt under de varmaste dagarna, men en större kyleffekt skulle kunna vara tillgänglig om huvuddelen av hushållets tappvarmvatten bereddes under ett begränsat antal timmar (se kapitel 7.2.1.5). Den tillgängliga kyleffekten från ett borrhål skulle dock räcka till att sänka temperaturen nästan 5 °C. Detta skulle dessutom leda till att borrhålet till viss del återladdades med värme. Den erforderade kyleffekter för att upprätthålla den önskade inomhustemperaturen (26 °C) de varmaste timmarna på året är 2,1 kW kyla.

Effektmässigt leder lösningarna med en vätska/vattenvärmepump till lägre behov jämfört med de med en luft/vattenvärmepump. Dessutom kan man aldrig vara helt säker på att en luft/vattenvärmepump går när det är som kallast. Även om det är verifierat att den fungerar vid den kallaste dimensionerande utomhustemperaturen på en ort, kan det vid enstaka tillfällen faktiskt bli kallare och alla luftvärmepumpar har en lägsta temperatur, vilken den fungerar vid och har ett COP som är över 1. Då är en vätska/vattenvärmepump en säkrare lösning. Dock ligger alla väl under Boverkets nuvarande krav på 4,5 kW. Dessa hus har faktiskt så låga uppvärmningsbehov att det skulle vara möjligt att värma dem enbart med enbart direktel med en effekt under 4,5 kW den kallaste dagen.

Hur mycket bättre är de föreslagna systemlösningarna jämfört med dagens lösningar? Luft/vatten- och vätska/vattenvärmepumpar med så små värmeeffekter som erfordras i det beskriva typhuset finns knappast på den svenska marknaden idag. I s.k. ”passivhus” används normalt direktel för rums- och tappvattenvärmning. Dagens systemlösning i denna typ av hus skulle således vara en luft/luftvärmepump vilken skulle innebära ett SPF-värde på ca 1.4 med icke förbättrad prestanda på värmepumpen och ca 1.5 med förbättrad prestanda på värmepumpen. (Luft/luftvärmepumpar år 2020 har antagits vara 10 % bättre än dagens genomsnittliga luft/luftvärmepump). De föreslagna systemlösningarna nedan ger alltså SPF-värden som är mer än dubbelt så höga än dagens lösningar.

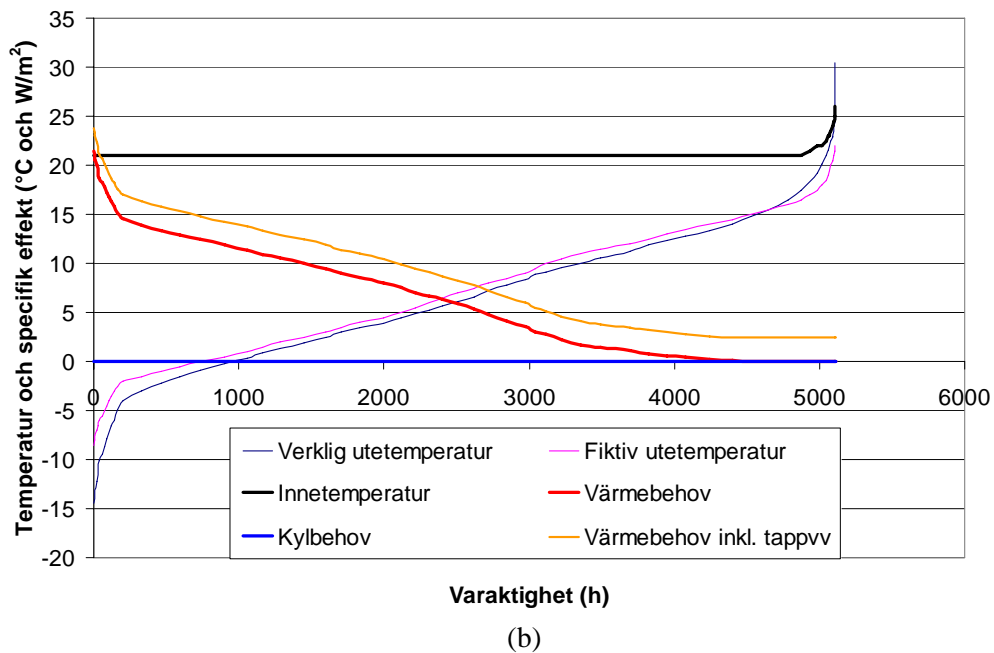
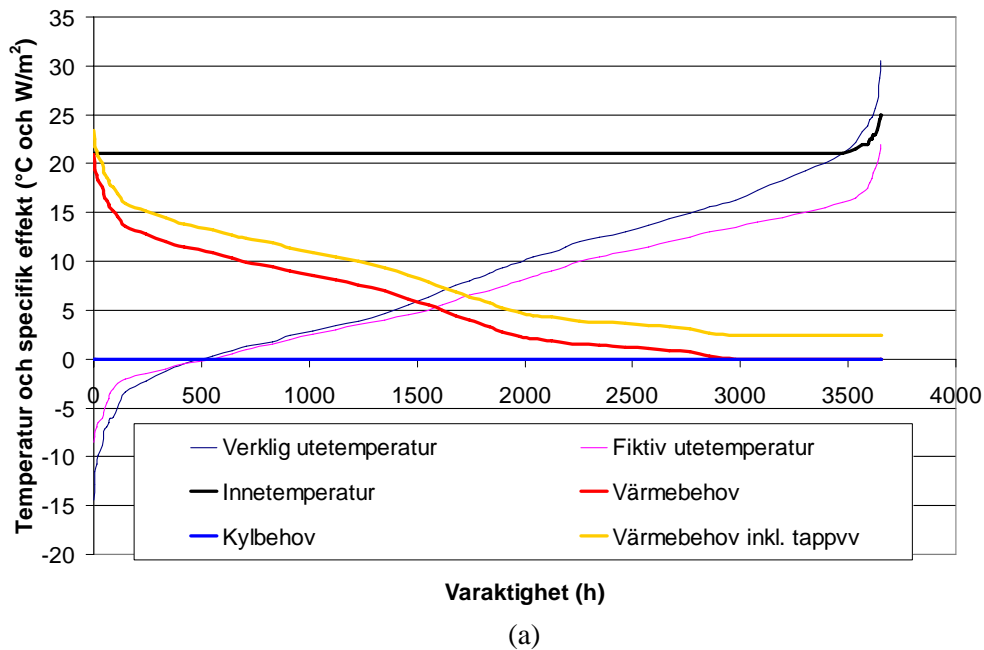
**Tabell 7.5.** Sammanställning av värme-, kyl-, energi- och effektbehov för ett nybyggt enfamiljshus år 2020.

System			LVVP (7.2.3.1)	VVVP (7.2.3.2)	VVVP+ återladdn. (7.2.3.3)
Värmebehov (rum)	kWh		4,054	4,054	4,054
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh		2,514	2,514	2,514
Värmebehov (totalt)	kWh		6,568	6,568	6,568
Elanvändning (värmepump och solfångare)	kWh	Excel	1,918	1,476	1,393
		BV2	1,936	1,377	
Elanvändning (pumpar och fläktar)	kWh	Pump	14	20	26
		Fläkt	195	195	195
Elanvändning (totalt uppv.)	kWh	Excel	2,127	1,691	1,614
		BV2	2,145	1,592	
Årsvärmefaktor, SPF (värmepump)		Excel	3.4	4.4	4.7
		BV2	3.4	4.8	
Årsvärmefaktor, SPF (total)		Excel	3.1	3.9	4.1
		BV2	3.1	4.1	
Tillgänglig kyleffekt (genomsnittlig)	W		220 (pga prod. av tappvv)	1000-1500 (via borrhål)	1000-1500 (via borrhål)
Maximalt värmebehov (rumsvärmning)	W		2,373	2,373	2,373
Maximalt värmebehov (tappvarmvatten enl. BBR2009)	W		500	500	500
Maximal effekt (rumsuppvärmning)	W		854	527	494
Maximal effekt (tappvarmvatten enl. BBR2009)	W		294	179	161

## 7.3 Flerfamiljshus

### 7.3.1 Befintliga typhus ("miljonprogramshus")

Värmebehov samt inne- och utetemperaturer är enligt figurerna nedan. Det syns att det enbart är under ett fåtal av dag- och nattimmarna som är inomhustemperaturen är högre än vad som önskas.



**Figur 7.9.** Värmebehov samt inne- och utetemperaturer för ett befintligt flerfamiljshus (typhus) i framtidsscenario "Miljö/Klimat" (2) för (a) dagtid och (b) nattetid.

Det vattenburna distributionssystemet i detta hus består av radiatorer och antas ursprungligen ha dimensionerats för en framlednings- respektive returtemperatur på 80 respektive 60 °C vid den dimensionerande utomhustemperaturen (DUT). I detta scenario antas att vissa åtgärder har vidtagits för att minska värmebehovet, såsom tilläggsisolering och byte av fönster. Detta leder till att det befintliga distributionssystemet kräver lägre temperaturer, nämligen 62 respektive 49 °C vid DUT.

### 7.3.1.1 Vätska/vattenvärmepump kopplat mot flera borrhål

I denna systemlösning är en vätska/vattenvärmepump kopplad mot flera borrhål (ca 7 st). Eftersom distributionssystemet kräver så pass hög framledningstemperatur antas att exempelvis R134a används som köldmedium. I småhusapplikationer är annars R407C det köldmedium som är vanligast i vätska/vattenvärmepumpar. Om en värmepump med samma kompressor fylls med R134a istället för R407C får den betydligt lägre effekt (ca 40 % lägre). Om samma värmeväxlare används leder det till att dessa därmed blir något överdimensionerade, vilket kan leda till förbättrad COP. Skillnaderna är dock inte så stora och beror som sagt på dimensioneringen av värmeväxlare. Generellt gäller att en större värmepump har bättre förutsättningar att ha bättre prestanda jämfört med en mindre, men i denna storleksordning är skillnaderna troligtvis marginella. Därför har samma prestanda antagits som för värmepumpen i ett befintligt 40-talshus (enfamiljshus) beskriven i kapitel 7.2.2.1 (se Figur 7.7). Köldbärartemperaturen har antagits variera med utomhustemperaturen enligt Figur 7.6 i samma kapitel.

### **7.3.1.2 Vätska/vattenvärmepump kopplat mot flera borrhål samt solfångare för återladdning samt tappvarmvattenvärmning**

Denna systemlösning är identisk med den som beskrivs ovan med det tillägget att tappvarmvattnet värms upp med hjälp av solfångare under den varmare delen av året. Solfångare används även till att återladda borrhålen vilket leder till en höjning av köldbärartemperaturen med ca 2°C (se kapitel 7.2.2.2). Samma höjning av borrhålets temperatur skulle även kunna fås med återladdning med värme från ventilationsluften (se nedan). Solfångaren area antas vara 35 m<sup>2</sup>. I övrigt gäller samma prestanda som specificeras i kapitel 7.2.1.2.

### **7.3.1.3 Vätska/vattenvärmepump kopplat mot flera borrhål som återladdas med värme från ventilationsluften**

Denna systemlösning är identisk med den som beskrivs ovan i kapitel 7.3.1.1 med det tillägget att borrhålet återladdas med värme från ventilationsluften vilket leder till en höjning av köldbärartemperaturen med ca 2°C (se kapitel 7.2.2.3).

### **7.3.1.4 Jämförelse av resultat**

Resultaten för de olika systemen presenterade i kapitel 7.3.1.1- 7.3.1.3 redovisas i tabellen nedan. Som synes leder den systemlösning där en värmepumpsanläggning har kompletterats med solfångare för tappvarmvattenvärmning och återladdning, till att energianvändningen minskar med ca 22 %. Den systemlösning där borrhålet återladdas med hjälp av värme från ventilationsluften leder till en 6 % lägre energianvändning. Eftersom detta hus redan var frånluftsventilerat ledde denna lösning inte till något ökat värmebehov, vilket var fallet med det befintliga 40-talshuset (se kapitel 7.2.2.3). Eleffektmissigt är de olika alternativen i stort sett likvärdiga.

Hur mycket bättre är då de föreslagna systemlösningarna jämfört med dagens vanliga lösningar? Den vanligaste systemlösningen idag för en värmepump är en vätska/vattenvärmepump som dimensionerats med en effekttäkningsgrad på ca 70 % eller något lägre vars effekt inte kan regleras kontinuerligt. Större värmepumpar kan dock ibland regleras i ett visst antal steg. Det har antagits att värmepumpens prestanda har förbättrats 14 % i hela värmepumpens arbetsområde och att pumpverkningsgraden är 50 %, medan 15 % är en siffra som mer motsvarar dagens pumpar. Kapacitetsreglering av kompressorn kan leda till en förbättring av SPF-värdet på 3-14 % enligt beräkningar utförda av Karlsson (2007) eftersom värmepumpen då kan producera exakt den värmeeffekt och framledningstemperatur som erfordras hela tiden. Var man hamnar spannet 3-14 % beror på om pumpenergin inkluderas eller ej. Detta innebär att dagens systemlösning skulle få ett SPF-värde som är ca 3 % lägre än det som beskrivs i avsnitt 7.3.1.1 om samma komponenter används och en energitäkningsgrad på 100 % antas. Med bibehållen prestanda för värmepump och pumpar i "dagens systemlösning" (ingen

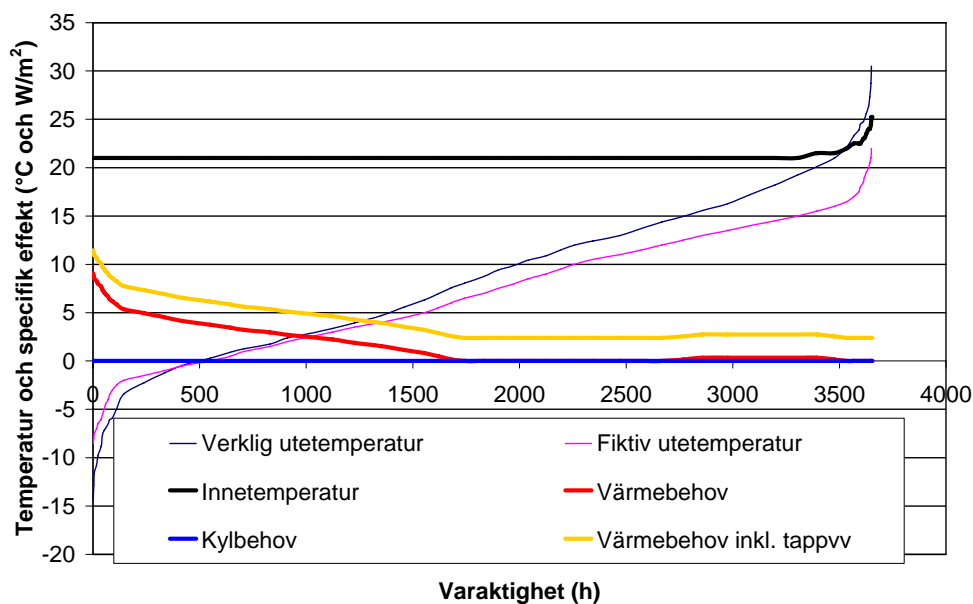
förbättring) innebär de förslagna systemlösningarna i avsnitt 7.3.1.1 och 7.3.1.3 SPF-värden som är 18-52 % bättre.

**Tabell 7.6.** Sammanställning av värme-, kyl-, energi- och effektbehov för ett befintligt flerfamiljshus år 2020.

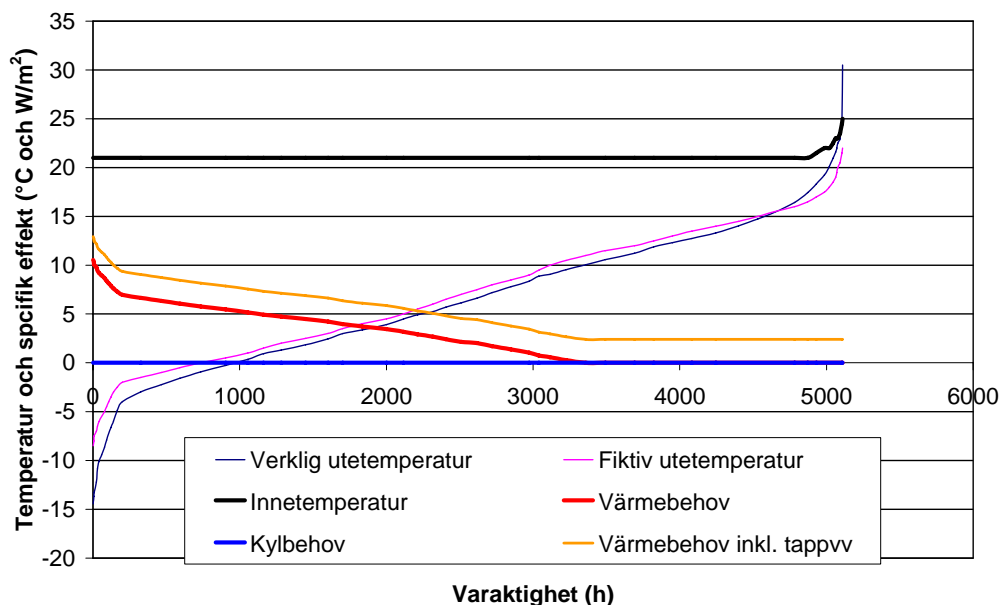
System			Vvvp (7.3.1.1)	Vvvp+ återladdn. mha solfångare (7.3.1.2)	Vvvp+återladdn. mha vent.luft (7.3.1.3)
Värmebehov (rum)	kWh		109,921	109,921	109,921
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh		48,300	48,300	48,300
Värmebehov (totalt)	kWh		158,221	158,221	158,221
Elanvändning (värmepump och solfångare)	kWh	Excel BV2	40,276 35,430	27,517	37,774
Elanvändning (pumpar och fläktar)	kWh	Pump Fläkt	443	534	534
Elanvändning (totalt uppv.)	kWh	Excel BV2	40,719 35,873	28,051	38,308
Årsvärmefaktor, SPF (värmepump)		Excel BV2	3.9 4.5	5.7	4.2
Årsvärmefaktor, SPF (total)		Excel BV2	3.9 4.4	5.6	4.1
Tillgänglig kyleffekt (genomsnittlig)	W		30 - 40,000	30 - 40,000	30 - 40,000
Maximalt värmebehov (rumsvärmning)	W		49,226	49,226	49,226
Maximalt värmebehov (tappvarmvatten enl. BBR2009)	W		15,000	15,000	15,000
Maximal eleffekt (rumsvärmning)	W		19,690	18,232	18,232
Maximal eleffekt (tappvarmvatten enl. BBR2008)	W		4,839	4,545	4,545

### 7.3.2 Nybyggda typhus

Värmebehov samt inne- och utetemperaturer är enligt figurerna nedan. Det syns att det enbart är under ett fåtal av dag- och nattimmarna som är inomhustemperaturen är högre än vad som önskas.



(a)



(b)

**Figur 7.10.** Värmebehov samt inne- och utetemperaturer för ett nybyggt flerfamiljshus (typhus) i framtidsscenario "Miljö/Klimat" (2) för (a) dagtid och (b) nattetid.

Det antagna typhuset har ett så pass lågt värmebehov över året att det kan klassas som passivhus (FEBY, 2008). Det kräver dock något för hög effekt den kallaste dagen för att uppfylla dessa krav. För alla systemlösningar beskrivna nedan har det antagits att huset har ett vattenburet distributionssystem som värmer upp huset via ett vätskebatteri i ventilationsluften, via ett (litet) antal fläktkonvektorer samt ev. via golvvärmslingor i badrummen. I ett passivhus distribueras normalt värmen enbart via ventilationsluften. I detta fall skulle en sådan lösning leda till att framledningstemperaturen vid dimensionerande utomhustemperatur låg runt 45 °C för att tillräcklig värmeeffekt skulle kunna tillföras huset via ventilationsluften. För att kunna hålla framledningstemperaturen gynnsamt låg för en värmepump har det i dessa systemlösningar alltså antagits att värme även tillförs huset via fläktkonvektorer och ev. golvslingor.

Det vattenburna systemet har antagits vara dimensionerat så att det klarar att tillgodose husets uppvärmningsbehov vid en framlednings- respektive returtemperatur på 35 respektive 28 °C vid dimensionerande utomhustemperatur (DUT).

### **7.3.2.1 Vätska/vattenvärmepump kopplad mot flera borrhål**

I denna systemlösning är en vätska/vattenvärmepump kopplad mot flera borrhål (ca 4 st). Denna värmepump arbetar mot ett distributionssystem med relativt låga temperaturer och R407C kan därför användas som köldmedium. Samma prestanda har antagits som för värmepumpen i ett befintligt 40-talshus beskriven i kapitel 7.2.2.1 (se Figur 7.7). Köldbärartemperaturen har antagits variera med utomhustemperaturen enligt Figur 7.6 i samma kapitel. Även för ett nybyggt hus kan borrhålet återladdas med hjälp av solfångare eller värme från ventilationsluften. Dessutom kan varmvatten värmas med hjälp av solfångare. Skillnaderna antas dock bli i samma storleksordning som för det befintliga flerfamiljshuset (se kapitel 7.3.1.4).

### **7.3.2.2 Resultat**

Resultaten för systemlösningen blir enligt tabellen nedan. Observera att värmebehovet för tappvarmvatten och rumsvärmning är i samma storleksordning. Om man antar att distributionssystemet istället dimensioneras för en framledningstemperatur på 45 °C vid den dimensionerande utomhustemperaturen blir elanvändningen enbart ca 3 % högre. Anledningen till den relativt lilla skillnaden är dels att värmebehovet för rumsvärmning är relativt litet och dels att det är under få timmar som distributionssystemet behöver arbeta vid den högre temperaturen. Den erforderade eleffekten för rumsuppvärmning ökar dock med 18 %, medan den totalt erforderade eleffekten för både rumsuppvärmning och tappvarmvattenvärmning enbart ökar med ca 9 %. Därmed ökar även borrhålens totala längd (djup) med ca 9 %.

Hur mycket bättre är då de föreslagna systemlösningarna jämfört med dagens vanliga lösningar? Den vanligaste värmepumpssystemlösningen idag är en vätska/vattenvärmepump vars effekt inte kan regleras kontinuerligt, men eventuellt i ett visst antal steg. Det har antagits att värmepumpens prestanda har förbättrats 14 % jämfört med dagens genomsnittliga värmepump och att pumpverkningsgraden är 50 %, medan 15 % är en siffra som mer motsvarar dagens pumpar. Kapacitetsreglering av kompressorn kan leda till en förbättring av SPF-värdet på 3-14 % enligt beräkningar utförda av Karlsson (2007) eftersom värmepumpen då kan producera exakt den värmeeffekt och framledningstemperatur som erfordras hela tiden. (Var man hamnar spannet 3-14 % beror på om pumpenergin inkluderas eller ej.) Detta innebär att dagens systemlösning skulle få ett SPF-värde som är ca 3 % lägre än det som beskrivs i avsnitten ovan om samma komponenter används och en energitäckningsgrad på 100 % antas. Jämfört med bibehållen prestanda för värmepump och pumpar i "dagens systemlösning" (ingen förbättring) innebär de föreslagna systemlösningarna i avsnitten ovan SPF-värden som är ungefär 24 % bättre.



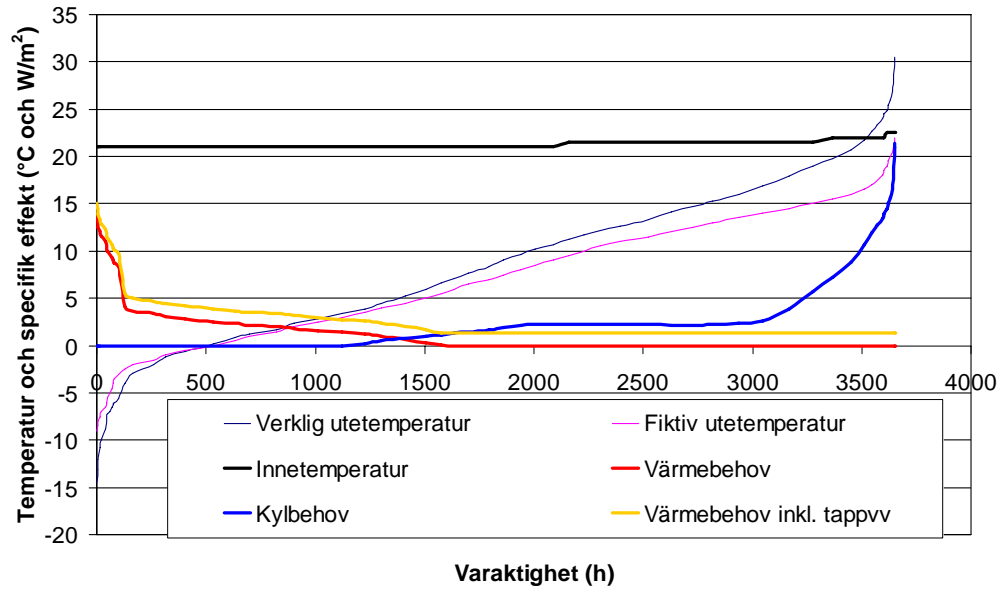
**Tabell 7.7.** Sammanställning av värme-, kyl-, energi- och effektbehov för ett nybyggt flerfamiljshus år 2020.

System			VVVP (35°C vid DUT)	VVVP (45°C vid DUT)
Värmebehov (rum)	kWh		41,416	41,416
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh		48,300	48,300
Värmebehov (totalt)	kWh		89,716	89,716
Elanvändning (värmepump)	kWh	Excel BV2	20,349 19,608	20,950
Elanvändning (pumpar och fläktar)	kWh	Pump Fläkt	626 164	626 95
Elanvändning (totalt uppv.)	kWh	Excel BV2	21,139 20,398	21,671
Årsvärmefaktor, SPF (värmepump)		Excel BV2	4.4 4.6	4.3
Årsvärmefaktor, SPF (total)		Excel BV2	4.2 4.4	4.1
Tillgänglig kyleffekt (genomsnittlig)	W		ca 12 - 16,000	ca 12 - 16,000
Maximalt värmebehov (rumsvärmning)	W		20,861	20,861
Maximalt värmebehov (tappvarmvatten enl. BBR2008)	W		15,000	15,000
Maximal eleffekt (rumsuppvärmning)	W		4,373	5,335
Maximal eleffekt (tappvarmvatten enl. BBR2008)	W		4,918	4,918

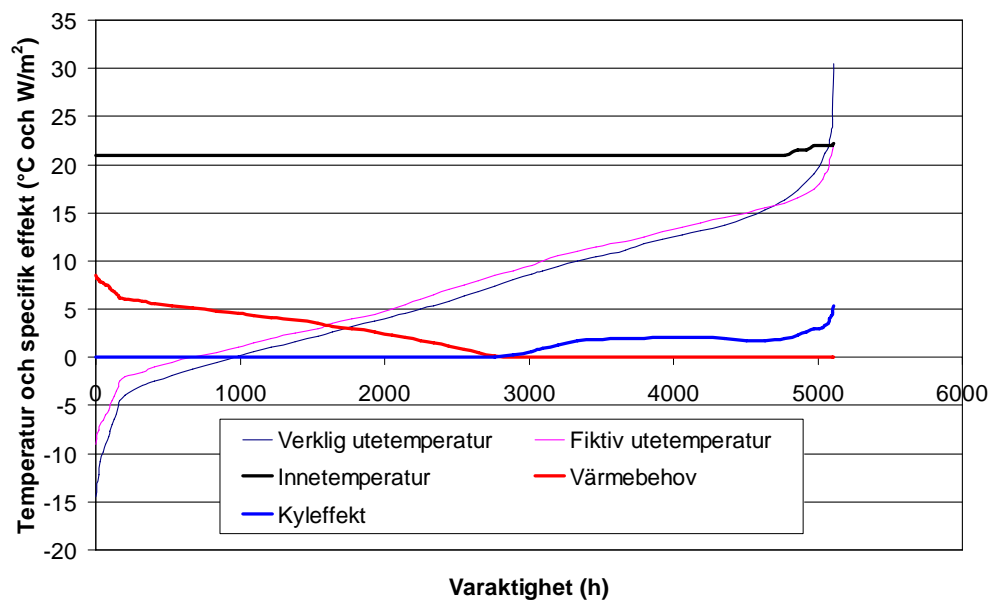
## 7.4 Kontor

### 7.4.1 Befintliga kontor

Värme- och kylbehov samt inne- och utetemperaturer är enligt figurerna nedan.



(a)



(b)

**Figur 7.11.** Värme- och kylbehov samt inne- och utetemperaturer för ett befintligt kontor (typhus) i framtidsscenario "Miljö/Klimat" (2) för (a) dagtid och (b) natttid.

Följande antaganden har gjorts angående distributionssystemen:

- Distributionssystemet för värme antas ursprungligen vara dimensionerat efter en framlednings- respektive returtemperatur på 60 respektive 40 °C vid den dimensionerande utomhustemperaturen. Vissa åtgärder har dock vidtagits för att minska uppvärmningsbehovet. Detta har lett till att byggnadens värmebehov kan tillgodoses vid en framlednings- respektive returtemperatur på 47 respektive 35 °C
- Kylsystemet har antagits arbeta mellan 14 och 17°C.

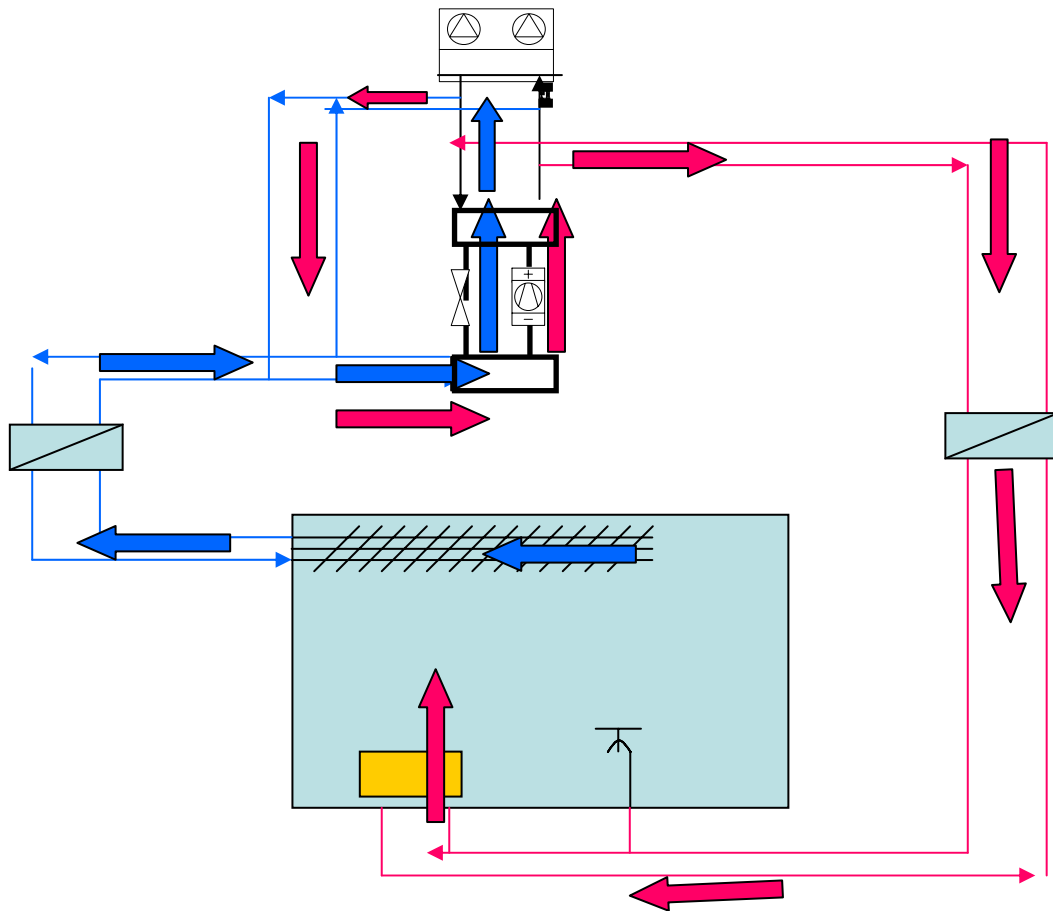
#### **7.4.1.1 Luft/vattenvärmepump kopplad mot ett vattenburet värme- och kylsystem**

I denna systemlösning antas att en luft/vattenvärmepump är kopplat mot ett vattenburet uppvärmningssystem och ett vattenburet kylsystem. I första hand hämtas värme från kylsystemet och avges till värmesystemet (främst till tappvarmvattnet). När det är underskott av värme hämtas denna från utomhusluften via ett kylbatteri. Vid överskott av värme avges denna till utomhusluften och kylbatterierna fungerar då som kylmedelskylare. I båda fallen är kompressordrift nödvändig för att lyfta / sänka temperaturen till en användbar nivå (bortsett från en kort period då frikyla är möjlig, nämligen vid kylbehov vid en utomhustemperatur lägre än 9 °C). Prestanda enligt Figur 7.4 har använts som indata (samma som för ett enfamiljshus). Vid kyl drift har värmepumpen helt enkelt antagits jobba reversibelt med det vätskeburna kylsystemet som värmekälla och utomhusluften som värmesänka istället för tvärtom. En större värmepump/kylmaskin har bättre förutsättningar att få bättre prestanda jämfört med en mindre, men i detta storleksområde har skillnaderna antagits vara försumbara.

Följande antaganden har gjorts angående de utomhusplacerade värmeväxlarna:

- En minsta temperaturdifferens mellan vätska och luft i de utomhusplacerade kylbatterierna / kylmedelskylarna har antagits vara 5 °C.
- Vid underskott av värme antas flödet och fläktar styras så att temperaturhöjningen på vätskan blir 3 °C i de utomhusplacerade kylbatterierna.
- Vid överskott av värme (och kompressordrift) antas flöde och fläktar styras så att temperatursänkningen blir 6 °C i kylmedelskylarna.

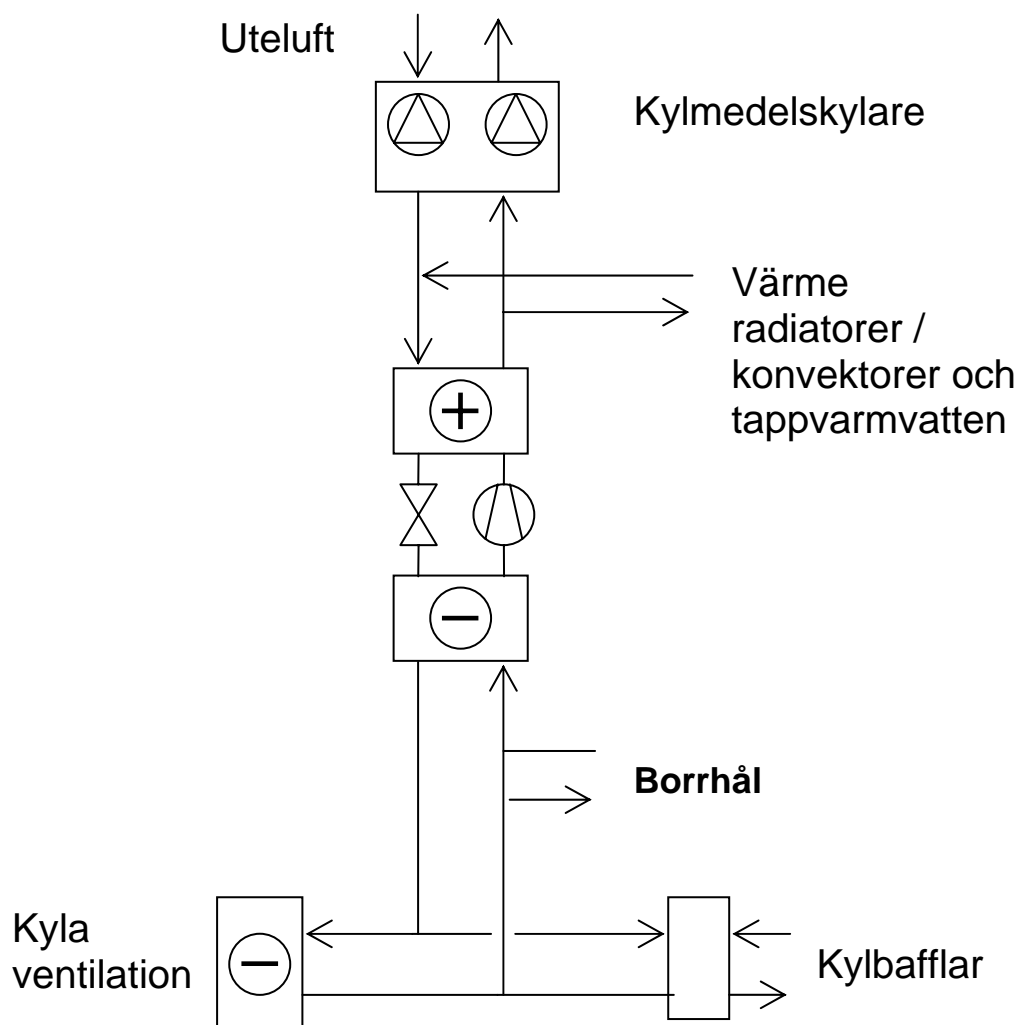
I Figur 7.12 visas en schematisk skiss över denna systemlösning.



**Figur 7.12.** Schematisk skiss över luft/vattenvärmepump kopplad mot ett vattenburet värme- och kylsystem.

#### 7.4.1.2 Vätska/vattenvärmepump kopplad mot ett vattenburet värme- och kylsystem och flera borrhål

I denna systemlösning antas en vätska/vattenvärmepump vara kopplad mot ett vattenburet uppvärmnings- och kylsystem, se Figur 7.13. Vid uppvärmningsbehov hämtas värme från borrhålen och temperaturen lyfts till en användbar nivå via kompressordrift. Vid överskott av värme avges denna i första hand till borrhålen. Eftersom marken är kallare än kylsystemets temperatur kan detta göras enbart genom drift av köldbärarpumpen och utan kompressordrift. Borrhålen har antagits vara dimensionerade efter uppvärmningsbehovet och borrhålen har antagits kunna kyla bort lika mycket effekt per meter borrhål som hämtas under värmesäsongen. När den tillgängliga kyleffekten från borrhålen inte räcker till för att kyla bort all värme, kyls denna istället bort via kylmedelskylare. Kompressordrift är då nödvändig för att sänka kylsystemets temperatur till erforderad nivå. Kompressorn anses dessutom vara i drift under kortare perioder sommartid för att värme tappvarmvatten. Den hämtar då i första hand värme från byggnadens kylsystem.



**Figur 7.13.** Systemlösning med en vätska/vattenvärmepump kopplad mot ett vattenburet uppvärmnings- och kylsystem samt ett borrhål.

Prestanda enligt Figur 7.7 har använts som indata (samma som för ett enfamiljshus). En större värmepump/kylmaskin har bättre förutsättningar att få bättre prestanda jämfört med en mindre, men i detta storleksområde har skillnaderna antagits vara försumbara.

Det har antagits att den maximalt tillgängliga kyleffekten från borrhålet är lika stor som den maximalt hämtade värmeeffekten under värmesäsongen. Detta innebär att borrhålet är dimensionerat efter 50 W värme (från värmepumpen) per meter borrhål, och COP då antogs vara 4 är en maximalt tillgängliga kyleffekten 38 W/m borrhål.

Baserat på beräkningsresultat presenterade av Naumov (2005) har följande antaganden gjorts när det gäller köldbärarens temperatur när den kommer från borrhålet:

- Under värmesäsongen värms köldbäraren från ca 5 till ca 8 °C.
- Under kyla-säsongen kyla köldbäraren från ca 13,5 till ca 10,5 °C.

Dessa är givetvis relativt grova antaganden och i verkligheten kommer köldbärarens temperatur vara högre då uppvärmningssäsongen börjar och lägre i dess slut. På samma sätt kommer köldbärarens temperatur vara lägre under kyla-säsongens början och högre i slutet av den. Eftersom beräkningarna i denna studie är baserade på varaktighet kan ingen hänsyn tas till detta och ovanstående antaganden antas ge representativa resultat.

När kylbehoven är så stora sommartid så att kompressorn behöver vara i drift, görs samma antaganden avseende temperaturdifferenser etc som i kapitel 7.4.1.1 ovan.

### 7.4.1.3 Jämförelse av resultat

Resultaten för de olika systemlösningarna presenterade i kapitel 7.4.1.1 - 7.4.1.2 presenteras i tabellen nedan. Siffrorna i tabellen visar att den systemlösning där värme hämtas och avges till ett antal borrhål är den mest energieffektiva, men detta är också den lösning som innebär störst investering. Dessutom krävs det att det finns tillgång till mark för att kunna borra och det gör det vid långt ifrån alla kontorsbyggnader. Trots att en mycket stor del av kylbehovet sett under hela året kan kylas bort med hjälp av borrhålen krävs ändå att en kylmedelskylare finns tillgänglig för att kyla bort en kyleffekt på ca 25 kW, även om den inte används under så många timmar under året. Den systemlösning som har en luftvärmepump leder dessutom till betydligt högre erfordrade eleffekter jämfört den som har en vätska/vattenvärmepump.

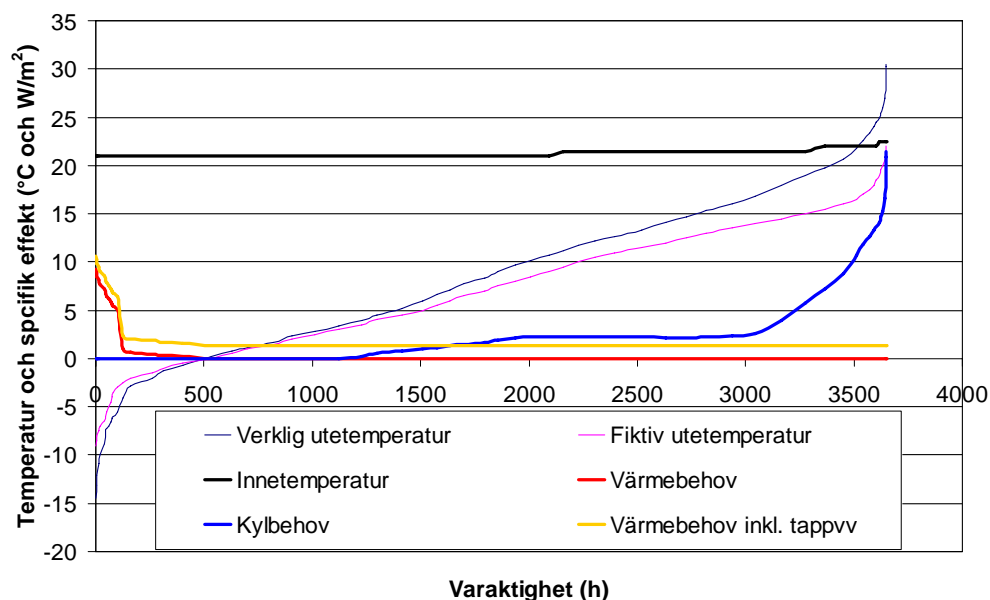
Hur mycket bättre är då de föreslagna systemlösningarna jämfört med dagens vanliga lösningar? Den värmepumpslösning där ett borrhål används som värmekälla vintertid och värmesänka sommartid finns i stort sett redan idag, även om den än så länge är relativt ovanlig. Om jämförelse görs med ett system som använder en luft/vattenvärmepump för att värma vintertid och en luftkyld kylmaskin sommartid och att dessa system inte är sammankopplade fås ett SPF-värde på ungefär 3.4 med den förbättrade prestandan hos värmepumpen och 3.0 med bibehållen (dagens) prestanda. De föreslagna systemlösningarna ger alltså ett SPF-värde som är åtminstone 7 till 130 % bättre.

**Tabell 7.8.** Sammanställning av värme-, kyl-, energi- och effektbehov för ett befintligt kontor år 2020.

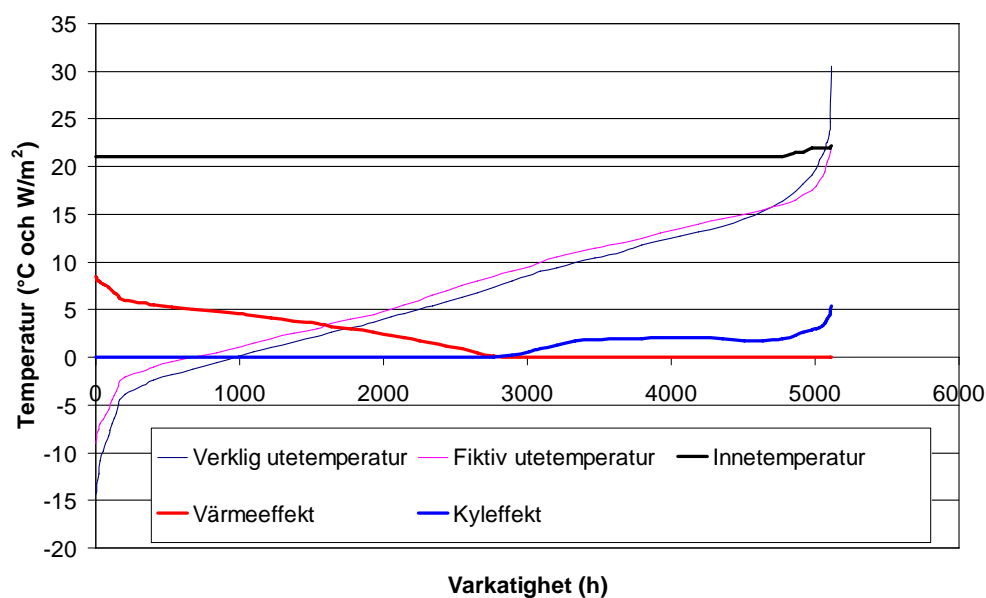
System			LVVP (7.4.1.1)	VVVP (7.4.1.2)
Värmebehov (rum)	kWh		33,811	33,811
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh		12,500	12,500
Värmebehov (totalt)	kWh		46,311	46,311
Elanvändning (värme, exkl. kb-pump)	kWh	Excel BV2	14,190 14,474	8,612
Kylbehov	kWh		32,030	32,030
Möjlig frikyla	kWh		24	7,120
Elanvändning (kyla), extra	kWh		7,120	70
Elanvändning (kb-pumpar)	kWh	Pump Fläkt		1,341
Elanvändning (totalt)	kWh	Excel	21,310	10,023
Årsvärmefaktor, SPF (total, värme+kyla)		Excel	3.7	7.8
Maximalt uppv.behov	W		37,550	37,550
Maximal eleffekt (uppvärmning)	W		18,182	7,736
Maximalt kyl.behov	W		53,500	53,500
Maximal eleffekt (kyla)	W		16,687	4,061

## 7.4.2 Nybyggda kontor

Värmeings- och kylbehov samt inne- och utetemperaturer är enligt figurerna nedan.



(a)



(b)

**Figur 7.14.** Värme- och kylbehov samt inne- och utetemperaturer för ett nybyggt kontor (typhus) i framtidsscenario "Miljö/Klimat" (2) för (a) dagtid och (b) nattetid.

Följande antaganden har gjorts angående distributionssystemen i det nybyggda kontoret:

- Distributionssystemet för värme antas vara dimensionerat för en framlednings- respektive returtemperatur på 42 respektive 35 °C vid den dimensionerande utomhustemperaturen.

- Kylsystemet har antagits vara dimensionerat med så pass stora ytor så att det kan arbeta med en framledningstemperatur på 19 °C. På så sätt blir det mer eller mindre självreglerande. När kylbehovet avtar, minskar temperaturdifferensen mellan kylbafflarna och luften och därmed även potentialen för luften att avge värme. Genom att ha ett kylsystem som kan arbeta med höga framledningstemperaturer kan frikyla med hjälp av utomhusluften användas i större utsträckning.

#### **7.4.2.1 Luft/vattenvärmepump kopplad mot ett vattenburet värme- och kylsystem**

Samma antaganden har gjorts som för det befintliga kontoret i kapitel 7.4.1.1 ovan.

#### **7.4.2.2 Vätska/vattenvärmepump kopplad mot ett vattenburet värme- och kylsystem och flera borrhål**

Samma antaganden har gjorts som för det befintliga kontoret i kapitel 7.4.1.2 ovan.

#### **7.4.2.3 Jämförelse av resultat**

Resultaten för de olika systemlösningarna presenterade i kapitel 7.4.2.1 - 7.4.2.2 presenteras i tabellen nedan. Siffrorna i tabellen visar att även för ett nybyggt kontor är den systemlösning där värme hämtas och avges till ett antal borrhål är den mest energieffektiva, men detta är också den lösning som innebär störst investering och kräver dessutom tillgång till mark. Trots att en mycket stor del av kylbehovet sett under hela året kan kylas bort med hjälp av borrhålen krävs ändå att en kylmedelskylare finns tillgänglig för att kyla bort en kyleffekt på ca 30 kW, även om den inte används under så många timmar under året. Eftersom det förutsätts att borrhålen dimensioneras efter värmebehovet, och detta är mindre för det nybyggda kontoret jämfört med det befintliga, krävs det kylmedelskylare med större effekt i det nybyggda kontoret jämfört med det befintliga.

Hur mycket bättre är då de föreslagna systemlösningarna jämfört med dagens vanliga lösningar? Den värmepumpslösning där ett borrhål används som värmekälla vintertid och värmesänka sommartid finns i stort sett redan idag, även om den än så länge är relativt ovanlig. Om jämförelse görs med ett system som använder en luft/vattenvärmepump för att värma vintertid och en luftkyld kylmaskin sommartid och att dessa system inte är sammankopplade fås ett SPF-värde på ungefär 3.6 med den förbättrade prestandan hos värmepumpen och 3.2 med bibehållen (dagens) prestanda. De föreslagna systemlösningarna ger alltså ett SPF-värde som är åtminstone 10 till 140 % bättre.



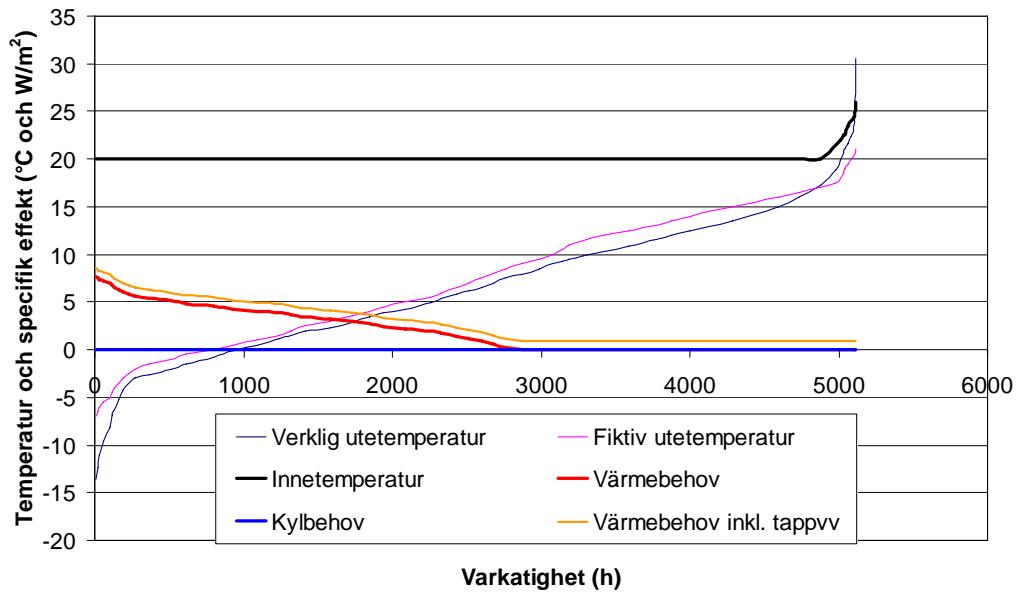
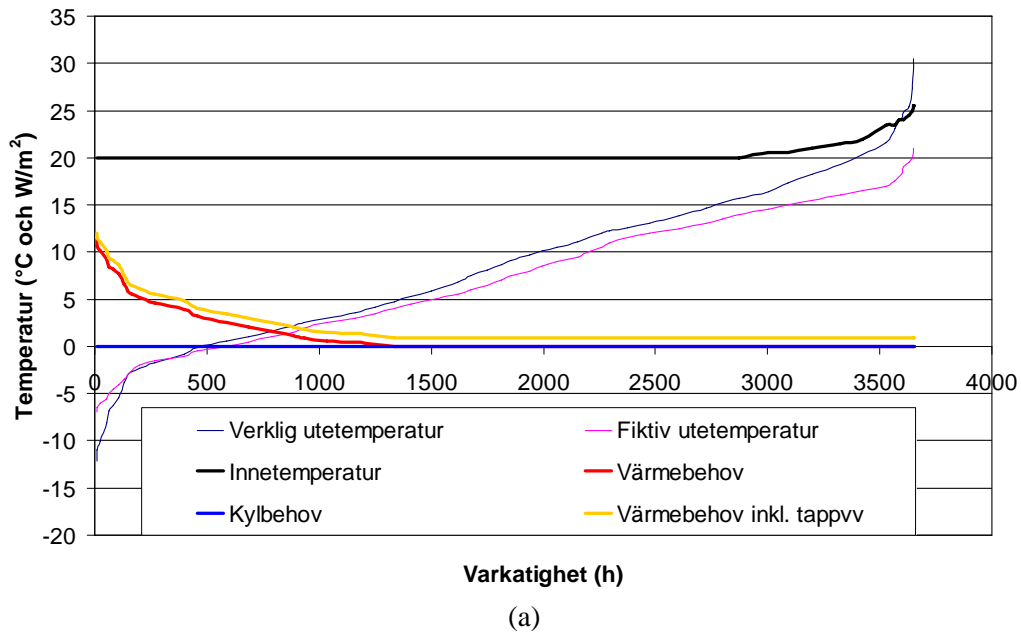
**Tabell 7.9.** Sammanställning av värme-, kyl-, energi- och effektbehov för ett nybyggt kontor år 2020.

System			LVVP (7.4.2.1)	VVVP (7.4.2.2)
Värmebehov (rum)	kWh		26,455	26,455
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh		12,500	12,500
Värmebehov (totalt)	kWh		38,955	38,955
Elanvändning (värme, exkl kb- pump)	kWh	Excel	11,687	7,187
Kylbehov	kWh		32,053	32,053
Möjlig frikyla	kWh		9,137	30,511
Elanvändning (kyla), extra	kWh		6,148	219
Elanvändning (kb-pumpar)	kWh	Pump Fläkt		815
Elanvändning (totalt)	kWh	Excel	17,835	8,221
Årsvärmefaktor, SPF (total, värme+kyla)		Excel	4.0	8.6
Maximalt uppv.behov	W		26,600	26,600
Maximal eleffekt (uppvärmning)	W		10,804	5,105
Maximalt kyl.behov	W		53,500	53,500
Maximal eleffekt (kyla)	W		15,345	4,894

## 7.5 Skolor

### 7.5.1 Befintlig skola

Värme- och kylbehov samt inne- och utetemperaturer är enligt figurerna nedan. I denna byggnad finns ingen tillgång till klimatkyla. Som graferna nedan visar är det enbart under ett fåtal timmar inomhustemperaturen går upp mot 25°C, och under en stor del av de timmarna kanske skolan ändå är stängd pga sommarlov. Skulle det dock inte vara möjligt att installera solavskärmning, skulle troligtvis temperaturkurvan se annorlunda ut.



**Figur 7.15.** Värme- och kylbehov samt inne- och utetemperaturer för en befintlig skola (typhus) i framtidsscenario "Miljö/Klimat" (2) för (a) dagtid och (b) nattetid.

### 7.5.1.1 Luft/vattenvärmepump kopplad mot ett vattenburet värmesystem

Samma antaganden har gjort här som för det nybyggda enfamiljshuset (se 7.2.3.1), bortsett från att värmningen i skolan antas ske via ett vattenburet radiatorssystem dimensionerat för 55/45 °C vid DUT.

### 7.5.1.2 Vätiska/vattenvärmepump kopplad mot ett vattenburet värmesystem och flera borrhål

Samma antaganden har gjort här som för det befintliga flerfamiljshuset (se 7.3.1.1), bortsett från att värmningen av skolan antas ske via ett vattenburet radiatorssystem dimensionerat efter 55/45 °C vid DUT.

### 7.5.1.3 Jämförelse av resultat

I tabellen nedan jämförs de två systemlösningarna. Den som innebär att värme hämtas från ett antal borrhål leder till ca 25 % lägre energianvändning jämfört med en där värme hämtas från utomhusluften. Den leder dessutom till 40 % lägre erforderad eleffekt den kallaste dagen. Dessutom är den mer driftsäker när det är kallt ute. Eventuellt skulle den kunna få ytterligare bättre prestanda om borrhålet återladdades med hjälp av ventilationsluften. Pumpeffekten skulle då öka med i storleksordningen 500 W och det är inte självklart att kompressorns driveffekt kan minskas lika mycket.

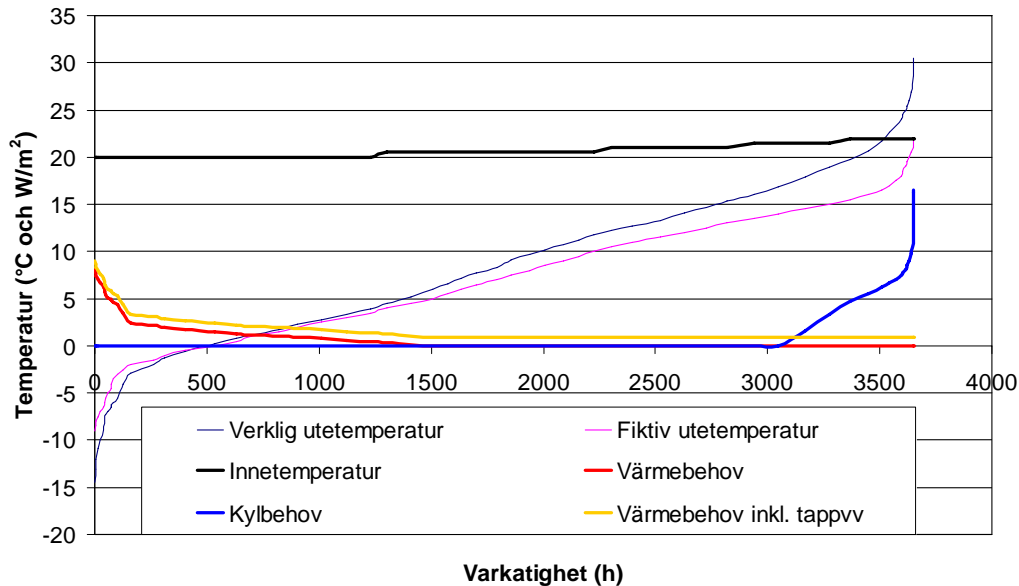
Hur mycket bättre är då de föreslagna systemlösningarna jämfört med dagens vanliga lösningar? De värmepumpslösningar som beskrivs nedan finns i stort sett redan idag, även om de än så länge är relativt ovanligt med värmepumpar i skolor. Detta eftersom de ofta ligger inom områden där fjärrvärmenät finns. Kapaciteten hos de befintliga värmepumparna regleras snarare stegvis än kontinuerligt. Med samma antagna prestanda på värmepump och pumpar skulle därför i stort sett samma SPF kunna erhållas i ”dagens systemlösningar” om de dimensioneras så att de får en energitäkningsgrad på nära 100 %. Med icke förbättrad prestanda hos värmepump och pumpar skulle ”dagens systemlösningar” innebära SPF-värden som är 13-17 % lägre jämfört med de föreslagna systemlösningarna.

**Tabell 7.10.** Sammanställning av värme-, kyl-, energi- och effektbehov för en befintlig skola år 2020.

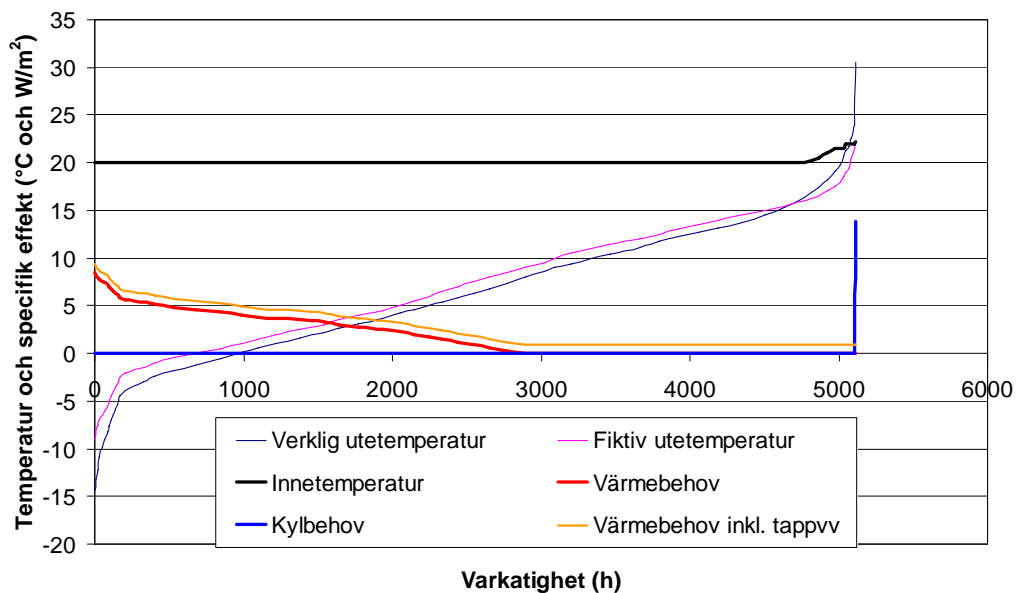
System			VVVP (7.5.1.1)	LVVP (7.5.1.2)
Värmebehov (rum)	kWh		15,494	15,494
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh		9,600	9,600
Värmebehov (totalt)	kWh		25,094	25,094
Elanvändning (värme, exkl. kb-pump)	kWh	Excel	6,192	8,494
Kylbehov	kWh			
Möjlig frikyla	kWh			
Elanvändning (kyla), extra	kWh			
Elanvändning (kb-pumpar)	kWh	Pump Fläkt	201	
Elanvändning (totalt)	kWh	Excel	6,393	8,494
Årsvärmefaktor, SPF (total, värme+kyla)		Excel	3,9	3,0
Maximalt uppv.behov	W		14,476	14,476
Maximal eleffekt (uppvärmning)	W		4,741	7,924
Maximalt kyl.behov	W			
Maximal eleffekt (kyla)	W			

## 7.5.2 Nybyggd skola

Värme- och kylbehov samt inne- och utetemperaturer är enligt figurerna nedan.



(a)



(b)

**Figur 7.16.** Värme- och kylbehov samt inne- och utetemperaturer för en nybyggd skola (typhus) i framtidsscenario "Miljö/Klimat" (2) för (a) dagtid och (b) natttid.

I denna byggnad är värmebehovet så pass lågt och det lägsta tillåtna ventilationsluftflödet så pass högt att det är tillräckligt för att tillgodose uppvärmningsbehovet vid en framledningstemperatur på 35 °C (eller tom lägre) vid den dimensionerande utomhustemperaturen. I övrigt har samma antaganden gjorts som för det nybyggda kontoret (se kapitel 7.4.2). Kylsystemet är i detta fall luftburet till skillnad från kontoret där det var vattenburet. Luften kyls då med ett vätskekopplat kylbatteri i

ventilationssystemet, och det antas arbeta mot samma temperaturer som det *befintliga* kontoret, nämligen 14 °C framledningstemperatur.

### 7.5.2.1 Vätska/vattenvärmepump kopplad mot ett luftburet värme- och kylsystem och flera borrhål

Samma antaganden har gjorts som när denna systemlösning används i ett kontor (se kapitel 7.4.1.2).

Resultaten redovisas i tabellen nedan. Även om nästan hela kylbehovet kan täckas av borrhålet, krävs att ca 11 kW värme kyls bort med hjälp av kylmedelskylarna för att bibehålla önskad inomhustemperatur när det är som varmast ute. Få skolor har tillgång klimatkyla idag och det är stor sannolikhet att skolan ändå inte används när det är som varmast ute. En sådan här lösning där kylan blir mer eller mindre gratis och dessutom gör att värmepumpsanläggningen får något bättre prestanda under uppvärmningssäsongen är därför attraktiv. I detta fall skulle det därför vara acceptabelt inte komplettera anläggningen med en extra kylmedelskylare och låta temperaturen bli något högre när det är som varmast ute.

Hur mycket bättre är då de föreslagna systemlösningarna jämfört med dagens vanliga lösningar? Den värmepumpslösning där ett borrhål används som värmekälla vintertid och värmesänka sommartid finns i stort sett redan idag, även om den än så länge är relativt ovanlig - särskilt i skolor. Om jämförelse görs med ett system som använder en vätska/vattenvärmepump för att värma vintertid och en luftkyld kylmaskin sommartid, utan att systemen är sammankopplade fås ett SPF-värde på ungefär 4.3 med den förbättrade prestandan hos värmepump och pump och 3.6 med bibehållen (dagens) prestanda. Den föreslagna systemlösningen ger alltså ett SPF-värde som är åtminstone 26 % bättre.

**Tabell 7.11.** Sammanställning av värme-, kyl-, energi- och effektbehov för en nybyggd skola år 2020.

System			VVVP (7.5.2.1)
Värmebehov (rum)	kWh		13,480
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh		9,600
Värmebehov (totalt)	kWh		23,080
Elanvändning (värme, exkl. kb-pump)	kWh	Excel	4,274
Kylbehov	kWh		3,606
Möjlig frikyla	kWh		3,545
Elanvändning (kyla), extra	kWh		17
Elanvändning (kb-pumpar)	kWh	Pump Fläkt	656
Elanvändning (totalt)	kWh	Excel	4,947
Årsvärmefaktor, SPF (total, värme+kyla)		Excel	5.4
Maximalt uppv.behov	W		11,260
Maximal eleffekt (uppvärmning)	W		1,954
Maximalt kyl.behov	W		19,848
Maximal eleffekt (kyla)	W		2,058

## 7.6 Övriga lokaltyper

Övriga lokaltyper som identifierats som intressanta under projektets gång är äldreboenden och förskolor. De systemlösningar som behandlats för flerfamiljshus skulle troligtvis få likvärdiga resultat även för äldreboenden och på samma sätt skulle troligtvis de lösningar som utvärderats för skolor få likvärdiga resultat för förskolor. Dessa lokaltyper har idag sällan kyla, men skulle ofta behöva det eftersom de brukare är mer känsliga för övertemperaturer jämfört med andra. Därför är de systemlösningarna där kyla sommartid hämtas från borrhål särskilt intressanta. Dock visar beräkningarna att mycket av kylbehovet kan avhjälpas med hjälp av solavskärmning och bättre isolering av väggar och tak.

## 7.7 Jämförelse av olika systemlösningars inverkan på elnätets energi och effektbalans

I tabellerna i avsnitt 7.2 - 7.5 redovisas energianvändning samt erforderad maximal eleffekt för uppvärmning och kyla. Sammanfattningsvis syns att de värmepumpslösningar som har luften som värmekälla generellt använder mer energi jämfört med de som har marken eller berget som värmekälla. Detta gäller dels för uppvärmningen, men ännu större skillnad blir det när det gäller elenergi till kylning. De systemlösningar som hämtar sin värme från ett borrhål i marken använder detta borrhål för kylning sommartid och då kan en stor andel av kylbehovet täckas genom att enbart använda energi till cirkulationspumpar. Minst energi använder de lösningar som dessutom har solen som direkt värmekälla i form av solfångare.

När det gäller de olika systemlösningarnas eleffektbehov kräver de värmepumpar som har luften som värmekälla betydligt högre eleffekter när det är som kallast ute (jämfört med dem som har mark eller berg som värmekälla), eftersom dess prestanda påverkas i större utsträckning av en sjunkande utomhustemperatur. Det har dock antagits att även luftvärmepumparna är heltäckande och därför tillkommer inte den eleffekt för tillskottsvärme, som ofta tillkommer för dagens värmepumpar. Dock är det så att även om en luftvärmepump har verifierad drift med ett COP > 1 vid den aktuella ortens dimensionerande utomhustemperatur, finns det alltid en lägsta temperatur för vilken värmepumpen fungerar. Det är osäkert om en hus- eller fastighetsägare vågar förlita sig på att en luftvärmepump alltid fungerar när det är kallt och låta bli att installera en elpatron eller direktelradiatorer. Att det finns ett stort antal elpatroner installerade kommer inte påverka elnätets eleffektbalans, så länge de enbart används i värmepumpar som för tillfället har driftsproblem, eftersom det inte är sannolikt att alla värmepumpar i ett nät går sönder samtidigt. Däremot kommer de att påverka elnätets effektbalans i händelse av att det blir så kallt ute att luftvärmepumparna inte längre fungerar utan (förhoppningsvis) stängs av automatiska avstängningsfunktioner. Stängs de inte av blir det ännu värre eftersom det då finns risk att de går med ett COP < 1.

När det gäller nybyggnation kommer elnätets effektbalans påverkas av hur byggreglerna utformas framgent. Om de utformas så som idag, att märkeffekterna för uppvärmningssystemet ska summeras och understiga ett visst värde, kommer det inte att tillåta installation av "reserv"-elpatroner och "reserv"-elradiatorer. De hus som beräkningar gjorts för för Scenario 2 har dock så låga uppvärmningsbehov att de skulle klara hela uppvärmningsbehovet under de idag föreskrivna 4,5 kW, men i sådana fall måste värmepumpen vara utrustad med någon form av säkring som göra att elpatronen inte kan vara i drift samtidigt som kompressorn är det.

De systemlösningar som innehåller en solfångare har inte en lägre erfordrad eleffekt när det är som kallast ute jämfört med de systemlösningar som inte har det, eftersom man inte kan räkna med att solfångarna bidrar med någon värme när det är som kallast ute.

De kalla dagarna kommer i stort sett alla värmepumpar i nätet arbeta vid en högre frekvens än den normala (50 Hz).

När det gäller eleffekt för kyla kommer givetvis de lösningar som använder sig av frikyla ha ett lägre effektbehov de flesta av årets varma dagar / timmar. Dock är det osäkert hur mycket det skiljer för de absolut varmaste timmarna när de inträffar sent under kyla-säsongen (sensommaren). Risker är då att borrhålet är så uppvärmt att det inte längre tillför någon kyleffekt, och de blir då likvärdiga med de som kyler via en reversibel luftvärmepump.

## 8 Jämförelse av olika systemlösningars konkurrenskraft i ett livscykelperspektiv map på kostnader

En jämförelse av de olika systemlösningarnas kostnader har gjorts. Det är svårt, om inte omöjligt, att göra generella kostnadsjämförelser för dagsläget och en ännu större utmaning att göra det för framtiden. I detta fall har vi därför antagit att priserna för komponenter, tjänster och olika energislag förhåller sig till varandra som idag.

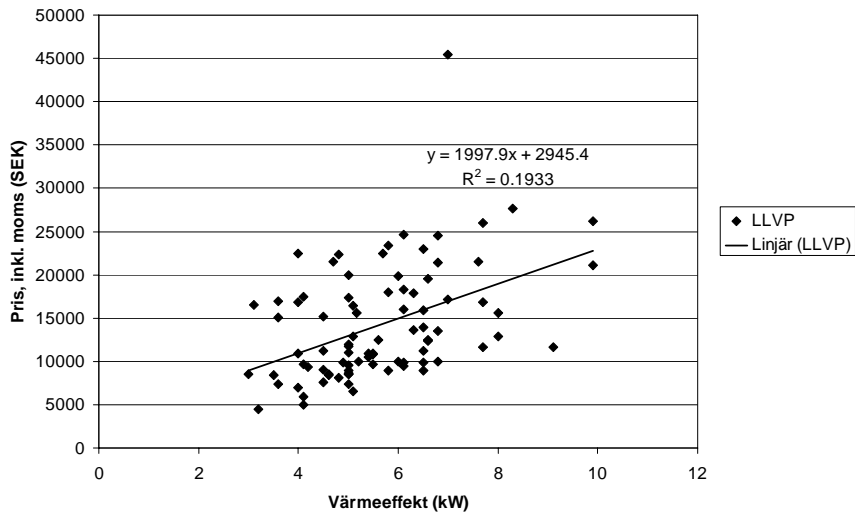
Kostnaderna för de olika systemlösningarna med värmepumpar har jämförts med kostnader för fjärrvärme och i vissa fall även för fjärrkyla. Kostnaderna har även jämförts med kostnaderna för el, ifall hela husets värmebehov skulle ha tillgodosetts med el.

Bakgrundsdata samt vilka källor prisuppgifter har hämtats från beskrivs i Appendix B. Alla priser har beräknats exklusive moms. Kostnader för de viktigaste, men långt ifrån alla, komponenter har inkluderats.

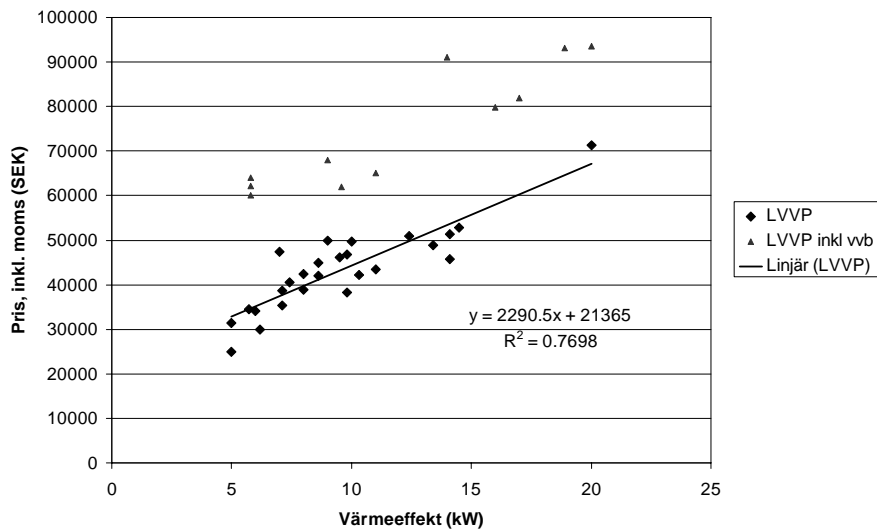
När det gäller värmepumpar har kostnadsbilden baserats på data från ”www.prisjakten.nu”. Priserna (vilka anges inklusive moms på denna lista) har sedan plottats mot avgiven värmeeffekt (se Figur 8.1). En kurvanpassning i form av en rät linje har sedan gjorts. När det gäller luft/vattenvärmepumparna gäller de flesta för värmepumpar utan varmvattenberedare samt styrenhet för inomhusdelen, medan dessa troligtvis oftast är inkluderade i priset för vätska/vattenvärmepumparna. För luft/vattenvärmepumparna har därför en kostnad på 25 000 SEK sedan lagts till i beräkningarna (efter diskussioner med tillverkare). I figurerna nedan visas olika prisuppgifter för olika typer av värmepumpar. Det har antagits att dessa pumpar år 2020 är varvtalsstyrda så att de kan leverera samma värmemängd även den kallaste dagen. Ingen extra kostnad för sådan typ av varvtalsstyrning har lagts till. Så gott som alla luft/luftvärmepumpar är idag varvtalsstyrda, medan långt ifrån alla luft/vatten och vätska/vattenvärmepumpar är det. År 2020 antas teknikutvecklingen och efterfrågan gjort att en varvtalsstyrning inte innebär någon nämnvärt högre kostnad för en värmepump (jämför utvecklingen för luft/luftvärmepumpar).

Värt att notera här är att, så som kostnaderna för en värmepump är beskrivna nu, så är baskostnaden för en luft/vattenvärmepump betydligt högre jämfört med en luft/luftvärmepump. När det gäller vätska/vattenvärmepumpen är inte kostnaden för själva borrhålet inkluderad i figuren nedan utan denna tillkommer.

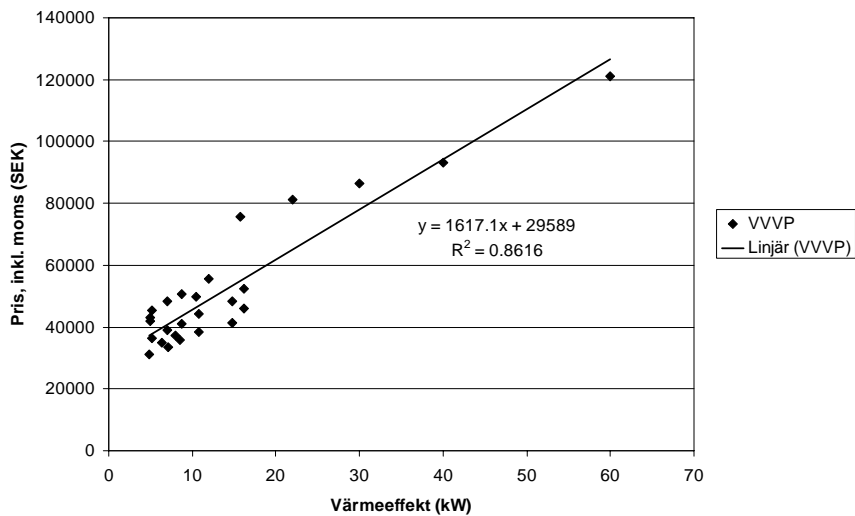




(a)



(b)



(c)

**Figur 8.1.** Priser för olika typer av värmepumpar (a) luft/luftvärmepump, (b) luft/vattenvärmepump och (c) vätska/vattenvärmepump.

Den årliga kostnaden för investeringar har beräknats med hjälp av annuitetsmetoden med följande antaganden:

- Ekonomisk livslängd på 15 år
- Kapitalkostnad på 2 % (baserat på internränta på 7 %, inflation på 2 % och energiprisökning på 3 %) – motsvarar en ränta på 5 % för privatpersoner
- Ovanstående resulterar i en nuvärdesfaktor på 12.85.

Observera att samma antaganden för den ekonomiska livslängden har gjorts för både värmepumps- och fjärrvärmeinstallationen. Detta kan diskuteras, men valet motiveras med att det förenklar analysen. Önskar man räkna med en annan livslängd kan nuvärdesfaktorn korrigeras och en ny totalkostnad räknas fram.

På samma sätt har kostnaderna för drift och underhåll antagits vara desamma för en värmepumpsanläggning som för en fjärrvärmeanläggning och därför inte inkluderats.

## **8.1 Enfamiljshus**

### **8.1.1 Befintliga enfamiljshus (70-tal)**

I tabellerna nedan redovisas kostnader (exklusive moms) för de värmepumpssystem som beskrivs i avsnitt 7.2.1.1 - 7.2.1.4. Den slutsats man kan dra genom att jämföra totalkostnaderna är att den enda lösningen som är konkurrenskraftig ur ett livskostnadsperspektiv mot både fjärrvärme och direktel är den som innefattar en luftvärmepump i kombination med en solfångare. Detta var inte den mest energieffektiva lösningen och lever inte upptill kravet som ställdes i kravspecifikationen att vara heltäckande. Å andra sidan är dess erfordrade eleffekt ungefär lika stor den kallaste dagen som de övriga "heltäckande" värmepumparna.

En luft/vattenvärmepump kopplad mot ett antal fläktkonvektorer har betydligt bättre förutsättningar lyckas värma upp hela huset. För att denna värmepumpstyp ska bli kostnadsmässigt konkurrenskraftig för framtidens hus, om de får så låga värmebehov som det utvärderade scenariot visar, måste de alltså bli betydligt billigare, särskilt för små värmeeffekter. I dagsläget kostar en luft/vattenvärmepump på 5 kW ca 30 000 SEK inklusive moms (55 000 inklusive varmvattenberedare och innestyrenhet) medan en luft/luftvärmepump kostar ca 13 000 (en elvarmvattenberedare kostar ca 12 500 SEK). Anledningen till denna prisskillnad är troligtvis att luft/luftvärmepumparna tillverkas i så mycket större volymer, eftersom de även kan användas som luftkonditioneringsaggregat i varmare länder.

**Tabell 8.1.** Sammanställning av kostnader för olika systemlösningar i ett befintligt enfamiljshus (70-tal) år 2020.

System			LVVP (7.2.1.1)	LVVP+ solfångare (7.2.1.2)	LLVP+ solfångare (7.2.1.3)
Elanvändning (totalt upp.)	kWh	Excel BV2	1,858	-	-
			1,868	1,277	1,721
Maximalt värmebehov, vp	W		2,573	2,573	2,073
Uppvärmningsbehov (totalt)	kWh		5,519	5,519	5,519
<b>Kostnader</b>					
Värmepump	SEK		41,807	41,807	5,670
Borrhål	SEK		-	-	-
Solfångare	SEK			8,482	8,482
Varmvattenberedare	SEK				10,000
Fläktkonvektor	SEK		4,897	4,897	
Installation värmepump	SEK		16,000	16,000	4,000
Installation solfångare	SEK			10,000	10,000
Installation Fläktkonvektor	SEK		6,224	6,224	
Totala investeringskostnader	SEK		68,928	87,410	38,152
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel BV2	1,616		
			1,625	1,111	1,497
Total årskostnad (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel BV2	6,981		
			6,989	7,914	4,466
<b>Jämförelser</b>					
Direkte (0,87 SEK/kWh)	SEK/år		4,802	4,802	4,802
Installation Fjärrvärme	SEK		50,000	50,000	50,000
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh) exkl. moms	SEK/år		3,091	3,091	3,091
Total årskostnad (fjv+inv/12,8493)	SEK/år		6,982	6,982	6,982

**Tabell 8.2.** Sammanställning av kostnader för olika systemlösningar i ett befintligt enfamiljshus (70-tal, frånluftsventilerat) år 2020.

System			LVVP (F-vent) (7.2.1.1)	LVVP+ solfångare (7.2.1.2)	LLVP+ solfångare (7.2.1.3)	LVVP (F-vent), 0.2 isolering
Elanvändning (totalt upp.)	kWh	Excel BV2	3,490	-	-	-
			3,426	2,837	3,085	3,605
Maximalt värmebehov	W		4,627	4,627	4,127	4,983
Uppvärmningsbehov (totalt)	kWh		10,504	10,504	10,504	11,566
<b>Kostnader</b>						
Värmepump	SEK		45,571	45,571	8,953	46,223
Borrhål	SEK		-	-	-	-
Solfångare	SEK			8,482	8,482	
Varmvattenberedare	SEK				10,000	
Fläktkonvektor	SEK		9,747	9,747		10,588
Installation värmepump	SEK		16,000	16,000	4,000	16,000
Installation solfångare	SEK			10,000	10,000	
Installation Fläktkonvektor	SEK		12,934	12,934		13,463
Totala investeringskostnader	SEK		84,252	102,734	41,435	86,274
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel BV2	3,036	-	-	-
			2,981	2,468	2,684	3,136
Total årskostnad (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel BV2	9,593	7,995	3,225	6,714
			9,538	10,463	5,909	9,851
<b>Jämförelser</b>						
Direkte (0,87 SEK/kWh)	SEK/år		9,138	9,138	9,138	10,062
Installation Fjärrvärme	SEK		50,000	50,000	50,000	50,000
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh) exkl. moms	SEK/år		5,882	5,882	5,882	6,477
Total årskostnad (fjv+inv/12,8493)	SEK/år		9,774	9,774	9,774	10,368

### 8.1.2 Befintliga enfamiljshus (40-tal)

I tabellen nedan visas kostnader (exklusive moms) för de värmepumpssystem som beskrivs i avsnitt 7.2.2.1 - 7.2.2.3. De slutsatser man kan dra genom att studera kostnaderna är det inte ger än lägre totalkostnad att komplettera sin värmepumpsanläggning med solfångare, även om det är den mest energieffektiva lösningen. (Då har det ändå gjorts väldigt positiva antaganden för solfångaren, nämligen att den dels kan täcka en stor del av värmebehovet för tappvarmvatten dels leda till att höja temperaturen i borrhålet). Om man ändå ska installera frånluftsventilation är det troligtvis mer kostnadseffektivt att återladda borrhålet med värmen från ventilationsluften. Frånluftsventilation leder dock till ett ökat värmebehov, men troligtvis till en bättre inomhusmiljö.

Värmepumpslösningarna är kostnadsmässigt konkurrenskraftiga mot fjärrvärmens, även om ett nytt borrhål behöver borraras, förutsatt att livslängden för de olika anläggningarna antas vara densamma.

**Tabell 8.3.** Sammanställning av kostnader för olika systemlösningar i ett befintligt enfamiljshus (40-tal) år 2020.

System			VVVP (7.2.2.1)	VVVP+ solfångare (7.2.2.2)	VVVP+ återladd mha vent.luft (7.2.2.3)
Elanvändning (totalt uppv.)	kWh	Excel	2,375	-	-
		BV2	2,139	1,678	3,864
Maximalt värmebehov, vp	W		4,194	4,194	6,981
Uppvärmningsbehov (totalt)	kWh		9,882	9,882	17,243
<b>Kostnader</b>					
Värmepump	SEK		36,371	36,371	40,878
Borrhål	SEK		20,374	20,374	31,524
Solfångare	SEK			21,205	
Ventilations vvx	SEK				13,600
Fläktkonvektor	SEK				
Installation värmepump	SEK		16,000	16,000	16,000
Installation solfångare	SEK			10,000	
Installation vent. vvx	SEK				2,500
Totala investerings- kostnader, inkl. borrhål	SEK		72,745	103,950	104,502
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel	2,066		
		BV2	1,861	1,460	3,362
Total årskostnad, exkl. borrhål (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel	6,142		
		BV2	5,937	7,964	9,041
Total årskostnad inkl. borrhål (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel	7,728		
		BV2	7,522	9,550	11,495
<b>Jämförelser</b>					
Enbart el (0,87 SEK/kWh)	SEK/år		8,597	8,597	15,001
Installation Fjärrvärme	SEK		50,000	50,000	50,000
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh) exkl. moms	SEK/år		5,534	5,534	9,656
Total årskostnad (fjv+inv/12,8493)	SEK/år		9,425	9,425	13,547

### 8.1.3 Nybyggda enfamiljshus

I tabellen nedan redovisas kostnaderna för de olika värmepumpssystem som beskrivs i avsnitt 7.2.3.1 - 7.2.3.3. Det system som får lägst totalkostnad är

vätska/vattenvärmepumpen utan återladdning av borrhålet. De extra investeringarna som återladdningsvärmväxlaren innebär, leder inte till tillräcklig minskning i energianvändningen för att kompensera de extra kostnaderna, med antagandet att återladdningen leder till en ökning av köldbärartemperaturen 2 K. Detta hus har ett s.k. FTX-aggregat (en till-/frånluftvärmväxlare), vilket gör att 2 K höjning ändå är ett ganska positivt antagande som bygger på att värme tillförs hålet under den del av året då uppvärmningsbehovet är lågt, dvs lufttemperaturen ut från FTX-aggregatet är relativt hög.

Värmepumpslösningarna (utan återladdning) får en lägre totalkostnad än fjärrvärmerna, men inte lägre en totalkostnad än om de värmts upp enbart med el, även om man lägger till kostnaden för en varmvattenberedare. (För en helt korrekt jämförelse borde dock kostnader för elradiatorer och elbatteri för värmning av ventilationsluften inkluderas.) Många nybyggda hus av passivhusstandard värms upp av just el idag, eftersom detta visat sig vara den billigaste lösningen – åtminstone på kort sikt. Jämförelsen nedan visar dock att små värmepumpar måste bli billigare om de ska vara kostnadsmässigt konkurrenskraftiga mot ren elvärmning.

**Tabell 8.4.** Sammanställning av kostnader för olika systemlösningar i ett nybyggt enfamiljshus år 2020.

System			LVVP (7.2.3.1)	VVVP (7.2.3.2)	VVVP+ återladdn. (7.2.3.3)
Elanvändning (totalt uppv.)	kWh	Excel	2,127	1,691	1,614
		BV2	2,145	1,592	-
Maximalt värmebehov, vp	W		2,873	2,873	2,873
Uppvärmningsbehov (totalt)	kWh		6,568	6,568	6,568
<b>Kostnader</b>					
Värmepump	SEK		42,356	34,235	34,235
Borrhål	SEK			9,600	9,600
Solfångare	SEK				
Ventilations vvx	SEK				13,600
Fläktkonvektor	SEK		12,967	12,967	12,967
Installation värmepump	SEK		16,000	16,000	16,000
Installation solfångare	SEK				
Installation vent. vvx	SEK				2,500
Totala investeringskostnader	SEK		71,323	72,802	88,902
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel	1,850	1,471	1,404
		BV2	1,866	1,385	
Total årskostnad (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel	7,401	7,137	8,323
		BV2	7,417	7,051	
<b>Jämförelser</b>					
Direktel (0,87 SEK/kWh)	SEK/år		5,714	5,714	5,714
Installation Fjärrvärme	SEK		50,000	50,000	50,000
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh) exkl. moms	SEK/år		3,678	3,678	3,678
Total årskostnad (fjv+inv/12,8493)	SEK/år		7,569	7,569	7,569

## 8.2 Flerfamiljshus

### 8.2.1 Befintliga flerfamiljshus

Kostnader för de system som presenteras i avsnitt 7.3.1.1 - 7.3.1.3 redovisas nedan. Resultaten visar att de system som har någon form av återladdning får lägre driftskostnad

jämfört med det system som inte har det, men de får ändå inte lägst total livcykelkostnad, med de antaganden som gjorts här. Dock får alla värmepumpssystem en total livcykelkostnad som är lägre än den rörliga årskostnaden för fjärrvärmens. Detta innebär att det skulle vara lönsamt att investera i en värmepumpsanläggning även om det redan finns en fjärrvärmeanslutning.

**Tabell 8.5.** Sammanställning av kostnader för olika systemlösningar i ett befintligt flerfamiljshus år 2020.

System			Vvvp (7.3.1.1)	Vvvp+ återladdn. mha solfångare (7.3.1.2)	Vvvp+återladdn. mha vent.luft (7.3.1.3)
Elanvändning (totalt uppv.)	kWh	Excel BV2	40,719	-	38,308
			35,873	28,051	-
Maximalt värmebehov, vp	W		64,226	64,226	64,226
Värmebehov (totalt)	kWh		158,221	158,221	158,221
<b>Kostnader</b>					
Värmepump	SEK		133,449	133,449	133,449
Borrhål	SEK		260,664	260,664	260,664
Solfångare	SEK		-	148,444	-
Frånluftmodul	SEK		-	-	125,000
Installation värmepump	SEK		16,000	16,000	16,000
Installation solfångare	SEK			30,000	-
Installation frånluftsmodul	SEK				175,000
Totala investeringskostnader	SEK		410,113	588,557	535,113
EI (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel BV2	35,426		33,328
			31,210	24,404	
Total årskostnad (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel BV2	67,343		74,973
			63,127	70,209	
<b>Jämförelser</b>					
DirekteI (0,87 SEK/kWh)	SEK/år		137,652	137,652	137,652
Installation Fjärrvärme	SEK		185,000	185,000	185,000
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh) exkl. moms	SEK/år		88,604	88,604	88,604
Total årskostnad (fjv+inv/12,8493)	SEK/år		103,001	103,001	103,001

## 8.2.2 Nybyggda flerfamiljshus

Kostnader för de system som beskrivs i avsnitt 7.3.2.1 redovisas nedan. Det system som har så pass många fläktkonvektorer installerade att det är tillräckligt med en maximal framledningstemperatur på 35°C (istället för 45°C), är det mest energieffektiva, men det leder inte till lägst totalkostnad.

Jämfört med fjärrvärme, blir totalkostnaden för bägge värmepumpssystemen lika stora eller lägre än enbart den rörliga kostnaden för fjärrvärmens. I denna jämförelse har alltså varken kostnader för fjärrvärmeinstallationen eller fläktkonvektorer tagits med. (Fläktkonvektorererna är inte heller med i den totala kostnaden för fjärrvärmens).

**Tabell 8.6.** Sammanställning av kostnader för olika systemlösningar i ett nybyggt flerfamiljshus år 2020.

System			VVVP (35°C vid DUT)	VVVP (45°C vid DUT)
Elanvändning (totalt uppv.)	kWh	Excel BV2	21,139	21,671
			20,398	
Maximal värmebehov, vp	W		35,861	35,861
Uppvärmningsbehov (totalt)	kWh		89,716	89,716
<b>Kostnader</b>				
Värmepump	SEK		87,580	87,580
Borrhål	SEK		160,660	160,660
Solfångare	SEK		-	-
Fläktkonvektor	SEK		143,275	83,577
Installation värmepump	SEK		16,000	16,000
Installation solfångare	SEK			
Installation Fläktkonvektor	SEK		189,768	110,698
Totala investeringskostnader	SEK		407,515	347,817
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel BV2	18,391	18,854
			17,746	
Total årskostnad (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel BV2	50,105	45,923
			49,461	
<b>Jämförelser</b>				
Direktel (0,87 SEK/kWh)	SEK/år		78,053	78,053
Installation Fjärrvärme	SEK		185,000	185,000
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh) exkl. moms	SEK/år		50,241	50,241
Total årskostnad (fjv+inv/12,8493)	SEK/år		64,639	64,639

## 8.3 Kontor

### 8.3.1 Befintliga kontor

Kostnaderna för de systemlösningar som beskrivs i avsnitt 7.4.1.1 - 7.4.1.2 presenteras nedan. Det system som har en vätska/vattenvärmepump kopplad mot ett borrhål, som används för frikyla sommartid får lägst årlig kostnad för el, jämfört med det som har en omkopplingsbar värmepump som kan användas både för värmning och kylning. De bådas totalkostnader är dock ungefär desamma, eftersom borrhålet medför en stor kostnad. Observera att med de antaganden om priser som gjorts här är den rörliga kostnaden för fjärrvärme och fjärrkyla högre än totalkostnaden för värmepumpslösningarna. Då har ändå ett relativt lågt pris för fjärrkylan antagits, vilket är hämtat från ett system som nästan enbart använder frikyla för fjärrkylan. Eftersom kylbehovet under året är relativt lågt, är det inte heller säkert att en fjärrkyleleverantör kan erbjuda den antagna anslutningskostnaden. Det beror på var byggnaden är placerad i förhållande till fjärrkylanätet.

**Tabell 8.7.** Sammanställning av kostnader för olika systemlösningar i ett befintligt kontor år 2020.

System			LVVP (7.4.1.1)	VVVP (7.4.1.2)
Uppvärmningsbehov (totalt)	kWh		46,311	46,311
Kylbehov	kWh		32,030	32,030
Maximalt uppv.behov	W		37,550	37,550
Maximalt kyl.behov	W		53,500	53,500
<b>Kostnader</b>				
Värmepump	SEK		167,267	90,310
Borrhål	SEK			190,000
Installation värmepump	SEK		16,000	16,000
Kylmedelskylare				22,000
Totala investeringskostnader	SEK		183,267	318,310
EI (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel	18,539	8,720
Total årskostnad (el+inv./12,8493)	SEK/år	Excel	32,802	33,492
<b>Jämförelser</b>				
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh)	SEK/år		25,934	25,934
Anslutning fjärrvärme	SEK		140,000	140,000
Total årskostnad fjärrvärme (rörl. kostn. + inv./12.8493)	SEK/år		36,746	36,746
Fjärrkyla (0.1 SEK/kWh+250 SEK/kW)	SEK/år		16,578	16,578
Anslutning fjärrkyla	SEK		133,750	133,750
Total årskostnad fjärrkyla (rörl. kostn. + inv./12.8493)	SEK/år		26,987	26,987

### 8.3.2 Nybyggda kontor

Kostnader för samma systemlösningar som behandlades för det befintliga kontoret redovisas nedan för ett nybyggt kontor. I detta fall får den lösning med en västka/vattenvärmepump som använder borrhålet för ”frikyla” både lägst rörlig kostnad och lägst totalkostnad. Båda systemlösningarna är kostnadsmässigt konkurrenskraftiga gentemot fjärrvärme och fjärrkyla, med de antaganden som gjorts här. Då har ändå ett relativt lågt pris för fjärrkylan antagits (see ovan, avsnitt 8.3.1).



**Tabell 8.8.** Sammanställning av kostnader för olika systemlösningar i ett nybyggt kontor år 2020.

System			LVVP (7.4.2.1)	VVVP (7.4.2.2)
Värmebehov (totalt)	kWh		38,955	38,955
Kylbehov	kWh		32,053	32,053
Maximalt uppv.behov	W		26,600	26,600
Maximalt kyl.behov	W		53,500	53,500
<b>Kostnader</b>				
Värmepump	SEK		150,988	72,604
Borrhål	SEK			110,000
Installation värmepump	SEK		16,000	16,000
Kylmedelskylare				34,000
Totala investeringskostnader	SEK		166,988	232,604
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel	15,516	7,152
Total årskostnad (el+inv./12,8493)	SEK/år	Excel	28,512	25,255
<b>Jämförelser</b>				
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh)	SEK/år		21,815	21,815
Anslutning fjärrvärme	SEK		140,000	140,000
Total årskostnad fjärrvärme (rörl. kostn. + inv./12,8493)	SEK/år		32,626	32,626
Fjärrkyla (0.1 SEK/kWh+250 SEK/kW)	SEK/år		16,580	16,580
Anslutning fjärrkyla	SEK		133,750	133,750
Total årskostnad fjärrkyla (rörl. kostn. + inv./12,8493)	SEK/år		26,989	26,989

## 8.4 Skolor

### 8.4.1 Befintliga skolor

Kostnader för de systemlösningar som beskrivs avsnitt 7.5.1.1 - 7.5.1.2 redovisas nedan. Vätska/vattenvärmepumpen får lägst rörlig kostnad, men inte lägst totalkostnad, utan det får luft/vattenvärmepumpen. Båda värmepumpslösningarnas totala kostnader blir i samma storleksordning som den rörliga årskostnaden för fjärrvärmern.

**Tabell 8.9.** Sammanställning av kostnader för olika systemlösningar i en befintlig skola år 2020.

System			VVVP (7.5.1.1)	LVVP (7.5.1.2)
Värmebehov (totalt)	kWh		25,094	25,094
Kylbehov	kWh		0	0
Maximalt uppv.behov	W		14,476	14,476
Maximalt kyl.behov	W			0
<b>Kostnader</b>				
Värmepump	SEK		52,998	63,618
Borrhål	SEK		61504	
Installation värmepump	SEK		16,000	16,000
Totala investeringskostnader	SEK		130,502	79,618
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel	5,562	7,390
Total årskostnad (el+inv./12,8493)	SEK/år	Excel	15,718	13,586
<b>Jämförelser</b>				
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh)	SEK/år		14,053	14,053
Anslutning fjärrvärme	SEK		140,000	140,000
Total årskostnad fjärrvärme (rörl. kostn. + inv./12.8493)	SEK/år		24,864	24,864

#### 8.4.2 Nybyggda skolor

Kostnader för de systemlösningar som beskrivs i avsnitt 7.5.2.1 redovisas nedan. Här har vi antagit att det finns ett visst kylbehov, men eftersom komfortkyla är ovanligt i skolor idag har enbart en systemlösning som inte innebär någon extra elanvändning för kylan (förutom pumpdrift) utvärderats. Resultaten visar att med de antaganden som gjorts här blir den totala kostnaden för värmepumpslösningen lika stor som den rörliga kostnaden för fjärrvärme och således lägre än den rörliga kostnaden för både fjärrvärme och fjärrkyla. Skillnaden blir ännu större om kostnaderna för anslutning av fjärrvärme och fjärrkyla inkluderas. (Då har dock inte kostnaden för den extra kylmedelskylaren som VVVP-lösningen ev. bör kompletteras med inkluderats. Eftersom det finns behov av den underst ytterst få timmar, kan den dock uteslutas.)

**Tabell 8.10.** Sammanställning av kostnader för olika systemlösningar i en nybyggd skola år 2020.

System			VVVP (7.5.2.1)
Värmebehov (totalt)	kWh		23,080
Kylbehov	kWh		3,606
Maximalt uppv.behov	W		11,260
Maximalt kyl.behov	W		19,848
<b>Kostnader</b>			
Värmepump	SEK		47,798
Borrhål	SEK		48,648
Installation värmepump	SEK		16,000
Totala investeringskostnader	SEK		112,446
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel	4,304
Total årskostnad (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel	13,055
<b>Jämförelser</b>			
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh)	SEK/år		12,925
Anslutning fjärrvärme	SEK		140,000
Total årskostnad fjärrvärme (rörl. kostn. + inv./12.8493)	SEK/år		23,736
Fjärrkyla (0.1 SEK/kWh+250 SEK/kW)	SEK/år		5,323
Anslutning fjärrkyla	SEK		49,620
Total årskostnad fjärrkyla (rörl. kostn. + inv./12.8493)	SEK/år		9,184

System			VVVP
			(7.5.2.1)
Uppvärmningsbehov (totalt)	kWh		23,080
Kylbehov	kWh		3,606
Maximalt uppv.behov	W		11,260
Maximalt kyl.behov	W		19,848
<b>Kostnader</b>			
Värmepump	SEK		47,798
Borrhål	SEK		48,648
Installation värmepump	SEK		16,000
Totala investeringskostnader	SEK		112,446
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel	4,304
Total årskostnad (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel	13,055
<b>Jämförelser</b>			
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh)	SEK/år		12,925
Anslutning fjärrvärme	SEK		140,000
Total årskostnad fjärrvärme (rörl. kostn. + inv./12.8493)	SEK/år		23,736
Fjärrkyla (0.1 SEK/kWh+250 SEK/kW)	SEK/år		5,323
Anslutning fjärrkyla	SEK		49,620
Total årskostnad fjärrkyla (rörl. kostn. + inv./12.8493)	SEK/år		9,184

## 9 Jämförelse av olika systemlösningar inverkan på miljön

De framtagna systemlösningarna har utvärderats ur miljösynpunkt med hjälp av programmet EFFem. EFFem är ett webbaserat miljöutvärderingsverktyg för uppvärmning av byggnader (<http://www.effektiv.org/miljobel/default.asp>). Verktöget är framtaget inom programmet EFFEKTIV som leddes av Elforsk 1999-2003. Under 2008 har EFFem blivit uppdaterat med nya utsläppsdata. För mer information om EFFem hänvisas till programmets hemsida samt de rapporter som ligger till grund för beräkningsprogrammet (Wahlström *et al.*, 2001 ; Wahlström och Olsson-Jonsson, 2002; Wahlström och Hiller, 2008).

De data som används vid beräkningarna i EFFem är baserade på livscykelinventeringar. Programmet inkluderar utsläpp från hela livscykeln, från vaggan, när bränslet bryts, via förädling och förbränning fram till det att värmen levereras till byggnaden. Resultaten redovisas uppdelat på miljöpåverkanskategorierna:

- Växthuseffekt
- Försurning
- Övergödning
- Marknära ozon
- Utsläpp av partiklar

I detta projekt har fokus för miljöutvärderingen lagts på utsläpp av växthusgaser samt användning av primärenergi, därmed kommer endast resultat relaterade till växthuseffekten och energianvändning att redovisas.

I utvärderingen har de olika värmepumpsalternativen jämförts med fjärrvärme som referens. Idag kan man hos många elbolag specificera hur elen man köper är producerad. Om man inte gör ett aktivt val hos elleverantören får man i många fall el producerad enligt elbolagets produktionsmix. Här finns dock en stor variation mellan olika bolag. Exempelvis levererar vissa bolag automatiskt el godkänd av Bra miljöval om man inte specificerar annat. Som privatperson får man i dagsläget betala 1-2 öre/kWh extra för el från vindkraft eller el märkt med Bra Miljöval. För el specifikt producerad med vatten- eller kärnkraft betalar man oftast samma pris som för ospecificerad el.

I miljöutvärderingen har tre typer av el använts:

1. El där konsumenten medvetet har valt en elproduktion relaterad till låga koldioxidutsläpp, t.ex. från vind-, vatten- eller kärnkraft.
2. Elen som konsumenten köper är producerad enligt bolagets produktions mix. Data är framtagna för tre stora svenska elbolag, Vattenfall, Eon och Fortum. Bränslemixen baseras på den el som levereras i Sverige och speglar inte bolagens internationella produktion. Uppgifter om bränslemixen är hämtad från respektive bolags hemsida.
3. El producerad på marginalen. Här har två versioner av marginalproduktion använts. Dels en mix bestående av 40 % kolkondens och 60 % naturgaskraftvärme, inlagd som standardvärde i EFFem. Dels en marginalproduktion helt bestående av kolkondens.

Energimyndighetens rekommendationer är att utsläppen från el ska beräknas utifrån den el man faktiskt köper, alternativt använda marginalproduktion för att studera effekter av ändringar i ett energisystem.

Notera att om en stor andel av ett elbolags miljövänliga produktion av el är kontrakterad så skiljer sig bolagens genomsnittliga bränsmix från den mix som faktiskt finns kvar till försäljning åt de kunder som väljer att inte köpa el producerad med hjälp av ett specifikt bränsle. Beräkningarna nedan har inte tagit hänsyn till detta beroende på brist på data.

För fjärrvärme har två typer av produktion betraktats:

1. Årsmedelproduktion för tre fjärrvärmenät, Stockholm, Göteborg och Malmö. Statistik om bränsmixen är hämtat från Svensk Fjärrvärmes hemsida och avser årsmedel för 2005.
2. Marginalproduktion av fjärrvärme. Uppgifter om bränsmixen vid marginalproduktion är hämtade från rapporten "Koldioxidvärdering av energianvändning" från Statens Energimyndighet (Persson, 2008)

I båda fallen har distributionsförlusterna antagits till 12 %.

Påverkan på växthuseffekten har beräknats i EFFem genom att specificera bränsmixen för el respektive fjärrvärme i programmet. I de fall där kraftvärmeverk ingår så allokerar EFFem enligt alternativproduktionsmetoden. Primärenergifaktorer för el och fjärrvärmeproduktion är hämtade från SOU 2008:25, bilaga 4.

**Tabell 9.1.** Översikt GWP och PEF för el och fjärrvärme.

EL		GWP* (g CO <sub>2</sub> -eq/kWh)	PEF**
Miljöel	Vindel	13	
	Vattenel	5,5	
	Kärnkraftsel	3,7	
Årsmedelprod.	Vattenfall mix	5,3	1,5
	Eon mix	81	
	Fortum mix	63	
Marginael	40% kolkondens, 60% naturgaskraftvärme	665	2,5
	100% kolkondens	1025	
<b>Fjärrvärme</b>			
Årsmedelprod.	Malmö mix	107	0,9
	Göteborg mix	31	
	Stockholms mix	109	
Marginalprod.		110	1

\* GWP= Global Warming Potential

\*\* PEF= Primärenergifaktor

Scenariot för kontor har också ett kylbehov som tillgodoses med hjälp av fjärrkyla. Även miljöeffekterna från fjärrkylan har inkluderats i miljöutvärderingen. I utvärderingen har antagits att fjärrkylan kan produceras på tre olika sätt. Dessutom har kompressorkylan delats i två delar beroende på om man antas kunna tillvarata den värme som samtidigt produceras eller om den går till spillo. De utvärderade fallen är:

1. Frikyla, genom att utnyttja kallvatten från ett vattendrag
2. Kompressorkyla där man enbart kan tillgodogöra sig den producerade kylan, COP 1.55
3. Kompressorkyla där man kan tillgodogöra sig både den producerade kylan och den producerade värmen, COP 2.55
4. Absorbtionskyla producerad via fjärrvärme, COP 0.6

I fall 2-4 antas att maskinen är centralt placerad och att fjärrkylan sedan levereras via ett fjärrkylanät. Frikylan kräver el till pumpar för att pumpa det kalla vattnet ur vattendraget och för att distribuera kylan. Kompressorkyla produceras med hjälp av el som driver kompressor och pumpar. Absorbtionskylan produceras med hjälp av fjärrvärme, men

även här krävs en del el för att driva pumparna i absorbtionsmaskinen, driva fläktar och kyltorn samt pumpar för distribution. Vi har antagit att elkonsumtionen uppgår till 10 % av kylbehovet för absorbtionskyla.

För respektive systemlösning har den mängd CO<sub>2</sub>-ekvivalenter samt den mängd primärenergi som uppvärmningen/kylningen kräver på årsbasis beräknats. För data se bilaga C.

Utvärderingen visar att om man räknar på kontrakterad miljövänlig el alternativt elbolagens årsmedelproduktion jämfört med fjärrvärmebolagens årsmedelproduktion så är de framtagna värmepumpslösningarna miljömässigt fördelaktiga med avseende på växthuseffekten. Det går också åt en mindre mängd primärenergi för att producera den el jämfört med att producera den fjärrvärme som krävs för respektive byggnads uppvärmning.

Om man däremot betraktar systemen ur ett marginalperspektiv gäller det omvända. I det fallet blir det miljömässigt (utsläpp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter) fördelaktigt att använda sig av fjärrvärme som uppvärmningskälla jämfört med att använda sig av en värmepump med ett elbehov. Om använd primärenergi jämförs får dock värmepumpslösningarna fortfarande lägre värden jämfört med fjärrvärmefallet, även om skillnaderna är relativt små.

Utsläppen av växthusgaser samt användning av primärenergi kan variera stort mellan olika fjärrvärmenät. Det går därför inte att säga att resultaten av miljöutvärderingen gäller överallt, utan den ska ses som en fingervisning om hur det kan se ut. Konsumenten idag har i stort sett ingen möjlighet att välja fjärrvärmenät, eller den bränslmix man vill att den inköpta fjärrvärmen ska vara producerad med. Det finns dock fall där kunder har köpt en garanterat koldioxidfri fjärrvärme.

Miljöutvärderingen av fjärrkylan till den simulerade kontorslokalen visar att det alternativ som har lägst miljöpåverkan är att använda sig av frikyla oberoende om man tittar på milövänlig el, produktionsmix eller marginalproduktion. Om man köper miljövänlig el eller köper ett av de utvalda elbolagens produktionsmix så är det i de flesta fall miljömässigt fördelaktigt att välja fjärrkyla producerad med en kompressormaskin jämfört med en absorbtionsmaskin. Vissa undantag finns dock, så en noggrannare utvärdering av just det faktiska fall man har bör göras. Med en utvärdering med avseende på marginalproduktionen så gäller liksom för uppvärmning att den fjärrvärmebaserade absorbtionsmaskinen blir miljömässigt fördelaktig jämfört med kompressorkyla. Har man tillgång till frikyla så är det dock fortfarande det bästa alternativet ur miljösynpunkt (när det gäller utsläpp av växthusgaser).

## 10 Slutsatser

De huvudsakliga slutsatserna om nästa generations värmepumpssystem i bostäder och lokaler som framkommit från denna studie redovisas nedan.

- Installation av ett värmepumpssystem är ett mycket effektivt sätt att minska en byggnads energianvändning utan att göra några större förändringar på byggnadens klimatskal och kan därför bidra till att Sverige kan nå sina energieffektiviseringsmål.
- För de småhus som byggs eller för dem där omfattande isolering görs vid renovering krävs en ny generation kostnadseffektiva mindre värmepumpar.
  - I småhus blir de föreslagna värmepumpslösningarna energieffektiva, men inte alltid kostnadseffektiva jämfört med andra uppvärmningsalternativ, t.ex. direktel, såsom kostnadsbilden ser ut idag.
  - Om värmepumpar kopplade mot ett vätskeburet system ska vara en kostnadsmässigt konkurrenskraftig lösning i framtidens småhus, krävs att det finns mindre (< 5 kW) vätska/vatten- och luft/vatten-värmepumpar på marknaden som är betydligt billigare än vad som antogs i denna studie.
  - Den systemlösning som innefattar en luft/luftvärmepumpen i kombination med en solfångare ger den lägsta totalkostnaden (jämfört med de andra föreslagna systemlösningarna) i det befintliga enfamiljshuset.
- Marknadspotentialen för större värmepumpar, än vad hittills varit vanligt förekommande, verkar också vara väldigt god. Det borde finnas goda möjligheter att sälja sådana till både flerbostadshus och till lokaler.
  - I större fastigheter leder system med vätska/vattenvärmepumpar till lägst energianvändning, men inte alltid till lägst totalkostnad om jämförelse görs med system med omkopplingsbara luft/vattenvärmepumpar.
  - För kontoret visade sig systemlösningen med en omkopplingsbar luft/vattenvärmepump och systemlösningen med en vätska/vattenvärmepump, kopplat mot ett ”borrhålslager”, ungefär likvärdiga kostnadsmässigt. Den sistnämnda (med ”borrhålslager”) visade sig dock vara fördelaktig energimässigt och därmed även miljömässigt.
  - Det visade sig ej bli ekonomiskt lönsamt att installera alltför många fläktkonvektorer i flerbamiljshuset. Det visade sig mer kostnadsmässigt fördelaktigt att dimensionera dem för en framledningstemperatur på 45°C istället för 35°C.
  - Särskilt konkurrenskraftiga blir värmepumpslösningar i de fall där det finns ett samtida värme- och kylbehov i fastigheten, men även i de fall där värmebehovet dominerar under en del av året och kylbehovet under en annan.
  - Värmepumpslösningar kommer med stor sannolikhet att vara kostnadsmässigt konkurrenskraftiga mot fjärrvärme/fjärrkyla-lösningar i större fastigheter. Ofta även om anslutning till fjärrvärme redan finns.



Hur stor dess miljöpåverkan antas vara beror på hur elen värderas miljömässigt.

- System som kombinerar värmepumpar med sol är energi- och miljömässigt bra, men visar sig i denna studie inte bli riktigt kostnadseffektiva. Återladdning med ventilationsluft blir eventuellt ett mer kostnadseffektivt sätt att återladda borrhålen, jämfört med att göra det med hjälp av en solfångare.
- Alla utvärderade värmepumpslösningar visade sig leda till en lägre miljöpåverkan jämfört med fjärrvärme om elen antogs vara producerad enligt bolagens produktionsmix eller om elen antas vara producerad som sådan ”miljövänlig el” som kunden har möjlighet att välja (Bra Miljöval, vindkraft, vattenkraft). Fjärrvärme leder däremot till en lägre miljöpåverkan jämfört med de föreslagna värmepumpslösningarna om elen antas vara producerad enligt någon form av marginalproduktion.

## 10.1 Hur långt kan man nå idag med state of the art teknik?

För att de systemlösningar som beskrivits och utvärderats i denna rapport ska bli verklighet, krävs utveckling av komponenter, framförallt varvtalsstyrda kompressorer. Idag finns varvtalsstyrda kompressorer för större värmepumpar och det börjar komma exempel på luft/vattenvärmepumpar 15 kW-klassen som kan bibehålla sin nominella effekt ner till -15°C utomhus. De mindre luft/luftvärmepumparna har ofta varvtalsstyrda kompressorer, men det är fortfarande rätt ont om dem när det gäller luft/vatten och vätska/vattenvärmepumpar med storlekar för de typiska enfamiljshusen, 5 – 12 kW. Effektivare pumpar och fläktar behövs också. I övrigt innebär de föreslagna systemlösningarna i princip kombinationer av idag redan existerande delsystem och komponenter.

## 10.2 Identifiering av nya forskningsbehov

För att de föreslagna systemlösningarna ska kunna realiseras kommer i vissa fall att **ytterligare forskningsinsatser** att behöva göras. För det första krävs forskning och utveckling för att effektiga pumpar, fläktar och varvtalsstyrda kompressorer tas fram och kommer ut på marknaden.

För att få en klar bild av hur effektiva såväl dagens som de föreslagna systemlösningarna är i verkligheten krävs mätningar på verkliga system. Denna kunskap är en förutsättning för att kunna vidareutveckla systemen. Detta gäller bostäder men i ännu större utsträckning lokaler. Verkliga värme- och kylbehov i olika typer av lokaler skulle behöva kartläggas mer grundligt för att ta reda på hur systemen ska styras för att minimera den totala energianvändningen. En kartläggning över hur dagens styrsystem är utformade också nödvändig.

Mycket tyder på att framtidens småhus kommer att blir allt mer energieffektiva. Detta kan leda till att de värms upp i större utsträckning av direktel eftersom andra system (värmepumpar eller fjärrvärme) innebär alltför stora investeringar för att de ska blir lönsamma. För att undvika detta behöver forskning och utveckling satsas på att ta fram kostnadseffektiva små värmepumpsystem (<5 kW) som kan användas till både rumsvärmning och tappvattenvärmning.

Det finns krav på att alla nybyggda småhus ska vara mekaniskt ventilerade. Frånluftsvärmepumpar som använder denna luft som värmekälla har under de senaste

decennierna varit mycket vanliga i nybyggda småhus, men de nya byggreglerna (BBR2008) gör att dagens frånluftsvärmepumpar med stor sannolikhet inte kommer att leda till tillräckligt låg specifik energianvändning på de flesta ställen i landet. Ytterligare utredningar och undersökningar behöver göras om hur den energikälla som ventilationsluften utgör ska användas på bästa sätt. Värmning av tappvarmvatten är också en viktig fråga, eftersom den andel av värmen som används till just tappvarmvattenvärmning troligtvis kommer att bli större i framtiden.

## 11 Referenser

Akademiska hus, 2004, Kortrapport - Astronomihuset vid Lunds Universitet, Serie Energi 02.

Bennich, P., 2008, Mätningar Av Hushållsel - Ännu Mer Slutspurt, Presentation På Hearing Om Energianvändning 2008-05-27, Energimyndigheten: Stockholm.

BFS2008:20, 2008, *Boverkets Föreskrifter Om Ändring I Verkets Byggregler (1993:57) - Föreskrifter Och Almänna Råd, BBR 16*, Boverket,

CIT, Energy Management AB, 2007, Bv2 - Byggnadens Värmebalans I Varaktighetsdiagram, Ett Datorprogram För Beräkning Av Byggnaders Energibehov: Göteborg.

EC, 2005, *Ecodesign of EuPs Directive (2005/32/Ec)*,

Fahlén, P., 2004, Värmepumpar I Vattenburna Värmesystem - Effektiva Lösningar Med Värme Och Varmvatten Vid Konvertering Av Elvärmda Småhus, En Slutrapport Från Eff-Sys,

FEBY, 2008, Kravspecifikation För Passivhus I Sverige— Energieffektiva Bostäder,

*F-Gasförordningen*, 2007

Forsling, P., 2008, muntlig kommunikation.

IPCC, 2007, "Climate Change 2007", the Fourth Ipcc Assessment Report.,

Karlsson, F., 2007, Capacity Control of Residential Heat Pump Systems, Chalmers University of Technology.

Karlsson, F., Axell, M., and Fahlén, P., 2003, Heat Pump Systems in Sweden - Country Report for Iea Hpp Annex 28, SP Swedish National Testing and Research Institute,

Kjellsson, E., 2004, Solvärme I Bostäder Med Analys Av Kombinationen Solfångare Och Bergvärmepump, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet.

Naumov, J., 2005, Optimization of Ground-Coupled Systems for Heating and Cooling of Buildings, Chalmers University of Technology.

Persson, T. 2008, Koldioxidvärdering av energianvändning - Vad kan du göra för klimatet, Underlagsrapport Statens Energimyndighet.

REPAB, 2006, *Checklista ; Underhållskostnader, Repab Fakta*, Repab, Mölndal.

Rolfsman, L., 2008, muntlig kommunikation.

SBN1980, 1980, *Svensk Byggnorm 1980*, 2 ed., Statens planverk, Stockholm.

SCB, 2006, Energistatistik För Flerbostadshus 2006

SCB, 2006, Energistatistik För Lokaler 2006

SCB, 2006, Energistatistik För Småhus 2006

SMHI, 2008, <http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=8785&l=sv>.

SS-EN14511, 2007, *Luftkonditioneringsaggregat, Vätskekylare och Värmepumpar, med elmotordrivna kompressorer, för rumsuppvärmning och kylning, Del 1-4 2ed.*, SIS

SS 2620, 1988, *Värmeutrustning – Värmepumpar – Fältprovning och prestandaredovisning*, SIS.

Stengård, L., 2008, *Många Kranar Små – Mätning Av Kall- Och Varmvattenanvändning I Hushåll*.

Wahlström, Å., and Hiller, C., 2008, *Uppdatering Av Miljöbedömningsprogrammet Effem*, Elforsk, Oktober.

Wahlström, Å., Nordman, R., and Pettersson, U., 2008, *Mätning Av Kall- Och Varmvatten I Tio Hushåll*, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut,

Wahlström, Å., and Olsson-Jonsson, A., 2002, *Miljöpåverkan Från Byggnaders Uppvärmningssystem: Etapp 2*, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut,

Wahlström, Å., Olsson-Jonsson, A., and Ekberg, L., 2001, *Miljöpåverkan Från Byggnaders Uppvärmningssystem*, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut,

## Appendix A Statistik över energianvändningen i fastighetsbeståndet

**Tabell A.1.** Uppvärmad yta för småhus uppdelat på uppvärmningssätt angivet i miljoner m<sup>2</sup> (SCB, 2006)

### Småhus

	Fjärr- värme	El (d)	El (v)	Berg/jord/ sjövärmepump	Olja	Olja +el	Olja+ bio- bränsle	Olja+ bio- bränsle +el	Bio- bränsle +el (d)	Bio- bränsle +el (v)	Övriga	Samtliga
-1940	2,1	2,6	2	4,2	2,6	1,6	2,4	4	11,9	12,8	12,1	58,3
1941-1960	2,2	0,6	2,8	2,2	0,8	1,2	1,4	2,6	2,2	5,9	6	27,9
1961-1970	3,3	3,6	3,9	2,1	1,3	1,5	0,9	0,8	3,8	3,2	6,7	31,1
1971-1980	5,2	18,2	3	1,3	0,2	0,4	0,9	1,4	11,4	4,5	5,6	52,1
1981-1990	1,7	2,1	5,8	0,6	0	0	0	0,1	2,4	5,4	2	20,1
1991-2000	0,4	0,3	2,9	0,3	0	0	0	0	0,9	3,2	0,8	8,8
2001-	0,5	0,1	1,8	0,4	0	0	0	0	0,1	1,8	1,1	5,8
Samtliga	15,5	26,8	22,2	11	5,1		5,7	9	32,7	36,7	34,3	204,10

**Tabell A.2.** Uppvärmad yta för flerbostadshus uppdelat på uppvärmningssätt angivet i miljoner m<sup>2</sup> (SCB, 2006)

### Flerbostadshus

	Fjärrvärme	Naturgas/stadsgas	El	Olja	Övriga	Samtliga
-1940	17,5	0,2	0,8	0,6	6,4	25,5
1941-1960	30,2	0,2	0,2	1,1	6,2	37,9
1961-1970	33	0,3	0,2	0,6	5,5	39,6
1971-1980	16	0	1,4	0,1	2	19,5
1981-1990	10,3	0,3	1,6	0	2,9	15,1
1991-2000	5,8	0,2	0,7	0	3,4	10,1
2001-	2,5	0,2	0	0	0,5	3,2
Uppgift saknas	6,6	0,2	0,3	0	1,1	8,2
Samtliga	121,9	1,6	5,2	2,4	28	159,1

**Tabell A.3.** Uppvärmad yta för lokaler uppdelat på uppvärmningssätt angivet i miljoner m<sup>2</sup> (SCB, 2006)

miljoner m2 (SCB 2006)	Lokaler								
	Fjärrvärme	Naturgas/stadsgas	El	Olja	Olja+el	Flis/spån+el	Pellets+el	Övriga	Samtliga
-1940	12,9	0,2	1,2	0,8	0,6	0	0,2	4,8	20,7
1941-1960	10,6	0,2	0,4	0,6	0,4	0	0,1	2,8	15,1
1961-1970	14,6	0,1	0,6	0,5	0,5	0	0,1	5,5	21,9
1971-1980	13,5	0	1,8	0,4	0,6	0	0	5,8	22,1
1981-1990	8,2	0,3	2,1	0,4	0,2	0	0	3,7	14,9
1991-2000	5,9	1,2	0,8	0,2	0,2	0	0,1	1,7	10,1
2001- Uppgift saknas	2,8	0	0,3	0	0	0	0,1	1,3	4,5
Samtliga	77,5	3,6	8,5	3,7	3,6	0,1	0,8	34,1	131,5

**Tabell A.4.** Energianvändning för uppvärmning och tappvatten uppdelat på energislag (TWh)

	Småhus	Flerbostadshus	Lokaler
Olja	3,4	1,5	1,6
Fjärrvärme	4,7	24,3	12,2
El (d)	5,4	0,5	1,1
El (v)	5,6	0,4	1,1
El till värmepump	3,4	0,5	0,9
El (ospec)	8,1	0,7	0,2
Naturgas	0,4	0,4	0,4
Ved, flis, spån, pellets	10,3	0,2	0,5
Övrigt	0,8	0	0,2
Summa	42,1	28,5	18,2

**Tabell A.5.** Genomsnittlig energianvändning och uppvärmd yta i procent för olika hustyper

	Småhus	Flerbostadshus	Lokaler
Genomsnittlig energianvändning, kWh/m <sup>2</sup>	158,7	156,0	143,9
Procent av totala arean	45,4%	31,6%	23,0%
Ytprocent	46,6%	31,9%	21,5%

**Tabell A.6.** Genomsnittlig energianvändning och uppvärmd yta i procent för småhus

	kWh/m <sup>2</sup>	% av beståndet
	Småhus	Småhus
-1940	184	28,44%
1941-1960	172	13,39%
1961-1970	152	14,84%
1971-1980	140	25,93%
1981-1990	144	10,08%
1991-2000	139	4,41%
2001-	121	2,91%

**Tabell A.7.** Uppvärmad area i småhus uppdelat på byggår och uppvärmningssätt angivet i miljoner m<sup>2</sup> (SCB, 2006).

	Fjärrvärme	El (d)	El (v)	Berg/jord/ Sjövärme- pump	Olja	Olja+ biobränsle	Olja+ biobränsle +el	Biobränsle+ el (d)	Biobränsle+ el (v)	Övriga
-1940	2,1	2,6	2	4,2	2,6	2,4	4	11,9	12,8	12,1
1941-1960	2,2	0,6	2,8	2,2	0,8	1,4	2,6	2,2	5,9	6
1961-1970	3,3	3,6	3,9	2,1	1,3	0,9	0,8	3,8	3,2	6,7
1971-1980	5,2	18,2	3	1,3	0,2	0,9	1,4	11,4	4,5	5,6
1981-1990	1,7	2,1	5,8	0,6	0	0	0,1	2,4	5,4	2
1991-2000	0,4	0,3	2,9	0,3	0	0		0,9	3,2	0,8
2001-	0,5	0,1	1,8	0,4	0	0		0,1	1,8	1,1
Samtliga	15,5	26,8	22,2	11	5,1	5,7	9	32,7	36,7	34,3

**Tabell A.8.** Genomsnittlig energianvändning och uppvärmd yta i procent för flerbostadshus

	kWh/m <sup>2</sup>	% av beståndet
	Flerbostadshus	Flerbostadshus
-1940	162	16,03%
1941-1960	170	23,82%
1961-1970	159	24,89%
1971-1980	158	12,26%
1981-1990	128	9,49%
1991-2000	126	6,35%
2001-	126	2,01%
Uppgift saknas	153	5,15%



**Tabell A.9.** Uppvärmad area i flerbostadshus uppdelat på byggår och uppvärmningssätt angivet i miljoner m<sup>2</sup> (SCB, 2006)

	Fjärrvärme	Naturgas/stadsgas	EI	Olja	Övriga
-1940	17,5	0,2	0,8	0,6	6,4
1941-1960	30,2	0,2	0,2	1,1	6,2
1961-1970	33	0,3	0,2	0,6	5,5
1971-1980	16	0	1,4	0,1	2
1981-1990	10,3	0,3	1,6		2,9
1991-2000	5,8	0,2	0,7		3,4
2001-	2,5	0,2	0		0,5
Uppgift saknas	6,6	0,2	0,3		1,1
Samtliga	121,9	1,6	5,2	2,4	28

**Tabell A.10.** Genomsnittlig energianvändning och uppvärmd yta i procent för lokaler

	kWh/m <sup>2</sup> Lokaler	% av beståndet Lokaler
-1940	148	15,74%
1941-1960	147	11,48%
1961-1970	159	16,65%
1971-1980	141	16,81%
1981-1990	126	11,33%
1991-2000	115	7,68%
2001-	165	3,42%
Uppgift saknas	147	16,88%

**Tabell A.11.** Uppvärmad area i lokaler uppdelat på byggår och uppvärmningssätt angivet i miljoner m<sup>2</sup> (SCB, 2006).

	Fjärrvärme	Naturgas/stadsgas	El	Olja	Olja+el	Flis/spån+el	Pellets+el	Ved+el	Övriga
-1940	12,9	0,2	1,2	0,8	0,6	0	0,2		4,8
1941-1960	10,6	0,2	0,4	0,6	0,4	0	0,1		2,8
1961-1970	14,6	0,1	0,6	0,5	0,5	0	0,1		5,5
1971-1980	13,5	0	1,8	0,4	0,6	0	0		5,8
1981-1990	8,2	0,3	2,1	0,4	0,2	0	0		3,7
1991-2000	5,9	1,2	0,8	0,2	0,2	0	0,1		1,7
2001- Uppgift saknas	2,8	0	0,3	0	0	0	0,1		1,3
Samtliga	77,5	3,6	8,5	3,7	3,6	0,1	0,8	0,1	34,1

**Tabell A.12.** Uppvärmad area i lokaler uppdelat på byggår och olika ägare angivet i miljoner m<sup>2</sup> (SCB, 2006).

Lokaler, miljoner m <sup>2</sup>	Staten	Landsting	Kommuner	Aktiebolag	Fysisk person	Övriga ägare
Byggår						
-1940	1,3	0,6	3	9,5	1,1	5,1
1941-1960	0,5	1,6	4,1	6,2	0,4	2,4
1961-1970	0,4	3,6	4,5	9,8	0,5	3
1971-1980	0,7	2,7	4,4	11,3	0,5	2,6
1981-1990	0,2	1,3	2,6	7,8	0,4	2,7
1991-2000	0,5	0,3	1,7	5,1	0,1	2,2
2001- Uppgift saknas	0,1	0	0,5	2,5	0	1,3
Samtliga	3,5	0	8,7	5,9	0,2	3,4
	7,2	10,1	29,5	58,1	3,2	22,7

**Tabell A.13.** Genomsnittlig energianvändning uppvärmning och tappvatten för lokaler uppdelat på lokaltyp angivet i kWh/m<sup>2</sup>,år (SCB, 2006)

Typ av lokal	-1940	1941- 1960	1961- 1970	1971-1980	1981-1990	1991- 2000	2001-	Uppgift saknas	Samtliga
Bostäder	0.7	0.5	0.4	0.3	0.5	0.3	0.2	0.7	3.6
Hotell, elevhem	1.7	0.5	0.6	0.8	0.7	0.2	0.1	0.4	5
Restaurang	0.6	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.5	2.1
Kontor och förvaltning	7.1	3.5	4.5	5.2	4.9	2.9	1.2	2.4	31.7
Livsmedelshandel	0.5	0.4	1.2	1.4	0.3	0.4	0.5	0.2	4.9
Övrig handel	1.2	1.1	2.4	2.3	1.5	1.3	1	0.4	11.2
Vård	1.3	2.6	5.5	3.6	2.4	1.3	0.4	2.4	19.5
Skolor	3.5	4.5	4.7	4.1	2.2	1.5	0.5	9.8	30.8
Bad- sport- idrotssanl.	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8	0.3	0.1	1.9	5.2
Kyrkor, kapell	1	0.2	0.2	0.3	0.2	0	0	0.5	2.4
Teater, konsert, biograf	2	0.4	0.6	0.3	0.4	0.1	0.2	1.4	5.4
Varmgarage	0.2	0.5	0.4	0.4	0.2	1	0.1	0.5	3.3
Övriga lokaler	0.4	0.5	0.5	2.7	0.5	0.5	0	0.8	5.9

**Tabell A.14.** Använd energimängd uppvärmning och tappvatten för lokaler uppdelat på lokaltyp och byggår angivet i TWh/år.

Typ av lokal	-1940	1941- 1960	1961- 1970	1971-1980	1981-1990	1991- 2000	2001-	Uppgift saknas	Samtliga
Bostäder	149	165	144	160	144	159	122	149	150
Hotell, elevhem	183	158	159	153	169	170	150	189	170
Restaurang	180	179	180	168	172	172	202	198	179
Kontor och förvaltning	128	123	135	111	101	93	106	129	118
Livsmedelshandel	160	118	137	146	150	138	146	119	142
Övrig handel	112	125	135	126	104	103	115	128	120
Vård	144	143	161	148	131	147	162	158	149
Skolor	151	154	161	150	123	121	123	144	147
Bad- sport- idrotssanl.	141	141	239	153	153	135	72	193	173
Kyrkor, kapell	146	119	137	101	75	0	0	122	126
Teater, konsert, biograf	131	172	111	152	111	100	147	134	132
Varmgarage	113	154	125	149	90	48	66	50	92
Övriga lokaler	147	128	177	106	117	116	97	162	126

8a Vilket/vilka uppvärmningssätt har använts under 2006?	a	b
b Vilka övriga fungerande sätt finns som <i>inte</i> använts 2006?	Har använts 2006	Finns men har <i>inte</i> använts 2006
1 El (vattenburna system) .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 El (direktverkande system) .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Värmepump (berg/jord/sjö) .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Värmepump (luft-vatten/frånluft) .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Värmepump (luft-luft) .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Oljepanna .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 Vedpanna .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8 Flis/spån/pellets/briketter panna .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9 Naturgas/stadsgas .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10 Fjärrvärme .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11 Närvärme (annan panncentral) .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12 Kakelugn/braskamin/pelletsamin/vedspis .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13 Öppen spis .....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Antal värmepumpar om mer än en

Har ackumulatortank använts?  Ja

Figur 11.1: Enkät SCB - Småhus

6 Vilket eller vilka uppvärmningssätt finns och har använts på taxeringsenheten under år 2006?

	a) Har använts under 2006	b) Finns, men har ej använts under år 2006	
1 El (vattenburen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2 El (direktverkande)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3 El (luftburen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4 Värmepump (berg/jord/sjö)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Antal värmepumpar: <input type="text"/>
5 Värmepump (luft – vatten, frånluft/återvinning)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
6 Värmepump (luft – luft)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
7 Eldningsolja nr 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8 Annan eldningsolja (utom bioolja)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9 Ved	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10 Flis/spån	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11 Pellets	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12 Naturgas/stadsgas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13 Fjärrvärme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14 Solvärmepanel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15 Annat, ange vad (t.ex. närvärme, bioolja, biogas)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Skriv i rutan till höger:

Figur A.1. Del av enkät från SCB för flerbostadshus.

**8 Vilket eller vilka uppvärmningssätt finns och har använts på taxeringsenheten under år 2006?**

	<b>a Har använts under 2006</b>	<b>b Finns, men har <u>ej</u> använts under år 2006</b>	
1 El (vattenburen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2 El (direktverkande)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3 El (luftburen)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Antal värmepumpar:
4 Värmepump (berg/jord/sjö)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
5 Värmepump (luft – vatten, frånluft/återvinning)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
6 Värmepump (luft – luft)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="text"/>
7 Eldningsolja nr 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
8 Annan eldningsolja (utom bioolja)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
9 Ved	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
10 Flis/spån	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
11 Pellets	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
12 Naturgas/stadsgas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
13 Fjärrvärme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
14 Solvärmepanel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
15 Annat, ange vad (t.ex. närvärme, bioolja, biogas)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Skriv i rutan till höger:

**Figur A.2.** Del av enkät från SCB för lokaler.

## Appendix B Bakgrundsdata för kostnadsuppskattningar

### El

Statistik på elpriset från 2008 för både el- och elnätspriser från Energimyndigheten:

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Energifakta/Statistik/Svensk-statistik/Energipriser/El-och-elnat---priser/>

### Fjärrvärme

Pris på fjärrvärme från Nils Holgersson rapporten 2008, bilaga 1 och 2.

<http://www.nilsholgersson.nu/LaddaNer.asp>

### Fjärrvärme anslutningsavgift

Anslutningsavgiften är baserad på uppgifter från internet för följande orter:

#### Villa

	Anslutningsavgift
Luleå	8 000
Göteborg	-
Göteborg	130 000
Sorsele	38 000
Stockholm?	60 000
Kisa	31 850
Linköping	31 850
Köping	40 000
Borgholm	125 000

#### Företag, flerbostadshus (exkl. moms)

	Kontoret	Flerbostadshuset
Linköping	70 000	82 000
Ystad	18 000	22 000
Kisa	50 000	126 000
Borgholm	20 000	64 000
Karlskrona	41 000	132 000
<b>Medel</b>	<b>39 800</b>	<b>85 200</b>
<b>Ca</b>	<b>40 000</b>	<b>85 000</b>

<http://www.sr.se/ekot/artikel.asp?artikel=799492>

<http://www.sorsele.se/print.asp?pageid=5264>

<http://www.ystad.se/ystadweb.nsf/AllDocuments/CF5AA8E34B76A04BC1256AFE0056B15D>

<http://www.tekniskaverken.se/kundservice/prislistor/fjarrvarme/kisa/>

<http://www.tekniskaverken.se/kundservice/prislistor/fjarrvarme/linkoping/smahus/index.xml>

<http://www.koping.se/kopingtemplates/Page.aspx?id=2854>

<http://www.borgholmenergi.se/index.php?placid=149&template=0&parent=5>

mfl.

## Fjärrvärmecentral

	Villa	företag
Fjärrvärmecentral	17 500	100 000

<http://www.dinvvsbutik.se/cetetherm-mini-alfa-laval-komplett-fjarrvarmecentral-p-9908584.html>

<http://www.veab.se/Byte-fjaerrvaermecentral.aspx>

[http://kopochsalj.eniro.se/query/id/U2529672Y19432337/what/gti\\_info/tpl/bas\\_front](http://kopochsalj.eniro.se/query/id/U2529672Y19432337/what/gti_info/tpl/bas_front)

### Summapris Villa

Central + anslutningsavgift: 50 000 SEK

### Summapris Kontor

Central + anslutningsavgift: 140 000 SEK

### Summapris Flerbostadshus

Central + anslutningsavgift: 185 000 SEK

## Fjärrkyla

Priset på fjärrkyla varierar stort. Uppgiften nedan är hämtat från Jönköpings Energi (vars fjärrkyla främst kommer från frikyla via sjö eller vattendrag). Uppgiften är från år 2003.

2500 SEK/kW i anslutningskostnad

0,1 SEK/kWh

250 SEK/kW och år

## Fläktkonvektor

Märke	Modell	Info	Värmeeffekt (W)	Kyleffekt (W)	Max luftmängd (m <sup>3</sup> /h)	Pris (exkl. moms)		
Pyrox	PLE 5	Spänning 230V	500			1572	http://www.pyrox.se/	
Pyrox	PLE 8	Spänning 230V	800			1640		
Pyrox	PLE 10	Spänning 230V	1000			1700		
Pyrox	PLE 12	Spänning 230V	1200			1872		
Pyrox	PLD 5	Spänning 400V	500			1656		
Pyrox	PLD 8	Spänning 400V	800			1700		
Pyrox	PLD 10	Spänning 400V	1000			1740		
Pyrox	PLD 12	Spänning 400V	1200			1920		
Aircoil	Omnia UL 11	manuell hast. omkopplare	605-835-1150			2740		http://www.aircoil.se/
Aircoil	Omnia UL 16	manuell hast. omkopplare	900-1240-1700			3010		
Aircoil	Omnia UL 26	manuell hast. omkopplare	1720-2280-2750			3560		
Aircoil	Omnia UL 36	manuell hast. omkopplare	205-2905-3540			3910		
Aircoil	Omnia UL 11 C	elektronisk temp. reglering	605-835-1150			3840		
Aircoil	Omnia UL 16 C	elektronisk temp. reglering	900-1240-1700			4100		
Aircoil	Omnia UL 26 C	elektronisk temp. reglering	1720-2280-2750			4660		
Aircoil	Omnia UL 36 C	elektronisk temp. reglering	205-2905-3540			5000		
Eveco	UN-MPP15	golvmödel	1380-1530-1950	Max 1610	150-172-231	2800	dinvvsbutik.se	
Eveco	UN-MPP22	golvmödel	3050	Max 2360	245-329-393	3200	dinvvsbutik.se	
Eveco	UN-MVP 15	golv alt. V ägg	1820		1500 238	2824	vvs-boden.se	
Eveco	UN-MVP 28	golv alt. V ägg	3670		2700 483	3038	vvs-boden.se	

Eveco prislista:

<http://www.eveco.se/prislista/priser.pdf>

Pris 3775 SEK/st har valts utifrån Evecos modell UN-MVP 10 pga att det är den modellen vi har räknat på.



<b>Fläktkonvektorer för värme, kyla, ventilation</b>										
UN-MPP = väggmodell med luftintag nedåt. UN-MRF = väggmodell, luftintag framåt Värmeeffekt vid vattentemp. 50° C, rumstemperatur +20°C, fläktläge 3 Kyl-effekt vid vattentemp. +7° C, rumstemperatur +27°C, fläktläge 3										
Modellstorlek		10	15	19	22	28	33	40	48	60
Värme/Kyla	(Max) kW/kW	1,44/1,07	2,04/1,52	2,52/1,92	3,04/2,21	3,74/2,76	4,33/3,32	4,88/3,99	6,27/4,80	7,96/6,04
Luftmängd	(Max) m³/h	180	231	339	393	469	570	609	894	1077
<b>Med hölje</b>										
Väggmodell, luftintag nedåt.	UN-MVP	3 775:-	3 925:-	4 090:-	4 365:-	4 580:-	4 965:-	5 185:-	6 360:-	7 375:-
Välj reglerpanel WKxxxx	RSK	6729044	6729045	6729046	6729047	6729048	6729049	6729050	6729051	6729052
Väggmodell, luftintag framåt. Välj reglerpanel WKxxxx	UN-MVT	4 295:-	4 540:-	4 820:-	5 100:-	5 295:-	5 785:-	6 010:-	7 310:-	8 360:-
Takmodell med luftintag bakåt separat reglering	UN-MOP	4 530:-	4 670:-	4 950:-	5 225:-	5 445:-	5 895:-	6 095:-	7 480:-	8 550:-
Takmodell med luftintag nedåt separat reglering	UN-MOT	4 750:-	5 025:-	5 335:-	5 640:-	5 830:-	6 370:-	6 590:-	8 050:-	9 160:-
<b>Utan hölje</b>										
Väggmodell, luftutblås uppåt separat reglering	UN-IVP	3 450:-	3 660:-	3 880:-	4 100:-	4 295:-	4 635:-	4 845:-	5 835:-	6 815:-
Väggmodell, luftutblås framåt. separat reglering	UN-IVF	3 560:-	3 770:-	3 960:-	4 160:-	4 395:-	4 730:-	4 940:-	6 055:-	6 925:-
Takmodell, luftintag bakåt, separat reglering	UN-IOP	3 845:-	4 025:-	4 270:-	4 500:-	4 700:-	5 070:-	5 275:-	6 420:-	7 430:-
<b>Tillbehör som monteras på fabriken</b>										
Kondensskål, koppel, vertikal	VAV									
Kondensskål, koppel, horisontell	VAO									
Vattenbatteri, extra	UNB4	990:-	1 080:-	1 080:-	1 285:-	1 285:-	1 555:-	1 555:-	1 815:-	1 815:-
Elektrisk tillsatsvärme	RE	2 650:-	2 650:-	2 650:-	2 790:-	2 790:-	2 895:-	2 895:-	2 925:-	2 925:-

### Installation fläktkonvektor

Antaget pris: 6000\*0,8= 4800 SEK (exkl. moms)

Källa:

[http://www.sunne.se/upload/Energi\\_sopor\\_vatten/Energir%C3%A5dgivning/Faktabladdirektel.pdf](http://www.sunne.se/upload/Energi_sopor_vatten/Energir%C3%A5dgivning/Faktabladdirektel.pdf)

### Solfångare

#### Vakuumrör solfångare

Företag	Produkt	Area	Pris (exkl moms)	Pris/m2
Intelli-heat	18/58x1800 med returrör kompl.	1,71	8 945	5 231
Intelli-heat	24/58x1800 med returrör kompl.	2,28	10 790	4 732
Intelli-heat	18/58x1800 kompl.	1,71	8 250	4 825
Intelli-heat	24/58x1800 kompl.	2,28	9 995	4 384
Cirotech	CPC 9	1,90	6 840	3 600
Cirotech	CPC 15	3,20	11 160	3 488
Cirotech	CPC 21	4,50	18 520	4 116
Climatec	schablon	1,00	3 600	3 600
ExoHeat	VA1858 Zenit RF SP	2,24	9 400	4 196
			<b>Medelpris per m2</b>	<b>4 241 SEK/m2</b>

<http://www.cirotech.se/prislista.htm>

[http://www.solenergiteknik.se/rwdx/files/Produktkatalog\\_2008\\_IntelliHeat\\_LowRes\\_rgb.pdf](http://www.solenergiteknik.se/rwdx/files/Produktkatalog_2008_IntelliHeat_LowRes_rgb.pdf)

<http://www.climatec.se/index.asp?sida=sol>

#### Installation solfångare

<http://biphpost.spray.se/niklas.samuelsson/products.htm>

<http://www.byggvard.com/>

#### Frånluftmodul - Thermia Vent

Pris 13 600 enligt värmepumpsforum på nätet:

<http://www.varmepumpsforum.com/vpforum/index.php?topic=20450.0:all>

**Frånluftsmodul, större fastigheter (uppgifter från värmepumpstillverkare)**

Installation av frånluftsmodul: 7 -1000 SEK/kW värmepump (om frånluftvärmepump)

Material frånluftsmodul: 100 – 150 000 SEK för en 25 kW värmepump (om frånluft)

**Varmvattenberedare****Prislista varmvattenberedare**

Data från Nibe.se samt Byggherren.se 090121

Företag	Modell	Material	Volym	Pris (inkl moms)	Pris (exkl. moms)	Pris/ (exkl moms)
Nibe	Eminent	Emalj	35	3750	3000	86
Nibe	Eminent	Emalj	55	4875	3900	71
Nibe	Eminent	Emalj	100	5750	4600	46
Nibe	Eminent	Koppar	35	4157	3325,6	95
Nibe	Eminent	Koppar	55	5532	4425,6	80
Nibe	Eminent	Koppar	100	6375	5100	51
Nibe	Eminent	Rostfritt	35	4344	3475,2	99
Nibe	Eminent	Rostfritt	55	5658	4526,4	82
Nibe	Eminent	Rostfritt	100	6625	5300	53
Nibe	Compact	Emalj	185	8750	7000	38
Nibe	Compact	Emalj	275	9032	7225,6	26
Nibe	Compact	Koppar	90	8907	7125,6	79
Nibe	Compact	Koppar	185	9750	7800	42
Nibe	Compact	Koppar	275	10313	8250,4	30
Nibe	Compact	Koppar m steatitpatron	185	10750	8600	46
Nibe	Compact	Koppar m steatitpatron	275	11219	8975,2	33
Nibe	Compact	Rostfritt	145	9875	7900	54
Nibe	Compact	Rostfritt	185	10563	8450,4	46
Nibe	Compact	Rostfritt	275	11219	8975,2	33
Nibe	sol	Koppar	275	12500	10000	36
Nibe	ES 160	Koppar	160	7625	6100	38
Nibe	ES210	Koppar	210	8875	7100	34
Nibe	ES300	Koppar	270	10750	8600	32
Nibe	ES500	Koppar	500	17063	13650,4	27
Nibe	EL-R 150	Koppar	150	10500	8400	56
Nibe	EL-R 230	Koppar	230	12625	10100	44
Nibe	EL-R 300	Koppar	300	14750	11800	39
Hajdu			100	3149	2519,2	25
Hajdu			150	3649	2919,2	19
Hajdu			200	3869	3095,2	15
Hajdu			30	2099	1679,2	56
Hajdu			50	2619	2095,2	42
Hajdu			75	2849	2279,2	30
Metor			200	10050	8040	40
Metor			300	10290	8232	27
Oso		Rostfritt	300	9540	7632	25
Oso	mini		55	4379	3503,2	64
					Medelpris:	47

SEK/l

<http://www.byggherren.se/index.php?cPath=67&osCsid=24057325c11d597679f60f5acacfba73>

### **Värmepumpar**

Underlag för prisuppgifter för värmepumpar är hämtade från prisjakt.nu, sidan innehöll 2009-01-29 297 olika produkter från 130 butiker.

[http://www.prisjakt.nu/kategori.php?k=1046&o=tillv\\_pop\\_produkt\\_namn&s=0](http://www.prisjakt.nu/kategori.php?k=1046&o=tillv_pop_produkt_namn&s=0)

### **Borrhålskostnader**

KVC: <http://www.kylochvarmecenter.se/Paketpriser-priser.htm>

Värmepumpsforum:

<http://www.varmepumpsforum.com/vpforum/index.php?action=printpage;topic=20943.0>

och <http://www.byggahus.se/forum/vaermepumpar/31384-offertfinal-bergvarme-nibe-vs-ivt.html>

PL rörteknik: [http://www.plrorteknik.se/bergvarme\\_standardinstallation.asp](http://www.plrorteknik.se/bergvarme_standardinstallation.asp)

### **Installation värmepumpar**

#### **VVVP**

Priset är en uppskattning baserat på bland annat (samt diskussioner med tillverkare):

<http://www.ho.tranas.se/YRK/InstBergvarme.pdf>

16 000 SEK exkl. moms (installation samt rördragning inne och ute)

#### **LVVP**

Samma pris som för VVVP har antagits.

#### **LLVP**

Forum på nätet:

<http://www.byggahus.se/forum/vaermepumpar/30994-vad-kostar-installation-av-en-luft-luft-vaermepump.html>

Detta forum hittades efter priset bestämts men innehöll matnyttig information:

<http://debatt.passagen.se/show.fcgi?category=3000000000000009&conference=1050000000000156&posting=19500000002078634>

4000 SEK (exkl. moms)



## Appendix C Miljöutvärdering av systemlösningar

Tabell. C.1. Använd energi för värmning och kylning

Byggnadsscenario	Uppvärmning	Kylning	Uppvärmning värmepump etc. (kWh/år)	Uppvärmning ref fjärrvärme (kWh/år)	Energibehov för kylning (kWh/år)
Enfamiljshus scen 2, bef	LVVP	-	1,797	5,519	
Enfamiljshus scen 2, bef	LVVP + sol	-	1,206	5,519	
Enfamiljshus scen 2, bef	LLVP + sol	-	1,721	5,519	
Enfamiljshus scen 2, bef	LVVP + frånluft vent.	-	3,235	10,504	
Enfamiljshus scen 2, bef	LVVP + sol + frånluft vent.	-	2,646	10,504	
Enfamiljshus scen 2, bef	LLVP + sol + frånluft vent.	-	3,085	10,504	
Enfamiljshus scen 2, ny	LVVP	-	1,918	6,568	
Enfamiljshus scen 2, ny	VVVP	-	1,476	6,568	
40-talsvilla, scen 2, bef	VVVP	-	2,082	9,882	
40-talsvilla, scen 2, bef	VVVP + frånluft vent.	-	2,630	17,243	
40-talsvilla, scen 2, bef	VVVP + solfångare	-	1,567	9,882	
Flerfamiljshus scen 2, bef	VVVP	-	35,430	158,221	
Flerfamiljshus scen 2, bef	VVVP + solfångare	-	27,517	158,221	
Flerfamiljshus scen 2, ny	VVVP (35°C)	-	20,349	89,716	
Kontor scen 2, bef	LVVP	Frikyla	14,190	46,311	1,089
Kontor scen 2, bef	LVVP	Komp. kyla, enbart kyla	14,190	46,311	20,820
Kontor scen 2, bef	LVVP	Komp. kyla, kyla & värme	14,190	46,311	12,492
Kontor scen 2, bef	LVVP	Absorptionskyla	14,190	46,311	53,490
Kontor scen 2, bef	LVVP	Fri + Komp. kyla via LVVP	14,190	46,311	7,120
Kontor scen 2, bef	VVVP	Fri + Komp kyla via VVVP	8,612	46,311	70

Tabell C.2. Utsläpp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter under ett års uppvärmning

Byggnadsscenario	Uppvärmning	GWP (kg CO <sub>2</sub> -eq/år)											
		EI							Fjärrvärme				
		EL (vind)	EL (vatten)	EI (kärnkraft)	EI Vattenfall mix	EI Eon mix	EI Fortum mix	EI 40% kolkondens, 60% naturgas kraftvärme	EI 100% kolkondens	FJV Malmö mix	FJV Göteborg mix	FJV Stockholms mix	FJV (marginal)
Enfamiljshus scen 2, bef	LVVP	23	10	7	10	146	113	1,195	1,842	591	171	602	607
Enfamiljshus scen 2, bef	LVVP + sol	16	7	4	6	98	76	802	1,236	591	171	602	607
Enfamiljshus scen 2, bef	LLVP + sol	22	9	6	9	139	108	1,144	1,764	591	171	602	607
Enfamiljshus scen 2, bef	LVVP + frånluft vent.	42	18	12	17	262	204	2,151	3,316	1,124	326	1,145	1,155
Enfamiljshus scen 2, bef	LVVP + sol + frånluft vent.	34	15	10	14	214	167	1,760	2,712	1,124	326	1,145	1,155
Enfamiljshus scen 2, bef	LLVP + sol + frånluft vent.	40	17	12	16	250	194	2,052	3,162	1,124	326	1,145	1,155
Enfamiljshus scen 2, ny	LVVP	25	11	7	10	155	121	1,275	1,966	703	204	716	722
Enfamiljshus scen 2, ny	VVVP	19	8	6	8	120	93	982	1,513	703	204	716	722
40-talsvillan, scen 2, bef	VVVP	27	11	8	11	169	131	1,385	2,134	1,057	306	1,077	1,087
40-talsvillan, scen 2, bef	VVVP + frånluft vent.	34	14	10	14	213	166	1,749	2,696	1,845	535	1,879	1,897
40-talsvillan, scen 2, bef	VVVP + solfångare	20	9	6	8	127	99	1,042	1,606	1,057	306	1,077	1,087
Flerfamiljshus scen 2, bef	VVVP	461	195	132	187	2,870	2,232	23,561	36,316	16,930	4,905	17,246	17,404
Flerfamiljshus scen 2, bef	VVVP + solfångare	358	151	103	146	2,229	1,734	18,299	28,205	16,930	4,905	17,246	17,404
Flerfamiljshus scen 2, ny	VVVP (35°C)	265	112	76	108	1,648	1,282	13,532	20,858	9,600	2,781	9,779	9,869
Kontor scen 2, bef	LVVP	184	78	53	75	1,149	894	9,436	14,545	4,955	1,436	5,048	5,094
Kontor scen 2, bef	VVVP	112	47	32	46	698	543	5,727	8,827	4,955	1,436	5,048	5,094

Tabell C.3. Utsläpp av CO<sub>2</sub>-ekvivalenter under ett års kylning

Byggnadsscenario	Kyla	GWP (kg CO <sub>2</sub> -eq/år)											
		Frikyla och kompressorkyla							Absorptionskyla				
		Vindel	Vattanel	Kärnkrafts el	Vattenfall mix	Eon mix	Fortum mix	40% kolkondens, 60% naturgas kraftvärme	100% kolkondens	Malmö mix	Göteborg mix	Stockholms mix	Marginal Fjärrvärme
Kontor scen 2, bef	Frikyla	14	6	4	6	88	69	724	1,116	-	-	-	-
Kontor scen 2, bef	Komp. kyla, enbart kyla	271	114	78	110	1,686	1,312	13,845	21,340	-	-	-	-
Kontor scen 2, bef	Komp. kyla, kyla & värme	162	69	47	66	1,012	787	8,307	12,804	-	-	-	-
Kontor scen 2, bef	Absorptionskyla	-	-	-	-	-	-	-	-	5,146	1,568	5,240	7,308
Kontor scen 2, bef	LVVP Fri + Komp. kyla	93	39	27	38	577	449	4,735	7,298	-	-	-	-
Kontor scen 2, bef	VVVP Fri + Komp kyla	1	0	0	0	6	4	47	72	-	-	-	-

Tabell C.4. Primärenergiförbrukning under ett års uppvärmning

Byggnadsscenario	Uppvärmning	Primärenergi (kWh/år)			
		EI		Fjärrvärme	
		Medel el	Marginal el	Medel FJV	Marginal FJV
Enfamiljshus scen 2, bef	LVVP	2,802	4,670	4,968	5,520
Enfamiljshus scen 2, bef	LVVP + sol	2,582	4,303	4,968	5,520
Enfamiljshus scen 2, bef	LLVP + sol	2,582	4,303	4,968	5,520
Enfamiljshus scen 2, bef	LVVP + frånluft vent.	4,853	8,088	4,968	5,520
Enfamiljshus scen 2, bef	LVVP + sol + frånluft vent.	3,969	6,615	4,968	5,520
Enfamiljshus scen 2, bef	LLVP + sol + frånluft vent.	4,628	7,713	4,968	5,520
Enfamiljshus scen 2, ny	LVVP	3,218	5,363	5,902	6,558
Enfamiljshus scen 2, ny	VVVP	2,408	4,013	5,902	6,558
40-talsvilla, scen 2, bef	VVVP	3,281	5,468	8,894	9,882
40-talsvilla, scen 2, bef	VVVP + frånluft vent.	5,619	9,365	15,519	17,243
40-talsvilla, scen 2, bef	VVVP + solfångare	2,654	4,423	8,894	9,882
Flerfamiljshus scen 2, bef	VVVP	54,354	90,590	142,399	158,221
Flerfamiljshus scen 2, bef	VVVP + solfångare	42,485	70,808	142,399	158,221
Flerfamiljshus scen 2, ny	VVVP (35°C)	31,370	52,283	80,744	89,716
Kontor scen 2, bef	LVVP	21,285	35,475	41,680	46,311
Kontor scen 2, bef	VVVP	15,446	25,743	41,680	46,311

Tabell C.5. Primärenergiförbrukning under ett års kylning

Byggnadsscenario	Kyla	Primärenergi (kWh/år)			
		EI		Fjärrvärme	
		Medel	Marginal el	Medel FJV	Marginal FJV
Kontor scen 2, bef	LVVP + Fjärrkyla (Fri kyla)	1,634	2,723	-	-
Kontor scen 2, bef	LVVP + Fjärrkyla (Komp. kyla, enbart kyla)	31,229	52,049	-	-
Kontor scen 2, bef	LVVP + Fjärrkyla (Komp. kyla kyla & värme)	18,738	31,229	-	-
Kontor scen 2, bef	LVVP + Fjärrkyla (Abs. Kyla)	-	-	52,946	61,498
Kontor scen 2, bef	LVVP + (Fri & Komp kyla)	10,680	17,800	-	-
Kontor scen 2, bef	VVVP + (Fri & Komp kyla)	105	175	-	-





**SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut** utvecklar och förmedlar teknik för näringslivets utveckling och konkurrenskraft och för säkerhet, hållbar tillväxt och god miljö i samhället. Vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling. Vår forskning sker i nära samverkan med högskola, universitet och internationella kolleger. Vi är ca 870 medarbetare som bygger våra tjänster på kompetens, effektivitet, opartiskhet och internationell acceptans.



**SP är organiserat i åtta tekniska enheter och sex dotterbolag varav CBI, Glafo och JTI ägs till 60 % av SP och 40 % av industrin.**



**SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut**

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

[www.sp.se](http://www.sp.se)

Energiteknik

SP Arbetsrapport 2009:12

ISBN 91-7848-

ISSN 0284-5172