



Nästa generations klimatkyla i bostäder och lokaler

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

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Nästa generations klimatkyla i bostäder och lokaler

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

Abstract

Future comfort cooling in domestic and commercial buildings in Sweden

This report presents results from a national project on future potential for comfort cooling in the built sector. Results from an interview study are presented. Future changes in energy demand for comfort cooling in different building types based on scenarios are also presented and discussed. It is clear from the simulated results that the future need for comfort cooling will decrease due to a number of factors, including user behavior, regulations and new building codes.

Key words: buildings, comfort cooling, regulations, directive, future potential

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport 2010:50
ISBN 978-91-86319-90-8
ISSN 0284-5172
Borås 2010

Innehållsförteckning

Abstract	3
Innehållsförteckning	4
Förord	7
Sammanfattning	8
1 Begrepp	13
2 Inledning	14
3 Intervjustudie - Drivkrafter för nuvarande och framtida marknad av klimatkyla	15
3.1 Dagens system	15
3.1.1 Hustyper	15
3.1.2 Systemlösningar	16
3.1.3 Faktorer som påverkar valet av systemlösning	16
3.2 Framtida system	19
3.2.1 Utveckling av behovet av klimatkyla	19
3.2.2 Framtida samhällsuppfattning till kyla	21
3.2.3 Framtida lagutveckling	21
3.2.4 Prisutveckling för energi	22
3.3 Diskussion	22
4 Befintliga systemlösningar för klimatkyla	23
4.1 Befintliga systemlösningar	23
4.1.1 Bostäder	23
4.1.2 Flerfamiljshus	25
4.1.3 Lokaler (kontor, skolor, butiker mfl.)	26
5 Nuvarande marknadsomfattning	29
5.1 Värmepumpar	29
5.2 Fjärrkyla	30
5.3 Chillers	30
5.4 Bostäder	32
5.5 Lokaler	32
6 Kartläggning av fastighetsbeståndet	33
6.1 Sammanställning av värmebehov, kylbehov och tappvarmvattenbehov för lokaler och bostäder	33
6.2 Bostäder	36
6.2.1 Småhus (en- och tvåfamiljshus)	36
6.2.2 Flerfamiljshus	38
6.2.3 Lokaler	40
7 Kartläggning och analys av nuvarande och framtida krav	45
7.1 Beskrivning av den förväntade utvecklingen för fastighetsbestånd gällande både nybyggnation och ombyggnad	45
7.2 Analys av inverkan från nuvarande och framtida lagstiftning och direktiv på krav för framtida systemlösning	46

7.2.1	Direktivet för "Energy using products, EuP" /Eco-designdirektivet (2005/32/EC)	47
7.2.2	Energieffektivitetsdirektivet (direktiv 2006/32/EG)	50
7.2.3	F-gas-förordningen (EC Regulation No842/2006 on certain fluorinated greenhouse gases)	53
7.2.4	EPBD (2002/91/EC) och BBR	56
7.2.5	Energideklarationer för byggnader (EG-direktivet 2002/91/EG)	59
7.2.6	Utsläppsrätter	61
7.2.7	Standarder och metoder	61
7.2.8	Märkningssystem (P-märkning, DACH, Svanen)	63
8	Distributionsmetoder för kyla samt krav de ställer på framledningstemperatur och elbehov för pump- och fläkt drift	65
8.1	Val av distributionssystem beroende på lokalstorlek	66
8.2	Självreglerande kylbaffelsystem	67
9	Hur påverkar olika åtgärder på fastighetens klimatskal och interna laster framtida energi- och effektbehov?	68
9.1	Scenarier baserat på kapitel 1-3	68
9.1.1	Scenario "Miljö/Klimat" (2)	68
9.1.2	Scenario "Business as Usual" (1)	70
9.1.3	Scenario "Tillväxt" (3)	72
9.2	Typbyggnader	73
9.2.1	Enbostadshus	73
9.2.2	Flerbostadshus	74
9.2.3	Kontor	75
9.2.4	Skolor	76
9.2.5	Förändrade energibehov för typbyggnaderna för olika scenarier	78
9.3	Påverkan från enskilda parametrar	85
9.3.1	Klimatförändring	85
9.3.2	Solavskärmning	86
9.3.3	Isolering	87
9.3.4	Värmeåtervinning	87
9.3.5	Fönster	87
9.3.6	Internvärme	87
9.3.7	Brukarbeteende	87
9.3.8	Tröga, snabba, tunga, lätta konstruktioner	87
10	Kravspecifikation för komfortkyla	88
10.1	Kravspecifikation för komfortkyla i enfamiljshus	88
10.1.1	Befintliga typhus (70-talshus)	88
10.1.2	Kravspecifikation för komfortkyla i befintliga 40-talshus vid byte av befintlig bergvärmepump	89
10.1.3	Kravspecifikation för komfortkyla i nybyggda typhus år 2020	89
10.2	Kravspecifikation för komfortkyla i flerfamiljshus	89
10.2.1	Befintliga typhus (miljonprogramshus)	89
10.2.2	Nybyggda flerfamiljshus (typhus) år 2020	90
10.3	Kravspecifikation för komfortkyla i kontor	90
10.3.1	Befintligt typkontor (byggt på 80-talet)	90
10.3.2	Nybyggt kontor år 2020	90
10.4	Kravspecifikation för komfortkyla i skolor	90
10.4.1	Befintlig typskola (byggd under 80-talet)	91
10.4.2	Nybyggd skola år 2020	91

10.5	Övriga lokaler – förskolor och äldreboenden	91
11	Jämförelse av olika systemlösningars prestanda	92
11.1	Generella indata	92
11.2	Enfamiljshus	92
11.2.1	Befintliga typhus (70-talshus)	92
11.2.2	Befintliga 40-talshus vid byte av befintlig bergvärmepump	96
11.2.3	Nybyggda typhus år 2020	99
11.3	Flerfamiljshus	102
11.3.1	Befintliga typhus ("miljonprogramshus")	102
11.3.2	Nybyggda typhus	105
11.4	Kontor	108
11.4.1	Befintliga kontor	108
11.4.2	Nybyggda kontor	115
11.5	Skolor	118
11.5.1	Befintlig skola	118
11.5.2	Nybyggd skola	121
11.6	Övriga lokaltyper	123
11.7	Jämförelse av olika systemlösningars inverkan på elnätets energi och effektbalans	123
12	Jämförelse av olika systemlösningars konkurrenskraft i ett livscykelperspektiv med avseende på kostnader	124
12.1	Enfamiljshus	126
12.1.1	Befintliga enfamiljshus (70-tal)	126
12.1.2	Befintliga enfamiljshus (40-tal)	127
12.1.3	Nybyggda enfamiljshus	128
12.2	Flerfamiljshus	129
12.2.1	Befintliga flerfamiljshus	129
12.2.2	Nybyggda flerfamiljshus	130
12.3	Kontor	131
12.3.1	Befintliga kontor	131
12.3.2	Nybyggda kontor	133
12.4	Skolor	134
12.4.1	Befintliga skolor	134
12.4.2	Nybyggda skolor	134
13	Jämförelse av olika systemlösningar inverkan på miljön	136
14	Slutsatser	139
14.1	Hur långt kan man nå idag med state of the art teknik?	140
14.2	Identifiering av nya forskningsbehov	140
15	Referenser	141

Förord

Denna rapport är en slutrapport för ett projekt med samma namn ”Nästa generations klimatkyla 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, Fastighetsägarna, 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 beräkningsexempel 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 klimatkyllösningar 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 marknaden** för att ta reda på vilka befintliga systemlösningar som finns på den svenska marknaden idag samt hur marknaden för klimatkylla har utvecklats under de senaste åren. Resultaten från denna delstudie visar dels att det saknas en tillförlitlig offentlig statistik, dels att den statistik som finns främst redovisar köpt energi (oftast som el till kylmaskiner). Statistikunderlaget har därför fått uppskattas på några olika sätt, vilka redovisas i rapporten. Den statistik som är mest tillförlitlig är statistiken över levererad fjärrkyla som tillhandahålls från Svensk fjärrvärme. I denna statistik kan man se en tydlig ökning av såld fjärrkyla sedan introduktionen för ca 20 år sedan, med en nuvarande nivå på ca 750 GWh årligen.

Luft-luftvärmepumpar är den värmepumpstyp som är förberedda för kyla genom reverse-rad drift. Trots att det sålt ett stort antal av dessa värmepumpar i Sverige under de senaste åren så är det inte många som verkligen använder denna möjlighet till klimatkylla. För stora lokalt placerade kylaggregat är marknaden störst i kontor och kommersiella lokaler, medan skolor och andra offentliga lokaler har en mindre andel klimatkylla.

I nästa delstudie gjordes en **intervjustudie med aktörer**. Under augusti 2008 intervjuades 10 personer angående dagens installationer av komfortkylla, drivkrafter och vilka faktorer som påverkar val av system. Frågorna behandlade också framtidsutvecklingen och attityden till komfortkylla i samhället. De intervjuade bestod av representanter från branschorganisationer, byggbolag, energibolag, fastighetsägare och värmepumpstillverkare. Sammanfattningsvis kan det sägas att de flesta som intervjuats i den här studien framhåller sina egna roller. Byggföretagen tror att de byggtekniska åtgärderna kommer spela störst roll, fjärrvärmeföretagen att fjärrkylan kommer att vara störst i framtiden, värmepumpsföretagen att värmepumparna kommer ha en fördel eftersom de kan leverera både värme och kyla osv. Flera intervjuade (inte bara fjärrvärmeföretagen) anser att fjärrkylan är ett bra miljöval och framhåller frikylan inom fjärrkylan. Ibland känns det också som en del blandar ihop begreppen fri- och fjärrkyla. Det bör ses till produktionssätt på fjärrkylan när det diskuteras miljöfördelar eftersom det skiljer sig mellan olika kommuner. Att minimera behovet med bättre byggnadstekniska åtgärder är något som nämns av flera intervjuade som både en förhoppning och av en del den troligaste utvecklingen i framtiden. Båda intervjuade byggföretagen tror att det kommer att byggas effektivare från början, vilket medför att kylbehovet minskar. Ett av dem anser att energi är en projekteringsfråga som måste vara med tidigt i planeringen och att i framtiden kommer det vara mer beräkningar av energi i ett tidigare skede. Flera personer är inne på att man vänjer sig mer och mer vid att ha komfortkylla som t.ex. på jobbet eller i bilen, detta kommer då medföra att människor vill ha det hemma också. Andra menar dock att utvecklingen går mot effektivare maskiner som alstrar mindre värme och därmed minskar internlasten och på så sätt fås ett lägre kylbehov.

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 byggs under de senaste decennierna. Den sammanställda statistiken visar ingen koppling till klimatkylla i bostadssektorn. När det gäller flerfamiljshus har färre och färre byggs 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. Även här saknas statistik för klimatkylla, och

även här kan en del av fastighetsel utgöras av el till kylmaskiner. Den samlade kunskapen i projektet var dock ense om att det rör sig om ett fåtal installationer i Sverige med klimatkyla i flerfamiljshus. För lokaler ser det ungefär likadant ut vad gäller statistiken, men här vet man att det finns en betydande kapacitet installerad för klimatkyla. 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 att vara energieffektivt jämfört med det befintliga beståndet. EU har tagit beslut om att all nybyggnation efter 2019 skall vara nära-noll energihus. 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 betydligt 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 internvärmerna 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 t.ex. 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. Vid en sådan installation kan klimatkyla 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 för uppvärmning är olika beroende var i landet husen är placerade och beroende på om el är den huvudsakliga värmekällan eller inte. Kraven på klimatkyla säger endast att byggnader skall utformas så att behovet för klimatkyla minimeras. Nybyggda småhus kommer troligtvis också att bli mer välisolerade.

Tillsammans med projektgruppen togs tre olika **framtidscenarior** 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 typhuset för de olika scenariorna genomfördes med hjälp av programmet BV².

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 CO₂-minskning. Detta scenario innebär också att användandet av hushållsel minskat betydligt och därmed även internvärmerna 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. Enerpriserna 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 internvärmerna från elektrisk utrustning förväntas minska. Om effektiv solavskärmning används kommer klimatkyla 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 klimatkylsystem 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 klimatkyla används främst i de byggnader som har värmepumpar för uppvärmning och kan utnyttja dessa för kyländamål. Frikyla utnyttjas i största möjliga utsträckning, antingen via vätskedistribuerad kyla eller som undertempererad tilluftsventilation. För de olika byggnadstyperna ställdes olika krav på distributionssystemet.

Olika **förslag på systemlösningar** för klimatkylsystem i de olika tidigare definierade typbyggnaderna togs sedan fram i samarbete med projektgruppen. Dessa utvärderades därefter beräkningsmässigt, delvis med hjälp av programmet BV². De föreslagna systemlösningarna innefattar värmekälla, värmepump och värmesänka (fast använt omvänt). 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 CO₂). 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. Generellt kan sägas att system med vätska/vattenvärmepumpar får bättre SPF-värden än system med luft/vattenvärmepumpar både för uppvärmning och för kylapplikation, 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.

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 borrhållet 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 borrhållager 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**, föreligger inget kylbehov.

När det gäller **miljövärderingen** (i denna studie begränsad till **klimatevärdering**) av de olika systemlösningarna med kylmaskiner kontra lösningar med fjärrkyla är resultatet beroende av hur elen värderas och hur fjärrkylan producerats. 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 kylmaskinslösning miljövärderas på detta sätt och dess miljöbelastning jämförs med den som blivit om en fjärrkylalösning använts istället, blir den från v kylmaskinslösningen 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 fjärrkylalösningarna bäst ur miljöperspektiv

När det gäller **olika systemlösningars eleffektbehov** 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.

De huvudsakliga **slutsatserna** om framtida komfortkyla i bostäder och lokaler som framkommit från denna studie är:

- Installation av ett värmepumpssystem med komfortkylafunktion är ett mycket effektivt sätt att minska en byggnads energianvändning, *både* för värme och kyla, utan att göra några större förändringar på byggnadens klimatskal och kan en sådan installation därför bidra till att Sverige kan nå sina energieffektiviseringsmål.
- För de småhus och flerfamiljshus som byggs kommer inte behovet av komfortkyla att vara särskilt stort om man beaktar krav på byggnadsskalet och accepterar tider med förhöjd inomhustemperatur.
- Komfortkyla är inte nödvändigt i småhus och flerfamiljshus enligt scenario 2, vilket innebär att man accepterar övertemperaturer under vissa timmar under året.
- Marknadspotentialen för större värmepumpar, än vad hittills varit vanligt förekommande, verkar vara stor. Det borde finnas goda möjligheter att sälja sådana till både flerbostadshus och lokaler. Framförallt i lokaler kan värmepumpar *kombinerade med system för komfortkyla via frikyla* ge mycket konkurrenskraftiga lösningar.
- I större fastigheter leder system med vätska/vattenvärmepumpar till lägst energianvändning, men inte alltid till lägst totalkostnad jämfört med system med omkopplingsbara luft/vattenvärmepumpar. Dock har de alltid en bättre möjlighet att använda frikyla, vilket oftast inte är möjligt med luft-vattenvärmepumpar.

- Lösningar med lokala absorptionskylmaskiner drivna av fjärrvärme är inte kostnadsmässigt konkurrenskraftiga, främst på grund av de stora investeringskostnaderna .
- För kontoret visade det sig att 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. Detta gäller även möjligheten att använda frikyla via borrhålet.
- 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 med komfortkylafunktion 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.

För att de föreslagna systemlösningarna ska kunna realiseras kommer i vissa fall **ytterligare forskningsinsatser** att behöva göras. För det första krävs forskning och utveckling för att effektiva 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 och identifiera de systemområden som behöver förbättras mest. 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 är också nödvändig.

Mycket tyder på att framtidens småhus kommer att bli allt mer energieffektiva. Då detta sker genom tätare byggnadsskal kan detta ge upphov till övertemperaturer, vilket i sin tur leder till ökande kylbehov om klimatet skall hållas inom snäva gränser. En systemmässigt effektiv lösning vore därför att inte täta husen över den gräns där kylbehoven uppstår, men som samtidigt minimerar värmebehoven.

Systemlösningar som har låga investeringskostnader behövs för att vara konkurrenskraftiga där investeringen inte görs med LCC-kalkyl. Främst vad gäller absorptionskylmaskiner och borrhål behöver kostnaderna fortsatt reduceras genom ny teknik.

Med minskad utkylning dvs. läckage från diskar kommer klimatkylbehovet i butiker troligen att öka. Hur detta sedan balanserar mot den i övrigt minskade internlasten är idag inte klarlagt, och borde utredas vidare.

1 Begrepp

Kylåtervinning – Den roterande värmeväxlaren återvinner kyla när förutsättningarna för detta är möjligt.

Nattkyla – Funktionen används under sommaren, ventilationsaggregaten startar på natten för att kyla ut byggnaden tills man kommer på morgonen. D v s att kylkompressorn inte behöver gå lika mycket.

Frikyla – Kylmaskinen är försedd med en frikylafunktion som vid vissa utetemperaturer leder kyla till buffelsystemet utan att kompressorn för kylmaskinen måste vara igång. Frikyla kan även bestå i att leda in undertempererad luft via ventilationsluft och på sätt kyla byggnaden.

Chiller – Kompressionskylmaskin där förångaren används till att producera kyla.

2 Inledning

Installation av klimatkyla blir allt vanligare för att hålla ett gott inomhusklimat i lokaler, men efter ett flertal varma somrar finns det nu också tecken på att klimatkyla även håller på att introduceras på bostadsmarknaden. I lokaler visar ett flertal studier att produktiviteten förbättras med en god termisk komfort. I framtiden förväntas en ökad efterfrågan på bostäder med klimatkyla som främst beror på en ökad efterfrågan på en god termisk komfort. Syftet för projektet är att analysera nuvarande marknad och framtida potential för klimatkyla i lokaler och bostäder. Projektet fokuserar på potentialen för klimatkyla beskriven genom att analysera förutsättningarna för komfortkyla genom ändrade regler och direktiv mm, och hur den skall produceras och distribueras på bästa sätt. Analysen ligger till grund för förslag på ett antal konkurrenskraftiga systemlösningar som är långsiktigt hållbara ur ett miljö-, ekonomiskt och energimässigt perspektiv. Projektet är en systemstudie som omfattar klimatkyla i ett helhetsperspektiv, där produktion, distribution och användning beaktas. Projektet ger en bedömning av marknadspotential för klimatkyla i dagsläget, om 5 år och 15 år. Vidare lämnas förslag på systemlösningar innefattande både produktion och distribution samt en kravspecifikation för bostäder respektive lokaler som kan ligga till grund för utveckling av nya framtida systemkoncept t.ex. inom ramen för en teknikupphandling. Projektet har utförts i samarbete med representanter från värmepumpstillverkare, husägare och husbyggare, samt energibolag med flera.

3 Intervjustudie - Drivkrafter för nuvarande och framtida marknad av klimatkyla

Under augusti 2008 intervjuades 10 personer angående dagens installationer av komfortkyla, drivkrafter och vilka faktorer som påverkar val av system. Frågorna behandlade också framtidsutvecklingen och attityden till komfortkyla i samhället. De intervjuade bestod av representanter från branschorganisationer, byggbolag, energibolag, fastighetsägare och värmepumpstillverkare. Även Energimyndigheten och Naturskyddsföreningen intervjuades.

3.1 Dagens system

3.1.1 Hustyper

Idag är det vanligt med komfortkyla i kommersiella fastigheter såsom kontor, butikslokaler och sjukhus. Angående dagens system i dessa lokaler finns bland de som intervjuats mest ett konstaterande att i princip inga nya sådana fastigheter byggs utan ett kylsystem. Flera tror inte att det skulle gå att hyra ut en kontorslokal utan kyla och ett komfortkylsystem anser man är inget som ger mervärde utan ses som standardutförande idag.

I villor som har en värmepump installerad finns möjligheten att använda denna för komfortkyla under sommaren. Detta är det enda exemplet som tas upp av de intervjuade som exempel på kyllösningar som används i villor. Det är nästan bara de värmepumpsrelaterade företagen/organisationerna som tar upp denna lösning, varken energibolagen eller byggbolagen nämner detta alternativ. Det kan vara så att de övriga intervjuade inte nämner denna lösning eftersom en villavärmepump inte ses som en egentlig installation av komfortkyla eftersom det primära syftet oftast är att förse huset med värme.

En aspekt som togs upp av en av de intervjuade i jämförelsen mellan olika bostadsfastigheter var att det är lättare att bli av med oönskad värme i en villa än i en lägenhet. I en villa är det lättare att skapa korsdrag, den intervjuade pekade också på möjligheten för villaägarna att sitta ute i trädgården när det blir för varmt inne. Alla intervjuade är dock överens om att det är ovanligt att det finns installerat ett särskilt system för kyla i lägenheter. En fastighetsägare tar upp att det finns svårigheter för hyresvärden att ta betalt för eventuell komfortkyla i hyresfastigheter. Eftersom hyressättningsreglerna innehåller en koppling till de kommunala (allmännyttiga) bostadsföretagens hyror har kostnaderna för dessa fastigheter en avgörande inverkan på bruksvärdet även för privata värdars fastigheter. Enligt fastighetsägaren går det då inte att ta ut höjda hyror för att lägenheten har en kylinstallation. Även om det för bostadsrätter inte finns samma ekonomiska hinder är det inte heller vanligt i bostadsrätter att ha komfortkyla installerad. Ett av fjärrvärmeföretagen säger dock att det förs diskussioner om leverans av fjärrkyla till bostadsrätter.

Ett av byggbolagen tycker att det känns fel att installera komfortkyla i bostadshus, det borde istället lösas byggnadstekniskt så att det inte finns något kylbehov. Naturskyddsföreningen anser att kyla är resursslöseri och säger precis som byggbolaget att ett eventuellt kylbehov borde kunna byggas bort. Inverkan av designen av byggnaden på kylbehovet återkommer även i flera andra intervjuerna, men inom framtidsutveckling som tas upp längre fram i kapitlet.

3.1.2 Systemlösningar

Som nämndes tidigare lyfter de värmepumpsrelaterade intervjuade fram värmepumpen som komfortkylalösning. De system som lyfts fram är främst vätska/vatten- och luft/luftvärmepumpar, även värmepumpar som använder sjövärme eller ytjord nämns men lämpar sig inte lika bra för kylalösningar som de två tidigare enligt en av de intervjuade. Det framkommer också att det kan vara svårt att ta sig in med värmepumpslösningar för komfortkyla i kontorsfastigheter som använder fjärrvärme eftersom de anser att det är svårt att sälja in en värmepump för att bara producera kyla. Då bör fastigheten använda värmepumpen för att även producera värmen, men trots fler fjärrvärmeanslutna fastigheter och konkurrensen från fjärrkylan ser värmepumpsföretaget en ökande marknad. Värmepumpsföretaget uppskattar att kylfunktionen används i 1-10 % av de villor som har en installerad värmepump.

Kompressionskylmaskiner är en lösning som tas upp av byggföretagen och en av fastighetsägarna som en vanlig lösning. De säger dock att fjärrkyla används om det finns möjlighet till det. Kompressorkyla lyfts fram som ett mindre lyckat exempel på kylproduktion av Naturskyddsföreningen.

Ett byggföretag nämner att absorptionskylmaskiner lämpar sig bra i stora lokaler och lokaler där fuktnivån är viktigt.

Fjärrvärmeföretagen lyfter fram fjärrkylan som den bästa lösningen. Flera pekar på att fjärrkylan använder lokala resurser som t.ex. frikyla från sjöar om det finns möjlighet, eller spillvärme som driver en absorptionskylmaskin för att producera kyla. Energimyndigheten lyfter t.ex. fram frikylan i Stockholm som går in i fjärrkylanätet. Fjärrkylans miljöprofil är enligt fjärrvärmeföretagen i studien något som uppskattas av kunderna. En av de intervjuade som inte kommer från ett fjärrvärmeföretag lyfter fram att han tycker att fjärrkyla är bättre för att det är lättare för de stora företagen att ta till sig ny teknik och byta produktionssätt än för en enskild fastighetsägare att byta ut sin kylmaskin mot en bättre. Även Naturskyddsföreningen tar upp fjärrkyla som en effektiv typ av lösning.

I intervjuerna ställdes frågan om processkyla ger incitament för klimatkyla. Ett byggföretag ger exempel på en industri som har processkyla och kontorsdelen kopplat på samma system eftersom komfortkylan är en liten del i sammanhanget. Det anges också ett annat exempel på en ishall som trots att de har processkyla för isen kopplar in komfortkylan på fjärrkylasystemet. Så företaget tycker inte att det finns klara incitament, utan att båda lösningarna förekommer. En annan av de intervjuade tycker att processkylan absolut ger incitament till komfortkyla eftersom komfortkylan ger en ganska liten merkostnad i investeringen om processkyla installeras. De anser att det inte finns någon kunskap om lösningar som tillhandahåller både process- och komfortkyla förutom i datorhallar.

Både ett byggföretag och en fastighetsägare pekar på att det är ovanligt att byta systemlösning om det medför ombyggnationer. Däremot kan man uppdatera existerande lösning och därmed göra energibesparingar.

3.1.3 Faktorer som påverkar valet av systemlösning

Ett byggbolag säger att för deras del är kundkrav som är den största faktorn. De installerar det kunden vill ha. Vidare säger de att kunden baserar sitt beslut på i huvudsak ekonomi och i andra hand miljö. De tycker dock att det är långt ifrån självklart vilken lösning som är bättre än den andra med hänsyn till miljön. De ser att olika beräkningssätt ger olika svar och att det finns olika fördelar hos olika lösningar. Byggbolaget anger också andra saker som kan styra valet, utrymmesskäl, buller och rent visuella aspekter på

yttermiljön på fastigheten. Tre faktorer som enligt dem är huvudanledningarna till fjärrkyla.

Buller är återkommande även hos andra intervjuade som en viktig faktor att ta hänsyn till, både utomhus och inomhus. Utomhusbuller kan styra olika mycket beroende på var fastigheten är belägen, t.ex. nämns det att det är känsligare i centralt belägna fastigheter.

En av fastighetsägarna håller med om att det i de flesta fall installeras så som kunden, i detta fall hyresgästen, vill ha det. De nämner också att i vissa fall kan de installera en viss lösning innan lokalen är uthyrd för att kunna erbjuda en bättre produkt.

Att ekonomin är styrande tar flera intervjuade upp, även om den i antal inte har så stor övervikt i de nämnda faktorerna är det den som rangordnas som den viktigaste faktorn bland de som nämnts. Inom ekonomi nämns av vissa både investeringskostnader och driftskostnader. Faktorn ekonomi rymmer också platsmån, att inte förlora hyresintäkter på en platsödande kyllösning. Någon anser att även driftsäkerhet egentligen är en rent ekonomisk fråga, speciellt om det leder till lägre servicebehov. En av fastighetsägarna anser att det ofta är, och framförallt har varit, en kortsiktig ekonomisk syn, d.v.s. att man mest ser till investeringskostnaden särskilt då det sällan är de som bygger som förvaltar byggnaden. Men på senare tid anser de att fjärrkylan vunnit mark mot kompressionskylmaskinerna p.g.a. de lägre förvaltningskostnaderna som har börjat spela större roll, och de tror att denna trend kommer att hålla i sig och leda till större ökning av fjärrkyla. De tycker dock att den monopolistiska marknaden för fjärrkyla leder till höga priser.

Energimyndigheten anser att den viktigaste faktorn är driftsäkerhet såsom prestandanivåer och jämna temperaturer, vilket kan motivera ett högre pris och säger vidare att det är för långt bort att tänka på miljö på kylsidan. Miljö är dock ett argument som återkommer, som tidigare nämnts använder fjärrvärmeföretagen detta som ett säljargument för fjärrkyla gentemot sina kunder. De säger dock att en miljövänlig lösning bara kan vara marginellt dyrare för att den ska övervägas. Det som enligt dem är huvudargumentet när det gäller miljö är en låg koldioxidpåverkan. Ett av byggbolagen tar också upp att det finns en stor vilja från både kommuner och privata beställare att välja mer klimatsmarta lösningar, men de anser att det fattas styrmedel på energiförsörjningssidan och byggnadsidan som hänger ihop för att det ska satsas mer på miljövänliga lösningar. De ser vidare att trenden ändå går mot att en miljövänlig lösning kan få kosta lite mer, det ses som en goodwill-satsning, men det är konjunkturberoende.

Lokala förutsättningar är argument som återkommer, det kan vara att det finns en värmepump installerad som också kan användas till kyla, närheten till ett fjärrkylasystem eller att det finns frikyla att utnyttja. Men också lokala förutsättningar på det rent byggnadstekniska planet för att lösningen ska fungera i den befintliga fastigheten.

Endast en av de intervjuade anger komforten som ett skäl till valet av systemlösning för kyla.

Naturskyddsföreningen anser att det ofta köps s.k. enkla lösningar för att bota symtom istället för att satsa på energieffektiva helhetslösningar.

Tabellen nedan redovisar antalet personer som angett en viss faktor. Det totala antalet intervjuade var 10 personer.

Faktor	Antal
Ekonomi	6
Miljö	5
Buller	4
Driftsäkerhet	4
Utrymme	2
Kundkrav	1
Visuellt	1
Komfort	1
Byggnadsteknik	1
Lokala förutsättningar	1
Framtida kyl/värmebehov	1

3.1.3.1 Lagar och regler

De intervjuade tillfrågades vilka lagar och regler som påverkade val av lösning. Eftersom det var en öppen fråga skiljer sig svaren åt beroende på vem som intervjuas om de i första hand tänker på lagar och regler runt kylproduktion eller kylanvändning. Flera av de intervjuade pekar på att det sällan finns specifika regler för kyla.

När dessa intervjuer genomfördes gjordes omarbetningar av BBR 2008 och dessa trädde i kraft 1 februari 2009. I intervjuerna frågade vi specifikt efter om BBR påverkade valet att installera klimatkyla och om de nya BBR-reglerna skulle förändra detta. Ett fjärrvärmebolag anser att BBR medför en begränsning för köpt energi till fastigheten, och att den nuvarande BBR är fördelaktig för kompressionskyla även om det är relativt marginellt. Ett av byggbolagen tycker att nuvarande BBR är lätt att uppfylla på lokalsidan men på bostadssidan däremot är det svårare. Något som nämns av ett byggbolag är att BBR endast styr beräknings sättet, d.v.s. hur systemgränser sätts och hur energiåtgången beräknas så att det kan redovisas på det sätt som BBR föreskriver. För dem är BBR endast en lägstanivå, deras beställare ställer oftast högre krav. I de regler som var gällande när intervjuerna gjordes tyckte bolaget att det var svårare för fjärrkyla, men de tror att det nya förslaget kommer göra det lättare för fjärrkyla än för kompressionskylmaskiner eftersom elen som åtgår till kompressionskylmaskinen måste räknas upp. En av de intervjuade från fjärrvärmebolaget anser att nya BBR försvårar installation av de smartaste lösningarna. Att det är olika krav på effekten beroende på om det är elvärme eller inte i nya BBR anses negativt av värmepumpsföretagen som intervjuades. De ser att begränsningen ligger i max installerad effekt. De nämner vidare att även om kylan lyfts upp i nya BBR sätts effektkravet för värme den kallaste dagen och där ingår inte kylan, även om effektåtgången för värme, kyla och varmvatten räknas samman.

Ett byggbolag arbetar med Svanenmärkningen i vissa projekt, men det styr mer deras val av produkter, material och liknande. Ett fjärrvärmeföretag anger att märkningar som Svanen och Eco Label har hittills påverkat dem ytterst lite. Värmepumpsföretaget använder Svanen som märkning, men den tar inte upp kyla specifikt utan kravet ligger på värmepumpens årsvärmefaktor. Inte heller EU-blomman som konkurrerar med Svanen tar upp kyla. En annan märkning är Energy Label Directive som nämns av ett av de värmepumpsrelaterade företagen som det som sätter ribban för luft/luft-värmepumpar.

Ett byggbolag nämner Green Building som kräver 25 % lägre energianvändning än gällande byggregler. Det är inte ett lagstadgat krav utan en märkning som är valfri att använda, men om kunden önskar denna märkning medför det att detta byggbolag installerar ett vätskeburet system eftersom det enligt dem är energisnålare än ett luftburet. De säger dock att varifrån kylan levereras inte ändras särskilt mycket, utan det påverkar mer byggnadsskalet och att de t.ex. installerar behovsstyrning av kylan och kylåtervinning. Det andra byggbolaget nämner också Green Building och att det är ett krav om de själva bygger. Denna märkning tas också upp av energimyndigheten.

Ett av byggbolagen nämner de krav som gäller inomhusmiljön, de tillämpar själva TQ2. Andra märkningar de nämner som används i vissa fall är P-märket, som finns för både inomhusmiljö och energianvändning.

Andra regler och lagar som nämns av intervjuade är miljöbalken som kräver att det görs en miljöprovning för stora vattensystem med frikyla och köldmediebestämmelser som påverkar vilka köldmedier som används.

3.2 Framtida system

3.2.1 Utveckling av behovet av klimatkyla

Ett fjärrvärmeföretag tror att kylbehovet kommer att öka och att värmebehovet kommer att minska. De ser att fjärrvärmeleveransen har minskat de senaste åren p.g.a. varmare vintrar, samtidigt diskuterar den intervjuade vidare att det är svårt att säga vilket håll det går åt i Sverige och jämför med Danmark där det är mindre komfortkyla eftersom de har hårdare regler på att minimera kylbehovet med byggnadstekniska åtgärder. Just att minimera behovet med bättre byggnadstekniska åtgärder är något som nämns av flera intervjuade som både en förhoppning och av en del den troligaste utvecklingen i framtiden. Båda intervjuade byggföretagen tror att det kommer att byggas effektivare från början, vilket medför att kylbehovet minskar. Ett av dem anser att energi är en projekteringsfråga som måste vara med tidigt i planeringen och att i framtiden kommer det vara mer beräkningar av energi i ett tidigare skede. De tror vidare att trenden med glasfasader försvinner eftersom de ger ett högt kylbehov och klimatsmarta byggnader kommer att gå före arkitektur och gestaltning. Tillsammans med detta och mer energieffektiviseringsåtgärder tror de att det inte kommer bli ett ökat kylbehov per m². Däremot tror de att det totala kylbehovet kommer att öka eftersom ytan bebyggd area ökar, vilket andra intervjuade också tar upp. En fastighetsägare är inne på samma linje med byggnadstekniska åtgärder som minskar kylbehovet, men tror att det inte kommer märkas i det totala kylbehovet än på länge eftersom andelen nybyggnationer är så pass liten. En annan intervjuad är inne på en annan linje, att det kommer fortsätta byggas fastigheter med höga kyllaster såsom glasfasader och passivhus och att miljön får stå tillbaka för behovet. Något som nämns av en intervjuad är att det kommer att komma nya EU-regler som beskriver att alla medlemsstaters byggregler ska ha krav på att nya byggnader från 2015 ska ha passivhusstandard. Genom att få ner energianvändningen för värme på detta sätt tror personen att kylbehovet kommer att öka. Ett byggföretag nämner också passivhus som ett exempel på hus som kommer att ha behov av kylsystem och efterfrågar nya systemlösningar som är anpassade efter detta med värme och kyla i samma system.

Flera personer är inne på att man vänjer sig mer och mer vid att ha komfortkyla som t.ex. på jobbet eller i bilen, detta kommer då medföra att människor vill ha det hemma också. De tror att man inte längre kommer att nöja sig med att ha ett för varmt hus, vilket kommer leda till en ökning av komfortkyla på bostadssegmentet. Men en annan intervjuad är inne på nya reglerstrategier med mindre krav på en exakt temperatur vilket kommer att leda till att det behöver tillföras både mindre kyla och värme, och tror vidare

tvärtemot de andra att vi med ökad medvetenhet kommer att ändra våra vanor och våra krav på inneklimat. En person tror att ett varmare klimat kommer leda till ökat kylbehov och en annan nämner den rådande konjunkturen. Vid lågkonjunktur tror den intervjuade att det inte blir någon utbyggnad av komfortkyla.

Några intervjuade tror att kylbehovet kommer att öka på kontorsdelen, dels p.g.a. att det blir fler personer som arbetar på en mindre yta med fler värmealstrande maskiner och dels på ökade komfortkrav. Även här går åsikterna isär, en annan intervjuad pekar på utvecklingen mot effektivare maskiner som alstrar mindre värme och därmed minskar internlaster och på så sätt fås ett lägre kylbehov. Andra tror att komfortkylan redan är utbyggd på lokalsidan och därför inte kommer öka i så hög grad, medan en intervjuad inte tycker att det är så utbyggt på kontorssidan. Ett fjärrvärmeföretag ser god potential för att bygga ut fjärrkylan till kontorssidan, och tror att tillväxten kommer att vara fortsatt störst på den sidan. Andra lokaler som nämns där komfortkylan kan öka är skolor och äldreboenden, där en intervjuad tror att det kommer hända mycket fram till 2020.

På bostadssidan anser ett byggbolag att det känns fel att installera komfortkyla i nyproduktioner, det är något som enligt dem måste gå att lösa byggnadstekniskt med t.ex. solavskärmning och andra passiva åtgärder. I befintliga bostäder tror de inte att det kommer att installeras komfortkyla. De tror dock att det i vissa nyproduktioner av exklusiva bostäder kan bli aktuellt med kyla eftersom samhället driver mot ett större kylbehov. Att det blir en lyxprodukt är även en annan intervjuad inne på, att det kommer finnas i alla typer av bostäder bara den boende är beredd att betala. En intervjuad pratar om att det kommer vara en större ökning i villor än i hyres- och bostadsrätter, medan någon annan tror att det kommer att installeras komfortkyla främst i bostadsrätter men att det trots allt är ganska små effekter så det ger inte så stort utslag på det totala kylbehovet. En intervjuad fastighetsägare återkommer till hyressättningsreglerna som gör det svårt att ta extra betalt i hyran för att det finns komfortkyla installerat, vilket då kommer medföra att det finns en chans till snabbare utveckling inom bostadsrätter än hyresrätter. Den intervjuade tror inte att det finns brist på efterfrågan utan att det är den ekonomiska lösningen för dessa bostäder som sätter stopp. Istället tror fastighetsägaren att det kommer finnas en marknad för små kylaggregat i enskilda lägenheter. Hyresreglerna som ett hinder för kyla i hyresfastigheter nämns också av ett fjärrvärmeföretag, men den intervjuade tror att fjärrkylan kommer att bli större inom flerbostadshus än i villor eftersom fjärrkyla är en geografiskt bunden produkt och flerbostadshus ligger oftare centralt. Det är redan idag svårt att få tillräckligt med underlag för att installera fjärrvärme i ett radhusområde så fjärrkyla i ett sådant område ligger tekniskt sett långt borta anser den intervjuade. En intervjuad tar upp att Europa har en åldrande befolkning och i och med att det blir allt vanligare med vård i hemmet kommer det ställas högra komfortkrav då en ökande andel av befolkningen kan komma att vara känsliga för höga temperaturer. Men personen ser ingen massmarknad inom bostadssektorn innan 2020.

Industrier är ett segment som nämns som intressant av två intervjuade både som användare process- och komfortkyla. Ett fjärrvärmebolag ser att det idag är svårt för dem att ta sig in på den marknaden med fjärrkyla eftersom det inte finns någon skatt på el och de då använder sig av kompressionskylmaskiner. Industrierna skulle kunna spela en större roll än bostadssegmentet eftersom det rör sig om stora effekter som kan bli en betydande del av kylbehovet.

I denna del av intervjuerna diskuterades inte så mycket kring vilka systemlösningar som skulle komma att användas några nämnde den tekniska utvecklingen. En intervjuad pratar om behovet av nya distributionslösningar i huset för kyla. Han tycker att de flesta av dagens lösningar har brister, t.ex. fläktar som låter, radiatorsystem som inte kan köras hur kallt som helst och golvsystem med risk för läckor. Värmepumpstillverkarna tror att

värmepumparna har en fördel bland villor eftersom kylan ingår i installationen till skillnad mot andra värmeinstallationer. Även andra intervjuade nämner t.ex. bergvärmepumpar eller luft/luft värmepumpar som något som kommer användas för komfortkyla i högre grad i framtiden. Att ökande värmeunderlag från sopförbränning kommer att leda till att värmedriven kyla ökar tar en intervjuad upp. Frikyla nämns som en lösning som kommer att öka, eftersom det enligt den intervjuade är både billigt och miljövänligt.

Sammanfattningsvis kan det sägas att även om åsikterna går isär på punkten om komfortkylans utveckling tror ändå de flesta att komfortkylan kommer att öka.

3.2.2 Framtida samhällsuppfattning till kyla

De flesta intervjuade tror att utvecklingen kommer att gå mot att vi kommer att bli mer medvetna om hur kylan producerats i takt med att miljömedvetenheten ökar. En är inne på att miljön kommer spela större roll i valet av komfortkyla då priserna konvergerar, men att ekonomin kommer vara den fortsatt viktigaste faktorn. Idag ser personen inte att debatten kring kyla är så stor, men att den kommer att få större betydelse. De största faktorerna som den intervjuade ser ta form som två motpoler är hälsofrågor och bekvämlighet mot miljö.

Angående frågan om det kommer att anses ”fint” eller ”fult” med komfortkyla drog tre intervjuade paralleller till stora bensinslukande bilar eller SUV. En intervjuad menade att en SUV har olika status i olika grupper och på samma sätt kommer kyla anses som bra eller dåligt beroende på var och vem du är. Två intervjuade menar istället att det idag är fult att ha en bensinslukande bil och på samma sätt kommer det anses dåligt att ha ett ”energislösande” hus och status att ha ett energisnålt hus. Personen tror vidare att det kommer finnas en energideklaration i entrén till hus för att visa om det är t.ex. en A-, B- eller C-klassad byggnad. En fastighetsägare tror att frikyla kommer att anses som fint för de som bryr sig om vilken slags kyla som levereras, och en annan intervjuad tror att s.k. koldioxidfri kyla kommer att anses som fint. En annan fastighetsägare anser att om komfortkylan täcks med fjärrkyla så kommer samhället vara positivt till utvecklingen eftersom miljöaspekten är viktig. En person svarar att det till en början kommer att anses som lite fult med kyla och att den kommer att bedömas som energislukande, men i takt med att kylan blir utbredd kommer det att bli mer och mer accepterat. Flera pekar på att vi idag inte tänker på att vi har kyla i kontor och att det skulle vara dåligt för miljön och tror inte att medvetenheten inom lokalsektorn kommer att öka. En av de intervjuade tror att det kommer att bli på samma sätt i bostäder.

3.2.3 Framtida lagutveckling

En intervjuad tror att trenden inom lagutvecklingen går mot att elanvändningen ska minska och att inom kyla kommer begränsningen ligga på installerad effekt eller elanvändningen av kylaggregat och inte på använd kyla eller i vilken byggnad kyla får installeras. En person tror att framtida regelverk kommer att gå mot att reglera energiåtgång per kvadratmeter. En intervjuad tror att kraven kommer att bli tuffare och tuffare varje år. En intervjuad tror att lagar och regler kommer att användas som styrmedel. Det är enligt den intervjuade svårt att hindra installationen av klimatanläggningar istället kommer utformningen begränsas, t.ex. genom att kräva en låg energiförbrukning. Ett byggföretag anser att även om samhället driver på med strängare lagar och regler är de fortfarande bara en miniminivå, eftersom kraven från beställarna oftast är hårdare.

Två intervjuade tror att lagar och regler i framtiden behöver behandla kyla separat och inte slås ihop med el eller värme. Personen tror också att regler och styrmedel behövs/kommer mera som styr mot energimässigt hållbara lösningar och som dämpar

ökningen från behovsdelen. En intervjuad diskuterar om det kan bli en utveckling mot Danmarks regler där de har skatt på kylmediet och användningen av kylenergi för att minska användningen. Naturskyddsföreningen diskuterar en kommande certifiering som ska vara beroende av hur kylan produceras. De säger att de skulle stå bakom en miljömärkt kyla, men att det visserligen inte säger något om hur slösaktig slutanvändaren är.

En värmepumpstillverkare är skeptisk till att BBR kommer att detaljstyra allt för mycket. Personen önskar att BBR inte skulle värdera vilket uppvärmningssätt som är bättre eller sämre utan hålla sig teknikneutral och ställa krav på energiförbrukningen.

I kapitel 3.1.3.1 diskuteras olika märkningar av värmepumpar, t.ex. P-märkning och Svanen. Ett av de värmepumpsrelaterade företagen/organisationerna tror inte heller att dessa märkningar i framtiden kommer att innefatta kyla utan att, som nu, bara ta hänsyn till värme.

3.2.4 Prisutveckling för energi

De intervjuade är överens om att energipriserna kommer att öka. En intervjuad säger att det enkla svaret på frågan är att priset på energi kommer att öka, men det intressanta är om priset för de olika energislagen kommer att följas åt. Personen har dock ingen gissning på vilket som kan öka mer än det andra och tycker inte ara att det går att gissa sig till med sunt förnuft utan att det är lite som en aktiemarknad där förväntningarna styr. En annan intervjuad tror att energitaxorna kommer att följa varandra och att fjärrvärme och fjärrkyla kommer att följa priset på övriga energislag för att de kan ta ut mer. En intervjuad tror att fjärrvärme- och fjärrkylataxor kommer att minska i och med att näten blir äldre och kompressorriken kyla kommer att bli dyrare. En person gissar att el kommer att bli dyrare än andra energislag, men vara maximalt tre gånger dyrare än övriga i Sverige. En annan person tror att frikyla kommer att bli mer attraktivt i och med att energipriserna ökar. En intervjuad har en förhoppning om att energipriset ska spegla samhällskostnaden så att den bästa miljövänliga tekniken fås till det billigaste priset, men personen tror att detta tar mer än 20 år. En intervjuad anser att det skapas ett miljöincitament genom att lägga strafftaxor på koldioxidutsläpp.

En intervjuad pekar på att det kommer att behövas en ökad tydlighet för energipriserna eftersom många i dag inte vet vad de betalar för. I och med att det blir fler och fler upphandlingar kommer fler kräva att veta vad de betalar för.

3.3 Diskussion

Sammanfattningsvis kan det sägas att de flesta som intervjuats i den här studien framhåller sina egna roller. Byggföretagen tror att de byggtekniska åtgärderna kommer spela störst roll, fjärrvärmeföretagen att fjärrkylan kommer att vara störst i framtiden, värmepumpsföretagen att värmepumparna kommer ha en fördel eftersom de kan leverera både värme och kyla osv.

Flera intervjuade (inte bara fjärrvärmeföretagen) anser att fjärrkylan är ett bra miljöval och framhåller frikylan inom fjärrkylan. Ibland känns det också som en del blandar ihop begreppen fri- och fjärrkyla. Det bör ses till produktionssätt på fjärrkylan när det diskuteras miljöfördelar eftersom det skiljer sig mellan olika kommuner. Enligt Energimyndighetens statistik anges att 26 % av fjärrkylan tillverkas av kylmaskiner, 25 % är frikyla och 33 % benämns som övrigt [17].

4 Befintliga systemlösningar för klimatkyla

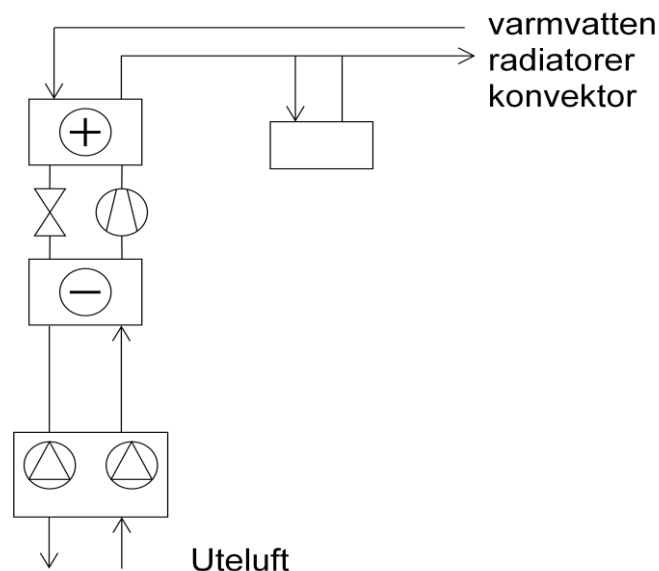
4.1 Befintliga systemlösningar

Alla kylmaskiner har en värmekälla och en värmesänka. Värmekällan är det medium/system kylmaskinen upptar värme från (kyler) och värmesänkan är det medium/system kylmaskinen avger sin värme till (dumpning av värme till omgivningen via ventilationsluft, kylmedelskylare, kyltorn, eller lagring i borrhålslager).

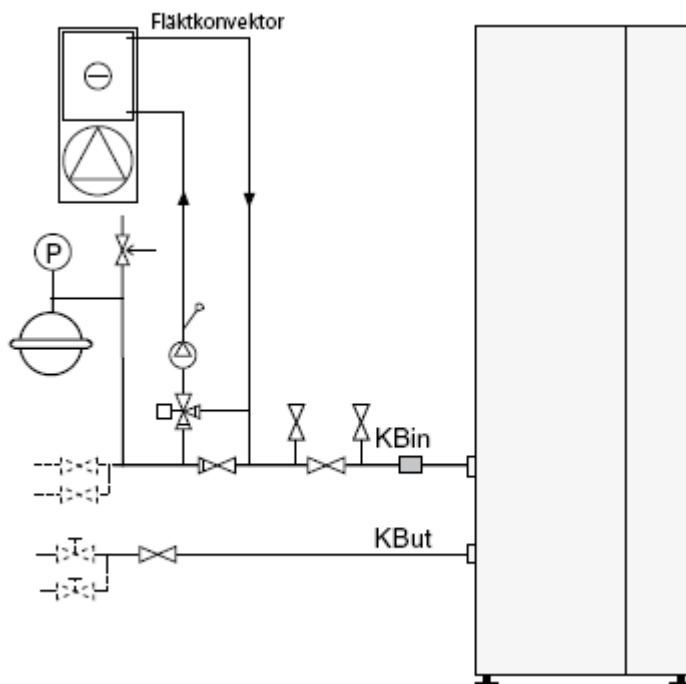
4.1.1 Bostäder

4.1.1.1 Småhus (en- och tvåfamiljhus)

Luft/vattenvärmepump kopplat mot ett (mini)vattenburet system med fläktkonvektorer och varmvattenberedare kan användas till komfortkyla genom att köra värmepumpen ”baklänges”.



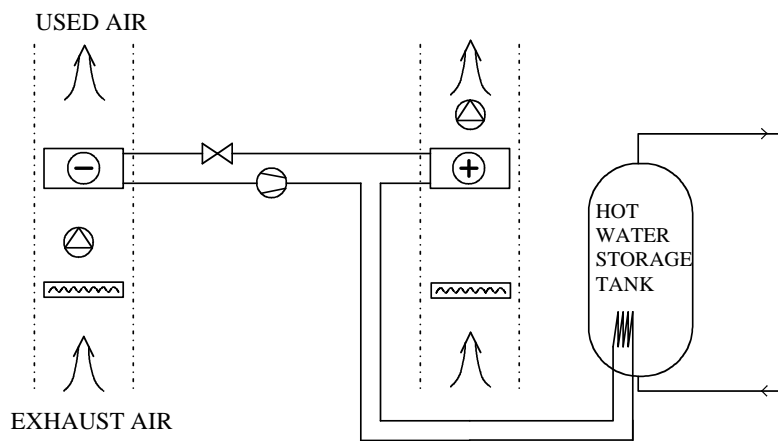
Den vanligast förekommande värmepumpstypen i småhus i Sverige idag är *vätska/vattenvärmepumpar*. Dessa värmepumpar kan förses med ett system med fläktkonvektorer (olika distributionssystem beskrivs mer detaljerat i kapitel 0) för fri- och kompressionsskyla.



Figur 1. Bergvärmepump med konvektor för frikyla.

Frånluftsvärmepumpen är 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, [25] att byggnader vars ventilationsluft har ett energiinnehåll på mer än 50 MWh/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.

Figur 2 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 då 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 kyldrift 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 frånluft och ett för tilluften.



Figur 2. Frånluftvärmepump kopplad för kombinerad tappvarmvattenproduktion och komfortkyla.

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 inomhus luften varma somardagar. 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 öppen planlösning.

4.1.1.2 Olika ägandeformer och värmepumpar

Eftersom en värmepumpsinstallation innebär en viss investering är det vanligast att det görs i de fall där man äger sitt eget boende, eller har ett långsiktigt ägarperspektiv. Värmepumpar är därför 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 från 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 hyresgästen troligtvis ”kallhyra”.

4.1.2 Flerfamiljshus

Vätska/vattenvärmepumpar används till viss del i flerbostadshus. Ofta används flera borrhål och en eller flera stora värmepumpar. Man dimensionerar ofta så att effektuttaget blir ca 7 kW värme 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. Frikyla med konvektorer är möjligt på samma sätt som beskrivits ovan.

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 grupp-hus/radhusområden. Ett exempel är ett nytt område i Uppsala, Flogstad, dit 6-7 containrar med frånluftsvärmepumpar levererats, spetsvärms med fjärrvärme.

Dessa värmepumpars möjlighet att även leverera kyla beror på om det finns tilluftkanaler.

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

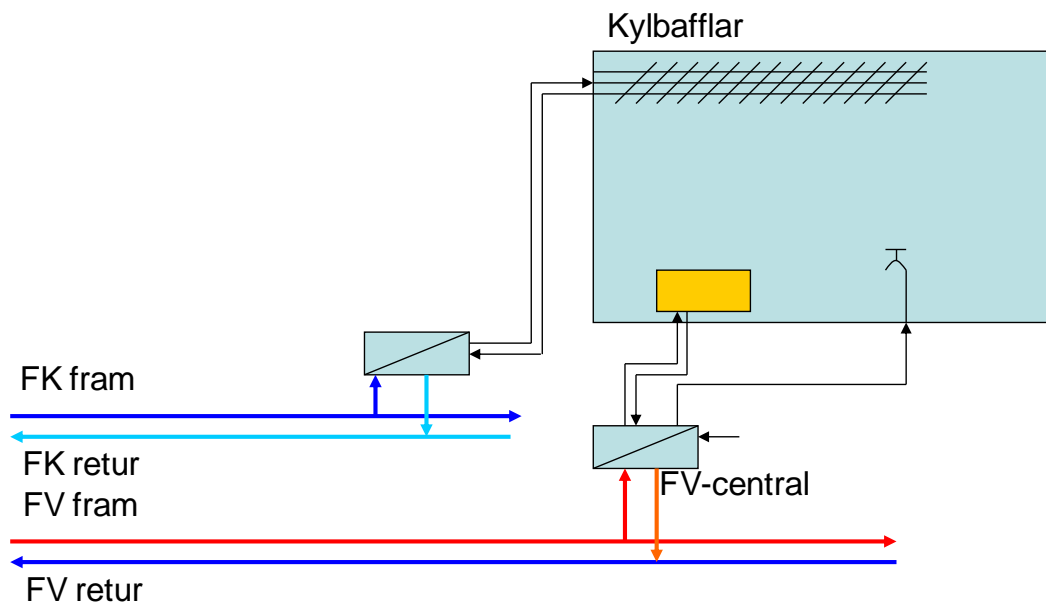
Det är vanligare med värmepumpslösningar i flerbostadshus som ägs av bostadsrättsföreningar, eftersom dessa oftast är mer benägna att göra en investering för att minska driftskostnaderna. Däremot är det mindre vanligt att komfortkylalösningar inkluderas.

4.1.3 Lokaler (kontor, skolor, butiker mfl.)

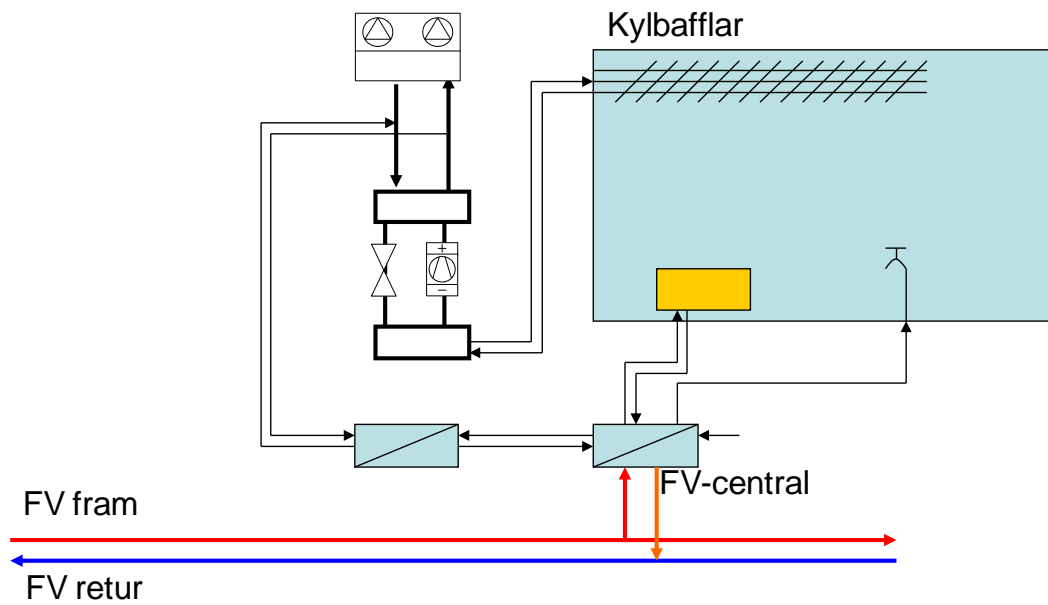
Generellt användes få värmepumpar i lokaler för kombinerad uppvärmning och kylning, men marknaden utvecklas snabbt, och för nuvarande installeras ca 1000 fastighetsvärmepumpar årligen. Ett hinder för användningen i befintliga byggnader är traditionell och äldre dimensionering av radiatorer. Hinder av icke teknisk karaktär är ägarformen där det är en part som äger fastigheten, medan en hyresgäst nyttjar den. Mest tydligt blir detta där bra värmekällor finns tillgängliga men 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 som borde ge både ägare och hyresgäst en ekonomisk vinst.

Kombinationer som används vanligen är:

- Fjärrvärme och fjärrkyla
- Fjärrvärme och chiller

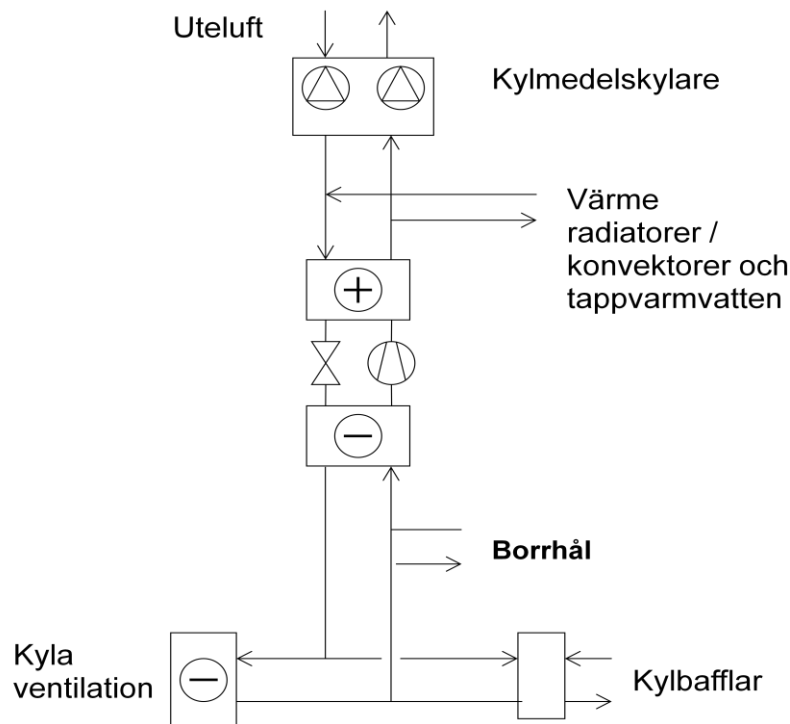


Figur 3. Fjärrvärme och fjärrkyla till uppvärmning och komfortkyla.



Figur 4. Fjärrvärme för uppvärmning och chiller för komfortkyla.

Fler och fler lokaler förses med värmepumpar och borrhålslager, vilket ger möjlighet till uppvärmning och kyla med en stor frikylakomponent. Dessa lösningar är dock vanligast vid nybyggnation eller i lokaler som har en större fri markyta tillgänglig. Ofta kan parkeringsplatser utnyttjas för borrhålslager.

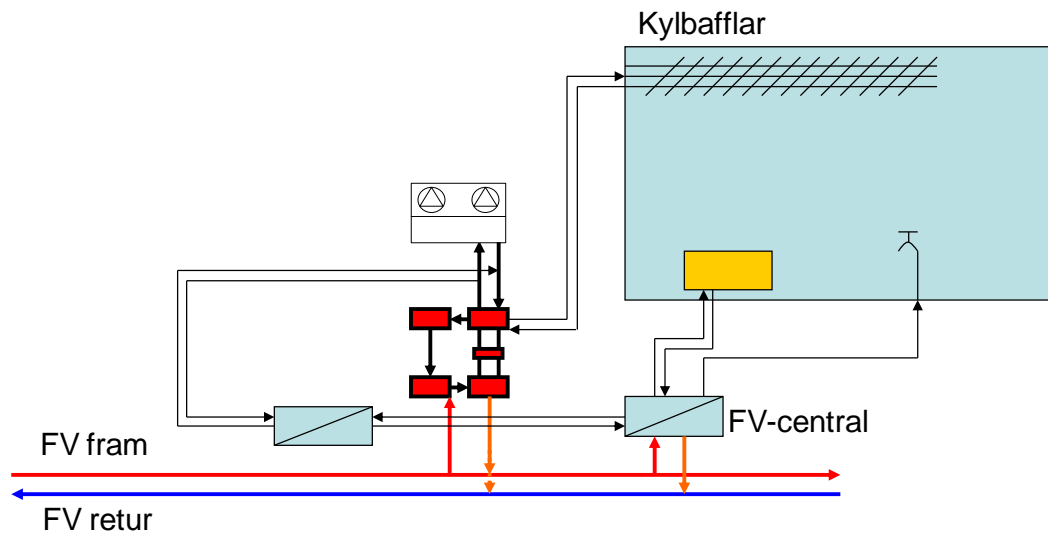


Figur 5. Värmepump med borrhålslager och frikyla.

Exempel där värmepumpssystem används i lokaler finns 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 genom frikyla 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 [1].

Ytterligare en lösning som kan utnyttjas i lokaler är absorptionskylmaskiner eller adsorptionskylmaskiner. Dessa kan ersätta chillers, men kräver en värmekälla såsom fjärrvärme för att kunna producera kyla. Tidigare fanns denna typ av kylmaskiner endast i större enheter (200-5000 kW), men numera finns även maskiner i storleksområdet 10-100 kW. Det fordras speciella förutsättningar (kraftvärme och oftast sopförbränning) för att det ska vara ekonomiskt vettigt att driva absorptionskylanläggningar med fjärrvärme. Fjärrvärmenätet har stora värmeförluster och särskilt sommartid blir ju förlustandelen stor. Då man har sopförbränning eftersträvas dock att soporna bränns för att bli kvitt luktproblematik, och då kan ett större värmeunderlag (i form av större förluster och låga COP) accepteras.



Figur 6. Fjärrvärmedriven absorptionskylmaskin kombinerat med fjärrvärme för uppvärmning.

5 Nuvarande marknadsomfattning

5.1 Värmepumpar

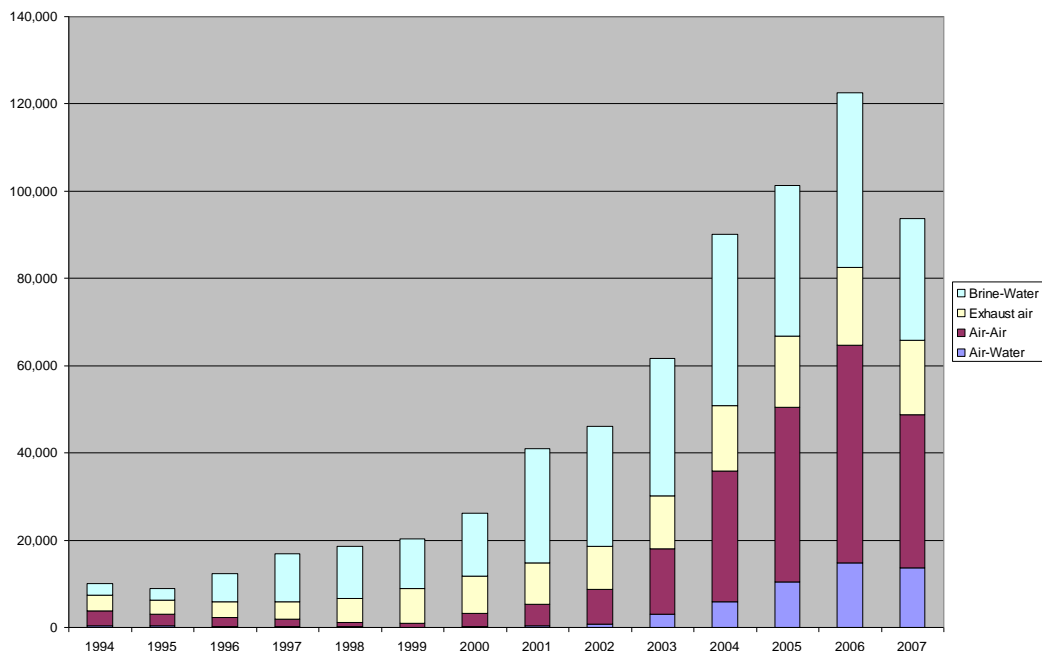
Figur 7 illustrerar antalet sålda värmepumpar i Sverige. Under de senaste åren har trenden varit ständigt ökande försäljning. Förra året avbröts den trend med ökande försäljning som pågått sedan år 1996. Detta är troligtvis ett tecken på att de flesta hus som tidigare värmdes upp med olja nu har konverterats och värms idag upp av antingen en värmepump, fjärrvärme eller ett bibränslebaserat uppvärmningssystem.

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

En stor del av de bergvärmepumpar som sålts skulle kunna leverera frikyla med hjälp av konvektor, men de flesta system är sålda utan denna funktion. Detsamma gäller de frånluftsvärmepumpar som beskrivits i avsnitt 4.1.1.1.

Båda dessa värmepumpstyper kräver en merinvestering för att kunna erbjuda komfortkyla. Detta gör att många antagligen funderar en gång extra om de verkligen vill ha kyla eller inte. Möjligheten att komplettera med extrautrustningen senare finns.

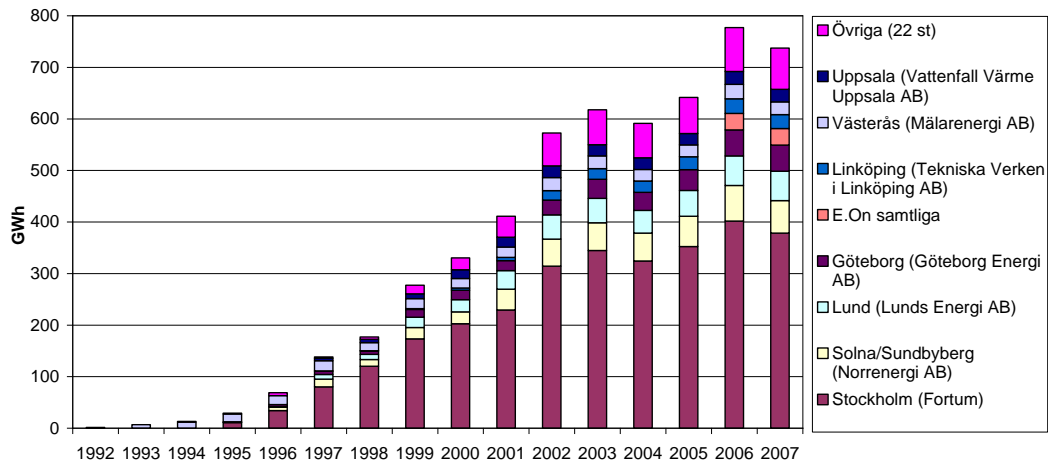
När det gäller luft-luft-värmepumpar finns redan möjligheten att reversera och leverera kyla inne. I en enkätundersökning som gjorts vid SP [35] visade det sig att ca sju procent av de tillfrågade använder sin luft-luftvärmepump någon eller flera gånger under sommaren för att kyla huset.



Figur 7. Årsvis värmepumpsförsäljning i Sverige under 1994 – 2007 enligt Svenska Värmepumpsföreningen, SVEP. Uppgifterna för luft-luftvärmepumpar är uppskattade värden.

5.2 Fjärrkyla

Landets första fjärrkylennät togs i bruk 1992. I slutet av 2004 var 30 fjärrkylennät i drift. Under 2004 levererades 622 GWh fjärrkyla. Idag framställer ett trettiotal anläggningar i Sverige fjärrkyla motsvarande 700 GWh. Utvecklingen går fort och många fjärrvärmeföretag satsat på fjärrkyla, antingen som centralt producerad kyla, eller som värmedriven kyla hos kunden [17]. Enligt Svensk Fjärrvärme visar undersökningar att den totala efterfrågan på fjärrkyla uppgår till motsvarande 2000-5000 GWh [36].



Figur 8. Utvecklingen av fjärrkylaleveranser 1993-2007. Källa: Svensk Fjärrvärme.

5.3 Chillers

När det gäller statistik för chillers för kylproduktion finns idag ingen samlad statistik. Kyl- och Värmepumpföretagen har viss statistik baserat på försäljning, men denna är endast tillgänglig för medlemsföretagen. I detta arbete har vi därför gjort en uppskattning av marknaden i kr och en uppskattning av levererad kyla genom överslagsberäkningar utifrån data i STIL-rapporter samt tillgänglig SCB-statistik.

Produktområdet Kyl kan delas in i två segment, kommersiell kyla samt komfortkyla. Segmentet kommersiell kyla omfattar traditionell grossistverksamhet av komponenter till kylutrustningar, främst för dagligvaruhandeln. Denna marknad uppskattas av Ahlsell till drygt 1,5 miljarder SEK i Norden. Komfortkyla utgörs huvudsakligen av kompletta anläggningar för kontroll av inneklimat i bostäder och offentliga lokaler, en marknad som på nordisk nivå uppskattas vara ungefär lika stor. [2] Marknaden för kommersiella kylprodukter är i stor utsträckning mogen och koncentrerad, där Ahlsell och G & L Beijer är de ledande aktörerna. Det mer snabbväxande segmentet komfortkyla är däremot fragmenterat med ett flertal mindre aktörer. [1]

STIL-undersökningen 2005 för kontor [11] uppskattade att om man betraktar enbart de byggnader som har kylmaskiner används 15,0 kWh/m²/år av 124,5 kWh/m²/år, det vill säga 12,0 %, till drift av kylmaskiner.

Tabell 1 nedan visar fördelningen mellan kylproduktionsform för de lokaler i STIL-studien som hade kyla. 91 byggnader av de 123 lokaler som inventerades har komfortkyla av något slag (74 %).

Om man skulle extrapolera de värden som STIL-studien ger till nationell nivå där lokaler utgör ca 131.5 Mm² blir siffrorna:

Yta som har komfortkyla= 74 % av 131,5 Mm² = 97,3Mm².

Med en specifik elanvändning för denna yta om 15,0kWh/m² och år motsvarar detta en total elanvändning till komfortkyla på 1.46 TWh/år.

Antaget ett COP på 2.5 för kylmaskin skulle detta då motsvara ett årligt behov av 3.65 TWh. Detta bygger helt på de antaganden som gjorts ovan, och med tanke på att lokaler är en mycket heterogen grupp skall dessa siffror tas med en nypa salt.

Tabell 1. Totalt använd energi för kylning av samtliga inventerade byggnader, brutto och för normalår [MWh/år] (Källa: Stegvis stil [11]).

Kyla	Normalår, Brutto [MWh _{kyla} /år]	Fördelning
Vätskekylaggregat	18 891	66%
Fjärrkyla	9 751	34%
Stadsvattenskydd	30	<1%
Summa	28 672	100%

Statistik från arbetet med ekodesignreglerna för luftkonditionering, EuP Lot 10 visar i marknadsrapporten [10] att ca 320.000 RAC-aggregat med en kapacitet under 12 kW var installerade i Sverige 2005. Vidare gör denna studie en uppskattning av antalet installerade enheter. Fram till 2030. Det skall noteras att dessa enheter endast inkluderar direkt-expansionssystem.

Total Number of Room Air Conditioning Units for Sweden

			2005	2010	2015	2020	2025	2030
Moveables	Residential	Sales	13384	22128	30760	37222	40896	42928
		Stock	127261	244386	406713	561784	686949	766506
	Office	Sales	1753	2898	4028	4874	5355	5621
		Stock	16665	32003	53260	73567	89958	100376
	Retail	Sales	1496	2444	3356	4012	4353	4513
		Stock	7575	14547	24209	33440	40890	45625
Reversible Split	Residential	Sales	1641	3472	4606	5541	6159	6553
		Stock	11158	21823	37651	53224	64552	72566
	Office	Sales	10228	20177	26767	32202	35790	38083
		Stock	70525	132584	221958	309522	375141	421715
	Retail	Sales	5403	10658	14139	17010	18906	20117
		Stock	37254	70036	117246	163500	198163	222765
Cooling Only Split	Residential	Sales	459	0	0	0	0	0
		Stock	5987	5732	2687	399	0	0
	Office	Sales	1980	0	0	0	0	0
		Stock	29594	27107	11917	1720	0	0
	Retail	Sales	1046	0	0	0	0	0
		Stock	15633	14319	6295	909	0	0
Total	Residential	Sales	15485	25600	35366	42763	47054	49481
		Stock	144406	271942	447051	615407	751501	839072
	Office	Sales	13961	23075	30795	37077	41146	43705
		Stock	116784	191694	287135	384809	465099	522091
	Retail	Sales	7945	13102	17496	21022	23259	24630
		Stock	60462	98901	147750	197849	239053	268390
TOTAL sales			37391	61777	83657	100862	111459	117815
TOTAL stock			321652	562537	881936	1198065	1455652	1629554

Figur 9. Market statistics for Swedish RAC from the EuP Lot 10 Market report [10].

5.4 Bostäder

En mycket stor del av de värmepumpar som redovisas i statistiken ovan har sålts till bostäder och då främst småhus. Inga eller få bostäder har fjärrkyla eller separata chillers för kyla.

5.5 Lokaler

I lokaler fanns enligt SCB år 2005 ca 2 100 frånluftsvärmepumpar, 5 700 bergvärmepumpar (vätska/vatten) 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 stycken installerade värmepumpar (600 000 år 2007). Detta ger att ungefär 2 % av värmepumparna i Sverige finns i lokaler.

I stort sett all fjärrkyla går till lokaler. På samma sätt används chillers i stort sett endast i lokaler.

6 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) [26, 27, 28] och gäller för år 2006. Många av kommentarerna kommer från ett arbetsmöte som hölls projektet. De siffror som graferna i detta kapitel är baserade på redovisas i tabellform i Bilaga A. I denna bilaga finns även utdrag från de enkäter som fyllts i av ägare till små- och flerbostadshus när siffrorna samlades in.

6.1 Sammanställning av värmebehov, kylbehov och tappvarmvattenbehov för lokaler och bostäder

Figur 10 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:

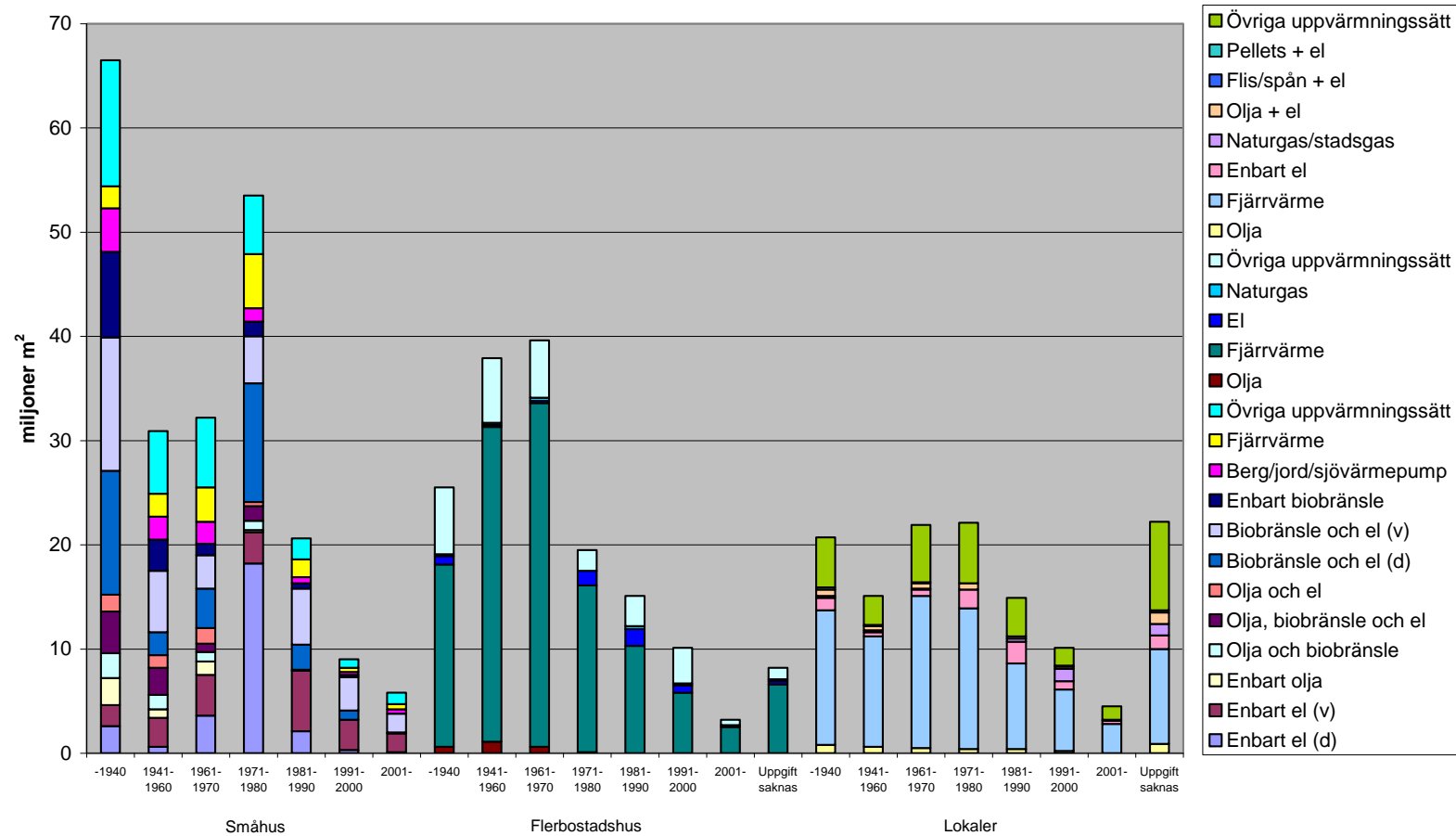
- Småhus - Enbart el (d (direktverkande)), enbart el (v (vattenburen distribution)), enbart olja, el och olja, el och biobränsle, enbart biobränsle, berg/jord/sjövärmepump och el, berg/jord/sjövärmepump och biobränsle, berg/jord/sjövärmepump, fjärrvärme, övriga uppvärmningssätt.
- Flerbostadshus - Olja, 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, inte hur mycket som tagits ut. Det innebär att särskilt el till värmepumpar blir underrepresenterade i diagrammen, då det är elanvändningen som syns i statistiken, inte hur mycket värme som pumpats in i lokalerna.

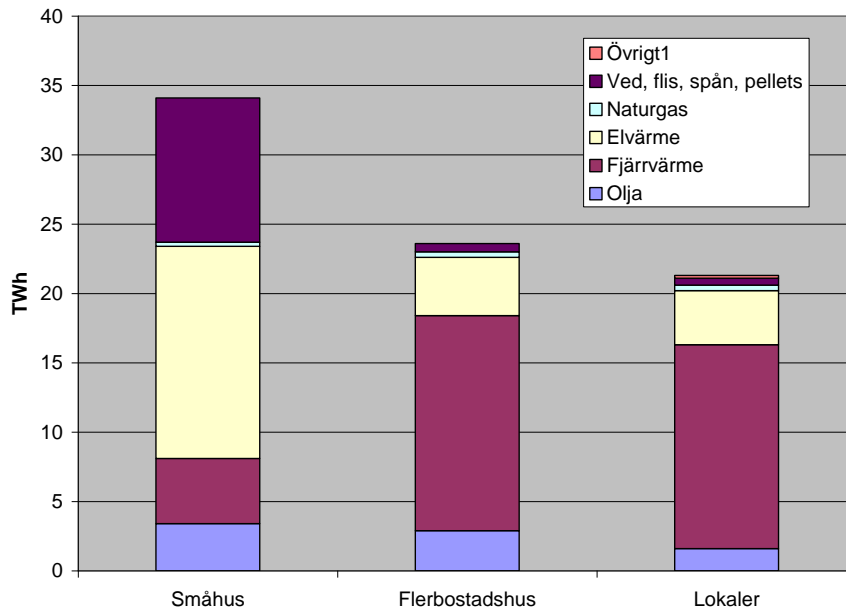
Noterbart att stapeln för ”uppgift saknas” är så stor för lokaler.

Statistik är tagen från SCB [26, 27, 28].



Figur 10. Uppvärmad yta uppdelat på hustyp, byggår och uppvärmningssätt.

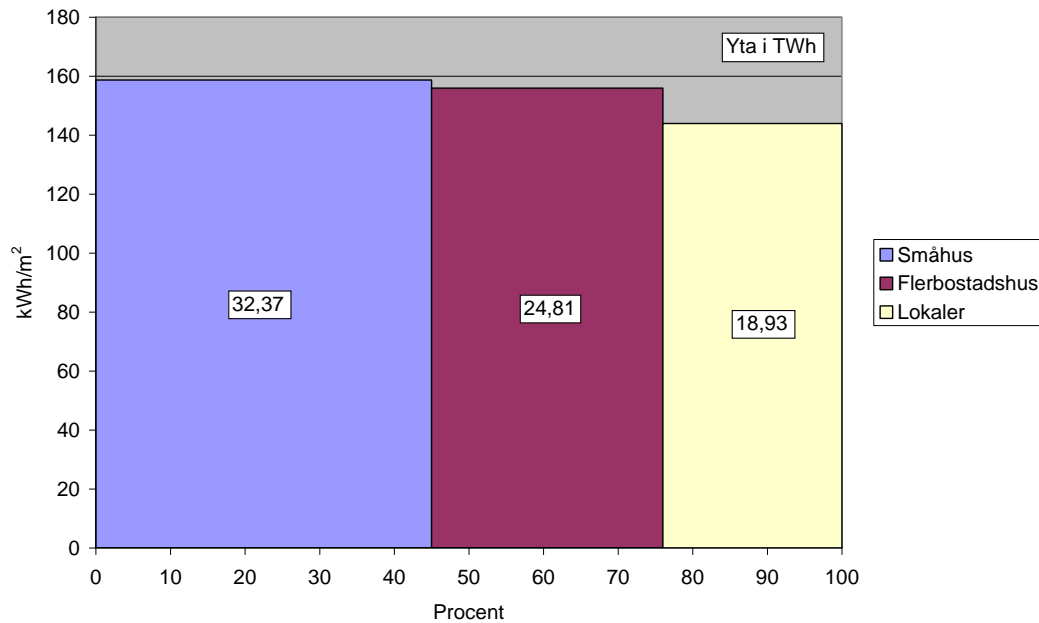
Energianvändning för uppvärmning av rum och tappvatten uppdelat på hustyp och uppvärmningsätt visas i Figur 11. Fjärrvärme dominerar som uppvärmningsform för flerbostadshus och lokaler, 70 % respektive 69 %. För småhusen syns en jämnare blandning av uppvärmningsätt. Elvärme är störst med 45 %. Den siffran skulle vara betydligt högre om man räknat utvunnen energi istället för köpt energi då värmepumpar hamnar i denna kategori.



Figur 11. Energianvändning för uppvärmning av rum och tappvatten uppdelat på hustyp och uppvärmningsätt.

I Figur 12 representerar arean energianvändningen för uppvärmning och tappvarmvatten. Storleken på denna area i TWh är också inskrivet i den vita rutan i varje stapel. Småhus upptar 45 % av den totala arean i diagrammet (och därmed energianvändningen), flerbostadshus 32 % och lokaler 23 %. Observera att alla värden avser köpt energi och inte uppvärmningsbehov. Särskilt viktigt är detta när det gäller värmepumpar. Notera att värdena gäller energi för uppvärmning (inkl. tappvarmvatten). Om man jämför totalt använd energi får lokaler högre värden än bostäder i SCB:s statistik då lokaler har mycket högre verksamhetsenergianvändning.

Med ytprocent menas hur stor del av den totala ytan (kWh/m^2 * Procent av totala arean) som upptas.

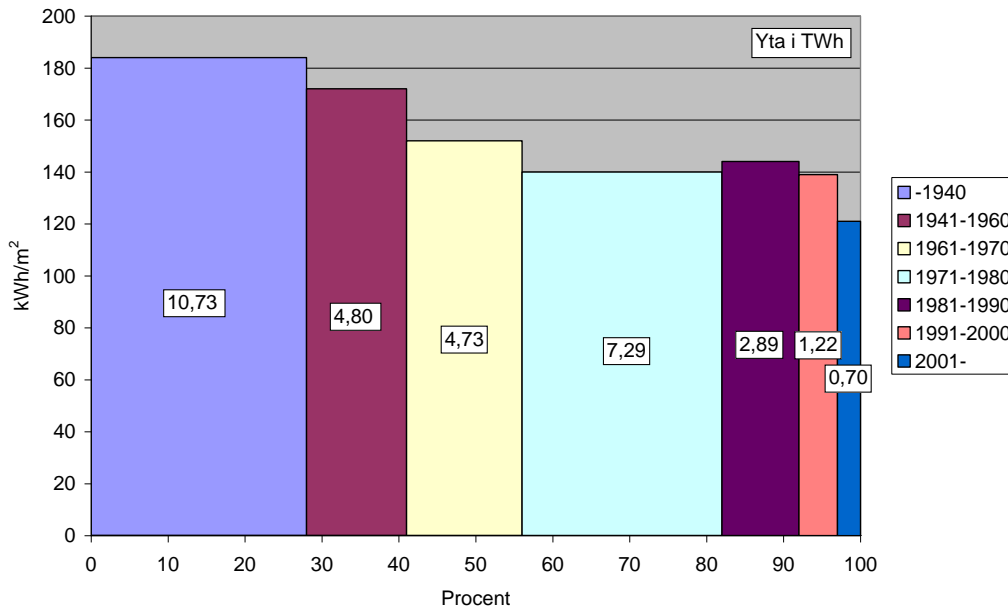


Figur 12. Energianvändning uppvärmning och tappvatten illustrerat som en yta med genomsnittsanvändning och arean (i procent) på axlarna. Observera att alla värden avser köpt energi och inte uppvärmningsbehov. Särskilt viktigt är detta när det gäller värmepumpar.

6.2 Bostäder

6.2.1 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 12. Gamla hus 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 13. Energianvändning för rums- och tappvarmvattenvärmning för småhus uppdelat på byggår illustrerat som en yta med genomsnittsanvändning och area (i procent) på axlarna. Energi som hämtas från omgivningen med värmepumpar eller från solen med solfångare syn.

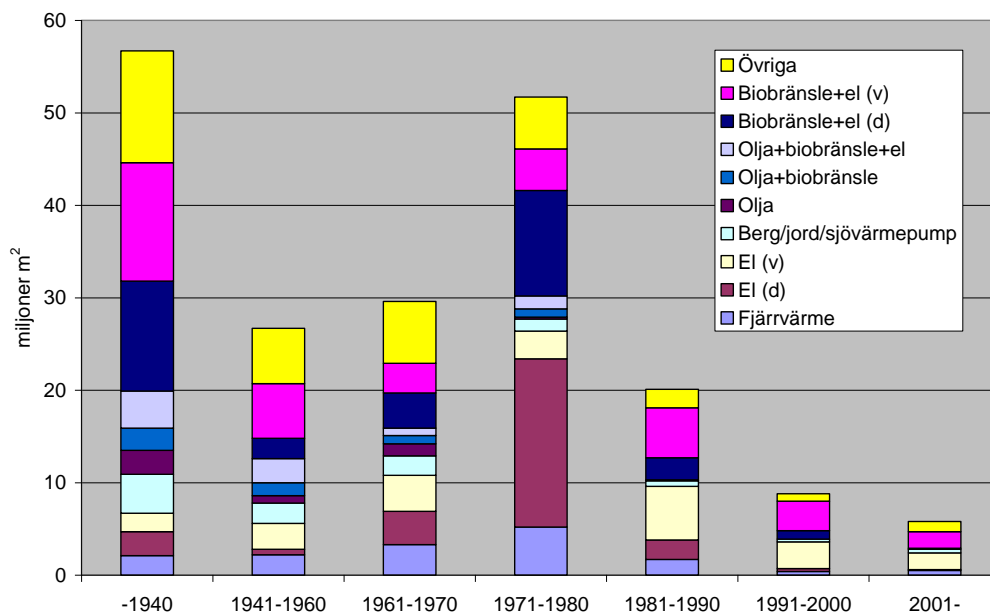
Uppvärmad yta för småhus uppdelat på byggår och uppvärmningssätt visas i Figur 13. Gamla hus samt hus byggda på 70-talet utgör en stor del av den uppvärmda arean för småhus.

Det används relativt mycket bibränsle 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 bibränsleuppvärmning då inte alltid är tillåten. Dessutom krävs mycket plats i källare och på tomten för att kunna elda bibränsle, vilket oftare finns i äldre hus jämfört med ny.

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 (2008) 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/luft-värmepumpar 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 14. 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 ca 15 000 nya hus per år ett "normalår". 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 VÅV, 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.

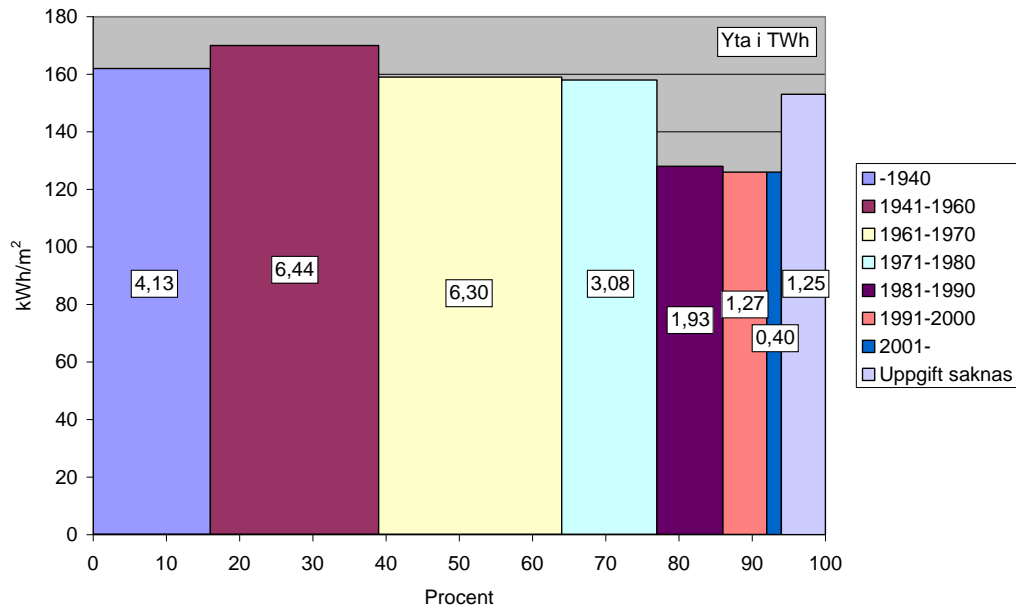
När det gäller renoveringsintervall för bostäder är det så att större renoveringar av områden/hus ofta sker vid generationsskiften, dvs. med 25 -30 års intervall. Idag händer det mycket saker med hus byggda 1970-80.

6.2.2 Flerfamiljshus

Användningen av tappvarmvatten i flerbostadshus uppskattas normalt till drygt 40 kWh/m² och år. Motsvarande siffra för energianvändning för rums- och tappvarmvattenvärmning är 156 kWh/m². Tappvatten utgör alltså drygt 25 % av det sammanlagda värmebehovet.

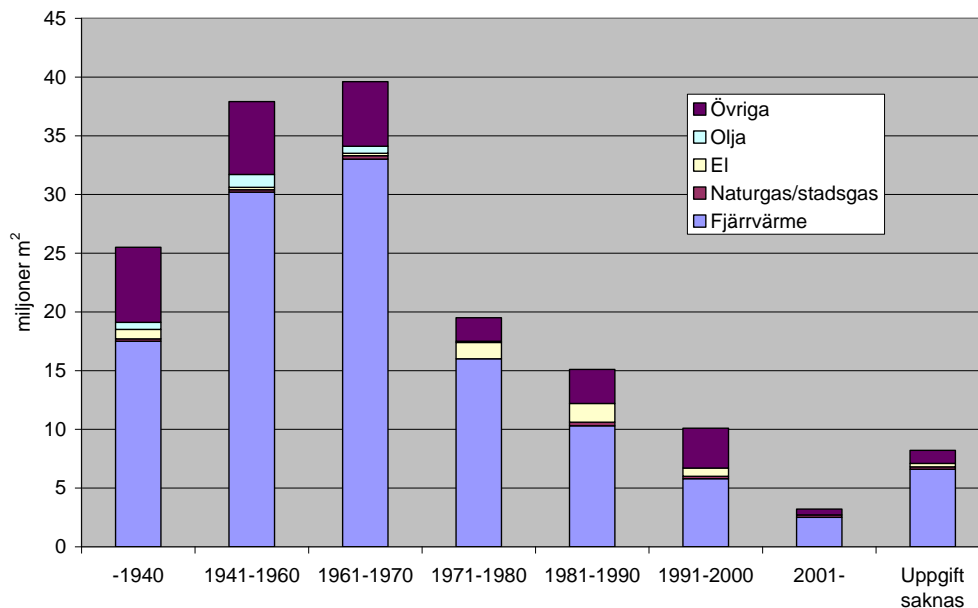
Energianvändningen för tappvarmvatten- och rumsuppvärmning för flerbostadshus uppdelat på byggår illustreras som en yta i Figur 15 med genomsnittsanvändning och area (i procent) på axlarna. För flerbostadshus upptar hus byggda före 1970 över 60 % av den uppvärmda ytan. Under 10 % av husen är byggda efter 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 (SBN80) [25].



Figur 15. Energianvändning uppvärmning och tappvatten för flerbostadshus uppdelat på byggår illustrerat som en yta med genomsnittsanvändning och arean (i procent) på axlarna.

Uppvärmad yta för flerbostadshus uppdelat på byggår och uppvärmningssätt visas i Figur 16. Fjärrvärme är det totalt dominerande uppvärmningssättet för flerbostadshus. I övrigt ingår solvärme, närvärme och biobränslen.



Figur 16. 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. BOKLOK. I sådana fall har de i stort sett samma typ av uppvärmningssystem som småhus, d.v.s. en frånluftvärmepump per lägenhet.

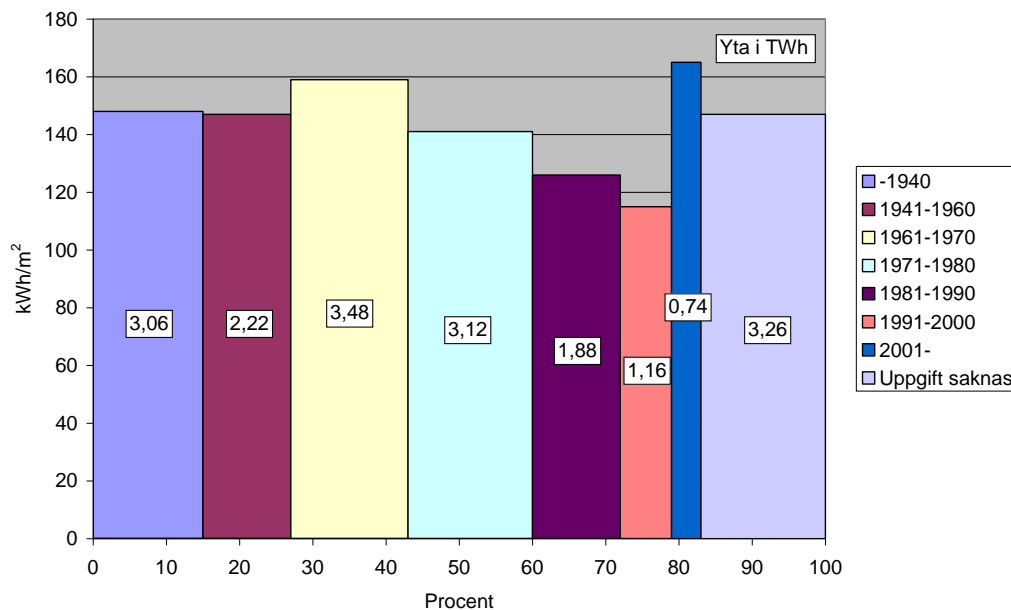
Enligt Nils Holgersson-undersökningen [<http://www.nilsholgersson.nu>] är priset i 80-85% av kommunerna högre för fjärrvärme än priset för värme från värmepump. Genom planmonopolet finns dock en stark begränsning av möjligheterna för värmepumpar, då många kommuner skriver in krav på fjärrvärme för bygglov eller i detaljplaner. Denna konkurrensbegränsning görs inte genom byggregler eller Plan och Bygglagen, PBL, men planmonopolet är en av kommunernas starkaste styrmedel. I många fall har det dessutom krävts att husen ej skall ha värmeåtervinning, detta för att öka försåld värme. Det förekommer diskussioner om huruvida ett sådant planmonopol är lagligt eller inte. I och med BBR 2006, krävs att värmeåtervinning görs även i många fjärrvärmeuppvärmda hus.

När det gäller renovering av miljonprogrammet skulle det i många fall vara en fördel om klimatkyla kunde installeras för att öka områdets status.

6.2.3 Lokaler

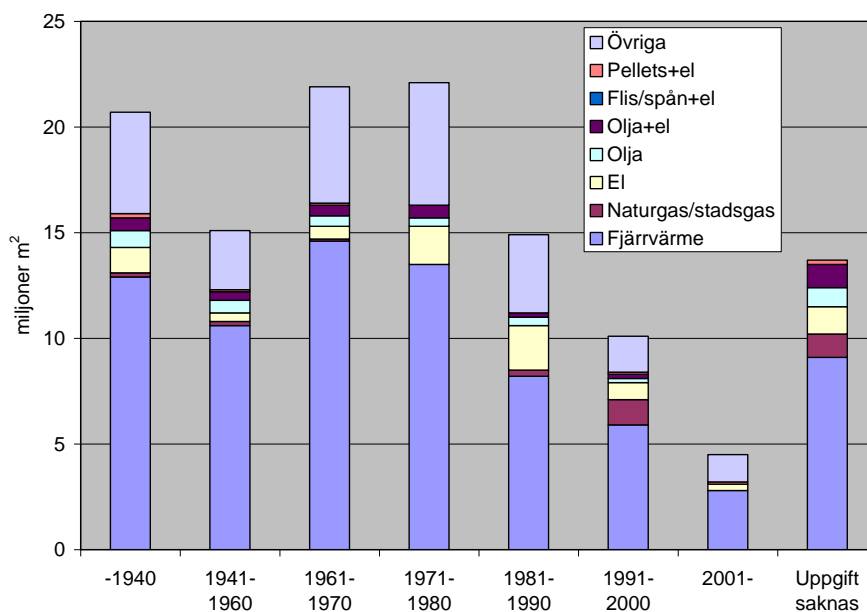
Specifik energianvändning för lokaler uppdelat på byggår och uppvärmningssätt visas i Figur 17. Bland lokalerna är fördelningen mellan byggåren mer jämn jämfört med bostäderna. Det saknas byggår för över 15 % av lokalytan. Förmodligen är många av dessa äldre byggnader där ägaren inte riktigt vet när huset är byggt.

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



Figur 17. Energianvändning tappvarmvatten- och rumsuppvärmning för lokaler uppdelat på byggår illustrerat som en yta med genomsnittsanvändning och arean (i procent) på axlarna.

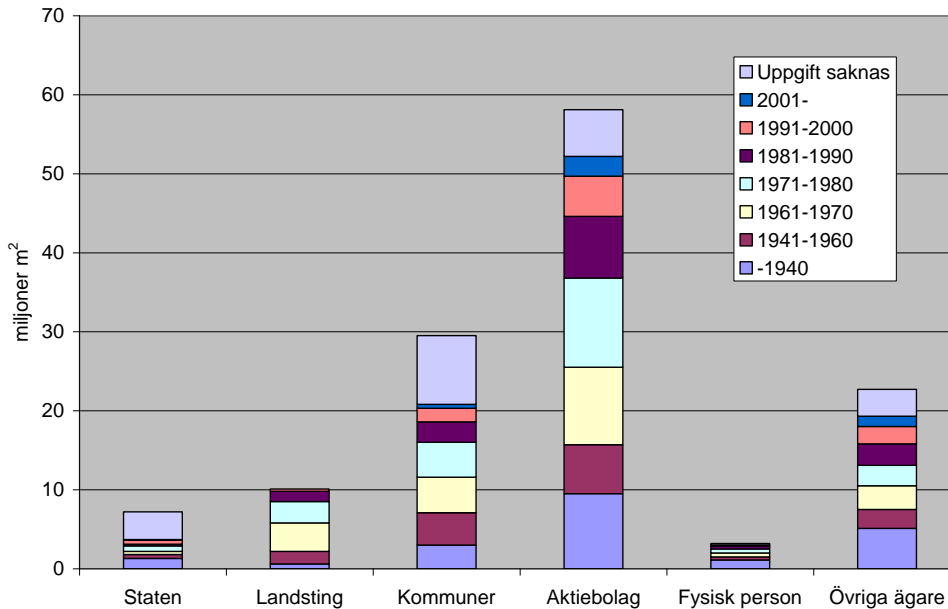
Uppvärmad yta för lokaler uppdelat på byggår och uppvärmningssätt visas i Figur 18. Fjärrvärmens dominerar kraftigt som uppvärmningssätt. Den värmer upp 59 % av Sveriges lokalarea. "Övriga" inkluderar solvärme, närvärme, bioolja, ved.



Figur 18. Uppvärmad yta för lokaler uppdelat på byggår och uppvärmningssätt.

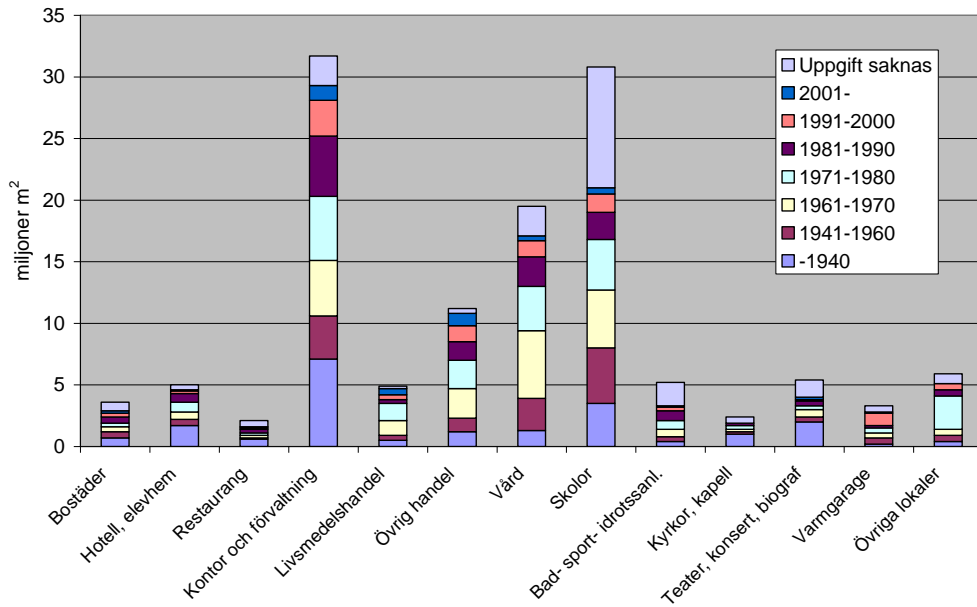
Uppvärmad yta för lokaler uppdelat på ägare och uppvärmningssätt redovisas i Figur 19. "Övriga ägare" inkluderar enskild firma, handelsbolag, dödsbon m.m. Det kan finnas olika grad av intresse för energieffektivisering i olika ägandeformer. Vissa ägandeformer har en mer kortsiktig syn på sitt ägande 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 NH₃-chillers) till offentliga ägare (som äger långsiktigt och nyttjar sina egna lokaler) än till t.ex. fastighetsbolag.

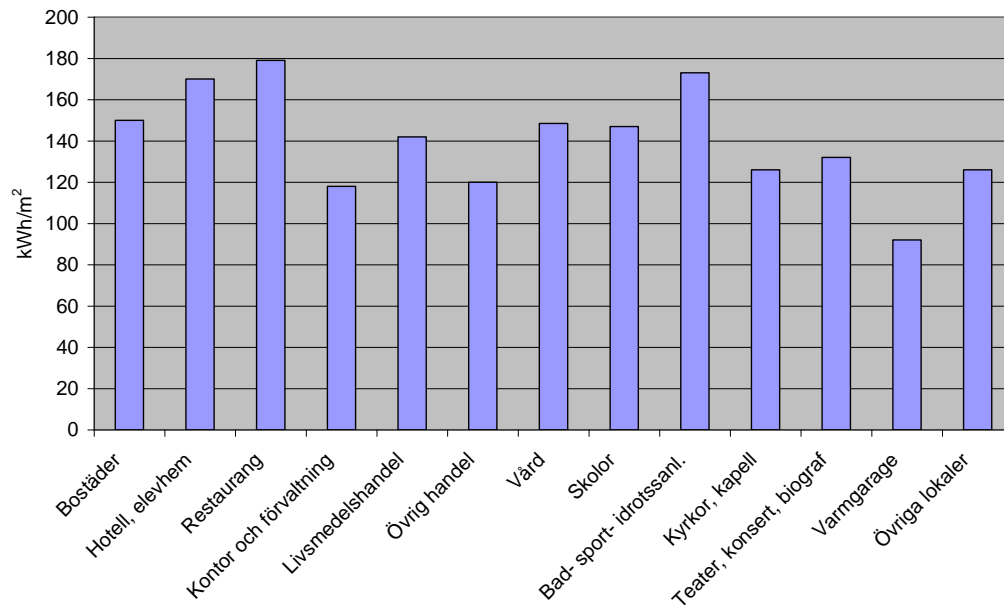


Figur 19. Uppvärmad yta för lokaler uppdelat på ägare och uppvärmningssätt.

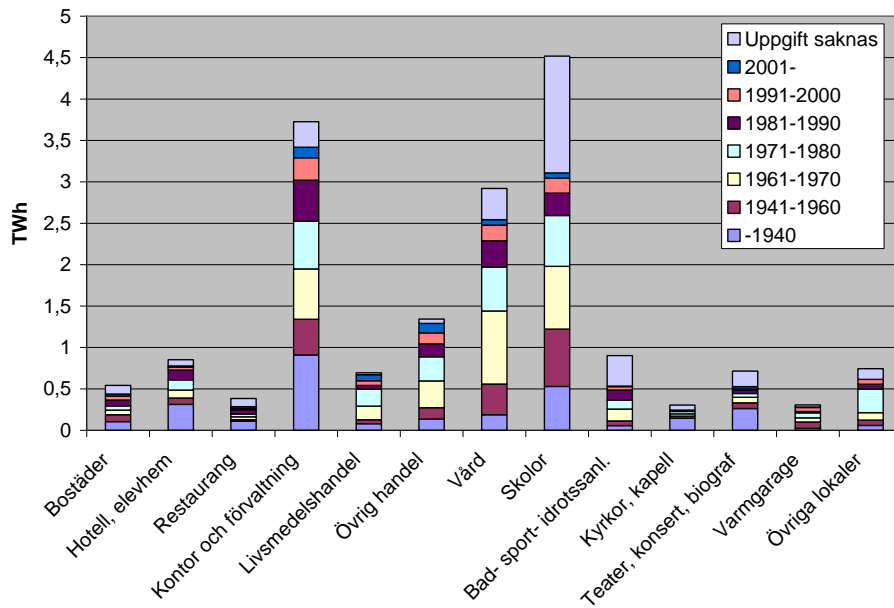
Figur 20 visar uppvärmd yta för lokaler uppdelat på lokaltyp och byggår. Tre dominerande staplar syns tydligt – de för kontor/förvaltning, vård och skolor. Genomsnittlig energianvändning uppvärmning och tappvatten för lokaler uppdelat på lokaltyp redovisas i Figur 21. På grund av att kontor/förvaltning har låg energianvändning för uppvärmning krymper den när vi tittar på energianvändning istället för på uppvärmd yta, se Figur 22, vilket medför att skolor blir den största posten i detta diagram. Det finns en stor besparingspotential i just skolor.



Figur 20. Uppvärmad yta för lokaler uppdelat på lokaltyp och byggår.



Figur 21. Genomsnittlig energianvändning uppvärmning och tappvatten för lokaler uppdelat på lokaltyp.



Figur 22. Använd energimängd uppvärmning och tappvatten för lokaler uppdelat på lokal-typ och byggår.

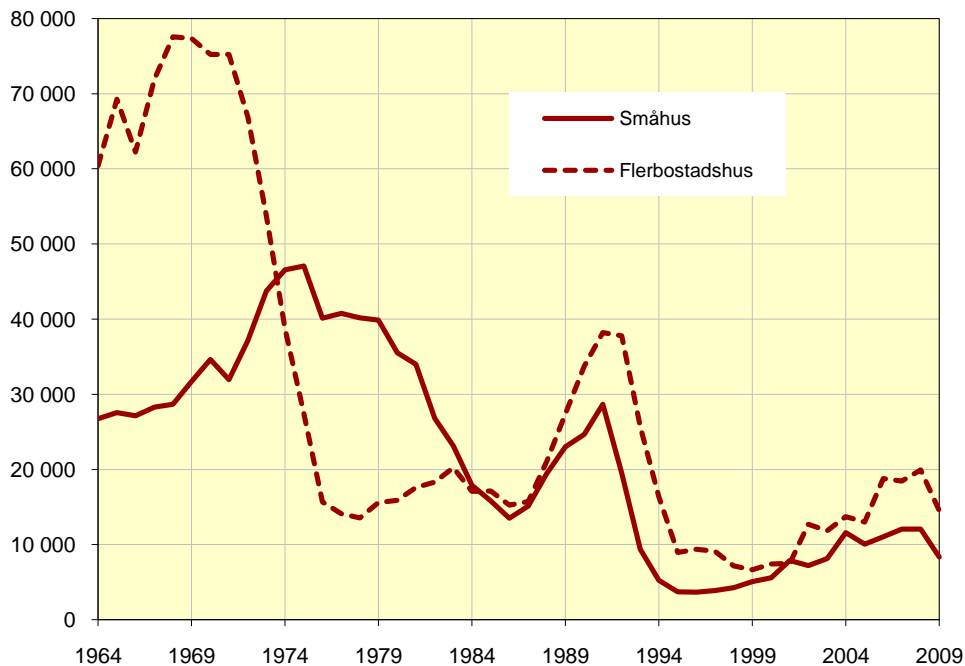
Kylbehovet för lokaler år 2006 var enligt SCB:s statistik 654 GWh, detta inkluderar både fjärrkyla och eldriven kyla. Uppgifter om använd mängd fjärrkyla samlades in för första gången 2001 och förmodligen är uppgifterna ännu ofullständiga. Detta kan ställas mot uppvärmningsbehovet som är 21,3 TWh.

7 Kartläggning och analys av nuvarande och framtida krav

7.1 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. För både lokaler och bostäder gäller hårdare byggregler, samtidigt som fastighetsbranschen efterfrågar byggnader med lägre energibehov. Många passivhus-projekt pågår, speciellt avseende nybyggnation av små- och flerbostadshus. Dessutom testas ombyggnad till passivhus-standard i befintliga flerbostadshus, exempelvis i området brogården i Alingsås [13].

Politiskt vill man se alla typer av upplåtelseformer, så vi kan förvänta oss en mix av hyresrätter, borätter och privat boende även i framtiden. Marknaden för nybyggnation omfattar ca 10 000 småhus och 10 000 – 15 000 lägenheter årligen [29]. Kommersiella lokaler renoveras i en högre omfattning, men oftast inte lika grundligt, utan mer för att hysa nya verksamheter.



Källa: SCB

Data t o m 2009

Figur 23. Byggnade av Småhus och lägenheter i flerbostadshus (Källa SCB [29]).

7.2 Analys av inverkan från nuvarande och framtida lagstiftning och direktiv på krav för framtida systemlösning

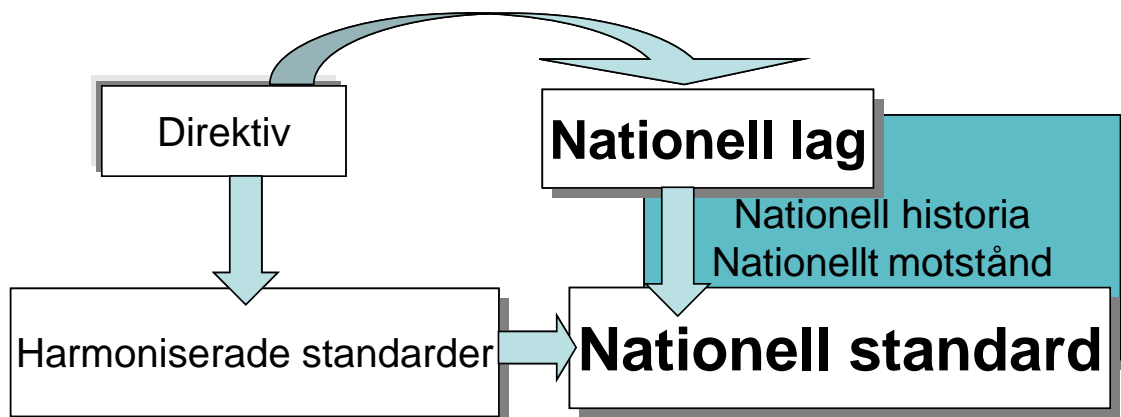
Av de direktiv och lagar som behandlas i detta stycke verkar en del i vissa led i, andra i flera led. Den totala effekten av dessa lagar och direktiv blir därför svår att bedöma. Dessutom verkar många direktiv i samma riktning, så den överlappande effekter kan ej heller bedömas.

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

- Byggregler (EPBD, BBR) → Fastighetsnivå
Byggreglerna ger instruktioner om de krav som ställs på byggnader avseende bland annat energi och ventilation. Kraven verkar därmed på fastighetsnivå, och berör byggare, konsulter och fastighetsförvaltare. Kraven har fram till 2009 främst gällt nybyggnation, men gäller nu även renovering av befintliga byggnader då renoveringen är omfattande.
- 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. Har utvecklats så att det även omfattar energirelaterade produkter, såsom fönster, dörrar och isolering.
- Energieffektivitet → Samhällsnivå
Det svenska energieffektivitetsdirektivet [31] lades fram (nov-08), och ett antal förslag till lagstiftning och andra åtgärder har presenterats. Den svenska nationella planen lades fram den 18 november 2008. 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 24). Harmoniserade standarder och/eller nationella lagar leder sedan till nationella lagar. Det finns därmed ett tolkningsutrymme i omvandlingen från EU-direktiv till nationell lag, men direktivets intentioner skall återfinnas även i den nationella lagen¹.

¹ *Min Direktiv* baserat på miljölag innebär att hårdare lokala regler kan få finnas. *Direktiv* baserat på fria marknaden innebär att ändringar i kraven tillåtes ej. *Förordning* (regulation) skall införas utan några ändringar



Figur 24. Direktiv och dess inverkan på nationell lagstiftning.

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

7.2.1 Direktivet för “Energy using products, EuP” ”/Eco-designdirektivet (2005/32/EC)

EuP står för Energy using Products [7], och är samma sak som ekodesigndirektivet. Ekodesigndirektivet 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 sätter krav på produkterna till exempel elanvändningen i standby hos en TV, vilket innebär att de sämsta produkterna ur ekodesignperspektiv fasas ut från marknaden. Systemet med Energy-labelling 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 el
- Minska CO2 belastningen
- Minska energiberoendet från stater utanför EU

Dessutom skall resultatet ge en lägre förbrukning av elektricitet inom EU. Metoden är att välja ut serieproducerade produkter med en seriestorlek > 200 000 stycken/år, med stor miljöpåverkan. Genom frivilliga överenskommelser med producenter och importörer där det är möjligt, och minimiregler för energieffektivitet, vill EU-kommissionen nå målet. Att minimivärden uppehålls skall säkras genom CE märkning. Kontroll av CE-märkning är dålig i hela Europa. Marknadsövervakningssystemen borde innebära att fler stickprov görs.

De för bostäder och lokaler intressanta produkterna är

- alla konsumtionsvaror där användningen av stand-by-energi minskas
- belysning inomhus

- elmotorer, pumpar och fläktar. Pumpar för värmecirkulation i vattenburna system behandlas separat och kallas cirkulatorer. Troligen därför att pump och elmotor är sammanbyggda i en hermetisk enhet.
- kyl och frys för hushåll
- butikskylutrustning

Produktgrupper där förslag är antagna och gällande ekodesignkrav finns är:

- Hembelysning I (Lot 19)
- Standby och off-modelförluster för energianvändande produkter (Lot 6)
- TV-apparater (Lot 5)

Produktgrupper där antagen ekodesignförordning finns är:

- Elmotorer 0,75-375kW (Lot 11)
- Enkla digitalboxar (Lot 18a)
- Externa nätaggregat (Lot 7)
- Cirkulationspumpar (Lot 11)
- Gatu- och kontorsbelysning (Lot 8&9)
- Kylar och frysar för hushållsbruk (Lot 13)

Övriga produktgrupper som kommit olika långt i processen redovisas nedan:

Kommittégenomröstat förslag, ej antaget av kommissionen

- Tvättmaskiner för hushållsbruk (Lot 14)

Slutliga förordningsförslag inför kommittéomröstning

- Diskmaskiner för hushållsbruk (Lot 14)

Förslag finns

- Elektriska pumpar (Lot 11)
- Luftkonditionering för hushåll (Lot 10)
- Pannor för gas/olja/el (Lot 1)
- Varmvattenberedare för gas/olja/el (Lot 2)
- Fläktar
- Datorer och dataskärmar (Lot 3)
- Bildbehandlingsutrustning: kopiatorer, faxar, skrivare, skannrar, m.fl. (Lot 4)
- Avancerade digitalboxar (Lot 18)
- Verktygsmaskiner
- Medicinisk bildutrustning

Förstudie finns/pågår

- Kylar och frysar för kommersiellt bruk (Lot 12)
- Fastbränsleutrustning (Lot 15)
- Torktumlare för hushållsbruk (Lot 16)
- Dammsugare (Lot 17)
- Hembelysning II (Lot 19)
- Ljud och bild: dvd, blueray, projektorer, digitala fotoramar, spel
- Element och värmebläktar (Lot 20)
- Uppvärmningsprodukter som använder varmluft (Lot 21)
- Ugnar för hushållsbruk och kommersiellt bruk (Lot 22)
- Spisar och grillar för hushållsbruk och kommersiellt bruk (Lot 23)
- Tvättmaskiner, torktumlare och diskmaskiner för kommersiellt bruk (Lot 24)

- Kaffemaskiner (Lot 25)
- Nätverks-standby (Lot 26)
- UPS för hushållsbruk (Lot 27)
- Transformatorer

När det gäller direktivet för Eco-design ingår värmepumpar i de Lot som behandlar pannor och luftkonditioneringsaggregat².

De grupper som kursiverats är grupper som påverkar de interna lasterna i byggnader. Genom en minskning av energianvändningen i dessa produkter kan även de interna lasterna förväntas minska. I samtliga dessa fall blir konsekvensen en minskning av den totala elektriska energianvändningen. För alla former av lokalkyla kommer kylbehovet med största sannolikhet att minska. Även för butikskyla erhålls troligen minskade kylbehov³.

Förändringarna kommer bara att gälla nya produkter. Innebörden av detta 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 25, så genomslaget av direktivet kommer att ske gradvis.

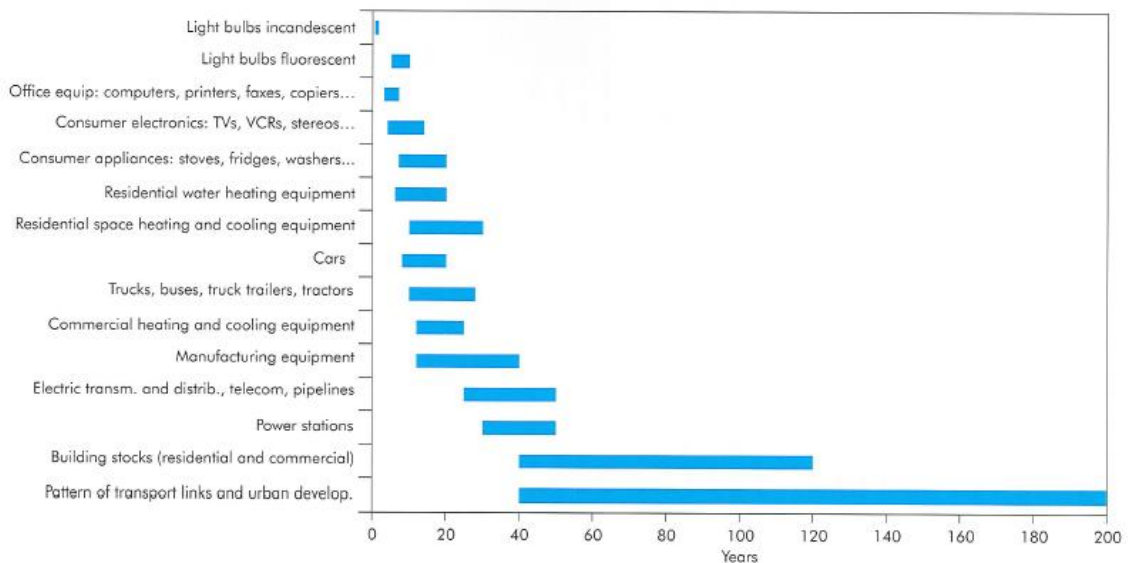
För befintliga kylsystem kommer kylenergibehovet på årsbasis att minska. Om samtidigt den totala årliga elenergiförbrukningen minskar beror ytterst i varje enskilt fall på kylsystemets uppbyggnad och dess reglersystem. Det troliga är en minskning men inte i proportion till minskningen av kylbehovet.

För nybyggnader innebär direktivet om effektivare produkter att mindre värme avges och detta i sin tur leder till ett förändrat kylbehov. Om inte dimensionerande konstruktionsregler anpassas till det minskande behovet kommer tidigare tendens till överdimensionering att förstärkas. Resultatet kan bli mindre energivinster än förväntat och i värsta fall ingen minskning av elenergianvändning. För värmebehov under uppvärmningssäsongen blir resultatet att mer värme måste tillföras. Även här är anpassade designregler av intresse.

Tidplanen för introduktionen av de förbättrade produkterna innebär att den närmaste femårsperioden inte kommer att innebära någon större påverkan på elanvändningen och elnätet. Därefter kommer successivt uppvärmningen att flyttas över från indirekt till medveten uppvärmning varför energibehovet i elnätet minskar medan effektoppar där el är värmekälla består. I områden med övervägande fjärrvärme blir effektopparna större men minskningen i elenergi ersätts av fjärrvärme vid värmebehov.

² Lot 1:Pannor = apparater som värmer vattencirkulationssystem. Här ingår luft-vatten och markvärmepumpar (berg, jord, vatten). Lot 10:AC och luft-luft vp

³ Med minskad utkylning dvs. läckage från diskar kommer klimatkylbehovet i butiker ökat. Hur detta sedan balanserar mot den i övrigt minskade internlasten är idag inte klarlagt.



Figur 25. Ekonomisk livslängd för olika produkter [15].

7.2.2 Energieffektivitetsdirektivet (direktiv 2006/32/EG)

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 (basåren) till 2016. Dessutom finns det ett krav att varje medlemsstat skall redovisa en handlingsplan för hur minskningen skall genomföras. En svensk utredning har tillsatts som har skrivit ett delbetänkande SOU2008:25 ”Ett energieffektivare Sverige” och en Handlingsplan. Slutbetänkandet lades fram den 18 november 2008. Den har titeln ”Vägen till ett energieffektivare Sverige” och rapportnummer SOU 2008:110.

Krav

- 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

Det helt avgörande resultatet av utredningen och politiska beslut är vilka styrmedel som införs. Innan detta är klart kan ingen påverkan på lokal kyla - fjärrkyla och olika uppvärmningsalternativ uppskattas.

Notera att utredningen har bytt det svenska namnet. En möjlig redovisning av utredningens nedtoning av energitjänster och mer tyngd på andra åtgärder. I förarbeten talas om att effektivisering är minskad förbrukning med bibehållen standard, t ex innetemperatur. Utredningen talar sedan om energi och mindre om effektivisering. Detta är möjligen ok för uppvärmning av bostäder. Antalet invånare och m² bostad/individ kan kanske antas vara konstant under mätperioden. En verksamhet som 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 endast med som fjärrkyla, ingenting sägs om lokalt producerad kyla. Elförbrukningen för lokalt producerad kyla är en del av övrig elförbrukning.

Vad som gäller i industriproduktionen är mer oklart, men det ligger utanför ämnesområdet här.

Utredningen har utöver slutanvänd energi även studerat primär energi och kopplingen mellan dessa. Skälet är EU kravet på en 20 % sänkning av primärenergiförbrukningen till 2020.

I utredningen har införts faktorer för konvertering mellan primärenergi och slutanvänd energi.

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

Hur dessa faktorer skall förstås är oklart. Är det ändringar som skall ses på marginalen eller är det all energi 2016?

Störst är skillnaden avseende el. med sifferglidningen 1,5 idag (en mix av vattenkraft och kärnkraft) och 2,5 för ”marginalen”. Har utredningen visat på en förväntad sämre verkningsgrad i nyproduktion av elproduktionen eller att den nuvarande marginalen dvs. importerad kolkondens bibehålles?

Några praktiska exempel för användning av dessa faktorer:

Förhållandet mellan faktorer för el och fjärrkyla ger $2,5/0,4 = 6,25$ i marginalen och $1,5/0,4 = 3,75$ idag för bulken.

Hur ser ett byte av kylning från lokalt producerad kyla till fjärrkyla ut?

Ansätt driveffekt idag 100kW med 400 kW kyleffekt

Ingen åtgärd ger primärenergiförbrukning idag $1,5 \cdot 100 = 150 \text{ kW}$ och för 2016 $2,5 \cdot 100 = 250 \text{ kW}$ dvs. 70% ökning eller om faktorn 2.5 bara gäller vid förändringar kvarstår 150 kW.

Byte till fjärrkyla 2016: $0,4 \cdot 400 = 160$ Jämfört med dagens omräkningsfaktorer erhålles en ökning av primärenergi behovet medan bytet av omräkningsfaktor minskar ökningen av primärenergi från 70 % till 8 % med bibehållen slutenergianvändning.

En studie kring förhållandet mellan kylenergi och drivenergi för de två alternativen bör genomföras. Dessutom har kravet på enkelhet i omvandlingsfaktorerna varit avgörande se på 0,4 för fjärrkyla antingen den är frikyla (t ex havsvatten)- dubbelutnyttjad chiller (kopplad till både fjärrvärme och fjärrkyla)- en vanlig chiller eller spillvärmedriven absorptionsprocess.

Vid lokala projektanalyser borde lokala omräkningsfaktorer användas. Dagens nyare lokaler är i dag i behov av kyla en bra bit under 0° C , då frikyla från uteluft är ett bra alternativ.

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

Idag erhålles behovet primärenergi till $0,9 \cdot 100 = 90 \text{ kWh}$ och med fortsatt fjärrvärme 2016 då omvandlingsfaktorn för fjärrvärme förslås ändrad från 0,9 till 1,0. Därmed erhålles $1,0 \cdot 100 = 100 \text{ kWh}$. Om samma värmebehov konverteras till att täckas med

värmepump ger den föreslagna omvandlingsfaktorn för el med en värmefaktor på $3 \cdot 100/3 \cdot 2,5 = 83$ kWh. En bra värmepump skall med dessa antaganden ersätta fjärrvärme.

Något förslag till val av nya styrmedel för att korrigera skillnaden i lönsamhet för en viss åtgärd för beslutsfattare och samhället finns ej i utredningen men samhällsekonomiska kalkyler inkluderades i slutredovisningen. Behovet av sådana styrmedel diskuteras i marsredovisningen. Dessutom anmärks att omvandlingsfaktorerna från slutanvänd energi till primär energi ej skall ligga till grund för styrmedel.

Hur kommer val av styrmedel att påverka förhållandet fjärrkyla- lokalt producerad kyla? Vilka nyare styrinstrument kan komma att påverka kylning av lokaler?

- Vinsten av kylning i lokaler för kommersiella ägare kommer troligen att uppväga ökande kostnader
- Detta gäller även butiker och andra privata lokaler
- Offentliga lokaler kan komma att ta andra beslut som ett resultat av pressade kostnader.

Tillförsel av energi från värmepumpar är endast redovisad som energi tillförd fjärrvärme. Den större energimängden från mindre aggregat är ej medtagen i siffror. I texten redovisas 8-10 TWh år 2005 att jämföra med 7 TWh från de största värmepumparna. I utredningen visas att Sverige både utifrån primär och slutenergiperspektiv uppnår målsättningen med hittills införda och beslutade styrmedel. Det anmärks även att möjliga och ekonomiska effektiviseringar är stora 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 de ej styr mot enbart förnyelsebar energi. De styr inte heller mot CO₂-reduktion. Som faktorerna ser ut nu spelar det inte så stor roll om det är fossila bränslen eller förnyelsebara som eldas.

En annan verksamhet som 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 endast med som fjärrkyla, men ingenting sägs om lokalkyla. Elförbrukningen för detta måste vara en del av övrig elförbrukning.

Tidigare inriktning är

- Åtgärder för energieffektivisering skall öka
- primärenergifaktorer för omräkning från slutanvänd till primär energi skall användas.

Denna inriktning gäller fortsatt med följande förtydligande:

Vid studie av kortsiktiga investeringar skall lokala omräkningsfaktorer för fjärrvärme användas. Som kortsiktigt anges luft-luft vp.

Vid långsiktiga, strategiska investeringar, t ex byte av distributionssystem för värme skall den nationella omräkningsfaktorn användas.

Den för projektet intressanta delen är föreslagna **styrmedel** som kan förväntas öka mängden genomförda energieffektiviseringsprojekt.

Den svenska utredningens [31] **huvudalternativ** återfinns i utredningen på sidan 176. Innebörden är ett statligt bidrag till strategiska installationer i småhus, flerbostadshus och lokaler (butik, restauranger, kontor och liknande dock ej industribyggnader).

Statliga bidrag skall även ges till konsultarbeten för genomförande av i energideklarationer rekommenderade åtgärder.

Befintliga stöd för konvertering och energieffektiva fönster bibehålles. En utvidgning skall göras till styr och reglersystem och till mekaniska till och frånluft system med värmeåtervinning. Konvertering till vattenburna värmedistributionssystem anses vara en strategisk åtgärd.

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

Det **alternativa förslaget** är ett skatteavdrag för åtgärder i småhus och flerbostadshus. Man vill knyta rätten till avdrag till vid energideklaration givna förslag. 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. Skälet till begränsningen är att skatteavdrag generellt har inneburit fler utbetalningar än bidrag.

Byggnadsregler

Inför krav på energihushållning vid ombyggnad

En lista på komponentkrav för energidata.

T ex fast belysning, pumpar, komfortkyla och ventilation men även fönster dörrar väggar och tak. En kontinuerlig **ytterligare skärpning av nybyggnadsregler** införes men med god framförhållning. Vid fjärrvärmeutbyggnad skall alltid alla typer av tillgänglig spillvärme beaktas. Vid ansökan av miljöprovning skall spillvärmekällor vara angivna och om dessa inte användes 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. Hur ombyggnadskraven utformas styr mycket av kommande utveckling. Ett bidrag till nya styrsystem kommer att innebära en stor sänkning av energiåtgången redan i befintliga system. Kabona anger att deras Ecopilot innebär ung 25 % lägre energiförbrukning i befintliga system. Dessutom kommer med stora krav och bidrag vid ombyggnader 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.

I maj 2010 röstade röstades kraven på ytterligare skärpning av EPBD igenom i Europeiska parlamentet. Dessa skärpningar innebär att alla nya byggnader ska vara ”näronullenergibyggnader” från och med 31 december 2020. För offentliga byggnader gäller ”Den offentliga sektorn i varje medlemsstat bör visa vägen när det gäller byggnaders energiprestanda, och därför bör det i de nationella planerna ställas upp mer ambitiösa mål för de byggnader som utnyttjas av offentliga myndigheter ” [9].

7.2.3 F-gas-förordningen (EC Regulation No842/2006 on certain fluorinated greenhouse gases)

F-gas regleringen innebär nya gränser för täthetskontroll av anläggningar som innehåller fluorinerade köldmedier. Särskilda regler för hermetiska system gäller.

Kravet på indirekta system för kylning över 0 grader är numera borta. Förr fanns ett sådant krav för fyllningar 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. Många livsmedelshandlare kanske ändå väljer att fortsätta låta bygga och använda sådana system.

Indirekta (brine) system är billigare att serva, kostnaden är bara ca 20 % av kostnaden för att serva ett DX-system.

CO₂-system väntas bli billiga i framtiden då komponenter blir tillgängliga o större volymer, de har mindre materialåtgång.

- 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

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 redovisar de extra krav som gäller i Sverige utöver vad som stipuleras i F-gasförordningen. Denna författning, SFS 2007:846 gäller från 1 jan 08.

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.

En jämförelse mellan gamla och nya regler underlättar kanske förståelsen av det nya.

Täthetskontroll gäller för utrustning med

- 3 kg var 12 månad (6 kg för hermetiska system)
- 0-300 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 12månad. 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.

Det nya är att även andra EU länders certifikat skall gälla i Sverige. Både företag och personer skall vara certifierade. Det nya systemet är obligatoriskt från den 1:a juli 2010.

Ansvarig för att följa regelverket är ”operatören” som kan vara annan än ägaren.

Som tidigare gäller att en dagbok över underhållet skall föras. Rapport skall fortfarande sändas till kommunen, vilket är ett svenskt undantag som beviljats..

En skillnad i Sverige jämfört med EUs F-gas ”regulation” 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. Någon ytterligare minskning av köldmediefyllningar kommer inte att ske 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 system som i första hand kommer att införas är mindre luftkonditionering med direkta system och även 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 komma att bibehålla dagens lösning.

Det finns ett krav på översyn av de nya nu gällande reglerna inom EU.

Översynen 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.

Något totalt förbud för HFC är svårt att se under lång tid. För installationer med centrifugalkompressorer är inte alternativen CO₂ eller NH₃ lämpliga. Molekylvikten är låg och ger därför dyra kompressorer och högre energibehov. I en miljö med krav på hög energieffektivitet är centrifugalkompressorer väsentliga för stora installationer > 1-2 MW. De är i det avseendet bättre än andra lösningar. En möjlig teknisk lösning är HC som köldmedium vilket användes inom oljeindustrin. Där finns kravet på explosionssäker elektrisk utrustning ändå. I andra applikationer för luftkonditionering blir det 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 ingen förändring avseende denna del eftersom liknande krav funnits sedan tidigt 90-tal. System med naturliga medier (NH₃, CO₂ och kolväten) ingår inte i de nya reglerna. Påverkan på dessa kommer indirekt att bli avsevärd. De tidigare gällande svenska reglerna om viss utrustning i HFC system och förbud mot DX lösningar över viss fyllningsstorlek försvinner.

Förordningen omfattar all icke mobil utrustning. Det finns ett direktiv för luftkonditionering i bilar. En intressant observation för mobil luftkonditionering är att egentligen inget i dag använt köldmedium till den här applikationen kommer att vara tillåtet, inom en knapp 10 års period.

F-gasförordningen berör bara produktionen av kyla, medan kylbehoven inte alls berörs. Vid en bedömning av framtida påverkan av den nya lagstiftningen har utformningen av MAC direktivet stor betydelse. Acceptansen av CO₂ som köldmedium skapar dels en reell utveckling inom transkritisk kylteknik inom vissa branscher, dels minskar utrymmet för motstånd inom andra applikationer. En annan väsentlig faktor är bytet från CFC-HFC till HC för hushålls kyla redan före 2000 talet i Europa. Idag finns många miljoner kyl och frysskåp i drift.

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-CO₂ och HC lösningar. Begränsande för produktionen av transkritiska små CO₂ 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.

Något totalt förbud för HFC är svårt att se under lång tid. För stora installationer med centrifugalkompressorer är inte CO₂ eller NH₃ tillämpliga. Molekylvikten är låg och ger därför dyra kompressorer och högre energibehov. I en miljö med krav på hög energieffektivitet är centrifugalkompressorer intressanta. De är i det avseendet bättre än andra lösningar. En möjlig teknisk lösning är HC som köldmedium vilket användes inom oljeindustrin. Där finns kravet på explosionssäker elektrisk utrustning ändå. I andra applikationer för luftkonditionering blir det en fördyring som ännu inte har ansetts acceptabel.

Inverkan av F-gasförordningen och eventuella efterföljare kan/ kommer att bli en övergång till andra 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.

Någon påverkan på befintliga aggregat i Sverige kan inte förväntas från lagstiftning. 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 system som i första hand kommer att införas är mindre luftkonditionering med direkta system och även 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 komma att bibehålla dagens lösning.

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 att inte att påverka de krav som ställs genom F-gasförordningen eller det kompletterande svenska regelverket.

7.2.4 EPBD (2002/91/EC) och BBR

Nya BBR 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 genomförts och nu gällande dokument är BBR 2008. Då rapporten skrev hade dock BBR 2008 ej slutgiltigt reglerats, så beräkningar och beskrivning nedan följer i huvudsak BBR 2006. En huvudsaklig skillnad som införts är att man har omdefinierat en av klimatzonerna till att motsvara norrlands inland. Zonerna motsvarar följande geografiska utsträckning:

Klimatzon I: Norrbottens, Västerbottens och Jämtlands län.

Klimatzon II: Västernorrlands, Gävleborgs, Dalarnas och Värmlands län.

Klimatzon III: Västra Götalands, Jönköpings, Kronobergs, Kalmar, Östergötlands, Södermanlands, Örebro, Västmanlands, Stockholms, Uppsala, Skåne, Hallands, Blekinge och Gotlands län.

Generellt gäller att först skall man räkna på husets energianvändning, därefter bygga och slutligen mäta den faktiska förbrukningen.

En viss anpassning har skett för att passa energideklarationerna, Nymans utredning ville att även CO₂ skulle redovisas, men detta har boverket ej tagit med. I tidigare BBR fanns även med krav som ej verifierades, exempelvis krav på täthet. I nya finns ej detta krav, men många är ändå intresserade av dessa frågor.

- **Definition av elvärt hus.** Mer än 10 W/m² A_{temp} i installerad eleffekt för värme och varmvatten, inklusive komfortelvärm.
- Som elvärmade hus räknas både direktelvärmade hus och hus med vattenburen elvärme.
- Alla elvärmade byggnader berörs, inte bara en- och tvåfamiljshus.
- En tredje klimatzon införs i inre norrland. Vilket innebär att det där blir lättare klara kraven i icke-elvärmade bostäder (150 kWh/m²).
- 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 2. Klimatzoner och energiprestandakrav enligt BBR 2008.

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energi-användning [kWh/m ² A _{temp} år]	150	130	110
Byggnadens specifika Energi-användning vis eluppvärmd byggnad [kWh/m ² A _{temp} år]	95	75	55
Installerad eleffekt för uppvärmning [kW]	5,5	5,0	4,5
plus tillägg då A _{temp} är större än 130 m ²	0,03 x(A _{temp} - 130)	0,03 x(A _{temp} - 130)	0,025 x(A _{temp} - 130)
Genomsnittlig värme-genomgångskoefficient [W/m ² K]	0,5	0,5	0,5
Genomsnittlig värme-genomgångskoefficient elvärmad byggnad [W/m ² 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:xx).

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

För elvärmda 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).*

Konsekvenser av förslag till skärpta energikrav (1)

- 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!
- 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;

Elvärme	⇒	bergvärmepump
Fjärrvärme	⇒	värmeåtervinning
Biobränsle	⇒	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 förberäkningarna 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, dvs summering av märkeffekter, behöver revideras!

I Norrland klarar 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.

Man räknar med 21 grader i inomhustemperatur för småhus, medan man ofta räknar med 22 grader i flerbostadshus.

När det gäller effektbegränsning klarar luftvärmepumpar oftast inte effektkravet.

SP har gjort en del beräkningar med ett av SP utvecklat verktyg, ”TMF beräkningsprogram v 1.4”. Ansättningarna har antagit normhus idag, ett hus med förbättrade prestanda, samt ett passivhusliknande koncept. I programmet har en innetemperatur på 21 grader använts, detta diskuterades, men man var ense om att man skulle redovisa beräkningarna, och sedan kan justeringar ske till den temperatur som kunden ger, det är denna som sätter spelreglerna. Nedåt finns socialstyrelsens krav på minst 18 grader för att det inte skall vara en olägenhet, uppåt finns egentligen inga begränsningar.

I nya BBR finns en definition som säger att om installerad effekt för värme och varmvatten överstiger 10kW så skall huset klassas som eluppvärmt, och då gäller hårdare krav (55, 75 samt 95 kWh/m²). Detta kommer leda till 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 GSHP i nybyggda hus. Som exempel kan nämnas ett område i Steninge där man nu bygger 500 villor med GSHP och individuella borrhål.

7.2.5 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 gäller då inte för alla kategorier av byggnader. Från och med 1 januari 2009 skall villor som säljs energideklarerat av säljaren.

Enligt lagen ska fastighetsägare se till att oberoende experter upprättar energideklarerationer. Vid behov ska experten först besiktiga byggnaden. Boverket är ansvarig myndighet för det deklarerationsregister 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 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 ska ha deklARATIONER senast vid utgången av år 2008. Övriga byggnader, t.ex. småhus, deklarerar från och med 1 januari 2009.

Specialbyggnader och flerbostadshus ska ha deklARATIONER senast vid utgången av år 2008. Övriga byggnader, t.ex. småhus, ska börja deklarerar den 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 m², 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 luftkonditioneringsystem, 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 ha 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 luftkonditioneringsystem 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 användas i högst två år
- Ekonomibygnader 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 omdels den faktiska energiförbrukningen, dels en medvetenhet om de kostnadseffektiva energibesparingsåtgärder som passar för den aktuella byggnaden.

7.2.6 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, sektorer och växthusgaser ska kunna omfattas. Utsläppshandel bygger på att ett tak sätts för de totala utsläppen. Varje år ska de utsläpp företagen genererar kompenseras med 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 är de fossila efter kreditering för utsläppsrätter och gröna certifikat kommer fjärrvärmepriset att bli högre för konsumenten, men samtidigt minskar CO₂-utsläppen.

7.2.7 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.

7.2.7.1 SS-EN-14511(2007)

Denna standard gäller teknisk utvärdering av luftkonditioneringsaggregat, vätskekylare 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 golvvärmsystem. 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 utdelarnas värmväxlare 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.

7.2.7.2 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). Arbete pågår med att få denna standard att harmonisera med det arbete som utförts inom Lot 10 (Air-conditioners) inom det så kallade Eco-designdirektivet (se avsnitt 7.2.1).

7.2.7.3 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.

7.2.8 Märkningssystem (P-märkning, DACH, Svanen)

7.2.8.1 P-märket

P-märket beskrivs i SPCR 130 (dessa kriterier är dock under revision) är ett kvalitetsmärke som har utvecklats av SP tillsammans med branschen. 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 regelbundna tillverkningskontroller.

7.2.8.2 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 värme-

pumpen 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.

7.2.8.3 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

7.2.8.4 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-/hälsofarliga)
 - 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.

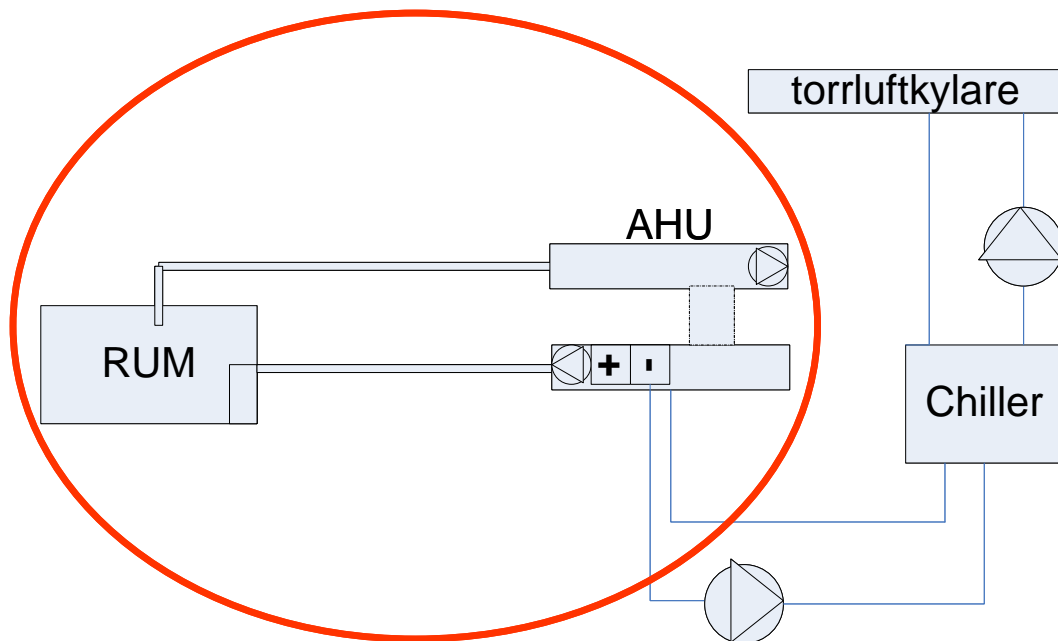
7.2.8.5 Naturskyddsföreningens Falken

Falkenmärkningen (Bra miljöval) finns för både värme och kyla. När det gäller kyla finns endast kriterier för fjärrkyla, men värmepumpar ingår om de bidrar till att producera fjärrkyla.

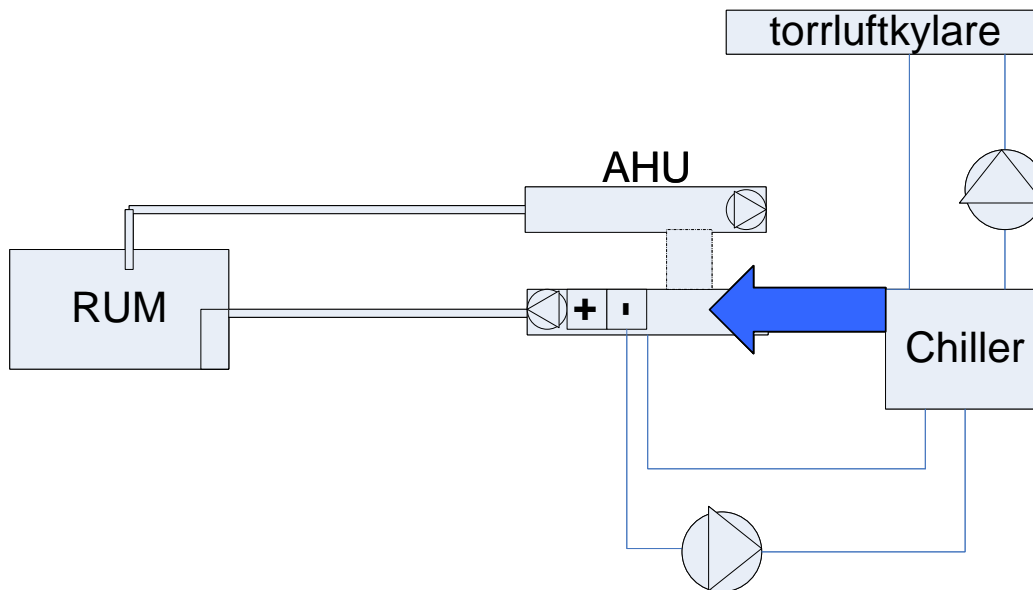
8 Distributionsmetoder för kyla samt krav de ställer på framledningstemperatur och elbehov för pump- och fläktdrift

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 energiprestandan. Hur mycket lägre kylvattentemperaturen eller förångnings-temperaturen 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 fläkt-eleffekt.



Figur 26. Ventilation som en del av kylsystemet.



Lägsta utetemperatur dagtid 16-2=14°C

Figur 27. Kylning med uteluft.

Ett **vattneburet 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°C respektive 17°C 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.

8.1 Val av distributionssystem beroende på lokalstorlek

Kylbafflar är vanliga i stora kontor, de kan då kyla ca 35-40W/m². Avfuktning via ventilationen kombinerat med kylbafflar kan också användas, vilket gör att man då kan sänka temperaturen på framledningen ytterligare, utan att det föreligger risk för kondensering på kylbafflarna.

Normalt använder man olika typer av distributionssystem beroende på storleken på den lokal som skall kylas.

Som tumregel kan man säga att:

- Litet projekt t ex 4-5 kontor: DX-kylare (inne- och utedel)
- 5-15 kontor: Kyld tilluft
- 15-uppåt: Baffelsystem

Sambandet mellan SPF och SFP är viktigt för om man skall köra chiller eller frikyla med vätskeburet distributionssystem.

8.2 Självreglerande kylbaffelsystem

Skanska har i ett antal projekt använt passiva kylbafflar med en högre framledningstemperatur.

Principen går ut på följande:

- Kapaciteten (storleken) på kylbafflarna ökas mot normal dimensionering.
- Framledningstemperaturen ökas till 19-20°C.
- Styrningen av kylbaffeln kan eventuellt tas bort.

Anledningen till att styrningen kan tas bort beror på att med en framledningstemperatur på 19-20°C ligger denna framledningstemperatur väldigt nära den operativa temperaturen i rummet. D v s om det är 22°C i rummet avger inte kylbaffeln speciellt mycket kyla, är däremot rumstemperaturen 25°C ökas kylavgivningen från kylbaffeln.

Fördelen med lösningen är att om denna samkörs med frikyla så kommer perioden för frikyla att ökas från en utetemperatur på 14-15°C till 19-20°C. Detta är mycket gynnsamt i projekt med höga internlast och kylbehov redan i mars och förlänger frikylaperioden betydligt. Systemet sparar mycket energi och är mycket enkelt uppbyggt med mindre felkällor.

Skanska har ett antal referensobjekt som kan visa systemets fördelar i full drift.

9 Hur påverkar olika åtgärder på fastighetens klimatskal och interna laster framtida energi- och effektbehov?

9.1 Scenarier baserat på kapitel 1-3

Tre olika framtidsscenarier 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 scenarierna 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 nedan.

9.1.1 Scenario "Miljö/Klimat" (2)

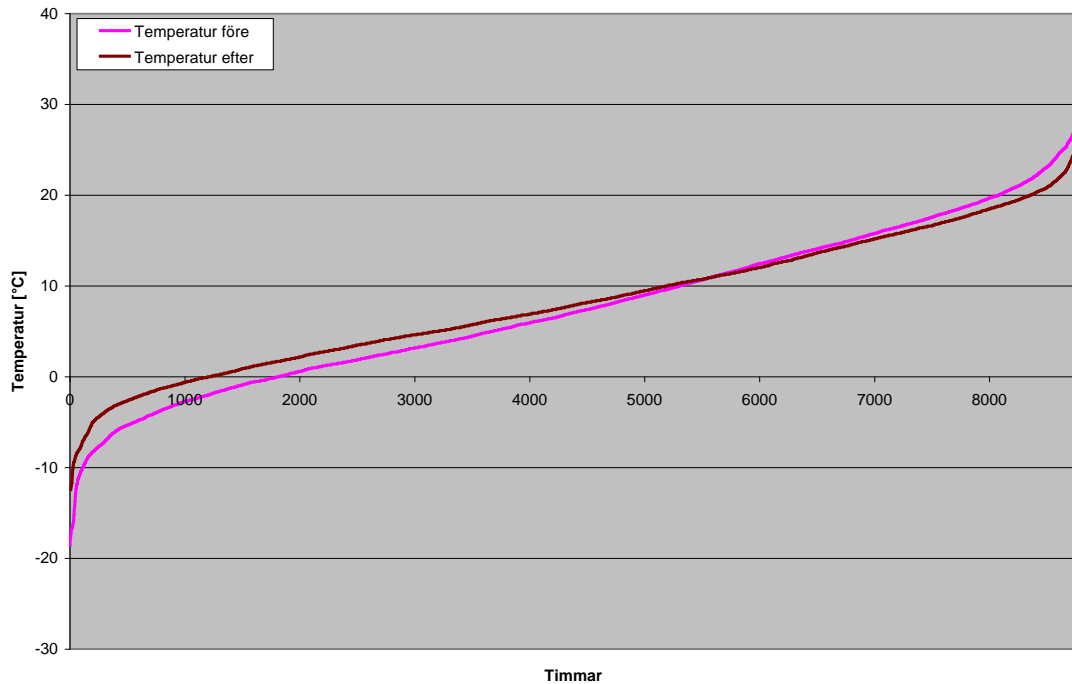
I detta scenario antar vi att klimatförändringarna har börjat märkas betydligt. Detta har lett till att såväl enskilda individer som samhället i stort har reagerat och blivit betydligt mer miljö- och klimatmedvetna.

9.1.1.1 Klimat

FN:s klimatpanel, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) har utarbetat utsläppsscenarier 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 [16] kommer årsmedeltemperaturen i världen att öka med 2,0-2,4°C från år 2000 till 2050 om vi lyckas stabilisera CO₂-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 [30] har gjort beräkningar på hur klimatet kan antas förändras fram till 2100 i Sverige baserat på utsläppsscenarierna 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. Nederbördsmängderna tror man kommer att variera ganska kraftigt från år till år. Men trenden är att nederbördsmängderna långsamt kommer att öka.

I detta scenario antar vi att trots ansträngningar de närmaste åren fortsätter CO₂-halten i atmosfären att öka vilket leder till att årsmedeltemperaturen ökar 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 %.

Gemensamt för alla scenarier är att medeltemperaturen ökar över året, men en viss temperaturförskjutning sker så att vintrarna i allmänhet blir varmare och somrarna kallare, som illustrerat i Figur 28 nedan.



Figur 28. Förskjutning av temperaturprofilen över året.

9.1.1.2 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.

9.1.1.3 Beteende hos brukare

Baserat på undersökningar av användandet av hushållsel samt bedömningar av besparingspotentialen som Energimyndigheten gjort (Bennichs,[4] 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 ej står i standby-läge, bara A-klasser på vitvaror väljs etc.

Resultat från mätningar av tappvarmvattenanvändning som Energimyndigheten låtit SP utföra (Wahlström *et al.*, [38]; Stengård, [34] 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.

9.1.1.4 Lagkrav och styrmedel

I detta scenario har det antagits att det finns fler krav, lagar och regler som styr mot energieffektivitet och minskning av CO₂-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.

9.1.1.5 Byggnadens krav

I detta scenario antas att internvärmern från elektrisk utrustning har minskat med 30 % i lokaler och bostäder, på grund av bl.a. effektivare belysning och elektrisk utrustning. Isolering och uppvärmningsbehov i nya byggnader är åtminstone i nivå med skärpningen av BBR2006 [5]. För nya bostäder gäller att energianvändningen är i nivå med dagens passivhus [13]. Det antas att äldre hus har tilläggsisolerats där detta är möjligt, att effektivare behovsstyrd ventilation (variabelt luftflöde och värmeåtervinning) används samt att solavskärmning på används på befintliga och nya byggnader – antingen via markiser eller solavskärmade glas. Distributionssystemen i framförallt nya byggnader har anpassats till lägre framledningstemperaturer för värme och högre för kyla.

9.1.1.6 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 avskiljning och lagring av (fossil) CO₂ i marken är dock inte helt löst än.

9.1.1.7 Energipriser

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

9.1.1.8 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 ökat accepteras längre återbetalningstider på investeringar.

9.1.2 Scenario ”Business as Usual” (1)

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

9.1.2.1 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 SMHI:prognos (se kapitel 9.1.1.1). I detta scenario antas dessutom att antalet fuktiga dagar ($t > 10^{\circ}\text{C}$, $\text{RH} > 90\%$) ökar med 50 %.

9.1.2.2 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.

9.1.2.3 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 9.1.1.3).

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

9.1.2.4 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, EuP-direktivet, BBR.

9.1.2.5 Byggnadens krav

I detta scenario antas internvärmern 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. För nya bostäder gäller att energi-användningen är i nivå med dagens passivhus. 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.

9.1.2.6 Teknikutveckling

I detta scenario antas 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. 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 avskiljning och lagring av (fossil) CO₂ i marken är inte helt löst än.

9.1.2.7 Energipriser

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

9.1.2.8 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.

9.1.3 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.

9.1.3.1 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 SMHI:prognos (se kapitel 9.1.1.1). I detta scenario antas dessutom att antalet fuktiga dagar ($t > 10^{\circ}\text{C}$, $\text{RH} > 90\%$) ökar med 50 %.

9.1.3.2 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 gå. 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 att produkter och utrustning är tysta.

9.1.3.3 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 utbytetakt. 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.

9.1.3.4 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.

9.1.3.5 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 liggande förslaget på skräpning av dessa regler). Det antas inte göras några större förändringar med

avseende på ventilationen. Det är fortsatt stora kylbehov på grund av stora glasytor. Solavskärmning används enbart av komfortskäl, men inte för att minska kylbehoven.

9.1.3.6 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.

9.1.3.7 Energipriser

Elpriset antas till och med minska i detta scenario, eftersom kärnkraften har byggts ut för att säkra tillväxten. Borbränslepriserna antas öka på grund av konkurrens med massa-industrin om råvara. Detta kan leda till att fjärrvärmepriiset ökar mer än med kpi.

9.1.3.8 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.

9.2 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 BV², som är ett datorprogram för beräkning av byggnaders energibehov, framtaget av CIT Energy Management AB. Med hjälp av BV² har sedan effekterna på energibehov och inomhusklimat för respektive scenario studerats. De fyra typhusen och de ändringar som görs i respektive scenario beskrivs närmare nedan, för detaljer se **Fel! Hittar inte referensälla..** Valet av indata presenterade i enna tabell samt indata i de olika framtidsscenariorna har tagits fram i samarbete med projektgruppen.

9.2.1 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. 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 m² byggt i tegel och med 2-glasfönster och självdrag för ventilationen. Självdraget har ett luftflöde på 0,14 l/s, m². Detta hus har ett uppvärmningsbehov på ca 107 kWh/m² och år och en hushållselanvändning på ca 28 kWh/m² och år enligt beräkningarna med BV². 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 hur klimatet ändrats 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 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 %

9.2.2 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 flerfamiljshusen 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 m². Huset har 2-glasfönster och ventilationen sköts av ett frånluftssystem med ett konstant luftflöde på 0,35 l/s, m². Detta hus har ett uppvärmningsbehov på ca 110 kWh/m²/år och en elanvändning av hushållen samt fläktar på ca 35 kWh/m² och år enligt beräkningarna med BV². 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 hur klimatet ändrats 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 %

9.2.3 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 m². Huset har 3-glasfönster med U-värde på 1 W/(m²*K), 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, m², nattetid stängs ventilationen av. Detta resulterar i ett uppvärmningsbehov på 29 kWh/m² och år, en total elanvändning på 49 kWh/m² och år samt ett kylbehov på 26 kWh/m². Enligt statistik för kontorslokaler presenterad i REPAB Fakta [23] ligger uppvärmningsbehovet på 45 – 159 kWh/m² 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/m² BTA och år och riktvärden presenterade i samma referens för den verksamhetsberoende elen är 35 – 80 kWh/m² LOA och år (LOA = LokalArea), vilket omräknat borde bli ungefär 28 – 64 kWh/m² BTA. Motsvarande riktvärde för elförbrukning för kylan är 15 – 50 kWh/m² BTA (12 – 40 kWh/m² 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 samspekar

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 hur klimatet ändrats 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 %.
- Minskade 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

9.2.4 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 m². Byggnaden har 3-glasfönster och ventilationen sköts av ett CAV-system. Luftflödet i CAV-systemet är satt till 1 l/s,m² dagtid, medan ventilationen stängs av nattetid.

Nedan specificeras vilka huvudförändringar som har gjorts på byggnaden och hur klimatet ändrats 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 3. Översikt indata typpbyggnader

Indata	Flerbostadshus	Kontor	Typskola	Småhus	40-tals villa	
Area total	2300	2500	1200	140	190	m ²
Area per våningsplan	767	500	400	88/52	95/95	m ²
Längd x bredd	70 x 11	50 x 10	40 x 10	11 x 8 (11x4,7)	12 x 8	m ²
Antal våningar	3	5	3	1,5	2	st
Inre volym	5752	6250	3000	350	480	m ³
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 ² °C)
U-värde tak	0,35	0,25	0,35	0,25	0,4	W/(m ² °C)
U-värde platta mark	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	W/(m ² °C)
Fönster typ	2-glas	3-glas	3-glas	2-glas	2-glas	
Fönster U-värde	2	1	1	3	3	W/(m ² °C)
Fönster area:						
Syd	95	100	80,6	8	10	m ²
Nord	73	100	80,6	4	8	m ²
Öster	0	40	5,04	8	10	m ²
Väster	0	40	5,04	8	10	m ²
Glasad andel	85%	85%	85%	85%	85%	%
Solfaktorn	0,77	0,67	0,67	0,67	0,67	

Indata	Flerbostadshus	Kontor	Typskola	Småhus	40-tals villa	
Internvärme belysning:						
Dag	1	5	Sommar: 2 Vinter: 4	1	1	
Natt	2	1	Sommar: 0 Vinter: 1	2	2	
Internvärme person:						
Dag	1	4	Sommar: 3 Vinter: 5	1	1	
Natt	4	0	Sommar: 0 Vinter: 1	4	4	
Internvärme maskin:						
Dag	1	3	Sommar: 2 Vinter: 1	1	1	
Natt	2	1	Sommar: 2 Vinter: 1	2	2	
Ventilationssystem	Frånluft	Från- och tilluft	CAV	Självdrag	Självdrag	
Luftomsättning				0,2	0,4	oms/h
Värmeåtervinning	Nej	Ja	Ja	Nej	Nej	
Verkningsgrad VÅV	---	65%	65%	---	---	%
Uteluftflöde:						
Dag	0,35	1	1	0,14	0,14	V(s*m ²)
Natt	0,35	0	0	0,14	0,14	V(s*m ²)
Tilluftstemperatur	Uteluft	18	min 16	Uteluft	Uteluft	°C
Specifik fläkteffekt	2,5	2,5	2,5			kW/(m ³ /s)
Innetemperatur:						
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	kW/(m ³ år)

9.2.5 Förändrade energibehov för typbyggnaderna för olika scenarier

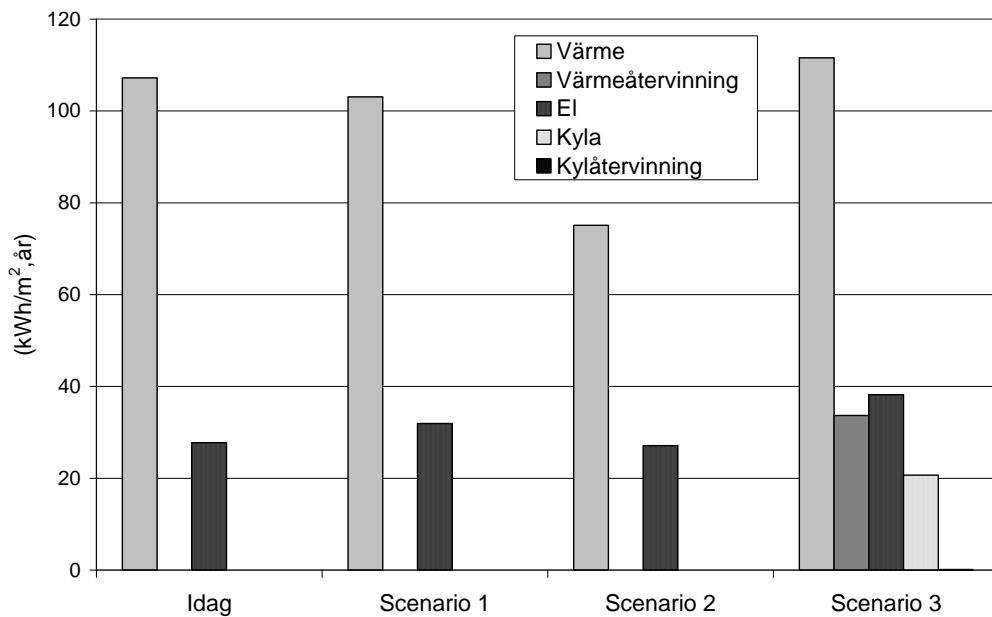
Nedan redovisas hur de olika energibehoven för värme och kyla ändras i de olika scenariorna jämfört med idag. Eftersom scenario 2, dvs. det framtidsscenario som kallas ”Miljö/Klimat” är det av de framtagna scenarion som projektgruppen bedömde som det mest troliga framtidsscenario kommer analysen fokusera på effekterna i detta scenario. För enfamiljshus och flerbostadshus, samt skolor kommer även scenario 3 att utvärderas, då detta scenario är det enda som motiverar användandet av komfortkyla i dessa hustyper på grund av den ringa omfattningen.

9.2.5.1 Befintliga Enfamiljshus

I scenario 2 (se Figur 29) 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 scenarierna 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 ventilations-systemet antas ha bytts ut från självdrag till ett frånluftssystem med flödet 0,35 l/s.

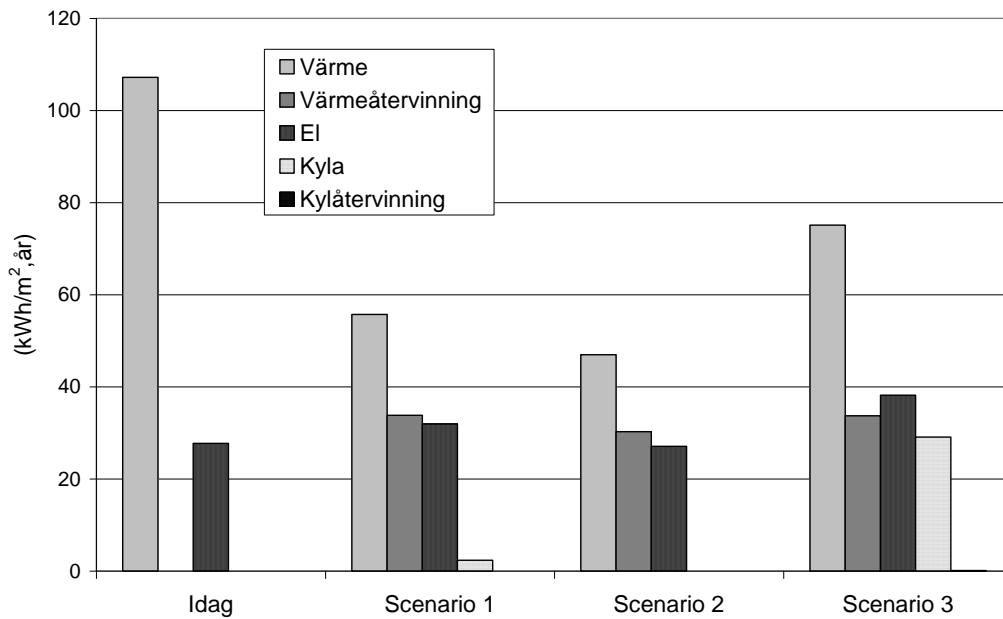
Solavskärmning ger bara en marginell effekt på värmebehovet. Däremot ger det ett lite svalare inomhusklimat framförallt sommartid. Den minskade elanvändningen beror enbart på antagandet att internvärmerna från elektrisk utrustning har minskat med 30 % i scenario 2 på grund effektivare utrustningar (tack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



Figur 29. Energianvändning per år i befintliga enfamiljshus.

9.2.5.2 Nybyggda enfamiljshus

Jämförelsen mellan scenario 2 och dagens byggnader för nybyggnation visas i Figur 30 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.



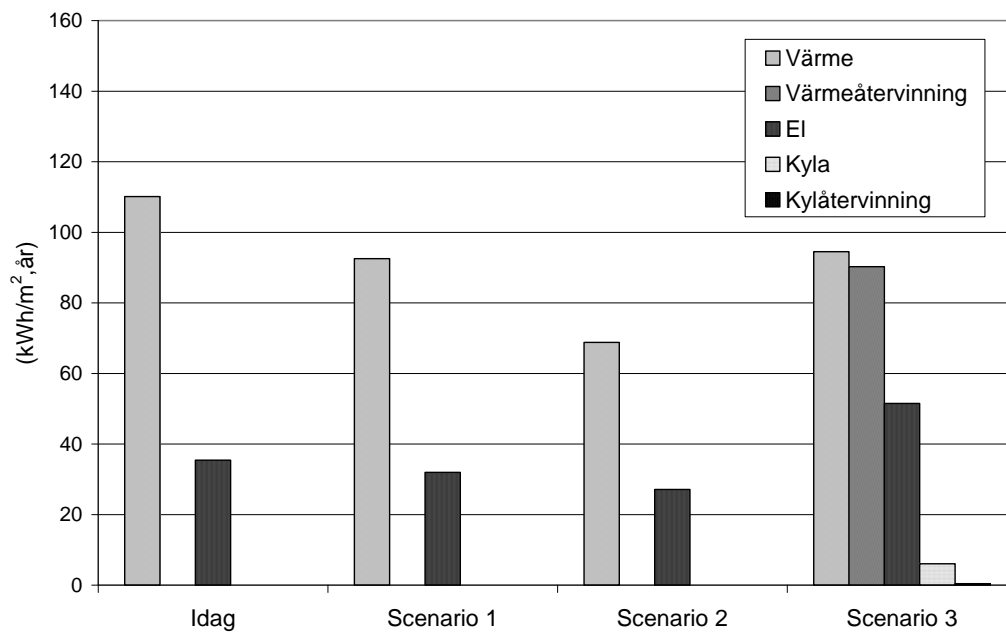
Figur 30. Energianvändning per år i nybyggda enfamiljshus.

9.2.5.3 Befintliga flerfamiljshus

Flerfamiljshuset har inget kylsystem varken i grundfallet idag eller i scenario 2. Figur 31 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.



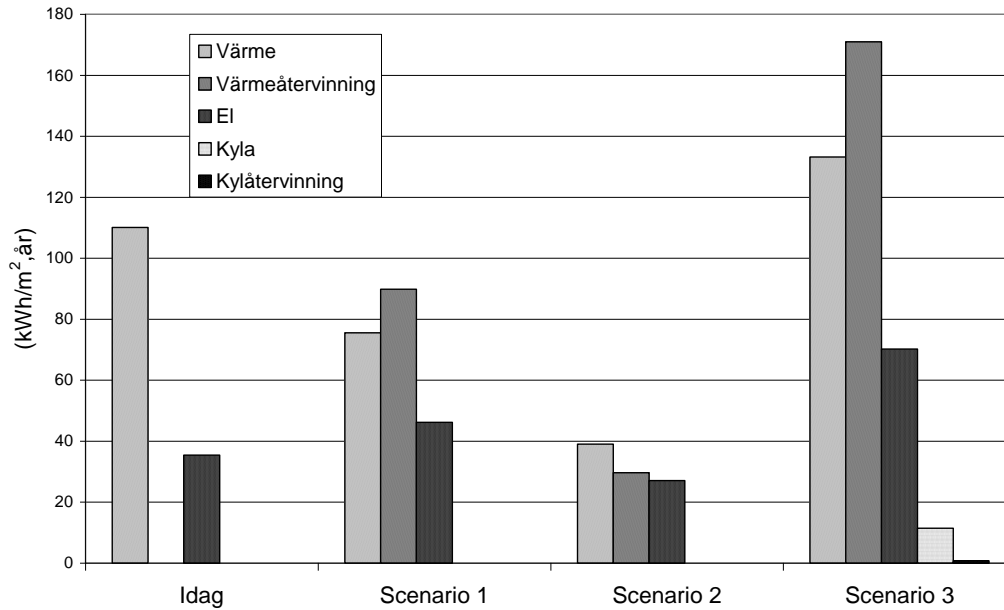
Figur 31. Energianvändning per år i befintliga flerfamiljshus.

9.2.5.4 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

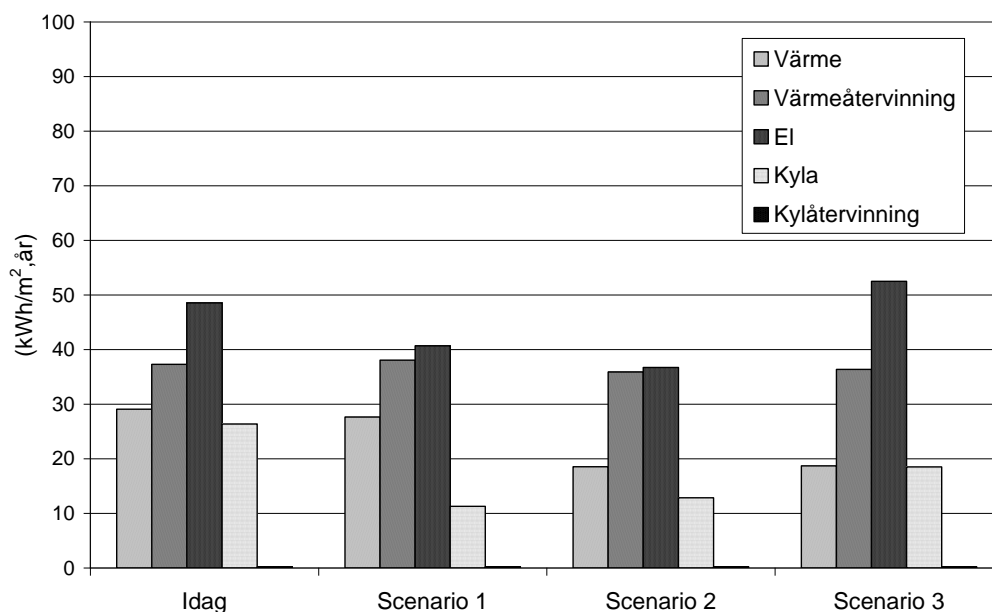


Figur 32. Energianvändning per år i nybyggda flerfamiljshus.

9.2.5.5 Befintliga kontor

Figur 33 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 inomhus-temperatur, 26°C i stället för 23°C. 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.

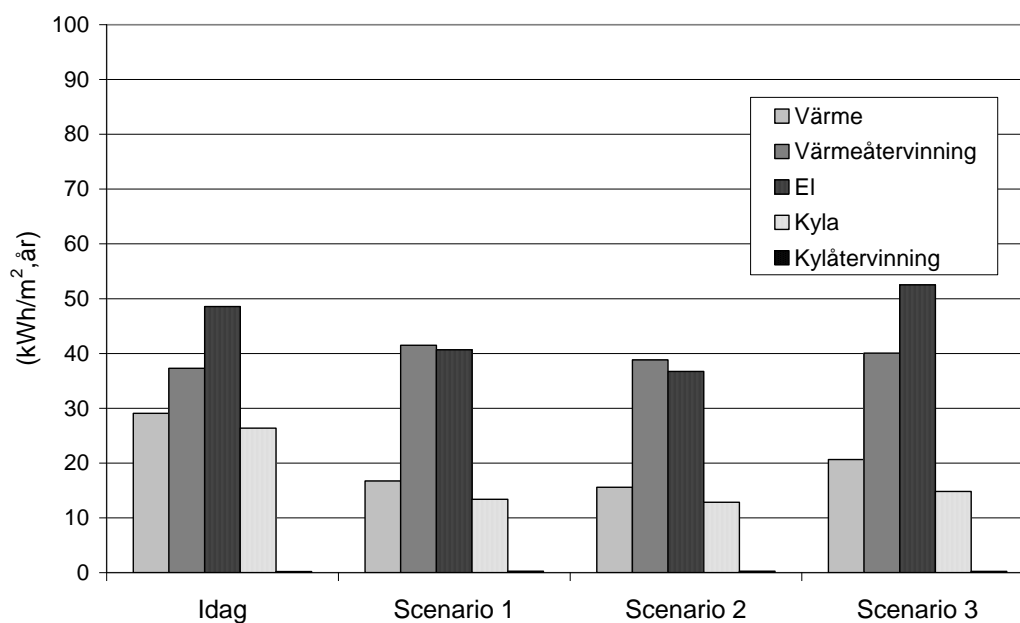
Solavskärmning används i samtliga scenarion men ej i typkontoret idag. Yttre solavskärmning minskar kylbehovet märkbart. Detsamma gäller för selektiva fönster med en yta som reflekterar solinstrålningen. Skillnaden mellan ett yttre solskydd och selektiva fönster beror på vilka antaganden man gör angående 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 33. Energianvändning per år i ett befintligt kontor.

9.2.5.6 Nybyggda kontor

Trenden för nybyggda kontor i scenario 2 jämfört med typkontoret idag följer trenden för befintliga kontor vilket visas i Figur 34. 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.



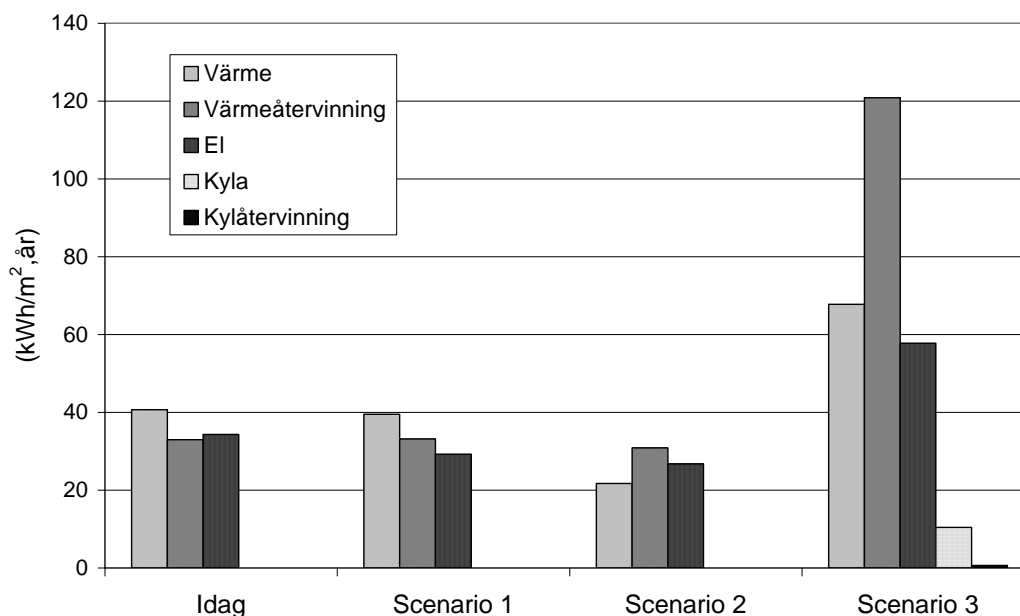
Figur 34. Energianvändning per år i nybyggda kontor.

9.2.5.7 Befintliga skolor

Värmebehovet i scenario 2 har minskat med 47 % jämfört med fallet idag (se Figur 35). 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 anledningen 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.

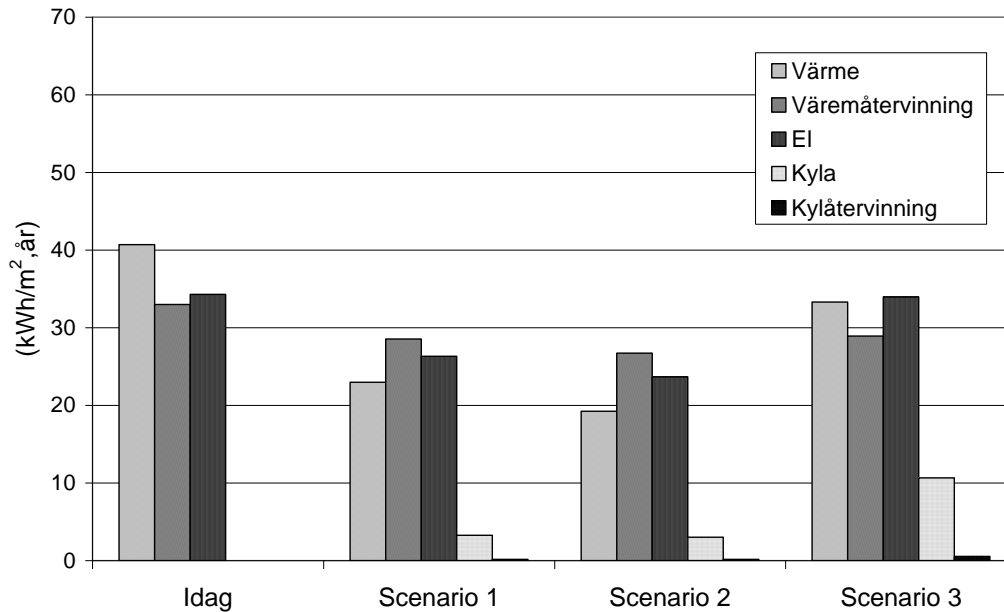


Figur 35. Energianvändning per år i befintliga skolor.

9.2.5.8 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 36. 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 36. Energianvändning per år i nybyggda skolor.

9.3 Påverkan från enskilda parametrar

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

9.3.1 Klimatförändring

Programmet BV² [6] använder Meteonorm-filer som indata för utomhustemperaturen vid beräkningarna. Byggnaderna som är modellerade i BV² har i grundscenariot (idag) placerats i Stockholm, och därmed har en Meteonorm-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 klimatmässigt flytt från Stockholm till Göteborg (med tillhörande Meteonorm-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.

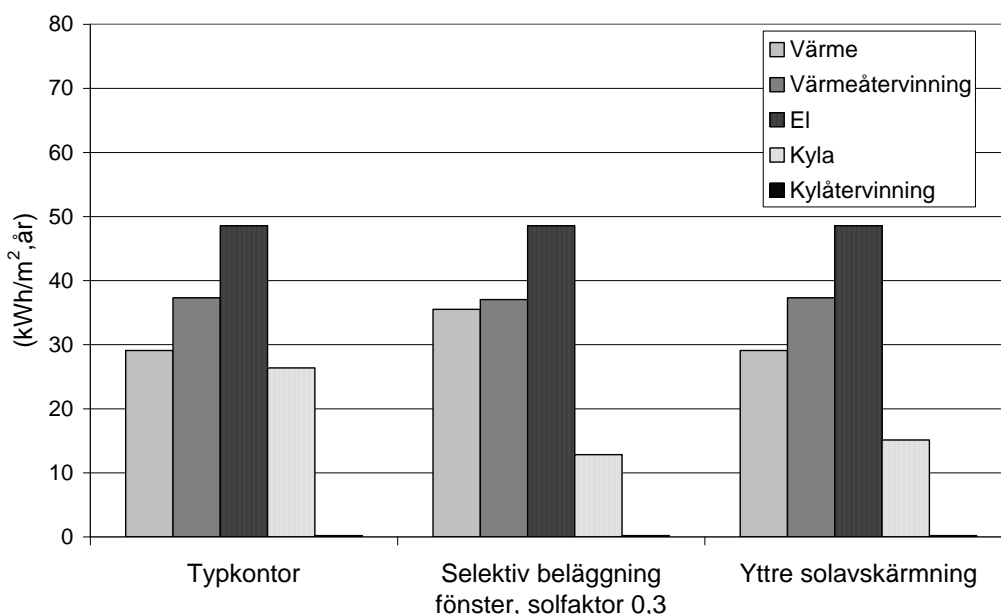
SMHI har gjort beräkningar på hur klimatet kan antas förändras fram till 2100. Beräkningarna bygger på utsläppsscenarioer där man har gjort antaganden om framtida utsläpp av växthusgaser. Utsläppsscenarioerna är utarbetade av FN:s klimatpanel (Intergovernmental Panel on Climate Change), IPCC [16], och 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 BV² leder förvisso ett minskat värmebehov för de olika framtids scenariorna, 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.

9.3.2 Solavskärmning

Yttre solavskärmning minskar kylbehovet märkbart och leder till ett jämnare inomhusklimat. I scenariorna har yttre solavskärmning antagits i samtliga fall. Selektiva fönster med en yta som reflekterar solinstrålningen ger dock likvärdiga effekter vilket visas i Figur 37.



Figur 37. 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 ger 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.

9.3.3 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.

9.3.4 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 värmväxlare 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.

9.3.5 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.

9.3.6 Internvärme

En minskning av internvärmerna 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 (internvärmerna) ger störst effekt i lokaler som har ett stort kylbehov.

9.3.7 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.

9.3.8 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.

10 Kravspecifikation för komfortkyla

Typ och täckningsgrad:

- Ingen eller liten användning i enfamiljshus och flerfamiljshus.
- I enfamiljshus distribueras kylan via luft, och i flerfamiljshus med fjärrkyla (befintliga hus) eller borrhålslager med konvektorer (nya hus, kombination med uppvärmning).
- Solavskärmning och ventilation effektivaste medlet för att kyla ut bostäder och skolor → krav på avskärmning
- Inte nödvändigt med kyla i hela bostaden.
- I lokaler behövs kyla naturligtvis, och distributionen är vätskeburen med kylbafflar i alla scenarier. En del frikyla sker genom ventilationsluften som kyler till viss del.
- Fjärrkyla (mer absorptionskyla) i befintliga lokaler, men mer balanserade borrhålslager i nya lokaler.
- VRF-system kommer och går, men kommer troligen att begränsas av skärpta regler i scenario 1 och 2.

Temperaturnivå distributionssystem

- Man fortsätter att bygga mycket vätske-system i lokaler ($T > T_{\text{daggpunkt}}$). För att öka effektiviteten på kylmaskinerna alternativt höja returtemperaturen på fjärrkylan kan man arbeta mer med kylbaffelsystem med hög framledningstemperatur.
- I bostäder har man distributionssystem med luft (lägre temp möjlig vid lågflödesanläggningar).

Ljudnivå

- Låg ljudnivå är viktigt i bostäder invändigt, inte så stort fokus på utsidan?
- I lokaler (stadsmiljö) är det framförallt ljudnivån utomhus som ställer höga krav, dvs. kondenseringens ljudnivå som är viktig (kyltorn, kylmedelskylare på tak).

Kostnader

- I scenario 1 och 2 beaktas LCC (eller drift- och räntekostnader) i större utsträckning än idag. I scenario 3 är korta återbetalningstider på ca 3 år fortfarande viktiga. Framförallt när det gäller lokaler.

Övrigt

- Oftare ihopkopplat med ventilation helhetslösning lokaler

10.1 Kravspecifikation för komfortkyla i enfamiljshus

10.1.1 Befintliga typhus (70-talshus)

- Kyla sker genom kyldrifv av värmepump (luft-luft, luft-vatten eller vätska-vatten).
- Värmepumpsystemet ska kunna anpassa den avgivna effekten efter det aktuella kylbehovet, via antingen en varvtalsstyrd kompressor eller genom frikyla. Ingen komplettering görs om det installerade värmepumpssystemet inte klarar att tillgodose kylbehovet, utan övertemperaturer accepteras de timmar det rör sig om.
- Ett vattenburet system (s.k. minivattensystem med fläktkonvektorer) ska användas för distribution av kylan eller så kan direkt värmeväxling mellan köldmediet och rums-luften, såsom i dagens luft/luftvärmepumpar användas.
- Värmepumpen ska vid kyldrifv ha lika låg eller lägre ljudnivå jämfört med idag.

- Livscykelkostnaden för värmepumpssystemet är viktigare än investeringskostnaden (eventuellt är det mer relevant att bedöma investeringens internränta istället för dess livscykelkostnad). Denna bedöms i första hand för uppvärmning och tappvarmvattenproduktion, då kyla är att betrakta som lyxkonsumtion i dessa hus.
- 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

10.1.2 Kravspecifikation för komfortkyla i 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 en bergvärmepump som ska bytas ut. Det förutsätts dock att det i detta hus redan finns ett vattenburet distributionssystem med radiatorer samt konvektor(er). Värmeväxlare för frikyladrift installeras om detta inte finns.

10.1.3 Kravspecifikation för komfortkyla i nybyggda typhus år 2020

För nybyggda enfamiljshus år 2020 är kraven i stort sett desamma som kraven för det befintliga typhuset ovan. Skillnaden är att i ett nybyggt hus är att det även finns möjligheten att använda ventilationsluften för distribution av frikyla.

10.2 Kravspecifikation för komfortkyla i flerfamiljshus

10.2.1 Befintliga typhus (miljonprogramshus)

- Värmepumpssystemet ska kunna anpassa den avgivna effekten efter det aktuella kylbehovet genom frikyla. Ingen komplettering görs om det installerade värmepumpssystemet inte klarar att tillgodose kylbehovet, utan övertemperaturer accepteras de timma detta rör sig om.
- Värmepumpssystemet antas arbeta mot ett vattenburet distributionssystem med radiatorer kompletterat med konvektorer för distribution av kylan.
- Om FT-system (med eller utan värmeåtervinning) installeras vid renovering kan kyla distribueras som frikyla med tilluften.
- Värmepumpen ska vid kyl drift ha lika låg 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) Denna bedöms i första hand för uppvärmning och tappvarmvattenproduktion, då kyla är att betrakta som lyxkonsumtion i dessa hus.
- 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. I fjärrvärmeområden är det inte troligt att kyla installeras som fjärrkyla.

10.2.2 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 kyla.

10.3 Kravspecifikation för komfortkyla i kontor

10.3.1 Befintligt typkontor (byggt på 80-talet)

- Kylsystemet ska kunna anpassa den avgivna effekten efter det aktuella kylbehovet, antingen via en varvtalsstyrd kompressor eller genom frikyla.
- Kylsystemet antas arbeta mot ett vattenburet distributionssystem med bafflar för distribution av kylan. Frikyla distribueras även via ventilationsluft då det är möjligt. Nattventilation utnyttjas för att sänka temperaturen.
- Kylsystemet ska även kunna användas till värmning och tappvarmvattenproduktion.
- Kylsystemet ska ha lika eller lägre ljudnivå jämfört med idag
- Kylsystemet 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 investerings internränta istället för dess livscykelkostnad)
- Eventuellt bör det vara ett krav på att kylmaskinen 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 fjärrvärme/fjärrkylanätet som borrhålslagerlösningar 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. I fjärrvärmesystem utan fjärrkylanät, men med god tillgång till lokalt producerad frikyla kommer detta att användas i första hand.

10.3.2 Nybyggt kontor år 2020

För kylsystemet 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 framlednings- och returtemperaturen kan höjas.

10.4 Kravspecifikation för komfortkyla i skolor

Generellt sett är kylbehoven i skolor små, och övertemperaturer inträffas oftast under perioder på sommaren då skolorna inte används. Om användningstiden för skolor ändras på grund av tillkommande verksamheter eller förändrat skolår skulle troligen kyla bli nödvändigt.

10.4.1 Befintlig typskola (byggd under 80-talet)

- Kylsystemet ska kunna anpassa den avgivna effekten efter det aktuella kyla-behovet, antingen via en varvtalsstyrd kompressor eller genom frikyla
- Kylsystemet antas arbeta mot ett vattenburet distributionssystem med konvektorer eller baffelsystem för distribution av kylan. Frikyla distribueras även via ventilationsluft då det är möjligt. Nattventilation utnyttjas för att sänka temperaturen.
- Kylsystemet ska ha lika eller lägre ljudnivå jämfört med idag
- Kylsystemet 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 kylmaskiner 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 (och om medier med GWP<150 används)
- Det är troligtvis främst i skolor placerade utanför det befintliga fjärrvärmenätet som värmepumpslösningar med borrhålslager och möjlighet till frikyla/kompressordriven kyla 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.

10.4.2 Nybyggd skola år 2020

För kylsystem i nybyggda skolor år 2020 är kraven i stort sett desamma som kraven för den befintliga typskolan ovan. Skillnaden är att i ett nybyggt kontor är kravet att distributionssystemet ska vara utformat så att framlednings- och returtemperaturen kan höjas.

10.5 Övriga lokaler – förskolor och äldreboenden

Kraven på kylsystem i förskolor och äldreboenden är i stort sett desamma som kraven för skolor respektive flerfamiljshus. I dessa lokaltyper bör dock inomhusluften kylas 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.

11 Jämförelse av olika systemlösningars prestanda

Uppvärmnings- och kylbehoven, samt inomhustemperaturen i olika typer av bostäder och lokaler har utvärderats med hjälp av programmet BV². Eftersom det scenario som kallas ”Miljö/Klimat (scenario 2), se kapitel 9.1.1, 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.

11.1 Generella indata

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

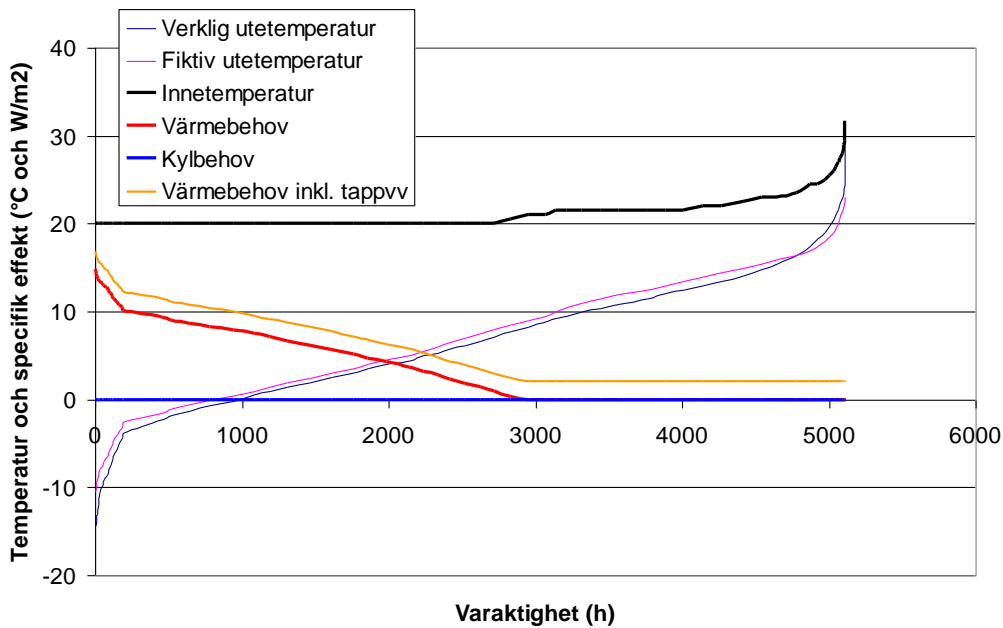
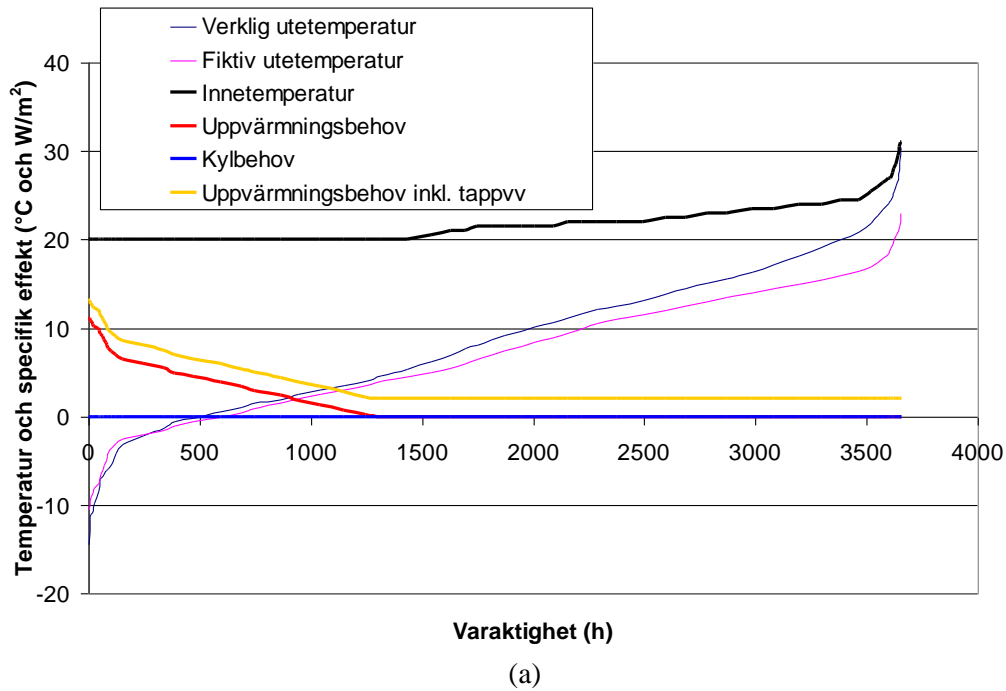
Kylbehovet tas från resultat från BV²-beräkningarna. En översikt över kylbehoven ges som energi- och effektbehov i Utomhustemperaturen tas från resultat från BV²-beräkningarna (Meteonormdata).

- Inomhustemperaturen tas från resultat BV²-beräkningarna
- Avgiven internvärme från elektrisk utrustning och personer leder till att det kan antas att kylsystemet bara behöver kyla ned till en temperatur som är lägre än den önskade inomhustemperaturen. Skillnaden mellan dessa temperaturer beräknas utifrån resultat från BV²-beräkningarna, genom att beräkna skillnaden mellan inomhustemperaturen och den fiktiva utomhustemperatur för vilken kylbehovet upphör.
- Framlednings- och returtemperaturer har varierat för olika systemlösningar i de olika typhusen

11.2 Enfamiljshus

11.2.1 Befintliga typhus (70-talshus)

Kylbehov, uppvärmningsbehov samt inne- och utetemperaturer 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.



Figur 38. Uppvärmningsbehov samt inne- och utetemperaturer för ett befintligt 70-talshus (typhus) i framtidsscenario "Miljö/Klimat" (2) för (a) dagtid och (b) natttid.

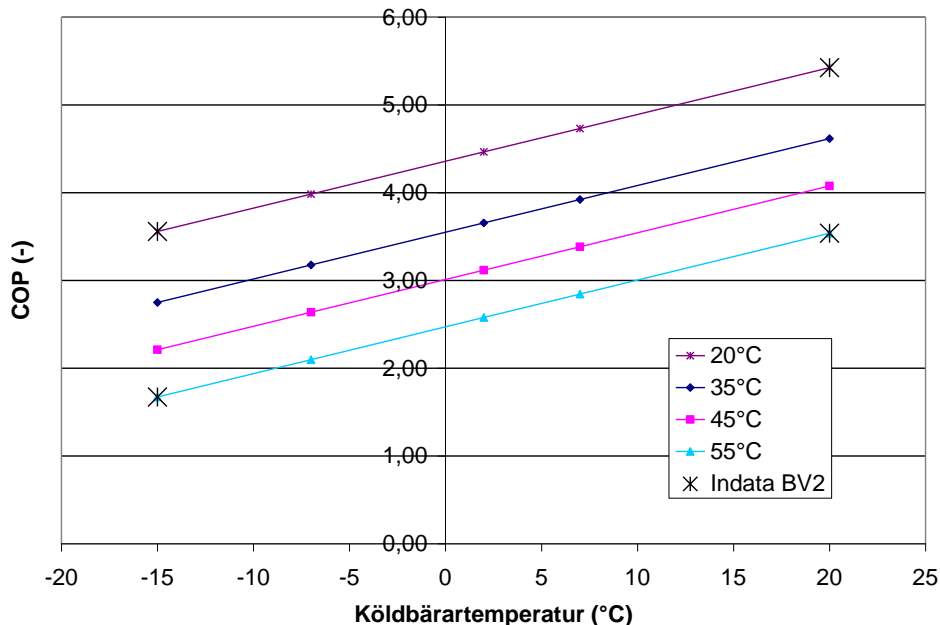
11.2.1.1 Luft/vattenvärmepump kopplat mot ett (mini)vattenburet system med fläktkonvektorer och varmvattenberedare

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 har dock att installera en eller ett fåtal fläktkonvektorer, vilket har antagits här.

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 fläktkonvektorer.

När det gäller värmepumpens prestanda för varmvattenproduktion med kylning av ineluften 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 [32], 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 SP:s testdata. Variationerna för prestandan, COP, hos den antagna värmepumpen redovisas i Figur 39 nedan. I temperaturområden utanför testdata, har värden tagits fram via extrapolering.



Figur 39. Antagen prestanda för en luft/vattenvärmepump år 2020.

Med en maximalt accepterad innetemperatur om 26°C och en temperaturdifferens om 10K i konvektorn skulle köldbärartemperaturen fram ligga på 16°C. COP för värmepumpen ligger då på ca 3,3 (55°C distributionstemperatur). Varmvattenbehovet och ackumulatorns storlek sätter begränsningar för hur mycket kyla som kan produceras genom att värma varmvatten.

Ett sätt att kunna öka kylproduktionen vore att producera varmvatten och sedan dumpa varmvattnet i avlopp. Denna lösning skulle kunna ge höga COP då man skulle kunna nöja sig med 35°C vatten, men det är ett resursslöseri som endast skulle vara gångbart i scenario tre. COP blir i det fallet ca 4.3.

11.2.1.2 Luft/luftvärmepump

I detta fall används en luft/luftvärmepump för att täcka (hela) kylbehovet. Möjligen krävs två värmepumpar alternativt en split-utförning på värmepumpen för att kylan ska nå ut i hela huset. I detta scenario antas dock att människor accepterar vissa temperaturvariationer i huset när det är som varmast.

Beräkningar har gjorts i BV² och när det gäller värmepumpens prestanda har det antagits att prestanda är ca 10 % bättre än en ungefärligt genomsnittlig värmepump (baserat på SP:s testdata). Detta leder till ett COP på 4,5 vid +9 °C (då uppvärmningsbehovet upphör).

För kylproduktionen har vi antagit COP=3,5. Detta svarar mot COP vid +9°C minus ett eftersom värmepumpen körs i kyl drift.

11.2.1.3 Jämförelse av resultat

Resultaten för de olika systemen redovisas i tabellen nedan. Som synes fås bäst energiprestanda för systemlösningen som innebär att en luftvattenvärmepump är kopplad mot ett vattenburet system med fläktkonvektorer. Detta är dock även den dyraste lösningen.

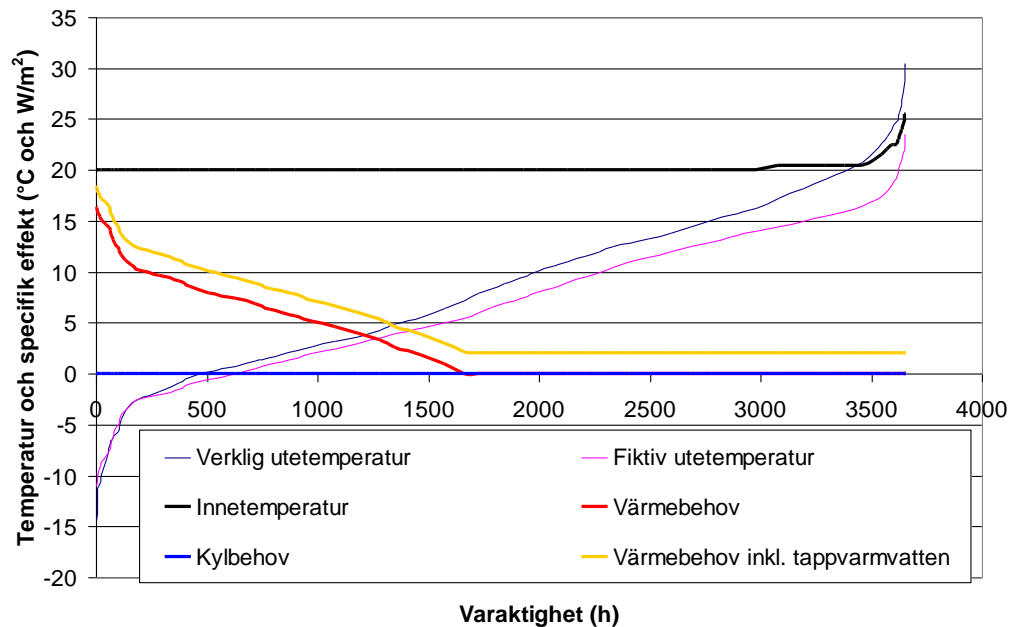
System			LVVP	LVVP
Värmebehov (rum)	kWh		3 005	3 005
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh		2 514	2 514
Värmebehov (totalt)	kWh		5 519	5 519
Kylbehov (Scenario 3.) (total)	kWh		3 928	3 928
Elanvändning (värmepump och solfångare)	kWh	Excel	1 787	
		BV2	1 797	1 721
Elanvändning (pumpar och fläktar)	kWh	Pump	66	
		Fläkt	5	
Elanvändning (kyla)	kWh		1 190	1 122
Elanvändning (totalt uppv. + kyla)	kWh	Excel	3 048	5 357
		BV2	3 058	
Årsvärmefaktor, SPF (värmepump)		Excel	3,1	
		BV2	3,1	3,2
Årsvärmefaktor, SPF (kyldrift)			3,3	3,5
Tillgänglig kyleffekt (pga prod. av tappvv)	W		220	
Maximalt värmebehov (rumsvärmning)	W		2 073	2 073
Maximalt värmebehov (tappvarmvatten enl. BBR2008)	W		500	500
Maximal eleffekt (rumsuppvärmning)	W		1 219	987
Maximal eleffekt (tappvarmvatten enl. BBR2008)	W		294	500

Det är troligtvis lättare att sprida kyla med hjälp av luftvattenvärmepump-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 1,7-1,8 °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.

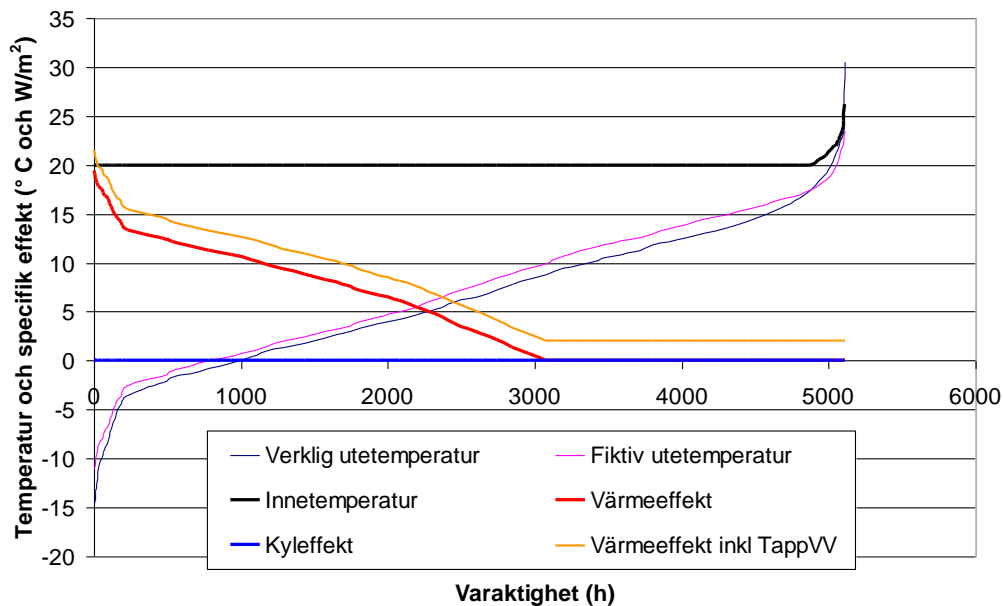
Om värmepumpen dimensioneras efter uppvärmningsbehovet och COP vid tappvarmvattenproduktion antas vara 4,0 sommardag leder det till en tillgänglig kyleffekt på ca 1,4 kW om man antar att hela dygnets tappvarmvatten beredd under de fyra varmaste eftermiddagstimmarna (baserat på 6,9 kWh tappvarmvatten 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.

11.2.2 Befintliga 40-talshus vid byte av befintlig bergvärmepump

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



(a)



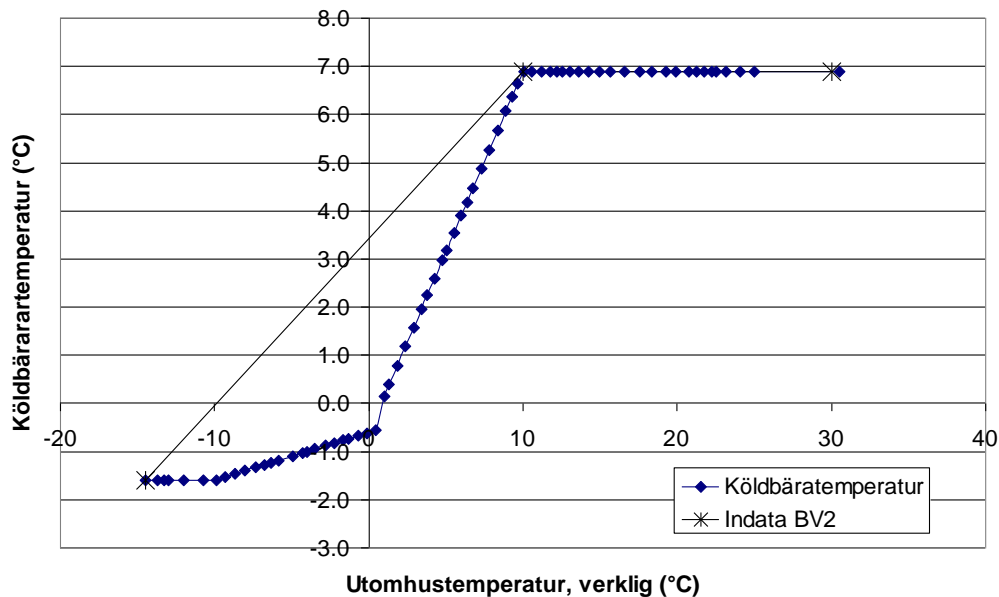
(b)

Figur 40. Uppvärmningsbehov 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. För att kunna utnyttja en bergvärmepump till kyla kompletteras denna med fläktkonvektor.

11.2.2.1 Vätska/vattenvärmepump med befintligt borrhål som värmekälla

Denna värmepump antas vara heltäckande och steglöst varvtalsstyrd. Det befintliga borrhålet antas vara tillräckligt och köldbärarens temperatur har antagits variera med utomhustemperaturen enligt Figur 41 nedan. Detta samband är baserat på mätningar presenterade av Fahlén [12]. Dessa mätningar gjordes dock på ett relativt grunt borrhål och har därför parallellförflyttats 2 °C uppåt i figuren baserat på erfarenheter från värmepumpsindustrin samt beräkningar via olika dimensioneringsprogram. För de fall när kyla kan vara berättigat är köldbärartemperaturen enligt nedan 7°C. Kylan antas kunna levereras genom frikyladrift hela tiden med ett SPF på 10.



Figur 41. Inkommande köldbärartemperatur som funktion av utomhustemperaturen i ett normaldimensionerat borrhål.

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.

11.2.2.2 Resultat

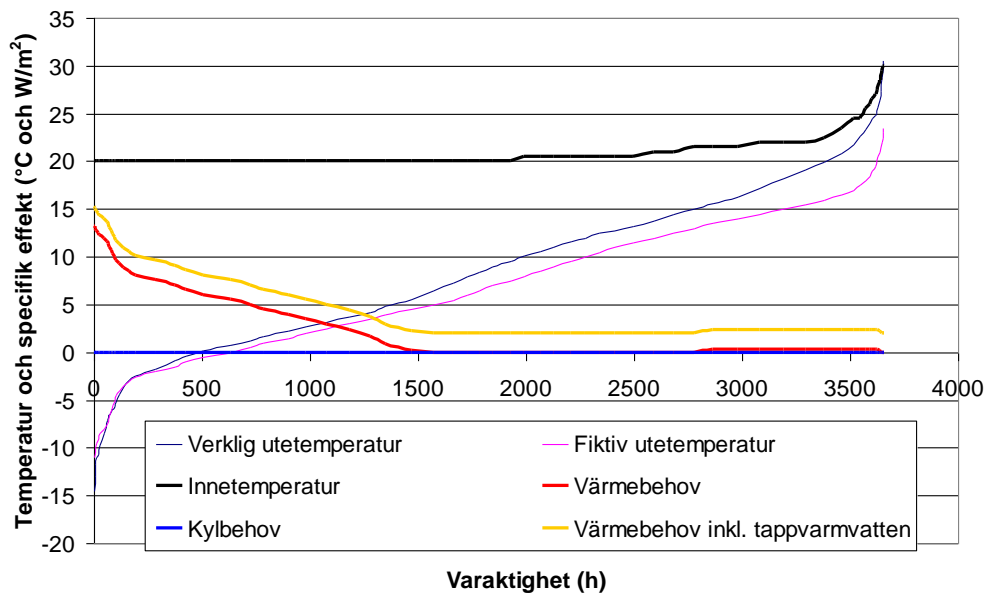
Resultaten för systemet som presenterade i avsnitt 11.2.2.1 redovisas i tabellen nedan. Som synes leder denna systemlösning till en låg elförbrukning jämfört med typhuset.

System		VVVP
Värmebehov (rum)	kWh	6 470
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh	3 412
Värmebehov (totalt)	kWh	9 882
Kylbehov (Scenario 3.) (totalt)	kWh	3 928
Elanvändning (värmepump)	kWh	Excel 2318 BV2 2082
Elanvändning (pumpar och fläktar)	kWh	Pump 253 Fläkt
Elanvändning (totalt uppv. + kyla)	kWh	Excel 2571 BV2 2335
Årsvärmefaktor, SPF (värmepump)		Excel 4,3 BV2 4,7

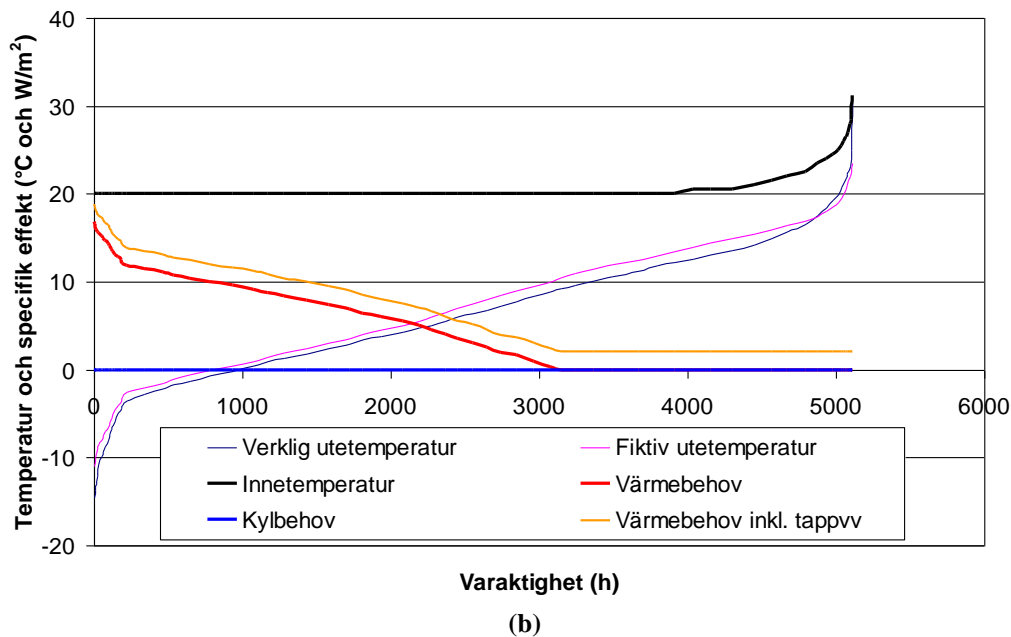
Årsvärmefaktor, SPF (total)	Excel BV2	3,8 4,2
Tillgänglig kyleffekt (pga prod. av tappvv)	W	
Maximalt värmebehov (rumsvärmning)	W	3 694
Maximalt värmebehov (tappvarmvatten enl. BBR2008)	W	500
Maximal eleffekt (rumsuppvärmning)	W	1 211
Maximal eleffekt (tappvarmvatten enl. BBR2008)	W	161

11.2.3 Nybyggda typhus år 2020

Uppvärmningsbehovet och inomhustemperaturen för det nybyggda typhuset år 2020 är enligt figurerna nedan. Figurerna visar att det enbart är under ett fåtal timmar som inomhustemperaturen överstiger den önskade. 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 komfort kyla, förutom i Scenario3 , för vilket resultat redovisas nedan.



(a)



(b)
Figur 42. Uppvärmningsbehov 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. 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°C respektive 28°C vid dimensionerande utomhustemperatur. Samma system används i scenario 3 för att distribuera kylan.

11.2.3.1 Luft/vattenvärmepump

I denna systemlösning använder värmepumpen utomhusluften som värmekälla och den så kallade köldbärartemperaturen har därför satts till lika med den verkliga utomhustemperaturen.

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 11.2.1.1 för befintliga enbostadshus (se Figur 41).

Med denna lösning kan kyla produceras genom att utnyttja distributionssystemet som värmekälla vid tappvattenproduktion. Mängden tappvatten begränsar därför mängden kyla som kan produceras ifall man inte tar till det drastiska draget att släppa ut det producerade varmvattnet.

11.2.3.2 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 41, 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 11.2.2.1.

Huset distributionssystem skulle även kunna användas till att kyla inomhusluften när det är som varmest. 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.

11.2.3.3 Jämförelse av resultat

Resultaten för de olika systemen redovisas i tabellen nedan. Beräkningar för 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 23 – 27 % 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 bereddades under ett begränsat antal timmar (se kapitel 11.2.1.3). 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 kyleffekten för att upprätthålla den önskade inomhustemperaturen de varmaste timmarna på året är 2,1 kW kyla.

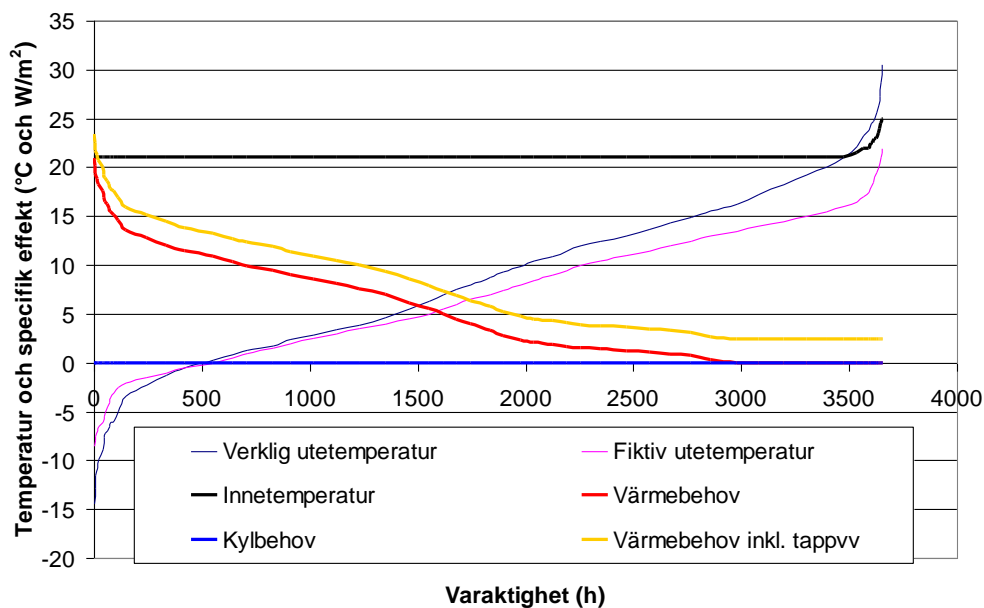
System			LVVP	VVVP
Värmebehov (rum)	kWh		4 054	4 054
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh		2 514	2 514
Värmebehov (totalt)	kWh		6 568	6 568
Kylbehov (Scenario 3.) (total)	kWh		4 075	4 075
Elanvändning (värmepump och solfångare)	kWh	Excel	3 616	1 476
		BV2	3 634	1 377

Elanvändning (pumpar och fläktar)	kWh	Pump	14	20
		Fläkt	195	603
Elanvändning (totalt uppv.)	kWh	Excel	3 825	2 099
		BV2	3 843	2 000
Årsvärmefaktor, SPF (uppvärmning)		Excel	1,8	4,4
		BV2	1,8	4,8
Årsvärmefaktor, SPF (total)		Excel	1,7	3,1
		BV2	1,7	3,3
Tillgänglig kyleffekt (genomsnittlig)	W		220 (pga prod. av tappvv)	1000-1500 (via borrhål)
Maximalt värmebehov (rumsvärmning)	W		2 373	2 373
Maximalt värmebehov (tappvarmvatten enl. BBR2008)	W		500	500
Maximal eleffekt (rumsuppvärmning)	W		854	527
Maximal eleffekt (tappvarmvatten enl. BBR2008)	W		294	179

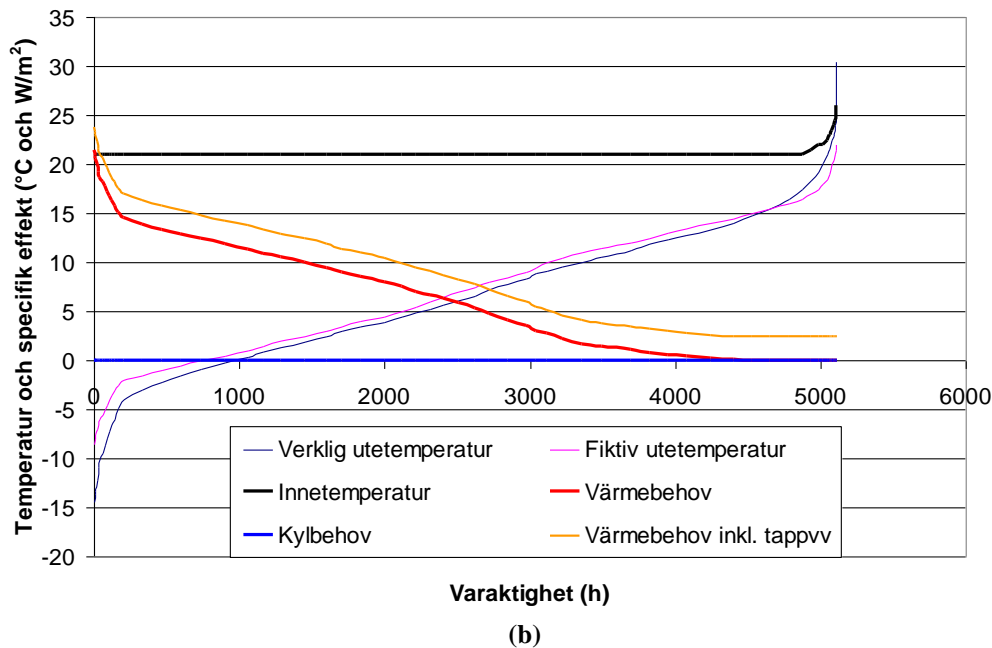
11.3 Flerfamiljshus

11.3.1 Befintliga typhus ("miljonprogramshus")

Uppvärmningsbehov 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 43. Uppvärmningsbehov samt inne- och utetemperaturer för ett befintligt flerfamiljs-
 hus (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 uppvärmningsbehovet, såsom tilläggsisolering och byte av fönster. Detta leder till att det befintliga distributionssystemet kräver lägre temperaturer, nämligen 62°C respektive 49°C vid DUT.

11.3.1.1 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 11.2.2.1. Köldbärartertemperaturen har antagits variera med utomhustemperaturen enligt Figur 41 i samma kapitel. Då borrhålen räcker till för frikyla täckande det fulla behovet antas SPF för frikylan till 10.

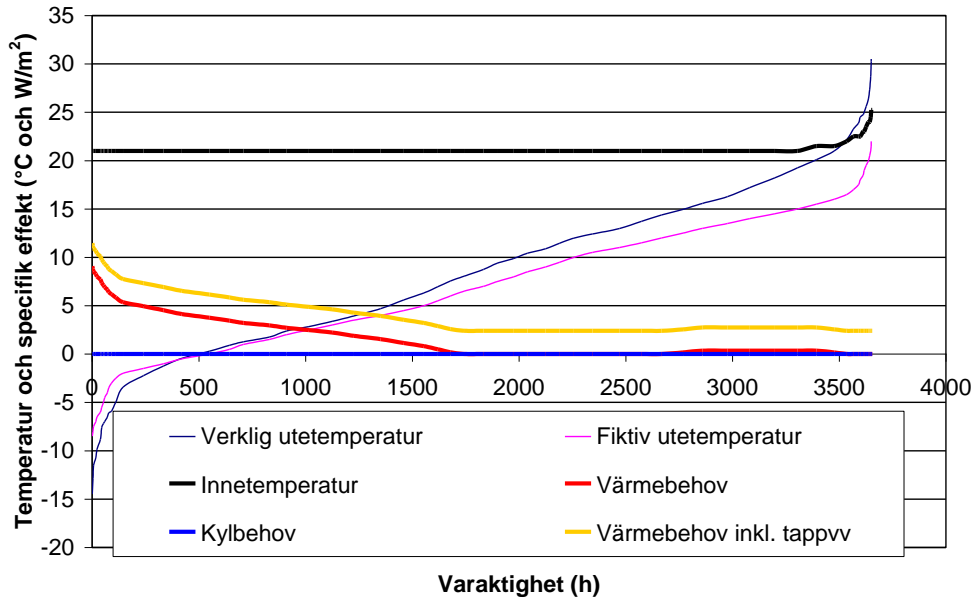
11.3.1.2 Resultat

Resultaten redovisas i tabellen nedan. Frikylan leder till en låg energianvändning, men användandet av radiatorer gör att distributionen i rummen kan vara begränsad. Detta kan förbättras genom installation av en fläktkonvektor, vilket dock skulle öka elanvändningen till fläkt. Detta hr dock inte studerats i detta avsnitt.

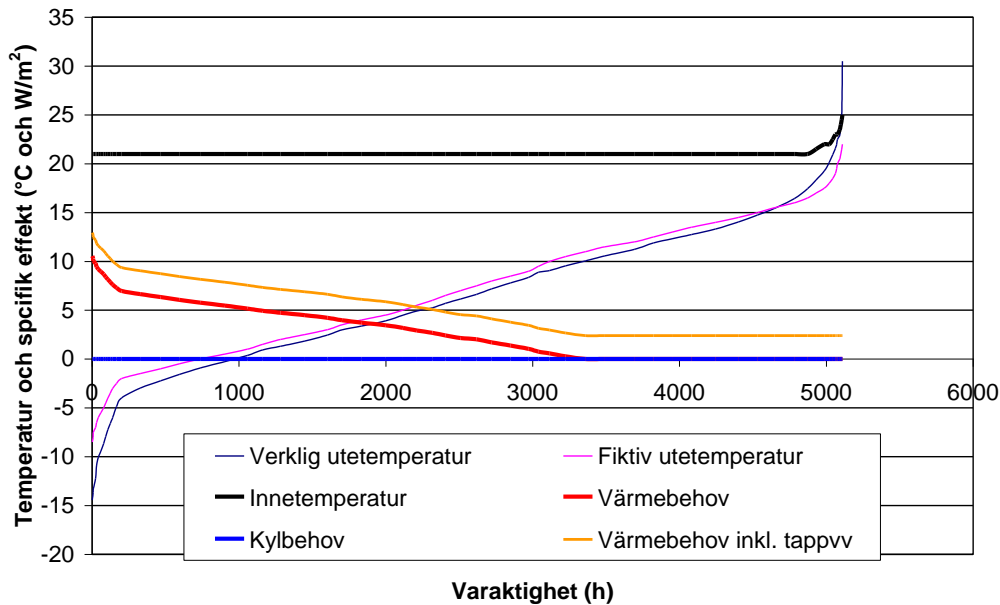
System			VVVP
Värmebehov (rum)	kWh		109 921
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh		48 300
Värmebehov (totalt)	kWh		158 221
Kylbehov (Scenario 3.)	kWh		13 922
Elanvändning (värmepump)	kWh	Excel	40 276
		BV2	35 430
Elanvändning (pumpar och fläktar)	kWh	Pump Fläkt	1 835
Elanvändning (totalt uppv.)	kWh	Excel	42 111
		BV2	37 265
Årsvärmeffaktor, SPF (värmepump)		Excel	3,9
		BV2	4,5
Årsvärmeffaktor, SPF (total värme + kyla)		Excel	4,1
		BV2	4,6
Tillgänglig kyleffekt (genomsnittlig)	W		30-40,000
Maximalt värmebehov (rumsvärmning)	W		49 226
Maximalt värmebehov (tappvarmvatten enl. BBR2008)	W		15 000
Maximal eleffekt (rumsuppvärmning)	W		19 690
Maximal eleffekt (tappvarmvatten enl. BBR2008)	W		4 839

11.3.2 Nybyggda typhus

Uppvärmningsbehov 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 44. Uppvärmningsbehov samt inne- och utetemperaturer för ett nybyggt flerfamiljs-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. 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 ventilations-

luften, 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. en 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).

Gemnom denna systemutformning av distributionen är det mycket väl anpassat till att distribuera kylan.

11.3.2.1 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 antagits som för värmepumpen i ett befintligt 40-talshus beskriven i kapitel 11.2.2.1. Köldbärartemperaturen har antagits variera med utomhustemperaturen enligt Figur 41 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 0).

11.3.2.2 Resultat

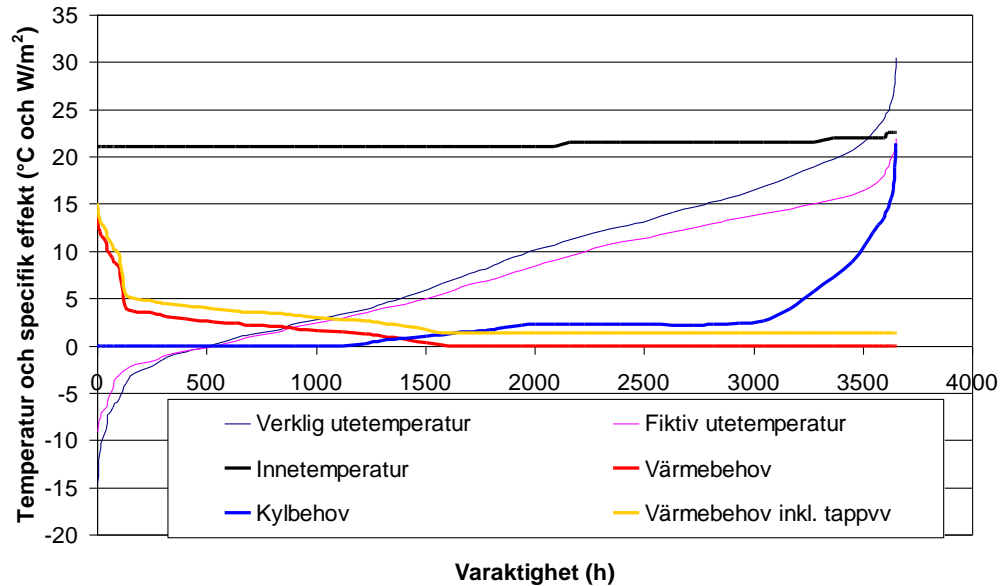
Resultaten för systemlösningen blir enligt tabellen nedan. Observera att uppvärmningsbehovet för tappvarmvatten och rumsuppvärmning är i samma storleksordning. Om man antar att distributionssystemet istället dimensioneras för en framledningstemperatur på 45 °C vid den dimensionerande utomhustemperaturen blir elanvändningen enbart ca 3 % högre. Anledningen till den relativt lilla skillnaden är dels att uppvärmningsbehovet för rumsuppvärmning 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 %. Kylproduktionen tillgodoses helt med frikyla med en SPF om 10. Det kan noteras att köldbärartemperaturen beräknats vara 7°C oavsett utetemperatur.

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
Kylbehov (Scenario 3.)	kWh		26 339	26 339
Elanvändning (värmepump)	kWh	Excel BV2	20 349 19 608	20 950
Elanvändning kb-pump (kyla)	kWh		2 634	2 634
Elanvändning (pumpar och fläktar)	kWh	Pump Fläkt	626 164	626 95
Elanvändning (totalt uppv. + kyla)	kWh	Excel BV2	23 772 23 031	24 305
Årsvärmefaktor, SPF (värmepump)		Excel BV2	4,4 4,6	4,3
Årsvärmefaktor, SPF (total, värme + kyla)		Excel BV2	4,9 5	4,8
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

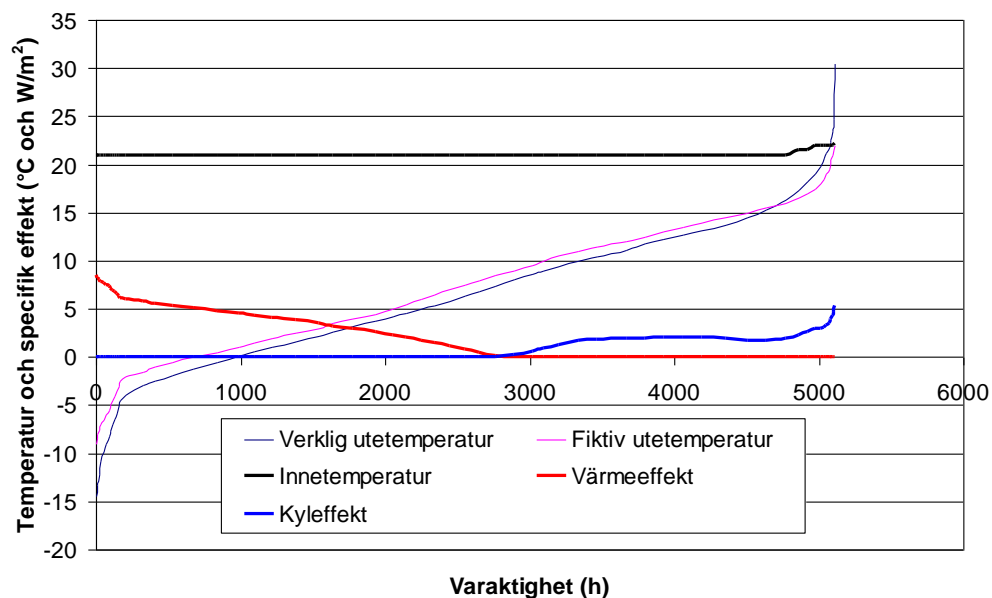
11.4 Kontor

11.4.1 Befintliga kontor

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



(a)



(b)

Figur 45. Uppvärmnings- och kylbehov samt inne- och utetemperaturer för ett befintligt kontor (typhus) i framtidscenario "Miljö/Klimat" (2) för (a) dagtid och (b) nattetid.

Följande antaganden har gjorts angående distributionssystemen:

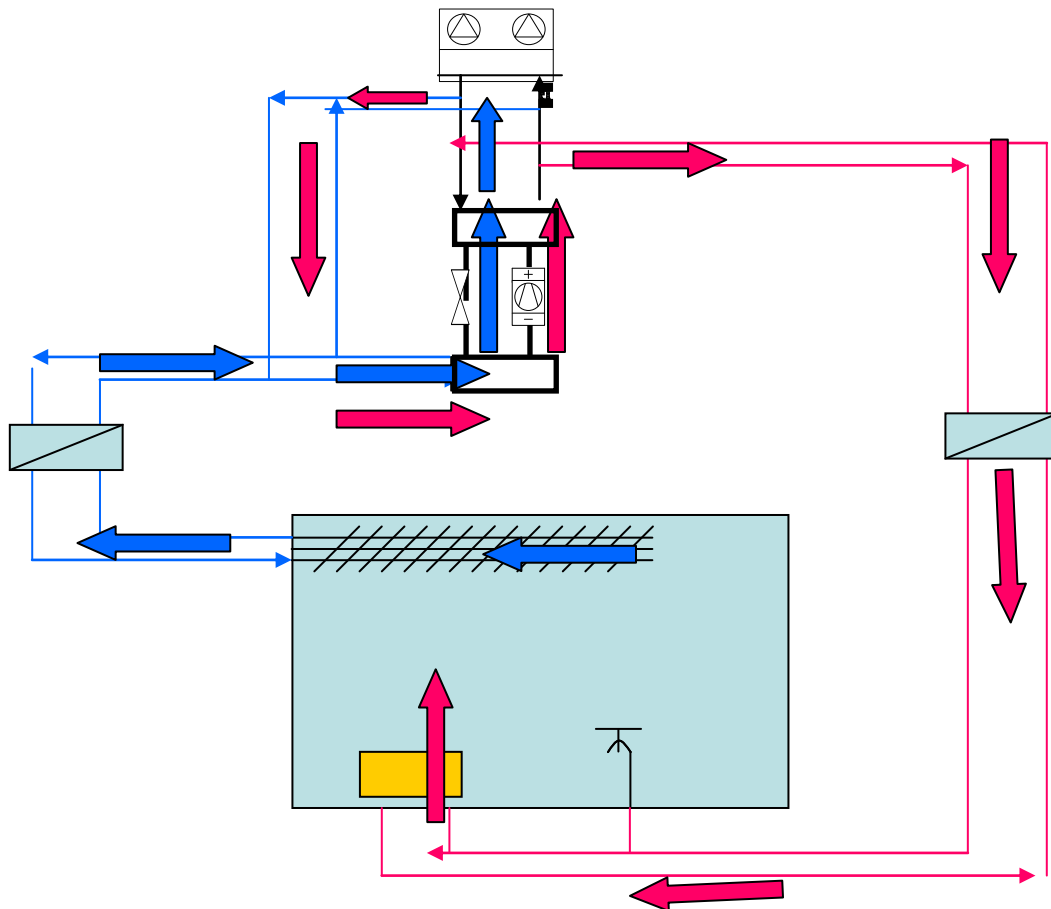
- Distributionssystemet för värme antas ursprungligen vara dimensionerat efter en framlednings- respektive returtemperatur på 60 respektive 40 °C vid den

dimensionerande utomhustemperaturen. Vissa åtgärder har dock vidtagits för att minska uppvärmningsbehovet. Detta har lett till att byggnadens uppvärmningsbehov kan tillgodoses vid en framlednings- respektive returtemperatur på 47 respektive 35 °C

- Kylsystemet har antagits arbeta mellan 14 och 17°C.

11.4.1.1 Luft/vattenvärmepump kopplad mot ett vattenburet uppvärmnings- och kylsystem

I denna systemlösning antas att en luft/vattenvärmepump är kopplad mot ett vattenburet uppvärmningssystem och ett vattenburet kylsystem. I första hand hämtas värme från kylsystemet och avges till uppvärmningssystemet (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 bägge fall 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 39 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.



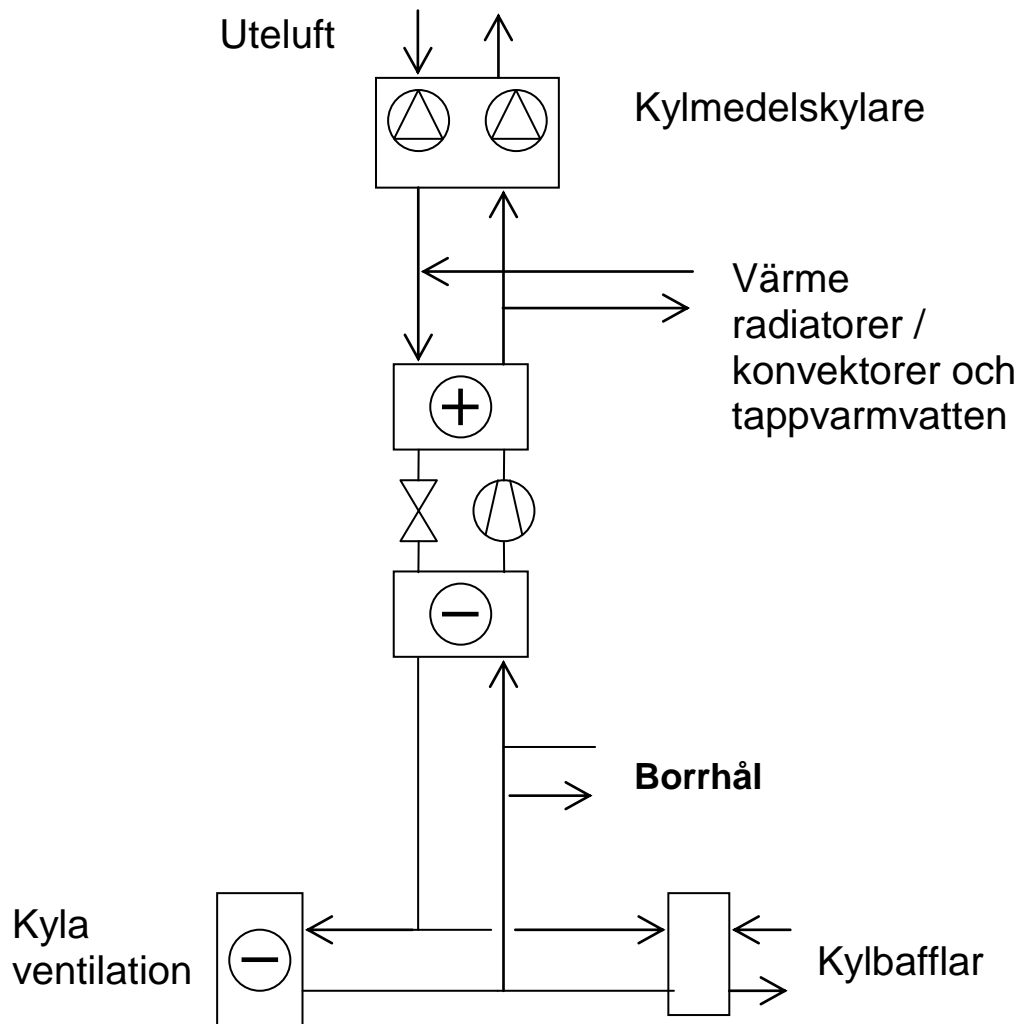
Figur 46. Schematisk skiss över luft/vattenvärmepump kopplad mot ett vattenburet värme- och kylsystem.

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.

11.4.1.2 Vätska/vattenvärmepump kopplad mot ett vattenburet uppvärmnings- och kylsystem och flera borrhål

I denna systemlösning antas en vätska/vattenvärmepump vara kopplad mot en vattenburet uppvärmnings- och kylsystem. 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 uppvärmningssäsongen. 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 antas dessutom vara i drift under kortare perioder sommartid för att värme tappvarmvatten. Den hämtar då i första hand värme från byggnadens kylsystem.



Figur 47. Systemlösning med en vätska/vattenvärmepump kopplad mot ett vattenburet uppvärmnings- och kylsystem samt ett borrhål.

Prestanda enligt Figur 39 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.

Baserat på beräkningsresultat presenterade av Naumov [21] har följande antaganden gjorts när det gäller köldbärarens temperatur när den kommer från borrhålet:

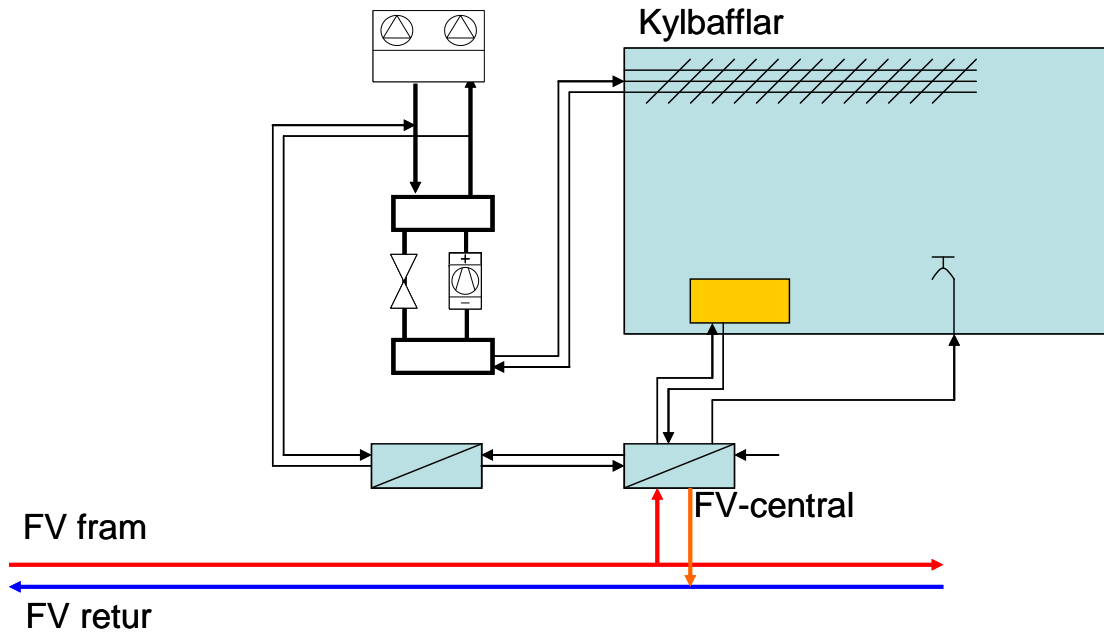
- Under uppvärmningssäsongen värms köldbäraren från ca 5 till ca 8 °C.
- Under kyla-säsongen kyls köldbäraren från ca 13,5 till ca 10,5 °C.

Detta 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.

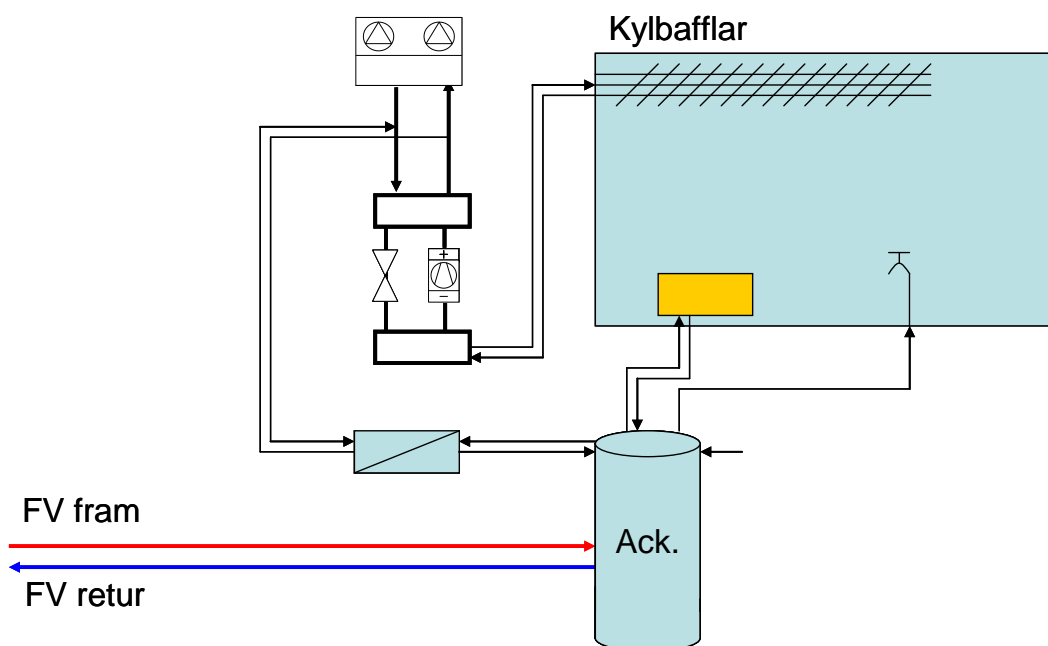
När kylbehoven är så stora sommartid så att kompressorn behöver vara i drift, görs samma antaganden avseende temperaturdifferenser etc. som i kapitel 11.4.1.1 ovan.

11.4.1.3 Kylmaskin (Chiller) kopplad till vattenburet system med värmeåtervinning och kompletteringsvärme med fjärrvärme.

I detta alternativ antas kylan distribueras helt med kylbafflar, och värmen med hjälp av traditionella radiatorer (60/80), samt konditionering av tilluft. Värme från chillerns kondensator kan återvinnas för att värma tilluft. Då köldbärartemperaturen ligger mellan ca 14-17 grader och kylmedelskylaren kan arbeta mot ca 35 grader antas ett COP för chillern på 4.5.

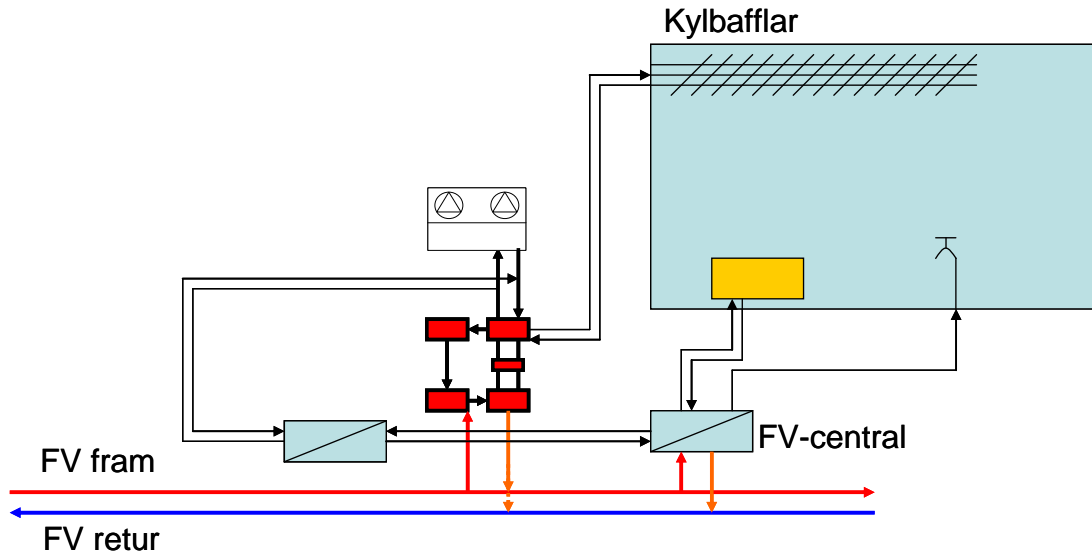


Alternativ:



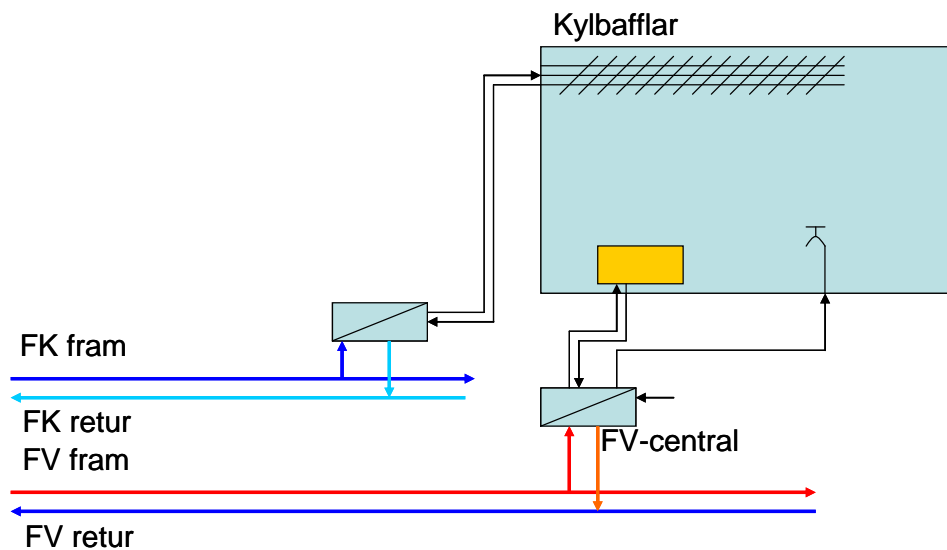
11.4.1.4 Absorptionsvärmepump för kyla kopplad till vattenburet system och uppvärmning med fjärrvärme

I detta system värms byggnaden med fjärrvärme. Dessutom används fjärrvärme till att driva en absorptionsvärmepump för kylproduktion. Värmepumpen har ansätts ha ett COP på 0.6 för kylproduktionen. I detta avsnitt har använts ett COP_{el} för absorptionsvärmepumpen på 20.



11.4.1.5 Fjärrkyla kopplad till vattenburet system och uppvärmning med fjärrvärme

Denna systemlösning innebär att värme tillförs med fjärrkyla och kyla med fjärrkyla. Distributionen kan vara med både vatten eller luft, eller en kombination av dessa.



11.4.1.6 Jämförelse av resultat

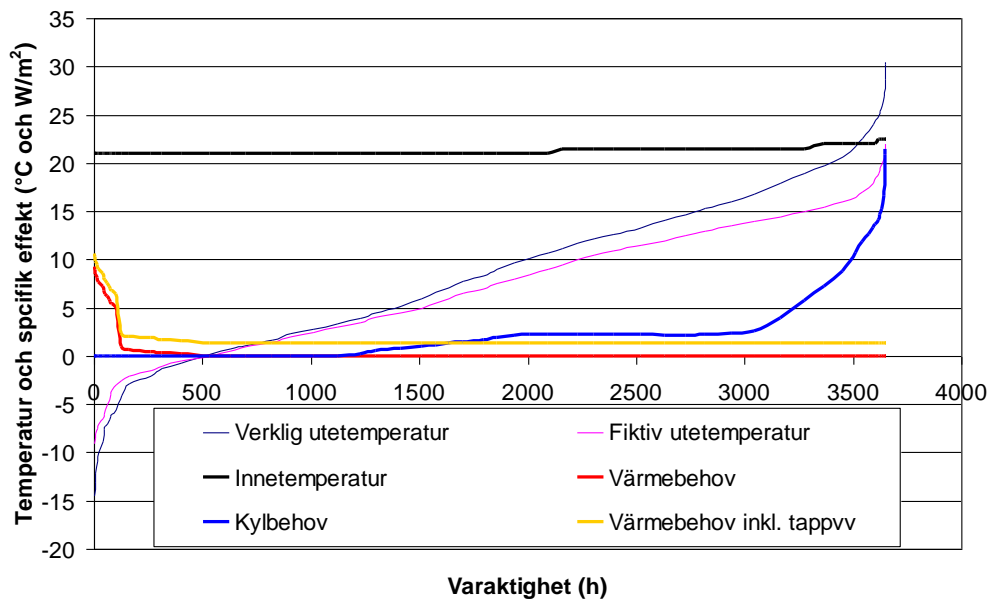
Resultaten för de olika systemlösningarna presenteras i tabellen nedan. Siffrorna i tabellen visar att den systemlösning där värme hämtas och avges till ett antal borrhål är den mest energieffektiva, men detta är också den lösning som innebär störst investering. Dessutom krävs det att det finns tillgång 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 20 kW, även om den inte används under så många timmar under året.

System		LVVP	VVVP	Chiller + FV	Abs + FV	FV / FK	
Värmebehov (rum)	kWh	33 811	33 811	33 812	33 813	33 814	
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh	12 500	12 500	12 501	12 502	12 503	
Värmebehov (totalt)	kWh	46 311	46 311	46 313	46 315	46 317	
Elanvändning (värme, exkl. kb-pump)	kWh	Excel	14 190	8 612	7 118		
		BV2	14 474				
Kylbehov	kWh	32 030	32 030	32 030	32 030	32 030	
Möjlig frikyla (frivärme i chillerfallet)	kWh	24	7 120	24 912			
Elanvändning (kyla), extra	kWh	7 120	70		1 602		
Elanvändning (kb-pumpar)	kWh	Pump		1 341			
		Fläkt					
Elanvändning (totalt)	kWh	Excel	21 310	10 023	7 118	1 602	-
Årsvärmefaktor, SPF (total, värme+kyla)		Excel	3,7	7,8	11,0		
Maximalt uppv.behov	W		37 550	37 550	37 550	37 550	37 550
Maximal eleffekt (uppvärmning)	W		18 182	7 736	7 736	7 736	7 736
Maximalt kyl.behov	W		53 500	53 500	53 500	53 500	53 500
Maximal eleffekt (kyla)	W		16 687	4 061	4 061	4 061	4 061
System		LVVP	VVVP	Chiller + FV	Abs + FV	FV / FK	
Värmebehov (rum)	kWh	33 811	33 811	33 812	33 813	33 814	
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh	12 500	12 500	12 501	12 502	12 503	
Värmebehov (totalt)	kWh	46 311	46 311	46 313	46 315	46 317	
Elanvändning (värme, exkl. kb-pump)	kWh	Excel	14 190	8 612	7 118		
		BV2	14 474				
Kylbehov	kWh	32 030	32 030	32 030	32 030	32 030	
Möjlig frikyla (frivärme i chillerfallet)	kWh	24	7 120	24 912			
Elanvändning (kyla), extra	kWh	7 120	70		1 602		
Elanvändning (kb-pumpar)	kWh	Pump		1 341			
		Fläkt					

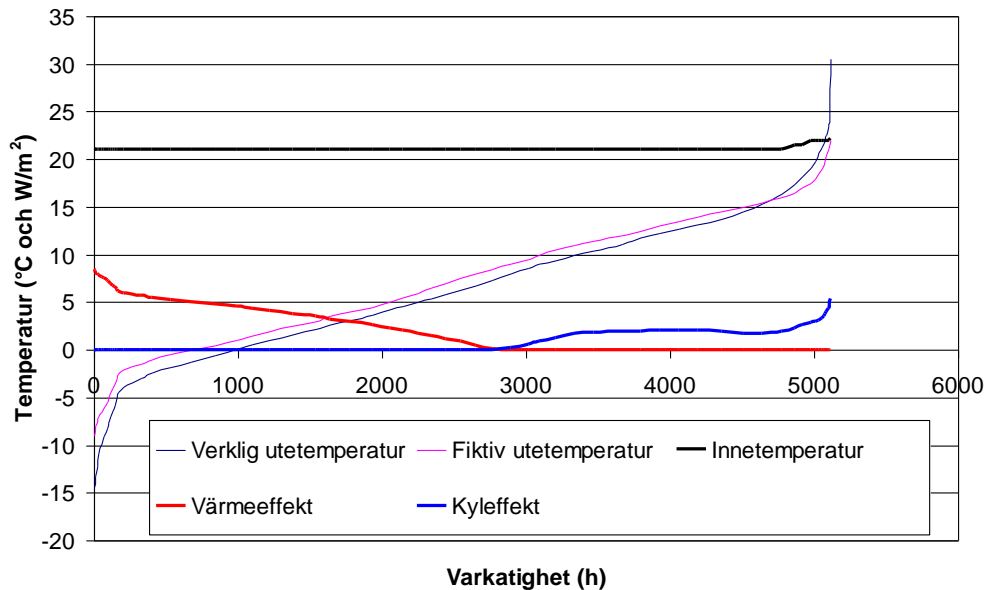
Elanvändning (totalt)	kWh	Excel	21 310	10 023	7 118	1 602	-
Årsvärmefaktor, SPF (total, värme+kyla)		Excel	3,7	7,8	11,0		
Maximalt uppv.behov	W		37 550	37 550	37 550	37 550	37 550
Maximal effekt (uppvärmning)	W		18 182	7 736	7 736	7 736	7 736
Maximalt kyl.behov	W		53 500	53 500	53 500	53 500	53 500
Maximal effekt (kyla)	W		16 687	4 061	4 061	4 061	4 061

11.4.2 Nybyggda kontor

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



(a)



(b)

Figur 48. Uppvärmnings- 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 efter en framledning- 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.

11.4.2.1 Luft/vattenvärmepump kopplad mot ett vattenburet uppvärmnings- och kylsystem

Samma antaganden har gjorts som för det befintliga kontoret i kapitel 11.4.1.1.

11.4.2.2 Vätska/vattenvärmepump kopplad mot ett vattenburet uppvärmnings- och kylsystem och flera borrhål

Samma antaganden har gjorts som för det befintliga kontoret i kapitel 11.4.1.2.

11.4.2.3 Kylmaskin (Chiller) kopplad till vattenburet system med värmeåtervinning och kompletteringsvärme med fjärrvärme.

Samma antaganden har gjorts som för det befintliga kontoret i kapitel 11.4.1.3.

11.4.2.4 Absorptionsvärmepump för kyla kopplad till vattenburet system och uppvärmning med fjärrvärme.

Samma antaganden har gjorts som för det befintliga kontoret i kapitel 11.4.1.4.

11.4.2.5 Fjärrkyla kopplad till vattenburet system och uppvärmning med fjärrvärme.

Samma antaganden har gjorts som för det befintliga kontoret i kapitel 11.4.1.5.

11.4.2.6 Jämförelse av resultat

Resultaten för de olika systemlösningarna presenterade i kapitel 11.4.2.1 - 11.4.2.2 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 kräver 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 28 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.

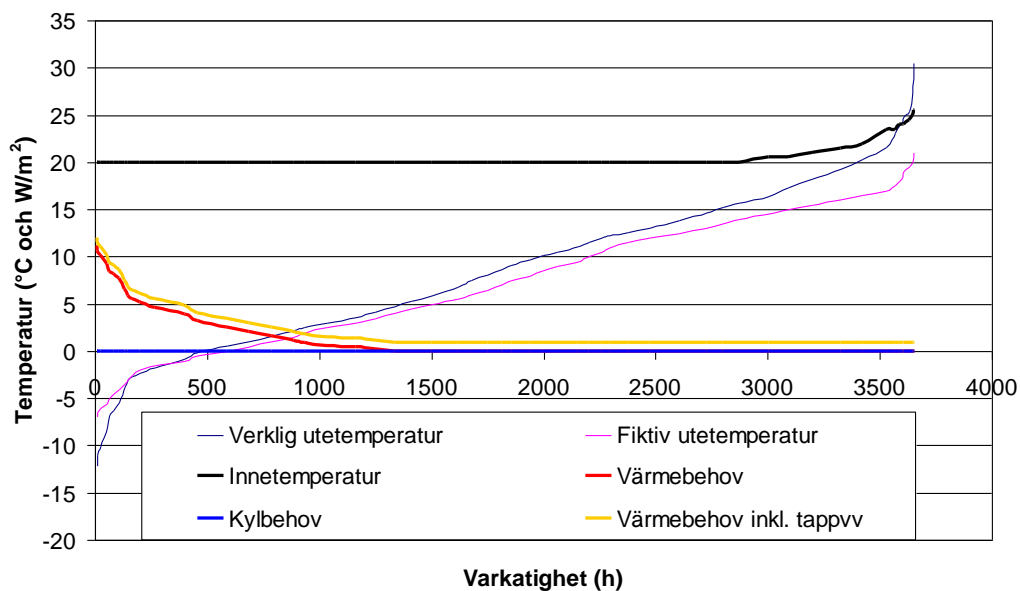
System		LVVP	VVVP	Chiller + FV	Abs + FV	FV / FK
Värmebehov (rum)	kWh	26 455	26 455	26 455	26 455	26 455
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh	12 500	12 500	12 500	12 500	12 500
Värmebehov (totalt)	kWh	38 955	38 955	38 955	38 955	38 955
Elanvändning (värme, exkl. kb-pump)	kWh	Excel	11 687	7 187	7 060	
Kylbehov	kWh		32 053	32 053	32 053	32 053
Möjlig frikyla	kWh		9 137	30 511	24 930	
Elanvändning (kyla), extra	kWh		6 148	219		1 603
Elanvändning (kb-pumpar)	kWh	Pump		815		
		Fläkt				
Elanvändning (totalt)	kWh	Excel	17 835	8 221	7 060	1 603
						-
Årsvärmefaktor, SPF (total, värme+kyla)		Excel	4,0	8,6	10,1	
Maximalt uppv.behov	W		26 600	26 600	26 600	26 600
Maximal eleffekt (uppvärmning)	W		10 804	5 105		
Maximalt kyl.behov	W		53 500	53 500	53 500	53 500

System		LVVP	VVVP	Chiller + FV	Abs + FV	FV / FK	
Värmebehov (totalt)	kWh	38 955	38 955	38 955	38 955	38 955	
Kylbehov	kWh	32 053	32 053	32 053	32 053	32 053	
Maximalt uppv.behov	W	26 600	26 600	26 600	26 600	26 600	
Maximalt kyl.behov	W	53 500	53 500	53 500	53 500	53 500	
Kostnader							
Värmepump	SEK	150 988	72 604	72 604	72 604		
Borrhål	SEK		110 000				
FV-central	SEK			140 000	140 000	140 000	
FK-central	SEK					133 750	
Installation värmepump	SEK	16 000	16 000	16 000	16 000		
Kylmedelskylare	SEK		34 000	34 000	68 000		
Totala investeringskostnader	SEK	166 988	232 604	262 604	296 604	273 750	
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel	15 516	7 152	6 142	1 394	-
Total årskostnad (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel	28 512	25 255	34 433	76 209	59 700

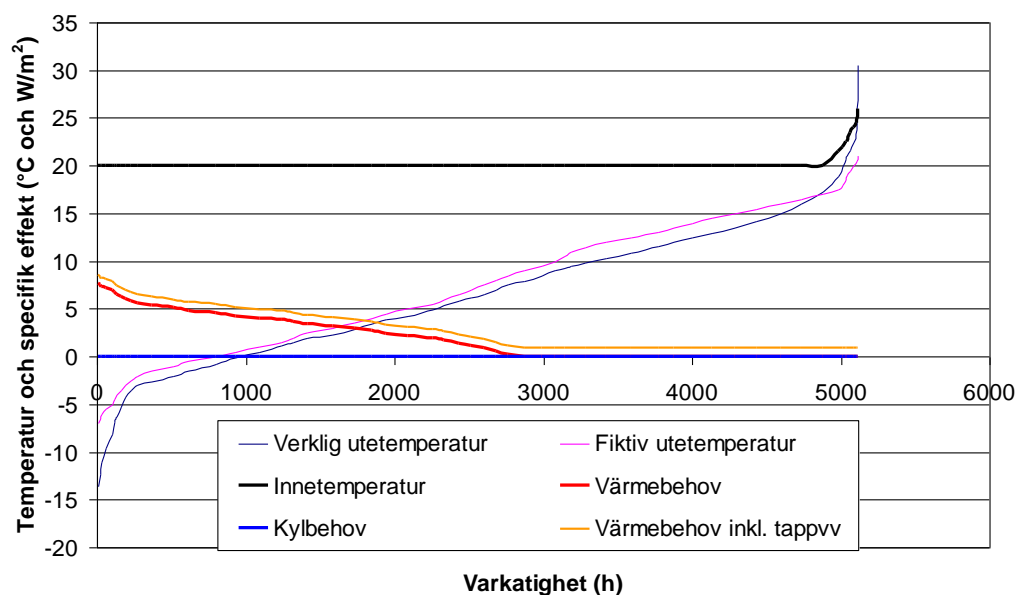
11.5 Skolor

11.5.1 Befintlig skola

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



(a)



Figur 49. Uppvärmnings- och kylbehov samt inne- och utetemperaturer för en befintlig skola (typhus) i framtidsscenario "Miljö/Klimat" (2) för (a) dagtid och (b) nattetid.

Som visas i figuren ovan har skolorna i scenario 2 nästan inget kylbehov alls (det som finns uppstår mestadels sommartid då skolor normalt är stängda), så beräkningar vad gäller kyla refererar till scenario 3. I detta scenario är kylbehovet för den befintliga skolan 14573 kWh/år.

11.5.1.1 Vätska/vattenvärmepump kopplad mot ett vattenburet värmesystem och flera borrhål

Samma antaganden har gjorts här som för det befintliga flerfamiljshuset (se 11.3.1.1), bortsett från att värmningen av skolan antas ske via ett vattenburet radiatorssystem dimensionerat efter 55/45 °C vid DUT. Kylan beräknas distribueras med en fläktkonvektor.

11.5.1.2 Resultat

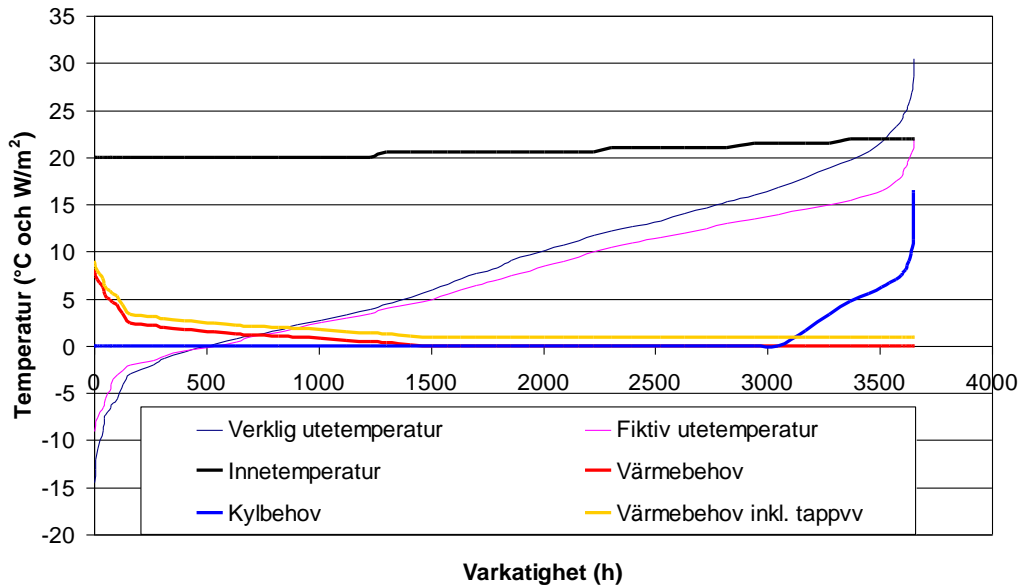
Resultatet visar att energianvändningen för en värmepumpslösning kraftigt reducerar energianvändningen.

System		VVVP
Värmebehov (rum)	kWh	15 494
Värmebehov (tappvarmvatten)	kWh	9 600
Värmebehov (totalt)	kWh	25 094
Elanvändning (värme, exkl. kb-pump)	kWh	Excel 6 192
Kylbehov (scenario 3.)	kWh	14 573
Möjlig frikyla	kWh	
Elanvändning (kyla), extra	kWh	1 457

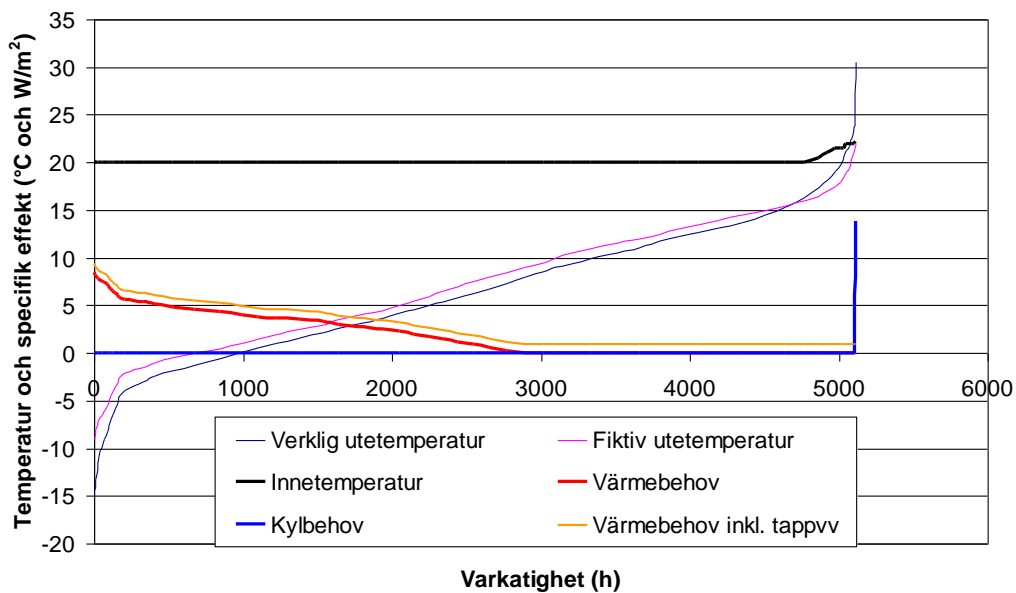
Elanvändning (kb-pumpar)	kWh	Pump Fläkt	201
Elanvändning (totalt)	kWh	Excel	7 850
Årsvärmefaktor, SPF (total, värme+kyla)		Excel	5,1
Maximalt uppv.behov	W		14 476
Maximal eleffekt (uppvärmning)	W		4 741
Maximalt kyl.behov	W		
Maximal eleffekt (kyla)	W		
System			VVVP
Värmebehov (totalt)	kWh		25 094
Kylbehov	kWh		14 573
Maximalt uppv.behov	W		14 476
Maximalt kyl.behov	W		
Kostnader			
Värmepump	SEK		52 998
Borrhål	SEK		61504
Fläktkonvektor	SEK		4897
Installation värmepump	SEK		16 000
Installation fläktkonvektor	SEK		6 224
Totala investeringskostnader	SEK		141 623
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel	6 830
Total årskostnad (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel	17 852

11.5.2 Nybyggd skola

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



(a)



(b)

Figur 50. Uppvärmnings- och kylbehov samt inne- och utetemperaturer för en nybyggd skola (typhus) i framtidsscenario "Miljö/Klimat" (2) för (a) dagtid och (b) nattetid.

I denna byggnad är uppvärmningsbehovet 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 11.4.2). 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.

11.5.2.1 Vätska/vattenvärmepump kopplad mot ett luftburet uppvärmnings- och kylsystem och flera borrhål

Samma antaganden har gjorts som när denna systemlösning används i ett kontor (se kapitel 11.4.1.2).

Resultaten redovisas i tabellen nedan. Även om nästan hela kylbehovet kan täckas av borrhålet, krävs att ca 10 kW värme kyls bort med hjälp av kylmedelskylarna för att bibehålla önskad inomhustemperatur när det är som varmast ute. Få skolor har kyla 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.

System		VVVP
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)	kWh Excel	5,4
Maximalt uppv.behov	W	11 260
Maximal effekt (uppvärmning)	W	1 954
Maximalt kylbehov	W	19 848
Maximal effekt (kyla)	W	2 058

11.6 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. I likhet med småhus och flerfamiljshus är det bara i scenario 3 som det är relevant att ha kyla i dessa lokaler.

11.7 Jämförelse av olika systemlösningars inverkan på elnätets energi och effektbalans

I tabellerna i avsnitt 11.2-11.5 redovisas energianvändning samt erfordrad 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.

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 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 gör att elpatronen inte kan vara i drift samtidigt som kompressorn är det. För de flesta byggnadstyper som studerats i denna rapport är värmebehovet dimensionerande, och kylan kommer därför inte att tillföra några problem vad gäller husets effektkrav. Däremot kommer med ökande krav på kyla effektbehovet att öka sommartid ur ett nationellt perspektiv. Detta kan få konsekvenser för hur avställningar av kraftproducerande enheter såsom kärnkraften kan ske i framtiden.

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 kylsäsongen (sensommaren). Risken 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. Som helhet har dock detta arbete visat att den totalt utnyttjade effekten för kyla rimligtvis kommer att sjunka i framtiden.

12 Jämförelse av olika systemlösningars konkurrenskraft i ett livscykelerspektiv med avseende på kostnader

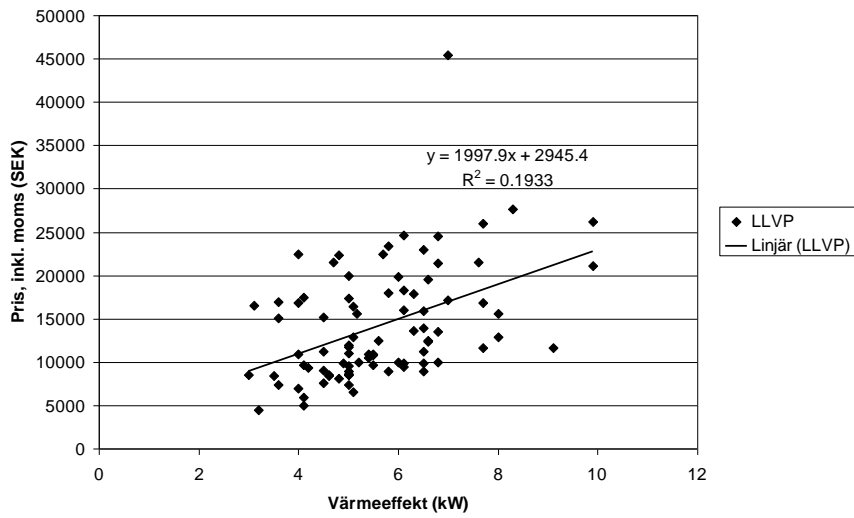
En jämförelse av de olika systemlösningarnas kostnader har gjorts. Det är svårt, om inte omöjligt, att göra generella kostnadsjämförelser för dagsläget och en ännu större utmaning att göra det för framtiden. I detta fall har vi därför antagit att priserna för komponenter, tjänster och olika energislag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

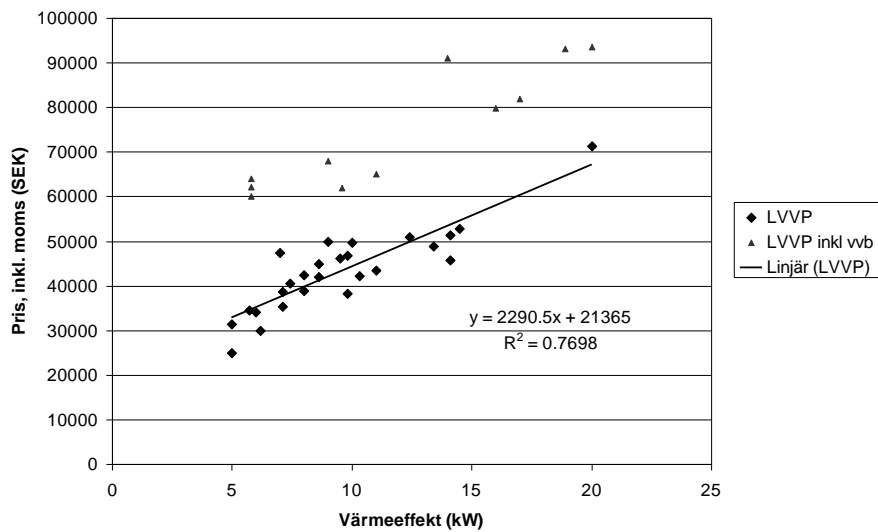
Bakgrundsdata samt vilka källor prisuppgifter har hämtats från beskrivs i Bilaga B. Alla priser har beräknats exklusive moms. Kostnader för de viktigaste, men långt ifrån alla, komponenter har inkluderats.

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 51). 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).

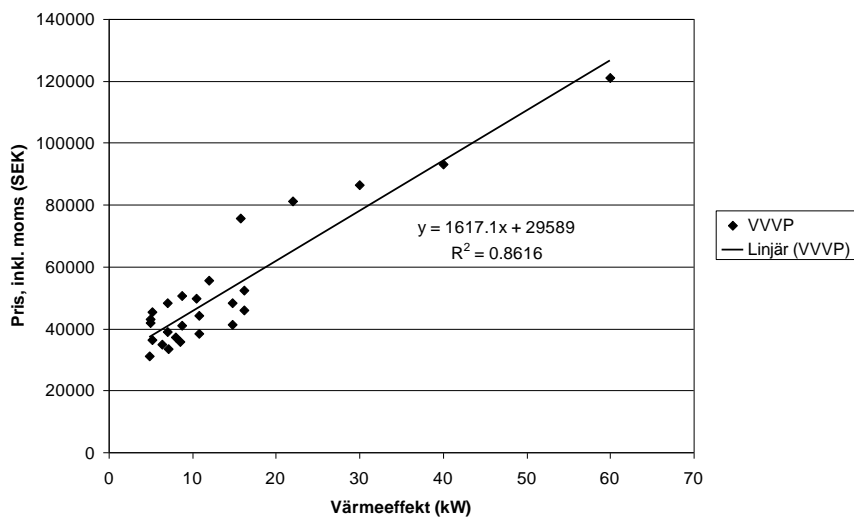
Värt att notera här är att, så som kostnaderna för en värmepump är beskrivna nu, så är baskostnaden för en luft/vattenvärmepump betydligt högre jämfört med en luft/luftvärmepump. När det gäller vätska/vattenvärmepumpen är inte kostnaden för själva borrhålet inkluderad i figuren nedan utan denna tillkommer.



(a)



(b)



(c)

Figur 51. 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.

12.1 Enfamiljshus

12.1.1 Befintliga enfamiljshus (70-tal)

I tabellerna nedan redovisas kostnader (exklusive moms) för de värmepumpssystem som beskrivs i avsnitt 11.2.1.1 - 11.2.1.3. Den slutsats man kan dra genom att jämföra totalkostnaderna är att den enda lösningen som är konkurrenskraftig ur ett livskostnads-perspektiv 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 kostnads-mässigt konkurrenskraftig för framtidens hus, om de får så låga värmebehov som det utvärderade scenariot visar, måste de alltså bli betydligt billigare, särskilt för små värme-effekter. I dagsläget kostar en luft/vattenvärmepump på 5 kW ca 30 000 SEK inklusive moms (55 000 inklusive varmvattenberedare och inestyrighet) 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 4. Sammanställning av kostnader för systemlösningar i ett befintligt enfamiljshus (70-tal) år 2020.

System			LVVP	LLVP
Elanvändning (totalt upp. kyla)	kWh	Excel	3 048	—
		BV2	3 058	5 357
Maximalt vämebehov, vp	W		2 573	2 073
Uppvärmningsbehov (totalt)	kWh		5 519	5 519
Kylabehov (scenario 3, totalt)	kWh		3 928	3 928
Kostnader				
Värmepump	SEK		41 807	5 670

Borrhål	SEK		—	—
Solfångare	SEK		—	—
Varmvattenberedare	SEK		—	10 000
Fläktkonvektor	SEK		4 897	—
Installation värmepump	SEK		16 000	4 000
Installation solfångare	SEK		—	—
Installation fläktkonvektor	SEK		6 224	—
Totala investeringskostnader	SEK		68 928	19 670
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel	2 652	—
		BV2	2 661	4661
Total årskostnad (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel	8 016	—
		BV2	8 025	6 192

Jämförelsetal för endast uppvärmning

Jämförelser		LVVP	LLVP
Direktel (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	4 802	4 802
Installation fjärrvärme	SEK/år	50 000	50 000
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh) exkl. moms	SEK/år	3 091	3 091
Total årskostnad (fjv+inv/12,8493)	SEK/år	6 982	6 982

Detta visar även att luft-luftvärmepumpen har en låg marginalkostnad för kylan, men det är väntat då endast driftkostnader tillkommer.

12.1.2 Befintliga enfamiljshus (40-tal)

I tabellen nedan visas kostnader (exklusive moms) för det värmepumpssystem som beskrivs i avsnitt 11.2.2.1. Värmepumpslösningen är kostnadsmässigt konkurrenskraftig mot fjärrvärmen, även om ett nytt borrhål behöver borraras, förutsatt att livslängden för de olika anläggningarna antas vara densamma. Detta inkluderar även kostnaden för kyla i värmepumpslösningen, vilket inte ingår i fjärrvärmelösningen.

Tabell 5. Sammanställning av kostnader för systemlösning i ett befintligt enfamiljshus (40-tal) år 2020.

System		VVVP
Elanvändning (totalt uppv.)	kWh	Excel 2 768
		BV2 2 532
Maximalt vämebehov, vp	W	4 194
Uppvärmningsbehov (totalt)	kWh	9 882
Kostnader		
Värmepump	SEK	36 371
Borrhål	SEK	20 374
Solfångare	SEK	—
Ventilations vx	SEK	—
Fläktkonvektor	SEK	4 897
Installation värmepump	SEK	16 000

Installation solfångare	SEK		—
Installation vent. vvx	SEK		—
Totala investeringskostnader inkl. borrhål	SEK		77 642
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel	2 408
		BV2	2 203
Total årskostnad exkl. borrhål (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel	6 865
		BV3	6 660
Total årskostnad inkl. borrhål (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel	8 451
		BV2	8 245
Jämförelser			
Enbart el (0,87 SEK/kWh)	SEK/år		8 597
Installation fjärrvärme	SEK/år		50 000
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh) exkl. moms	SEK/år		5 534
Total årskostnad (fjv+inv/12,8493)	SEK/år		9 425

12.1.3 Nybyggda enfamiljshus

I tabellen nedan redovisas kostnaderna för de olika värmepumpssystem som beskrivs i avsnitt 11.2.3.1- 11.2.3.2. Det system som får lägst totalkostnad är vätska/vattenvärmepumpen utan återladdning av borrhålet.

Värmepumpslösningarna (utan återladdning) får en lägre totalkostnad än fjärrvärmerna, men inte lägre 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.

Illösningen med vätska/vattenvärmepump kostar kylan i stort sett driftkostnaden för frikylalösningen, medan luft-vattenvärmepumpen måste driva kompressionscykeln, vilket innebär en högre driftkostnad. Om hela kylbehovet enligt scenario 3 skall mötas kommer en del varmvatten att produceras i onödan (behov att tappa av producerat varmvatten).

Tabell 6. Sammanställning av kostnader för olika systemlösningar i ett nybyggt enfamiljshus år 2020.

System			LVVP	VVVP
Elanvändning (totalt upp.v.)	kWh	Excel	3 825	2 099
		BV2	3 843	2 000
Maximalt vämebehov, vp	W		2 873	2 873
Uppvärmningsbehov (totalt)	kWh		6 568	6 568
Kostnader				
Värmepump	SEK		42 356	34 235

Borrhål	SEK	—	9 600	
Solfångare	SEK	—	—	
Ventilations vvx	SEK	—	—	
Fläktkonvektor	SEK	12 967	12 967	
Installation värmepump	SEK	16 000	16 000	
Installation solfångare	SEK	—	—	
Installation vent. vvx	SEK	—	—	
Totala investeringskostnader	SEK	71 323	72 802	
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel	3 328	1 826
		BV2	3 343	1 740
Total årskostnad (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel	8 878	7 492
		BV2	8 894	7 405
Jämförelser				
Direktel (0,87 SEK/kWh)	SEK/år		5 714	5 714
Installation fjärrvärme	SEK/år		50 000	50 000
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh) exkl. moms	SEK/år		3 678	3 678
Total årskostnad (fjv+inv/12,8493)	SEK/år		7 569	7 569

12.2 Flerfamiljshus

12.2.1 Befintliga flerfamiljshus

Kostnader för det system som presenteras i avsnitt 11.3.1.1 redovisas nedan. Resultatet visar att systemet är mycket konkurrenskraftigt ur ett kostnadsperspektiv, även när kylan inkluderas i kalkylen i scenario 3. Värmepumpssystemet får en total årlig livcykelkostnad som är lägre än den rörliga årskostnaden för fjärrvärmen. Detta innebär att det skulle vara lönsamt att investera i en värmepumpsanläggning även om det redan finns en fjärrvärmeanslutning.

Tabell 7. Sammanställning av kostnader för systemlösning i ett befintligt flerfamiljshus år 2020.

System			VVVP
Elanvändning (totalt uppv.)	kWh	Excel	42 111
		BV2	37 265
Maximalt vämebehov, vp	W		64 226
Värmebehov (totalt)	kWh		158 221
Kostnader			
Värmepump	SEK		133 449
Borrhål	SEK		260 664
Solfångare	SEK		—
Frånluftsmodul	SEK		—
Installation värmepump	SEK		16 000
Installation solfångare	SEK		—

Installation frånluftsmodule	SEK		—
Totala investeringskostnader	SEK		410 113
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel	36 637
		BV2	32 421
Total årskostnad (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel	68 554
		BV2	64 338
Jämförelser			
Direktel (0,87 SEK/kWh)	SEK/år		137 652
Installation fjärrvärme	SEK/år		185 000
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh) exkl. moms	SEK/år		88 604
Total årskostnad (fjv+inv/12,8493)	SEK/år		103 001

12.2.2 Nybyggda flerfamiljshus

Kostnader för de system som beskrivs i avsnitt 0 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 fjärrvärmen. I denna jämförelse har alltså varken kostnader för fjärrvärmeinstallationen eller fläktkonvektorer tagits med. (Fläktkonvektorerna är inte heller med i den totala kostnaden för fjärrvärmen).

Tabell 8. Sammanställning av kostnader för olika systemlösningar i ett nybyggt flerfamiljs-hus år 2020.

System			VVVP (35°C vid DUT)	VVVP (45°C vid DUT)
Elanvändning (totalt uppv. kyla)	kWh	Excel	23 772	24 305
		BV2	23 031	—
Maximalt vämebehov, vp	W		35 861	35 861
Uppvärmningsbehov (totalt)	kWh		89 716	89 716
Kylbehov (scenario 3)	kWh		26 339	26 339
Kostnader				
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 investerings- kostnader	SEK		407 515	347 817
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel	20 682	21 146
		BV2	20 037	—
Total årskostnad (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel	52 397	48 215
		BV2	51 752	—
Jämförelser				
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

12.3 Kontor

12.3.1 Befintliga kontor

Kostnaderna för de systemlösningar som beskrivs i avsnitt 11.4.1.1 - 11.4.1.5 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 totala kostnader 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 totala kostnaden 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.

I fallet med fjärrvärme och fjärrkyla har även centralerna kostnadsberäknats som om de vore två enskilda installationer. Det vore rimligt att anta ett lägre totalpris om installationerna görs samtidigt, men detta har varit svårt att uppskatta.

Lösningen med absorptionskyla och fjärrvärme dras med en högre kostnad för kylmedelskylare, då en ca dubbelt större värmemängd behöver kylas bort jämfört med en chillerlösning. Chillerlösningen får en god ekonomi eftersom allt ”spillvärme” har antagits kunna tas om hand för uppvärmning av lokalen. Ifall man utgår från att all spillvärme kyls bort mot omgivningen kommer behovet av köpt fjärrvärme att öka, och den totala årliga kostnaden blir då ca 54 000 kronor istället för som i tabellen redovisade 39 000 kronor per år.

Tabell 9. Sammanställning av kostnader för olika systemlösningar i ett befintligt kontor år 2020.

System			LVVP	VVVP	Chiller + FV	Abs + FV	FV / FK
Uppvärmningsbehov (totalt)	kWh		46 311	46 311	46 313	46 315	46 317
Kylbehov	kWh		32 030	32 030	32 030	32 030	32 030
Maximalt upp.v.behov	W		37 550	37 550	37 550	37 550	37 550
Maximalt kyl.behov	W		53 500	53 500	53 500	53 500	53 500
Kostnader							
Värmepump	SEK		167 267	90 310	90 310	133 750	
Borrhål	SEK			190 000			
FV-central	SEK				140 000	140 000	140 000
FK-central	SEK						133 750
Installation värmepump	SEK		16 000	16 000	16 000	16 000	
Kylmedelskylare	SEK			22 000	22 000	44 000	
Totala investeringskostnader	SEK		183 267	318 310	268 310	333 750	273 750
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel	18 539	8 720	6 192	1 393	-
Total årskostnad (el+inv./12,8493)	SEK/år	Excel	32 802	33 492	39 058	54 900	63 820
Jämförelser							
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh)	SEK/år		25 934	25 934	25 935	25 936	25 938
Anslutning fjärrvärme	SEK		140 000	140 000	140 000	140 000	140 000
Total årskostnad fjärrvärme (rörl. kostn. + inv./12.8493)	SEK/år		36 746	36 746	36 747	36 7468	36 749
Fjärrkyla (0.1 SEK/kWh+250 SEK/kW)	SEK/år		16 578	16 578	16 578	16 578	16 578
Anslutning fjärrkyla	SEK		133 750	133 750	133 750	133 750	133 750
Total årskostnad fjärrkyla (rörl. kostn. + inv./12.8493)	SEK/år		26 987	26 987	26 987	26 987	26 987

12.3.2 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. Alla systemlösningarna utom kombinationen absorptionsvärmepump/fjärrvärme är kostnadsmässigt konkurrenskraftiga gentemot fjärrvärme och fjärrkyla, med de antaganden som gjorts här. Då har ändå ett relativt lågt pris för fjärrkylan antagits (se ovan, avsnitt 12.3.1). Orsaken till att absorptionslösningen får en sämre ekonomi beror på att fjärrvärmens värderas högre än fjärrkylan, och dessutom är COP för absorptionsmaskinen satt till 0,6, vilket straffar kylproduktionen med denna faktor ytterligare.

Man skulle eventuellt kunna koppla fjärrvärmens till kylmaskinen i serie med radiator- och tappvattenvärmning, vilket skulle öka avkylningen av fjärrvärmens, och minska mängden köpt fjärrvärme. Denna lösning har inte studerats i detalj, men den köpta fjärrvärmens skulle kunna minska med motsvarande värmebehovet, då mängden köpt fjärrvärme till driften av kylmaskinen är större. Detta skulle då resultera i en kostnadsreduktion med ca 20 000 kronor per år, vilket skulle göra den likvärdig med systemlösningen med fjärrvärme/fjärrkyla.

Tabell 10. Sammanställning av kostnader för olika systemlösningar i ett nybyggt kontor år 2020.

System		LVVP	VVVP	Chiller + FV	Abs + FV	FV / FK
Värmebehov (totalt)	kWh	38 955	38 955	38 955	38 955	38 955
Kylbehov	kWh	32 053	32 053	32 053	32 053	32 053
Maximalt uppv.behov	W	26 600	26 600	26 600	26 600	26 600
Maximalt kylbehov	W	53 500	53 500	53 500	53 500	53 500
Kostnader						
Värmepump	SEK	150 988	72 604	72 604	72 604	
Borrhål	SEK		110 000			
Installation värmepump	SEK	160 00	160 00	160 00	160 00	
Kylmedelskylare	SEK		34 000	34 000	68 000	
FV-central	SEK	140 000	140 000	140 000	140 000	140 000
FK-central	SEK					133 750
Totala investeringskostnader	SEK	166 988	232 604	262 604	296 604	273 750
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år Excel	15 516	7 152	6 142	1 394	—
Total årskostnad (el+inv/12,8493)	SEK/år Excel	28 512	25 255	34 433	76 209	59 700
Jämförelser						
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh)	SEK/år	21 815	21 815	21 815	21 815	21 815
Anslutning fjärrvärme	SEK	140 000	140 000	140 000	140 000	140 000
Total årskostnad fjärrvärme (rörl. kostn. + inv./12.8493)	SEK/år	32 626	32 626	32 626	32 626	32 626

Fjärrkyla (0.1 SEK/kWh+250 SEK/kW)	SEK/år	16 580	16 580	16 580	16 580	16 580
Anslutning fjärrkyla	SEK	133 750	133 750	133 750	133 750	133 750
Total årskostnad fjärrkyla (rörl. kostn. + inv./12.8493)	SEK/år	26 989	26 989	26 989	26 989	26 989

12.4 Skolor

12.4.1 Befintliga skolor

Kostnader för den systemlösning som beskrivs avsnitt 11.5.1.1 redovisas nedan. Vätska/vattenvärmepumpen får i stort sett samma kostnad inklusive kyla som den rörliga årskostnaden för fjärrvärmens.

Tabell 11. Sammanställning av kostnader för systemlösning i en befintlig skola år 2020.

System	VVVP		
Värmebehov (totalt)	kWh		25 094
Kylbehov	kWh		14 573
Maximalt uppv.behov	W		14 476
Maximalt kyl.behov	W		
Kostnader			
Värmepump	SEK		52 998
Borrhål	SEK		61 504
Fläktkonvektor	SEK		4 897
Installation värmepump	SEK		16 000
Installation fläktkonvektor	SEK		6 224
Totala investeringskostnader	SEK		141 623
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel	6 830
Total årskostnad (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel	17 852
Jämförelser			
Fjärrvärme (0,56 SEK/kWh)	SEK/år		14 053
Anslutning fjärrvärme	SEK		140 000
Total årskostnad fjärrvärme (rörl. kostn. + inv./12.8493)	SEK/år		24 864

12.4.2 Nybyggda skolor

Kostnader för den systemlösning som beskrivs i avsnitt 11.5.2.1 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 i storleksordningen 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 12. Sammanställning av kostnader för systemlösning i en nybyggd skola år 2020.

System		VVVP
Värmebehov (totalt)	kWh	23 080
Kylbehov	kWh	3 606
Maximalt uppv.behov	W	11 260
Maximalt kyl.behov	W	19 848
Kostnader		
Värmepump	SEK	47 798
Borrhål	SEK	48 648
Fläktkonvektor	SEK	16 000
Installation värmepump	SEK	12 967
Installation fläktkonvektor	SEK	125 413
Totala investeringskostnader	SEK	4 304
El (0,87 SEK/kWh)	SEK/år	Excel 14 064
Total årskostnad (el+inv/12,8493)	SEK/år	Excel
Jämförelser		
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)		5 323
Anslutning fjärrkyla		49 620
Total årskostnad fjärrkyla (rörl. kostn. + inv./12.8493)		9 184

13 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 programmet hemsida samt de rapporter som ligger till grund för beräkningsprogrammet [37, 39, 40].

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 % naturgas-kraftvärme, 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 bränslemix 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 bränslemixen är hämtat från Svensk Fjärrvärmes hemsida och avser årsmedel för 2005.
2. Marginalproduktion av fjärrvärme. Uppgifter om bränslemixen 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 bränslemixen för el respektive fjärrvärme i programmet. I de fall där kraftvärmeverk ingår så allokerar EFFem enligt alternativproduktionsmetoden. Metoden fördelar miljöbelastningen mellan de två produkterna el och värme i proportion till bränslebehoven för separat el- respektive värmeproduktion⁴. Primärenergifaktorer för el och fjärrvärmeproduktion är hämtade från SOU 2008:25, bilaga 4.

Tabell 13. Översikt GWP och PEF för el och fjärrvärme.

El		GWP* (g CO ² -eq/kWh)	PEF**
Miljöel	Vindel	13	
	Kärnkraftsel	5,5	
	Vattenel	3,7	
Årsmedelproduktion	Vattenfall mix	5,3	
	E.ON mix	81	1,5
	Fortum mix	63	
Marginalel	40% kolkondens, 60% naturgas kraftvärme	665	2,5
	100% kolkondens	1025	
Fjärrvärme			
Årsmedelproduktion	Malmö mix	107	
	Stockholm mix	109	0,9
	Göteborg mix	31	
Marginalproduktion		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 produceras genom en kombination av tre olika sätt:

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

⁴ www.efektiv.org

Utifrån dessa produktionstekniker har en fjärrkyla mix satts samman enligt nedanstående tabell.

Fjärrkylamix	
Produktionssätt	Andel
Frikyla	50 %
Abs kyla	35 %
Kompressorkyla	15 %

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. Absorptionskylan produceras med hjälp av fjärrvärme, men även här krävs en del el för att driva pumparna i absorptionsmaskinen, driva fläktar och kyltorn samt pumpar för distribution. Vi har antagit att elkonsumtionen uppgår till 10 % av kylbehovet för absorptionskyla.

För respektive systemlösning har den mängd CO₂-ekvivalenter samt den mängd primärenergi som uppvärmningen/kylningen kräver på årsbasis beräknats. För data se Bilaga C, Miljöutvärdering av systemlösningar.

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 CO₂-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 bränslemix 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 absorptionsmaskin. 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 absorptionsmaskinen blir miljömässigt fördelaktigt jämfört med kompressorkyla. Har man tillgång till frikyla så är det dock fortfarande det bästa alternativet ur miljösynpunkt (när det gäller utsläpp av växthusgaser).

14 Slutsatser

De huvudsakliga slutsatserna om framtida komfortkyla i bostäder och lokaler som framkommit från denna studie är:

- Installation av ett värmepumpssystem med komfortkylafunktion är ett mycket effektivt sätt att minska en byggnads energianvändning, *både* för värme och kyla, utan att göra några större förändringar på byggnadens klimatskal och kan en sådan installation därför bidra till att Sverige kan nå sina energieffektiviseringsmål.
- För de småhus och flerfamiljshus som byggs kommer inte behovet av komfortkyla att vara särskilt stort om man beaktar krav på byggnadsskalet och accepterar tider med förhöjd inomhustemperatur.
- Komfortkyla är inte nödvändigt i småhus och flerfamiljshus enligt scenario 2, vilket innebär att man accepterar övertemperaturer under vissa timmar under året.
- Marknadspotentialen för större värmepumpar, än vad hittills varit vanligt förekommande, verkar vara stor. Det borde finnas goda möjligheter att sälja sådana till både flerbostadshus och lokaler. Framförallt i lokaler kan värmepumpar *kombinerade med system för komfortkyla via frikyla* ge mycket konkurrenskraftiga lösningar.
- I större fastigheter leder system med vätska/vattenvärmepumpar till lägst energianvändning, men inte alltid till lägst totalkostnad jämfört med system med omkopplingsbara luft/vattenvärmepumpar. Dock har de alltid en bättre möjlighet att använda frikyla, vilket oftast inte är möjligt med luft-vattenvärmepumpar.
- Lösningar med lokala absorptionskylmaskiner drivna av fjärrvärme är inte kostnadsmässigt konkurrenskraftiga, främst på grund av de stora investeringskostnaderna .
- För kontoret visade det sig att systemlösningen med en omkopplingsbar luft/vattenvärmepump och systemlösningen med en vätska/vattenvärmepump, kopplat mot ett ”borrhållager”, ungefär likvärdiga kostnadsmässigt. Den sistnämnda (med ”borrhållager”) visade sig dock vara fördelaktig energimässigt och därmed även miljömässigt. Detta gäller även möjligheten att använda frikyla via borrhålet.
- 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 med komfortkylafunktion 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.
- Alla utvärderade värmepumpslösningar med komfortkylafunktion 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 den ”miljövänliga 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. Fjärrkylan har här modellerats med en mix, och denna behöver inte vara representativ för all fjärrkyla, vilket måste beaktas i specifika fall.

14.1 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. Minimering av temperaturdifferenser i värmeväxlare, styrning (bland annat m h t överhettning i förångare), lågtemperatursystem för värmedistribution kan också utvecklas. Effektivare pumpar och fläktar behövs också. I övrigt innebär de föreslagna systemlösningarna i princip kombinationer av idag redan existerande delsystem och komponenter.

14.2 Identifiering av nya forskningsbehov

För att de föreslagna systemlösningarna ska kunna realiseras kommer i vissa fall **ytterligare forskningsinsatser** att behöva göras. För det första krävs forskning och utveckling för att effektiva 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 och identifiera de systemområden som behöver förbättras mest. 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 är också nödvändig.

Mycket tyder på att framtidens småhus kommer att bli allt mer energieffektiva. Då detta sker genom tätare byggnadsskal kan detta ge upphov till övertemperaturer, vilket i sin tur leder till ökande kylbehov om klimatet skall hållas inom snäva gränser. En systemmässigt effektiv lösning vore därför att inte täta husen över den gräns där kylbehoven uppstår, men som samtidigt minimerar värmebehoven.

Systemlösningar som har låga investeringskostnader behövs för att vara konkurrenskraftiga där investeringen inte görs med LCC-kalkyl. Framst vad gäller absorptionskylmaskiner och borrhål behöver kostnaderna fortsatt reduceras genom ny teknik.

Med minskad utkylning dvs. läckage från diskar kommer klimatkylbehovet i butiker troligen att öka. Hur detta sedan balanserar mot den i övrigt minskade internlasten är idag inte klarlagt, och borde utredas vidare.

15 Referenser

1. Ahlsell, Verksamhetsberättelse 2006, <http://www.ahlsell.com/upload/reports/Verksamhetsberattelse%202006.pdf>
2. Ahlsell, Årsredovisning 2004, <http://www.ahlsell.com/upload/reports/149691.pdf>
3. Akademiska hus, 2004, Kortrapport - Astronomihuset vid Lunds Universitet, Serie Energi 02
4. Bennich, P., 2008, Mätningar Av Hushållsel - Ännu Mer Slutspurt, Presentation På Hearing Om Energianvändning 2008-05-27, Energimyndigheten: Stockholm.
5. BFS2008:20, 2008, *Boverkets Föreskrifter Om Ändring I Verkets Byggregler (1993:57) - Föreskrifter Och Almänna Råd, BBR 16*, Boverket
6. CIT, Energy Management AB, 2007, Bv2 - Byggnadens Värmebalans I Varaktighetsdiagram, Ett Datorprogram För Beräkning Av Byggnaders Energibehov: Göteborg
7. EC, 2005, *Ecodesign of EuPs Directive (2005/32/EC)*
8. EC, 2006, DIRECTIVE 2006/32/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 5 April 2006 on energy end-use efficiency and energy services
9. EC, 2010, Interinstitutionellt ärende: 2008/0223 (COD), Rådets ståndpunkt vid första behandlingen inför antagandet av EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS DIREKTIV om byggnaders energiprestanda (omarbetning) - Antaget av rådet den 14 april 2010
10. ECODESIGN Lot 10 Draft of Chapter 2, Preparatory study on the environmental performance of residential room conditioning appliances (airco and ventilation) Contract TREN/D1/40-2005/LOT10/S07.56606 Draft report of Task 2, July 2008 Economic and Market analysis
11. Energimyndigheten, 2007, Förbättrad energistatistik för lokaler – ”Stegvis STIL” Rapport för år 1 - Inventeringar av kontor och förvaltningsbyggnader, http://213.115.22.116/System/ViewResource.aspx?p=Energimyndigheten&rl=default/Resources/Permanent/StorageItem/91915cb1cdf4ea0ae9df7d017fc787c/ER2007_34w.pdf
12. Fahlén, P., 2004, Värmepumpar I Vattenburna Värmesystem - Effektiva Lösningar Med Värme Och Varmvatten Vid Konvertering Av Elvärmda Småhus, En Slutrapport Från Eff-Sys
13. FEBY, 2008, Kravspecifikation För Passivhus I Sverige— Energieffektiva Bostäder
14. Förordning (2007:846) om fluorerade växthusgaser och ozonedbrytande ämnen, 2007, svensk förordning med referens till EU-förordningen om f-gaser: Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 842/2006 av den 17 maj 2006 om vissa fluorerade växthusgaser

15. IEA, 2008, Energy Technology Perspectives 2008, Scenarios and strategies to 2050.
16. IPCC, 2007, "Climate Change 2007", the Fourth IPCC Assessment Report
17. Jardeby, Å., Nordman R., 2009, Inventering av installerade absorptionskylmaskiner - drifterfarenheter och argument för inköp, Svensk Fjärrvärme Rapport 2009:49
18. Karlsson, F., 2007, Capacity Control of Residential Heat Pump Systems, Chalmers University of Technology
19. 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
20. Kjellsson, E., 2004, Solvärme I Bostäder Med Analys Av Kombinationen Solfångare Och Bergvärmepump, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet
21. Naumov, J., 2005, Optimization of Ground-Coupled Systems for Heating and Cooling of Buildings, Chalmers University of Technology
22. Persson, T. 2008, Koldioxidvärdering av energianvändning - Vad kan du göra för klimatet, Underlagsrapport Statens Energimyndighet
23. REPAB, 2006, *Checklista ; Underhållskostnader, Repab Fakta*, Repab, Mölndal
24. Rolfzman, L., 2008, muntlig kommunikation
25. SBN1980, 1980, *Svensk Byggnorm 1980*, 2 ed., Statens planverk, Stockholm
26. SCB, 2006, Energistatistik För Flerbostadshus 2006
27. SCB, 2006, Energistatistik För Lokaler 2006
28. SCB, 2006, Energistatistik För Småhus 2006
29. SCB, 2010, http://www.scb.se/Pages/TableAndChart_19985.aspx
30. SMHI, 2008, <http://www.smhi.se/cmp/jsp/polopoly.jsp?d=8785&l=sv>
31. SOU 2008:110, Vägen till ett energieffektivare Sverige, Slutbetänkande av Energieffektiviseringsutredningen
32. SS-EN14511, 2007, *Luftkonditioneringsaggregat, Vätskekylare och Värmepumpar, med elmotor drivna kompressorer, för rumsuppvärmning och kylning, Del 1-4* 2ed., SIS
33. SS 2620, 1988, *Värmeutrustning – Värmepumpar – Fältprovning och prestandaredovisning*, SIS
34. Stengård, L., 2008, Många Kranar Små – Mätning Av Kall- Och Varmvattenanvändning I Hushåll

35. Stenlund, M., 2007, Enkätundersökning rörande Luft/Luft-värmepumpar i svenska småhus, SP Rapport 2007:69
36. Svensk Fjärrvärme, 2009. Information inhämtad 23 Januari, 2009, från www.svenskfjarrvarme.se.
37. Wahlström, Å., and Hiller, C., 2008, Uppdatering Av Miljöbedömningsprogrammet Effem, Elforsk, Oktober
38. Wahlström, Å., Nordman, R., and Pettersson, U., 2008, Mätning Av Kall- Och Varmvatten I Tio Hushåll, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
39. Wahlström, Å., and Olsson-Johnsson, A., 2002, Miljöpåverkan Från Byggnaders Uppvärmningssystem: Etapp 2, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut
40. Wahlström, Å., Olsson-Jonsson, A., and Ekberg, L., 2001, Miljöpåverkan Från Byggnaders Uppvärmningssystem, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Bilaga A. Översikt kylbehov

Översikt kylbehov, energier [kWh/m ² ,år]		Kylbehov med normala ventilationsflöden				Totalt kylbehov, ventilationsflödet =0 hela dygnet.									
		Scenario 2				Scenario 2, ingen ventilation									
		Dag	Natt	Dim	Dag	Natt	Dim	Kylbehov tot							
Enfamiljsbostad	Befintlig	Vattenkrets	0.00	0.00	0.00	Vattenkrets									
		Kylbatt	0.00	0.00	0.00	Kylbatt									
		Totalt	0.00	0.00	0.00	Totalt							0 kWh/år		
		Återvinning	0.00	0.00	0.00	Återvinning									
Enfamiljsbostad	Ny	Vattenkrets	0.00	0.00	0.00	Vattenkrets									
		Kylbatt	0.00	0.00	0.00	Kylbatt									
		Totalt	0.00	0.00	0.00	Totalt							0 kWh/år		
		Återvinning	0.00	0.00	0.00	Återvinning									
Flerfamiljsbostad	Befintlig	Vattenkrets	0.00	0.00	0.00	Vattenkrets									
		Kylbatt	0.00	0.00	0.00	Kylbatt									
		Totalt	0.00	0.00	0.00	Totalt							0 kWh/år		
		Återvinning	0.00	0.00	0.00	Återvinning									
Flerfamiljsbostad	Ny	Vattenkrets	0.00	0.00	0.00	Vattenkrets									
		Kylbatt	0.00	0.00	0.00	Kylbatt									
		Totalt	0.00	0.00	0.00	Totalt							0 kWh/år		
		Återvinning	0.00	0.00	0.00	Återvinning									
Kontor	Befintlig	Vattenkrets	5.46	4.32	9.78	Vattenkrets	16.55	4.30	20.85	"Gratis kyla" från ventilationen					
		Kylbatt	3.07	0.00	3.07	Kylbatt	0.00	0.00	0.00						
		Totalt	8.52	4.32	12.84	Totalt	16.55	4.30	20.85					8.01	32104 kWh/år
		Återvinning	0.23	0.00	0.23	Återvinning	0.00	0.00	0.00						
Kontor	Ny	Vattenkrets	5.46	4.32	9.78	Vattenkrets	16.55	4.30	20.85						
		Kylbatt	3.04	0.00	3.04	Kylbatt	0.00	0.00	0.00						
		Totalt	8.50	4.32	12.82	Totalt	16.55	4.30	20.85					8.03	32051 kWh/år
		Återvinning	0.26	0.00	0.26	Återvinning	0.00	0.00	0.00						
Skola	Befintlig	Vattenkrets	0.00	0.00	0.00	Vattenkrets									
		Kylbatt	0.00	0.00	0.00	Kylbatt									
		Totalt	0.00	0.00	0.00	Totalt									0 kWh/år
		Återvinning	0.00	0.00	0.00	Återvinning									
Skola	Ny	Vattenkrets	0.00	0.00	0.00	Vattenkrets	12.73	2.93	15.65						
		Kylbatt	2.93	0.08	3.00	Kylbatt	0.00	0.00	0.00						
		Totalt	2.93	0.08	3.00	Totalt	12.73	2.93	15.65					12.65	4206 kWh/år
		Återvinning	0.14	0.01	0.16	Återvinning	0.00	0.00	0.00						

Översikt kylbehov, effekt		Kylbehov med normala ventilationsflöden				Totalt kylbehov, ventilationsflödet =0 hela dygnet			
Effekter [W/m²]						Kyl effekt från hygienventilation exkluderad			
		Scenario 2				Scenario 2, ingen ventilation			
		Dag	Natt	Dim		Dag	Natt	Dim	
Enfamiljsbostad	Befintlig	Vattenkrets	0.00	0.00	0.00	Vattenkrets			
		Kylbatt	0.00	0.00	0.00	Kylbatt			
		Totalt	0.00	0.00	0.00	Totalt			
		Återvinning	0.00	0.00	0.00	Återvinning			
Enfamiljsbostad	Ny	Vattenkrets	0.00	0.00	0.00	Vattenkrets			
		Kylbatt	0.00	0.00	0.00	Kylbatt			
		Totalt	0.00	0.00	0.00	Totalt			
		Återvinning	0.00	0.00	0.00	Återvinning			
Flerfamiljsbostad	Befintlig	Vattenkrets	0.00	0.00	0.00	Vattenkrets			
		Kylbatt	0.00	0.00	0.00	Kylbatt			
		Totalt	0.00	0.00	0.00	Totalt			
		Återvinning	0.00	0.00	0.00	Återvinning			
Flerfamiljsbostad	Ny	Vattenkrets	0.00	0.00	0.00	Vattenkrets			
		Kylbatt	0.00	0.00	0.00	Kylbatt			
		Totalt	0.00	0.00	0.00	Totalt			
		Återvinning	0.00	0.00	0.00	Återvinning			
Kontor	Befintlig	Vattenkrets	5.20	5.38	5.38	Vattenkrets	10.89	5.38	10.89
		Kylbatt	13.37	0.00	13.37	Kylbatt	0.00	0.00	0.00
		Totalt	18.57	5.38	18.57	Totalt	10.89	5.38	10.89
		Återvinning	6.65	0.00	6.65	Återvinning	0.00	0.00	0.00
Kontor	Ny	Vattenkrets	5.20	5.38	5.38	Vattenkrets	10.89	5.38	10.89
		Kylbatt	12.42	0.00	12.42	Kylbatt	0.00	0.00	0.00
		Totalt	17.62	5.38	17.62	Totalt	10.89	5.38	10.89
		Återvinning	7.61	0.00	7.61	Återvinning	0.00	0.00	0.00
Skola	Befintlig	Vattenkrets	0.00	0.00	0.00	Vattenkrets			
		Kylbatt	0.00	0.00	0.00	Kylbatt			
		Totalt	0.00	0.00	0.00	Totalt			
		Återvinning	0.00	0.00	0.00	Återvinning			
Skola	Ny	Vattenkrets	0.00	0.00	0.00	Vattenkrets	9.44	4.05	9.44
		Kylbatt	13.70	11.55	13.70	Kylbatt	0.00	0.00	0.00
		Totalt	13.70	11.55	13.70	Totalt	9.44	4.05	9.44
		Återvinning	6.88	5.82	6.88	Återvinning	0.00	0.00	0.00

Översikt kylbehov, energi		Kylbehov med normala ventilationsflöden				Totalt kylbehov, ventilationsflödet =0 hela dygnet.							
		Energi [kWh/m ² ,år]				Kyl effekt från hygienventilation exkluderad							
		Scenario 3			Scenario 3, ingen ventilation								
		Dag	Natt	Dim	Dag	Natt	Dim	"Gratis kyla" från ventilationen					
								Kylbehov tot					
Enfamiljsbostad	Befintlig	Vattenkrets	12.09	6.32	18.41	Vattenkrets	14.55	8.37	22.92				
		Kylbatt	1.58	0.68	2.26	Kylbatt	0.00	0.00	0.00				
		Totalt	13.67	7.00	20.68	Totalt	14.55	8.37	22.92	2.24			3928 kWh/år
		Återvinning	0.08	0.02	0.10	Återvinning	0.00	0.00	0.00				
Enfamiljsbostad	Ny	Vattenkrets	17.22	9.61	26.84	Vattenkrets	20.47	12.58	33.05				
		Kylbatt	1.59	0.68	2.27	Kylbatt	0.00	0.00	0.00				
		Totalt	18.81	10.29	29.11	Totalt	20.47	12.58	33.05	3.94			4075 kWh/år
		Återvinning	0.08	0.02	0.10	Återvinning	0.00	0.00	0.00				
Flerfamiljsbostad	Befintlig	Vattenkrets	0.00	0.00	0.00	Vattenkrets	5.13	7.95	13.08				
		Kylbatt	4.24	1.81	6.05	Kylbatt	0.00	0.00	0.00				
		Totalt	4.24	1.81	6.05	Totalt	5.13	7.95	13.08	7.02			13922 kWh/år
		Återvinning	0.31	0.08	0.39	Återvinning	0.00	0.00	0.00				
Flerfamiljsbostad	Ny	Vattenkrets	0.00	0.00	0.00	Vattenkrets	7.33	6.35	13.68				
		Kylbatt	8.03	3.42	11.45	Kylbatt	0.00	0.00	0.00				
		Totalt	8.03	3.42	11.45	Totalt	7.33	6.35	13.68	2.22			26339 kWh/år
		Återvinning	0.60	0.16	0.76	Återvinning	0.00	0.00	0.00				
Kontor	Befintlig	Vattenkrets	9.03	6.50	15.53	Vattenkrets	24.09	6.50	30.59				
		Kylbatt	2.98	0.00	2.98	Kylbatt	0.00	0.00	0.00				
		Totalt	12.01	6.50	18.51	Totalt	24.09	6.50	30.59	12.08			46273 kWh/år
		Återvinning	0.20	0.00	0.20	Återvinning	0.00	0.00	0.00				
Kontor	Ny	Vattenkrets	6.80	5.05	11.86	Vattenkrets	19.30	5.05	24.35				
		Kylbatt	2.96	0.00	2.96	Kylbatt	0.00	0.00	0.00				
		Totalt	9.77	5.05	14.82	Totalt	19.30	5.05	24.35	9.54			37040 kWh/år
		Återvinning	0.24	0.00	0.24	Återvinning	0.00	0.00	0.00				
Skola	Befintlig	Vattenkrets	0.00	0.00	0.00	Vattenkrets	19.05	6.55	25.60				
		Kylbatt	8.46	1.95	10.41	Kylbatt	0.00	0.00	0.00				
		Totalt	8.46	1.95	10.41	Totalt	19.05	6.55	25.60	15.19			14573 kWh/år
		Återvinning	0.54	0.10	0.64	Återvinning	0.00	0.00	0.00				
Skola	Ny	Vattenkrets	0.00	0.00	0.00	Vattenkrets	17.86	6.19	24.05				
		Kylbatt	8.63	2.02	10.65	Kylbatt	0.00	0.00	0.00				
		Totalt	8.63	2.02	10.65	Totalt	17.86	6.19	24.05	13.40			14916 kWh/år
		Återvinning	0.43	0.11	0.54	Återvinning	0.00	0.00	0.00				

Bilaga 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
Medel	39 800	85 200
Ca	40 000	85 000

<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

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 (m3/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		
Evenco	UN-MPP15	golvmmodell	1380-1530-1950	Max 1610	150-172-231	2800	dinvvsbutik.se	
Evenco	UN-MPP22	golvmmodell	3050	Max 2360	245-329-393	3200	dinvvsbutik.se	
Evenco	UN-MVP 15	golv alt. V ägg	1820		1500 238	2824	vvs-boden.se	
Evenco	UN-MVP 28	golv alt. V ägg	3670		2700 483	3038	vvs-boden.se	

Evenco prislista:

<http://www.evenco.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.

Fläktkonvektorer för värme, kyla, ventilation										
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
Med hölje										
Väggmodell, luftintag nedåt. Välj reglerpanel WKxxxx	UN-MVP RSK	3 775:- 6729044	3 925:- 6729045	4 090:- 6729046	4 365:- 6729047	4 580:- 6729048	4 965:- 6729049	5 185:- 6729050	6 360:- 6729051	7 375:- 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:-
Utan hölje										
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:-
Tillbehör som monteras på fabriken										
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/Faktablad-direktel.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
			Medelpris per m2	4 241 SEK/m2

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

http://www.solenergiteknik.se/rwdx/files/Produktkatalog_2008_IntelliHeat_LowRes_rgb.pdf

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

Installation solfångare

<http://biphoset.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/l (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	Compact	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_produktnamn&s=0

Absorptionsvärmepump

Indataparameter [Enhet]	Nominellt Värde	Variation	Kommentar/ referens
Investeringskostnad absorptionskylmaskin ¹⁾ [kkr/kW kyla]	2,5	2-24	Mycket storleksavhängigt! Grovt enligt Fel! Hittar inte referensskälla. och Fel! Hittar inte referensskälla.: 20 kkr/kW vid 5 kW 6,5 kkr/kW vid 100 kW 2,5 kkr/ kW vid 1 MW
Investeringskostnad Kyltorn eller torrluftkylare [kkr/kW bortförd värme]	0,3	0,2-1	Nominellt värde gäller vått kyltorn. Mycket storleks- och teknikberoende! Se Fel! Hittar inte referensskälla., Fel! Hittar inte referensskälla., Fel! Hittar inte referensskälla. och Fel! Hittar inte referensskälla.

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

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)

Bilaga C. Miljöutvärdering av systemlösningar

Data

EI		GWP (g CO ₂ -eq/kWh)	PEF	GWP (g CO ₂ -eq/kWh)
Miljöel	Vindel	13	1.5	5
	Vattenel	5.5		
	Kärnkraftsel	3.7		
EI mix	Vattenfall mix	5.3	1.5	
	Eon mix	81		
	Fortum mix	63		
Marginalel	40% kolkondens, 60%	665	2.5	640
	100% kolkondens	1025		1000
Sverige mix	2006	34		

Fjärrvärme		GWP (g CO ₂ -eq/kWh)	PEF	GWP (g CO ₂ -eq/kWh)
Normal mix	Malmö mix	107	0.9	
	Göteborg mix	31		
	Stockholms mix	109		
Marginal mix			1	110

Figur 52. Bakgrundsdata förberäkning av GWP och PEF.

	PEF (kWh/kWh)
Medel el	1.5
Marginal el	2.5
Medel FJV	0.9
Marginal FJV	1

Fjärrkyla

		Primärenergifaktor					
				EI		Fjärrkyla	
Kylproduktion	COP	Energibehov för kylning (kWh/kWh kyla)	Kylmix	Medel el	Marginal el	Medel FJV + Medel el	Marginal FJV + marginal el
Frikyla	1.00	0.034	50%	0.03	0.04		
Komp. kyla, enbart kyla	1.55	0.65	15%	0.15	0.24		
Absorptionskyla	0.60	1.67	35%			0.58	0.67

PEF för fjärrkylaproduktion (kWh/kWh)

	PEF
Medel produktion	0.75
Marginal produktion	0.96

Figur 53. Primärenergifaktorer för fjärrkylamix enligt tabell.

Data

EL		GWP (g CO ₂ -eq/kWh)
Vindel (Bra Miljöval el)	Miljöel	13
Vattenel		5.49
Kärnkraftsel		3.73
Vattenfall mix	Normalel	5.29
Eon mix		81
Fortum mix		63
40% kolkondens, 60% naturgas	Marginalel	665
100% kolkondens		1025
Sverige mix	2006	34
Fjärrvärme		
Malmö mix	Årsmix	107
Göteborg mix		31
Stockholms mix		109
Marginal FJV	Marginal	110

Beräkning kylproduktion

				GWP (g CO ₂ -eq/kWh)													
				Frikyla och kompressorkyla							Absorptionskyla						
Kylproduktion	COP	Energibehov för kylning (kWh/kWh kyla)	Kylmix	Vindel	Vattenel	Kärnkraftsel	Vattenfall mix	Eon mix	Fortum mix	40% kolkondens, 60% naturgas kraftvärme	100% kolkondens	Sverige mix	Malmö mix	Göteborg mix	Stockholms mix	Marginal Fjärrvärme	
Frikyla	1	0.034	50%	0.2	0.1	0.1	0.1	1.4	1.1	11.3	17.4	0.6					
Komp. kyla, enbart kyla	1.55	0.65	15%	1.3	0.5	0.4	0.5	7.8	6.1	64.4	99.2	3.3					
Absorptionskyla	0.6	1.67	35%										56.1	17.1	57.1	79.7	

Fjärrkylmix

Summa utsläpp av CO₂-eqUtsläpp av CO₂-eq beroende av vald el och fjärrvärme per kWh levererad fjärrkyla (g CO₂-eq/kWh kyla)

El-produktion	Fjärrkyla			
	Malmö mix	Göteborg mix	Stockholms mix	Marginal Fjärrvärme
Vindel	57.6	18.6	58.6	81.2
Vattenel	56.7	17.7	57.8	80.4
Kärnkraftsel	56.5	17.5	57.6	80.2
Vattenfall mix	56.7	17.7	57.7	80.3
Eon mix	65.3	26.3	66.4	89.0
Fortum mix	63.3	24.3	64.3	86.9
40% kolkondens, 60% naturgas kraftvärme	131.8	92.8	132.8	155.4
100% kolkondens	172.7	133.7	173.8	196.4
Sverige mix	60.0	21.0	61.0	83.6

Figur 54. GWP-värdesberäkning för olika produktionsmixar.

Tabell. C.1. Använd energi för värmning och kylning, samt PEF-ekvivalenter för ett års uppvärmning respektive kyla.

Värme

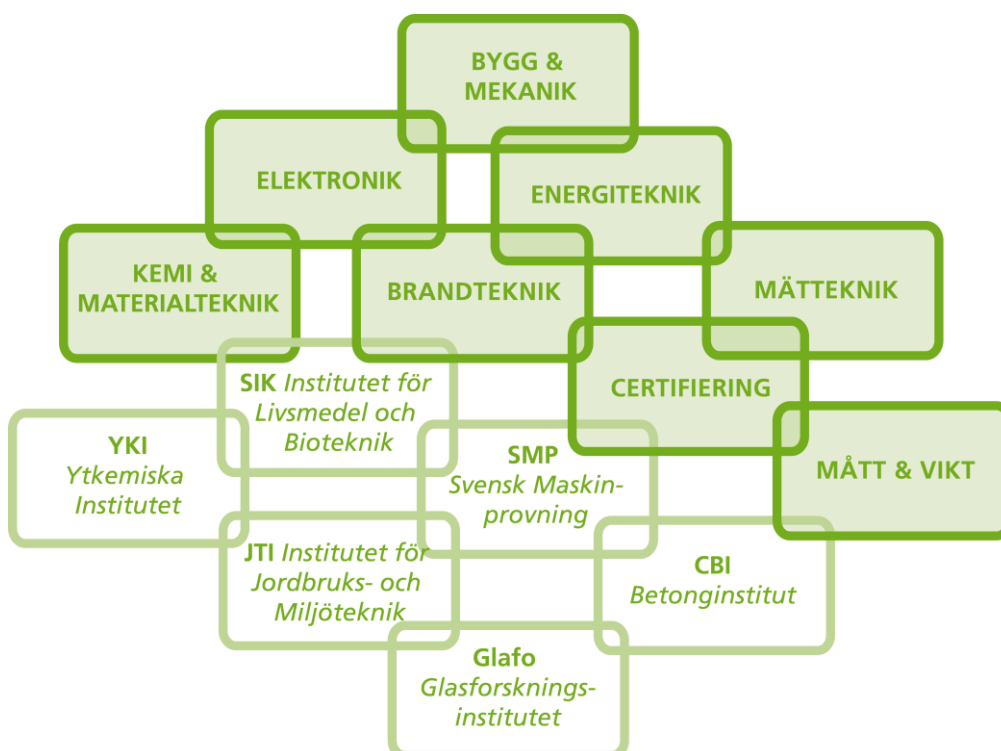
Byggnadsscenario	Uppvärmning	Uppvärmning alternativ metod (kWh/år)	Uppvärmning ref Fjärrvärme (kWh/år)	Primäreneri/år (kWh/år) uppvärmning			
				EL		FJÄRRVÄRME	
				Medel el	Marginal el	Medel FJV	Marginal FJV
Enfamiljshus scen 2, bef	LVVP	1 868	5 520	2 802	4 670	4 968	5 520
Enfamiljshus scen 2, bef	LLVP + sol	1 721	5 520	2 582	4 303	4 968	5 520
Enfamiljshus scen 2, ny	LVVP	2 145	6 558	3 218	5 363	5 902	6 558
Enfamiljshus scen 2, ny	VVVP	1 605	6 558	2 408	4 013	5 902	6 558
40-talsvilla, scen 2, bef	VVVP	2 187	9 882	3 281	5 468	8 894	9 882
Flerfamiljshus scen 2, bef	VVVP	36 236	158 221	54 354	90 590	142 399	158 221
Flerfamiljshus scen 2, ny	VVVP (35°C)	20 913	89 716	31 370	52 283	80 744	89 716
Flerfamiljshus scen 2, ny	VVVP (45°C)	20 913	89 716	31 370	52 283	80 744	89 716
Kontor scen 2, bef	LVVP	14 190	46 311	21 285	35 475	41 680	46 311
Kontor scen 2, bef	VVVP	10 297	46 311	15 446	25 743	41 680	46 311
Kontor scen 2, bef	Chiller + FV	46 311	46 311	-	-	41 680	46 311
Kontor scen 2, bef	Abs + FV	46 311	46 311	-	-	41 680	46 311
Kontor scen 2, bef	FV / FK	46 311	46 311	-	-	41 680	46 311

Kyla

Byggnadsscenario	Kylmetod	Kyla alternativ metod (kWh/år)	Kyla ref Fjärrkyla (kWh/år)	Primäreneri/år (kWh/år) uppvärmning					
				EL		FJÄRRKYLA		FJÄRRVÄRME	
				Medel el	Marginal el	Medel FJK	Marginal FJK	Medel FJV	Marginal FJV
Enfamiljshus scen 2, bef	LVVP	1 190	3 928	1 785	2 975	4 968	5 520	-	-
Enfamiljshus scen 2, bef	LLVP reversibelt	1 122	3 928	1 683	2 805	4 968	5 520	-	-
Enfamiljshus scen 2, ny	LVVP	1 697	4 075	2 546	4 243	5 902	6 558	-	-
Enfamiljshus scen 2, ny	VVVP	407	4 075	611	1 018	5 902	6 558	-	-
40-talsvilla, scen 2, bef	VVVP	393	3 928	590	983	8 894	9 882	-	-
Flerfamiljshus scen 2, bef	VVVP	1 390	13 922	2 085	3 475	142 399	158 221	-	-
Flerfamiljshus scen 2, ny	VVVP (35°C)	2 634	26 339	3 951	6 585	80 744	89 716	-	-
Flerfamiljshus scen 2, ny	VVVP (45°C)	2 634	26 339	3 951	6 585	80 744	89 716	-	-
Kontor scen 2, bef	LVVP	7 120	32 030	10 680	17 800	41 680	46 311	-	-
Kontor scen 2, bef	VVVP	1 341	32 030	2 012	3 353	41 680	46 311	-	-
Kontor scen 2, bef	Chiller + FV	7 118	32 030	10 677	17 795	5 325	6 800	-	-
Kontor scen 2, bef	Abs + FV	53 383	32 030	-	-	39 939	50 995	48045	53383
Kontor scen 2, bef	FV / FK	32 030	32 030	-	-	23 964	30 597	-	-

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Vi arbetar med innovation och värdeskapande teknikutveckling. Genom att vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling har vi stor betydelse för näringslivets konkurrenskraft och hållbara utveckling. Vår forskning sker i nära samarbete med universitet och högskolor och bland våra cirka 9000 kunder finns allt från nytänkande småföretag till internationella koncerner.



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

Energiteknik

SP Rapport 2010:50

ISBN 978-91-86319-90-8

ISSN 0284-5172