



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



MATS NORDGREN

Systemstudie av absorptionsvärme- pumpar

R38:1993

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400129278

 BYGGFORSKNINGSRÅDET

R38:1993

SYSTEMSTUDIE AV ABSORPTIONSVÄRMEPUMPAR

Mats Nordgren

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
900662-9 från Byggeforskningsrådet till KTH,
Institutionen för kemisk apparatteknik,
Stockholm.

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
VÄG- OCH VATTENBYGGNAD
BIBLIOTEKET

REFERAT

Målet med utredningen har varit att undersöka om det finns något användningsområde för absorptionsvärmepumpar vid husuppvärmning. Om absorptionsvärmepumpar ska konkurrera med mekaniska värmepumpar vid uppvärmning måste investeringskostnader och energipriser förändras. Vid en ökning av förhållandet mellan el- och oljepriset, γ , från dagens 1,4 till 2,8 - 3,2 blir absorptionsvärmepumpar konkurrenskraftiga. En sänkning av investeringskostnaden med 50 % leder också till att de blir konkurrenskraftiga. Endast uppvärmningssystem av lågtemperaturtyp kan användas vid icke industriella värmekällor på grund av de låga temperaturlyften, 40 - 50 °C. För kylning krävs att drivenergifiset måste vara under 12 öre / kWh, $\gamma = 4,1$, för att kostnaden ska vara lika för båda kylmaskintyperna. Med dagens energipriser kan absorptionsvärmepumpar dock vara ett alternativ vid ett samtidigt kyl- och värmebehov. Kraven som måste uppfyllas är

- uppvärmningssystemet ska vara av lågtemperaturtyp
- all värme från absorptionsvärmepumpen måste användas

Om de villkoren uppfylls kan absorptionsvärmepumpar konkurrera med mekaniska värmepumpar med dagens energipriser.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R38:1993

ISBN 91-540-5578-4
Byggeforskningsrådet, Stockholm

gotab 98507, Stockholm 1993

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Skillnader mellan olika värmepumpar	2
1.3 Arbetsmedier	3
1.4 Användningsområden för värmepumpar	3
2 Beräkningsmodeller	3
2.1 Uppvärmning	3
2.1.1 Beräkningsschema	4
2.2 Föruppvärmning av tappvarmvatten	6
2.3 Kylning	7
2.3.1 Rena kylsystem	7
2.3.2 Kombination av kyl- värmebehov	7
3 Resultat	8
3.1 Uppvärmning	8
3.1.1 Nyinstallation	8
3.1.2 Ombyggnad av uppvärmningssystemet	9
3.1.3 När ska man installera vad?	11
3.2 Föruppvärmning av tappvarmvatten	11
3.3 Fjärrvärme	12
3.3.1 Inverkan av spillvärmekällans storlek	12
3.3.2 Lågtemperaturfjärrvärme	13
3.3.3 Användningen av returvattnet som värmekälla	14
3.4 Kylning	16
3.4.1 Rena kylsystem	16
3.4.2 Kombinerat kyl- ovh värmebehov	16
4 Miljöaspekter	18
4.1 CFC	18
4.2 CO ₂ -emissioner	19
4.3 Absorptionsvärmepumpar-mekaniska värmepumpar	20
5 Utnyttjande av värmekällor med värmepumpar	20
5.1 Jämförelse av olika värmekällor	21
5.2 Värmekällor till absorptionsvärmepumpar	21

6	Känslighetsanalys	21
6.1	Variation av energipriserna	22
6.2	Variation av investeringskostnaden	23
7	Slutsatser	26

Bilageförteckning

	Bilaga
Referenser	1
Värmepumpar	2
Arbetsmedier	3
Uppvärmning/Kylning	4
Kostnadsbaser för beräkningar	5
Olika inkopplingsalternativ av en absorptionsvärmepump	6
Beräkningar för värmepumpsystem	7
Beräkning av energibehov samt kostnader ur varaktighetskurva	8
Optimeringsprocessen	9
Beräkning av totalkostnaden för uppvärmningssystem med värmepump	10
Föruppvärmning av tappvarmvatten	11
Frånluft som värmekälla för absorptionsvärmepumpar	12
Resultat av beräkningarna för uppvärmning	13
Beräkning av fjärrvärmekostnader	14
Returledning i fjärrvärmenät som värmekälla	15
Kylkostnader med olika värmepumpar	16
Kombinering av kyl- och värmebehov	17
Känslighetsanalys	18
Utnyttjningsmöjligheter av olika värmekällor med värmepump	19
Varaktighetskurvor	20

SAMMANFATTNING

Forskningsprojektet har titeln " Systemstudie av absorptionsvärmepumpar i energisystem för husuppvärmning " och är finansierat av Bygghälsningsrådet, BFR. Målet med utredningen har varit att undersöka om det finns något användningsområde för absorptionsvärmepumpar vid husuppvärmning.

För den framtida energiförsörjningen är det viktigt att finna processer som minskar såväl olje- som elberoendet. Vidare bör framtida tekniker också i större grad använda inhemska bränslen. Ett sätt att minska energiförsörjningen är att använda energin effektivare än idag. Värmepumpar är ett sätt att effektivisera energianvändningen. Absorptionsvärmepumpar uppfyller dessutom önskemålet med att använda inhemska bränslen. De kan kombineras med olika typer av pannor. Pannorna kan användas för täckning av spetslaster vid uppvärmning samt produktion av drivenergi till absorptionsvärmepumpen.

Främsta användningen av värmepumpar är uppvärmning och luftkonditionering. Olika uppvärmningssystem och värmekällor är några av de parametrar som skiljer olika byggnader åt. Största konkurrenten till absorptionsvärmepumpar vid både kylning och uppvärmning är mekaniska värmepumpar. En nackdel för absorptionsvärmepumpar är de låga temperaturlyften och lågt COP.

Vid uppvärmning är det billigare att använda mekaniska värmepumpar. Om absorptionsvärmepumpar ska kunna konkurrera med mekaniska värmepumpar måste investeringskostnader och energipriser förändras. Vid en ökning av förhållandet mellan el- och oljepriset, γ , från dagens 1,4 till 2,8 - 3,2 blir absorptionsvärmepumpar konkurrenskraftiga. Ytterligare en faktor som begränsar användningen är de låga temperaturlyften, 40 - 50 °C. Endast uppvärmningssystem av lågtemperatortyp kan användas vid icke industriella värmekällor. En sänkning av investeringskostnaden med 50 % leder också till en ökad konkurrenskraft för absorptionsvärmepumpar.

Även för kylning med absorptionsvärmepumpar krävs det förändringar av energipriser och investeringskostnader för att de ska bli konkurrenskraftiga. Drivenergipriset måste vara under 12 öre / kWh, $\gamma = 4,1$, för att kostnaden ska vara lika för båda kylmaskintyperna. Med dagens energipriser kan absorptionsvärmepumpar dock vara ett alternativ vid ett samtidigt kyl- och värmebehov. Vissa krav måste dock uppfyllas

- uppvärmningssystemet ska vara av lågtemperatortyp
- försäljning av eventuellt överskottsvärme från absorptionsvärmepumpen

Om de villkoren uppfylls kan absorptionsvärmepumpar konkurrera med mekaniska värmepumpar med dagens energipriser.

1 Inledning

Forskningsprojektet har titeln " Systemstudie av absorptionsvärmepumpar i energisystem för husuppvärmning " och är finansierat av Byggforskningsrådet, BFR. Projektet påbörjades 90 07 01 och slutfördes 93 03 31.

Målet med utredningen har varit att undersöka om det finns något användningsområde för absorptionsvärmepumpar vid husuppvärmning.

1.1 Bakgrund

Under de sista 100 åren har ungefär hälften av världens alla kända resurser av fossila bränslen förbrukats. En stor del av dagens energiförsörjningen sker genom förbränning av fossila bränslen. För den framtida energiförsörjningen är det därför viktigt att finna processer som minskar såväl el- som oljeberoendet. Ett sätt att minska förbrukningen av fossila bränslen är att finna andra energikällor, till exempel solenergi och biobränslen. Ett annat sätt är att använda energin effektivare än idag. Exempel på det är; bättre isolering av hus, minska utsläpp av spillvärme och användande av värmepumpar. Vidare bör framtida tekniker i större grad använda inhemska bränslen. Värmepumpar finns redan på marknaden och bidrar till ett minskat oljeberoende. Absorptionsvärmepumpar uppfyller dessutom önskemålet att använda inhemska bränslen. Vanligast är eldrivna kompressorvärmepumpar.

Absorptionsvärmepumpar kräver endast obetydligt med elkraft för driften. Drivenergin tillförs i form av värme och kan framställas av ett flertal olika bränslen. Absorptionsvärmepumpar kan med fördel kombineras med oljeeldade pannor. Användningen av absorptionsvärmepumpar för uppvärmning sker idag främst för produktion av fjärrvärme. Som värmekällor används spillvärme från industriprocesser, till exempel rökgaskondensering. Tabell 1 visar användningen av några större anläggningar i Sverige.

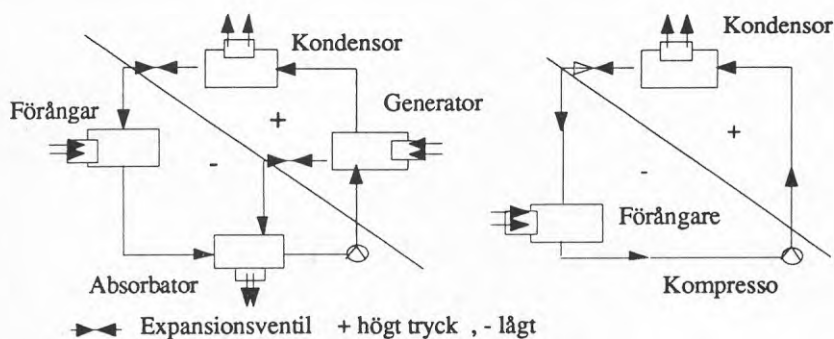
Avesta	Rökgaskondensering => 6,5 MW	Ångdriven, Fjärrvärme
Trollhättan	Spillvärme från KemaNord 35 °C => 7 MW	Ångdriven, Fjärrvärme
Uppsala	Sopförbränning, Rökgaskond => 2 * 25 MW	Ångdriven, Fjärrvärme
Sävenäs	Sopförbränning, Rökgaskond => 4 * 10,5 MW	Ångdriven, Fjärrvärme
Eksjö	Sopförbränning, Rökgaskond => 8,5 MW	Ångdriven, Fjärrvärme

Tabell 1. Exempel på användningsområden för absorptionsvärmepumpar idag i Sverige.

En stor användning av absorptionsvärmepumpar har varit kylning. Ett flertal finns installerade som kylare i bland annat sjukhus, [Carrier]. Dessa tas nu till stor del ur drift. Anledningen är att många gamla oljepannor byts ut mot andra uppvärmningssystem. Därmed försvinner även drivenergin för kylmaskinen. Ett användningsområde som ökat är kylning av processvatten i massaindustrin, [Carrier]. Många massabruk har överskott av lågtrycksånga sommartid. Lågtrycksången kan användas för att driva kylmaskinen. Att absorptionsvärmepumpar har utvecklats för kylning medför att de inte är optimerade för uppvärmning.

1.2 Skillnader mellan olika värmepumpar

Värmepumpar kan delas in i mekaniskt drivna och värmedrivna. Mekaniska värmepumpar drivs vanligen med el eller förbränningsmotorer, vanligast är eldrivna kompressorvärmepumpar. Principbilder över en kompressorvärmepump och en absorptionsvärmepump visas i figur 1.



Figur 1. Absorptionsvärmepump till vänster och kompressorvärmepump till höger.

Värmepumparnas funktion är att höja värme från en låg temperatur till en högre temperatur med hjälp av drivenergi. I kompressorvärmepumpar tillsätts drivenergi för att öka trycket av det förångade arbetsmediet. En ökning av trycket medför att kondensationen sker vid en högre temperatur än förångningen. Tryckökningen mellan absorbator och generator sker i en absorptionsvärmepump med en pump. Mellan absorbator och generator cirkulerar en lösning som absorberar köldmediet vid ett lågt tryck i absorbatorn. I generatorm desorberas köldmediet vid ett högre tryck i form av ånga. Desorptionen sker genom att koka lösningen i generatorm. Köldmedieången förs till kondensorn där det rena köldmediet kondenserar. I absorptionsvärmepumpen bortförs värme på två ställen i processen, i absorbatorn och kondensorn.

Två av skillnaderna mellan mekaniska och absorptionsvärmepumpar är temperaturlyftet och COP. Med temperaturlyft menas skillnaden mellan förångningstemperatur och

kondenseringstemperatur. En absorptionsvärmepumps maximala temperaturlyft för ett vanligt arbetsmedium, LiBr/vatten, är ungefär 40 - 50 °C, [Berghmans]. COP för en absorptionsvärmepump är i intervallet 1,3-1,7 jämfört med 2,0-3,5 för mekaniska värmepumpar.

1.3 Arbetsmedier

Ett flertal arbetsmedier befinner sig på utvecklingsstadiet, vissa av dessa kan komma att användas i framtiden, se bilaga 3. I absorptionsvärmepumpar används idag främst litiumbromid/vatten och ammoniak/vatten som arbetsmedier. Litiumbromid är mindre giftigt än ammoniak och arbetar dessutom vid undertryck. Nackdelar vid användning av litiumbromid är att värmekällans temperatur måste vara över 3-5 °C för att undvika isproppar i förångaren, samt att litiumbromid är korrosivt. En fördelen med ammoniak är att värmekällans temperatur kan vara under 0°C. Ammoniaks främsta nackdelar är att det är giftigt, korrosivt, har lägre COP än litiumbromid och kräver mer avancerade värmepumpar. Ammoniak används som arbetsmedie i Tyskland.

1.4 Användningsområden för värmepumpar

I bostäder används värmepumpar till uppvärmning och luftkonditionering. Olika uppvärmningssystem och värmekällor är några av de parametrar som skiljer olika byggnader åt. Inom kontor, sjukhus och affärer används värmepumpar i stor utsträckning. I dessa lokaler används de huvudsakligen till kylning. De flesta värmepumpar som används i luftkonditioneringsanläggningar är kompressorvärmepumpar. Kylningen kan ske med indirekt eller direkt kylning.

2 Beräkningsmodeller

2.1 Uppvärmning

I beräkningarna för uppvärmning kommer totalkostnaden för olika byggnader att beräknas. Både drifts- och investeringskostnaderna kommer att inkluderas. Olika uppvärmningsalternativs totalkostnader kommer att jämföras med varandra. De system som kommer att tas med är oljeeldning, elvärme, fjärrvärme och olika värmepumpar. Beräkningarna kan delas in i två delar, nyinstallation eller ombyggnad av värmesystemet.

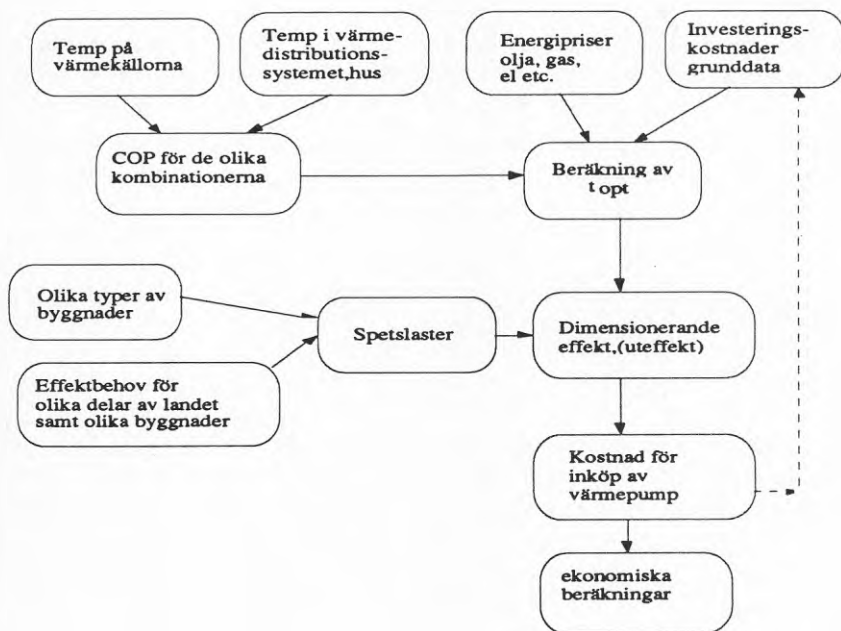
Absorptionsvärmepumpar kan drivas på flera sätt, exempelvis med lågtrycksånga eller avgaser från en oljepanna. I beräkningarna för ett uppvärmningssystem som ska

byggas om antas att; befintlig oljepannan fungerar, är i sådant skick att den klarar spetslaster vintertid och levereras av drivenergi till absorptionsvärmepumpen. Vid nyinstallation av ett uppvärmningssystem med absorptionsvärmepump antas att en oljepanna används till produktion av drivenergin. Som jämförelse har motsvarande beräkningar gjorts för eldrivna kompressorvärmepumpar.

I beräkningarna behövs investeringskostnaden för olika värmepumpstyper och storlekar. En uppskalningsfaktor har tagits fram från prisuppgifter från leverantörer av värmepumpar. Vid beräkningarna av totalkostnaden har ett iterativt beräkningssätt använts, se figur 1. Vid skillnad mellan den beräknade investeringskostnaden och den angivna investeringskostnaden görs en ny optimering. Investeringskostnaden som beräknas är ett medelvärde av flera beräkningar för olika värmekällor på samma byggnad.

2.1.1 Beräkningsschema

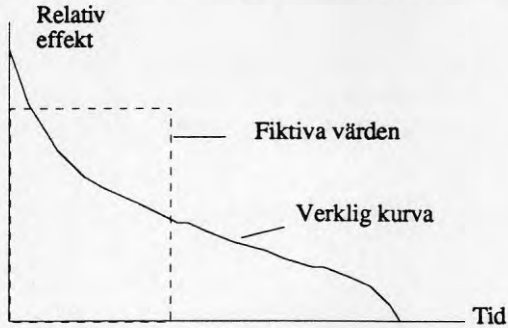
Beräkningarna kommer att följa beräkningsschemat i figur 2. De olika stegen beskrivs i bilaga 7.



Figur 2. Flödesschema för beräkningarna.

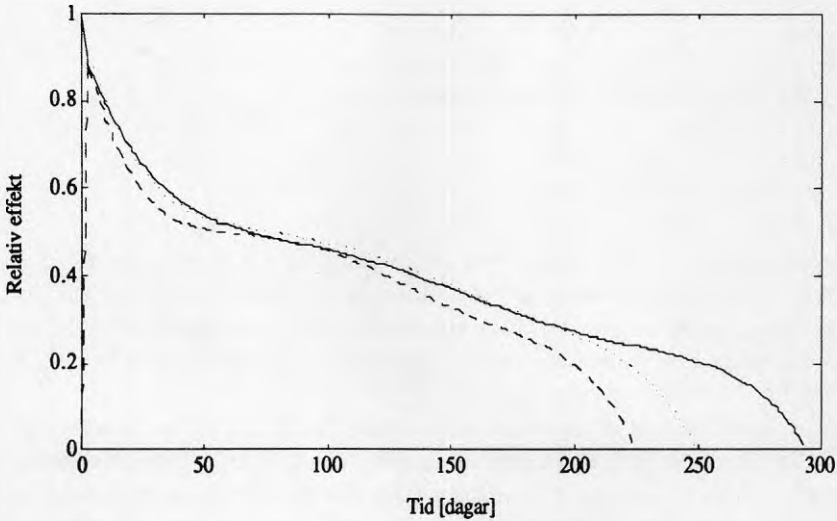
Med dimensionerande effekt menas den effekt som värmepumpen lämnar till

uppvärmningssystemet. En av de viktigaste förutsättningarna för beräkningsmodellen är energiförbrukningen. Den skiljer sig för olika byggnader och olika delar av Sverige. Energiförbrukningen uppskattas med effektbehovet per uppvärmd yta, W/m^2 , och en fiktiv drifttid, se bilaga 4. Drifttiden motsvarar den tid uppvärmningsytan belastar uppvärmningssystemet med angiven effekt, se figur 3.



Figur 3. Varaktighetskurva med de fiktiva värdena tillsammans med en riktig kurva

Klimatskillnader införs genom att använda varaktighetskurvor för olika delar och platser i Sverige. Kurvan visar under hur många timmar per år en viss effekt är nödvändig, se figur 4.

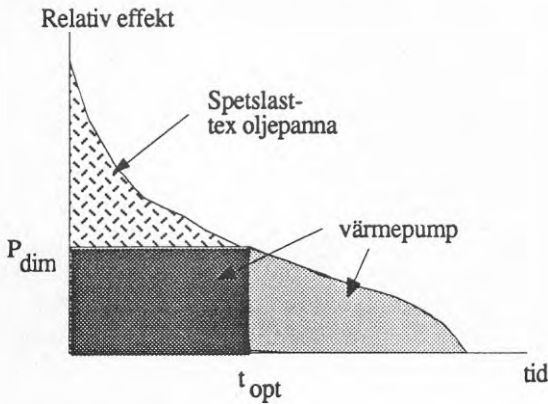


Figur 4. Varaktighetskurvor för Göteborg, Stockholm och Gällivare (från vänster till höger), [Tätortens energiförsörjning].

Ur en varaktighetskurva kan effektbehovets variation över året följas. Spetslasten kan

inträffa när som helst under året och vara uppdelad på flera tidpunkter. Arealen under varaktighetskurvan motsvarar det totala årsenergibehovet för en byggnad. Kurvan kan användas på två sätt. Om årsenergibehovet är känt kan spetslasten beräknas. Och om spetslasten är känd kan årsenergibehovet beräknas för en aktuell ort. I beräkningarna har godtyckliga bostadsytor valts för olika typer av bostäder. Det påverkar inte resultatet då olika uppvärmningssystem jämförs med varandra.

Totalkostnaden för ett värmepumpsystem jämförs sedan med andra uppvärmningsalternativ. I figur 5 visas hur de olika uppvärmningsformerna ligger i ett varaktighetsdiagram för ett värmepumpsystem.



Figur 5. Fördelningen av de olika uppvärmningsformerna

2.2 Föruppvärmning av tappvarmvatten

Föruppvärmning av tappvarmvatten är ett annat av användningsområdena för värmepumpar. Användningen har två positiva saker; lång drifttid per år och jämn belastning. Behovet av tappvarmvatten skiljer sig inte mycket över året. Skillnaden i förbrukningen av tappvarmvatten är istället personlig, [Boverket].

Vid föruppvärmning ska värmepumpen värma upp det inkommande kallvattnet. Slutlig uppvärmning sker därefter i exempelvis en oljepanna. Fördelen med det systemet är att värmepumpen får arbeta vid låga kondenseringstemperaturer och låga temperaturlyft. Det medför ett högt COP samt att det är möjligt att använda absorptionsvärmepumpar. Hur mycket värmepumpen respektive pannan ska värma upp vattnet kan variera. Om uppvärmningen sker till hälften i värmepumpen innebär det ett temperaturlyft på cirka 30 °C för ett lågtemperatursystem, vilket är väl anpassat till en absorptionsvärmepump.

2.3 Kylning

De former av kylning som värmepumpar används till i byggnader är huvudsakligen luftkonditionering. Andra kylsystem är naturligtvis kylskåp och frysskåp, de systemen inkluderas inte.

2.3.1 Rena kylsystem

Kylning av luft kan genomföras på flera olika sätt. De två principiellt skilda sätten är indirekt och direkt kylning. Vid direkt kylning passerar luften kylmaskinen. Indirekt kylning använder en kylbärare som kyls i kylmaskinen. Köldbäraren distribueras för nedkylning av luften i de olika rummen. Distributionsanläggningen är oberoende av värmepump / kylmaskin. Skillnaden mellan värmepumptyperna är COP och kapitalkostnaden för värmepumpen. För beräkningarna används en anläggning i Stockholm vars kylbehov varierar. Även för större kylanläggningar antas att kringutrustningen kostar lika mycket för båda typerna av kylmaskiner.

Några speciella fall där absorptionsvärmepumpar kan vara lönsamma är om det finns billig drivenergi. Exempel på sådan drivenergi är överskottsånga eller spillvärme. Spillvärmen måste vara av tillräckligt hög temperatur för att driva värmepumpen. Priset på drivenergin som medför att båda kylmaskintyperna får samma totalkostnad är av intresse. Om det finns gratis drivenergi kommer återbetalningstiden jämfört med en mekanisk kylmaskin att vara intressant. Drifttiden för kylmaskinerna tas ur tabell, [VVS-Handboken].

2.3.2 Kombination av kyl- och värmebehov

Användande av värmepumpar är bra vid samtidigt kyl- och värmebehov. Sommartid har många byggnader både ett kyl- och värmebehov. Värme behövs exempelvis för att undvika kallras vid fönster och för tappvarmvattenproduktion. Hur mycket kylbehovet är för olika lokaler kan anges som kylbehovet per yta, [Fläkt].

Drifttiden för kylanläggningar finns angivna för normala år i olika delar av landet, [VVS-Handboken]. Jämförelsen mellan mekaniska och absorptionsvärmepumpar baseras på uppskattningar av deras olika COP. COP - värdena bestäms av vilka temperaturerna i kyl- och uppvärmningssystemen. På grund av absorptionsvärmepumpens begränsade temperaturlyft, 40-50°C [Berghmans], väljs ett lågtemperatursystem. I beräkningarna antas att absorptionsvärmepumpen drivs med en oljepanna. Oljepannan används också i uppvärmningssystemet när värmepumpen inte klarar värmebehovet.

Om värmepumparna producerar ett överskott av värme kan det betraktas som

spillvärme och kylas bort. Men det kan också ses som en tillgång. Överskottsenergin kan säljas och därmed ge inkomster. Energin kan då säljas för ett pris under vad det kostar att producera värme. Det medför att det kan vara lönsamt för köparen att inte använda sin egen panna utan köpa överskottsvärmen istället.

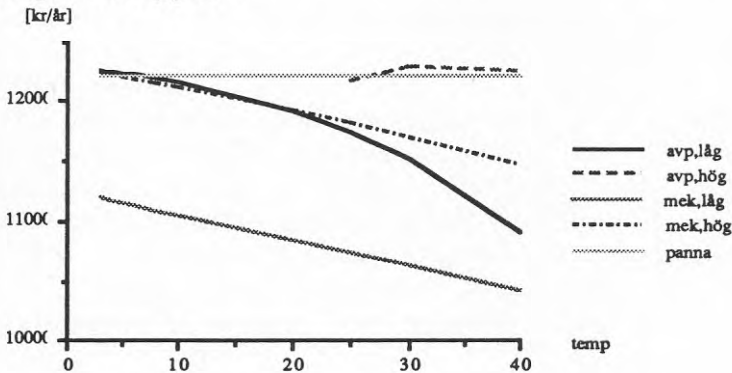
3 Resultat

3.1 Uppvärmning

3.1.1 Nyinstallation

Vid nyinstallation av ett uppvärmningssystem med en värmepump behövs någon kompletterande form av uppvärmning. I beräkningarna har en oljepanna valts. Oljepannan klarar både spetslaster och att driva absorptionsvärmepumpen. Totalkostnaden per år inkluderar driftkostnader och investeringskostnader. Som bränsle till oljepannorna har eldningsolja nummer 1 valts, villaolja. Anledningen är att dessa system är välanvända samt att gas endast finns på fåtal ställen, vissa delar av Stockholm och sydvästra Sverige. En gaspanna hade inte inneburit någon större skillnad då olja och gas kostar ungefär lika per kWh, [Prisnytt].

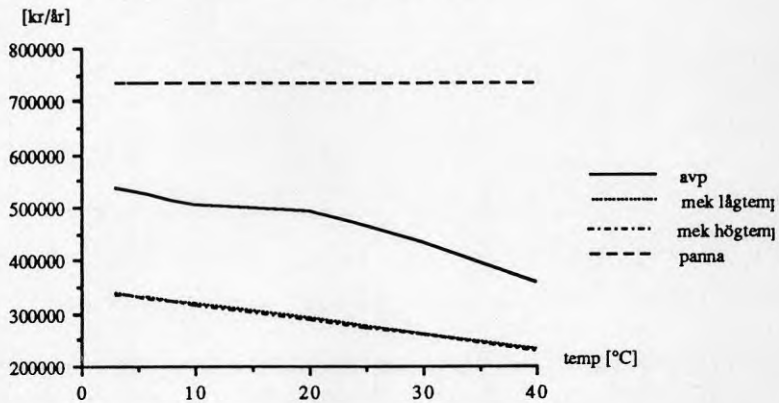
I beräkningarna för villor har två olika vattenburna uppvärmningssystem använts, hög- respektive lågtemperatur. Ur resultaten, se figur 6, visas att mekaniska värmepumpar alltid är det billigaste alternativet, oberoende av uppvärmningssystem. Vid lågtemperatursystem kan en absorptionsvärmepump ge en lägre årskostnad än en oljeeldad panna. Det avgörande är värmekällans temperatur. En mekanisk värmepump i ett högtemperatursystem i södra Sverige blir billigare än en oljepanna då värmekällans temperatur överstiger 10 °C, se figur 6. Om absorptionsvärmepumpar används i lågtemperatursystem blir de billigare än oljepannor när värmekällan är varmare än 8-10°C. För högtemperatursystem är absorptionsvärmepumpar aldrig billigare än en oljepanna.



Figur 6. Uppvärmningskostnaden för en villa i södra Sverige.

Mekaniska värmepumpar har även i Mellansverige den lägsta årskostnaden, oberoende av uppvärmningssystem. För absorptionsvärmepumpar i lågtemperatursystem blir totalkostnaden per år lägre än oljepannor vid värmekällor varmare än 10-12 °C, se figur 2 bilaga 13. Beräkningarna för norra Sverige visar samma sak som för mellersta Sverige. Mekaniska värmepumpar är billigast oavsett uppvärmningssystem. Absorptionsvärmepumpar kan endast konkurrera med oljepannor om den placeras i ett lågtemperatursystem och värmekällans temperatur överstiger 13-14°C, se figur 3 bilaga 13.

I större system blir resultatet liknande för villor. Mekaniska värmepumpar är billigare än de andra alternativen, se figur 7. Absorptionsvärmepumpar är dock billigare än en oljepanna, och det oberoende av värmekällans temperatur.



Figur 7. Totalkostnaden för ett kvarter i norra Sverige.

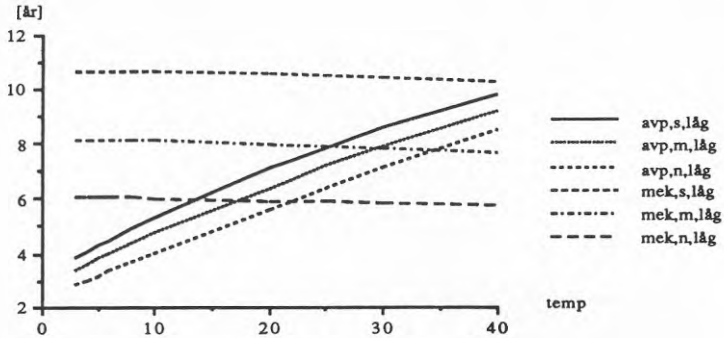
För att absorptionsvärmepumpar ska vara billigare än oljepannor krävs en värmekälla över 10-15 °C och ett lågtemperatursystem för villor. För större värmepumpar är de billigare än oljepannor i ett lågtemperatursystem oavsett värmekällans temperatur. Mekaniska värmepumpar har den lägsta årskostnaden, oberoende av temperatur på värmekällan och uppvärmningssystem. Enda undantaget är högtemperatursystem i villor med värmekällor under 10°C i Södra Sverige. Kostnaden överstiger då en oljepannas.

3.1.2 Ombyggnad av uppvärmningssystemet

Vid installation av en värmepump i ett befintligt uppvärmningssystem kan man utnyttja en befintlig panna. Även här har pannan två syften, driva absorptionsvärmepumpen

och klara spetslaster. Det förutsätter att pannan är i sådant skick att den klarar kraven under avskrivningstiden för värmepumparna.

Beräkningarna utförs på samma sätt som för nyinstallationen, fast utan investeringskostnad för pannan. Resultaten redovisas som återbetalningstiden för ett värmepumpsystem. Som bas för återbetalningstiderna används energikostnaden för ett oljeeldat pannsystem. Återbetalningstiderna för olika värmekällors temperatur visas i figur 8.



Figur 8. Återbetalningstider för värmepumpsystem vid lågtemperaturuppvärmning.

Absorptionsvärmepumpar har kortare återbetalningstider vid lägre temperaturer på värmekällan. För att mekaniska värmepumparna ska vara lönsamma måste värmekällans temperatur i södra Sverige överstiga ungefär 22°C, i mellersta 28 °C och i norra 40 °C. Användningen av absorptionsvärmepumparna begränsas istället av dess låga temperaturlyft, 40-50 °C [Berghmans]. Det innebär att värmekällan måste vara varmare än 10-20 °C för ett lågtemperatursystem. Även i högttemperatursystem har absorptionsvärmepumpar lägre återbetalningstider. Men temperaturlyftet begränsar här användningen till värmekällor över 30 °C.

En minskning av kostnaden för uppvärmning kan fås genom en installation av absorptionsvärmepumpar. Kraven är att det finns en fungerande panna och att man kan införa ett lågtemperatursystem. Återbetalningstiderna för båda värmepumpstyperna ligger under den amorteringstid som används i beräkningarna. För byggnader med högttemperatursystem kan endast mekaniska värmepumpar installeras vid värmekällor kallare än 30 °C.

Skillnaden mellan totalkostnaderna för värmepumparna är huvudsakligen investeringskostnaden. En förklaring till att absorptionsvärmepumpar blir billigare kan vara optimeringsprocessen. Låga COP medför att en större del av uppvärmningen sker i pannan. En ökad pannstorlek innebär ingen kostnad då den redan finns.

Värmepumpen blir därmed liten och ger en låg investeringskostnad.

3.1.3 När ska man installera vad?

Vid installation av ett nytt uppvärmningssystem är det billigast med mekanisk värmepump i kombination med oljepanna. Lägst årskostnad fås för lågtemperatursystem. Absorptionsvärmepumpar kan vara lönsamma att installera vid ombyggnader av uppvärmningssystem. Byggnaderna måste dock ha en fungerande panna och kunna använda ett lågtemperatursystem.

3.2 Föruppvärmning av tappvarmvatten

Den del av energibehovet i bostäder som är mest oberoende av årstid samt har lång drifttid är produktion av tappvarmvatten. Förbrukningen är nästan konstant över året. Skillnader i förbrukningen av tappvarmvatten beror på personliga vanor.

I beräkningarna antas ett system med en temperatur på 80 °C i uppvärmningssystemet. Uppvärmningen av inkommande kallvatten kan ske på flera sätt, till exempel

- helt i panna, olje eller el
- föruppvärmning i absorptionsvärmepump och slutuppvärmning i en panna
- föruppvärmning i mekanisk värmepump och slutuppvärmning i en panna

Vid föruppvärmning kan olika mycket av uppvärmningen ske i värmepumparna. Här antas att värmepumparna står för ungefär halva uppvärmningen och att tappvarmvattenbehovet är konstant över året. I tabell 2 visas kostnaderna per år för föruppvärmning från 10 till 50 °C i värmepumparna. Drift- och kapitalkostnader för värmepumpen ingår i kostnaden. COP har dels beräknats termodynamiskt och dels antagits till normala värden. De termodynamiskt beräknade är väl höga.

	kostnad per år	COP	anmärkning
mekanisk	3 186	7,3	termodyn beräknat COP
	4 030	3,5	antaget COP
absorption	3 879	2,2	termodyn beräknat COP
	4 586	1,5	antaget COP
elpanna	7 350		endast energi
oljepanna	5 250		endast energi

Tabell 2. Kostnaderna för föruppvärmning av tappvarmvatten.

Föruppvärmning av tappvarmvatten är billigast att göra i en mekanisk värmepump. De mekaniska värmepumparnas bättre COP medför att de blir billigare än absorptionsvärmepumpar. Energipriserna måste förändras för att absorptionsvärmepumpar ska få samma årskostnad. Om energipriserna ändras så att $\gamma^1=1,7$ för de ansatta COP får båda värmepumpstyperna samma kostnad. För de termodynamiskt beräknade COP måste γ öka till 2,0. Med dagens energipriser är $\gamma=1,4$. Ökningen av γ vid föruppvärmning av tappvarmvatten är mindre än för uppvärmning. Orsaken kan bero på flera saker. En faktor är att vid uppvärmning inkluderas inköp av en ny panna. Vid föruppvärmning används den befintliga pannan som slutuppvärmer vattnet även till att driva absorptionsvärmepumpen.

3.3 Fjärrvärme

3.3.1 Inverkan av spillvärmekällans storlek

Två fall kan särskiljas vid användning av värmepumpar i fjärrvärmesystem. Värmekällan kan vara begränsad eller obegränsad. Exempel på obegränsad värmekälla är sjövattnet. Det finns ingen klar gräns för hur mycket värme som kan tas ur en sjö. Rök-gaskondensering är ett exempel på en begränsad värmekälla. Två sådana fall har beräknats med ett krav på 3 MW utgående värme. Vid fallet med begränsad värmekälla antas en spillvärmekälla på 800 kW. Båda systemen har samma COP för respektive värmepumpstyp. Värmepumpar dimensioneras vanligen så att de täcker 80 - 90 % av det totala årsenergiebehovet. Det motsvarar att värmepumpens effekt är ungefär 60 % av maximala effekten. I beräkningarna för en obegränsad värmekälla har värmepumpens effekt varierats mellan 40 - 100 % av maximala effekten. I ingetdera fallet klarar värmepumparna av att täcka energibehovet helt utan en panna måste inkluderas för att klara spetslasterna. Pannan används också till att driva absorptionsvärmepumpen. Resultaten i tabell 3 visas som kostnaden per tillverkad kWh i respektive anläggning.

värmekälla	täckning	panna	mekvp	avp
beränsad		0,294	0,243	0,245
obegränsad	40 %	0,295	0,234	0,293
	60 %	0,295	0,219	0,282
	70 %	0,295	0,215	0,274
	80 %	0,295	0,213	0,264
	90 %	0,295	0,213	0,254
	100 %	0,295	0,216	0,241

Tabell 3. Kostnader per kWh för olika typer värmekällor samt olika täckning.

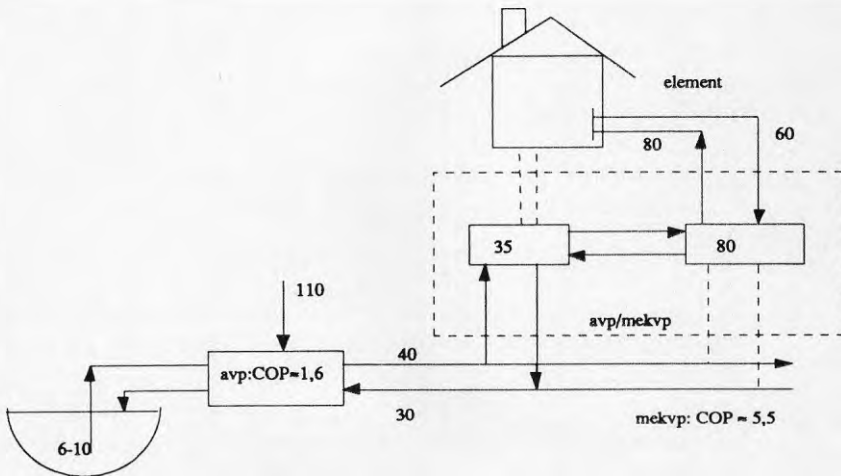
¹ γ definieras som kvoten mellan el och oljepriset per kWh

De mekaniska värmepumparna är billigast oberoende av om värmekällan är begränsad eller inte. I fallet för en begränsad värmekälla skiljer sig kostnaderna ytterst lite. Vid begränsade värmekällor blir det avgörande hur stor del av effektbehovet som täcks av värmepumpen. En värmekälla som täcker 90 % av effektbehovet med en absorptionsvärmepump täcker kanske bara 30 % med en mekanisk värmepump. Täckningen beror på vilket COP systemet har. I ett sådant fall kan absorptionsvärmepumpen få lägre kostnad per kWh-värme.

3.3.2 Lågtemperaturfjärrvärme

Ett alternativ till vanliga fjärrvärmenät är lågtemperaturfjärrvärme, "Thermodynamic heating". Temperaturen har sänkts från 80-120°C till 40 °C på utgående vattnet. För att utnyttja ett sådant system krävs att byggnaderna har värmepumpar. Exempel på ett sådant system visas i figur 9.

Beräkningarna genomförs på samma sätt som för de vanliga fjärrvärmesystemen. En norsk utredning, [Lystad], har visat att kostnaden per kWh blir ungefär lika för lågtemperaturfjärrvärme som för vanlig fjärrvärme. I den utredningen användes enbart mekaniska värmepumpar. En av besparingarna var att distributionsnätet inte behövde isoleras i samma utsträckning som vanliga nät, [Lystad].



Figur 9. Fjärrvärmenät med låga temperaturer i distributionsnätet.

I beräkningarna har olika typer av värmepumpar använts i de olika positionerna. Kostnaden per producerad kWh-värme för konsumenten visas i tabell 4. COP för värmepumparna kommer att påverka resultatet i hög utsträckning. Vid den

termodynamiska beräkningen av absorptionsvärmepumpens COP betyder drivenergin temperatur mycket. Därför har två temperaturer på drivenergin använts, 110 respektive 170 °C. En beräkningar har dessutom utförts för antagna COP-värden.

i fjärrvärmenätet:		avp,f ²	avp,u ³	avp,e ⁴	mek,f ²	mek,u ³	mek,e ⁴
		[kr/kWh]	[kr/kWh]	[kr/kWh]	[kr/kWh]	[kr/kWh]	[kr/kWh]
i huset:	avp ⁵	0,59	0,55	0,58	0,45	0,54	0,53
	mekvp ⁴	0,49	0,45	0,48	0,35	0,43	0,42
	avp ⁶	0,57	0,52	0,62	0,48	0,48	0,47
	mekvp ⁷	0,35	0,29	0,39	0,25	0,25	0,25
	avp ⁸	0,50	0,45	0,58	0,42	0,42	0,41
	mekvp ⁷	0,33	0,27	0,41	0,25	0,25	0,24

Tabell 4. Kostnaden för olika alternativ vid lågtemperaturdistributionssystem.

De alternativ med enbart mekaniska värmepumpar ger de lägsta kostnaderna per kWh-värme. Det gäller oberoende av storleken på systemet. Det alternativ med absorptionsvärmepumpar som är billigast är när de används i distributionsnätet tillsammans med mekaniska värmepumpar i respektive byggnad. Kostnaden för de systemen är inte mycket dyrare än system med enbart mekaniska värmepumpar.

3.3.3 Användning av returvattnet som värmekälla

Ett användningsalternativ för värmepumpar är att utnyttja returledningen i fjärrvärmenät som värmekälla, se figur 10. Ur kraftvärmeverkets synvinkel kan det ha några fördelar.

- De flesta system ligger idag på maximal produktion av värme. Om temperatursänkningen i nätet kan höjas, ökas utnyttjandet av nätet [Bjurström].
- Pumpkostnaden ökar inte vid en ökad temperatursänkning. Men med ett ökat energiuttag kan pumpkostnaden per leverad kWh minskas.

²f=fjärrvärmenät

³u=undercentral

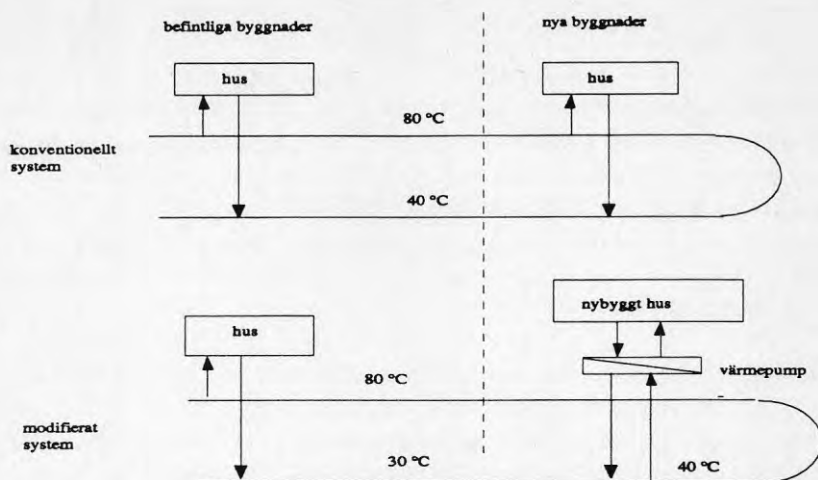
⁴e=enskild uppvärmning

⁵Ansatta värden på COP

⁶Termodynamiskt beräknat, med $T_G = 110$ °C

⁷Termodynamiskt beräknat

⁸Termodynamiskt beräknat, med $T_G = 170$ °C



Figur 10. Exempel på system med returvattnet i fjärrvärmesystem som värmekälla.

Flera fjärrvärmeverk producerar elkraft i kondensatorer. Kondensorn kyls med det returnerade fjärrvärmevattnet. Om returvattnets temperatur sänks kan ångan expanderas ytterligare i turbinen. Elproduktionen skulle öka för samma mängd kylvatten. De kostnader som tillkommer är uppvärmning av matarvattnet med motsvarande antal grader som returvattnet sänks.

Vid användning av det returnerande fjärrvärmevattnet som värmekälla kommer energibolagen att ta betalt per kWh som tas ut, [Åsman]. Det medför att kostnaden för ett sådant system blir för högt. Tekniskt sett finns det inga stora hinder. Ett problem är om temperaturen i kondensorn sänks för mycket. Då kan ångan inte till kondensorn innehålla för mycket fukt, vattendroppar. Följden kan bli att de främsta tuberna i kondensorn eroderar bort, [Västerås Energi]. Tuberna klarar inte av alltför mycket vattendroppar med höga hastigheter.

I tidigare beräkningar har fjärrvärmekostnaden beräknats till 30 öre/kWh om en oljepanna används vid produktionen. Det alternativ som ger den lägsta kostnaden vid utnyttjande av returledningen som värmekälla är mekaniska värmepumpar. De är cirka 10 öre billigare per producerad kWh-värme. Absorptionsvärmepumpars kostnad ligger över kostnaden för fjärrvärme producerad i en oljepanna. Största orsaken är de höga investeringskostnaderna samt lågt COP. Investeringskostnaderna måste minskas med 40 % för att absorptionsvärmepumpar ska vara lönsamma.

3.4 Kylning

3.4.1 Rena kylsystem

Distributionssystemet är oberoende av hur kylan har producerats. Skillnaden mellan mekaniska och absorptionsvärmepumpar är COP och investeringskostnaden för värmepumpen. Beräkningarna för en kylmaskinen placerad i Stockholm visar att mekaniska kylmaskiner är billigast. Om en absorptionsvärmepump ska ha samma årskostnad som en mekanisk värmepump måste priset på drivenergin vara 12 öre / kWh. Det motsvarar att $\gamma > 4$ för att absorptionsvärmepumpar ska vara lönsamma. Med dagens energipriser är $\gamma = 1,4$.

I fall där det finns värmeöverskott med hög temperatur kan det vara lönsamt att installera en absorptionsvärmepump. Om drivenergin är kostnadsfri blir återbetalningstiden 7,2 säsonger för en kylmaskin med 10 kW kyleffekt. Som jämförelse för återbetalningstiden används en mekanisk kylmaskin. Drifttiden per säsong i Stockholm är 1400 timmar, [VVS-Handboken].

3.4.2 Kombinerat kyl- och värmebehov

Vid beräkning av samtidigt kyl- och värmebehov används en sjukhusavdelning som exempel. Avdelningen består av 40 rum, totalt 1000 m² vårdyta. Lokalen har sommartid både ett kyl- och värmebehov. Kylbehovet sätts till 30 W / m², [Fläkt], och värmebehovet bedöms till 40 W / m². Uppvärmningsbehovet i mellansverige för tappvarmvatten och uppvärmning är 55 W / m², [Boverket].

Jämförelsen mellan mekaniska och absorptionsvärmepumpar baseras på bedömningar av COP, investeringskostnader och drivenergikostnader. COP beräknas termodynamiskt. COP kommer att vara beroende av temperaturerna i kyl- och uppvärmningssystemen. I det här fallet överförs värme från luften i lokalen till uppvärmningssystemet. Luftens temperatur antas vara 20 °C och att värmen avges till ett lågtemperatursystem. Absorptionsvärmepumpen antas drivas med värme med en temperatur på 120 °C, exempelvis avgaser från oljepanna. De antagandena ger de COP som visas i tabell 5 för de olika värmepumparna. Kapitalkostnaderna för värmepumpar är baserade på hur stor kyleffekten är. Totalkostnaden för hela systemet fås genom att multiplicera investeringskostnaden med en faktor 2,5 [Ulander].

		Mekanisk	Absorption
kostnadsbas	COP	5,8	1,4
	Kyleffekt	10	25
	Inköpspris	30 000	50 000
	källa	STAL	Commision of the European Communities

Tabell 5. COP för olika värmepumpar vid kylning samt kostnader för värmepumpar.

Ett överskott av värme kan kylas bort eller säljas. I det valda beräkningsexemplet får absorptionsvärmepumpen ett stort överskott av värme. I ett av fallen har överskottsvärmen räknats som en intäkt av 40 öre/kWh-värme genom försäljning. Den mekaniska värmepumpen kommer inte att täcka lokalens värmebehov. För att täcka underskottet av värme måste värme köpas. I tabell 6 visas kostnaden för de olika fallen med kombinerat kyl- och värmebehov.

	mekanisk värmepump	absorptions värmepump
ingen försäljn av överskottsvärme	17 186	50 818
försäljn. av överskottsvärme	17 186	17 330

Tabell 6. Totalkostnaden för kombination av kyl- / uppvärmningssystem [kr/år].

Vid samtidigt kyl- och värmebehov kan absorptionsvärmepump få samma totalkostnad som mekaniska värmepumpar. Kravet är att uppvärmningssystemet är ett lågtemperatursystem och att överskottsvärmen kan säljas. Priset för överskottsenergin ligger på samma nivå som energipriset för villaolja. Därmed kan det för köparen vara lönsamt att ställa av sin egen panna och köpa värme istället. Chansen för att absorptionsvärmepumpar ska få de lägsta totalkostnaden ökar ju större värmeöverskottet är. Hur stort överskottet måste vara för att absorptionsvärmepumpar ska bli lönsamma beror på kyl- och värmebehov, COP och energipriserna.

Ett alternativ är att använda fjärrvärme som drivenergi till en absorptionskylmaskin, [Andersson]. Temperaturen på fjärrvärmen är dock för låg sommardag för kunna driva absorptionsvärmepumpen sommardag. En av anledningarna att absorptionsvärmepumparna blev för dyra var att en stor del av överskottsvärmen kylades bort i kyltorn. Om all överskottsvärme hade utnyttjats skulle totalkostnaden bli lägre än för de mekaniska värmepumparna. Kondenseringstemperaturen för absorptionsvärmepumpen är dock 20 °C lägre. Det gör att jämförelse är svår.

4 Miljöaspekter

Kunskapen att energiproduktionen och energianvändningen måste genomföras på ett miljömässigt bättre sätt ökar i hela världen. Problemet med växthuseffekten aktualiserar de miljömässiga frågorna. Eldning av fossila bränslen bidrar till växthuseffekten genom utsläpp av gasemissioner. Idag står CO_2 för ungefär hälften av den totala växthuseffekten, [Laue]. Det mesta av CO_2 -utsläppen kommer från eldning av fossila bränslen. Minskningen av CO_2 kan genomföras på flera sätt. Ett sätt är att öka användningen av värmepumpar. En ökning av elanvändningen kan medföra att både primärenergianvändningen och gasemissionerna skulle minska, [Jaret]. Det kan ske genom att ändra processer. Till exempel kan koncentrerings av mjölk ske genom fryskoncentrerings istället för indunstning. Det skulle minska både primärenergianvändningen och värmeförlusterna i processen, [Jaret]. Totalt kan en ökning av elkraftproduktion medföra en minskning av primärenergianvändningen.

4.1 CFC

CFC har kommit att framstå som det största miljöproblemet med mekaniska värmepumpar. Under senare delen av 80-talet kom utsläppen av CFC i blickpunkten. Orsaken var att stora ozonhål upptäcktes över Antarktis samtidigt som det kom fram att värmepumpar hade stora utsläpp av CFC. Tidigare hade de stora värmepumpanläggningarna problem med utsläpp av arbetsmedie. De årliga utsläppen var upp till 25 % av den totala mängden arbetsmedium i värmepumpen, [Svensson]. Idag har utsläppen minskats till 5 %.

Freoner, CFC, tros stå för 25 % av den totala växthuseffekten, [Svensson]. De flesta utsläppen kommer dock inte från värmepumpar. Endast 10 % av Sveriges utsläpp av CFC kommer från värmepumpar. På grund av de globala miljöriskerna med freoner har en internationell överenskommelse träffats. Den ska att stoppa försäljning och användning av vissa freoner innan sekelskiftet. Freoner som inte har lika stor påverkan av ozonlagret har utvecklats, så kallade mjuka freoner. Dessa kommer att ersätta de freoner som ska försvinna. Men en forskargrupp från Institutionen för energi- och miljöforskning i Washington har dock framfört tvivel angående de mjuka freonerna. De hävdar att mjuka freoner påverkar ozonskiktet 5 gånger mer än man hittills trott, [Karlsson]. En skillnad mellan mjuka och hårda freoner är livslängden i atmosfären. De mjuka freonerna, HCFC, har en livslängd på 10-20 år jämfört med de hårda, CFC, som har en livslängd på flera hundra år, [Karlsson].

4.2 CO₂-emissioner

Utöver energibesparingar medför användande av värmepumpar att utsläppen av CO₂ kan minskas, [Mandorf]. Källorna till utsläppen av CO₂ är många. Förbränningen av fossila bränslen står för den största delen. All förbränning av bränslen medför utsläpp av CO₂. Men endast den del av som kommer från fossila bränslen anses öka den totala mängden CO₂ i atmosfären. Den del som kommer från förbränning av växter som växt under vår samtid ökar inte halten av CO₂ i atmosfären. Det beror på att den anses ingå i kretsloppet. CO₂ från den fossila förbränningen tillhör en annan tidsperiod och ökar halten i atmosfären.

Beroende på vilken typ av värmepump som används kan utsläppen minskas olika mycket. Även val av drivenergi och värmepumpens COP har betydelse för minskningen av utsläppen. Om användande av värmepumpar skulle öka och ersätta oljeeldning skulle en minskning av CO₂-utsläppen med 35-60 % vara möjligt, [Laue, Mandorf, Frehn]. Olika värmesystem har olika stora utsläpp av CO₂ per producerad kWh, se tabell 7. Även hur stor del av den tillförda primärenergien som kan utnyttjas i värmesystemet visas i tabell 1. Vid beräkningarna har Tysklands elsammansättning 1988 använts som beräkningsbas, [Laue]. 40 % av elproduktionen kom från förnyelsebara energikällor och kärnkraft. De produktionsformerna av el motsvarar en CO₂-fri elproduktion enligt EG's normer, [Laue].

värmesystem	primär användning ⁹ [%]	CO ₂ - utsläpp [kg CO ₂ / kWh]
diff eltaxa-värmelagring	35	0,55
direkt el	35	0,55
direkt gas eldadkamin	80	0,24
oljepanna+hettvatten	80	0,32
gaspanna+hettvatten	80	0,24
gaspanna,kondens+hettvatten	95	0,20
eldriven värmepump	90-145 ¹⁰	0,22-0,14 ^{2,3}
gaseldad absorptionsvärmepump	125	0,15
gaseldad motordriven vp	160-200 ¹¹	0,12-0,10 ³

Tabell 7. Olika värmesystems CO₂-utsläpp samt primärenergiutnyttjande

I tabell ses att absorptionsvärmepumpar är ett bra alternativ för värmeproduktion ur

⁹Definerad som kvoten mellan producerad användbar värmeenergi och tillförd primärenergi

¹⁰Baserad på den mix av olika elproduktionssätt som Tyskland hade 1988

¹¹Intervallet beror på vilken temperatur värmekällan och värmesänkan har

miljösynpunkt. Emmissionerna av CO_2 är en av de lägre och primärenergianvändningen är bland de högsta.

4.3 Absorptionsvärmepumpar - mekaniska värmepumpar

En stor miljömässig fördel för absorptionsvärmepumpar är att de mekaniska oftast använder freoner som arbetsmedie. Ammoniak kan användas som arbetsmedie i mekaniska värmepumpar. Absorptionsvärmepumpar kan använda ammoniak tillsammans med vatten som arbetsmedie. Ammoniak är inte så vanlig som arbetsmedie i Sverige. I Tyskland har man installerat flera absorptionsvärmepumpar med ammoniak/vatten som arbetsmedie.

I Sverige har det inte varit vanligt med ammoniak som arbetsmedie. Det beror på de tidigare nämnda nackdelarna; giftigt, explosiva blandningar med luft, höga tryck. I absorptionsvärmepumpar är litiumbromid/vatten vanligast som arbetsmedie.

5 Utnyttjande av värmekällor med värmepumpar

Vid användning av värmepumpar för uppvärmning måste det finnas någon värmekälla. Värmekällor kan indelas i industriella och icke industriella. Exempel på industriella är kondensat från torkar och processpillvatten. De icke industriella värmekällorna kan delas in två underavdelningar; naturligt och icke naturligt förnyelsebara värmekällor. Exempel på icke naturligt förnyelsebara värmekällor är frånluft och avloppsvatten. Ytjord, sjövattnen, uteluft och grundvatten är exempel på naturligt förnyelsebara energikällor.

De olika värmekällorna har olika för- och nackdelar. En stor fördel med industriella värmekällor är att de ofta har en hög temperatur. Några av nackdelarna är; avståndet mellan värmekälla och användare kan vara långt, spillvärmes kan inte användas på grund av risk för utsläpp om något blir fel. Ytterligare en nackdel med industriella värmekällor är att en förändring av processen kan medföra att värmekällan försvinner.

Flera av de naturligt förnyelsebara värmekällornas temperatur varierar över året. Exempelvis uteluft och sjövattnen varierar kraftigt över året. De är dessutom som kallast när värmebehovet är som störst. Vintertid understiger deras temperatur gränsen för när absorptionsvärmepumpar kan användas, under 3-5 °C. Det under förutsättning att litiumbromid-vatten används som arbetsmedie i absorptionsvärmepumpen.

5.1 Jämförelse av olika värmekällor

Ett sätt att jämföra olika värmekällor är att jämföra hur stor yta som behövs för att få en viss energimängd, se tabell 8 [Svensson].

typ	energi per ytenhet [m ² / MWh]
ytjordvärme	10 - 30
grundvatten, tillbaka infiltration	2000
solfångare	5 - 7
energiskog	3000
vattenkraft	100

Tabell 8. Hur stor yta som behövs för en viss energimängd.

Solfångare har den minsta arean per MWh. Vattenkraft har ett ganska högt värde men producerar istället högvärdig energi i form av el. Exempelvis grundvatten ger endast värme av en ganska låg temperatur.

5.2 Värmekällor till absorptionsvärmepumpar

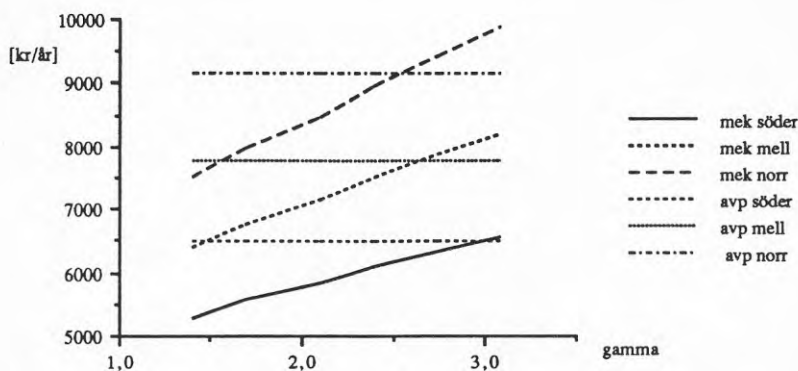
Alla naturligt förnyelsebara värmekällor har temperaturer mellan 0 och 10 °C, se bilaga 15. Absorptionsvärmepumpar har för låga temperaturlyft för att kunna utnyttja de värmekällorna. En utgående temperatur på 65 °C i ett lågtemperatursystem medför att temperaturlyftet är över de maximala för absorptionsvärmepumpar. Den enda värmekällan som kan användas tillsammans med absorptionsvärmepumpar är frånluft. Det kräver dock att man har ett lågtemperatursystem i byggnaden.

6 Känslighetsanalys

Absorptionsvärmepumpar kan användas i ett lågtemperatursystem i kombination med en oljepanna. I känslighetsanalysen kommer investeringskostnadens, elpriset och oljepriset betydelse för totalkostnaden att undersökas. En viktig parameter är förhållandet mellan el- och oljepriset, γ . Resultaten visas som en total kostnad per år eller kostnaden per kWh för olika γ och investeringskostnader. Dimensioneringen av värmepumpsystemen är beroende av energipriserna och investeringskostnaderna för optimeringsprocessen. Därför görs en ny optimering för varje nytt energipris och varje ny investeringskostnad.

6.1 Variation av energipriserna

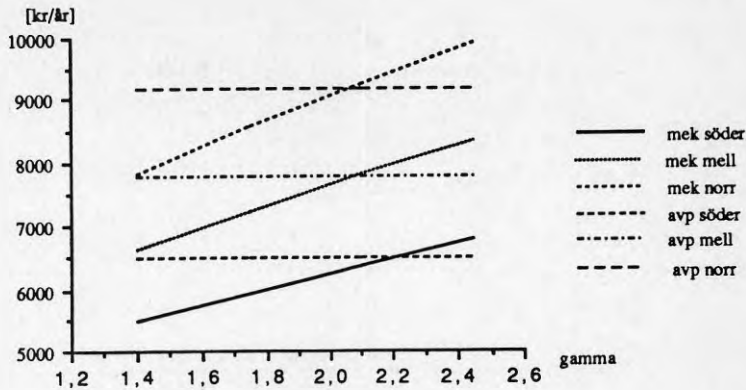
En avgörande faktor för vilken typ av värmepump som ger de lägsta driftskostnaderna är energipriserna. Dimensioneringen genomförs på samma sätt som tidigare. I figur 11 visas resultatet som kostnaden per för olika förhållanden mellan energipriserna, γ .



Figur 11. Årskostnaden för olika kvoter på energipriserna med oljepanna som täcker spetslast.

I figur 11 visas att elpriserna måste öka kraftigt för att absorptionsvärmepumpar ska kunna konkurrera med mekaniska värmepumpar. Beroende på placeringen i Sverige blir gränsen olika. För södra delen måste γ överstiga 2,9 för att absorptionsvärmepumpar ska kunna konkurrera. Det motsvarar ett elpris på 102 öre / kWh. För mellersta och norra Sverige är kvoten lägre. I mellersta Sverige måste $\gamma > 2,6$ och i norra Sverige $\gamma > 2,5$. Med de energipriserna som är idag blir $\gamma = 1,4$. Beräkningarna är gjorda för en oljepanna som komplement.

Om en elpanna används istället blir resultatet annorlunda, se figur 12. Absorptionsvärmepumpar blir billigare då $\gamma > 2,25$ för södra, $\gamma > 2,15$ i mellersta och $\gamma > 2,05$ för norra Sverige. En ökning av elpriset med 60 % krävs för att absorptionsvärmepumpar ska bli lönsamma om spetslasten ska täckas med en elpanna.



Figur 12. Årskostnaden för olika kvoter på energipriserna med elpanna som täcker spetslast.

För olika storlekar på system blir resultatet olika beroende på effekten, se tabell 9. Resultaten visar att villor och fjärrvärmenät har samma gräns för γ , ungefär 3. Flerfamiljshus kräver dock ytterligare ökning av elpriset.

typ	γ	effekt [kW]
villa	2,5-3,0	9
flerfamiljshus	3,5-3,8	85
fjärrvärme, undercentraler	3,2	105
fjärrvärme	3,1	3900

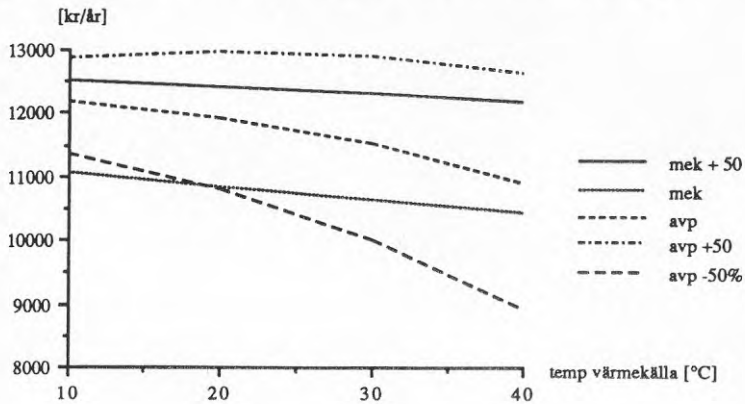
Tabell 9. Förhållande mellan el och oljepris för lika totalkostnad.

Skillnaden mellan de olika storlekarna kan bero på olika beräkningssätt. I beräkningarna för fjärrvärmenäten inkluderas kostnader för kulvertar, pumparbete och värmeförluster. Dessa kostnader uppskattas var för sig i fjärrvärmeberäkningarna. I beräkningarna för villor inkluderas dessa kostnader i påslagsfaktorn. I påslagsfaktorn ingår all kringutrustning och installationsarbete. I bilaga 18 visas hur de olika energikostnaderna påverkar kostnaden var för sig.

6.2 Variation av investeringskostnaden

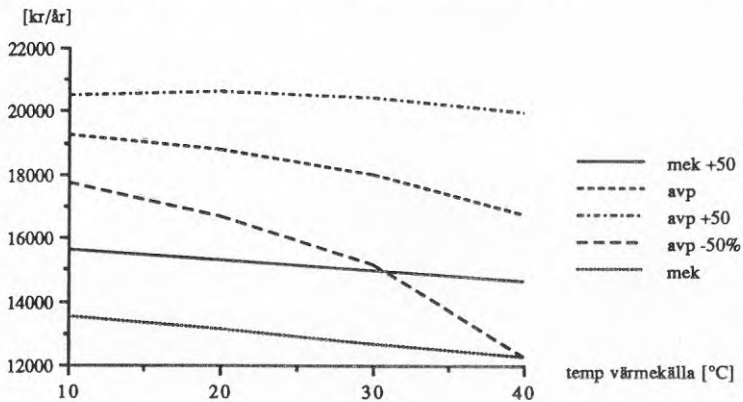
Investeringskostnaden varierades mellan normalpriset och en ökning med 50%. För absorptionsvärmepumpar utfördes också beräkningar för en minskning av

investeringskostnaden med 50 %. I figur 13 visas resultaten för södra Sverige.



Figur 13. Totalkostnaden för olika investeringskostnader jämfört med dagens för södra Sverige.

En ökning av de mekaniska värmepumparnas investeringskostnader med 50 % skulle medföra att absorptionsvärmepumpar skulle vara billigare. En minskning av absorptionsvärmepumparnas investeringskostnad med 50 % leder till att de är billigare för värmekällor över 20 °C. För mellan Sverige är absorptionsvärmepumpar billigast för värmekällor över 35 °C då investeringskostnaden sänks med 50 %.



Figur 14. Totalkostnaden för olika investeringskostnader jämfört med dagens för norra Sverige.

I norra Sverige har de mekaniska värmepumpar ett stort övertag., se figur 14. För att absorptionsvärmepumpar ska bli lönsamma krävs en kraftig minskning av investeringskostnaden. En minskning med 50 % räcker inte. Beräkningarna visar att investeringskostnaden och energipriserna har stor betydelse för vilket system som blir billigast. Det måste dock till stora förändringar om absorptionsvärmepumpar ska vara

något alternativ till mekaniska värmepumpar. Prisförhållandet mellan el och olje måste fördubblas. En sänkning av investeringskostnaden kan också ändra konkurrensen mellan värmepumparna.

En sänkning av investeringskostnaden för absorptionsvärmepumpar med 50 % är inte orimlig. Mer avancerade värmepumpar, till exempel GAX, anses kunna ha mycket lägre investeringskostnader än dagens värmepumpar. Om investeringskostnaderna sänks mer än 50 % kommer båda värmepumptyperna att ha ungefär samma kostnader. Skillnaden blir då främst temperaturlyften.

6 Potentialen för absorptionsvärmepumpar

Den största potentialen för absorptionsvärmepumpar är för ett samtidigt kyl- och värmebehov. Vid en förändring av energipriserna eller investeringskostnader kan användningen i uppvärmningssystem öka.

Användningen begränsas också till stora delar av temperaturlyftet. De värmekällor som kan används reduceras därmed till ett fåtal. För lågtemperatursystem kan absorptionsvärmepumpar användas för värmekällor över 15-25 °C. Av de icke industriella är det endast frånluft som har så hög temperatur. För högtemperatursystem kan endast varma industriella värmekällor användas. Temperaturen måste överstiga 30-40 °C.

6.1 Bedömning av användning i villor

Användning av absorptionsvärmepumpar i villor kan vara luftkonditionering eller uppvärmning. Den enda värmekälla som kan användas är frånluft. Det kräver dock att villan har ett kontrollerat frånluftssystem. 70 % av Sveriges 1,7 miljoner villor har självdrag som ventilation. Ytterligare krav är att värmesystemet är vattenburet och av lågtemperaturtyp. I tabell 10 visas i hur många villor som absorptionsvärmepumpar kan installeras i.

system	antal (tusental)
kontrollerat frånluftssystem	141,5
redan har frånluftsvärmepump	-45,0
redan har frånluftsvärmeväxlare	-59,0
kvarvarande villor att göra besparingar i	37,5

Tabell 10. Antal villor i Sverige där absorptionsvärmepumpar kan användas.

2,2 % av villorna i Sverige har ett kontrollerat frånluftssystem utan någon värmebesparande åtgärd, värmepump eller värmeväxlare. En normal energiförbrukning för en villa är 20 000 kWh per år och hus. Energiförbrukningen i alla villor i Sverige är 41 TWh. Om absorptionsvärmepumpar installeras kan energibesparingen per år bli 0,2 GWh.

6.2 Större byggnader

Större lokaler som sjukhus, kontor och hotell har ofta både ett kyl- och värmebehov. Många lokaler har luftkonditionering samtidigt som ett visst värmebehov finns. Därmed finns det en stor potential för absorptionsvärmepumpar. De lokaler som är bäst lämpade är de som har ett uppvärmningssystem som drivs med oljepannor. Orsaken är att de kan driva absorptionsvärmepumpen. Exempelvis fjärrvärme har för låg temperatur sommartid för att driva värmepumpen. De kraven uppfylls av 11 % av den totala lokalytan i Sverige.

7 Slutsatser

Användningen av absorptionsvärmepumpar beror på vilka andra alternativ som finns och vilka energipriserna. Största konkurrenten vid både kylning och uppvärmning är mekaniska värmepumpar. En nackdel för absorptionsvärmepumpar är att mekaniska värmepumpar är väl etablerade och har högre COP.

Vid uppvärmning är det alltid billigare att använda mekaniska värmepumpar. Anledningen till att absorptionsvärmepumpar inte kan konkurrera är låga COP, höga investeringskostnader samt dagens energipriser. Förhållandet mellan energipriserna, γ , måste öka från dagens 1,4 till 2,8 - 3,2 för att absorptionsvärmepumpar ska bli konkurrenskraftiga. Beroende på storleken av värmepumpen krävs olika stora förändringar. Om COP förbättras ökar även den konkurrenskraften. Ytterligare en faktor som begränsar användningen är de låga temperaturlyften. Endast uppvärmningssystem av lågtemperatortyp kan använda icke industriella värmekällor. En sänkning av investeringskostnaden med 50 % är en annan förändring som leder till ökad konkurrenskraft för absorptionsvärmepumpar.

Uppvärmningssystemen i äldre hus är i de flesta fall av högtemperatortyp. Många av systemen är överdimensionerade. Det medför att de kan övergå till ett lågtemperatursystem utan större förändringar. En installation av absorptionsvärmepumpar är möjlig om värmekällan är varmare än 15-25 °C. En ökning av γ till cirka 3 krävs dock för att det ska bli ekonomiskt lönsamt. I drygt 2% av Sveriges villor skulle en sådan installation kunna ske.

För kylning med absorptionsvärmepumpar krävs det förändringar av energipriser och investeringkostnader för att de ska bli lönsamma. Finns det billig drivenergi är de redan idag ett alternativ. Energipriset för drivenergin måste då vara billigare än 11 öre / kWh.

Med dagens energipriser kan absorptionsvärmepumpar dock vara ett alternativ vid ett samtidigt kyl- och värmebehov. Sommartid finns sådana behov i ett flertal olika byggnadstyper, till exempel på sjukhus och hotell. För att absorptionsvärmepumparna ska vara ett alternativ måste vissa villkor uppfyllas

- uppvärmningssystemet ska vara av lågtemperaturtyp
- försäljning av eventuellt överskottsvärme

Om de villkoren uppfylls kan absorptionsvärmepumpar konkurrera med mekaniska värmepumpar vid dagens energipriser.



Syftet med forskningsprojektet har varit att undersöka om det finns något användningsområde för absorptionsvärmepumpar vid husuppvärmning. Resultatet visar att den största potentialen för absorptionsvärmepumpar är för ett samtidigt kyl- och värmebehov. Rapporten diskuterar också olika tillämpningar.

R38:1993

ISBN 91-540-5578-4

Byggeforskningsrådet, Stockholm

Art.nr: 6813038

Abonnemangsgrupp:

W. Installationer

Distribution:

Svensk Byggtjänst

171 88 Solna