



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.



Rapport

R38:1990

Fjärrkyla

Göran Werner
Marie Vågberg

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135443

Byggforskningsrådet

R38:90

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

FJÄRRKYLA

Göran Werner
Marie Vågberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860706-9
från Statens råd för byggnadsforskning och Stockholm
Energi AB till AIB Anläggningsteknik AB, Solna.

REFERAT

Projektet avser en förstudie gällande produktion och distribution av kylenergi. Kylenergin erhålls via värmeväxling på utgående avkylt spillvatten från större värmepumpanläggningar samt förutsättningsvis att distribuera denna.

Av de studier som gjorts framgår att det kan vara ekonomiskt möjligt att producera och sälja kylenergi från större värmepumpsanläggningar.

En av fördelarna är att det bara behövs begränsade ombyggnader i befintliga värmepumpverk. Dessutom är påverkan på fjärrvärmeproduktionen obefintlig.

Den totala kostnaden för kylabonneten ligger mellan 65 och 120 öre per kWh för fjärrkylan, medan kostnaden för en konventionell kylanläggning ligger mellan 50 till 100 öre/kWh. Detta medför att fjärrkyla mycket väl kan konkurrera med konventionell kyla; speciellt om det är områden som har hög kyltätthet och där distributionskostnaderna kan begränsas.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, obektt papper.

R38:1990

ISBN 91-540-5189-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

gotab Stockholm 1990

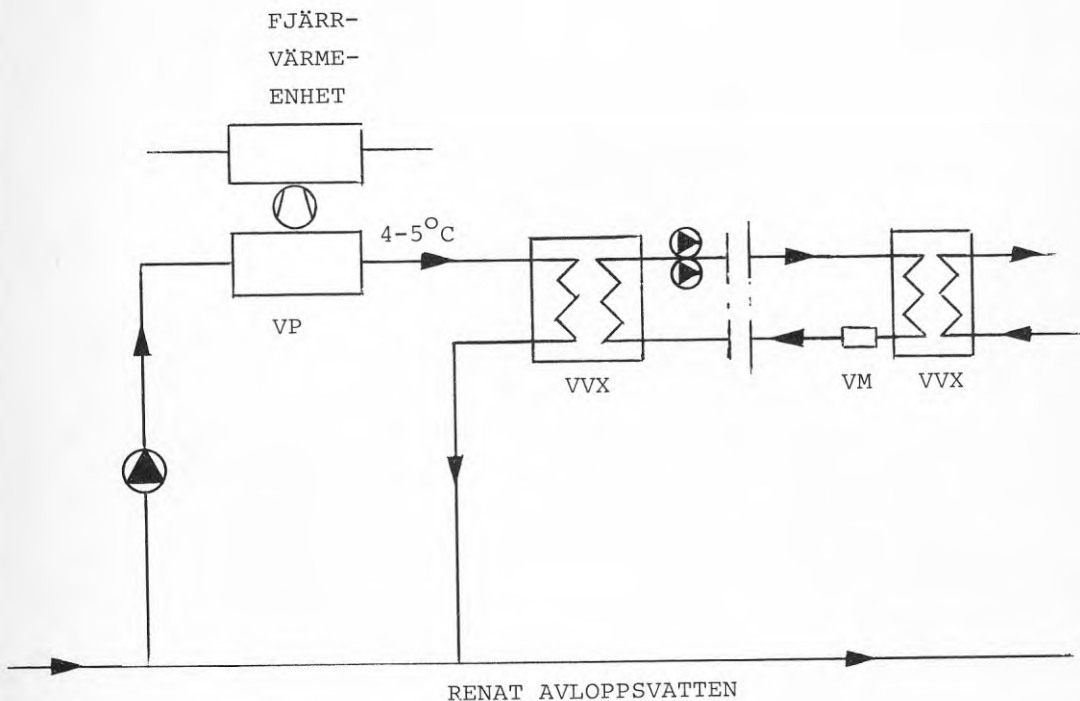
Innehållsförteckning

	Sid
1. INLEDNING	4
1.1 Förutsättningar	4
2. HAMMARBYVERKETS SYSTEMUPPBYGGNAD - VP	5
3. KYLBEHOVET	6
3.1 Södra Hammarbyhamnen	7
3.2 Slakthusområdet	7
3.3 Johanneshovsområdet	7
4. SYSTEMLÖSNING	9
4.1 Recirkulation	9
4.2 Värmeväxling	10
5. DISTRIBUTION	11
5.1 Området kring Hammarbyverket	11
6. UNDERCENTRALER HOS KYLABONNENTERNA	12
7. EKONOMI	13
7.1 Kostnader för producenten	13
7.1.1 Kyla till Johanneshov	13
7.1.2 Kyla till Johanneshov, Slakthusområdet och Hammarby industriområde	13
7.2 Kostnaden för kylabonnenterna	14
7.2.1 Kostnaden för Johanneshovsområdet	14
8. SLUTSATSER, FORTSATT UTREDNING	15

1. INLEDNING

1.1 Förutsättningar

Projektet avser en förstudie gällande produktion och distribution av kylenergi. Kylenergin erhålls via värmewäxling på utgående avkyllt spillvatten från större värmepumpanläggningar, samt förutsättningar att distribuera denna.



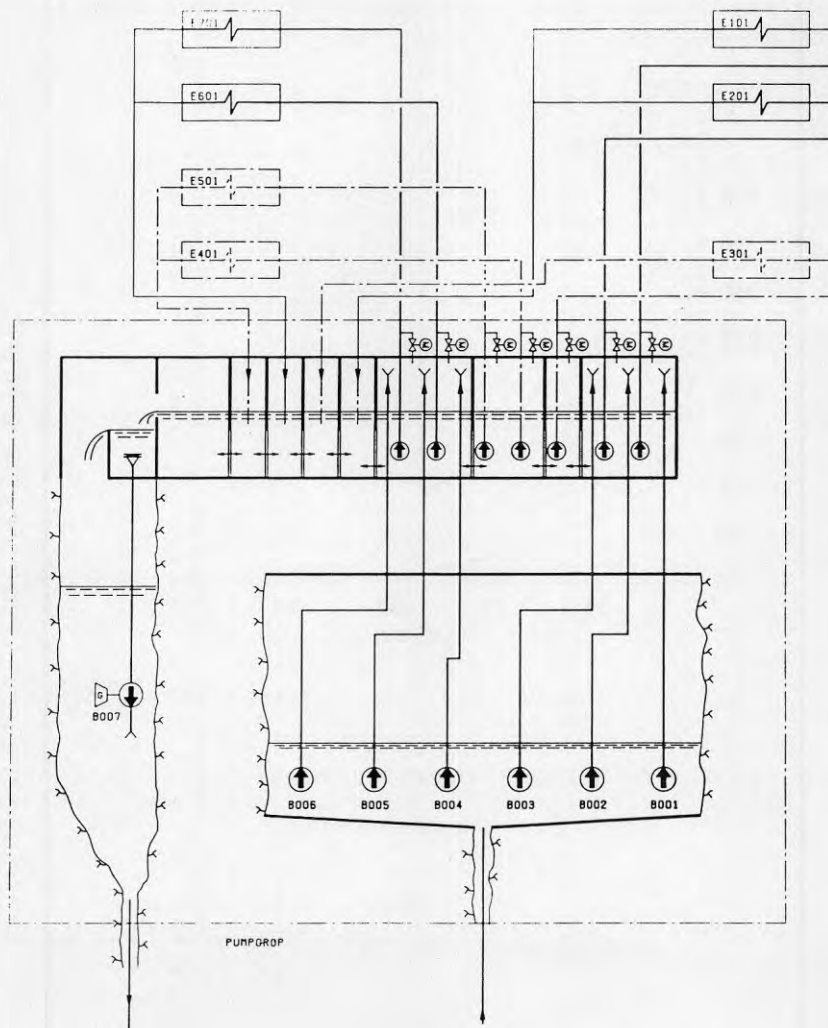
Figur 1.1 Princip för "fjärrkylproduktion"

För att lättare bedöma omfattningen av en ombyggnad i ett befintligt värmepumpverk har Hammarbyverket använts som modell.

I Hammarbyverket har fyra värmepumpaggregat på totalt ca 100 MW installerats. Man planerar för ytterligare en etapp med tre aggregat på tillsammans 75 MW. Som reserv- och spetsanläggning har man el- och oljepannor på 240 MW.

2. HAMMARBYVERKETS SYSTEMUPPBYGGNAD - VP

Som värmekälla utnyttjas renat avloppsvatten från Henriksdals reningsverk. Inkommande vattentemperatur ligger mellan $+6$ och $+20^{\circ}\text{C}$. Avloppsvattnet pumpas upp i en bassäng och sedan vidare till värmepumparnas tubförångare. Det nedkylda avloppsvattnet ($+3 - +10^{\circ}$) går sedan via en vattenturbin tillbaka till Henriksdals reningsverk.



Figur 2.1 Principschema över avloppsvattensystemet i Hammarbyverket

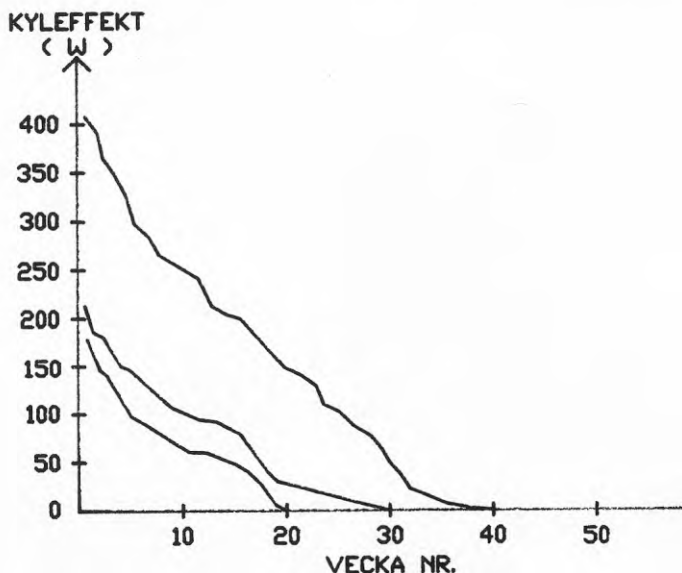
Värmepumparnas värmefaktor ligger, beroende på temperaturförhållandena, mellan 3,1 och 4,1 med ett beräknat årsmedelvärde på ca 3,5.

Flödet till varje värmepumpförångare är konstant, 705 kg/s.

3. KYLBEHOVET

Kylbehovet i kontorshus och industrier är inte bara beroende av uteluftstemperaturen och solinstrålningen. Kylbehovet i kontorshus kan variera mellan 17 W/m^2 - 65 W/m^2 beroende på den interna lasten.

Exempel på hur kylbehovet kan variera har i ett tidigare BFR-uppdrag studerats för en byggnad på 100 m^2 , byggd enligt SBN 80. Byggnaden har fönster jämnt fördelade över hela huset och internbelastningen har varierats.



Figur 3.1 Varaktighet av kyleffektbehov, internlast 22 W/m^2 , $8^{\circ\circ}$ - $16^{\circ\circ}$

Kylbehovet kring Hammarbyverket kan sägas koncentrerat till tre områden: Johanneshovsområdet, Slakthusområdet och Södra Hammarbyhamnen.

	Inst effekt (MW)	Energibehov (MWh)	Kyltäthet (W/m^2)
Hammarby industriomr	1,7 - 2,5	1500 - 2500	3
Slakthusområdet	2	1500	7
Johanneshovsområdet	8,5	2000 - 2500	60
(Johanneshovs isbanor	2	8400)

Anm: I en utökning av studien bör även kylbehovet norr om Hammaby sjö inventeras

3.1 Södra Hammarbyhamnen

Området består mest av mindre industrier där de flesta inte har installerad kyla i ventilationssystemet utan ett antal mindre aggregat för lokal kyla över vissa ytor.

Televerket har en kontorsbyggnad med en installerad kyleffekt på (2x)1,3 MW som en stor del av året tar sitt kylvatten från Hammaby sjö.

I framtiden räknar man med en förtätning av Södra Hammarbyhamnen, vilket kommer att medföra ökat kylbehov i området.

3.2 Slakthusområdet

Slakthusområdet har mycket stort kylbehov. Det största behovet ligger på en temperatur mellan 0 och +20°C som används till kylrum. I stycklokaler är inblåsningstemperaturen ca 12 - 14°C. I fryshus och infrysningrum ligger temperaturen på ca -22 till -30°C.

Det som kan vara av intresse för fjärrkyla är kylning av luften till stycklokaler och förkylning av luften till kylrummen samt för bortkylning av värme från större kylaggregat.

Installerad effekt är totalt drygt 5 MW, men av intresse kan vara ca 1,5 - 2 MW.

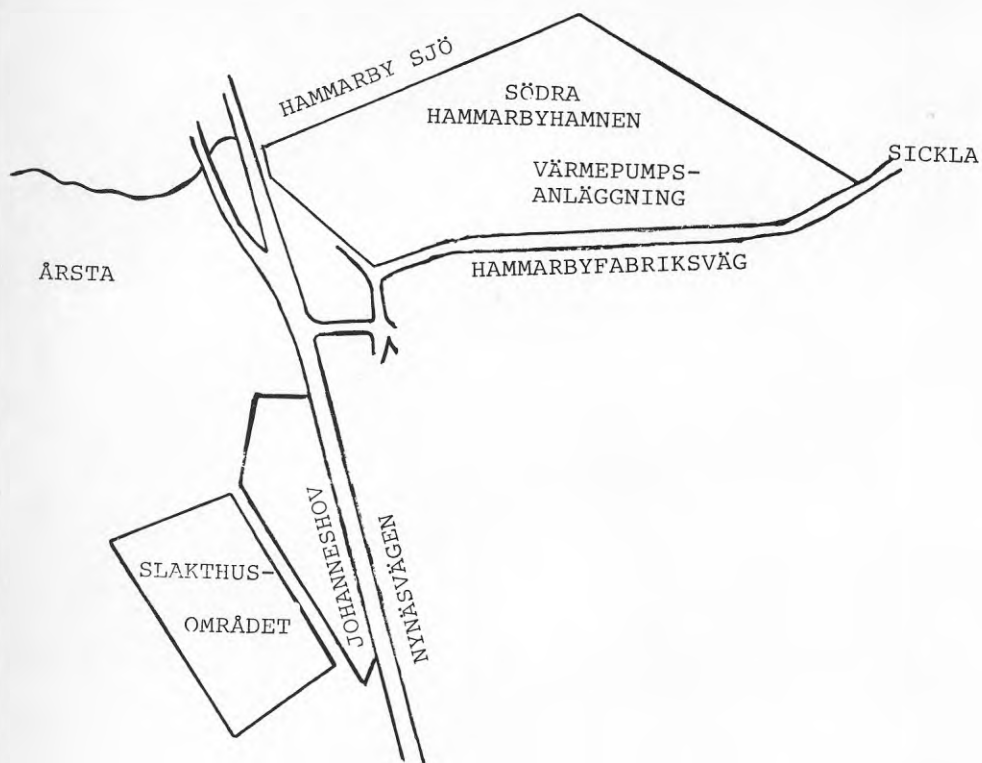
3.3 Johanneshovsområdet

I Johanneshov planeras nu en ny anläggning med Prins Bertils Arena och ett antal kontorshus med butikskloaker, s k Johanneshovsområdet. Den beräknade installerade effekten för komfortkyla är 4.5 MW för kontorshuset och 2 MW för Arenan. Energibehovet för komfort uppgår till 1300 MWh.

För hela Johanneshovsprojektet är den installerade kyleffekten 8,5 MW och energibehovet 9700 MWh.

Vid Isstadion bygger nu Bankgirocentralen en ny kontorsbyggnad där den installerade kyleffekten är 2 MW.

Framtida planer för området är SL-kontor vid Gullmarsplan på ca 13 000 m² samt ett kontorsområde vid tunnelbanestationen Blåsut.



Figur 3.2 Översiktsplan

4. SYSTEMLÖSNING

4.1 Recirkulation

För att utnyttja det kalla avloppsvattnet som kylmedium måste det hålla en temperatur på ca +4 till +6°C. Problemet är att när kylbehovet är störst, dvs sommartid, är avloppsvattnet som varmast.

På grund av att flödet till värmepumpens (VP) förångardel måste vara konstant medför detta att man måste använda någon typ av recirkulation för att sänka temperaturen.

Vi har tittat på två möjligheter att åstadkomma detta utan att påverka produktionen av fjärrvärme i Hammarbyverket för mycket.

ALT 1:

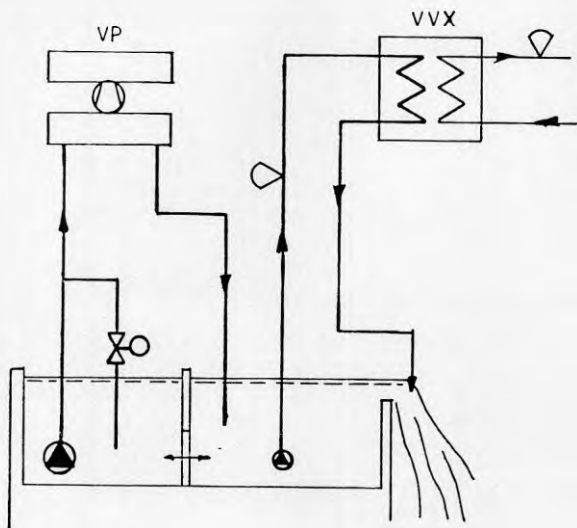
Innebär att man inte bygger om någonting, utan recirkulerar avloppsvattnet i den övre bassängen.

Fördel:

Inga ombyggnader, förutom att pumparna från nedre till övre bassängen måste styras av temperaturen i övre bassängen.

Nackdel:

Värmeffektivitet sjunker med ca 10 % per värmepump. När fler VP körs, påverkas även deras värmeffektivitet.



Figur 4.1 Principkoppling, recirkulation i övre avloppsbassängen

ALT 2:

Innebär att man recirkulerar avloppsvattnet över en värmepump med hjälp av en pump. För att få leveranssäkerhet på kylleveranserna bör en ombyggnad ske på minst två värmepumpar.

Fördel:

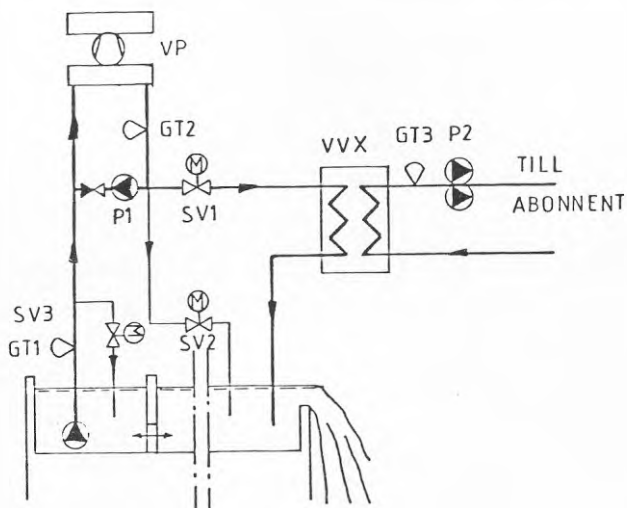
Får ut kylbehovet över en värmepump utan att påverka driften av de övriga värmepumparna.

Nackdelar:

Ombyggnad.

Investeringskostnader på pump, ventiler och styrutrustning som är ca 60 000 kr per värmepump.

Värmefaktorn sjunker med ca 8 % i sämsta fall. Detta upptas som en energikostnad i kostnadskalkylen.



Figur 4.2 Principkoppling, recirkulation enbart över värmepumpens förångardel

4.2 Värmeväxling

Det kalla avloppsvattnet värmeväxlas i två eller flera plattvärmeväxlare och går sedan ner i den övre bassängen. Det avkylda fjärrkylevattnet pumpas ut i distributionsnätet.

Kostnader för installation i Hammarbyverket

Värmeväxlare på 5 MW och $\Delta T=5^{\circ}\text{C}$ kostar 325 000 kr.

2 st primärpumpar 200 000 kr

Ventiler och rör 150 000 kr

5. DISTRIBUTION

Distribution av kylvattnet bör i princip byggas som ett VA-nät. Materialet kan vara glasfiberarmerad plast (GAP). Kulvertledningarna behöver inte isoleras utan läggs på frostfritt djup. Vidare måste hänsyn tas till befintliga ledningar, såsom fjärrvärmevatten-, spillvatten-, el- och teleledningar o dyl.

Kulvertkostnaden varierar kraftigt beroende på markförhållandena som kan vara allt från parkmark till tät storstadsbebyggelse med hög ledningstäthet och kraftigt trafikerade gator. Se tabell nedan.

Kulvertkostnader per meter

Parkmark	ca	2 000 kr/m
Normalt villaområde	ca	4 000 kr/m
Storstadsomr upp till	ca	12 000 kr/m

5.1 Området kring Hammarbyverket

Kulvertkostnaderna är mycket svåra att bestämma. Detta beror främst på svårigheten att bedöma ledningstäthet och möjlighet till ev trafikomläggningar. En uppskattning har gjorts och redovisas nedan.

<u>Område</u>	<u>längd m</u>	<u>kostnad kr/m</u>	<u>Uppskattad total kostnad</u>
Johanneshov	500	10 000	5 Mkr
	350	6 000	2 "
			<u>7 "</u>
Slakthusområdet	750	6 000	4,5 "
			<u>11,5 "</u>
Hammarby ind omr	800	5 000	4 "
			<u>15,5 Mkr</u>

Totala kulvertkostnaden för de tre områdena ligger mellan 13 - 19 Mkr. Detta visar att kulvertkostnaden står för mer än 90 % av den totala kostnaden.

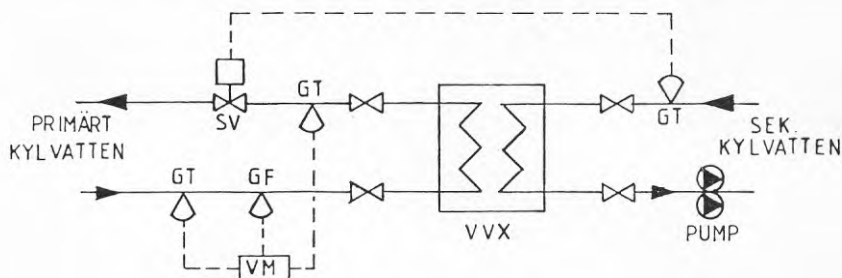
Anm:

För att minska kulvertkostnaderna bör man i en fortsatt studie utreda möjligheten att förlägga kyl-distributionsrören ovan mark, t ex hängande i brokonstruktionerna på väg mot Gullmarsplan och över Johanneshovsområdet.

En annan möjlighet är att studera en förläggning i befintliga och planerade avloppstunnlar i området. Om Nynäshamnsledningen blir aktuell blir tunneln för den ledningen intressant att studera som kommunikation till Johanneshov.

6. UNDERCENTRALER HOS KYLABONNENTERNA

Abonnentens investeringar för komfortkyla är en plattvärmeväxlare, energimätare, cirkulationspump på sekundärsidan, styrventil och ett antal avstängningsventiler.



Figur 6.1 Abonntcentral för kyla

Den stora kostnaden för abonntcentralen är plattvärmeväxlaren. Den kostnaden påverkas mycket av den sk termiska längden. Detta medför att investeringskostnaden för värmeväxlaren kan minskas om man tar ut ett större ΔT .

Prisexempel på plattvärmeväxlare

Effekt	ΔT_{varmt}	ΔT_{kallt}	Pris
100 kW	6	5	20 000 kr
1 MW	6	5	100 000 kr
2 MW	6	5	175 000 kr

Underhållskostnad för en undercentral kommer att bli mycket låg, nära noll, jämfört med konventionell kylmaskin.

7. EKONOMI

7.1 Kostnader för producenten

För att producera kylenergi behövs värmeväxlare, pumpar och ventiler. Dessa kostnader är relativt små jämfört med investeringskostnaderna för distribution.

Av de totala investeringskostnaderna står kulvertkostnaderna för över 90 %. Detta medför att kapitalkostnaderna blir mycket höga.

7.1.1 Kyla till Johanneshov

Fjärrkyla	kW	6 500	
Fjärrkyla	MWh	1 300	
Investeringskostnader			
produktion	kr	760	
distribution	kr	7 000	
Kapitalkostnad (8 %, 10 år)	kr	1 148	
Underhåll	kr	200	
Energikostnad	kr	<u>40</u>	(pga sämre värmefaktor)
Total kostnad	kr	1 388	
Kostnad			106,7 öre/kWh

7.1.2 Kyla till Johanneshov, Slakthusområdet och Hammarby industriområde

Fjärrkyla	MW	12,5	
Fjärrkyla	MWh	5 000	
Investeringskostnader			
produktion	kr	1 160	
distribution	kr	<u>15 000</u>	
		16 160	
Kapitalkostnad (8 %, 10 år)	kr	2 392	
Underhåll	kr	500	
Energikostnad	kr	<u>65</u>	(pga sämre värmefaktor)
Total kostnad	kr	2 957	
Kostnad			59 öre/kWh

7.2 Kostnaden för kylabonmenterna

Investering i utrustning till undercentralen är mycket begränsad jämfört med de avgifter som producenten måste ta ut.

Kostnaden för Hammarbyverket för produktion och distribution av fjärrkyla ligger mellan 60 och 110 öre/kWh. Detta ger en total kostnad på mellan 65 och 120 öre/kWh för kylabonmenten.

Kostnaden för en konventionell kylanläggning finns inte utredd. Men ett antagande på mellan 50 öre/kWh upp till drygt 100 öre/kWh är rimligt. Detta antagande är grundat på en investeringskostnad på mellan 1000-2000 kr/kW och en underhållskostnad på ca 2 % av investeringskostnaden. Hänsyn har även tagits till att en viss del av kylenergin är "gratis" på grund av utnyttjande av värmeenergin i värmepumpar. Detta visar att den konventionella kylenergin och fjärrkyla överlappar varandra kostnadsmässigt.

7.2.1 Kostnaden för Johanneshovsområdet

Komfortkyla	MW	6,5
Komfortkyla	MWh	1 300
Investeringskostnader	kkkr	500
Kapitalkostnader (8 %, 10 år)	kkkr	74
	öre/kW	5,7
Fjärrkyla avgift	öre/kW	<u>107</u>
Totalt		113 öre/kW

8. SLUTSATSER, FORTSATT UTREDNING

Av de studier som gjorts framgår att det kan vara ekonomiskt möjligt att producera och sälja kylenergi från större värmepumpsanläggningar.

En av fördelarna är att det bara behövs begränsade ombyggnader i befintliga värmepumpverk. Dessutom är påverkan på fjärrvärmeproduktionen obefintlig.

När det gäller distribution av fjärrkyla varierar kostnaderna kraftigt beroende på markförhållandena. Kring Hammarbyverket står kulvertkostnaden för över 90 % av investeringskostnaderna.

En annan fördel är att kylabonneten kan få en enkel och lättskött anläggning, där underhållskostnaderna blir mycket låga.

Den totala kostnaden för kylabonneten ligger mellan 65 och 120 öre/kWh för fjärrkylan, medan kostnaden för en konventionell kylanläggning ligger mellan 50 till 100 öre/kWh. Detta medför att fjärrkyla mycket väl kan konkurrera med konventionell kyla; speciellt om det är områden som har hög kyltäthet och där distributionskostnaderna kan begränsas.

För Hammarbyverkets del bör en fortsatt studie göras över möjligheten att sänka kulvertkostnaderna, dels genom utnyttjande av befintliga och planerade tunnlar och dels genom dragning ovan mark.

Gör man en känslighetsanalys av kostnaderna ser man också att en längre avskrivningstid än den antagna (10 år) slår kraftigt i konkurrensen med lokalt producerad kyla.

För en mer generell tillämpning bör även ett fortsatt utredningsarbete inriktas på dels studier av kylbehov intill övriga större värmepumpverk, dels studier av hur utnyttningstiden för en "kylkonsument" ser ut i framtiden med kraftigt ökad dataanvändning inom kontorsbyggnader etc.

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860706-9
från Statens råd för byggnadsforskning och Stockholm
Energi AB till AIB Anläggningsteknik AB, Solna .

R38: 1990

ISBN 91-540-5189-4

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art. nr: 6801038

Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirka pris: 37 kr exkl moms