



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

R82:1987

# Satellitvärmelager

Lokal värmelagring i ett fjärrvärme-  
system

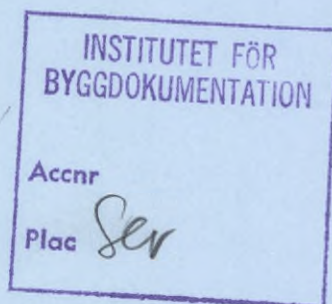
Fallstudie

Karl-Henrik Hofgren

Rune Buresten

Göran Johnson

K  
Jaw



Byggforskningsrådet

R82:1987

SATELLITVÄRMELAGER

Lokal värmelagring i ett fjärrvärmesystem  
Fallstudie

Karl-Henrik Hofgren  
Rune Buresten  
Göran Johnson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 850903-0  
från Statens råd för bygnadsforskning till AB Göteborgs-  
hem, Göteborg.

## REFERAT

Belastningsvariationen i ett fjärrvärmesystem kan utdämpas genom att vid abonnentcentralen anlägga ett värmelager. I denna fallstudie görs en teknisk/ekonomisk belysning av möjligheterna för ett sådant värmelager i lera laddat sommartid med spillvärmeöverskott från fjärrvärmesystemet. Härvid har en tynqdpunkt lagts vid värmelagrets påverkan på de kortsiktiga marginalkostnaderna för fjärrvärmeproduktion och på taxeavgiften.

Det kan konstateras att:

- för producent ger lagret en viss lönsamhet
- för abonnent ger lagret en total energikostnad kring 310 kr/MWh. Jämfört med andra tänkbara laddningsalternativ är det en låg kostnadsnivå. Jämfört med konventionell fjärrvärmeanslutning finns en ekonomisk brytpunkt kring ett råoljepris av 24-25 dollar/fat.

Goda utvecklingsmöjligheter finns i såväl tekniska som administrativa förändringar.

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

R82:1987

ISBN 91-540-4780-3

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1987

## INNEHÅLL

	FÖRORD . . . . .	5
	SAMMANFATTNING . . . . .	6
1	BAKGRUND . . . . .	9
1.1	Lokal värmelagring i ett fjärrvärmesystem - Satellitvärmelager . . . . .	11
2	LADDNINGSVÄRME . . . . .	14
2.1	För ett fjärrvärmesystem med värmepump och oljespetsning . . . . .	14
2.2	För Göteborg . . . . .	15
3	TAXOR . . . . .	16
4	TEKNISKA DATA, OBJEKTDATA . . . . .	17
4.1	Objektdata . . . . .	17
4.2	Tekniska data . . . . .	18
5	KALKYLER . . . . .	19
5.1	För abonnent . . . . .	19
5.1.1	Investeringskalkyl . . . . .	19
5.1.2	Årskostnadskalkyl för lagring . . . . .	20
5.1.3	Årskostnadskalkyl för konventionell fjärrvärmeanslutning . . . . .	20
5.2	För producent . . . . .	21
5.2.1	Minskade energiproduktionskostnader vid lagring . . . . .	21
5.2.2	Minskade taxeintäkter för fjärrvärmele- verans . . . . .	23
5.2.3	Taxeintäkter för elkraftleverans . . . . .	23
5.2.4	Värdet av en minskad effektbelasning . . . . .	23
5.3	Utfall vid varierande oljepris . . . . .	24
6	KOMMENTARER OCH UTVECKLINGSMÖJLIGHETER . . . . .	26
	REFERENSER . . . . .	30



FÖRORD

Forskningsrapporten avser en fallstudie över möjligheterna att uppföra ett värmelager i lera för en abonnentcentral i Slätta Damm, Göteborg. De berörda fastigheterna förvaltas av AB Göteborgshem och planeras att anslutas till Energiverken i Göteborgs fjärrvärmenät.

Frågeställningen ges en teknisk/ekonomisk belysning utgående dels från abonnentens referens och dels från producenten. Härvid har en tyngdpunkt lagts på värmelagrets påverkan på de kortsiktiga marginalkostnaderna för fjärrvärmeproduktion och på taxeavgiften (intäkten).

Dimensionering och kalkylering av markvärmesystemet baserar sig delvis på ett digert basmaterial från tidigare arbeten, redovisade i BFR R89:1986.

Vidare diskuteras några utvecklingsmöjligheter av såväl teknisk som administrativ natur och deras påverkan på det ekonomiska utfallet.

Arbetet har utförts av K-Konsult, Energiavdelningen i Göteborg, i nära samarbete med AB Göteborgshem och Energiverken i Göteborg.

## SAMMANFATTNING

Belastningsvariationen i ett fjärrvärmenät kan utdämpas genom att vid abonnentcentralen anlägga ett värmelager i lera - ett s k satellitvärmelager. Lagret laddas sommartid av fjärrvärme inköpt till sommartaxa (normaltaxa). Den lagrade energin nyttigörs vintertid via en värmepump. För täckande av spetslast används fjärrvärme.

Drivkraften för en fjärrvärmeproducent i ett lagringsprojekt är då:

- Skillnad i marginella energiproduktionskostnader mellan sommar- och vintersäsongen.
- Skillnad i effektbehov vid DUT för en abonnent med värmelager kontra en konventionell abonnent.

Negativt är att inkomsterna i form av taxeintäkter minskar. Abonnenten köper ju merparten av värmets på sommaren och då till en lägre taxa.

Sett ur ett perspektiv från själva värmelagret (abonnenten) innebär spillvärmeladdning via fjärrvärme att man till en låg kostnad får tillgång till en värmekälla med fördelaktiga temperaturer och varaktigheter.

I denna objektspecifika fallstudie kan konstateras att:

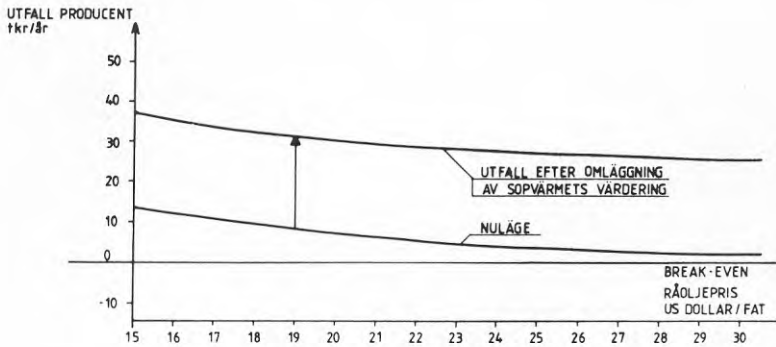
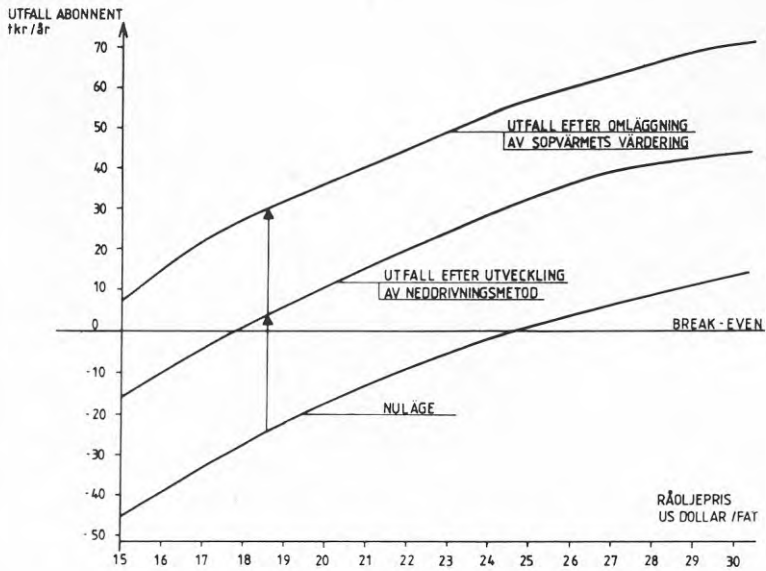
- förbrukningsprofilen förändras så att endast 8 % av abonnentens energiförbrukning behöver täckas genom förbränning av fossilt bränsle
- producentens energiproduktionskostnad halveras vid införandet av ett lokalt värmelager
- den minskade taxeintäkten dämpar dock nära nog helt ut den positiva effekten av lagret. Totalutfallet, definierat som skillnad mellan minskade energiproduktionskostnader och minskade taxeintäkter, stannar vid ett överskott av ca +10 tkr/år.
- abonnent med lagersystem får en total energiproduktionskostnad kring 313 -317 kr/MWh. Jämfört med andra tänkbara laddningsalternativ är det en låg kostnadsnivå.
- Jämfört med en konventionell fjärrvärmeanslutning finns för abonnenten en ekonomisk brytpunkt kring ett råoljepris av 24 - 25 US dollar/fat. Högre oljepris ger lönsamhet för ett lagringsprojekt, lägre gynnar en konventionell anslutning.



Utvecklingsmöjligheter för denna typ av värmelagring finns i såväl tekniska som administrativa förändringar.

- Ett lagringsprojekt gynnas av en taxekonstruktion som avspeglar de rådande variationerna i produktionskostnad. I dag finns i taxan en säsongsdifferentering av bränsleavgiften. Ytterligare differentiering och införande av dag-natt-taxa (laddning nattetid) förbättrar ekonomin för värmelagring.
- Ägandeformer för sopförbränning och ingångna avtal med spillvärmeproducenter gör att det inte finns tillgång på överskottsvärme till riktigt låga energiproduktionskostnader. En omprövning av priset för sopvärme skulle väsentligt förbättra de ekonomiska betingelserna för värmelagring. Samhällsekonomiskt torde det vara riktigt att värdera den värme från sopförbränningen som används för laddning av värmelager som gratisvärme. Alternativet till värmelagring är ju att sopvärmets kyls bort till luften.
- Utveckling sker i dag vad det gäller metoder och tekniker för uppförandet av själva värmelagret. Med den s k roteringsmetoden torde en halvering av anläggningskostnaden för värmelagret kunna påräknas.

Utvecklingsmöjligheter och deras potentiella påverkan på det ekonomiska utfallet redovisas för abonnent respektive producent i nedanstående figur.

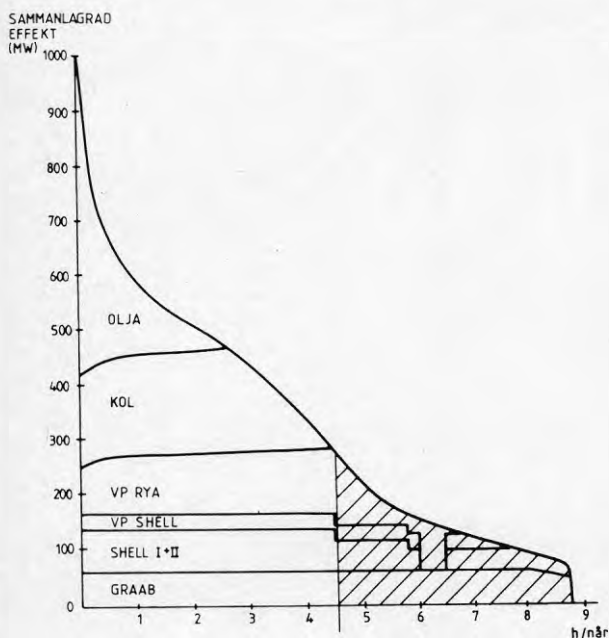


Avslutningsvis bör påpekas, att alla förutsättningar, som markförhållanden, möjligheter till lokal värmepumpdrift, temperaturnivåer i distributionsnät, produktionsmix, kostnader för laddningsvärme och taxekonstruktioner noggrant måste genomarbetas vid en ekonomisk analys av ett satellitvärmelagers lämplighet.

## 1 BAKGRUND

Produktionssystemet hos Energiverken i Göteborg - i likhet med många andra fjärrvärmenät - är så uppbyggt att ett visst produktionsöverskott finns sommartid i baslastanläggningar med låga kortsiktiga marginalkostnader. En del av dessa anläggningar (spillvärme, avloppsvärmepumpar) får dessutom förbättrade prestanda (effektuttag, värmefaktor) vid en ökad kylning.

Vintertid däremot produceras värmen till stor del i oljeeldade hetvattencentraler till höga marginalkostnader. Se varaktighetsdiagram i figur 1.



Figur 1 - Varaktighetsdiagram över Energiverken Göteborgs fjärrvärmenät. Principskiss.

Från Energiverkens sida vore det således fördelaktigt - sett ur perspektivet energiproduktionskostnader - om ett antal abonnenter genom värmelagring kunde förändra sin förbrukningsprofil så att merparten av värmes levererades under sommartid. Detta gäller för övrigt helt allmänt för stora delar av landets fjärrvärmeproducenter.

Värmelager i lera anses utgöra en betydande potential för landets värmeförsörjning. Enligt beräkningar, utförda av Jordvärmegruppen vid CTH, kan närmare 300 000 lägenheter uppvärmas på detta sätt.

Någon inbrytning för tekniken i den ur energihushållningssynpunkt så viktiga befintliga bebyggelsen har dock ännu ej skett.

Främsta skälet till detta tycks vara själva anläggningskostnaden förknippad med ett lagringsprojekt. Härvid lider även själva lagringsteknikens utveckling av att denna bromsas genom att ekonomiskt gångbara lösningar på värmekollektorsidan i dag saknas. Det får som följd totalekonomiskt svaga lösningar åtminstone jämfört med fjärrvärme, vissa värmepumpsystem och fastbränsleeldning.

(I många tillämpningar är dock skillnaden inte större än att det får anses som motiverat med forskningsprojekt.)

Ett sätt att reducera kostnaden för värmekollektor i lagersystemet och utjämna värmelasten i fjärrvärmesystem vore att sommartid lagra spillvärmeöverskottet lokalt vid abonnentcentralen.

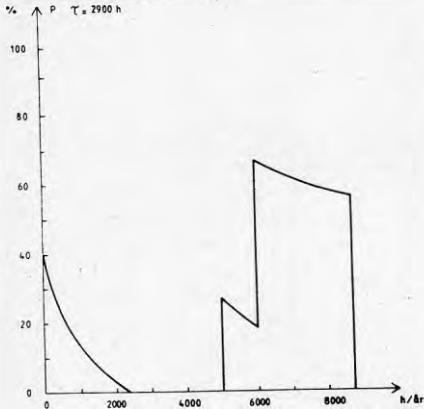
Lagringen kan ske i mark i ett värmelager i lera. Den lagrade energin nyttiggörs vintertid via en värmepump. För täckande av spetslast används fjärrvärme.

AB Göteborgshem förvaltar i dag ett flertal panncentraler för vilka detta koncept är applicerbart. PC Karl Staaffsgatan i Slätta Damm har valts som ett första objekt, därför att bl a markförhållanden genom tidigare arbeten är kända. En fjärrvärmeanslutning planeras även ske inom en lämplig tidsrymd.

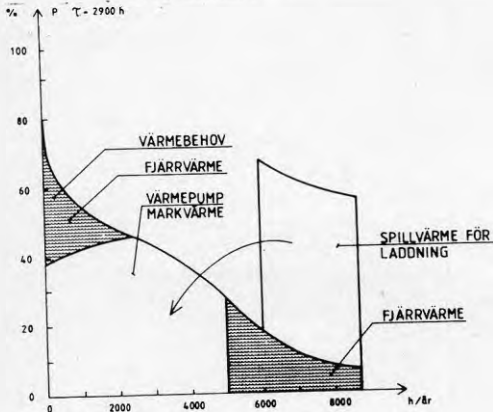
### 1.1 Lokal värmelagring i ett fjärrvärmesystem - Satellitvärmelager

Genom anläggandet av ett värmelager i lera kan en abonnentcentral/blockcentralers förbrukningsprofil förändras så att spets- och mellanlastbehovet utdämpas. För fjärrvärmeproducenten innebär det att baslastanläggningar kan ges en längre utnyttjningstid samt att spetslastanläggningar (olja, kol) ej krävs i samma omfattning som tidigare.

Detta leder till ett gynnsammare resursutnyttjande och en fördelaktigare drift. Förhållandet kan illustreras av nedanstående varaktighetsdiagram i figur 2 och figur 3.



FIGUR 2: VARAKTIGHETSDIAGRAM ABONNENT SETT FRÅN FJÄRRVÄRME



FIGUR 3: VARAKTIGHETSDIAGRAM SETT FRÅN ABONNENT

Drivkraften för en fjärrvärmeproducent i ett lagringsprojekt är således

- skillnad i marginella energiproduktionskostnader mellan sommar- och vintersäsongen

- skillnad i effektbehov vid DUT för en abonnent med värmelager kontra en konventionell abonnent.

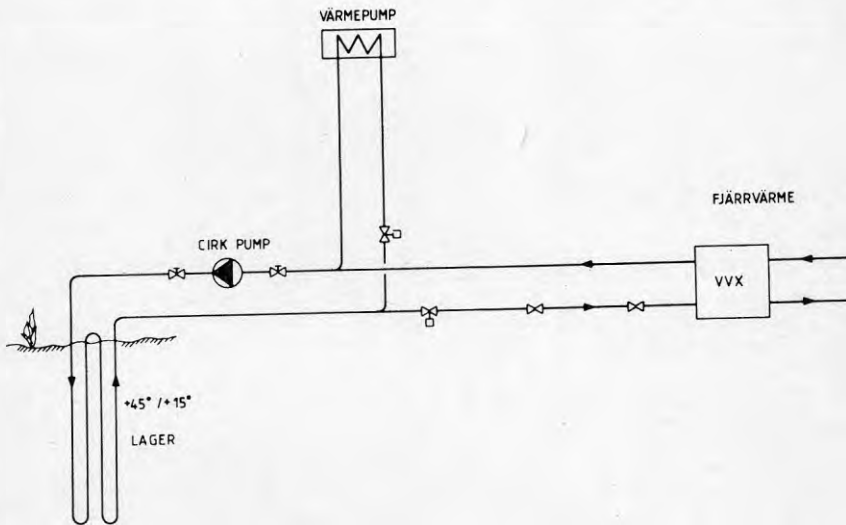
Negativt är att inkomsterna i form av taxeintäkter minskar. Abonnenten köper ju merparten av värmets på sommaren och till en lägre taxa.

Fördelarna med ett decentraliserat värmelager i ett fjärrvärmesystem är också att lägre lagringstemperaturer kan väljas. Ett centralt värmelager för säsongslagring kräver endera högre lagringstemperaturer eller central spetsning vid urladdning. I båda fallen ger det högre förluster (lager eller kulvert) än vid ett lokalt lager. Dessa förhållanden har dock ej närmare analyserats i ekonomiska termer. Centrala lager har sina fördelar. Troligen krävs erfarenheter från drift och uppförande av ett antal anläggningar innan denna frågeställning kan utvärderas.

Abbonenter med värmelager kan även på sikt anslutas med klenare kulvert, vilket skulle kunna ge positiva effekter på kostnaden för distributionsnät.

Sett ur ett perspektiv från själva värmelagret (abbonenten) innebär spillvärmeladdning via fjärrvärme att man till låg kostnad får tillgång till en värmekälla med mycket fördelaktiga temperaturer och varaktigheter (enkelt uttryckt; jämför kostnaden per kW installerad effekt mellan en solfångare och en värmeväxlare).

Lagret kan då också göras energitätare, kompaktare och med högre effektprestanda genom den höga tillgängliga temperaturnivån. Negativt är dock att värmeförlusten från lagret ökar med den högre medeltemperaturnivån i ackumulatorn.



Figur 4 - Värmelager i lera med spillvärmeladdning.  
Principskiss.

Systemmässigt kan ett sådant lager utformas enligt ovanstående figur 4 där spillvärmeöverskott sommartid lagras genom att abonnentcentralen kompletteras med värmeväxlare, vilken laddar ett värmelager i lera. Den lagrade energin nyttiggörs vintertid via en värmepump. För täckande av spetslast används fjärrvärme.

## 2 LADDNINGSVÄRME

2.1 För ett fjärrvärmesystem med värmepump och oljespetsning

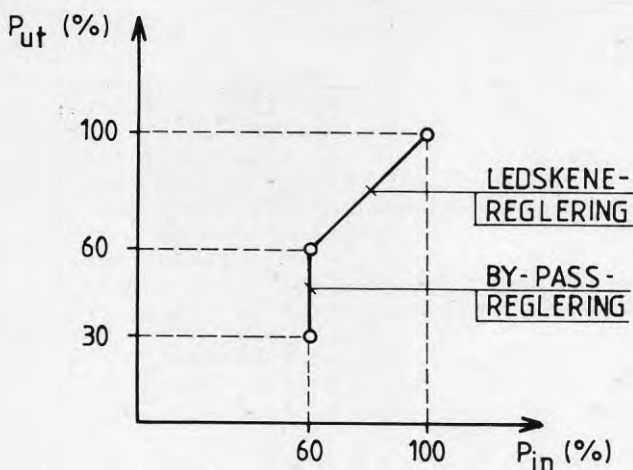
En rad mindre fjärrvärmenät är uppbyggda kring en värmepump för baslastproduktion och med oljeeldade hetvattencentraler för spetsning. Vanligen är värmepumpen av typen turbokompressor med avlopps- eller sjövattnen som värmekälla. Värmekällor, som sommartid har god tillgång och gynnsamma temperaturnivåer för värmepumpdrift. Oftast understiger dock värmebehovet den möjliga produktionskapaciteten och värmepumpens effekt får regleras ned.

Ett produktionsöverskott uppstår, vilket skulle kunna utnyttjas för laddning av ett säsongsvärmelager och härigenom vintertid kunna ersätta oljespets. Denna produktion av laddningsvärme sker då till en kostnad av den kortsiktiga marginalkostnaden för värmepumpen. Denna beror i sin tur på gällande elpris och värmefaktor. Sommartid är dessa vanligtvis gynnsamma.

Värmefaktorn förbättras dessutom genom laddning av ett värmelager beroende på bättre kylning av returledningen, högre och jämnare värmebelastning. Till sammans ger det en fördelaktigare driftsituation.

För turbokompressorer gäller att reglering av effekten ner till ca 60 % av toppeffekten sker m h a ledskeneregering. Under 60 % krävs, för att undvika överskridande av den s k pumpgränsen, att hetgasen by-passas förbi kondensorn och direkt förs till förångaren. Detta utan att någon värmeavgivning har skett. Vid ca 30 % av toppeffekten blir den by-passade mängden hetgas så stor att driften helt avbryts. Detta åskådliggöres av nedanstående figur nr 5.





Figur 5 - Reglerförlopp för turbokompressor.  
Schematisk figur

Detta betyder att laddning från en värmepump i by-passdrift sker till en kortsiktig marginalkostnad av 0 kr/MWh. Nattetid, under sommaren, kan detta vara ett vanligt driftfall i värmepumpdominerade system.

## 2.2 För Göteborg

Produktionsapparaten hos Energiverken i Göteborg är betydligt mer komplex än det enkla fallet med värmepumpar/oljepannor. De stora avloppsvärmepumparna vid Ryaverket är avställda under sommaren. Produktionen sker i stället genom sopförbränning vid GRABB:s anläggning i Sävnäs och genom utnyttjande av spillvärme från Shells raffinaderi. Se varaktighetsdiagrammet i figur 1.

Kontrakten med GRAAB och Shell är dock så utformade att priset sätts efter den kortsiktiga marginalkostnaden för alternativ produktionssätt, dvs efter avloppsvärmepumparnas kortsiktiga marginalkostnad. I dag är det ungefär 55 kr/MWh.

Energiverken i Göteborg tillämpar redan i dag en säsongdifferentierad värmeskatte baserad på självkostnadsprincipen. Skatten består av en årlig värmeavgift och en anslutningsavgift. Anslutningsavgiften är ett engångsbelopp för att täcka investeringskostnaden för uppförandet av själva abonnentcentralen med tillhörande servisledning. Värmeavgiften består av en energiavgift, vilken skall återspegla abonnentens del i de rörliga energiproduktionskostnaderna, samt en effektavgift för täckande av abonnentens del av investeringen i fasta anläggningar såsom distributionsledningar och produktionsanläggningar.

Effektavgift och anslutningsavgift baseras på abonnemangseffekten, vilken för objekt av denna storlek, bestäms enligt kategoritaxemetoden.

Med målsättningen att ge förbrukaren en så nära koppling till den rådande rörliga produktionskostnaden som möjligt och ett hanterbart debiteringssystem har energiavgiften säsongdifferentierats. Förbrukning under sommarhalvåret debiteras enligt en, låg, bränsleavgift. Under vinterhalvåret till en annan, högre, bränsleavgift. Därav begreppen "Sommar"- och "Vintertaxa".

Det är denna, nu gällande, normaltaxa som har använts i de följande kalkylerna. Någon specialtaxa för laddningsvärmeskatte har således ej tillämpats utan laddningsvärmeskatte debiteras enligt normal sommartaxa.

## 4           TEKNISKA DATA, OBJEKTDATA

Objektet finns närmare beskrivet i BFR-rapport R89:1986. Nedan anges endast några parametrar för att ge en storleksmässig orientering om objektet.

Det bör dock påpekas, att för att säkerställa lerans mäktighet samt för att bestämma lerans värmetekniska och geotekniska egenskaper har en geologisk provserie omfattande 2 st kolvorrprover och 4 st portryckssonderingar tidigare utförts.

I den tidigare rapporten redovisas även uppställningsritningar och inkopplingsschemor för värmepumpen, värmelagret och dess tillhörande undersystem inkluderande ritningar över bygg, el, VVS och markarbeten.

4.1           Objektdata

Enbergibehov	2 100 MWh/når
Effektbehov (tekniskt) vid DUT	760 kW
Antal lägenheter	186 st
Tillgänglig gårdstomt 500 m <sup>2</sup>	70 x 50 = 3
Lerdjup	> 40 m
Värmeledningsförmåga hos leran	0,95 W/m °C
Värmekapacitivet hos leran	3,42 kJ/m <sup>3</sup> °C

4.2 Tekniska data

En systemdimensionering har gett vid handen att anläggningen lämpligen utformas enligt systemskiss i figur 4 och med tekniska data enligt nedan.

I sammanhanget intressant är att endast 8 % av abonnentens energiförbrukning behöver täckas genom förbränning av fossilt bränsle.

Värmepumpeffekt	290 kW
Energitäckning	88 %
Fjärrvärmeleverans, totalt	1 753 MWh/når
Till sommartaxa, totalt	1 585 "
varav för laddning	1 050 "
Till vintertaxa	168 "
Värmepumpens energitäckning	1 397 "
Värmepumpens elförbrukning	423 "
Värmefaktor	3,3
Volymbehov hos lagret	35 000 m <sup>3</sup> lera
Akkumulatordimensioner	242 nedstick c/c = 2,0 m 35 m djup 8 484 m hål
Urladdningseffekt hos lagret (behov 23 W/m hål, tillgängligt 30 W/m hål)	195 kW
Inladdningseffekt (behov 33 W/m hål, tillgängligt 40 W/m hål)	280 kW
Medeltemperaturer i mark max- och minvärden	+45°/+15°C

## 5 KALKYLER

Grundkalkylen har baserats på ett råoljepris av 15 US dollar/fat.

Av statsmakterna aviserade skatter ingår i produktionskostnaden för kol- och oljeeldning. Prisnivån är således satt till 1987 års förväntade nivå.

I producentens energiproduktionskostnad ingår en 7-procentig distributionsförlust. Abonnemangseffekt har bestämts med kategoritalsmetoden. Värmepumpens energitäckning har beräknats utgående från den tekniska effekten.

Investeringskalkylen för anläggandet av värmelager och tillhörande värmepumpsystem baserar sig på bindande anbud från ett 10-tal entreprenörer.

5.1 För abonnent5.1.1 Investeringskalkyl

Värmelager	650 tkr
Fjärrvärmevvx (för laddning)	50 "
Värmepumpaggregat	580 "
Bygg, VVS, El och Styrarbeten	<u>629 "</u>
Summa investeringskostnad	1 900 tkr

5.1.2 Årskostnadskalkyl för lagring

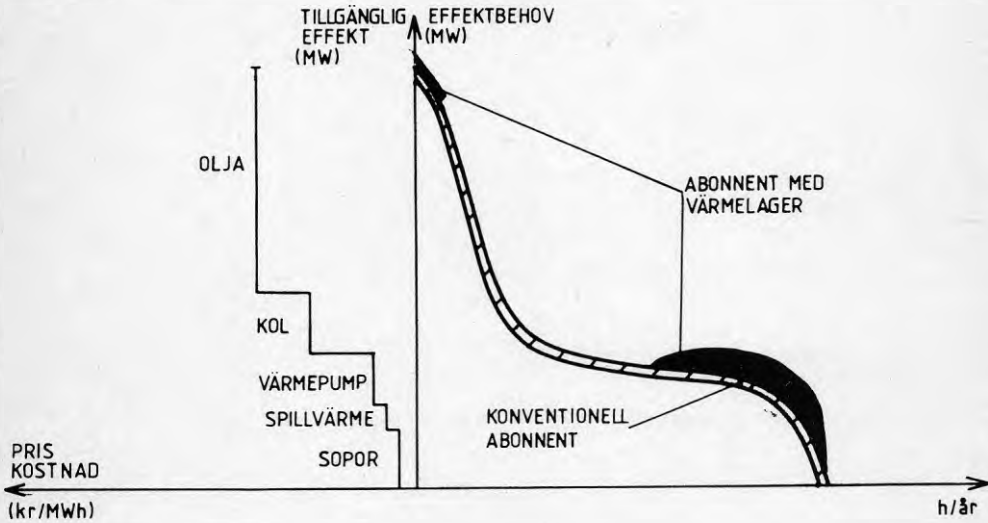
Kapitaltjänstkostnad ( $r = 4 \%$ , $L = 15$ år)	170 tkr/år
DoU (1,5 %)	28 "
Fjärrvärmesaxa	
Energiavgift Sommartaxa	173 "
Energiavgift vintertaxa	28 "
Effektavgift	80 "
Anslutningsavgift ( $r = 4 \%$ , $L = 15$ år)	52 "
El (300 kr/MWh)	<u>127 "</u>
Summa årskostnad	658 tkr/år
Specifik kostnad	313 kr/MWh

5.1.3 Årskostnadskalkyl för konventionell fjärr-  
värmeanslutning

Fjärrvärmesaxa	
Energiavgift, sommartaxa	58 tkr/år
Energiavgift, vintertaxa	263 "
Effektavgift	165 "
Anslutningsavgift ( $r = 4 \%$ , $L = 15$ år)	<u>125</u>
Summa årskostnad	611 tkr/år
Specifik kostnad	291 kr/MWh

5.2 För producent5.2.1 Minskade energiproduktionskostnader vid lagring

Genom lagring förskjuts förbrukningsprofilen och därmed abonnentens marginella påverkan på produktionsapparaten. Värmet får då en annan marginell produktionskostnad. Den vinst i form av minskade energiproduktionskostnader som producenten då gör är skillnaden mellan den kortsiktiga marginella produktionskostnaden för en abonnent med konventionell förbrukning och för en med säsongslagring.



Figur 6 - Principskiss över säsongslagrings påverkan på den kortsiktiga marginella energiproduktionskostnaden

Genomförs denna beräkning, energislag för energislag  
fås följande resultat:

Abonnent med säsongslagring

Vinterhalvåret:

1,08 x 168 MWh olja                      à 147 kr/MWh = 27 tkr

Sommarhalvåret:

1,08 x 37 MWh kol                      à 106 kr/MWh = 4,4 tkr

1,08 x 1 302 " VP                      à 55 "        = 77 "

1,08 x 246 " spillvärme    à 44 "        = +12 "

Summa sommarhalvåret                      = 93 tkr

Summa energiproduktionskostnad  
för abonnent med säsongslagring                      120 tkr/år

Konventionell anslutning

Vinterhalvåret:

1,08 x 966 MWh olja                      à 147 kr/MWh = 153 tkr

1,08 x 126 " spillvärme    à 84 "        = 11 "

1,08 x 95 " kol, Mölndal    à 133 "        = 14 "

1,08 x 378 " kol, Sävenäs    à 106 "        = 43 "

Summa vinterhalvåret                      221 tkr

Sommarhalvåret:

1,08 x 21 MWh kol                      à 106 kr/MWh = 2,4 tkr

1,08 x 462 " VP                      à 55 "        = 27,4 "

1,08 x 52 " spillvärme    à 44 "        = 2,5 "

Summa sommarhalvåret                      = 32,0 tkr

Summa energiproduktionskostnad  
för konventionell abonnent                      253 tkr/år

Producentens energiproduktionskostnader minskar så-  
ledes vid införandet av ett säsongslager med 253 -  
120 = 133 tkr/år



### 5.2.2 Minskade taxeintäkter för fjärrvärmeleverans

Jämfört med ett konventionellt abonnemang ger säsongslagret - helt naturligt - upphov till en minskad taxeintäkt för producenten. Denna intäktsreduktion bör då ej överstiga värdet av minskade energiproduktionskostnader vid införandet av säsongslager. Notera att för abonnent med lager minskar den toala fjärrvärmeförbrukningen genom lokal värmepumpdrift. Detta betyder att det ekonomiska utfallet beräknas för två olika energimängder.

För detta objekt minskar taxeintäkten kopplat till energiavgiften med 120 tkr/år (se 5.1.2 och 5.1.3).

### 5.2.3 Taxeintäkter för elkraftleverans

För detta objekt har Energiverken i Göteborg även elkraftleverans. Värmepumpen i lagersystemet förbrukar 423 MWh<sub>el</sub>.

I detta arbete har dock förutsatts att elkraften distribueras till självkostnad, dvs att taxeintäkten balanserar produktionskostnad.

### 5.2.4 Värdet av en minskad effektbelastning

Ett lokalt säsongslager minskar abonnentens effektbehov vid DUT ner till ca 40 % av behovet för en konventionell abonnent.

Marginellt ger denna belastningsminskning två positiva effekter för producenten:

- Produktionskapaciteten i form av oljeeldade hetvattenpannor för spetsvärme och effektreserv kan minska.
- Distributionssystemet belastas mindre. Befintligt nät kan utnyttjas "hårdare" och anslutning till abonnent utföras med klenare kulvert.

Intäkten av den minskade effektbelastningen är av indirekt natur. Den är svårare att direkt härleda och värdera än skillnaden i rörlig energiproduktionskostnad, som ju får ett direkt genomslag. Samtidigt är effekttäckning ett viktigt problem. Notabelt är att för Energiverken i Göteborg, med dess produktionsmix av olika former av fast bränsleeldning, spillvärme, värmepumpar, den senaste anläggningen av format är en oljeeldad hetvattencentral. Den används för höjning av framledningstemperaturen efter avloppsvärmepumparna i Ryaverket.

En grov uppskattning av den marginella kostnadsbesparingen till följd av minskad effektbelastning skulle kunna se ut på följande sätt:

- En oljeeldad hetvattencentral kan sägas ha en specifik investeringskostnad av ca 500 kr/kW installerad effekt.
- Distributionsnätet kan sägas ha ett nyanskaffningsvärde på ca 1 000 kr/kW abonnerad effekt.

Värdet av den minskade effektbelastningen skulle alltså anses kunna vara ca 1 500 kr/kW.

För objektet "Slätta Damm" innebär det ca 900 tkr i minskat investeringsbehov eller med annuitetsmetoden årligen ca 80 tkr/år i kostnadsbesparing.

Denna kostnadsbesparing till följd av minskad effektbelastning bör då balanseras av den minskade intäkten från taxans fasta del, effektavgiften. Så är också fallet för "Slätta Damm" (se 5.1.2 och 5.1.3), där effektavgifter minskar med c:a 85 tkr/år.

### 5.3 Utfall vid varierande oljepris

Grundkalkylen har baserats på ett råoljepris på 15 US dollar per fat. Ett historiskt sett mycket lågt pris. I december 1985 låg priset nära 30 US dollar/fat. Sedan dess har mycket hänt på oljemarknaden. Vid tidpunkten för denna rapport var råoljepriset nere kring 15 US dollar/fat.

I "Låga Oljepriser - effekter på svensk energiförsörjning" - Statens Energiverk 1986:R2 skisseras på 3 tänkbara framtida prisnivåer vid fortsatta produktionsökningar från OPEC, nämligen 15, 18 och 23 US dollar/fat.

I tabell 1 redovisas energiproduktionskostnaden för dessa prisnivåer samt för 30 US dollar/fat. För abonnenten avses total energiproduktionskostnad inklusive investeringar i lagersystemet, drivvel till värmepump och DoU-kostnader. För producenten avses här totala rörliga energiproduktionskostnader för värme producerat till objektet "Slätta Damm". Inklusive kulvertförlust.

Energiproduktionskostnader kr/MWh

Råoljepris US/fat	För abonnent x)		För producent xx)	
	Konven- tionell	Med lager	Konven- tionell	Lager
15	291	313	112	65
18	299	314	118	66
23	313	315	128	69
30	323	317	138	70

Tabell 1. Energiproduktionskostnader vid varierande oljepris

- x) 2100 MWh/år avser total energiproduktion för abonnent
- xx) Avser totala rörliga energiproduktionskostnader för värme producerat till objekt "Slätta Damm". Inklusive kulvertförlust 2268 MWh/år för konventionell abonnent 1893 MWh/år för abonnent med lager.

Det totala ekonomiska utfallet vid varierande oljepris framgår nedan av tabell 2. Med ekonomiskt utfall avses här:

- För producent; skillnaden mellan minskade energiproduktionskostnader och minskade taxeintäkter vid abonnentens övergång till lokal säsongslagring.
- För abonnent; skillnaden i total energiproduktionskostnad mellan konventionell fjärrvärmeanslutning och ett värmelagringssystem.

Råoljepris US dollar/fat	Utfall tkr/år	
	För abonnent	För fjärrvärme- producent
15	-46	+13
18	-29	+10
23	- 5	+ 2
30	+14	+ 3

Tabell 2. Ekonomiskt utfall vid varierande oljepris

## 6 KOMMENTARER OCH UTVECKLINGSMÖJLIGHETER

För abonnenten ger ett lagersystem laddat med värme inköpt till fjärrvärmeproducentens normala sommartaxa en total energiproduktionskostnad kring 313 - 317 kr/MWh. Jämfört med andra tänkbara laddningsalternativ som solfångare, vindkonvektorer och reversibla uteluftsvärmepumpar, är det en låg kostnadsnivå.

Jämfört med en konventionell fjärrvärmeanslutning finns för abonnent med lager en ekonomisk brytpunkt kring ett råoljepris av 24 - 25 US dollar/fat.

Högre oljepris ger lönsamhet för ett lagersystem, lägre gynnar en konventionell anslutning.

Producentens energiproduktionskostnad för värmets levererat till objektet "Slätta Damm" halveras (från 112 till 65 kr/MWh vid 15 US dollar/fat) vid införandet av ett lokalt värmelager. Den minskade taxerintäkter, när abonnenten genom värmelagret förskjuter sin förbrukning så att merparten av värmets levereras till sommartaxa, dämpar dock nära nog helt ut den positiva effekten av lagret. För fjärrvärmeproducenten blir det ekonomiska utfallet, definierat som skillnad mellan minskade energiproduktionskostnader och minskade taxerintäkter, c:a +13 - +3 tkr/når för objektet "Slätta Damm". En viss lönsamhet föreligger således, sett från fjärrvärmeproducenten.

I Göteborg står Energiverken även som huvudman för elkraftleveransen. Lagersystemet ger genom värmepumpdriften en ökad taxerintäkt på elsidan. Medtages denna i det ekonomiska utfallet blir bilden positivare för Energiverken i Göteborg. Vinsten bedöms dock som marginell då elkraften distribueras till självkostnad, även om förhållandet ej närmare har analyserats.

Det är anmärkningsvärt att fjärrvärmeproducentens utfall följer en negativ trend vid ökande råoljepris. Detta har troligen sin förklaring i nuvarande taxekonstruktion och den roll oljan har vid bestämning av bränsleavgiften vintertid.

Fjärrvärmesystemets konstruktion är viktig för ekonomin i ett lagerprojekt. Det kan konstateras att den nuvarande säsongsdifferentierade taxan sommartid ej särskilt väl följer den kortsiktiga marginalkostnaden för värmeproduktion. Ett lagerprojekt skulle gynnas av en taxekonstruktion, som närmare avspeglade de rådande variationerna i produktionskostnad. En ytterligare differentiering av vinter-sommartaxan och införande av natt-dag-taxa (laddning nattetid) förbättrar de ekonomiska betingelserna för värmelagring.

De ekonomiska betingelserna för produktion av laddningsvärme är för Göteborgs del, inte helt gynnsamma.

Beroende på produktionsstruktur, ägandeformer för sopförbränning och ingångna avtal med spillvärmeproducenter finns inte tillgång på överskottsvärme till riktigt låga energiproduktionskostnader. Avtalet med GRAAB om ersättning av värme från sopförbränning (till värmelagring) torde också kunna vara en ingreppspunkt för vidare utredning.

Förutsätt att värme från sopförbränning är s k gratisvärme med 0 kr/MWh i marginalkostnad. Då skulle de ekonomiska betingelserna för laddningsvärmets förändras med en kostnadsreduktion av storleksordningen 55 kr/MWh. För detta objekt innebär det ca 55 tkr/år att dela på mellan intressenterna; abonnent/producent.

Samhällsekonomiskt torde det vara riktigt att värdera den värme från sopförbränning, som används för laddning av värmelager som gratisvärme. Alternativet till värmelagring är ju att värmets kyls bort i luftkondensorer.

Anläggningskostnader för uppförandet av själva värmelagret baserar sig på de hittills använda neddrivningsformerna med nedpressning av U-slang via påle och pålkran. Den metoden är mycket kostnadskrävande.

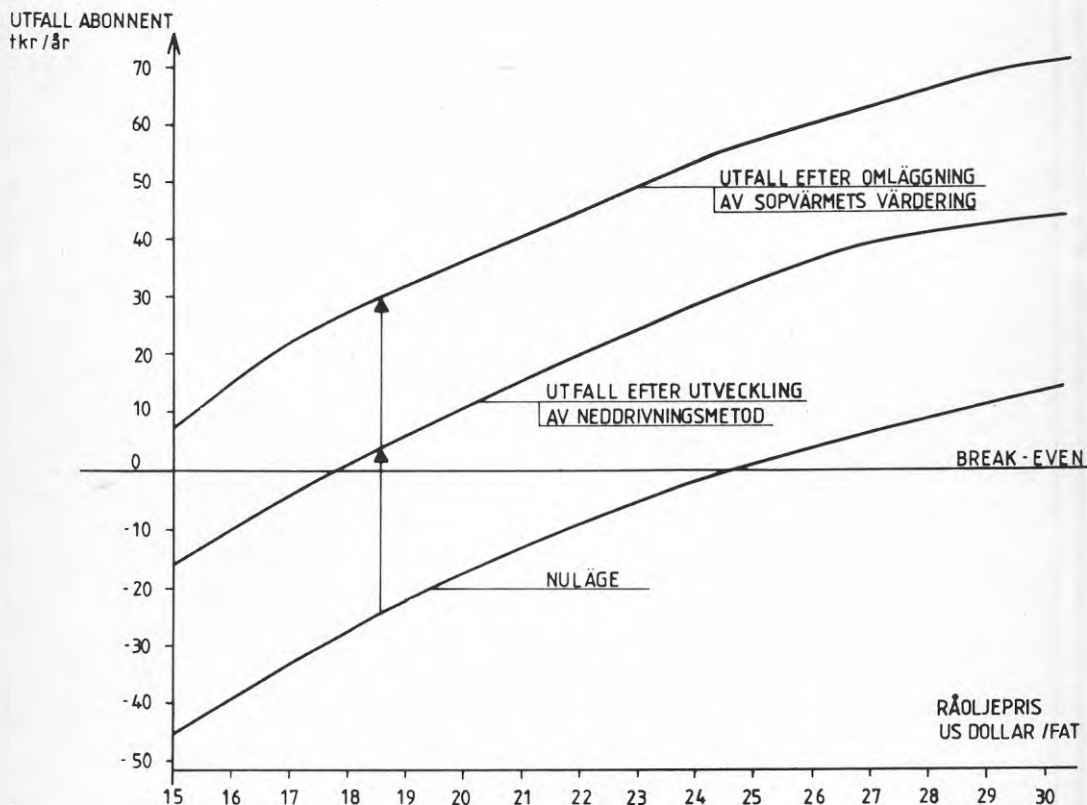
Utveckling av andra metoder pågår bl a vid Akva-Terra AB i Örebro. Deras metod bygger på att U-röret istället roteras ned i marken. Metoden är mycket lovande då den samtidigt som den kan ge lägre neddrivningskostnader även minskar antalet rörkopplingar jämfört med konventionella U-rörssystem. En halvering av anläggningskostnaden för värmelagret anses kunna uppnås med denna metoden.

Värmelager i lera anses vara det lagersystem i mark, som har den lägsta anläggningskostnaden per lagrad värmeenergi. I Göteborg finns också mycket lera och lera lämplig för anläggandet av värmelager. Fjärrvärmeproduktionens betingelser kan dock vara lämpligare i andra orter, varför potentialen för s k satellitvärmelager kan vara större på andra håll.

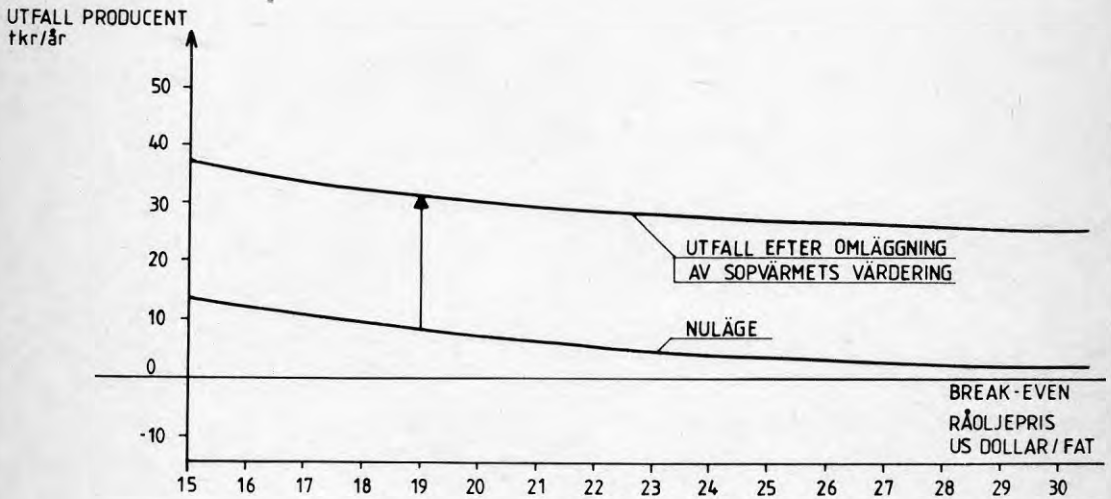
Helt klart är att alla förutsättningar som markförhållanden, möjligheter till lokal värmepumpdrift, temperaturnivåer i distributionsnät, produktionsmix, kostnader för laddningsvärme och taxekonstruktioner noggrant måste genomarbetas vid en ekonomisk analys av ett satellitvärmelagers lämplighet.

En halvering av anläggningskostnaden för värmelagret ger en kostnadsbesparing av ca 30 tkr/år. En omprövning av priset för sopvärme skulle för abonnenten också kunna innebära en kostnadsminskning runt 25-30 tkr/år.

Genom olika utvecklingsinsatser, tekniska och administrativa, finns alltså möjligheter att förbättra abonnentens lönsamhet. Lönsamhet för abonnenten, även vid dagens oljeprisnivå, 15 US dollar/fat finns i sikte.



Figur 7 - Utvecklingsmöjligheter och deras påverkan på det ekonomiska utfallet för en abonnent



Figur 8 - Utfall för producent efter omvärdering av  
värmets från sopförbränning

Referenser

1. Låga oljepriser? Effekter på svensk energiförsörjning. Statens Energiverk 1986:R2
2. Pris på energi SOU 1981:69
3. Värmelager i lera. Buresten, Kasza, Hofgren, BFR R89:1986
4. Rollen för olika typer av värmelager i svensk energiförsörjning. En ekonomisk analys. P Margen, BFR R3:1985.
5. Metoder och kostnader för anläggande av värmelager i mark med vertikala rör, P Wilen, I Rehn. Jordvärmegruppen, rapport nr 21.







**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 850903-0  
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Göteborgs-  
hem, Göteborg.**

**R82: 1987**

**ISBN 91-540-4780-3**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6707082**

**Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm**

**Cirka pris: 30 kr exkl moms**