



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.



Praktisk provning av vattenburet värmesystem med värmepump och konvektorer/radiatorer

Erik Björk
Sören Wiklund

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr 80-2079

Plac Ser

R
AWa

BYGGDOK

Institutet för byggdokumentation
Hälsingegatan 49
113 31 Stockholm, Sweden
08-34 01 70 Telex 125 63

Byggtforskningsrådet

Ser

R131:1980

PRAKTISK PROVNING AV VATTENBURET VÄRMESYSTEM
MED VÄRMEPUMP OCH KONVEKTORER/RADIATORER

Erik Björk
Sören Wiklund

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770401-8
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Skånska
Cementgjuteriet, Stockholm.

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

R131:1980

ISBN 91-540-3356-X
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 057026

INNEHÅLL

BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER	5
SAMMANFATTNING	7
1 INLEDNING	9
1.1 Bakgrund och avgränsning.	9
1.2 Syfte	9
1.3 Uppläggning och organisation.	10
1.4 Beskrivning	10
2 ENKÄTER	13
2.1 Enkät 1	13
2.2 Enkät 2	13
2.3 Resultat.	13
3 MÄTMETODER OCH MÄTUTRUSTNING.	15
3.1 Mätning av elenergiförbrukning.	16
3.2 Mätning av värmemängd	16
3.3 Mätning av temperatur	16
3.4 Mätning av luftflöde (ventilation).	16
3.5 Mätning av utomhusklimat.	17
3.6 Mätning av buller	17
3.7 Värmefotografering och täthetsprovning.	17
4 MÄTRESULTAT	19
4.1 Mätperiod	19
4.2 Mätning av energiförbrukningar och korrigering av mätvärden	19
4.2.1 Årsresultat 78 03 28 - 79 03 28 = 365 dygn.	20
4.2.2 Resultat från mätmånaderna 1-4.	20
4.3 Analys av årsförbrukningen och variationer under året	21
4.3.1 Förbrukning av varmvatten	21
4.3.2 Förbrukning av hushållsel	21
4.3.3 Drifttider och värmefaktorer hos värmepumparna.	22
4.3.4 Variationer i totala energiförbrukningen.	22
4.4 Termografering.	22
4.5 Täthetsprovning	23
4.6 Bullermätningar	24
5 FÖRLUSTER	27
5.1 Värmeförluster från elslinga i grund längs yttervägg	27
5.2 Värmeförluster i rör till radiatorer.	28
5.3 Värmeförluster i värmepump med anslutningar.	28
5.4 Värmeförluster i varmvattenberedare och elpannor.	30
5.5 Övriga förluster.	30
6 TEORETISKT VÄRMEBEHOV OCH ENERGIBALANS.	33
6.1 Allmänt om energibalans.	33
6.2 Beräknat värmebehov.	34
6.3 Energibalans för provhus 1-8	36

INNEHÅLL forts

6.4	Energibalans för referenshus 9-12	39
6.5	Individuell energibalans för varje hus.	40
7	UTVÄRDERING AV RESULTAT	43
7.1	Slutsatser ur energisparsynpunkt.	43
7.2	Konvektorer och radiatorer?	43
7.3	Praktiska erfarenheter av installation och drift	44
7.4	Förslag till förbättringar.	45
7.5	Kostnader och lönsamhet	45
BILAGA 1	Situationsplan.	47
BILAGA 2	Planlösning bottenvåning.	48
BILAGA 3	Planlösning övervåning.	49
BILAGA 4	Enkät 1	50
BILAGA 5	Enkät 2	52
BILAGA 6	Sammanställning av svar på enkät 1.	55
BILAGA 7	Sammanställning av svar på enkät 2.	58
BILAGA 8	Diagram över energiförbrukningen under tiden 78 03 28 - 79 03 28	63
BILAGA 9	Mätresultat hus 1-8	64
BILAGA 10	Mätresultat hus 9-16.	65
BILAGA 11	Exempel på sammanställning av dygnsme- delvärden under mätåret	66
BILAGA 12	Energiförbrukning för varmvatten Medelvärde och variation under året	67
BILAGA 13	Hushållsel Medelvärde och variation under året	68
BILAGA 14	Drifttid värmepump Medelvärde och variation under året	69
BILAGA 15	Värmefaktor Medelvärde och variation under året	70
BILAGA 16	Totala energiförbrukningens variation under året.	71
BILAGA 17	Förteckning över använd mätutrustning	72
FIGURFÖRTECKNING.		76
LITTERATUR.		77

BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER

E-rad	= direktverkande elradiatorer
V-rad	= radiatorer för vattenburen värme
B-konv	= konvektorer av fabrikat Bacho för vattenburen värme
O-konv	= konvektorer av fabrikat Originalkonvektorn för vattenburen värme
VM	= värmemängd = energiinnehåll i varmt vatten
E	= elenergi som mäts med kWh-mätare
Q	= vattenflöde från antingen värmepump eller varmvattenberedare
VP	= värmepump
VVB	= varmvattenberedare
VM-VVB	= värmemängd eller energiinnehåll i urtappat varmvatten
Q-VVB	= vattenflöde från varmvattenberedaren
VM-VP	= ökningen av energiinnehållet i vattnet genom värmepumpen
Q-VP	= vattenflöde genom värmepumpen
Värmefaktor	= från värmepumpen avgiven energi dividerad med köpt tillförd elenergi
Gratisenergi värmepump	= från värmepumpen avgiven energi minus köpt tillförd elenergi

SAMMANFATTNING

Vattenburen värme har alltid använts som slagträ i energidebatten för sin flexibilitet och sin möjlighet att lätt byta energiform. Detta projekt startades några år efter energikrisen för att praktiskt försöka jämföra just vattenburna radiator- respektive konvektorsystem med direktverkande elradiatorer. De vattenburna systemen kompletterades dessutom med en liten luft/vattenvärmepump med ca 1 kW anslutningseffekt som skulle producera varmvatten och en viss andel värme med en bättre systemverkningsgrad.

Syftet med undersökningen var dels att mäta energiförbrukningen för vattenburen värme contra direktelvärmee och dels att mäta och bedöma värmepumpens verkningsgrad, arbetssätt och eventuell lönsamhet.

Försökets storlek bestämdes till 8 hus med vattenburen värme, elpanna och värmepump (varav 4 radiatorhus och 4 konvektorhus) och som referensobjekt 4 direktelvärmade hus omedelbart intill, som dessutom senare kompletterades med ytterligare 4.

Husägarna i provhus och referenshus fick information om hur systemen fungerade vid ett par tillfällen före och i början av mätåret. De fick dessutom i två enkäter (en i början och en i slutet) besvara några frågor om familjesammansättning, vädringsvanor, varmvattenförbrukning m fl energiberoende vanor.

I provhus och referenshus gjordes sedan mätningar enligt fig 1 för att försöka bestämma de ingående delkomponenter som påverkar energiförbrukningen i ett hus.

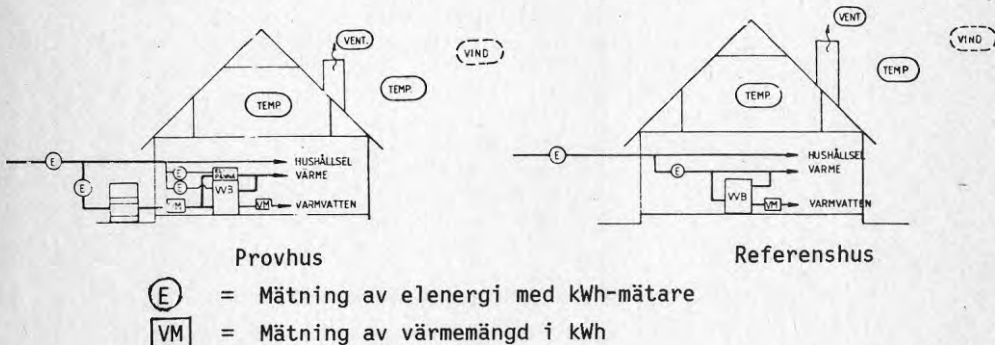


Fig 1 Mätningar i provhus och referenshus

Mätresultaten för mätåret 78 03 28 - 79 03 28 gav det förbluffande resultatet att provhusen med vattenburen värme och värmepump visade sig förbruka mera "köpt energi" än referenshusen. Diagrammet i fig 2 visar hur energiförbrukningen varierade i de 16 undersökta husen.

Förbrukningen av köpt energi var för värmepumphuset ca 2.700 kWh högre men detta berodde till viss del på högre inomhustemperatur och större förbrukningar av hushållsel och varmvatten. Efter korrigerings för dessa olikheter sjönk differensen till ca 800 kWh, men förbrukningen var fortfarande större för värmepumphuset. Till denna differens skall då också adderas den gratisenergi på ca 3.100 kWh som värmepumpen bidragit med (med en

1 2
AE)

medelvärmefaktor på ca 2,1).

Varför har då det vattenburna värmesystemet förbrukat ca 3.900 kWh mer energi per år och hus än den direktverkande elvärmen?

Förklaringen ligger i följande svagheter hos de installerade värmesystemen och värmepumparna:

- Värmeförluster från dåligt isolerade rör i radiator-kretsen (byggt enligt då gällande normkrav).
- Värmeförluster i värmväxlare och anslutningsrör (värmepumpen fungerar som en utvändig radiator på ca 80 W som kontinuerligt matas med köpt elenergi när värmepumpen står stilla).
- Stora värmeförluster i elpanna, varmvattenberedare och anslutningsrör ger höga tomgångsförluster som orsakar övertemperaturer i tvättrummet.
- Regleringsförluster på grund av det vattenburna värmesystemets tröghet som gör att solinstrålningen inte kan tillvaratas på ett optimalt sätt.

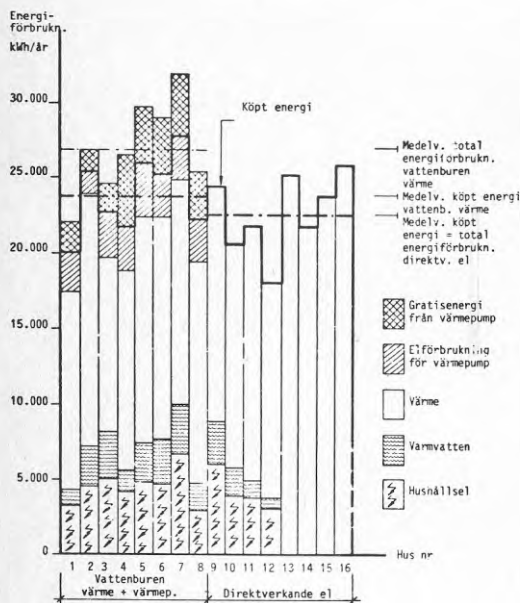


Fig 2 Diagram över energiförbrukningen under tiden 78 03 21 - 79 03 28

från en trevägs magnetventil har utlöst den garantiöverenskommelse som fanns med husägarna, så att 7 av 8 värmepumpar på husägarnas begäran är bortplockade och återlämnade till leverantören.

Någon skillnad mellan radiatorer och konvektorer har tyvärr inte kunnat påvisas i vårt material.

Någon lönsamhet i jämförelsen mellan vattenburen värme med värmepump och direktverkande el kan naturligtvis inte påvisas då den vattenburna värmen både kräver större kapitalinsatser och årligen förbrukar mera energi. I befintlig bebyggelse med redan installerade vattensystem kan kanske värmepumpen tänkas vara intressant. Det visar sig dock att nettokapitalkostnaden första åren (utan hänsyn tagen till service och underhåll) överstiger värdet av den årliga energibesparingen. Återbetalningstiden (payofftiden) blir också så lång som 20-25 år trots att värmepumpens livslängd rimligen är maximalt 10-15 år.

Dessa resultat i kombination med vissa injusterings- och driftsproblem under det första året (bl a ett kompressorhaveri) samt kraftiga ljudproblem (smällar)

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund och avgränsning

I energidebatten är vattenburen värme mycket intressant då den ger stora möjligheter att byta energiform. Provhushusens elvärme-panna skulle relativt enkelt kunna bytas till en olje-, ved- eller kokspanna eller till en värmväxlare för fjärrvärme eller solvärme. Den vattenburna värmen har här testats med konventionella vattenradiatorer och med konvektorer.

Värmepumpar har efterhand utvecklats till väl fungerande system för stora anläggningar medan villavärmepumpen ännu inte har fått full ekonomisk/praktisk genomslagskraft. Den här aktuella värmepumpen hade nått så långt i teknisk anpassning att den ansågs vara mogen för en noggrannare praktisk prövning i nya hus.

Till grund för vårt val av komponenter låg

- att vi ville ha en värmepump luft/vatten för att kunna ansluta till ett vattenburet värmesystem och där pumpen skulle kräva så lite anpassning och installationer som möjligt för att hålla nere installationskostnaderna och för att vara användbar både i nybyggnation och vid renoveringar.
- att vi i detta sammanhang ville undersöka med jämförande mätning om det låg någon sanning i leverantörens påstådda och genom jämförelse mot teoretiska beräkningar visade energibesparingar på upp till 30%.
- att vi om möjligt ville ha samma leverantör i hela ledet för att få ett så väl samordnat system som möjligt.

Dessa faktorer gjorde att vi valde att samarbeta med Örebro Värmeindustri AB (firmanamnet senare ändrat till AUTOTERM AB) som har alla komponenter: värmepump, elvärme-panna och konvektorer.

1.2 Syfte

Att redovisa den praktiska energibesparingen med denna värmepump

- under kortare perioder med relativt jämna förhållanden
- under sommaren för varmvattenuppvärmning
- som årsgenomsnitt (mättid 1-2 år)

samt att dessutom redovisa de praktiska problem som kunde uppstå

- under byggtiden
- vid kontinuerlig drift (1-2 år)
- beträffande driftsäkerhet (1-2 år kunde eventuellt senare förlängas till 10 år).

Energibesparingen skulle sedan ställas i relation till produktionsteknik, ekonomi, lånefrågor m m för att få en ur både producentens och konsumentens synpunkt relevant bedömning av systemens lönsamhet.

Med jämförande mätning skulle vi dessutom försöka kartlägga de tre uppvärmningsalternativen

- direktverkande elradiatorer
- vattenradiatorer
- vattenkonvektorer

för att se vilket system som gav lägsta energiförbrukning.

1.3 Uppläggning och organisation

Mätningarna har sträckt sig över ca 1,5 år och omfattat 16 enfamiljshus i Bålsta, 5 mil väster om Stockholm.

Projektet har genomförts av en grupp bestående av

Sören Wiklund, projektledare	
Erik Björk, medverkande utredare	Samtliga från
Leif Gustafsson, arbetschef	Skånska Cementgjuteriet
Leif Sandahl, platschef	(SCG) i Stockholm
Bo Gustafsson, arbetsledare	

SCG har varit samordnare, byggnadsentreprenör, utvärderat mätresultaten och skrivit denna rapport.

Alla mätningar samt databehandling av värdena har utförts av Statens Provninganstalt i Borås och Stockholm.

Före projektets start genomfördes en information till husägarna om projektet och om värmeinstallationens funktion. 2 enkäter har sänts ut till husägarna, en strax efter projektets start och en efter avslutade mätningar.

1.4 Beskrivning

De 16 hus, som berörts av projektet, är belägna inom Åkerbyområdet i Bålsta och består av 1 1/2-plans kedjehus. Av situationsplan i bilaga 1 framgår husens läge. Husens planlösning och värmepumpens placering framgår av bilaga 2 och 3.

Försöksserien omfattade:

- 4 hus med elpanna, värmepump och konventionella vattenradiatorer
- 4 hus med elpanna, värmepump och vattenkonvektorer
- 4 hus med direktverkande elradiatorer (referensgrupp med noggrann registrering)
- 4 hus med direktverkande elradiatorer (referensgrupp med registrering av endast total energikonsumtion)

Mätningarna, som i princip har utförts enligt mätskiss i kapitel 3, har pågått under ca 1,5 år med regelbundna avläsningar av energiförbrukningen. Dessutom har under 3 månader kontinuerlig registrering skett av ute- och innetemperatur och avläsning 2 ggr/vecka av energi- och varmvattenförbrukning. Försök med kontinuerlig mätning av ventilationen gjordes men misslyckades varför man gick över till stickprovsmätning.

Sex av husen har dessutom undersökts med värmekamera och täthetsprovats.

2 ENKÄTER

2.1 Enkät 1

Som nämnts under 1.3 sändes en enkät ut till husägarna strax efter projektets start (enkät 1). Enkätens utformning framgår av bilaga 4. Syftet var att kartlägga vissa faktorer som kunde tänkas påverka energiförbrukningen i husen som t ex familjesammansättning, vistelsetider i huset, boendevanor samt även hur informationen om värmesystemen nått fram och hur inställningen till denna nya utrustning var.

2.2 Enkät 2

Enkät 2 utsändes efter att mätningarna hade avslutats. Dess utformning framgår av bilaga 5. Syftet var här att kartlägga eventuella förändringar i familjesammansättning, kompletteringar gällande boendevanor och vissa uppgifter av teknisk natur samt huruvida man haft några besvär med värmepumpen.

2.3 Resultat

Svaren på enkäterna 1 och 2 har sammanställts i tabeller och punkter. Dessa sammanställningar återfinnes i bilaga 6 respektive 7.

Av dessa framgår i stora drag följande:

- Alla 16 familjerna utom en har barn, de flesta under 6 år. Familjestorleken var i medeltal 2 vuxna + 1,5 barn.
- Endast 2 familjer sover med öppet fönster någon del av året (i huvudsak under icke uppvärmningssäsong).
- De allra flesta använder inte korsdrag vid vädring. De som gör det vädrar i regel 5-15 min någon gång per vecka.
- Rumstemperaturen håller man ungefär lika i sovrum och i övriga rum och i de 2 våningarna. Den är i genomsnitt 20°C men varierar mellan 18 och 23°C.
- Golvvärmeslingan i hus med direktverkande elradiatorer har man inkopplad ungefär halva året. 2 familjer har haft den inkopplad längre tid (8-9 mån) och en familj inte inkopplad alls.
- Informationen beträffande värmesystemets funktion verkar att ha nått fram ganska bra. Alla 8 med värmepump ansåg sig veta hur systemet fungerar. Möjligen borde mera information ha givits i anslutning till själva inflyttningen i husen.
- Vid projektets start trodde de flesta (6 av 8) på värmepump och konvektor och var mycket intresserade av det kommande resultatet.

- På frågan om man haft besvär med värmen i hus med vattenburen värme och värmepump är det bara en (av 8) som inte anser sig ha haft några problem. Övriga har haft såväl injusterings-, drifts- och serviceproblem som besvärande buller och mycket besvärande ljudsmällor. Det har även förekommit ett haveri på en värmepump.
- Konvektorerna har fått positiva omdömen i allmänhet men kritik för att möjligheter till individuell reglering saknas.
- 6 familjer har kompletterat med värme i förråd eller garage och en med värme i klädkammaren.

3 MÄTMETODER OCH MÄTUTRUSTNING

På rekommendation av BFR anlätades Statens Provningsanstalt (SP) i Borås för att utföra erforderliga mätningar. Det i ansökan skissade mätprogrammet justerades i samråd med SP till att omfatta mätningar enligt mät- och energiflödesschema i fig 3.1 a och b.

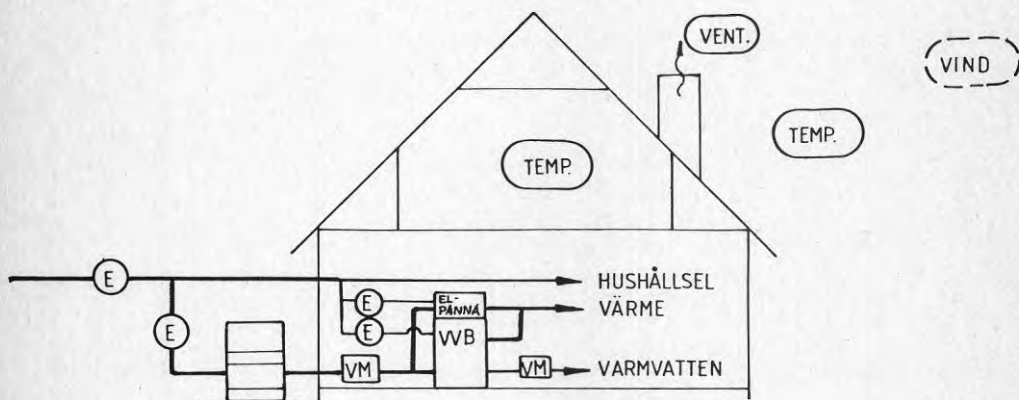


Fig 3.1 a Mätschema för hus nr 1-8 med vattenburen värme och värmepump

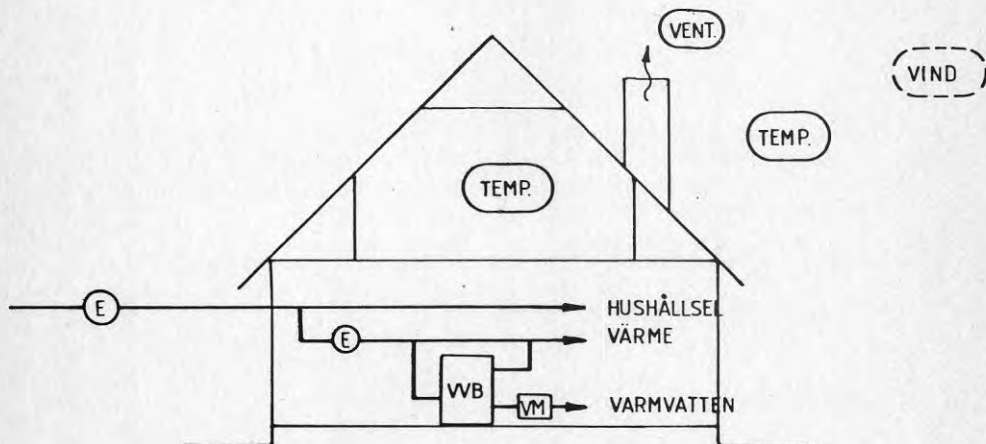


Fig 3.1 b Mätschema för referenshus nr 9-12 med direktverkande elvärme

Förteckning över mätinstrument och därtill hörande data återfinns i bilaga 17.

3.1 Mätning av elenergiförbrukning

För mätning av elenergi användes dels Elverkets mätare i fasadmätarskåpet för total elenergiförbrukning dels kWh-mätare ASEA-SKANDIA typ T25C för mätning av delkomponenter såsom elförbrukning värmepump, elförbrukning varmvattenberedare m m.

Elenergimätare är i mätskiss fig 3.1 a och b markerade med rund ring.

3.2 Mätning av värmemängd

Varmvattenförbrukning och energiavgivning från värmepump mätes med värmemängdsmätare bestående av vinghjulsvattenmätare, motståndstermometrar och integreringsverk (levererade av AB Svensk Värmemätning). Vinghjulsvattenmätarna har vid kalibrering efter avslutad mätning visat sig ha ganska stor felvisning (ca 5-10%), vilket är betydligt mer än fabrikantens angivna onoggrannhet. Denna felvisning har införts som en korrektionsfaktor för hela mättiden. Tyvärr utfördes ingen kalibrering före mätstart, varför vi inte vet om felvisningen har uppstått under mättiden på grund av vattenföroreningar m m eller fanns med från början. Även ett integreringsverk har vid kontroll visat stort fel (26%) vilket också i efterhand har korrigerats för hela mätperioden. Detta fel beror antagligen på dålig anläggning mellan rör och motståndstermometrar.

Sammanfattningsvis kan så här i efterhand sägas att denna typ av värmemängdsmätare kanske inte uppfyller de krav som bör ställas på mätnoggrannhet utan att valet var ett olyckligt resultat av begränsade ekonomiska ramar och bristande kunskap om mätteknik.

Värmemängdsmätare är i mätskiss fig 3.1 a och b markerade med rektangel.

3.3 Mätning av temperatur

Kontinuerlig temperaturregistrering har gjorts under ca 3 månader med termohygrometer (Thermohygrograph R Olsson AB) i en punkt i varje hus (i trappöppning i nivå med mellanbjälklaget) och i en gemensam punkt utomhus.

Stickprovsmässiga mätningar av temperaturen i 4 rum per hus har under samma tid gjorts 2 ggr per vecka med digitaltermometer (Technoterm Digitaltermometer 7600).

3.4 Mätning av luftflöde (ventilation)

På initiativ av Statens Provningsanstalt gjordes ett försök med kontinuerlig registrering av luftflödet i frånluftssystemet. En givare placerades i frånluftsfläktens sugkammare och anslöts till en skrivare. Metoden visade sig dock oanvändbar på grund av kalibreringsproblem (svängningar i luftflödet registrerades, men någon överföring från skrivarremsans svängningar till motsvarande absoluta luftflöden kunde ej erhållas) och att givaren mycket snart förstördes av föroreningar i frånluften.

I stället genomfördes då en stickprovsmätning 2 ggr per vecka under 4 veckor med mätstos och varmtrådsanemometer (Wallac) i alla frånluftsdon.

3.5 Mätning av utomhusklimat

Utetemperaturen mättes kontinuerligt under tre månader med en termohydrograf (enligt 3.3). Temperaturdata för resten av året har erhållits från SMHI för observationsorterna Arlanda och Västerås. Den kontinuerliga temperaturregistreringen på platsen under tre månader pekar mot att försöksområdet har ca 2,0°C lägre dygnsmedeltemperatur än SMHIs värden för Arlanda-Västerås. Detta bekräftas också av att försöksområdet av ortsbefolkningen är känt som ett "köldhål".

Under en period gjordes även kontinuerlig registrering av vindhastigheten med en skrivare (Vaisala WAA 11 + WAD 11). Svårigheter med utvärderingen av denna mätning gjorde dock att den avbröts.

3.6 Mätning av buller

Ljudnivå inom och utomhus uppmättes i hus 1-8 med ljudnivåmätare i dB(A). Dessutom mättes i hus 2 ljudsmällar från trevägsventilen med ett instrument med "impuls hold" funktion (enligt IEC 179 A).

3.7 Värmefotografering och täthetsprovning

För att undersöka byggnadstekniska olikheter undersöktes vartannat hus med en värmekamera av typ AGA Thermovision 750 samt täthetsprovades vid 50 Pa över- respektive undertryck.

Termograferingen utfördes i princip enligt SIS 024210 "Termografering av byggnader" och täthetsprovningen enligt metod SP MET 1977:1.

4 MÄTRESULTAT

4.1 Mätperiod

Vid projektets start planerades mätningarna att omfatta tiden 77 11 14 till 78 11 14, men på grund av problem med injustering av värmepumparna under de kalla vintermånaderna i starten förlängdes projekttiden och mätåret förflyttades till 78 03 28 - 79 03 28.

Denna förskjutning i tid medförde en allmänt högre energiförbrukning (pga den kalla vintern 78/79), men de individuella variationerna mellan husen var oförändrade och värmepumparnas inverkan ganska liten på grund av den låga utetemperaturen.

4.2 Mätning av energiförbrukningar och korrigerings av mätvärden

Mätningarna har utförts enligt beskrivning i kap 3. Erhållna mätvärden har sedan korrigerats enligt tabell 4.2.1 med hänsyn till mätfel och t ex extra installerad värme i förråd m m.

Tabell 4.2.1 Justering av mätvärden med hänsyn till mätfel och extra värmeinstallation m m

<u>Mätning</u>	<u>Korr för mätfel</u>	<u>Korr för extra installation</u>
E1-hushåll	Ingen korrektion.	Hus 3,6,9,11,13,15 och 16. Korrigerade för extra värmeinstallation.
E1-panna	Ingen korrektion.	Ingen korrektion.
E1-VVB	Ingen korrektion.	Ingen korrektion.
E1-VP	Ingen korrektion.	Hus 2 korrigerat för kontinuerlig drift vid kompressorhaveri.
E1-hushåll	Ingen korrektion.	Hus 3,6,9,11,13,15 och 16. Korrigerade för extra värmeinstallation kopplad över hushållsmätaren.
VM-VVB Q-VVB	Korrektion av flöden och värmemängder enligt labmätningar efter nermontering. Se bilaga 17.	Hus 6 korrigerat för VM-VV under tid för driftstopp på integreringsverk.
VM-VP Q-VP	Korrektion av flöden och värmemängder enligt labmätningar efter nermontering. Se bilaga 17.	Hus 1 korrigerat för drift under tid från mätarhaveri till mätarbyte.
Drifttid	Ingen korrektion.	Hus 2 korrigerat för kontinuerlig drift vid kompressorhaveri.

Samtliga vattenmätare kontrollerades i laboratorium efter nermonteringen och visade sig då ha avsevärt större onoggrannhet än fabrikantens anvisningar. Värmepumpens flödesmätare visade i medeltal 5% för mycket och varierade från -7% till +15% från rätt värde (fabrikanten anger +2% vid aktuella flöden). Varmvattenflödesmätarna var något bättre och visade i medeltal 2% för mycket med variationer från +1% till +5%.

Även ett av integreringsverken uppvisade stort mätfel (26% för lite) vilket torde ha berott på dålig anläggning i kontakttermometrarna. Den valda mätartypen med utanpåliggande kontakttermometrar torde innebära en ganska stor osäkerhet i uppmätta värden på värmemängd från värmepump även om inte något mer mätfel än ovanstående har kunnat påvisas.

Korrigeringar för driftsavbrott och extra installerad värme har gjorts med utgångspunkt från "normala" driftsförhållanden och "normala" hushållselförbrukningar.

4.2.1 Årsresultat 78 03 28 - 79 03 28 = 365 dygn

Energiförbrukningen under året varierar för värmepumpshusen från 20.050 till 27.740 kWh/år och med ett medelvärde av 23.900 kWh/år köpt energi. Om värmepumpens gratisenergi på ca 3.100 kWh läggs till blir totala energiförbrukningen 27.000 kWh och med en variation mellan 22.130 och 32.050 kWh/år.

Detta skall sedan jämföras med de 8 referenshusen med direktverkande elvärme som i medeltal förbrukade 22.600 kWh/år (18.000-25.760) utan korrektioner för inomhustemp m m. Om de 2 extremförbrukarna i värmepumpshusen och referenshusen plockas bort blir resultatet

	Värmepumpshus	Referenshus
Köpt energi (kWh/år)	23.900	22.900
Variation	21.720-26.000	20.570-25.220
Gratisenergi värmepump	3.000	-
Total energiförbr (kWh/år)	26.900	22.900
Variation	24.560-29.780	20.570-25.220

I tabeller och stapeldiagram i bilaga 8-10 finns resultatet för mätåret sammanställt.

Förbrukningen av köpt energi har alltså varit ca 4-5% högre och totala energiförbrukningen ca 18% högre för värmepumpshusen än för referenshusen.

4.2.2 Resultat från mätmånaderna 1-4

Resultaten från mätmånaderna har använts för att kontinuerligt följa upp projektet och för att kunna se om systemen har fungerat ungefär som väntat.

Bedömningarna av medeltemperatur inomhus och utomhus bygger också i huvudsak på de kontinuerliga temperaturmätningar som gjorts under dessa mät månader.

Vad som skiljer månadsresultaten från årsresultatet är främst att förbrukningen köpt energi för värmepumpshusen under vår/sommar/höstmånaderna är mindre än för referenshusen medan total-

energiförbrukningen fortfarande är större. Dessutom ökar spridningen avsevärt under sommaren då värmepumpshusen får variationer på ca $\pm 40\%$ från medeltalet och referenshusen ca $\pm 30\%$.

4.3 Analys av årsförbrukningen och variationer under året

För att få mera överskådliga och hanterbara siffror har samtliga mätresultat från månadsavläsningarna räknats om till medelförbrukning per dygn för perioderna mellan varje avläsning.

Exempel på en sådan sammanställning finns i bilaga 11.

Ur dessa sammanställningar har sedan de kontinuerliga förbrukningarna under året av varmvatten, hushållsel m m kunnat studeras.

4.3.1 Förbrukning av varmvatten

Mätningarna av uttagen värmemängd varmvatten visar en förbrukning sommartid på ca 4,0 kWh/dygn och en något högre förbrukning vintertid på ca 6,0 kWh/dygn. Variationen under året framgår i detalj av diagram i bilaga 12.

Varmvattenförbrukningen för värmepumpshusen var ca 45% högre än för referenshusen vilket framgår av ovannämnda diagram samt av nedanstående tabell.

Varmvattenförbrukning	Hus 1-8	Referenshus 9-12
<u>Årsförbrukning</u>		
Värmemängd kWh/år	2.355	1.625
Spridning kWh/år	1.070-3.340	750-2.790
Volym m ³ /år	57,6	39,7
Spridning m ³ /år	36-78	23-67

Dygnsmedelvärden under året

Värmemängd kWh/dygn	6,5	4,5
Volym l/dygn	158	109

Anmärkningsvärt är de stora tomgångsförluster som de elektriska varmvattenberedarna, men framförallt elpannorna har haft. Detta kommenteras mer detaljerat i kapitel 5.

4.3.2 Förbrukning av hushållsel

Även hushållselen uppvisar säsongvariationer med en lägre sommarförbrukning på ca 8 kWh/dygn och en vinterförbrukning på ca 16 kWh/dygn. Detta är kanske naturligare än varmvattenförbrukningens variationer då behovet av ljus, torkning i torkskåp m m är mindre under sommaren. Säsongvariationen visas i detalj i bilaga 13.

Tendensen med en allmänt högre energiförbrukning hos värmepumpshusen återspeglade sig även i hushållselförbrukningen vilket be-lyses av ovannämnda diagram och nedanstående tabell.

Hushållsel	Hus 1-8	Referenshus 9-12
Årsförbrukning kWh/år	4.505	4.175
Spridning kWh/år	2.870-6.670	2.970-6.050
Dygnsmedelvärde kWh/dygn	12,4	11,4

4.3.3 Drifftider och värmefaktorer hos värmepumparna

Värmepumparnas drifftider har varit ganska enhetliga under året som framgår av diagram i bilaga 14 (bortsett från injusterings-tiden november 77 - mars 78 samt hus nr 2 som hela tiden har haft stora problem med sin värmepump). Variationen i årsmedel-värde är om hus 2 (mycket driftstörningar) och hus 5 (bästa drifftid) undantages mindre än +7% från medelvärdet.

Drifftiden för denna typ av värmepump är främst beroende av att tillräckligt värmebehov för värme och varmvatten skall finnas vid lämpligt utomhusklimat. Värmepumpens automatik stänger av systemet vid ca 0°C då värmefaktorn närmar sig 1,0 dvs energi-vinsten blir noll. Exakt brytpunkt beror bl a på luftfuktighet m m. I detta projekt har justering av den fabriksinställda bryt-automatiken skett och vi förutsätter därför att styrutrustning-en har fungerat optimalt.

Med dessa förutsättningar kan man dra den slutsatsen att för välisolerade hus (enligt SBN 75) kan normal drifftid för denna typ av värmepump ej förväntas bli högre än ca 3.300 tim/år (med reservation för anpassningen till normalår).

Värmefaktorn varierade speciellt under injusterings-tiden (novem-ber 77 - mars 78) mycket, men har även under provåret varierat mellan 1,6 och 2,6 i årsmedelvärde för de 8 husen. Variationen under året framgår av diagram i bilaga 15. Medelvärdet på värme-faktorn under mätåret blev 2.1.

Hur kompressorns värmefaktor förhåller sig till den praktiskt nyttjade värmefaktorn behandlas mera i kap 5.3.

4.3.4 Variationer i totala energiförbrukningen

Totala energiförbrukningen är som väntat ungefär proportionell mot utomhustemperaturen och varierar från ca 25 kWh/dygn under sommaren till ca 125 kWh/dygn under vintern.

Värmepumpshusens totala energiförbrukning (inklusive värmepumps-tillskottet) ligger hela året högre än referenshusen, men om man bara jämför den köpta energin så ligger värmepumpshusen något lägre än referenshusen under vår, sommar och höst. Detta redovi-sas i diagram i bilaga 16.

4.4 Termografering

I syfte att kartlägga eventuella byggnadstekniska skillnader mellan husen termograferades 4 av värmepumpshusen och 2 av re-ferenshusen.

Termograferingens resultat speglas väl av följande utdrag ur SPs rapport (intyg nr 77030, 112 A):

Sammanfattning

Mätningarna på bottenbjälklaget gav som regel ett tillfredsställande resultat. Vid golvvinklarna fanns värmeslingor inlagda som vid måttillfället värmdes intilliggande ytpartier och eliminerade den köldbryggeeffekt man normalt har vid dessa partier.

Nedkylda områden vid mellanbjälklagets anslutningar mot ytterväggarna (sett från såväl bottenvåning som övervåning) förekom i relativt stor omfattning. Nedkylningen här orsakades av otäta fogar vid mellanbjälklagets anslutningar mot yttervägg eller stödbensvägg. Den kalla luften syntes vid vissa partier även spridas in i mellanbjälklaget. De nedkylda områden som kunde iakttagas i bottenvåningens tak orsakades sannolikt av att kall luft läcker in i det utfyllda utrymmet i mellanbjälklaget och sprids i de kanaler som bildas av glespanelen.

Mätningarna på ytpartier vid vindsbjälklag och isolerat yttertak gav som regel tillfredsställande resultat. De nedkylda områden som iaktogs vid takvinklarna här var av begränsad omfattning och orsakades av luftläckage genom otät fog vid bjälklagskanten.

Isoleringsutförandet i ytterväggarna syntes som regel vara tillfredsställande. Vissa defekter kunde dock iakttagas hos stödbensväggarna i övervåningen. Bristerna här torde bero på bristfällig utfyllnad av isoleringsmaterial i facken mellan reglarna i kombination med lokala otätheter hos konstruktionen.

Funktionen hos tätningen och drevningen kring fönster och dörrpartier var tillfredsställande med undantag av de partier som beskrivits ovan.

De svaga punkterna i husen med luftinläckning i mellanbjälklaget mm var ganska lika för alla hus och bedömdes inte ge någon skillnad i energiförbrukning mellan husen.

Efter mätårets slut har en översyn av vindsisolering och tätning vid mellanbjälklag gjorts i samtliga hus inom området.

4.5 Täthetsprovning

Med samma syfte att kartlägga byggnadstekniska olikheter beträffande husens täthet gjordes en provtryckning vid 50 Pa överrespektive undertryck enligt standardiserad provningsmetod (SP 1977:1).

Husens otäthet visade sig vara något högre än de då kommande kraven i SBN 1975 men ligger ganska väl samlade vid ca 5,0 oms/h. Vid normal ventilation ca 0,5 oms/h (dvs ett undertryck på ca 2 Pa) går kurvorna i stort sett ihop och husen bör uppträda på ett likvärdigt sätt. Även vid vindpåverkan då det statiska hastighetstrycket kan uppgå till högre värden torde skillnaden mellan husen bli liten då kurvorna ligger relativt väl samlade. Provtryckningsresultaten redovisas i fig 4.5.1.

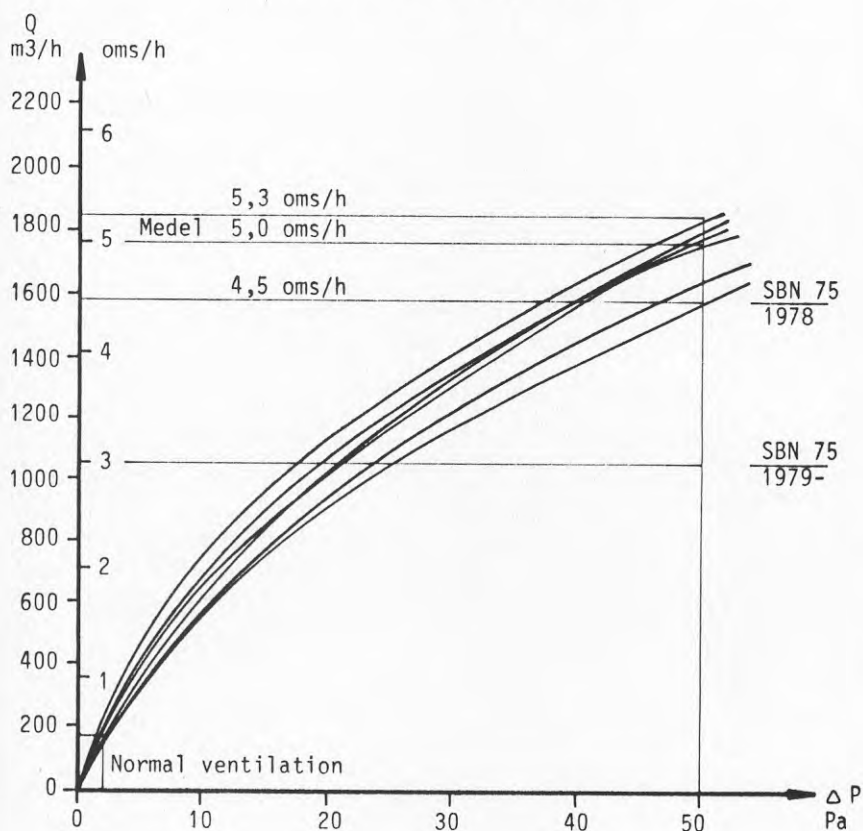


Fig 4.5.1 Provtryckningsresultat

4.6 Bullermätningar

Efter klagomål från husägarna i värmepumpshuset utfördes bullermätningar av dels värmepumpens allmänna ljudnivå i 3 punkter i husen och dels ljudnivån av smällar från en magnetventil (vilket var den egentliga orsaken till klagomålen).

Den allmänna ljudnivån från värmepumpen var lägre än bakgrundsnivån medan ljudmällarna hade en ljudnivå på ca 65 dB(A) vilket framgår av följande intyg från Statens Provningsanstalt:



INTERN- Inlyg nr 77030,112

STATENS PROVNINGSANSTALT

Uppdragsgivare A3
Föremål Värmepumpar
Inkom

Uppdrag Ljudnivåmätning på värmepumpar, Slagavägen 3-17, Bålsta. Se bilagorna 1-3.

Mätningar utfördes den 5 oktober 1978 i mikrofonpositioner enligt bilagorna 2 och 3. Med värmepumparna i drift kunde ej någon ljudnivå från värmepumparna uppmätas. Nedan angivna värden härrör från bakgrunds-nivån.

Pos. 1	Mitt på husets baksida, 2 m från fasad	38-42 dB(A)
Pos. 2	Sovrum 2, stängt fönster	22-25 "
Pos. 3	- " - , öppet fönster	27-30 "
Pos. 4	Sovrum 3, stängt fönster	22-25 "
Pos. 5	- " - , öppet fönster	27-30 "

Den 27 oktober 1978 utfördes mätningar vid Slagavägen 5, sovrums 3, med stängt fönster. Mätningarna avsåg impulsartat buller alstrat av en magnetventil vid tillslag av värmepumpen. För att nedbringa mättiden tvångsstyrdes värmepumpen via sin termostat.

Mätvärden avlästes med ett instrument med "impuls hold" funktion, enl IEC 179 A.

Angivna värden anger max-och min-värden för 5 st avläsningar.

Pos. 4 Sovrum 3, stängt fönster 63-68 dB(A), 72-77 dB(L)

Stockholm 1978-11-13
STATENS PROVNINGSANSTALT
Avdelning Stockholm
Fysikaliska laboratoriet

Rolf Wolf
Rolf Wolf

Fredrik von Essen
Fredrik von Essen

Ljudsmällarna från magnetventilen förklarades av leverantören med att de moderna klenrörssystemen kräver höga vattenhastigheter som vid magnetventilens växlingar orsakar tryckvågor som fortplantar sig i rörsystemet. Dessa besvär har man försökt eliminera med bl a back- och reduceringsventiler utan nämnvärt resultat. Leverantören har under de två år pumparna varit installerade icke trots upprepade påstötningar lyckats lösa problemet.

5 FÖRLUSTER

5.1 Värmeförluster från elslinga i grund längs yttervägg

Att beräkna energiflödet från en elvärmeslinga är svårt utan komplicerade datorberäkningar. Vi har därför valt att manuellt använda en grovt förenklad modell med antagandet att stationär, linjär värmeledning föreligger. Kantbalksutformningen framgår av figur 5.1.1

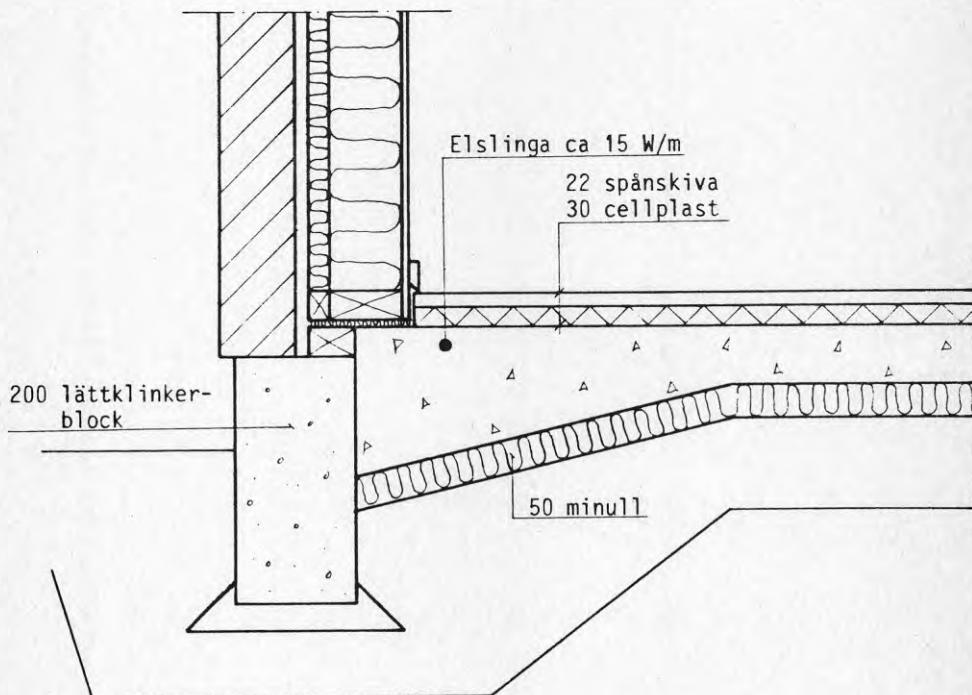


Fig 5.1.1 Kantbalksutformning med elvärmeslinga i referenshus 9-12

Vid denna förenklade beräkning blir resultatet att effektförlusterna ut genom sockel och yttersta delen av plattan skulle bli ca 14 W/m med värmekabel och ca 5 W/m utan dvs en extra värmeförlust på ca 9 W/m med värmekabel.

Med en kabellängd på 38 m varav ca 12 m mot garage ger detta en energiförlust på ca 200 kWh/mån när värmeslingan är inkopplad.

Referenshusen 9-12 hade elslingan inkopplad i medeltal ca 5 mån vilket ger en medelförlust av ca 1.000 kWh.

5.2 Värmeförluster i rör till radiatorer

Om motsvarande förenklade beräkningar görs för de vattenburna värmesystemen blir effektförlusten ca 11 W/m vilket motsvarar en energiförlust på ca 300 kWh/mån. Skillnaden mellan vattenradiatorhusen och elhusen är att elslingan går att stänga av medan radiatorrören hela tiden avger värme så länge termostaten kallar på värme till huset. Antalet eldningsdagar var för de aktuella husen ca 260 dagar dvs ca 9 mån. Vilket ger en medelförlust för värmepumpshuset av ca 2.700 kWh dvs ca 1.700 kWh mer än för referenshusen.

Radiatorrörens placering och kantbalkens utformning framgår av figur 5.2.1.

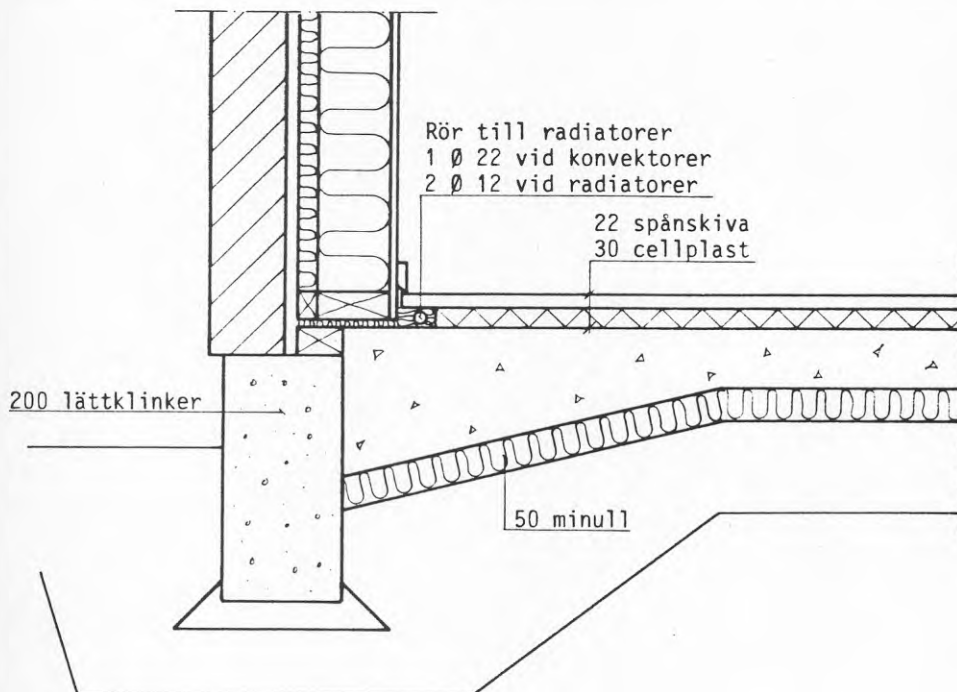


Fig 5.2.1 Kantbalksutförning med värmerör till radiatorer i värmepumpshus 1-8

5.3 Värmeförluster i värmepump med anslutningar

Värmepumpens placering utanför huset har sina uppenbara fördelar vid anslutning till både nya och befintliga värmeanläggningar. Tyvärr är ur energisynpunkt inte placeringen lika lämplig. Värmepumpen har i detta fall anslutits till värmeanläggningen med 2 st rör $\varnothing 22$ med 10 mm armaflexisolering (en typ av skumplast) enligt fabrikantens anvisningar. Rören är ca 1,2 m långa utanför yttervägg, men kan vid ogynnsam placering av värmepumpen bli avsevärt mycket längre.

Medelutemperaturen var ca $+4,5^{\circ}\text{C}$ under värmepumpsdrift och ca $+2,5^{\circ}\text{C}$ när värmepumpen stod stilla. Genom att cirkulationspumpen hela tiden driver vattnet genom värmepumpen ger detta en kontinuerlig effektförlust på ca 60 W, som när pumpen står stilla matas med köpt elenergi och när pumpen är i drift utgör en icke uppmätt energitillförsel.

Värmepumpen är provad i laboratorium på KTH och resultaten finns presenterade i BFR-rapport R14:1979 (Holger Kraft m fl: Värmepumpar för bostadsuppvärmning). Vid dessa prov uppmättes effektförluster i kompressorn till ca 80 W vid drift och kontinuerliga effektförluster i värmeväxlare på ca 20 W. Dessutom sitter fläkten som suger luft förbi förångaren så placerad att värmen av fläktarbetet ej tas tillvara. Fläktens effekt är ca 150 W.

Medeldrifttiden för värmepumparna har varit 3.150 tim under provåret, alltså blir förlusterna av köpt elenergi i anslutningsrören $(24 \times 365 - 3.150) \times 60/1000 = 340 \text{ kWh/år}$ och i värmeväxlaren $(24 \times 365 - 3.150) \times 20/1000 = 110 \text{ kWh/år}$.

En sammanställning av värmepumpens energiförbrukning och förluster skulle då bli enligt figur 5.3.1. Som synes minskar kompressorners energivinst som är 4.040 kWh/år vid värmefaktorn 2,7 till en praktisk energivinst av 2.610 kWh/år vid värmefaktorn 1,9. Alltså tillför vi huset endast 65% av den producerade gratisenergin.

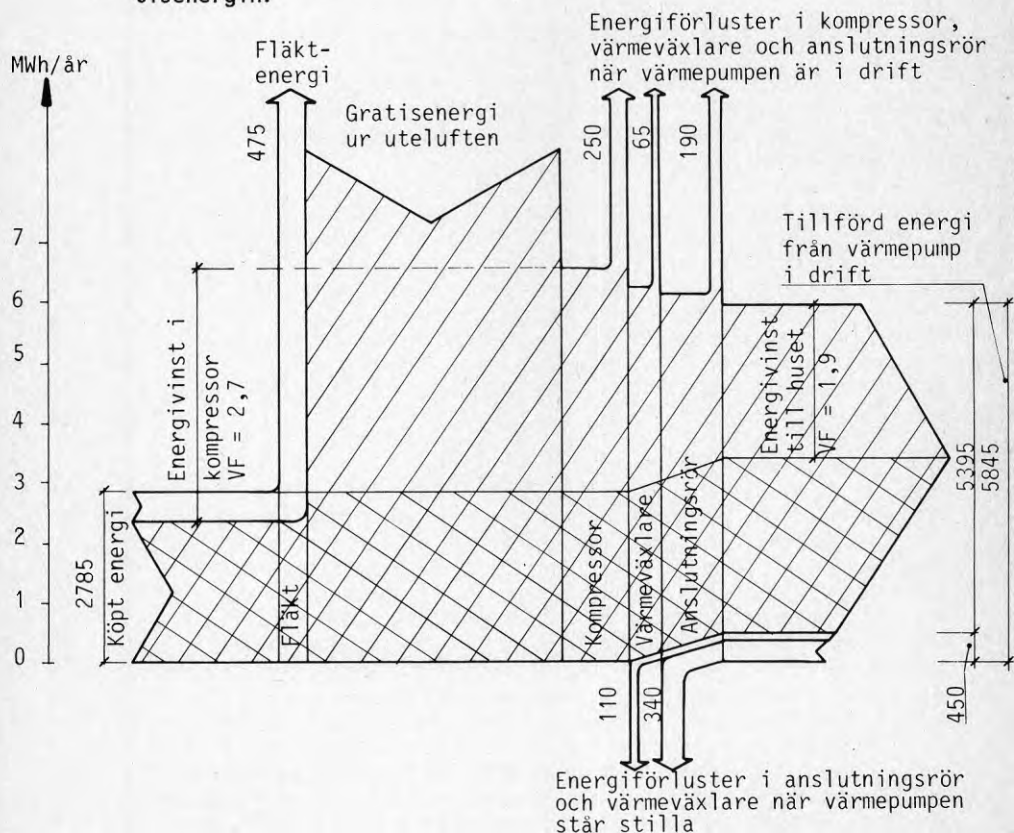


Fig 5.3.1 Värmepumpens energiförbrukning och förluster

5.4 Värmeförluster i varmvattenberedare och elpannor

Tomgångsförluster från de elektriska varmvattenberedarna och elpannornas varmvattenberedardel kan inte enbart räknas som förluster då en stor del av dessa tillförs huset som värme under vinterhalvåret. Förlusterna var dock mycket större än väntat och gav uppenbarligen upphov till övertemperaturer i tvättstugan under vår/sommar/höstperioderna.

Värmepumpshusens tomgångsförluster var vintertid ca 11,5 kWh/dygn och sommartid ca 6,0 kWh/dygn varav ca 2,0 kWh/dygn är drivenergi för cirkulationspump och reglerutrustning. Skillnaderna mellan vinter och sommar beror på att varmvattnet under vintern värms med elpatron till ca +80°C och under sommaren med värmepumpen till ca +50°C.

I referenshusens elvarmvattenberedare värms vattnet också till ca +80°C och med ca 7,0 kWh/dygn i tomgångsförluster (en förlusteffekt på ca 300 W). Teoretiskt skulle dessa varmvattenberedare med aktuell isolering ha en förlusteffekt på ca 150 W. Resterande 150 W uppstår rimligen i de köldbryggor som orsakas av rörgenomgångar, stativupphängning och elpatronanslutningen.

För elpannans varmvattenberedare är motsvarande förlusteffekter vintertid ca 400 W och sommartid ca 170 W exklusive cirkulationspump och reglerutrustning. Teoretiskt borde förlusteffekterna här ha varit ca 150 W vintertid och ca 60 W sommartid (beroende på den lägre vattentemperaturen). Varmvattenberedardelen i elpannan har alltså ca 100 W högre förlusteffekt än elberedaren. Dessutom har säkert panndelen med röranslutningar också avsevärda förluster även om dessa inte har varit möjliga att mäta. Detta bekräftas av att husägarna i värmepumpshuset har klagat på övertemperaturer i tvättrummet.

Förlusterna kommer dock till viss del huset tillgodo varför det är mycket svårt att uppskatta hur mycket dessa tomgångsförluster påverkar energiförbrukningen i husen. Om vi antar att pannförlusterna helt kan tillgodogöras huset, men att elvarmvattenberedaren ger övertemperaturer och direkta energiförluster för husen under april-oktober för värmepumpshuset och juni-augusti för referenshuset blir värmepumpshusets extra förlust:
 $(0,4 \times 3 + 0,17 \times 4 - 0,3 \times 3) \times 30 \times 24 = 700 \text{ kWh/år}$ mer än referenshusets.

5.5 Övriga förluster

Förutom de direkta energiförluster som finns redovisade tidigare i detta kapitel tillkommer de regleringsförluster som det tröga vattenburna värmesystemet ger jämfört med direktverkande elradiatorer. Trögheten medför i regel övertemperaturer vid snabbt minskat energibehov som t ex stigande utomhustemperatur eller solinstrålning genom fönster. Den gratisenergi som solinstrålningen ger kan alltså inte tas tillvara lika effektivt med de vattenburna värmesystemen. Hur mycket detta påverkar den totala energiförbrukningen är ytterst svårt att avgöra då solinstrålningen förutom väderstreckorienteringen är starkt beroende av husens individuella solavskärmning i form av skuggande träd, markiser, persienner, gardiner m m. Tidigare brukade antas att trögheten hos vattenburen värme gav ca 5-10% högre energiförbrukning (det skulle i detta fall motsvara ca 1.000-2.000 kWh/år). 10% reglerförluster hänför sig då till ej ter-

mostatreglerade vattenradiatorer.

I detta projekt har 6 av de 8 värmepumpshusen radiatortermostatventiler och 2 hus helt oreglerade konvektorer ("originalkonvektorn"). Med hänsyn till dessa faktorer ansätts reglerförlusten till ca 1000 kWh/år (motsvarar ca 5%).

6 TEORETISKT VÄRMEBEHOV OCH ENERGIBALANS

6.1 Allmänt om energibalans

Ett sätt att redovisa energibalansen är (Lindskoug, 1977) att balansera de energimängder som lämnar huset mot motsvarande energimängder som kommer in. Redovisningen kan antingen ges i tabellform eller som stapeldiagram enligt fig 6.1.1.

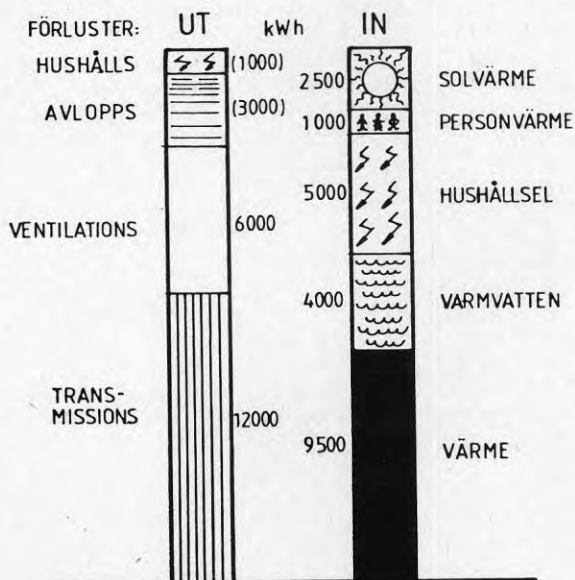


Fig 6.1.1 Energibalans redovisad i stapeldiagram

De utgående energimängderna är transmissionsförluster (genom golv, väggar, tak, fönster och dörrar), ventilationsförluster, förluster genom uppvärmt avloppsvatten som lämnar huset, samt hushållsförluster (elförluster).

Vid beräkning av transmissions- och ventilationsförluster används ett begrepp "gradtimtal" som kanske behöver förklaras närmare. I värmetekniska sammanhang används ett motsvarande begrepp "graddagtal" (som kontinuerligt publiceras i VVS-teknisk tidskrift). Skillnaden mellan $+17^{\circ}\text{C}$ och den aktuella dygnsmedeltemperaturerna är detta "graddagtal". Summan av alla "eldningsdagar" graddagtal är definitionsmässigt lika med ortens graddagtal. Gradtimtalet är en omräkning från $+17^{\circ}\text{C}$ till aktuell inomhustemperatur samt från dygn till timmar.

Exempel: Beräkning av normalt gradtimtal för Stockholm

$$\begin{aligned}
 \text{Antal graddagar (till } +17^{\circ}\text{C inne)} &= 3.570 \\
 \text{Antal eldningsdagar under året} &= 239 \\
 \text{Genomsnittlig temperaturskillnad} &= + 14,9^{\circ}\text{C} \\
 \text{Temperaturskillnad till } +21^{\circ}\text{C inne} &= 14,9 + (21 - 17) = 18,9^{\circ}\text{C} \\
 \text{Gradtimtal} &= 18,9 \times 239 \times 24 = 108.410^{\text{oh}} \\
 \text{vilket normalt avrundas till} &= 110.000^{\text{oh}}
 \end{aligned}$$

Transmissions- och ventilationsförluster kan sedan beräknas enligt Svensk Byggnorm (SBN 1975) kap 35:31 respektive 35:32 där ($l_m - LUT$) ersätts med gradtimtalet.

Förluster genom avloppet består av energiinnehållet i varmvatten från varmvattenberedaren, varmvatten från tvättmaskin (som normalt värms i maskinen) samt kallvatten som står stilla i rör och toalettstolar och tar upp värme från huset. Kunskapen om storleken på dessa förluster är mycket ofullständig men förlusterna brukar antas vara ca 70% av varmvattenförbrukningen från varmvattenberedaren (en del av värmen i varmvattnet tillgodogörs huset vid t ex bad m m).

Hushållsförluster är hushållselektricitet som inte kan utnyttjas för bostadens uppvärmning (t ex frånluft från torkskåp, forcerad köksventilation vid matlagning och all hushållsenergi under icke uppvärmningssäsong). Även kunskaper om denna post är mycket ofullständig och måste bedömas från fall till fall, men brukar sättas till ca 20% av totala hushållselförbrukningen.

De ingående energimängderna tas upp på motsvarande sätt och består av värme till värmesystemet, förbrukningsvarmvatten, hushållselektricitet, värme från människor samt tillvaratagen solvärme genom fönster.

Solinläckningen beräknas för en genomsnittlig avskärmning och följande schablonvärden per m² karmyttermått kan användas för Stockholm (Lindskoug, 1977).

Söder	260 kWh/m ² , år
Väster/öster	140 kWh/m ² , år
Norr	30 kWh/m ² , år

För fönsterorienteringar mellan dessa väderstreck görs lämpligen en grafisk interpolation med utgångspunkt från solvärdesdiagrammets utseende. Dessa värden förutsätter termostatstyrning av radiatorerna.

Personvärmen kan t ex sättas till 300 kWh/år för vuxna och 200 kWh/år för barn. Dessa siffror är inte särskilt väl underbyggda men kan användas i brist på bättre.

Hushållsel och varmvattenförbrukning brukar ofta uppskattas till ca 5.000 kWh/år vardera. Mätningar i detta projekt pekar dock mot att sådana siffror är en kraftig överskattning av åtminstone varmvattenförbrukningen. Värmebehovet till uppvärmningssystemet blir sedan en restpost i energibalansen.

6.2 Beräknat värmebehov

Beräkning av transmissionsförluster enligt Svensk Byggnorm (SBN 1975) kap 33 och 35 med reduktionsfaktor 0,8 för platta på mark ger i tabell 6.2.1 redovisade värden.

Tabell 6.2.1 Summa Area x k-värde (A_{xk}) inklusive köldbryggeförluster beräknade enligt SBN 1975, W/°C

Byggnadsdel	Mellanhus	Gavelhus	Krav enl SBN 1975 Mellanhus
Golv	15,2	15,8	21,2
Väggar	35,8	40,3	37,0
Tak	19,0	19,0	19,1
Fönster o dörrar	40,1	40,1	40,4
Vägg mot garage*	15,1x0,77	9,3x0,88	17,1x0,77
Köldbryggor mot det fria	14,5	16,4	-
Köldbryggor mot garage*	4,6x0,77	2,3x0,88	-
Summa	139,8	141,8	130,9**

* Vid summeringen har A_{xk} mot garage korrigerats för en högre medeltemperatur i garaget än utomhus.

** SBN 1975 anger inga preciserade krav på köldbryggor. Om aktuella köldbryggor adderas blir summa SBN 1975 148,9 W/°C.

Sammanvägning av gavelhus och mellanhus ger en medeloeffekt-förlust av 140,6 W/°C för värmepumpshuset och 140,3 W/°C för referenshusen.

Den kalla vintern vi haft 78/79 samt att området dessutom vid mätningarna i allmänhet varit ca 2°C kallare än SMHIs närmaste väderleksstationer (Västerås-Arlanda) ger ett högre gradtimal än normalt. Egna mätningar och uppgifter från SMHI ger en uppskattad medelutetemperatur av ca -0,3°C under uppvärmningssäsong och antalet eldningsdagar till ca 260 under mätåret.

Antal gradtimmar för +20,0°C inomhustemperatur blir då $(20,0 + 0,3) \times 260 \times 24 = 126.700$ h.

Transmissionsförlusterna blir då för värmepumpshuset $140,6 \times 126.700/1000 = 17.810$ kWh/år och för referenshusen $140,3 \times 126.700/1000 = 17.780$ kWh/år.

Ventilationsförlusterna kan beräknas ur uppmätta ventilationsflöden och formel 35:32b i SBN 1975. De uppmätta ventilationsmängderna är dock mycket osäkra med enbart stickprovsmätningar (jfr beskrivning av mätningarna i 3.4) och dessutom ger husens relativt stora otäthet en mycket svårbedömbart andel "ofrivillig" ventilation. Värmepumpshuset hade med fläkten på "sparläge" 0,13-0,21 oms/h (medelvärde 0,16 oms/h) och referenshusen 0,10-0,25 oms/h (medelvärde 0,17 oms/h). Till denna ventilation skall adderas forcerad ventilation vid matlagning och de luftmängder som ventilerats ut när fläkten ej har varit inställd på sparläge. Dessutom tillkommer som nämnts den så kallade "ofrivilliga" ventilationen, som vid stark blåst kan bli betydande. Husen ligger i ett ganska utsatt läge med stora öppna fält på en sida.

Allt detta sammantaget leder till att osäkerheten vid bedömning av ventilationsförlusterna är mycket stor. Vi antar därför dels att värmepumpshus och referenshus har haft lika stora ventilationsförluster och dels att dessa totalt har varit ca 0,3 oms/h i genomsnitt under uppvärmningssäsongen

Energibehovet för ventilation blir då ca 4.300 kWh/år.

6.3 Energibalans för provhus 1-8

Med utgångspunkt från de riktlinjer som skisserats i kap 6.1 och 6.2 har en energibalans upprättats för provhusen. Den redovisas i fig 6.3.1 och tabell 6.3.2 och raderna 10-14 (hushållsel, varmvatten, gratisenergi värmepump, driftenergi värmepump och elvärme) är uppmätta medelvärden för provperioden. Rad 1 (elförluster) är satt till 20% och rad 10 (hushållsel) och rad 2 (avloppsförluster) till 70% av rad 11 (varmvatten). Raderna 3 och 4 (ventilations- och transmissionsförluster) finns beräknade och kommenterade i kap 6.2. Raderna 5-7 (förluster i värmepump, rörledningar och elpanna) är beräknade och kommenterade i kap 5.

Solinstrålningen i rad 8 har beräknats enligt kap 6.1 och finns redovisad i tabell 6.3.1. Från den beräknade solinstrålningen har sedan reglerförlusten (på grund av den vattenburna värmens tröghet) enligt kap 5.5 subtraherats.

Tabell 6.3.1 Medelvärde solinstrålning för provhus 1-8

Fasad nr	Orientering från norr	Fönsterarea m ²	Solinstrålning kWh/m ² år	Summa solinstrålning kWh/år
1	260 ⁰	8,7	165	1.440
2	350 ⁰	-	30	-
3	80 ⁰	10,1	115	1.160
4	170 ⁰	-	260	-
Summa				2.600
Reglerförluster				- 1.000
				1.600

Personvärmens (rad 9) har beräknats enligt kap 6.1 för en medelfamilj med 2 vuxna och 1,5 barn. Slutligen har på rad 15 korriigerats för inomhustemperaturen så att energibalansen gäller för $t_i = +20,0^{\circ}\text{C}$.

Tabell 6.3.2 Energibalans för provhus 1-8 vid $t_i = +20,0^{\circ}\text{C}$

UT, kWh/år		IN, kWh/år		
1	Elförluster	900	8 Solinstrålning	1.600
2	Avloppsförluster	1.650	9 Personvärme	900
3	Ventilationsförluster	4.300	10 Hushållsel	4.510
4	Transm. förluster	17.800	11 Varmvatten	2.360
5	Förluster i värmepump	450	12 Gratisenergi värmepump	3.060
6	Rörförluster	2.700		
7	Förluster i elpanna och VVB	700	13 Driftenergi värmepump	2.790
			14 Elvärme	14.260
			15 Korrektion för $t_i = 20,9^{\circ}\text{C}$	- 980
Summa		28.500	Summa	28.500

Köpt energi = (10)+(11)+(13)+(14)-(15) = 22.940 kWh/år.

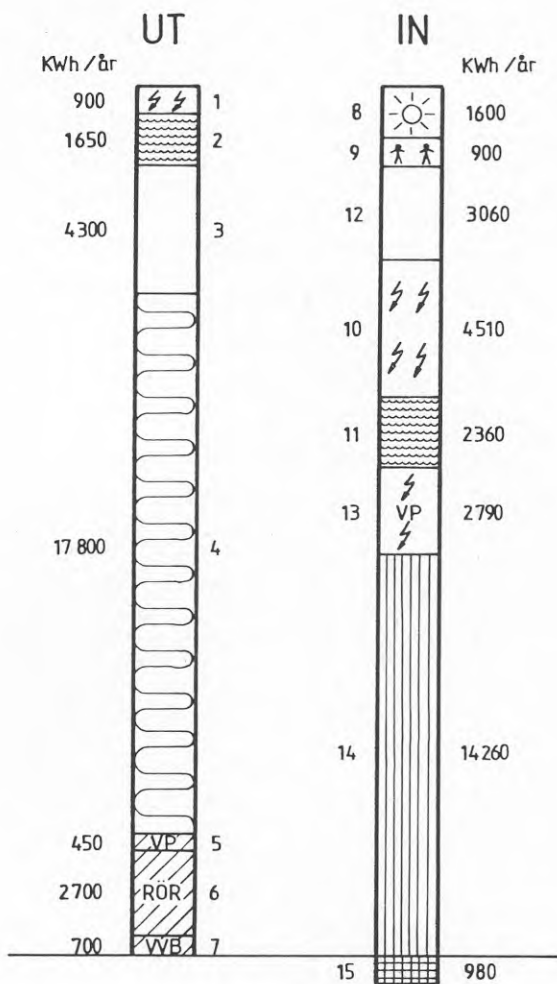


Fig 6.3.1 Stapeldiagram över energibalansen för provhus 1-8 vid $t_i = +20,0^\circ\text{C}$

6.4 Energibalans för referenshus 9-12

På motsvarande sätt som i kap 6.3 har energibalansen för referenshus 9-12 beräknats. Redovisning i tabell 6.4.1 och fig 6.4.1.

Rad 8 (solinstrålning) beräknas nu utan avdrag för reglerförluster, då utgångssiffrorna i kap 6.1 bygger på snabbreagerande termostater i ett icke trögt värmesystem.

Korrektionen för inomhustemperaturen (rad 15) blir här positiv då $t_i = +19,7^{\circ}\text{C}$

Tabell 6.4.1 Energibalans för referenshus 9-12 vid $t_i = +20,0^{\circ}\text{C}$

UT, kWh/år		IN, kWh/år		
1	Elförluster	800	8 Solinstrålning	2.600
2	Avloppsförluster	1.100	9 Personvärme	900
3	Ventilationsförluster	4.300	10 Hushållsel	4.180
4	Transm. förluster	17.800	11 Varmvatten	1.630
6	Förluster värmekabel	1.000	14 Elvärme	15.360
			15 Korrektion för $t_i = 19,7^{\circ}\text{C}$	+ 330
Summa		25.000	Summa	25.000

Köpt energi = (10)+(11)+(14)+(15) = 21.500 kWh/år.

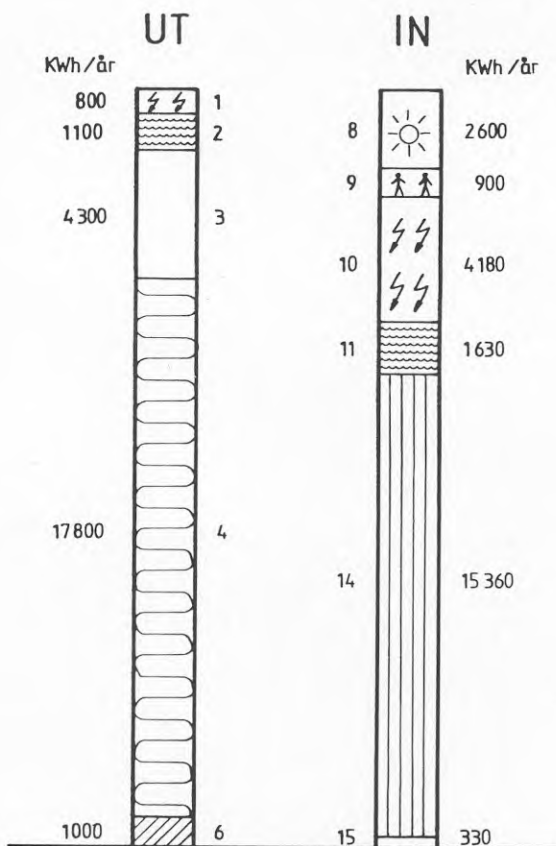


Fig 6.4.1 Stapeldiagram över energibalansen för referenshus 9-12 vid $t_i = +20,0^{\circ}\text{C}$

Referenshusen har haft en något lägre energiförbrukning för hus-hållsel och varmvatten med tillhörande lägre förluster. För att göra provhus och referenshus jämförbara bör el- och avloppsförluster sättas lika stora. Detta ökar då energibalansen (och därmed andelen köpt energi) för referenshus 9-12 med 100 kWh för elförluster och 550 kWh för avloppsförluster, totalt 650 kWh/år. Totalt köpt energi blir då 22.150 kWh/år för referenshus 9-12.

6.5 Individuell energibalans för varje hus

Försök gjordes även med en energibalansberäkning för varje hus. På grund av de grova antaganden och schabloniseringar som gjorts för ventilations-, rör- och pannförluster samt osäkerheten i bestämning av inomhustemperatur och verklig solinstrålning var dessa individuella energibalanser svåra att utföra. Speciellt

värmepumpshusen fick skillnader mellan in- och utgående balans på upp till +4.000 kWh/år, medan referenshusen som hade färre osäkra energiposter svängde från +250 till -950 kWh/år i obalans.

Trots dessa negativa resultat bör dock energibalanserna för medelhusen vara ganska säkra då de individuella variationerna försvinner i medeltalen.

7 UTVÄRDERING AV RESULTATET

7.1 Slutsatser ur energisparsynpunkt

Det vanligaste sättet att göra jämförelser ur energisparsynpunkt brukar vara att jämföra likadana uppvärmningssystem. Med en sådan jämförelse skulle energibesparingen med värmepumpen vara $3.060 - 450 = 2.610$ kWh/år i medeltal och variera från 750 till 4.340 kWh/år (= gratisenergi VP - förluster i värmepumpen när den står stilla, 80 W x stilleståndstiden).

Detta jämförelsesätt är dock inte ur samhällets och fastighetsägarens synpunkt speciellt intressant, utan varje energisparsystem bör i stället jämföras med det energisnålaste konventionella uppvärmningssystem som kan tänkas användas och det är normalt direktverkande elvärme. Vid en sådan jämförelse blir det tvärtom en förlust att byta till ett vattenburet värmesystem även om en värmepump kopplas till. Den uppmätta merförbrukningen av köpt energi var 2.740 kWh/år och om korrigering görs för olika inomhustemperaturer och högre förbrukning av hushållsel och varmvatten för provhusen, så blir resultatet att värmepumpshusen fortfarande har förbrukat ca 800 kWh mer köpt energi än referenshusen. Jämför uppställning i tabell 7.1.1.

Tabell 7.1.1 Förbrukning av köpt energi för värmepumpshusen och de 4 noggrant uppföljda referenshusen i kWh/år (Obs att i kap 4 är den okorrigerade jämförelsen gjord med 8 referenshus)

	<u>Referenshus</u>	<u>Värmepumpshus</u>	<u>Differens</u>
Köpt energi under mätåret	21.170	23.910	- 2.740
Korrigerig till inomhustemp +20,0°C	+ 330	- 910	- 1.430
Korrigerig för lägre förbrukning hushållsel	+ 100	-	- 1.330
Korrigerig för lägre varmvattenförbrukning	+ 550	-	- 780
Korrigerad köpt energi	22.150	22.930	- 780

Att byta ut direktverkande elradiatorer mot vattenburen elvärme med värmepump har alltså i detta fall förutom en avsevärt högre investeringskostnad även givit upphov till en högre energiförbrukning. Mer om kostnader och lönsamhet i kap 7.5.

Orsakerna till detta oväntade resultat framgår av kapitel 5 och 6 och några förslag till förbättringar som kunde ha vänt på resultatet presenteras i kapitel 7.4.

7.2 Konvektorer och radiatorer?

Efter korrigeringar av inomhustemperaturerna till +20°C och hushållsel- och varmvattenförbrukningarna till medelförbrukningen för värmepumpshusen blir totala energiförbrukningarna för konvektorhusen enligt tabell 7.2.1.

Tabell 7.2.1 Total energiförbrukning för konventorer respektive radiatorer i hus 1-8

Vattenradiatorer medelvärde 4 hus	25.780 kWh/år
Originalkonvektor	24.090 kWh/år
Originalkonvektor	26.470 kWh/år
Bachokonvektor	27.120 kWh/år
Bachokonvektor	26.870 kWh/år

Mätningarnas osäkerhet och de antaganden som måste göras i en energibalans där inte alla faktorer är kontinuerligt uppmätta gör att resultatet för enskilda hus tyvärr blir alltför osäkra. Någon bedömning av om radiatorer eller konvektorer är mera energisnåla går därför ej att göra på detta underlag. Tabell 7.2.1 visar att ett av konvektorhusen har lägre men tre har högre energiförbrukning än vattenradiatorhusen.

Helt klart är dock att den information som finns i fabrikantens broschyrer om en energibesparing på minst 30% för originalkonvektorn inte på något sätt har kunnat bekräftas av denna undersökning. Tvärtom pekar resultaten mot att energiförbrukningen är minst lika stor med konvektorer som med radiatorer. Effekten av en eventuell jämnare temperaturfördelning i rum med konvektorer än med radiatorer och därav möjlig allmän temperatursänkning kan icke spåras i denna lilla undersökning, utan kräver ett bättre statistiskt underlag med minst 20-30 hus av varje sort.

Stark kritik har dessutom riktats mot originalkonvektorn från husägarna för att den saknar möjlighet till individuell rumsreglering.

7.3 Praktiska erfarenheter av installation och drift

Installationen av de vattenburna värmesystemen och värmepumparna innebar inga större svårigheter, förutom vissa smärre störningar av t ex spikhål i något vattenrör med åtföljande vattenskada m m.

Problemen blev emellertid större i driftskedet. Fabrikanten och rörentreprenören visade sig ha oväntade svårigheter att kunna balansera in värmesystemen så att husen fick jämn värme. Otaliga påstötningar från husägarna och byggentreprenören medförde många servicebesök innan värmen fungerade tillfredsställande. I några fall fick cirkulationspumpen bytas ut till en större modell för att klara problemet.

Värmepumparna kunde vid servicebesöken under första halvåret inte justeras på grund av för låga utetemperaturer (detta var också orsaken till att mätåret försköts).

Under provåret har ett kompressorhaveri inträffat, en freonläckage tätats och diverse andra justeringar gjorts. Bland annat var känslkroppen för defrosterautomatiken felmonterad från fabrik i en pump, så att hela förångarpaketet blev en enda stor isklump.

Ett generellt problem har varit ljudsmällar från en magnetventil på elpannan. Smällarna fortplantades via rörsystemet och var mycket besvärande för husägarna. Fabrikanten har trots upprepade försök inte lyckats lösa problemet.

Dessa ljudsmällar och övriga driftsproblem, samt det faktum att värmepumpshusen inte sparade någon energi jämfört med de direktelvärmda husen utlöste den garantiöverenskommelse som gjorts mellan byggtreprenören och husägarna om att värmepumparna skulle återtagas. Nu har alla värmepumpar utom en på husägarnas begäran demonterats och återtagits av leverantören.

7.4 Förslag till förbättringar

Förutom rent mekaniska förbättringar av värmepumpen för att minska risken för driftsstörningar torde ett energioptimerat värmepumpsystem av denna typ behöva förbättras på följande punkter:

- Konstruktionen med förångarens fläkt förändras så att fläktenergin på något sätt kan tillföras huset.
- Värmeväxlare (kondensator) och anslutningsrör mellan värmepump och hus isoleras bättre.
- Trevägsventilen ersätts eller andra åtgärder vidtages för att eliminera ljudsmällarna.
- Elpannan med rördragningar isoleras bättre för att minska tomgångsförlusterna.
- Rör till radiatorer isoleras bättre för att minska rörförlusterna.
- Individuell rumsreglering med känsliga termostater för att minska trögheten och ge möjlighet att bättre ta tillvara solvärmen.

7.5 Kostnader och lönsamhet

Totala merkostnaderna för försökshusen har blivit ca 30-35.000 kronor/hus inklusive mervärdeskatt, störningskostnader, intrimningsproblem m m, men exklusive allt mät- och uppföljningsarbete.

I en serieproduktion under normala betingelser uppskattas merkostnaderna till ca 11-12.000 kronor/hus för den vattenburna värmen och ungefär lika mycket för värmepumpen dvs totalt ca 22-25.000 kronor/hus.

I befintlig bebyggelse med vattenburen värme och el- eller oljepanna kan kostnaden för anslutning av denna värmepump uppskattas till ca 15.000 kronor/hus.

Äldre bebyggelse, med större energibehov än nyproducerade hus, kan tänkas få en något högre energivinst ur värmepumpen genom att drifttiden kan ökas. Uppskattningsvis bör energivinsten kunna bli ca 3-5.000 kWh/år.

För beräkning av besparingen första året har följande antaganden gjorts:

- Energipris 0,17 kronor/kWh
- Marginalskatt 65%
- Ökat pantvärde vattenburen värme ca 10.000 kronor
- Ökat pantvärde värmepump+vattenvärme ca 20.000 kronor
- Ränta 5,5% inom pantvärde
- Ränta 12% utom pantvärde
- Amortering ca 1% inom pantvärde
- Amortering 15 år (= 6,7%) utom pantvärde

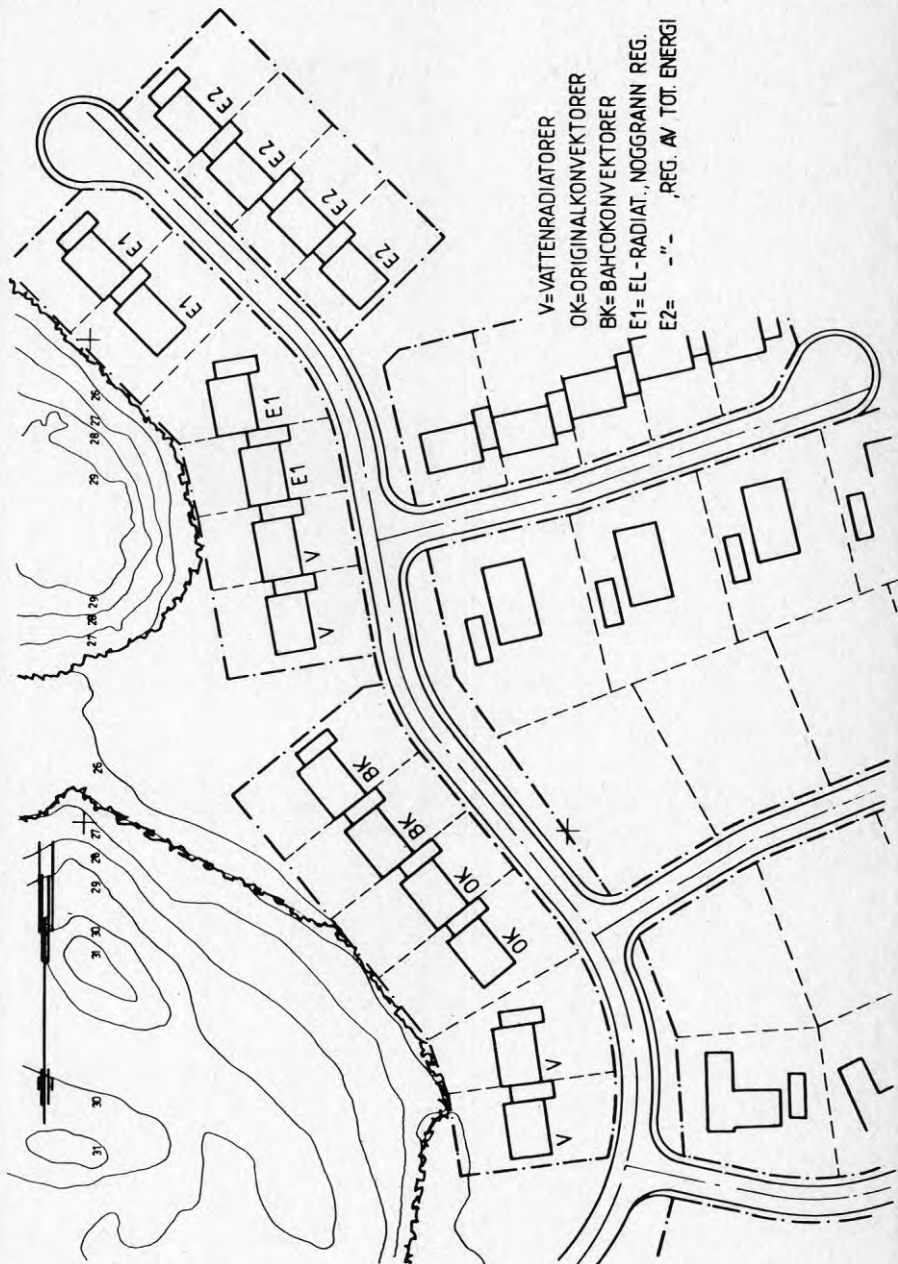
Payofftiden har beräknats som investeringskostnaden dividerat med årlig energibesparing i kronor.

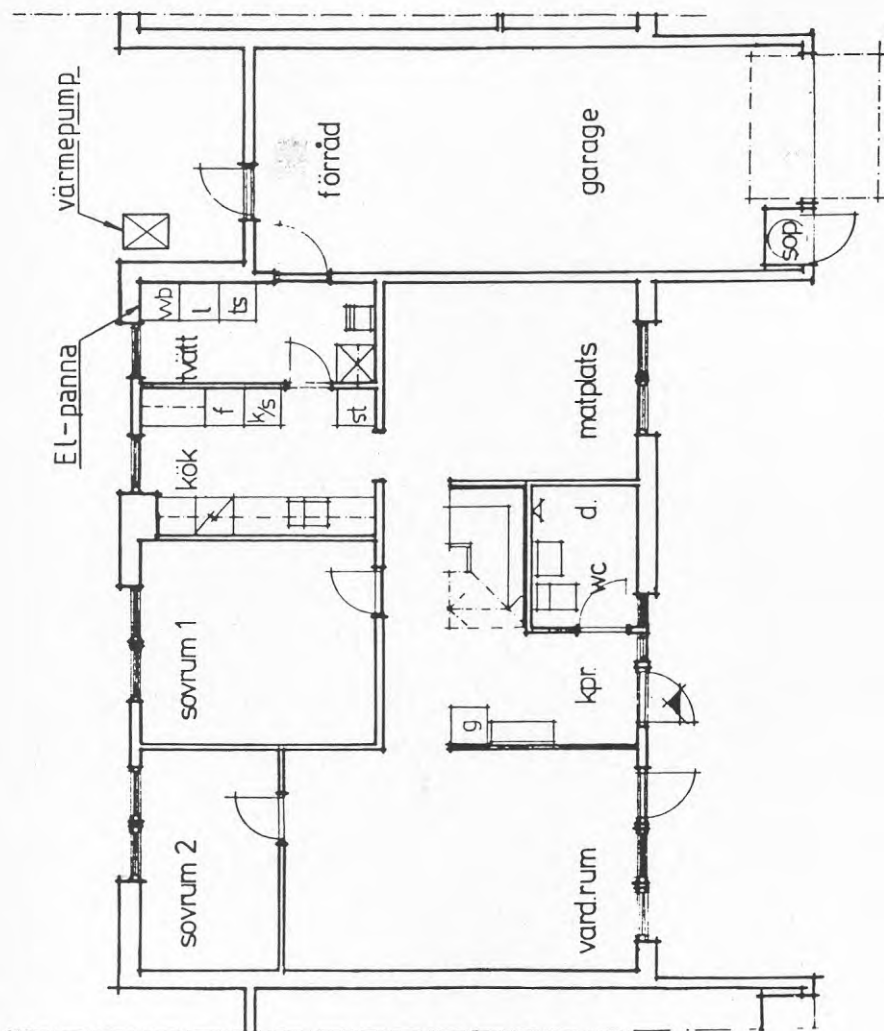
Tabell 7.5.1 visar en sammanställning av kostnader, besparingar samt payofftider för några alternativa uppvärmningssystem. Resultatet visar att besparingen första året blir noll eller negativ utan hänsyn tagen till service och underhållskostnader, som med erfarenhet av våra inkörningsproblem torde kunna bli ganska stora. Dessutom betalas då anläggningen delvis av med lån som är längre än systemens livslängd. Payofftiden 20-25 år skall jämföras med att värmepumpens livslängd rimligen är ca 10-15 år. Det är alltså svårt att se någon mening med att installera denna värmepump som normalt inte bör ge någon ekonomisk besparing för husägaren och inte heller förbättrar effektbehovet då den står stilla när effektbehovet är som störst.

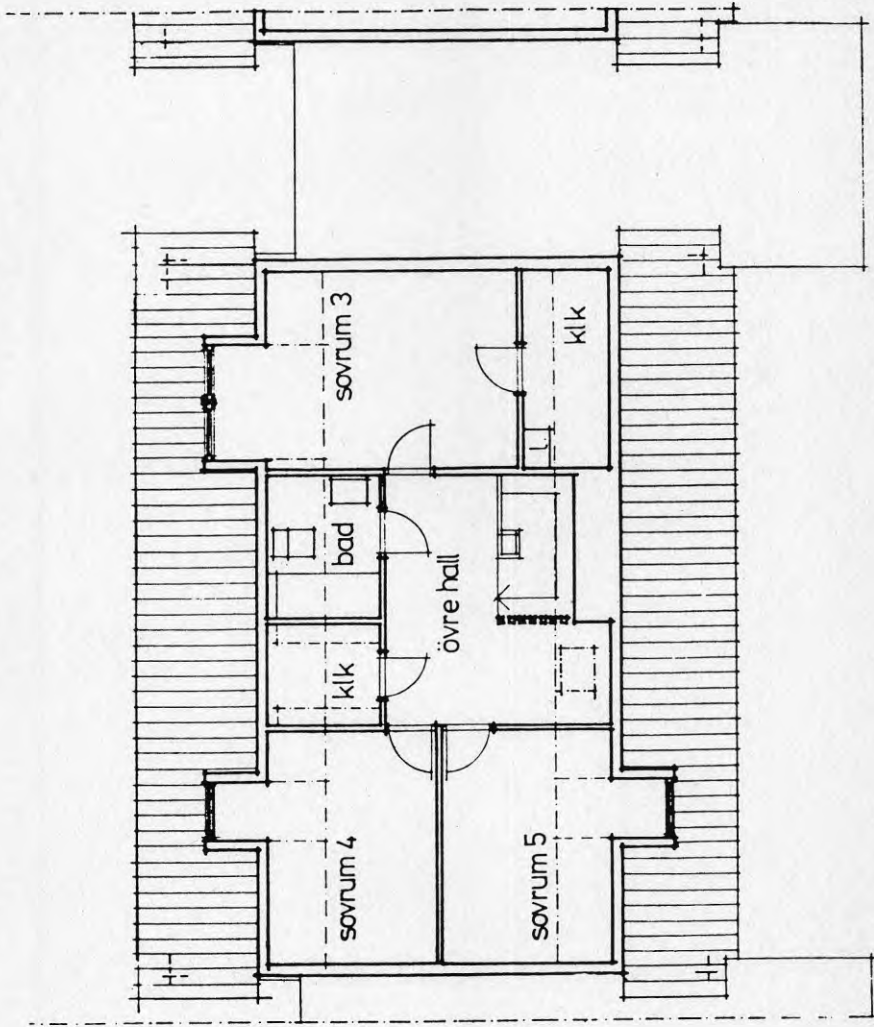
Tabell 7.5.1 Kostnader och lönsamhet med värmepumpen

	<u>Merkostnad</u> (kr/hus)	<u>Energibesparing</u> (kWh/år)	<u>Besparing</u> år 1 (kr)	<u>Payofftid</u> (år)
Nyproduktion:				
VPVV-E1	24.000	- 800	- 1.150	∞
VPVV-VV	12.000	3.000	0	24
Bef bebyggelse:				
VPVV-VV	15.000	4.000	- 150	22
VPVV = Värmepump + vattenburen värme				
VV = Vattenburen värme med elpanna				
EL = Direktverkande el				

BILAGA 1 Situationsplan



BILAGA 2 Planlösning bottenvåning

BILAGA 3 Planlösning övervåning

SKANSKA CEMENTGJUTERIET

ENKXT

2

STOCKHOLM

1979-09-14

4. Värmesystemen och informationen

Upplever Ni redan nu något negativt med värmesystemet: typ buller, att varmvattnet ej räcker till, eller andra problem?

 Nej

 Ja, nämligen

Anser Ni Er veta någorlunda hus systemet fungerar?

 Ja

 Nej

Hur har informationen varit?

 Bra

 Dålig På vilket sätt?

Tror Ni att värmepumpar och konvektorer kommer att medföra energibesparing och därmed ekonomiska fördelar i framtiden?

 Ja

 Nej
5. Övriga åsikter om försöken:

.....

TACK PÅ FÖRHAND FÖR ER MEDVERKAN!

Var vänlig skicka denna enkät till:

Sören Wiklund
 AB SKANSKA CEMENTGJUTERIET
 182 25 DANDERYD

BILAGA 5 Enkät 2

SKÅNSKA CEMENTGJUTERIET ENKÄT 1 (3)
 Småhusgruppen
 STOCKHÖLM S Wiklund/ID 1979-09-13

För att dels få en komplettering till utförda mätningar, dels en uppföljning av problemen med anknötning till värmepumpen måste vi be om Er hjälp med att besvara följande enkät.

1 Personuppgifter

Namn
 Adress Slagavägen
 Tel bost 0171-.....
 arb-.....

2 Familjens sammansättning nu

Den består av vuxna och barn i åldrarna,,
 år.

När skedde eventuell ökning/minskning av familjen?
 månad 197...

3 Boendevanor
 (gäller främst uppvärmningssäsongen, oktober-april)

Vilken rumstemperatur har Ni haft?

I övertvåningen, °C i sovrum
 , °C i övriga rum

I bottenvåningen, °C i sovrum
 , °C i övriga rum

Brukar Ni använda korsdrag vid fönstervädring?

<input type="checkbox"/> Ja	Hur ofta?	<input type="checkbox"/> Någon gång/vecka
		<input type="checkbox"/> En gång/dygn
<input type="checkbox"/> Nej		<input type="checkbox"/> Flera ggr/dygn

Om Ni svarat ja, hur lång tid brukar Ni ha öppet per gång?

Under 5 min
 5-15 min
 15-30 min

SKÅNSKA CEMENTGJUTERIET

ENKÄT

2

STOCKHOLM

1979-09-13

4 Gäller hus med direktverkande el-radiatorer

Hur har Ni haft golvvärmslingan inkopplad?

- Hela året
- Del av året, uppskattningsvis månader
- Inte inkopplad alls

5 Gäller hus med vattenburen värme och värmepump

Har Ni haft besvär med värmen?

- Ja
- Nej

Om Ni svarat ja, har Ni då haft

- injusteringsproblem? Ja Nej
- driftproblem (t ex i samband med omställning från vinter- till sommar drift)? Ja Nej
- serviceproblem vid fel på utrustningen? Ja Nej
- bullerstörningar från värmepumpen? Ja Nej
- Mycket besvärande Acceptabelt
- Besvärande Inte alls
- ljudsmällor från 3-vägsventil? Mycket besvärande Acceptabelt
- Besvärande Inte alls
- andra problem med värmepumpen? Ja Nej

I så fall vilka?

.....

.....

SKÅNSKA CEMENTGJUTERIET

ENKÄT

3

STOCKHOLM

1979-09-13

6 Gäller hus med konvektorer

Hur upplever Ni värmen från dessa?

 Bra Mindre bra

Eventuella synpunkter på konvektorerna?

.....
.....7 Kompletterad värmeinstallation

Har Ni kompletterat med el-värme i något utrymme (t ex förråd, garage, klädkammare e dyl)?

 Ja Nej

I så fall var och när?

.....

8 Är det någonting i övrigt som Ni känner till som kunnat förändra Er energiförbrukning under någon del av tiden Ni bott i huset? Beskriv i så fall vad och när!

.....
.....
.....

9 Övriga synpunkter:

.....
.....
.....
.....

TACK FÖR ER MEDVERKAN!

Var vänlig skicka denna enkät till:

Sören Wiklund
AB Skånska Cementgjuteriet
182 25 DANDERYD

BILAGA 6 Sammanställning av svar på enkät 1

1-2 Personuppgifter och vistelse i huset

Fam nr	Antal				Ingen i huset tim/dag
	Vuxna	Barn			
		< 6 år	7-14 år	> 15 år	
1	2	-	-	-	10
2	2	1	-	-	0
3	2	1	-	-	8
4	2	1	-	-	0
5	2	-	-	2	9
6	2	2	-	-	2
7	2	3	-	-	0
8	2	-	-	-	11
9	2	2	-	-	0
10	2	2	-	-	0
11	1	-	1	-	7
12	2	1	-	-	0
13	2	3	-	-	0
14	2	1	-	-	0
15	2	-	-	-	0
16	2	1	1	-	0

3 Boendevanor

Fam nr	Sover för öppet fönster		Vädning > 1/2 tim/dag		Rumstemperatur °C	
	Ja - när	Nej	Ja	Nej	Sovrum	Övriga
1		x		x	20	20
2		x		x	21	23
3		x		x	18	21
4		x		x	21	21
5		x		x	23	23
6		x		x	21	21
7	Sommartid			x	21	21
8		x		x	22	22
9		x		x	19	22
10		x		x	20	20
11		x		x	19	21
12		x		x	20	21
13		x		x	21	21
14		x		x	20	22
15		x		x	19	21
16	Vår - höst			x	17-18	20-21

4 Värmesystemen och informationen

Fråga: Upplever Ni redan nu något negativt med värmesystemet: Typ buller, att varmvattnet inte räcker till eller andra problem?

Svar: Nej = 3 st av 8 med värmepump.
Ja = 5 st av 8 med värmepump nämligen

- Smällar som fortplantas till hela huset vid "från- och tillslag i värmepannan". Möjlighet till individuell reglering saknas. Bullret från värmepumpen blir nog ett problem vår och höst när man befinner sig i trädgården.
- Skrammel och buller via konvektorer. Konstant lägre temperatur på övervåning och mycket kalla golv där.
- Buller. Det tar lång tid för varmvattnet att komma i kran.
- Högt ljud vid av- och påslagning av fläkten ute.

- Smällar. Vissa radiatorer blir ej varma.

Fråga: Anser Ni Er veta någorlunda hur systemet fungerar?

Svar: Ja = 8 st av 8 med värmepump
Nej = -

Fråga: Hur har informationen varit?

Svar: Bra = 5 st av 12 inbjudna
Hyfsad = 2 "- 12 "
Dålig = 2 "- 12 "
Ej besv = 3 "- 12 "

Fråga: På vilket sätt var informationen dålig?

Svar: - Obefintlig första månaden efter inflyttning.
- Informationen skulle varit för båda parter omedelbart vid inflyttning i huset.
- Pga arbete kunde vi inte delta på informationsträffen (1 husägare).

Fråga: Tror Ni att värmepumpar och konvektorer kommer att medföra energibesparing och därmed ekonomiska fördelar i framtiden?

Svar: Ja = 6 st av 8 st med värmepumpar
Nej = 2 "- 8 "-

5 Övriga åsikter om försöken:

- Ska bli intressesant att få se resultaten.
- Systemet kanske spar energi i ett nationalekonomiskt perspektiv. Däremot privatekonomiskt tror jag, om även kapitalkostnad och servicekostnad tas med, på förlust.
- Kommer troligen ej att bli ekonomiskt fördelaktigt för oss.
- Fullständig intrimming och installation borde varit klar till inflyttning. Intressant att på nära håll studera detta värmesystem då vi blivit lovade ta del av resultaten. Vi hoppas och tror att mätningarna skall motsvara förväntningarna.
- Mycket intresserad av resultatet.

BILAGA 7 Sammanställning av svar på enkät 2

2 Familjens sammansättning nu

Fam nr	Antal			Förändring i antal från enkät 1
	Vuxna	Barn		
		< 6 år	7-14 år	
1	2	1		+ 1 barn
2	2	1		
3	2	2		+ 1 barn
4	2	1		
5	2			2
6	2	2		
7	2	3		
8	2			
9	2	3		+ 1 barn
10	2	1	1	
11	1		1	
12	2	2		+ 1 barn
13	2	3		
14	2	1		
15	2	1		+ 1 barn
16	2	1	1	

3 Boendevanor

Fam nr	Rumstemperatur °C				Använder korsdrag?				Nej		
	Övervån		Bottenvån		Ja						
	Sovr	Övr	Sovr	Övr	ngn/v	lggr/d	>lggr/d			<5min	5-15min
1	20	20	20	20	x				x		
2	-	-	-	-							x
3	-	-	-	-							x
4	-	-	-	-							x
5	23	23	23	23	x				x		
6	-	-	-	-							x
7	20	15	21	20	x				x		
8	-	-	-	-							x
9	18	20	19	21	x				x		
10	20	19	19	19	x			x			
11	18	20	-	20							x
12	20	20	20	20							x
13	-	-	21	21							x
14	20	18	20	20							x
15	18	20	20	20							x
16	18	-	-	21	x			x			

4 Gäller hus med direktverkande el-radiatorer

Fråga: Hur har Ni haft golvvärmslingan inkopplad?

Svar:

Fam nr	Hela året	Del av året, uppskattn. vis antal månader	Inte in- kopplad alls
9		9 mån	
10		8 mån	
11		5 mån	
12			x
13		6 mån	
14		5 mån	
15		6 mån	
16		6 mån	

5 Gäller hus med vattenburen värme och värmepump

Fråga: Har Ni haft besvär med värmen?

Svar:

Fam nr	Injust- problem	Drift- problem	Service- problem	Ja								Nej		
				Buller				Ljudsmäll					Andra probl	
				A	B	C	D	A	B	C	D		Ja	Nej
1						x			x				x	
2	x	x	x		x				x					
3	x	x	x		x				x					
4	x	x	x		x				x					
5													x	
6	x	x	x		x				x					
7		x			x				x				x	
8	x	x	x		x				x					

A = Mycket besvärande

B = Besvärande

C = Acceptabelt

D = Inte alls

Fråga: Vilka andra problem?

Svar: Följande punkter framgår av gemensamt brev till SCG från de 8 husägarna:

- 1 Störande buller från fläktar i värmepump.
- 2 Kraftiga smällar och vibrationer i rör-system från värmepumpen. Detta har trots upprepade försök ej kunnat åtgärdats.
- 3 Spar ej förespeglad energimängd per år.
- 4 Då värmepumpen inkopplas vid låga ytter-temperaturer förmår ej systemet att hålla inställd innertemperatur.
- 5 Den stora mängd haverier under provtiden indikerar undermålig tillförlitlighet hos värmepumpen. Detta kommer att medföra höga underhållskostnader efter garantitidens slut.

6 Gäller hus med konvektorer

Fråga: Hur upplever Ni värmen från dessa?

Svar: Bra = 4 st
Mindre bra = - st

Eventuella synpunkter på konvektorerna?

- Stor nackdel att dessa inte går
att reglera individuellt.

7 Kompletterad värmeinstallation

Fråga: Har Ni kompletterat med el-värme i något utrymme?

Svar:

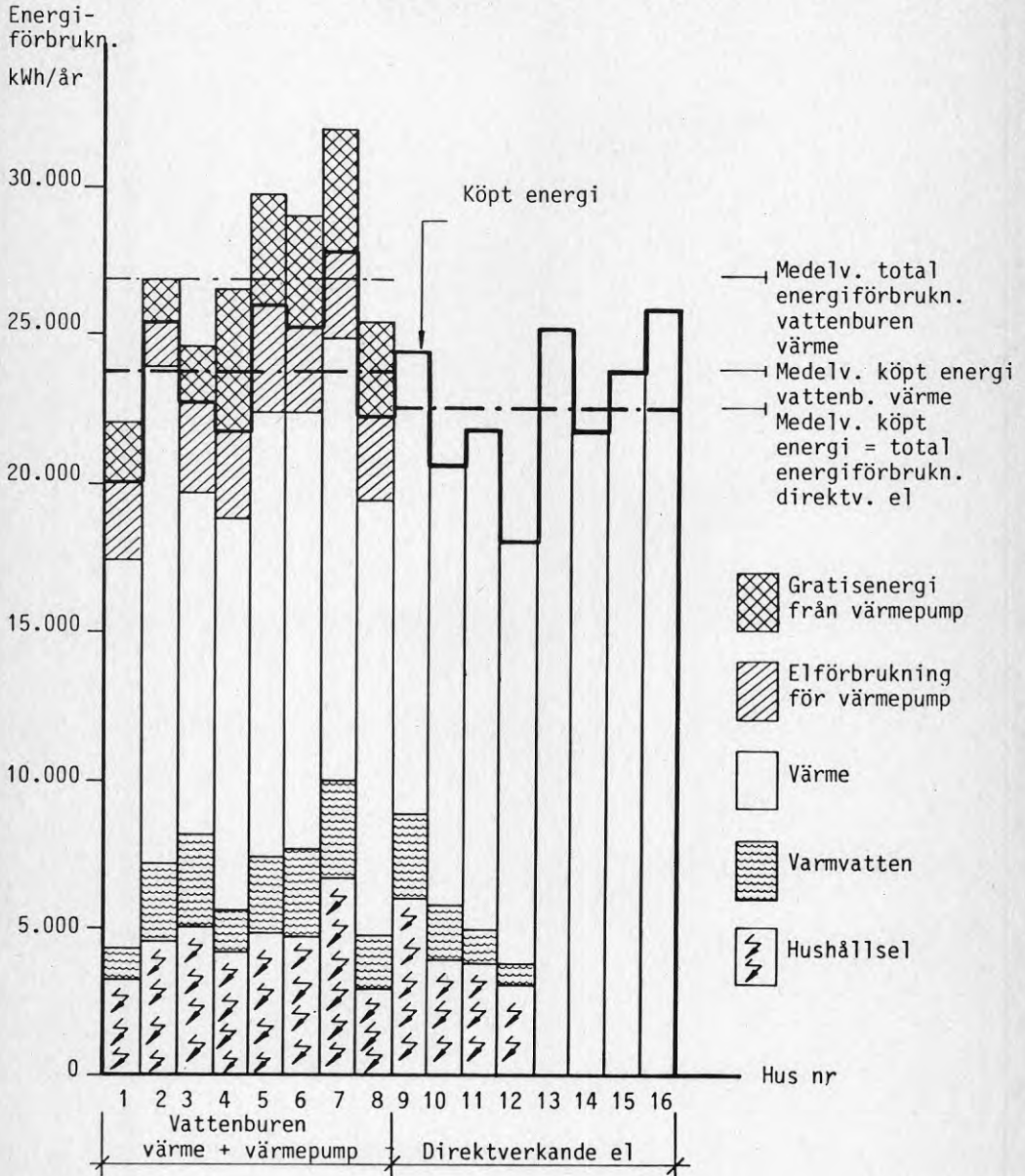
Fam nr	Ja		Nej
	Var?	När?	
1			x
2			x
3	Förrådet	Hösten 1977	
4			x
5			x
6	Förråd	Periodvis under vintern	
7			x
8			x
9	Förråd (värmefläkt)	3-4 dygn	
10	-		-
11	Klädkammare		
12			x
13	Garage (värmefläkt 1000W)	781201-790315	
14			x
15	Garage	780801-	
16	Garage och förråd	Hösten 1977	

- 8 Är det någonting i övrigt som Ni känner till som kunnat förändra Er energiförbrukning under någon del av tiden Ni bott i huset? Beskriv i så fall vad och när!

Fam nr	Svar
12	Sänker temperaturen när vi åker bort
13	Om isoleringen varit "ordentligt gjord" på övervåningen hade förbrukningen kanske varit lägre
15	Otät ytterdörr
16	Ibland har vi en extra frys igång

- 9 Övriga synpunkter
- När värmepumpen är igång och vi använder vissa köksutrustningar (t ex torkskåp, diskmaskin) går en huvudsäkring sönder (fam 7).
 - Se kommentar till punkt 5 (fam 1-8)!

BILAGA 8 Diagram över energiförbrukningen under tiden
78 03 28 - 79 03 28 = 365 dagar



BILAGA 9 Mätresultat hus 1-8

ÅRSRESULTAT 78 03 28 - 79 03 28 = 365 dygn

1 Hus nr	Sort	1	2	3	4	5	6	7	8	Medelv
2 System	V-rad	V-rad	V-rad	0-konv	0-konv	B-konv	B-konv	V-rad	V-rad	1-8
3 Inomhustemp	°C	+20,3	+21,4	+19,9	+20,6	+22,2	+21,1	+20,9	+20,9	+20,9
4 El-total	kWh	20.051	25.560	22.687	21.717	25.995	25.297	27.741	22.239	23.906
5 El-panna	kWh	10.162	13.278	9.087	10.417	12.107	12.298	12.215	12.132	11.462
6 El-VVB	kWh	4.045	6.202	5.517	4.157	5.492	5.416	5.947	4.440	5.152
7 El-VP	kWh	2.605	1.542	3.039	2.911	3.618	2.863	2.912	2.794	2.786
8 El-hushåll (4-5-6-7)	kWh	3.239	4.538	5.044	4.232	4.778	4.680	6.667	2.873	4.506
9 VM-VVB	kWh	1.072	2.619	3.030	1.381	2.645	2.876	3.339	1.876	2.355
10 VM-VP	kWh	4.682	2.869	4.912	7.682	7.406	6.072	7.223	5.911	5.845
11 Flöde VVB	m ³	35,8	57,0	77,8	41,6	61,8	68,6	72,1	46,3	57,6
12 Flöde VP	m ³	7.712	6.592	9.092	9.180	4.632	3.881	7.204	6.668	6.870
13 Drifttid VP	t:im	3.039	1.520	3.414	3.377	4.090	3.232	3.331	3.194	3.150
14 Energivinst VP (10-7)	kWh	2.077	1.327	1.873	4.771	3.788	3.209	4.311	3.117	3.059
15 Värmefaktor 10/7		1,8	1,9	1,6	2,6	2,1	2,1	2,5	2,1	2,1
16 Total energiförbr	kWh	22.128	26.887	24.560	26.488	29.784	28.466	32.051	25.356	26.965

Förklaringar:

- V-rad = Vattenradiatorer med termostatventiler
- 0-konv = Vattenkonvektor typ "Originalkonvektor"
- B-konv = Vattenkonvektor fabrikat Bahco med termostatventiler
- VVB = Varmvattenberedare
- VP = Värmepump
- VM = Värmemängd

BILAGA 10 Mätresultat hus 9-16

ÅRSRESULTAT 78 03 28 - 79 03 28 = 365 dygn

1 Hus nr	2 System	3 Inomhustemp	4 E1-total	5 E1-VBB+panna	6 E1-hushåll (4-5)	7 VM-VVB	8 Flöde VVB	9		10		11		12		13		14		15		16		Medelv 9-12	Medelv 9-16
								Sort	E-rad	E-rad	E-rad	E-rad	E-rad	E-rad	E-rad	E-rad	E-rad	E-rad	E-rad	E-rad	E-rad	E-rad	E-rad		
		°C	+19,7	+19,5	+20,1																				
		kWh	24.377	20.566	21.719	18.003	19,5																+19,7		
		kWh	18.328	16.618	17.988	15.030																	21.166	22.629	
		kWh	6.049	3.948	3.731	2.973																	16.991		
		kWh	2.793	1.744	1.215	747																	4.175		
		m ³	67,1	41,7	27,1	23,0																	1.625		

Förklaringar:

- E-rad = Direktverkande elradiatorer med påbyggd termostat
- VVB = Varmvattenberedare
- VM = Värmemängd

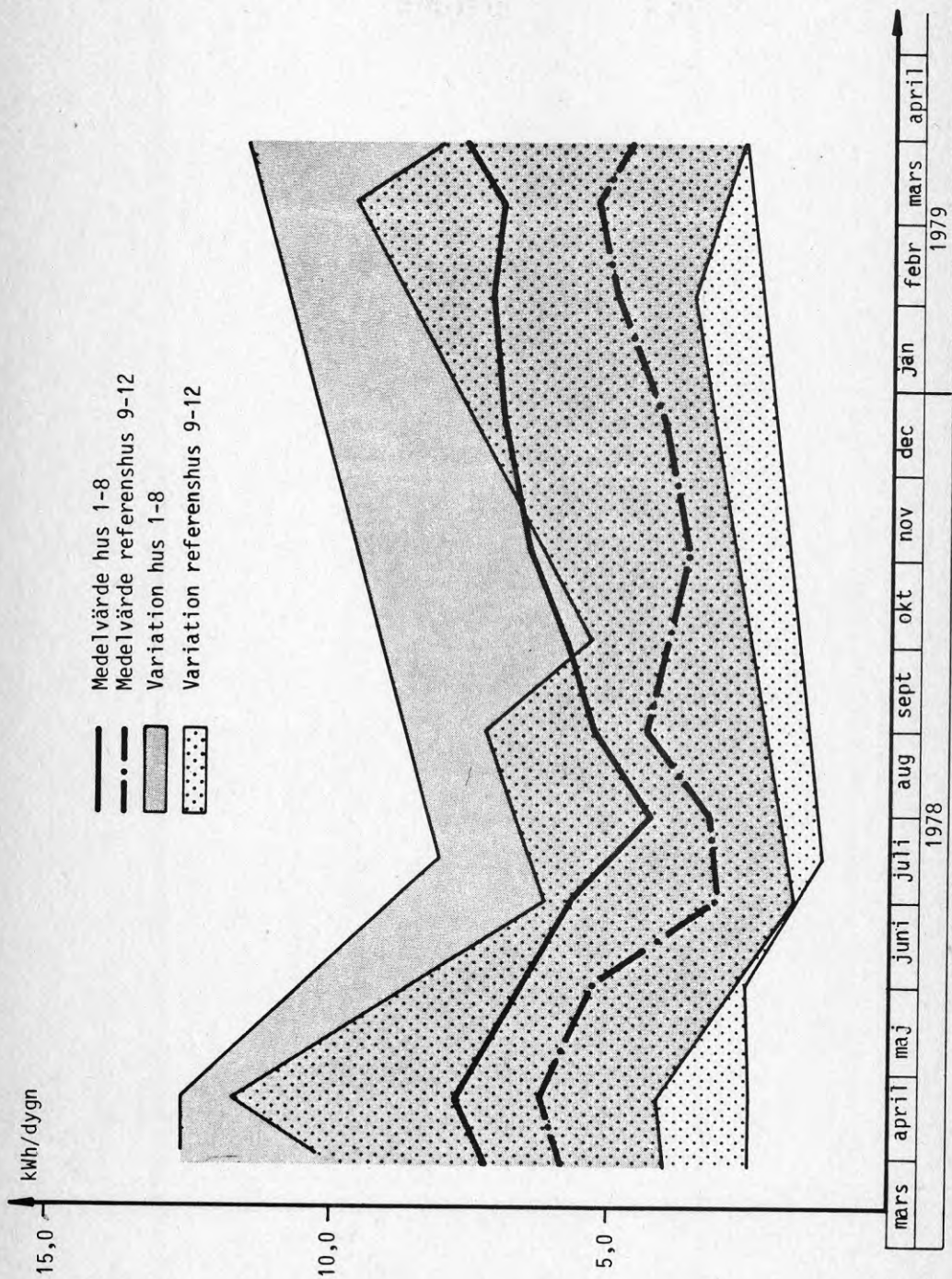
BILAGA 11

Exempel på sammanställning av dygnsmedelvärden under mätåret

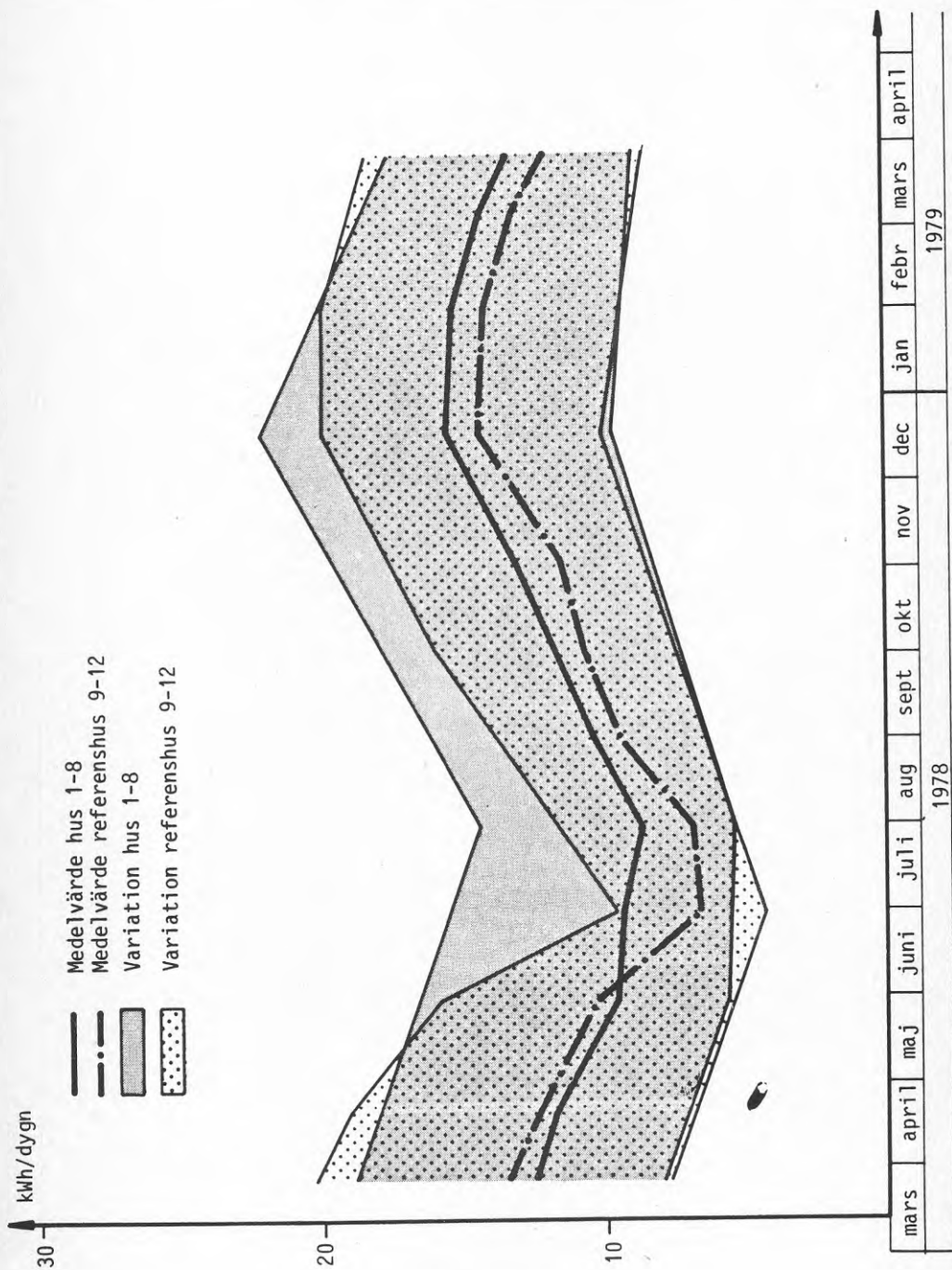
Hus 5

Datum	771114	780328	780516	780616	780717	780817	780914	781020	781117	790119	790215	790328	Medelvärde 780328-790328
ANT DAG FR FÖREG AVL	0	134	49	31	31	31	28	36	28	63	27	41	365 dygn
EL-TOT (kWh/dygn)		121,3	64,5	28,3	29,3	28,3	33,3	45,7	67,7	120,5	128,7	113,1	71,2
EL-TOT (kWh)		16.248	19.409	20.284	21.192	22.067	23.000	24.643	26.539	34.130	37.605	42.243	
EL-PANNA (kWh/dygn)		87,3	16,0	0	0	0	0	2,3	19,1	81,1	94,5	74,3	33,2
EL-PANNA (kWh)		11.694	12.476	12.476	12.476	12.476	12.476	12.557	13.093	18.203	20.755	23.801	
EL-WB (kWh/dygn)		16,3	18,6	9,8	9,8	9,1	10,0	11,9	16,1	19,6	18,9	19,2	15,1
EL-WB (kWh)		2.185	3.098	3.403	3.708	3.991	4.272	4.700	5.150	6.383	6.892	7.677	
EL-VP (kWh/dygn)		3,2	16,7	6,7	8,9	9,4	12,2	18,9	19,8	3,3	0	5,9	9,9
EL-VP (kWh)		431	1.250	1.457	1.732	2.022	2.363	3.044	3.598	3.807	3.807	4.049	
VM-WB (kWh/dygn)		7,2	9,1	8,4	6,3	4,3	5,4	6,3	6,8	8,2	7,8	7,7	7,3
VM-WB (kWh)		966	1.414	1.676	1.870	2.002	2.153	2.378	2.570	3.087	3.297	3.611	
FLO-WB (l/dygn)		152,5	227,7	144,8	169,8	123,6	154,4	179,9	167,7	171,7	159,7	157,5	169,4
FLO-WB (l)		20.430	31.590	36.080	41.350	45.180	49.500	55.980	60.670	71.490	75.800	82.260	
FLO-VP (m ³ /dygn)		8,9	12,8	15,6	15,1	14,1	12,8	10,1	10,2	12,2	12,1	12,4	12,7
FLO-VP (m ³)		1.197	1.823	2.307	2.776	3.214	3.573	3.936	4.222	4.994	5.321	5.829	
DRIFT-VP (h/dygn)		3,6	20,0	7,0	9,1	9,8	13,2	21,2	22,8	3,9	0	7,1	11,2
DRIFT-VP (h)		483	1.462	1.678	1.960	2.265	2.635	3.398	4.035	4.280	4.280	4.573	
VM-VP (kWh/dygn)		4,9	30,6	11,4	16,7	20,1	27,8	46,8	45,1	6,2	0	7,3	20,3
VM-VP (kWh)		654	2.154	2.508	3.026	3.648	4.426	6.112	7.374	7.762	7.762	8.060	
EL-HUSHÅLL (kWh/dygn)		14,5	13,2	11,7	10,6	9,8	11,1	12,6	12,7	16,5	15,3	13,8	13,1
EL-HUSHÅLL (kWh)		1.938	2.585	2.949	3.276	3.578	3.889	4.342	4.699	5.738	6.152	6.716	
AVG ENERGI VP (kWh/dygn)		1,7	13,9	4,8	7,8	10,7	15,6	27,9	25,3	2,8	0	1,4	10,4
AVG ENERGI VP (kWh)		223	904	1.051	1.294	1.626	2.063	3.068	3.776	3.955	3.955	4.011	
VÄRMEFAKTOR (/dygn)		1,5	1,8	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,3	1,9	-	1,2	2,1
EFFEKTBEHOV VP (W)		892	837	957	974	951	922	893	869	852	-	826	885
FÖRLUST VB (kWh/dygn)		9,1	9,5	1,4	3,6	4,9	4,7	5,6	9,3	11,4	11,1	11,5	7,8
FÖRLUST VB (kWh)		1.219	1.684	1.727	1.898	1.989	2.119	2.322	2.580	3.296	3.595	4.066	
TOT ENERGI FÖRBR (kWh/dygn)		122,9	78,4	33,0	37,1	39,0	48,9	73,6	93,0	123,3	128,7	114,5	81,6
TOT ENERGI FÖRBR (kWh)		16.471	20.313	21.336	22.486	23.693	25.063	27.711	30.315	36.085	41.560	46.255	

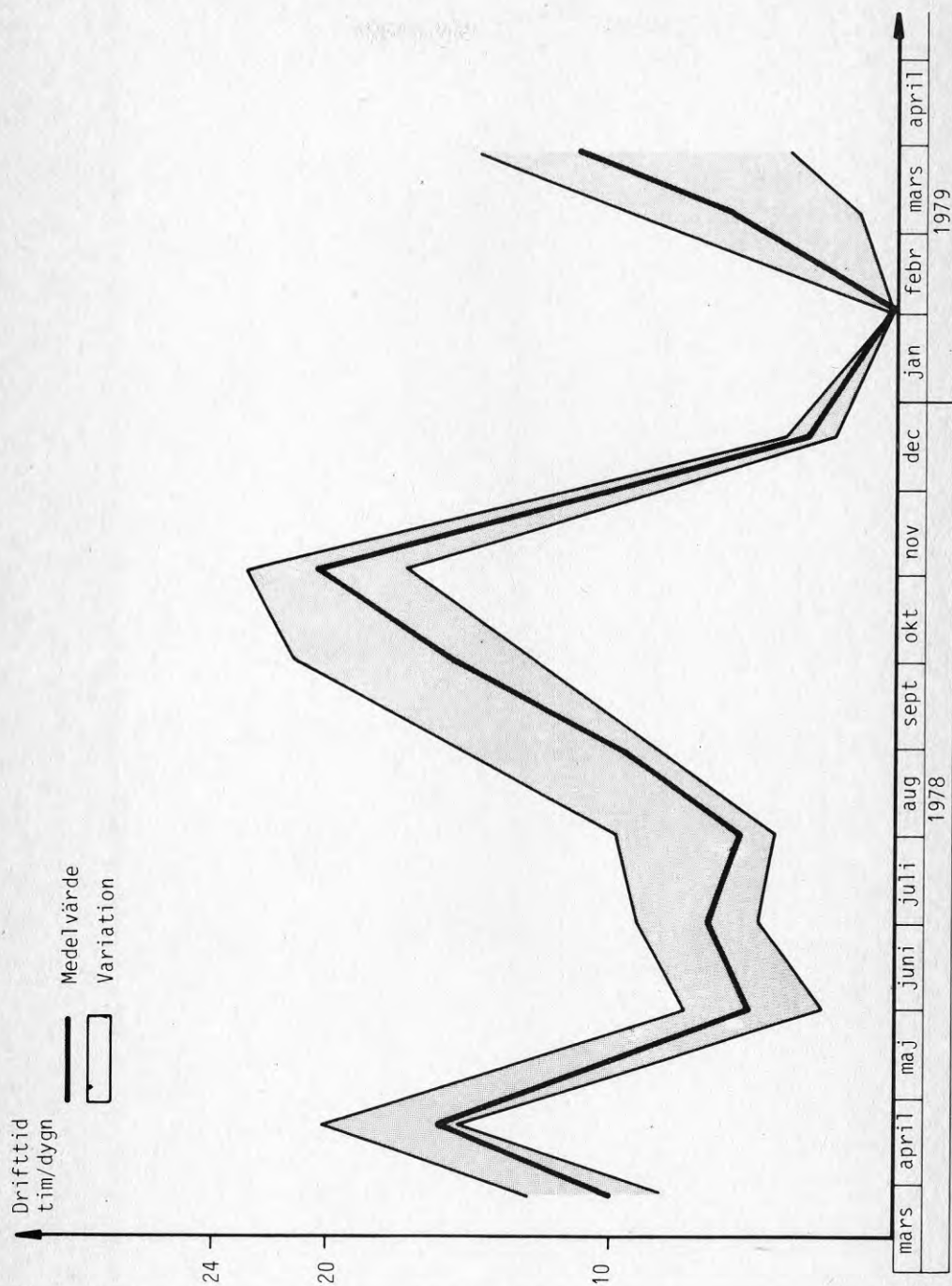
BILAGA 12 Energiförbrukning för varmvatten
Medelvärde och variationer under året

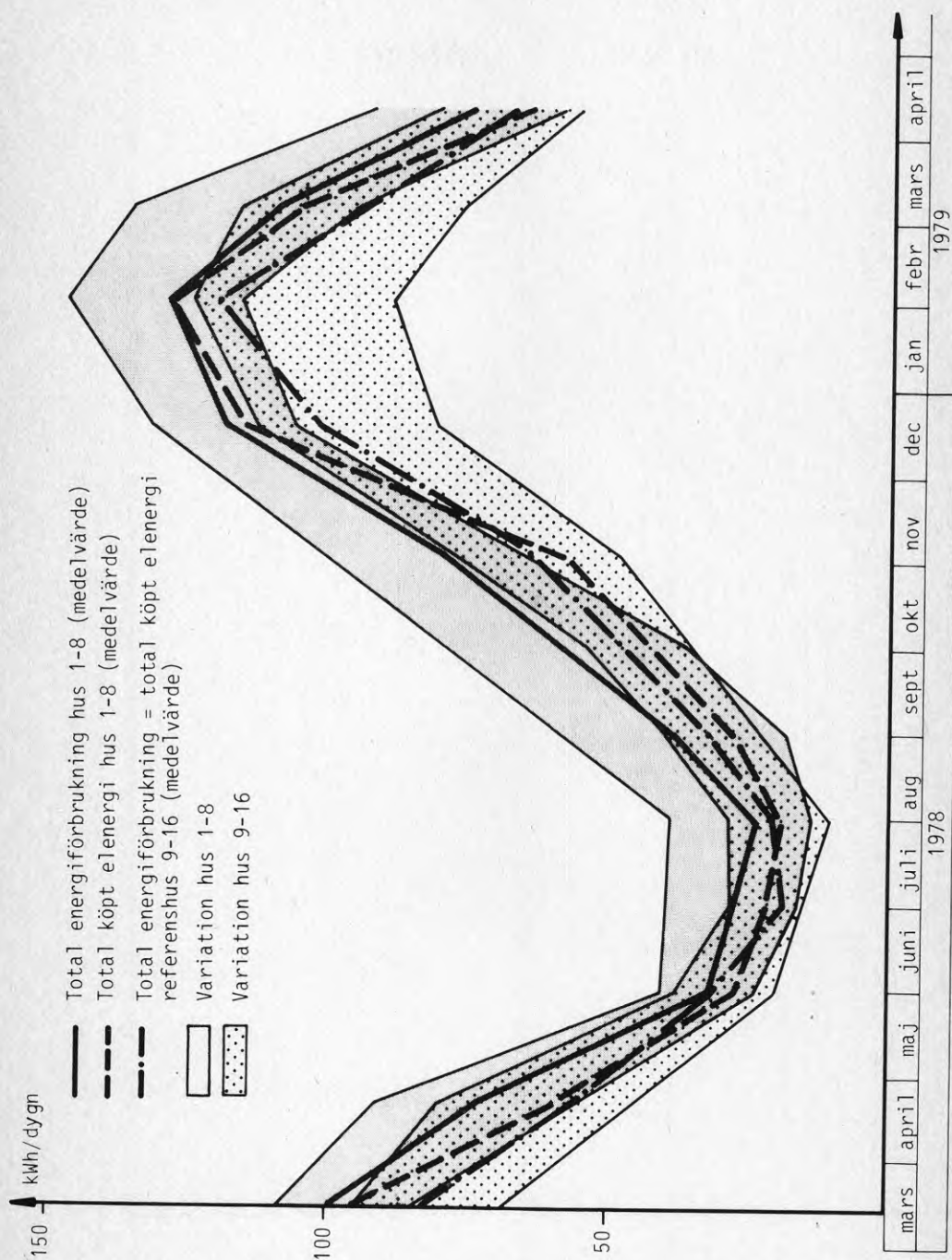


BILAGA 13 Hushållsel
Medelvärde och variation under året



BILAGA 14 Drifftid värmepump
Medelvärde och variation under året



BILAGA 16 Totala energiförbrukningens variation under året

BILAGA 17 Förteckning över använd mätutrustning



Sid 1(4)

Förteckning över använd mätutrustning vid mätning på provhus i Bålsta 1977-79.

	Hus nr	Fabrikat; beteckning	Onoggrann- het enligt fabrik	Kalibrerad	Korrektionsfaktor
Vattenmätare- värmepump	3	SVM;		1979-05-15	0,96
	5	SVMV- -1-2-5-	+ 5 % från 90 l/h	"	0,94
	7	-2-023-1		"	0,96
	9		+ 2 % från 250 l/h	"	0,94
	11			"	0,90
	13			"	0,87
	15			"	1,08
	17			"	0,96
Vattenmätare varmvatten	3	Hydro- meter,	+ 5 % från 30 l/h	1979-06-04	0,99
	5	SVM;		"	0,98
	7	SVMV- 1-2-6-	+ 2 % från 75 l/h	"	0,99
	9	-3-020		"	0,98
	11			"	0,98
	13			"	0,98
	15			"	0,99
	17			"	0,97
	19			"	0,96
	21			"	0,98
	23			"	0,95
	25			"	0,95



2(4)

	Hus nr	Fabrikat; beteckning	Onoggrann- het enligt fabrik	Kalibrerad	Korrek- tionsfaktor
Integrerings- verk	3-25	SVM; SVME- -65-1-5- -0-1-2-1	+ 1 % inom 50-100 % av mät- området + 2 % inom 25-50 % av mät- området + 4 % inom 10-25 % av mät- området	Före in- koppling	
Motstånds- termometer	3-25	SVM; SVMT- -1-02- -1-6-1	(± 0,2 °C beroende på mont)		
/ärmängds- mätare (integrerings- verk + monterade motstånds- termometrar) för vp-krets	3-5			1978-11-23	-
	7			"	1,36
	9-17			"	-
Temperatur- mätare (stickprov- mässiga mätningar)	3-25	Techno- term; Digital termometer 7600	<0,2 °C		



3(4)

	Hus nr	Fabrikat; beteckning	Onoggrann- het enligt fabrik	Kalibrerad	Korrektionsfaktor
kWh-mätare	3-25	ASEA- SKANDIA Typ T25 C A 2101030	+ 1,7 - - 1,8 % maximalfel enligt provnings- protokoll	1977-11-28	
Vindhastig- hetsmätare Givare		VAISALA WAA 11	± 1 % under 20 m/s ± 2 % mellan 20 och 40 m/s		
Instrument		VAISALA WAD 11	± 1,5 % av fullt skalutslag		
Ventilations- lufthastig- hetsmätare	3-25	PSI; AVM 501	10 % över 1 m/s 20 % mellan 0,2 och 1 m/s		
Anemometer		Wallac		metodfel ± 5 %	
Termohygro- meter		Thermo- Hydrograph R Olsson AB Ota Keiki Seisakusho Co Ltd	± 1 °C ± 5 % rel fukt		



4(4)

Hus nr	Fabrikat; beteckning	Onoggrann- het enligt fabrik	Kalibrerad	Korrek- tionsfaktor
Punktskrivare	Philips PM 8235	$\pm 0,25 \%$ av fullt skalutslag		
Linjeskrivare	Houston Instrument Omniscribe	max fel $\pm 0,1 \%$ av fullt skalutslag		

FIGURFÖRTECKNING

- 3.1 a Mätschema för hus nr 1-8 med vattenburen värme och värmepump
- 3.1 b Mätschema för referenshus nr 9-12 med direktverkande elvärme
- 4.5.1 Provtryckningsresultat
- 5.1.1 Kantbalksutformning med elvärmeslinga i referenshus 9-12
- 5.2.1 Kantbalksutformning med värmerör till radiatorer i värmepumpshus 1-8
- 5.3.1 Värmepumpens energiförbrukning och förluster
- 6.1.1 Energibalans redovisad i stapeldiagram
- 6.3.1 Stapeldiagram över energibalansen för provhus 1-8
 $t_i = +20,0^{\circ}\text{C}$
- 6.4.1 Stapeldiagram över energibalansen för referenshus 9-12 vid $t_i = +20,0^{\circ}\text{C}$

LITTERATUR

Lindskoug N-E & Wolgast M, 1976, Energisnåla hus. Centrala Driftledningen, Stockholm.

Lindskoug N-E & Wolgast M, 1977, Bygga & bo på åttiotalet. Ingenjörskörlaget, Stockholm.

Svensson A, 1977, Metoder för mätning av luftflöden i ventilationsinstallationer. Bygghörsnings informationsblad B4:1977, Stockholm.

Kraft H, Fehrm M & Hill A, 1979, Värmepumpar för bostadsuppvärmning. Komponent- och systemstudier. Bygghörsningen, Stockholm.

Andersson K-A & Pettersson U, 1979, Luft-luftvärmepumpar i småhus. Fältundersökning i Viksjö, Järfälla. Bygghörsningen, Stockholm.

Värmepumpar, Symposium i Stockholm 20-21 mars 1979. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

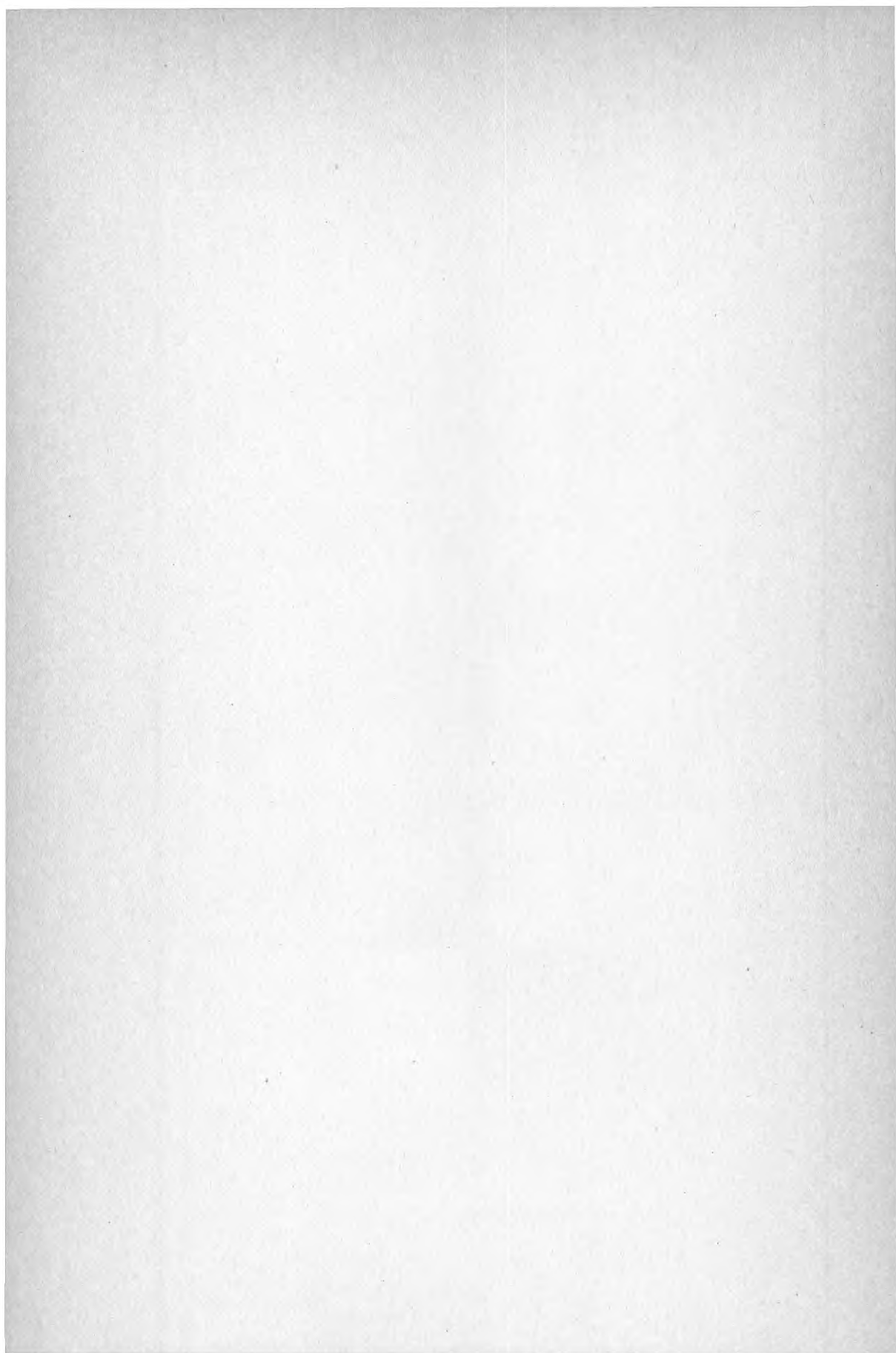
Heat pump technology, Symposium i Stockholm 21 mars 1979. VVS-tekniska föreningen, BFR, STU & IVA, Stockholm.

Svensk Byggnorm, (SBN) 1975 med kommentarer, Statens planverk, Stockholm.

Värmepumpar, Sammanfattning av erfarenheter, 1978, Kraftverksföreningens utvecklingsavd VAST (nr 78:68), Stockholm.

Viktigt och elementärt om värmepumpar, 1978, Kraftverksföreningens utvecklingsavd VAST (nr 78:91), Stockholm.

Värmepumpar för lokaluppvärmning, leverantörsförteckning, 1979, Kraftverksföreningens utvecklingsavd VAST (nr 79:7), Stockholm.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 770401-8
från Statens råd för byggnadsforskning till AB Skånska
Cementgjuteriet, Stockholm.**

R131: 1980

ISBN 91-540-3356-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700231

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirkapris: 30 kr exkl moms