



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.



## Akkumulatorsystem för soluppvärmning av mindre byggnader med tillskottsvärme från fasta inhemska bränslen

**Helena Willman**  
**Henry Willman**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Acenr	80-1834
Plac	Ser

V  
ANT

Bygghorskningsrådet

Ser

**BYGGDOK**

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

R117:1980

ACKUMULATORSYSTEM FÖR SOLUPPVÄRMNING AV  
MINDRE BYGGNADER MED TILLSKOTTSVÄRME  
FRÅN FASTA INHEMSKA BRÄNSLEN

Helena Willman  
Henry Willman

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780507-0  
från Statens råd för byggnadsforskning till HEWAB -  
Henry Willman AB, Tyresö.

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

R117:1980

ISBN 91-540-3342-X  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1980 056143

## INNEHÅLL

	Beteckningar.....	5
	SAMMANFATTNING.....	7
1	INLEDNING.....	11
1.1	Energisituationen.....	11
1.2	Energilagring.....	12
2	ARBETETS MÅL OCH SYFTE.....	15
3	SYSTEMUTFORMNING.....	17
3.1	Funktionskrav för tillskottsvärmen.....	17
3.3	Flexibilitet.....	18
4	ANLÄGGNINGSPROJEKTERING.....	19
4.1	Klimatförhållanden.....	19
4.2	Energiåtgång och anläggningsprojektering.....	19
4.3	Effekt på tillskottsvärmepannan.....	20
4.4	Radiatordimensionering.....	20
4.5	Värmeförlustberäkningar.....	21
4.6	Byggnaders värmekapacitet.....	22
4.7	Temperaturfall vid oeldat hus.....	23
4.8	Akkumulatorkoppling.....	25
5	BERÄKNINGSEXEMPEL.....	27
5.1	Beräkning av värmeförluster ( värmebehov ).....	27
5.2	Beräkning av värmepannan.....	28
5.3	Beräkning av tidskonstanten R.....	28
5.4	Temperaturfall vid oeldat hus.....	29
5.5	Beräkning av ackumulatorstorlek.....	30
5.6	Kontroll av ackumulatorstorlek med hänsyn till månadsutjämning.....	30
5.7	Beräkning av solfångarytan.....	31
5.8	Nyttiggjord solenergi.....	33
6	EKONOMI.....	35

## TABELLER OCH BILDER

Tabell 1.....	36
Bild 1.....	37
Bild 2.....	38
Bild 3.....	39
Bild 4.....	40
Bild 5.....	41
Bild 6.....	42
Bild 7.....	43
Bild 8.....	44
LITTERATURFÖRTECKNING.....	45

Beteckningar

Q	Värmeförlust, effekt	W (kcal/h)
A	Area	m <sup>2</sup>
d	Densitet	kg/m <sup>3</sup>
V	Volym	m <sup>3</sup>
k	Värmeegenomgångskoefficient	W/m <sup>2</sup> °C (kcal/m <sup>2</sup> h°C)
c	Värmekapacitivitet	J/kg°C
M	Värmekapacitet	J/kg
T	Temperatur	°C
T <sub>0</sub>	Temperaturskillnaden inne och ute	°C
ΔT	Temperaturdifferens	°C
R	Tidskonstanten i timmar	
z	Antalet timmar som huset kan stå oeldat	
e	Exponentialfunktionen	

Omvandlingsfaktorer

1 kJ	= 0.28 · 10 <sup>-3</sup> kWh
1 kWh	= 860 kcal
1 W/m <sup>2</sup> °C	= 0.86 kcal/m <sup>2</sup> h°C





## SAMMANFATTNING

### Bakgrund

Energisituationen i Sverige och andra industriländer med minskad oljetillgång och starkt ökade priser på olja gör att det är nödvändigt att börja planera för övergång till andra energislag för uppvärmningsändamål.

Solvärmen kommer att spela stor roll och bör ge ett väsentligt tillskott i energiförsörjningen, framförallt när det gäller uppvärmning av bostäder, tappvarmvatten och simbassänger samt för spannmåls- flis- och virkestorkar.

I Sverige är vi lyckligt lottade när det gäller inhemska bränslen - ved och torv finns i stora mängder. En stor del av uppvärmningsbehovet, framför allt för småhus, kan täckas med inhemska bränseln.

Det främsta problemet vid utnyttjande av solenergi för uppvärmning är de höga kostnader och utrymmebehov som fordras för säsongslagring av solvärmen. Med säsongslagring avses lagring från sommar till vinter.

### Förutsättningar

Den framkomliga vägen idag när det gäller enbostadshus synes vara en kombination av solvärme med tillskottsvärme av något slag. Husen blir då utrustade med 2 st värmeproducerande system. Det krav man då måste ställa på tillskottsvärmen är att anläggningskostnaden blir låg. En vedeldad värmepanna uppfyller det kravet.

Även vid kombinationen solvärme - tillskottsvärme krävs lagring av värme under kortare tider för att klara mulna dagar på sommaren och för att vintertid anpassa eldningstiden efter individuella önskemål.

Eldning måste kunna ske med hög verkningsgrad och därmed med

minskad energiförbrukning. Effektutjämnning av värmebehovet månadsvis är ett villkor för att erhålla en god totalekonomi. Den installerade topeffekten kan därmed minskas kraftigt och det betyder stora kostnadsbesparingar i alla led.

Om vedeldning ska vara attraktiv som tillskottsvärme för moderna människor med krav på enkel skötsel måste många villkor vara uppfyllda enligt nedan:

1. För att begränsa eldningssäsongens längd bör hela värmebehovet täckas av solvärme under minst 6 månader. Anläggningen för tillskottsvärme ska således kunna vara avstängd hela året.
2. Eldning bör inte behöva ske mer än högst en period/dygn under eldningssäsong vid lägsta utetemperatur, DUT-5 ( I Stockholm  $-19^{\circ}\text{C}$  under en femdygnsperiod som infaller 1 gång på 30 år ). Eftersom eldning varje dag endast behöver ske när det är som kallast ute - någon vecka per år - betyder det att i normala fall behöver eldning bara ske några eller någon enstaka gång i veckan.
3. Eldningsperiodens längd bör avpassas så att eldning bara behöver ske tex på kvällen efter arbetstidens slut - mellan kl 1700 - 2200.
4. Eldning ska kunna ske under valfri tid oavsett om aktuellt värmebehov föreligger eller inte, och värmen ska kunna tillvaratagas och komma till nytta då behov finns. Detta är en viktig förutsättning och medför att eldningsarbete då ofta kan uppfattas som en trivselfaktor i boendet.
5. Huset ska kunna stå oeldat i minst en vecka under statistiskt kallaste vinterperiod. Det innebär att husets värmekapacitet måste ökas med någon form av värmeackumulator så att temperaturen inomhus kan hållas någon grad över fryspunkten. Efter ett eldningsuppehåll måste bostaden åter snabbt kunna värmas upp till normal innetemperatur.

6. Eldning och därmed sammanhängande arbeten ska kunna ske i anslutning till och samtidigt med annat arbete hemma, helst i kontakt med göromål i kök och vardagsrum. Transporter, förvaring och all hantering med ved måste vara bekväm och enkel.

Flexibiliteten och utbytbarheten mellan olika energislag är också viktig och det är nödvändigt att hänsyn tas till detta vid framtida systemval för uppvärmning.

### Resultat

Rapporten innehåller en teoretisk del med de allmänna riktlinjer och samband som erfordras för anläggningsprojektering.

För att underlätta projekteringsarbetet har ett kurvmaterial framtagits som visar sambandet mellan antalet eldningstimmar och tillförd effekt för tre representativa orter i Sverige.

Vid oeldat hus är temperatursänkningen inomhus starkt beroende av byggnadens tidskonstant - dvs byggnadens värmekapacitet dividerad med värmeförlusterna genom väggarna och genom ventilation.

Rapporten innehåller också kurvblad som visar temperaturfall för oeldat hus med varierande tidskonstanter.

Ett praktiskt exempel är genomräknat som avser ett enbostadshus i Stockholmtrakten. Exemplet belyser utförligt beräkningsgången för anläggningsprojektering för ett system med solvärme och tillskottsvärme samt tillhörande värmeackumulator.

### Slutsatser

Oavsett vilka energikällor som än kommer att användas är det nödvändigt att kraftigt minska ökningstakten på energiförbrukningen.

En av de viktigaste åtgärderna i detta syfte är att projektera och bygga uppvärmningssystem som aktivt utnyttjar solvärmens när den finns tillgänglig. Dessutom bör anläggningen byggas med bättre total verkningsgrad än hittills.

Vårt land kan utsättas för avspärningar och oljekriser kan bli långvariga, till och med permanenta. Därför måste möjligheter skapas att bekvämt klara värmeförsörjningen med inhemska bränslen även under lång tid.

Rapporten anvisar konstruktionsprinciper som med säker och enkel teknik löser en del problem. Totalekonomin är också acceptabel redan med dagens energipriser.

## 1 INLEDNING

### 1.1 Energisituationen

Energisituationen i Sverige och andra industriländer med minskad oljetillgång och starkt ökade priser på olja gör att det är nödvändigt att börja planera för övergång till andra energislag för uppvärmningsändamål.

Elenergi kan anses vara en alltför högvärdig energiform för att användas för husuppvärmning. Här spelar dock kärnkraftsutbyggnaden väsentlig roll. I dagens situation måste även elkraft betecknas som bristvara.

Solvärmen kommer att spela stor roll och bör ge ett väsentligt tillskott i energiförsörjningen, framför allt när det gäller lågkvalitativa användningsområden såsom uppvärmning av bostäder, tappvarmvatten och simbassänger samt för spannmål- flis- och virkestorkar.

I Sverige är vi lyckligt lottade när det gäller inhemska bränslen - ved och torv finns i stora mängder.

En stor del av uppvärmningsbehovet, framför allt för småhus, kan täckas med inhemska bränslen.

Det är emellertid så att oavsett vilken energikälla som än kommer att användas är det nödvändigt att på kort sikt kraftigt minska ökningstakten på energiförbrukningen. På lång sikt måste även den totala energiförbrukningen minska.

En av de viktigaste åtgärderna i detta syfte är att projektera och bygga uppvärmningssystem som aktivt utnyttjar solvärmen när den finns tillgänglig. Dessutom bör uppvärmningssystemet för tillskottsvärmen utnyttja värmen i bränslet med maximalt möjliga verkningsgrad.

Tyvärr är det så att de uppvärmningssystem som nu eldas med olja inte särskilt väl lämpar sig för eldning med ved. Vid oljeeldning kan värmen bekvämt produceras kontinuerligt och till den mängd som för tillfället behövs, medan vedeldning inte

inte lika enkelt kan anpassas till momentan erforderlig effekt. (Fliseldning kan automatiseras men den metoden behandlas inte i detta arbete.)

Ved är ett gasrikt bränsle och den bästa verkningsgraden erhålles vid sk braseldning med hög effekt, och detta är möjligt endast om överskottsvärmen kan lagras för behov då eldning inte pågår.

## 1.2 Energilagring

Lagring av värme är ingen ny företeelse i uppvärmningstekniken. Stenmagasin av olika typer har används sedan vår tideräknings början. Kachelugnen, som alla känner till, är en form av stenmagasin som ännu används och som börjar komma i bruk än mer på senare tid.

Efter andra världskriget kom olja och el till större användning och därmed försvann också behovet av lagring av värme på annat sätt.

Moderna byggnader med olje- och elvärme är byggda så att värme- lagring inte behövs. Värmetillförseln sker kontinuerligt och regleras automatiskt för den effekt som momentant erfordras.

I oljeeldade hus lagras värmen kemiskt i olja vars värmeförmåga är mycket hög jämfört med tex vatten eller sten.

Vid våra vattenkraftverk lagras elenergin centralt i stora vattenmagasin i fjällvärlden.

Det främsta problemet vid utnyttjande av solenergi för uppvärmning av hus är de höga kostnader och utrymmesbehov för säsongslagring av solvärmen.

Med säsongslagring avser man lagring från sommar till vinter.

Lagring i vatten- eller stenmagasin är de vanligaste metoderna hittills, men till det fordras mycket stora magasin som säsongslagring ska kunna uppnås. Sådana stora magasin kan svårligen rymmas i eller bli ekonomiska i enbostadshus och andra mindre anläggningar.

Lagring i salhydrater kan vara en lösning och forskning pågår på detta fält - hittills med begränsad framgång.

Den framkomliga vägen idag när det gäller enbostadshus synes vara en kombination av solvärme med tillskottsvärme av något slag. Husen blir då utrustade med 2 st värmeproducerande system. Det krav man då måste ställa på tillskottsvärmen är att anläggningskostnaden blir låg. En vedeldad värmepanna uppfyller det kravet.

Även vid kombinationen solvärme - tillskottsvärmen krävs lagring av värme under kortare perioder för att klara mulna dagar på sommaren och för att vintertid kunna anpassa eldningstiden efter individuella önskemål.

Effektutjämning av värmebehovet månadsvis är ett viktigt villkor för att erhålla en god totalekonomi. Den installerade topeffekten minskas kraftigt och det betyder stora kostnadsbesparingar i alla led.





## 2 ARBETETS MÅL OCH SYFTE

Arbetet avser att belysa problemen och förutsättningarna för uppvärmning av enbostadshus och andra mindre byggnader med en kombination av solenergi och tillskottsvärme i form av fasta inhemska bränslen - i första hand ved.

Ett av huvudmålen är också att eldning ska kunna ske med hög verkningsgrad och därmed med minskad energiförbrukning.

Därutöver har arbetet haft till syfte att ge den praktiskt arbetande ingenjören hjälpmedel i form av diagram och tabeller för att snabbt kunna finna lämpliga kombinationer och storlekar av solfångare, effekter på tillskottsvärme samt ackumulatorpolymer.

Erforderliga beräkningar ska kunna genomföras för hand med relativt liten arbetsinsats.

Arbetet avser också att undersöka vilken systemutformning som erfordras på tillskottsvärmen för att uppfylla kraven på god funktion och bekvämlighet.

Vårt land kan utsättas för avspärrningar och oljekriser kan bli långvariga, till och med permanenta. Därför måste möjligheter skapas att bekvämt klara värmeförsörjningen med inhemska bränslen även under lång tid.

Således har arbetet även initierats av beredskapsskäl och haft till syfte att påvisa möjligheterna till att klara uppvärmningen med landets egna resurser.



### 3 SYSTEMUTFORMNING

#### 3.1 Funktionkrav för tillskottsvärmen

Om vedeldning ska vara attraktiv som tillskottsvärme för människor med nutida livsmönster och krav på enkel skötsel, måste många villkor vara uppfyllda enligt nedan:

1. För att begränsa eldningssäsongens längd bör hela värmebehovet täckas med solvärme under minst 6 månader. Anläggningen för tillskottsvärme ska således kunna vara avstängd halva året.
2. Eldning bör inte behöva ske mer än högst en period per dygn under eldningssäsong vid lägsta utetemperatur - DUT-5. ( I Stockholm  $-19^{\circ}\text{C}$  under en femdygnsperiod som infaller högst 1 gång på 30 år ). Eftersom eldning varje dag endast behöver ske när det är som kallast ute - någon vecka per år - betyder det att i normala fall behöver bara eldning ske några eller någon enstaka gång i veckan.
3. Eldningsperiodens längd bör avpassas så att eldning bara behöver ske tex. på kvällen efter arbetsidens slut - mellan kl 1700 - 2200
4. Eldning ska kunna ske under valfri tid oavsett om aktuellt värmebehov föreligger eller inte, och värmen ska kunna tillvaratagas och komma till nytta då behov finns. Detta är en viktig förutsättning och medför att eldningsarbete då ofta kan uppfattas som en trivsselfaktor i boendet.
5. Huset ska kunna stå oeldat i minst 1 vecka under statistiskt kallaste vinterperiod. Det innebär att husets värme-kapacitet måste ökas med någon form av värmeackumulator så att temperaturen inomhus kan hållas någon grad över fryspunkten. Efter ett eldningsuppehåll måste bostaden åter snabbt kunna värmas upp till normal innetemperatur.
6. Eldning och därmed sammanhängande arbeten ska kunna ske i anslutning till och samtidigt med annat arbete hemma, helst i kontakt med göromål i kök och vardagsrum. Transporter, förvaring och all hantering med ved måste vara bekväm

och enkel.

### 3.2 Flexibilitet

Flexibilitet och utbytbarheten mellan olika energislag är också viktig, och det är nödvändigt att hänsyn tas till detta vid framtida systemval för uppvärmning.

## 4 ANLÄGGNINGSPROJEKTERING

### 4.1 Klimatförhållanden

Tillgänglig klimatstatistik i Sverige har kalendermånaden som tidsenhet. Statistiska uppgifter om klimatförhållanden och värmebehov finns sedan lång tid tillbaka och kan betraktas som tillförlitliga. Tidsperioden är tillräckligt lång för att statistiska värden ska bli representativa och variationen i förhållandena från år till år är relativt små. Det är därför lämpligt att använda månaden som bas i beräkningar av det här slaget.

Klimatstatistik uttryckes i graddagar och avser  $+17^{\circ}\text{C}$  teoretisk rumstemperatur från värmeanläggningen. Valda eldningsgränser är  $+12^{\circ}\text{C}$  för april och  $+13^{\circ}\text{C}$  för oktober.

Tabell över graddagar för 24 orter i Sverige för aktuell månad och år samt normalår publiceras varje månad bl a i tidskriften VVS.

Sammanställning av graddagar för normalmånader återfinnes i  
TABELL 1.

### 4.2 Energiåtgång och anläggningsprojektering

Antalet eldningstimmar per tidenhet - dygn, månad, år - är beroende på dels av installerad effekt och dels av värmebehovet per vald tidenhet.

Bilderna 1, 2 och 3 visar sambandet mellan antalet eldningsstimmar som funktion av tillförd effekt och värmebehov per månad relaterad till antalet graddagar för den kallaste månaden, som antas vara januari.

Därutöver ger kurvbladen direkt besked om erforderlig högsta effekt på värmesystemet om värmetillförseln är kontinuerlig, tex i sådana fall där man vill och kan installera elvärme som reserv.

Vidare kan man med stor noggrannhet från kurvorna utläsa energi-

åtgången för resp. månad genom att multiplicera tillförd effekt med antalet eldningstimmar. Båda värdena finns att avläsa i diagrammet.

Det är här intressant att konstatera att de topp effekter som behövs då anläggningens effekt kan månadsutjämnas är långt mindre än de som hittills har installerats både vid oljeeldning och vid elvärme. Avsevärda besparingar är här möjliga både vad gäller anläggningskostnader och vid elvärme även för abonnemangskostnader. I produktionsledet för elkraft bör minskade topp effekter vid uppvärmningssystem betyda väsentligt minskade krav på utbyggnader i produktionsanläggningar. Det har fördelar inte bara i minskade krav på kapitalresurser utan även ur miljösynpunkt.

#### 4.3 Effekt på tillskottsvärmepannan

Enligt tidigare uppställda villkor ska värmepannans effekt beräknas så att den totala tiden för eldning per månad håller sig kring 100-150 timmar, eller 3-5 timmar per dygn.

Ur kurvorna på bild 1, 2 och 3 kan panneffekten utläsas då antalet eldningstimmar är bestämd.

Dimensionering av värmepannan styrs således inte av det maximala värmebehovet utan av bedömningar och önskemål om eldningsperiodens längd som nyttjare och projektör bör diskutera och bestämma i samråd.

#### 4.4 Radiatordimensionering

Radiatorsystemet ska vid lägsta utetemperatur kunna hålla önskad innetemperatur ca 20°C vid värmevattentemperaturen ca 90°C som är den högsta förekommande systemtemperaturen.

Ett annat krav är att rumstemperaturen ska kunna hållas vid +5°C vid urladdad ackumulator som kan beräknas vara ca 40°C.

För att hålla nere ackumulatorvolymen bör temperaturinter-

vallet i ackumulatorn vara minst  $50^{\circ}\text{C}$  (  $90-40^{\circ}\text{C}$  ).

#### 4.5 Värmeförlustberäkningar

För beräkning av värmeförluster ( värmebehov ) för anläggningsprojektering gäller följande.

##### Transmissionsförluster

$$Q_{tr} = ( A_1 \cdot k_1 + A_2 \cdot k_2 + \dots + A_n \cdot k_n ) \quad ( \text{ekv. 1} )$$

Beteckningar:

$Q_{tr}$  = transmissions förluster då temperaturskillnaden ute och inne är  $1^{\circ}\text{C}$  i  $\text{W}/^{\circ}\text{C}$

$A$  = ytor med värmeförluster i  $\text{m}^2$

$k$  = värmegenomgång i  $\text{W}/\text{m}^2^{\circ}\text{C}$

##### Ventilationsförluster

$$Q_v = V \cdot c \cdot n \quad ( \text{ekv. 2} )$$

Beteckningar:

$Q_v$  = ventilationsförluster då temp. skillnaden ute och inne är  $1^{\circ}\text{C}$

$V$  = volymen av det beräknade rummet i  $\text{m}^3$

$c$  = värmekapacitivet  
för luft =  $0.35 \text{ J}/\text{m}^3^{\circ}\text{C}$

$n$  = antalet luftomsättningar  
minimikrav enligt SBN =  $0.5 \text{ oms}/\text{timme}$

##### Månadsutjämnade värmeförluster

Antalet graddagar för resp. normalmånad är framtagna på basis av mångåriga mätningar och därför bör effektförlusterna fastställas på grundval av dessa. De maximala förhållandena är inte säkra och kan dessutom variera kraftigt från år till år.

(  $A \cdot k$  ) i ekv. 1 anger värmeförlusten per timme och grad.  
Dygnsförlusten eller förlusten per graddag ( graddygn ) i kWh

erhålls genom att multiplicera med  $\frac{24}{1000}$

#### Förbrukningsvarmvatten

Värmebehovet för varmvatten varierar beroende på familjesammansättning och levnadsvanor. Med stöd av statistiska undersökningar kan man sätta varmvattenbehovet till ca 450 kWh per månad i 11 månader eller ca 4950 kWh per år.

I diagram 1, 2 och 3 är det räknat med dessa värden.

#### 4.6 Byggnaders värmekapacitet

Akkumulatorvolymen tillsammans med byggnadens värmekapacitet och värmeförluster per tidsenhet bestämmer hur lång tid anläggningen kan stå oeldad.

Byggnaders tidskonstant, dvs värmekapaciteten dividerad med värmeförluster på grund av ventilation och transmission då temp. skillnaden ute och inne är  $1^{\circ}$ , kan beräknas ur följande samband.

$$R = \frac{M}{Q_{tr} + Q_v} \quad (\text{ekv. 3})$$

Beteckningar:

R = tidkonstanten i timmar

M = husets eller rummets värmekapacitet

$Q_{tr}$  och  $Q_v$  = värmeförluster i  $W/^{\circ}C$

Tidskonstanten R kan således beräknas, eller när det gäller befintliga byggnader, även mätas. Mätningen utföres så att man stänger av värmesystemet under en viss tid och antecknar temperaturfallet. Mätningen förutsätter att utetemperaturen är konstant under mätperioden.

Vid beräkning av R ska man addera värmekapaciteten hos de olika material som ingår i byggnadens väggar och bjälklag.



Värmekapaciteten är:

$$M = V \cdot d \cdot c$$

Beteckningar:

V = volym i m<sup>3</sup>

d = densitet i kg/m<sup>3</sup>

c = värmekapacitivet i J/kg<sup>0</sup>C

För ytterväggar medräknas endast halva väggens kapacitet för den del som ligger utanför isoleringsskiktet.

För enbostadshus av huvudsakligen trä kan tidskonstanten sättas till 20 - 30 timmar. För tyngre byggnader varierar tidskonstanten kraftigt och måste för varje enskilt fall beräknas.

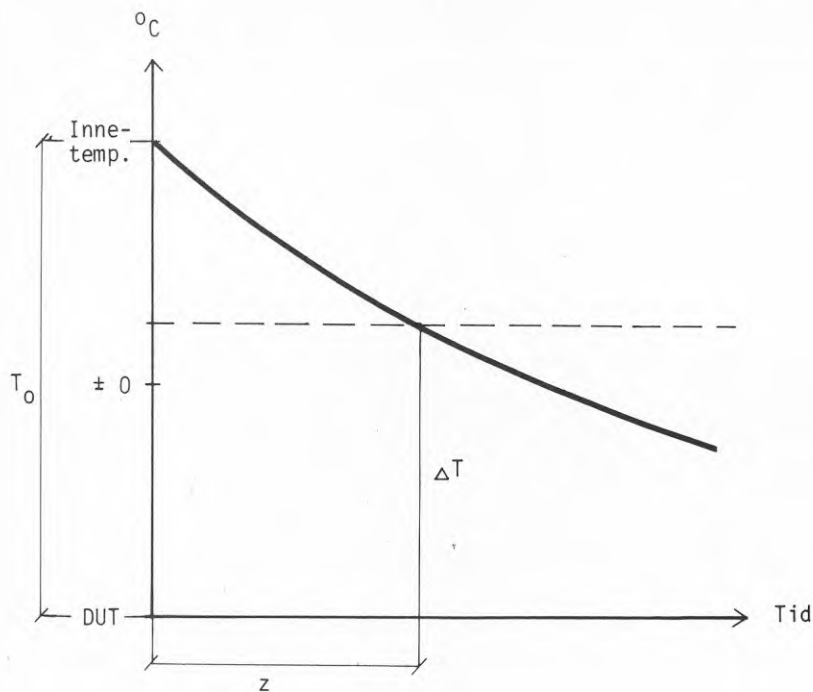
#### 4.7 Temperaturfall vid oeldat hus

Byggnaders egen värmekapacitet kan utnyttjas i det fall man kan tillåta temperaturfall inomhus. I de flesta fall kan man tolerera någon grads sänkning av temperaturen tex över natten eller om huset står tomt under dagarna. Vid längre bortvaro från huset bör temperaturen inomhus kunna tillåtas gå ner strax över fryspunkten.

Om man känner tidskonstanten R samt uttemperaturen kan temperaturfallet i huset beräknas efter z antal timmar. Beräkningarna förutsätter att uttemperaturen är konstant under perioden.

Enligt N. Dafgård "Intermittent uppvärmning" gäller följande samband.

$$\frac{T_0}{\Delta T} = e^{-\frac{z}{R}} \quad (\text{ekv. 5})$$



Beteckningar:

$T_0$  = temperaturskillnaden inne och ute

$T$  = temperaturskillnaden inne och ute efter tiden  $z$

$z$  = antalet timmar som huset kan stå oeldat

$R$  = tidskonstanten

Bilderna 4, 5 och 6 visar i kurvform temperaturfallet inomhus för hus med varierande tidskonstanter och värmebehov för olika orter i Sverige.

Kurvorna avser en köldperiod på 5 dygn som inträffar högst 1 gång på 30 år. En viss säkerhetsmarginal finns således inlagd i diagrammen, eftersom de är utritade för en 7-dygnperiod

Isoleringsförlusterna från ackumulatorn är ej medräknade.

Akkumulatorvolymen påverkas något genom isoleringsförlusterna

även om de kommer huset tillgodo. Isolering förlusterna medför att temperaturen inomhus hålles på en något högre nivå i början och därmed blir också värmeförlusterna något större i början av den period som huset står oeldat.

Vid en normalt god isolering blir dock isoleringsförlusternas påverkan på ackumulatorvolymen endast av marginell betydelse.

#### 4.8 Akkumulatorkoppling

För att intermittent uppvärmning ska vara acceptabel måste anläggningen utformas så att vid start av värmesystemet ska värmen omedelbart komma huset tillgodo utan att först behöva värma upp hela ackumulatortanken. Bild 8 visar en möjlig anordning för lösning av detta problem.

Bilden visar också en princip på rörkoppling som förhindrar bakcirkulation och urladdning av ackumulatortanken, enligt Prof. H. Brosenius.

Bakcirkulation uppstår vid avslutad eldning då det vatten som finns i värmepannan avkyles och börjar sjunka. Om värmepannan är otät blir luftgenomströmningen via pannan och upp i skorstenen kraftig och avkylningseffekten stor.

Om returledningen till pannan, innan den lämnar ackumulatortanken först föres upp till samma nivå som tillloppet uppstår ingen drivkraft. Bakcirkulation kan därför inte uppstå.



## 5 BERÄKNINGSEXEMPEL

Beräkningsexemplet avser ett enbostadshus i Stockholm.

5.1 Beräkning av värmeförluster ( värmebehov )

Husets volym antages vara  $400 \text{ m}^3$

$$Q_{tr}: \text{transmissionsförlusterna} = 90 \text{ W}$$

$$Q_v: \text{ventilationförluster utan värmeåtervinning} = 70 \text{ W}$$

$$Q_{v1}: \text{ventilationförluster med värmeåtervinning} = 37 \text{ W}$$

$$Q_{v2}: \text{ventilationsförluster i obebott hus ( endast ofrivillig ventilation )} = 28 \text{ W}$$

Värmeförluster i normalmånaden januari - 617 graddagar

a) Utan värmeåtervinning

$$\frac{24 \cdot 617}{1000} ( 90 + 70 ) = 2369 \text{ kWh}$$

$$\text{Antalet kWh/graddag blir: } \frac{2369}{617} = 3.8$$

b) Med värmeåtervinning

$$\frac{24 \cdot 617}{1000} ( 90 + 37 ) = 1881 \text{ kWh}$$

$$\text{Antalet kWh/graddag blir: } \frac{1881}{617} = 3.0$$

c) Obebott hus ( endast ofrivillig ventilation )

$$\frac{24 \cdot 617}{1000} ( 90 + 28 ) = 1747 \text{ kWh}$$

$$\text{Antalet kWh/graddag blir: } \frac{1747}{617} = 2.8$$

Värmebehovet (värmeförlusterna) för normalåret - 3570 graddag

$$3 \cdot 3570 + 11 \cdot 450 = 15\,660 \text{ kWh/normalår inkl. varmvatten}$$

Under ett normalår förbrukas alltså totalt ca 16 000 kWh

## 5.2 Beräkning av värmepannan

Ventilationssystem med värmeåtervinning väljes.

$$Q_{tr} = 90 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{vl} = 37 \text{ W/}^{\circ}\text{C}$$

Värmebehov: 3 kWh/graddag (enligt 5.1)

Värmepannans effekt utläses ur bild 1 med utgångspunkt från det antal timmar som eldning ska pågå under månaden. Observera att tappvarmvatten är inräknat i värmebehovet som är inlagt i kurvorna på bild 1-3.

Vid 100 timmars eldningstid erhålles en panna på ca 23 kW, enligt bild 1. Vid 15 kW panna blir eldningstiden ca 153 timmar. Vid kontinuerlig tillförsel av energi - tex med elvärme - fordras en effekt på ca 3 kW. Om man abonnerar på nattström, 8 timmar/dygn (248 timmar i månaden) kan erforderlig effekt på elpatronen utläsas till ca 9 kW.

Det framgår av dessa beräkningar att värmepannans effekt inte ska väljas efter det maximala värmebehovet. Effekten ska väljas med utgångspunkt från det antal timmar som man önskar elda under månaden.

## 5.3 Beräkning av tidskonstanten R

Antag husets konstruktion	Betong	= 33 000 kg
	Lättbetong	= 14 000 kg
	Fasadtegel	= 8 000 kg
	Skivor, trä	= 2 000 kg

Värmekapacitiveteten  $c$  för

Betong	920 J/kg <sup>0</sup> C	=	0,26 Wh/kg <sup>0</sup> C
Lättbetong	963 J/kg <sup>0</sup> C	=	0,27 Wh/kg <sup>0</sup> C
Tegel	750 J/kg <sup>0</sup> C	=	0,21 Wh/kg <sup>0</sup> C
Trä	2500 J/kg <sup>0</sup> C	=	0,70 Wh/kg <sup>0</sup> C

$$M = 33\ 000 \cdot 0,26 + 14\ 000 \cdot 0,27 + 8\ 000 \cdot 0,21 + 2\ 000 \cdot 0,7 = \\ = 15\ 440 \text{ Wh/}^{\circ}\text{C} \quad (\text{ekv. 4})$$

$$R = \frac{M}{Q_{tr} + Q_v} = \frac{15\ 440}{90 + 37} = 120 \text{ timmar} \quad (\text{ekv. 5})$$

#### 5.4 Temperaturfallet vid oeldat hus

Huset är beläget i Stockholm.

Antag att utetemperaturen är  $-19^{\circ}\text{C}$  (DUT)

Innetemperaturen tillåtes sjunka till  $+5^{\circ}\text{C}$ . Radiatorerna avger ingen värme.

$$\frac{T_o}{\Delta T} = e^{-\frac{z}{R}}$$

$z$  är obekant i detta fall och anger antalet timmar som huset kan stå oeldat när temperaturen tillåtes sjunka till  $+5^{\circ}\text{C}$ .

$$T_o = +5 - -19 = 24$$

$$\Delta T = +20 - -19 = 39$$

$$R = 120 \text{ h} \quad (\text{se 5.3})$$

$$\frac{24}{39} = e^{-\frac{z}{120}}$$

$$z = 120 (\ln 39 - \ln 24) = 59 \text{ timmar}$$

I det här exemplet kan huset således vara utan värmetillskott i 59 timmar. Då har innetemperaturen sjunkit till  $+5^{\circ}\text{C}$ .

### 5.5 Beräkning av ackumulatorstorlek

Enligt tidigare angivna villkor för vedeldad anläggning bör huset kunna stå oeldat i en vecka = 168 timmar.

Efter 59 timmar, enligt 5.3, går värmesystemet in om rumsgivaren är inställd på +5°C. Ackumulatorn ska således klara uppvärmningen under 168 - 59 = 109 timmar.

Vid beräkning av ackumulatorstorleken i detta fall ska värmebehov för uppvärmning av varmvatten inte medräknas.

Värmeförlusten/graddag för obebott hus är 2.8 kWh, enligt 5.1.

Antag att urladdningen i ackumulatorn kan vara 50°C (90 - 40°C)

Värmebehovet,  $Q_{109}$  under 109 timmar:

$$Q_{109} = \frac{(5 - (-19))}{24} \cdot 109 \cdot 2.8 = 305 \text{ kWh} = 1.098 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

$$\text{Ackumulatorvolymen } V = \frac{1.098 \cdot 10^6}{50 \cdot 4.18} = 5 \text{ 300 dm}^3$$

Akkumulatorvolymen representeras av den streckade ytan på bild 7.

### 5.6 Kontroll av ackumulatorstorlek med hänsyn till månadsutjämning

Dimensionerande utetemperatur, DUT, avser en köldperiod på 5 dygn som inträffar högst en gång på 30 år. Vid månadsutjämning är tillförd effekt i detta exempel 3 kWh. Resterande energibehov ska tas ur ackumulatorn.

DUT antages vara -19°C i Stockholm.

Effektbehov, enligt 5.1, är 3 kWh/graddag



Tillförd värmeenergi under köldperioden:

$$5 \cdot 24 \cdot 3 = 360 \text{ kWh}$$

Energibehov under statistiskt kallaste period, DUT:

$$5 \cdot 3 ( 17--19 ) = 540 \text{ kWh}$$

Erforderlig ackumulerad energi:

$$540 - 360 = 180 \text{ kWh}$$

Enligt 5.5 är den ackumulerad värmeenergin 305 kWh och kontrollen visar således att ackumulatorn är tillräckligt stor för att erhålla månadsutjämning.

### 5.7 Beräkning av solfångarytan

Enligt " Grundläggande förutsättningar för soluppvärmning av byggnader i Skandinavien " av Valdis Girdo, är infångad solenergi/m<sup>2</sup> solfångaryta i Stockholm:

Mars	68 kWh
Apr.	82 kWh
Maj	99 kWh
Jun.	99 kWh
Jul.	105 kWh
Aug.	97 kWh
Sep.	73 kWh
Okt.	40 kWh

Enligt uppställda villkor ska solvärmen klara uppvärmning och värme för förbrukningsvarmvatten i 6 månader per år, dvs försörjningsgraden bör vara 100 % under månaderna maj, juni, juli, augusti, september och 100 % för månaderna mars, april och oktober tillsammans.

Av ovanstående tabell, ställd i relation till antalet graddagar, framgår att september är dimensionerande månad.

Antalet graddagar för september: 81 st

Värmebehovet: 3 kWh/graddag

Värmebehov för tappvarmvatten: 450 kWh

Summa värmebehov:

$$3 \cdot 81 + 450 = 693 \text{ kWh}$$

Solfångare ger  $73 \text{ kWh/m}^2$  i september

$$\text{Solfångaryta } A = \frac{693}{73} = 9.5 \text{ kWh}$$

På grund av osäkerhet i statistiska uppgifter bör solfångarytan ökas till  $12 \text{ m}^2$ . Osäkerhet om solfångarnas prestanda finns också vid längre användning.

### 5.8 Nyttiggjord solenergi

Antag att solvärmesystemet hålles i drift under tiden 1 mars -  
- 31 okt. Solenergi erhålles enligt nedan:

Mars	$68 \cdot 12 =$	816 kWh
Apr.	$82 \cdot 12 =$	984 kWh
Maj	$99 \cdot 12 =$	1188 kWh
Juni	$99 \cdot 12 =$	1188 kWh
Juli	$105 \cdot 12 =$	1260 kWh
Aug.	$97 \cdot 12 =$	1164 kWh
Sep.	$73 \cdot 12 =$	876 kWh
Okt.	$40 \cdot 12 =$	480 kWh

Under samma tid är värmebehovet:

Mars	$3 \cdot 549 + 450 =$	2097 kWh	39 %	försörjningsgrad
Apr.	$3 \cdot 378 + 450 =$	1584 kWh	62 %	"
Maj	$3 \cdot 126 + 450 =$	828 kWh	100 %	"
Juni	$0 + 450 =$	450 kWh	100 %	"
Juli	$0 + 450 =$	450 kWh	100 %	"
Aug.	$0 + 450 =$	450 kWh	100 %	"
Sep.	$3 \cdot 81 + 450 =$	693 kWh	100 %	"
Okt.	$3 \cdot 307 + 450 =$	1371 kWh	35 %	"

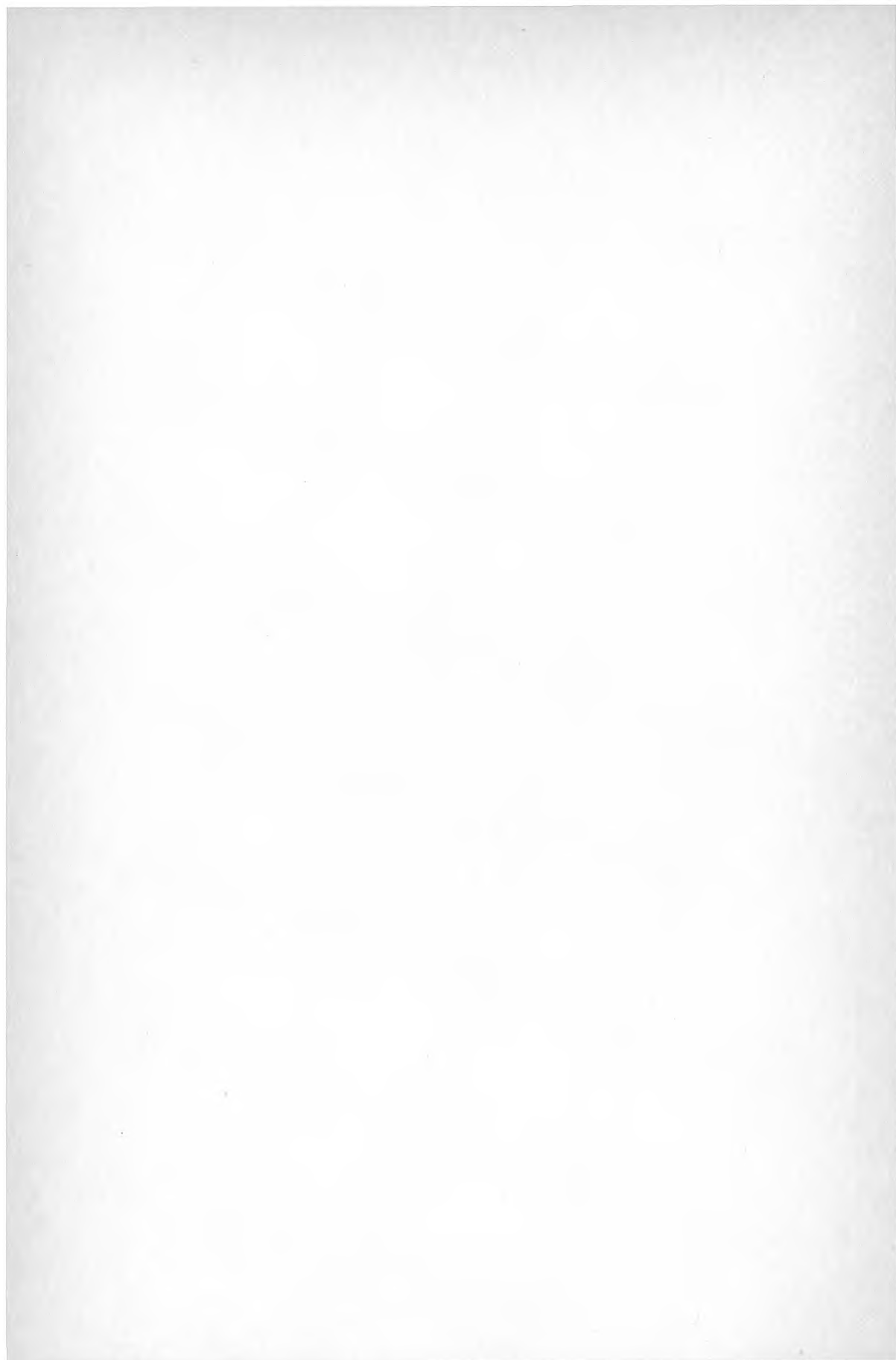
Totalt nyttiggjord solenergi:

$$816 + 984 + 828 + 3 \cdot 450 + 693 + 480 = 5151 \text{ kWh/år}$$

Arsförbrukningen, enligt 5.1 : 15 660 kWh

Solvärmeandelen:

$$\frac{5151}{15\ 660} = 33 \%$$



## 6. EKONOMI

Av många utredningar som är utförda i Sverige under senare år framgår att solvärme i hittills utförda anläggningar inte helt är en konkurrenskraftig uppvärmningsmetod jämfört med olja och el.

Prisutvecklingen på olja, särskilt på den s k spotmarknaden i Rotterdam, indikerar dock att kraftiga prishöjningar är att vänta. En bristsituation kan också lätt uppstå av olika skäl och det kommer säkert att kraftigt påverka oljepriserna i framtiden.

Ekonomiska jämförelser är därför något osäkra i dagens situation. Man kan dock med rätt stor säkerhet förutse att kostnaderna för oljevärme varaktigt kommer att ligga betydligt högre än idag och att andra energislag tex ved och solvärme kommer att få en gynnsammare konkurrenssituation. Elvärme är inte lämplig i detta sammanhang annat som en ren reserv.

Kravet på anläggningen blir, som redan nämnts i inledningskapitlet, att kostnaderna för installation av tillskottsvärme blir låga. En enkel vedeldad värmepanna som gärna kan placeras i ett bostadskök uppfyller de kraven.

En sådan pannanläggning inkl. en ackumulator av den storlek som erfordras enligt denna utredning är jämförbar i kostnader med en konventionell oljeeldningsanläggning med tillhörande automatik och oljecistern. Den merkostnad som ska räknas med här är kostnader för solfångare med tillhörande pump, automatik och ev. värmeväxlare. Dessa kostnader kan vara  $1000 \text{ kr/m}^2$  solfång. - i detta fall  $12 \cdot 1000 = 12\ 000$  kr. Med kommersiella kapital-kostnader betyder det en kostnad på ca 30 öre/kWh.

Statbidrag och gynnsamma lån gör att det även privatekonomiskt ändå blir en god affär.

	NORMALMÅNADER												NORMALÅR
	Jul i	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Juni	
Jokkmokk		33	315	539	714	853	952	823	756	537	366	42	5930
Luleå			243	453	591	777	856	702	778	507	326	2	5235
Östersund			252	440	561	692	784	586	725	450	309	1	4800
Härnösand			156	372	489	614	725	639	617	447	271		4330
Falun			180	384	504	642	747	658	611	408	136		4270
Karlstad			104	326	450	551	658	596	567	387	141		3780
Stockholm			81	307	426	523	617	563	549	378	126		3570
Jönköping			112	320	429	539	608	541	568	381	171		3670
Göteborg			46	301	393	493	583	410	627	360	72		3285
Malmsö			22	255	366	465	542	496	483	330	61		3020

ÅNTALET ELDNINGSTIMMAR SOM FUNKTION AV TILLFÖRD EFFEKT

STOCKHOLM! JANUARI MÅNAD 617 GRADDAGAR

Kurva A: Värmebehov 2 kWh/gd + 450 kWh för varmvatten

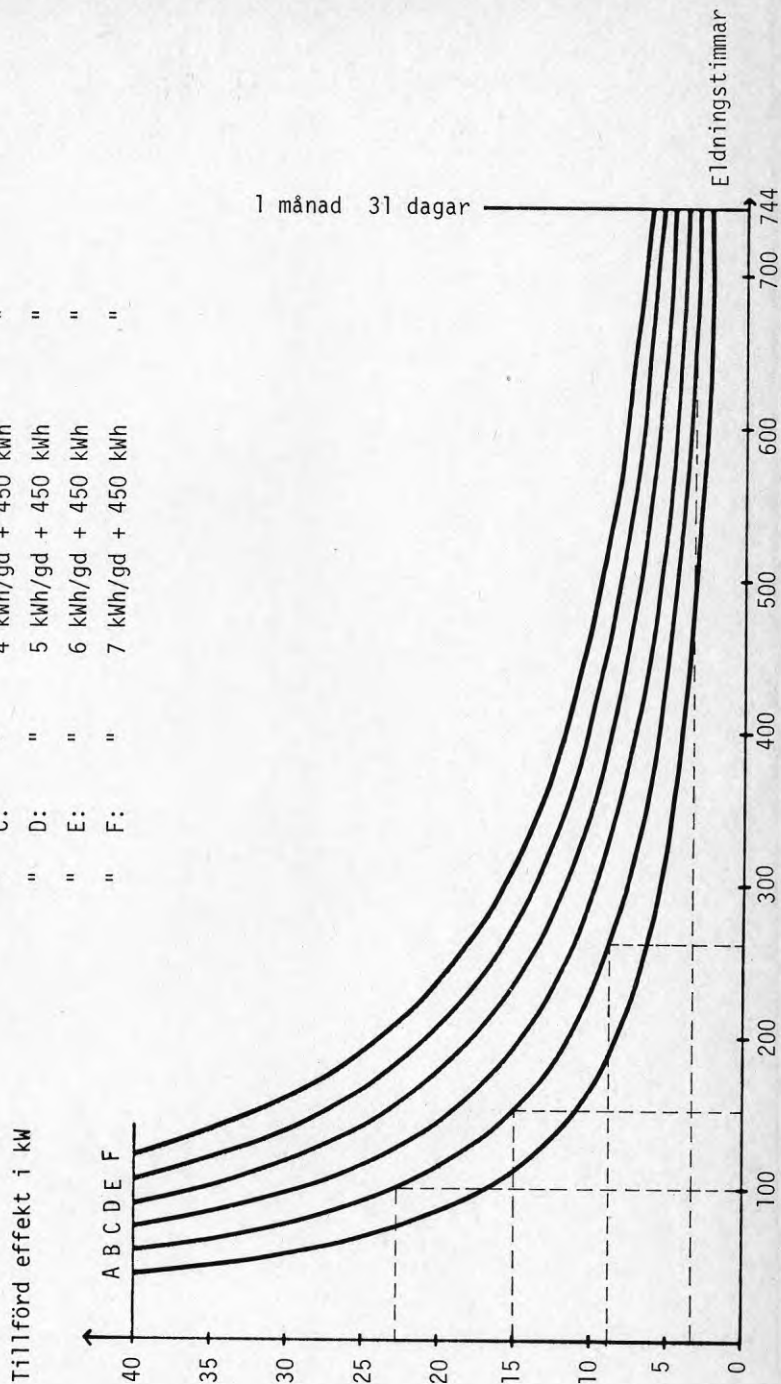
" B: " 3 kWh/gd + 450 kWh "

" C: " 4 kWh/gd + 450 kWh "

" D: " 5 kWh/gd + 450 kWh "

" E: " 6 kWh/gd + 450 kWh "

" F: " 7 kWh/gd + 450 kWh "



ANTALET ELDNINGSTIMMAR SOM FUNKTION AV TILLFÖRD EFFEKT

MALMÖ JANUARI MÅNAD 542 GRADDAGAR

Kurva A: Värmebehov 2 kWh/gd + 450 kWh för varmvatten

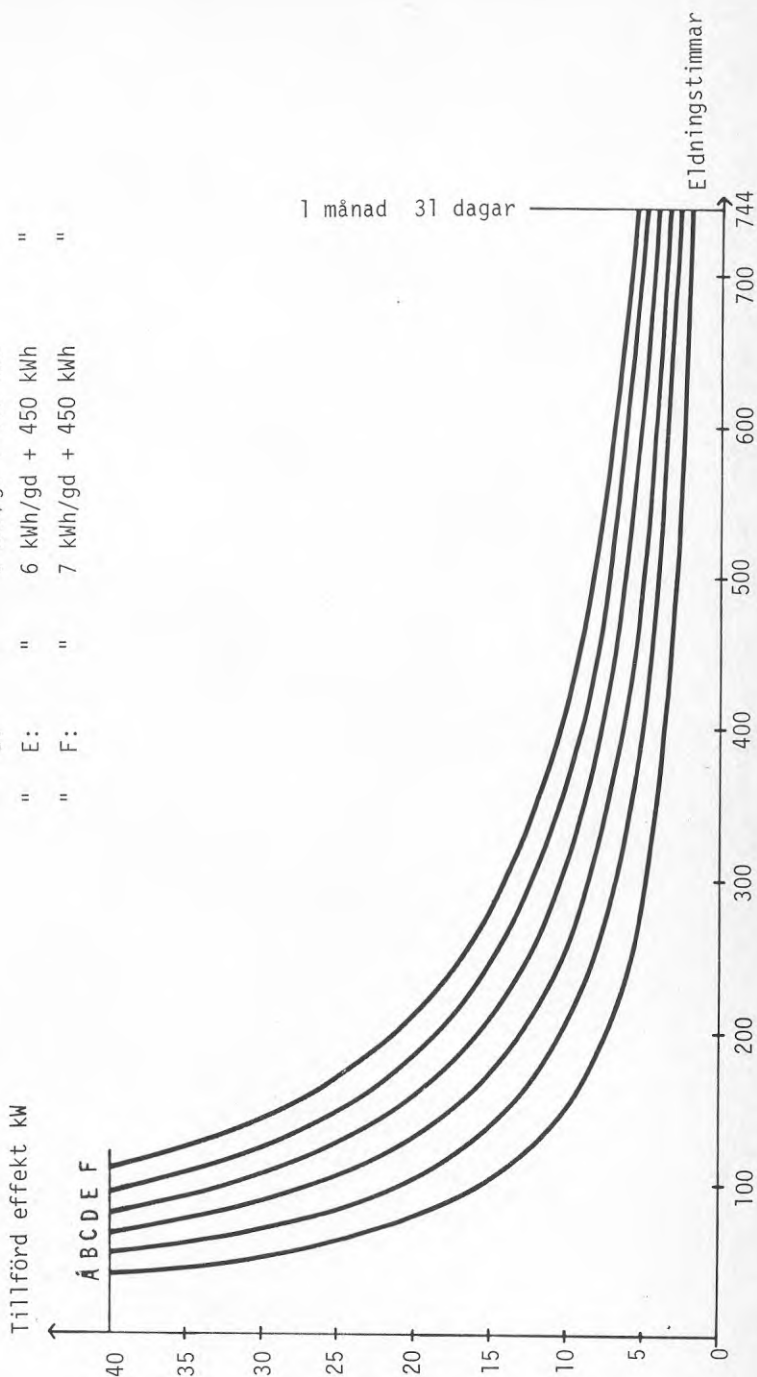
" B: " " 3 kWh/gd + 450 kWh

" C: " " 4 kWh/gd + 450 kWh

" D: " " 5 kWh/gd + 450 kWh

" E: " " 6 kWh/gd + 450 kWh

" F: " " 7 kWh/gd + 450 kWh

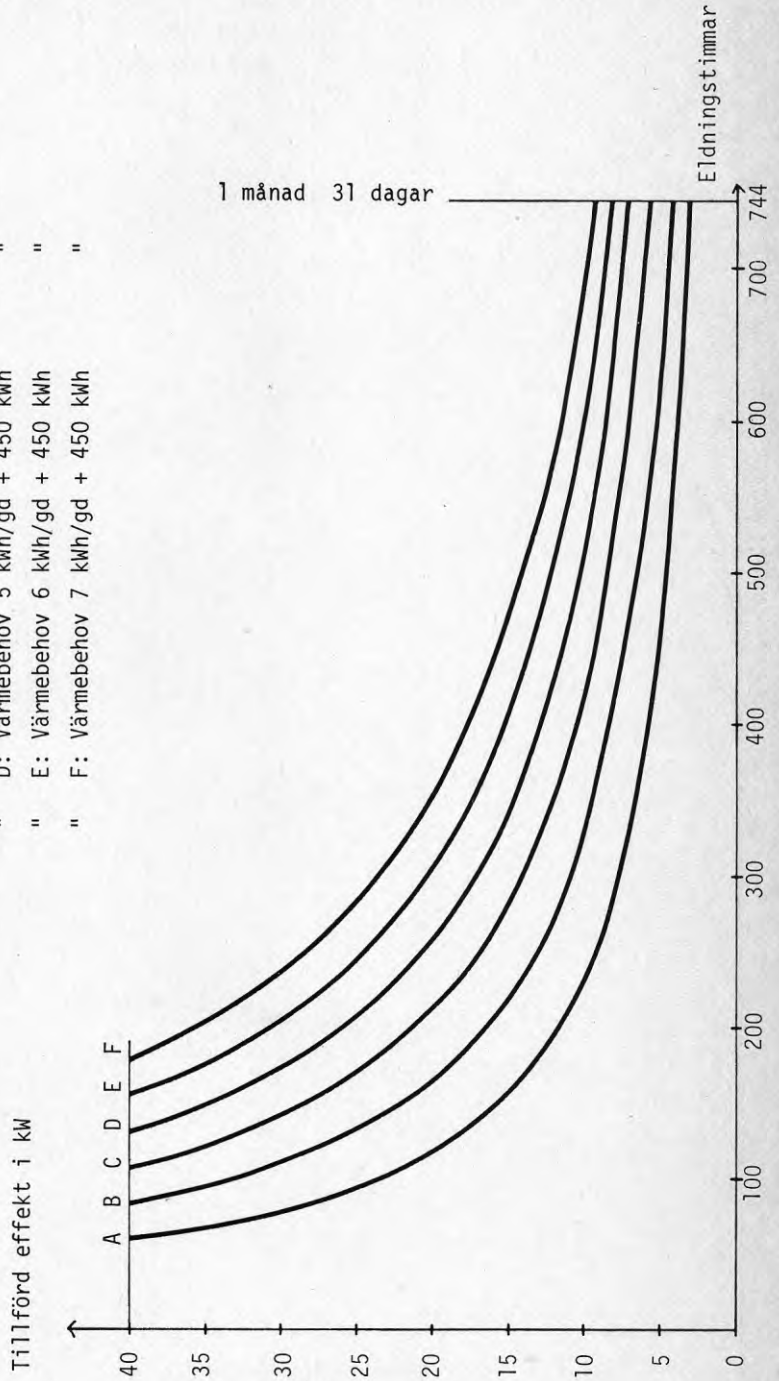




ANTALET ELDNINGSTIMMAR SOM FUNKTION AV TILLFÖRD EFFEKT

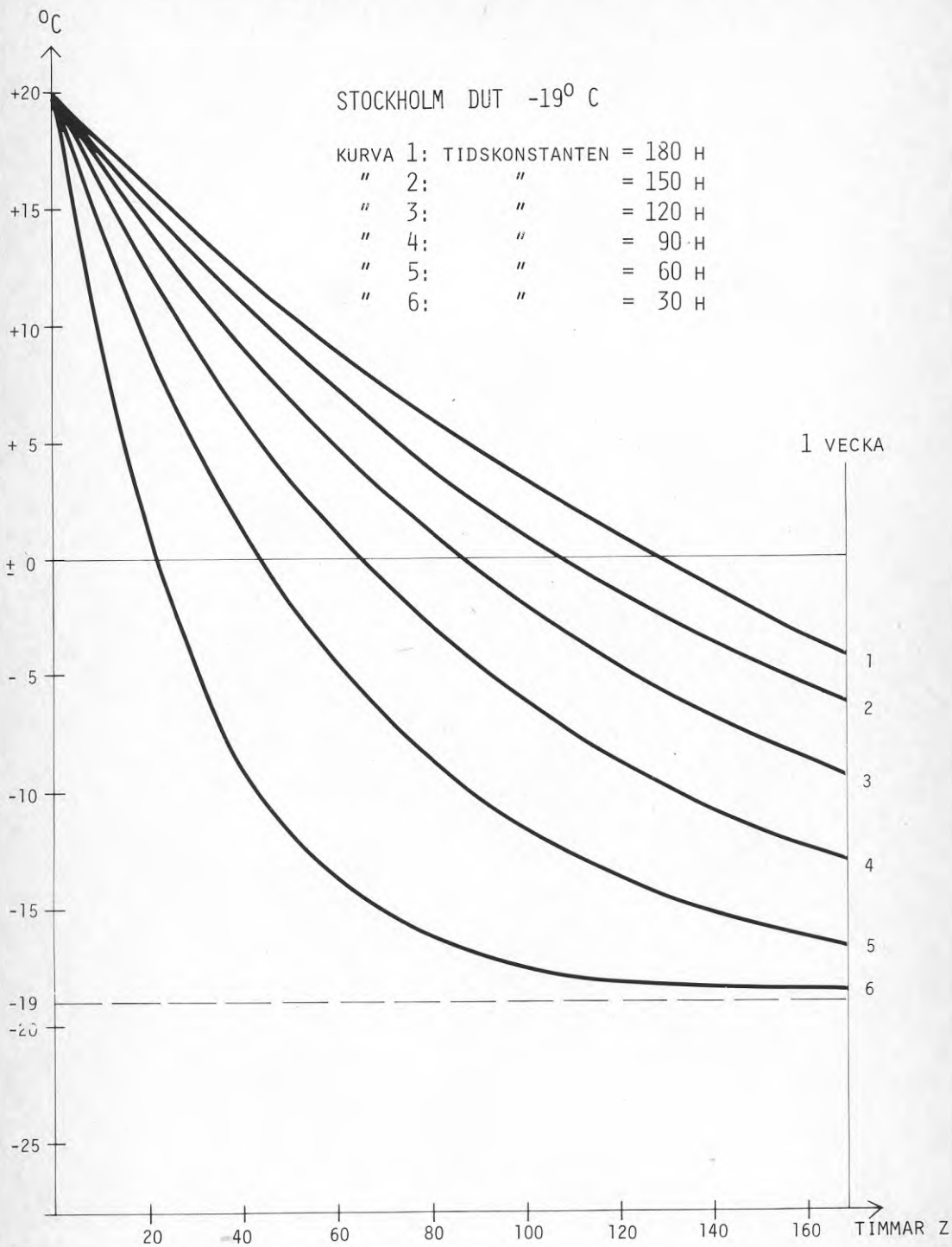
JOKKMOKK JANUARI MÅNAD 952 GRADDAGAR

Kurva A: Värmebehov 2 kWh/gd + 450 kWh för varmvatten  
 " B: Värmebehov 3 kWh/gd + 450 kWh  
 " C: Värmebehov 4 kWh/gd + 450 kWh  
 " D: Värmebehov 5 kWh/gd + 450 kWh  
 " E: Värmebehov 6 kWh/gd + 450 kWh  
 " F: Värmebehov 7 kWh/gd + 450 kWh



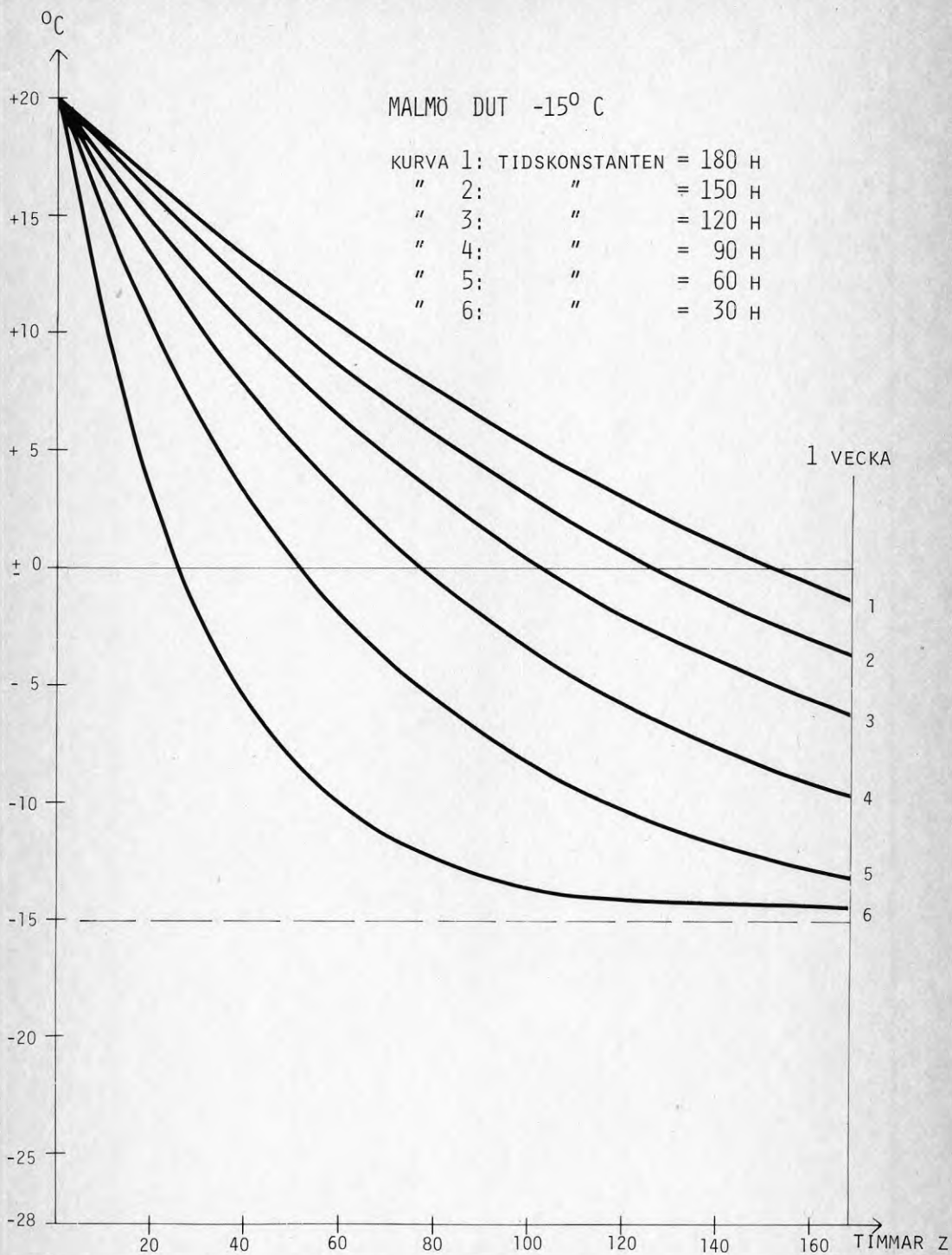
## TEMPERATURFALL FÖR OELDAT HUS VID VARIERANDE TIDSKONSTANTER

BILD 4

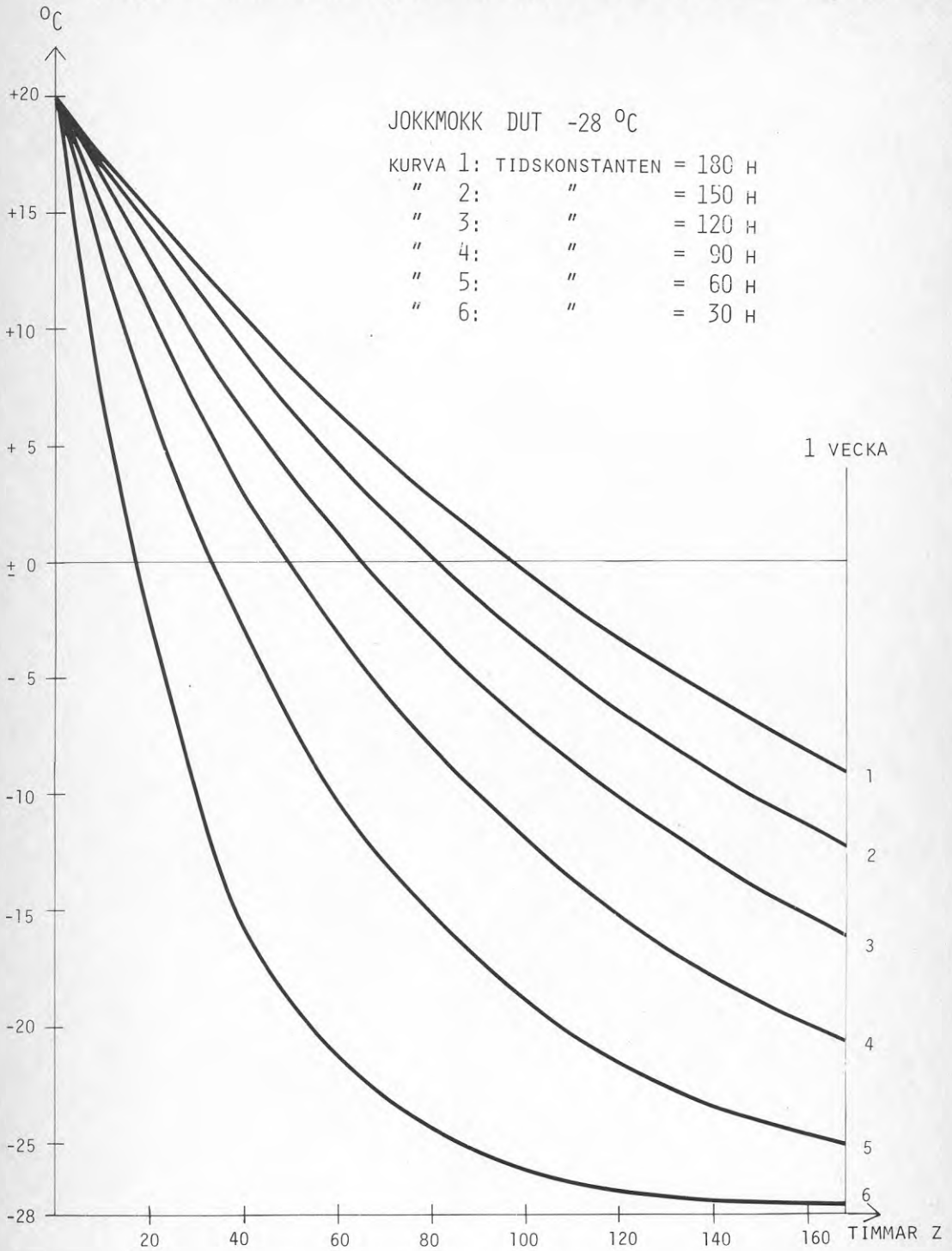


## TEMPERATURFALL FÖR OELDAT HUS VID VARIERANDE TIDSKONSTANTER

BILD 5

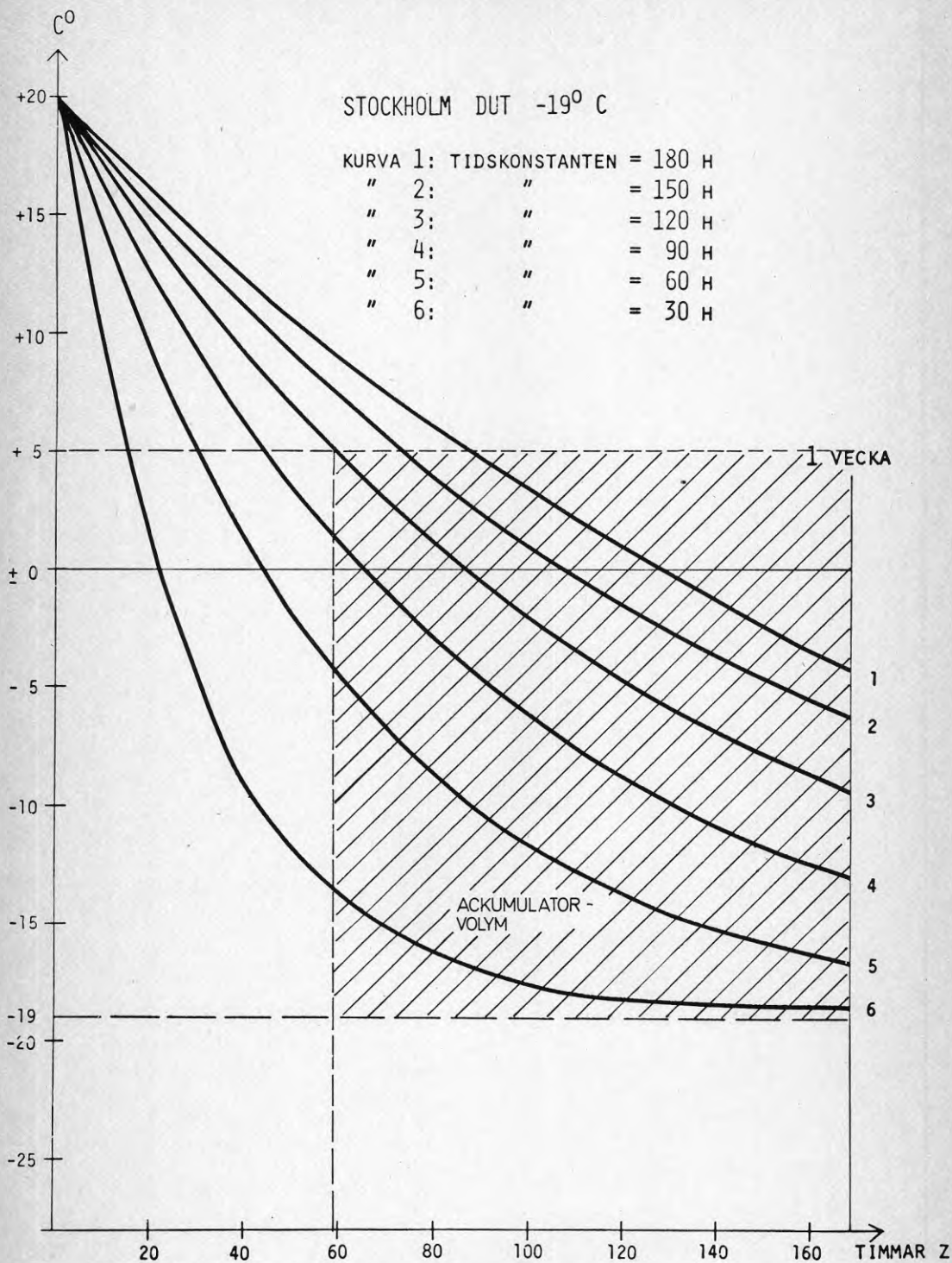


TEMPERATURFALL FÖR OELDAT HUS VID VARIERANDE TIDSKONSTANTER BILD 6



## TEMPERATURFALL FÖR OELDAT HUS VID VARIERANDE TIDSKONSTANTER

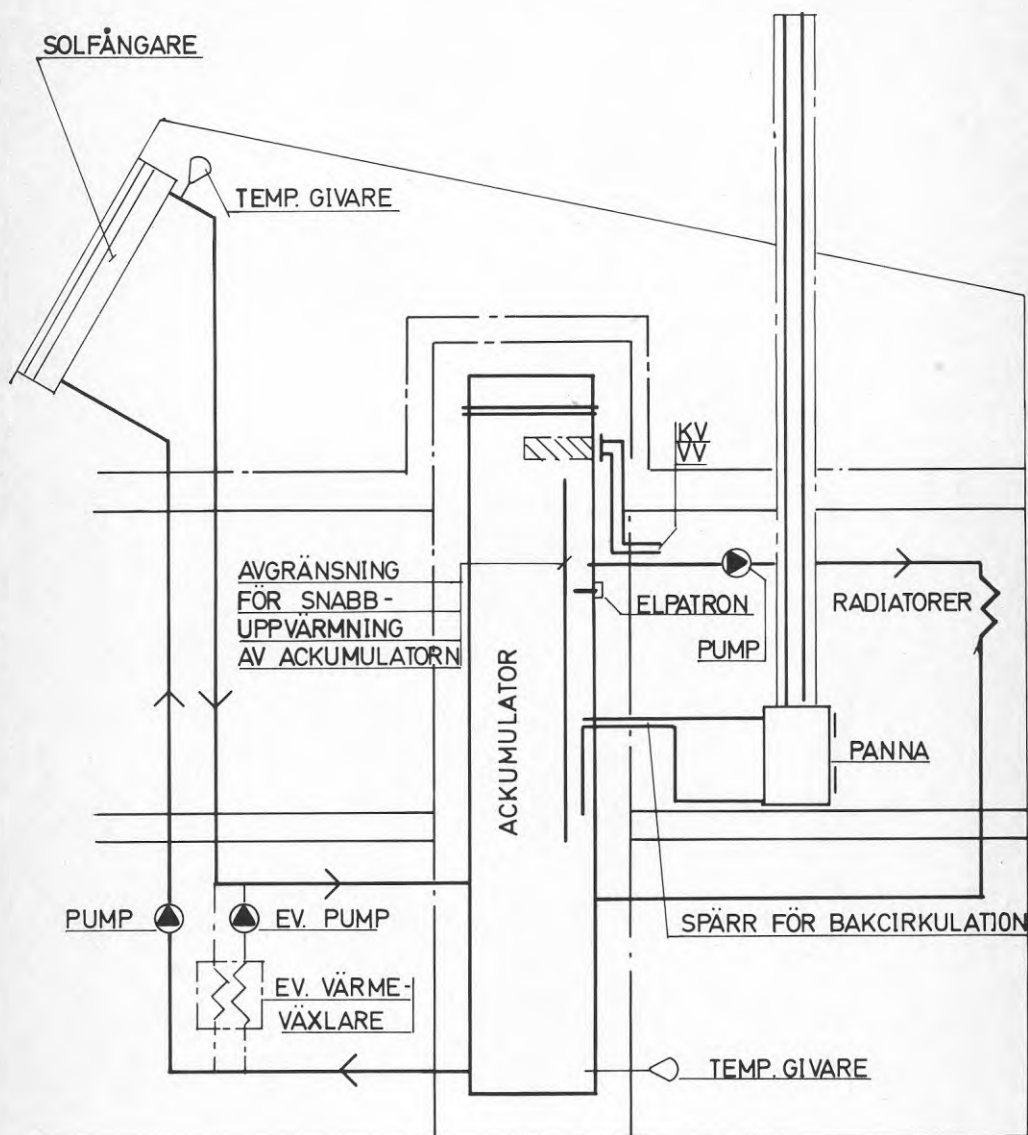
BILD 7.



## HEWAB SOLHUS

BILD 8

PRINCIP FÖR VÄRME- OCH ACKUMULATORSYSTEM



LITTERATURFÖRTECKNING

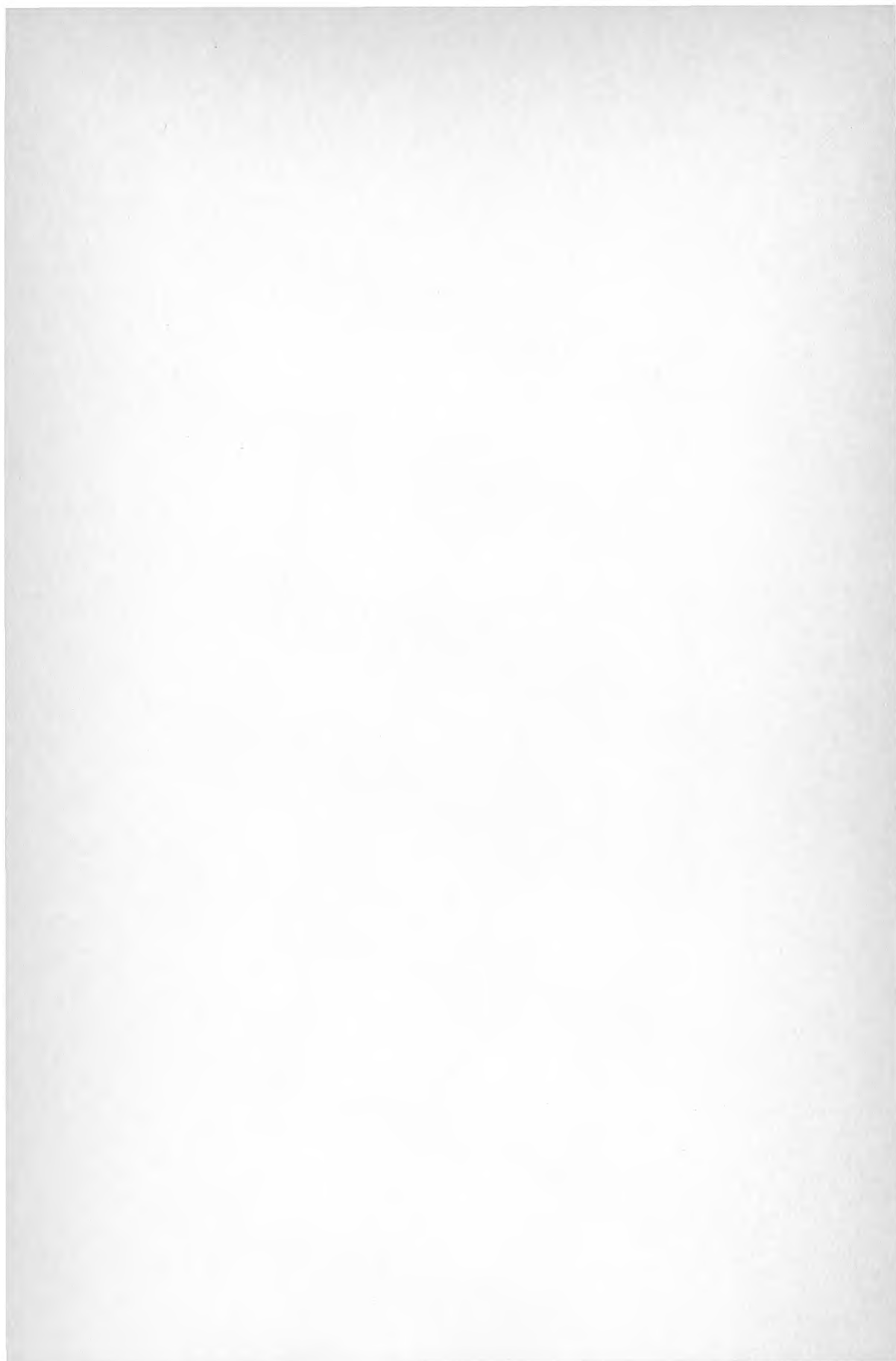
Grundläggande förutsättningar för soluppvärmning av byggnader i Skandinavien. Valdis Girdo.

R108:1978 Byggeforskningsrådet.

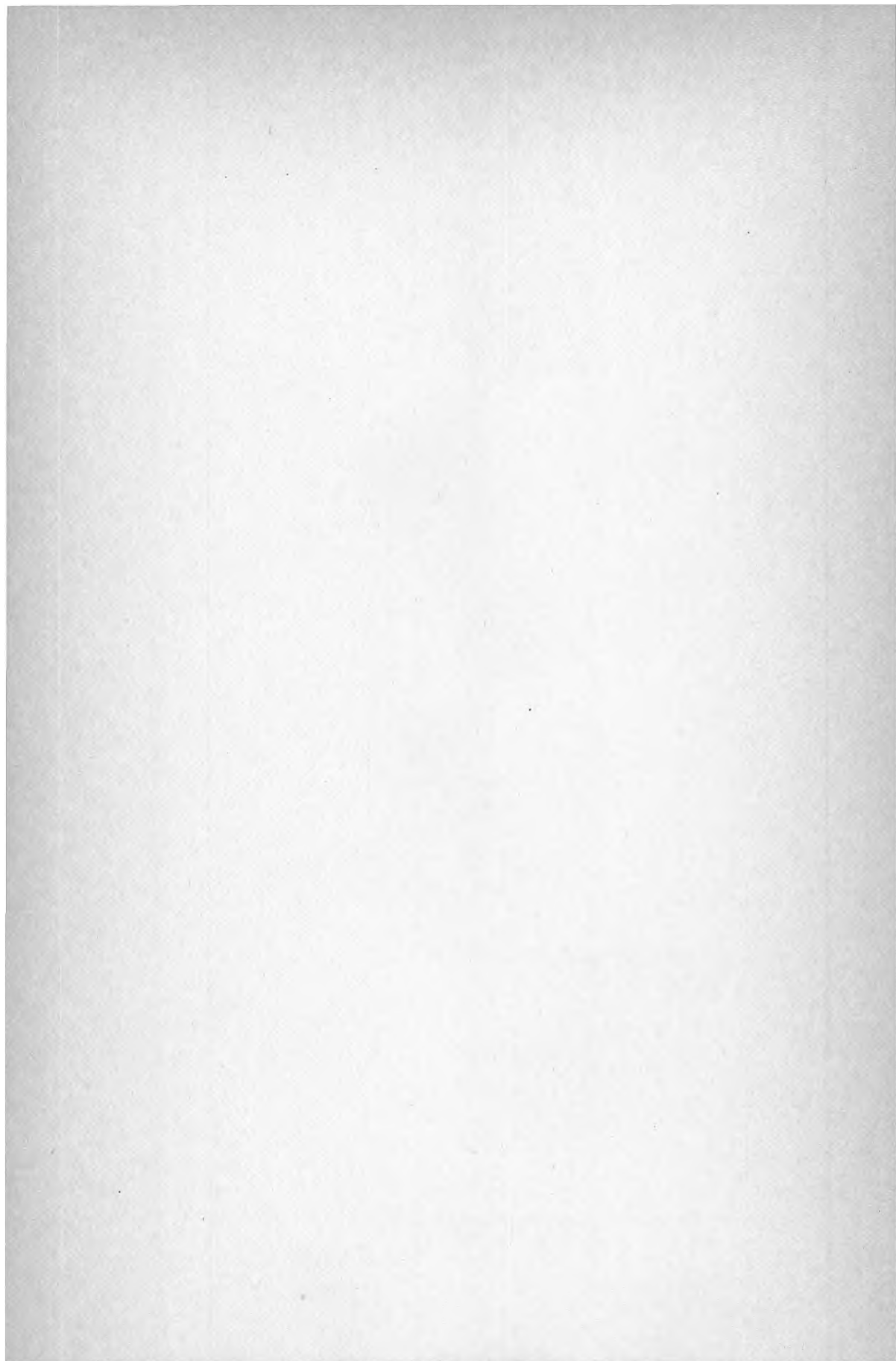
Intermittent uppvärmning, Nattsänkning. N. Dafgård

Tidskrift för VVS- Kyl- El och Miljöteknik  
( VVS-tekniska föreningen )

VVS-handboken och Tabeller och diagram.









**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 780507-0  
från Statens råd för byggnadsforskning till HEWAB —  
Henry Willman AB, Tyresö.**

**Art.nr: 6700217**

**Abonnemangsgrupp:  
W. Installationer**

**R117: 1980**

**ISBN 91-540-3342-X**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

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

**Cirkapris: 20 kr exkl moms**