



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

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



Rapport

R56:1977

Byggnadsstatik

149

Tre energiprovhus i Östersund

Karl E Munther

Byggforskningen

TEKNISKA HOGSKOLEN I BILDA
SEKTIONEN FOR VAG, LOST OCH
BIBLIOTEKET

Rapport R56:1977

TRE ENERGIPROVHUS I ÖSTERSUND

Försök med energisnåla småhus

Karl E Munther

Denna rapport hänförs till forskningsanslag 740484-7 från Statens
råd för byggnadsforskning till Munthers Ingenjörbyrå AB, Sundsvall.

Nyckelord:

enfamiljshus
energiförbrukning
elvärm
lågenergihus
återvinning av ventilationsvärme

UDK 697.003
728.3

R56:1977 (Sammanfattning S25:1977)
ISBN 91-540-2746-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1977

INNEHÅLL

FÖRORD	4
1 SYFTE OCH FÖRSÖKSPRINCIP.....	5
2 PROVHUSEN.....	6
3 ENERGIMÄTNINGAR.....	17
3.1 Obebodda hus.....	17
3.2 Bebodda hus.....	18
4 ENERGIBEHOV. OBEBODDA HUS.....	19
4.1 Avgivning från varmvattenberedare.....	19
4.2 Energi till ventilationsaggregat.....	19
4.3 Energi för uppvärmning.....	
4.3.1 Energibehov vid varierande drift av ventilations- system.....	20
4.3.2 Specifikt energibehov per graddygn.....	31
4.4 Skillnader i energibehov.....	31
4.4.1 Medelvärden från dygn med samma driftbetingelser.	31
4.4.2 Frånluftsventilation.....	33
4.4.3 Värmeväxlande kryputrymme.....	33
4.4.4 Climax-systemet.....	34
5 ENERGIBEHOV. BEBODDA HUS.....	36
5.1 Uppmätt energiåtgång.....	36
5.2 Rumstemperaturer under bebodda året.....	43
5.3 Diskussion av uppmätta skillnader i energibehov..	45
5.4 Energiförbrukningens fördelning under året.....	49
5.5 Ideal utnyttjandetid för elvärmeeffekt.....	51
5.5.1 Kontroll av överdimensionering i bef. områden....	52
5.6 Radiatoreffekt och dess utnyttjande i provhusen..	53
5.7 Jämförelse med provhus i Nälsta.....	54
6 SAMMANFATTNING AV HUVUDRESULTAT	56

FÖRORD

I denna rapport redovisas en experimentell undersökning av energibehov i tre provhus i Östersund.

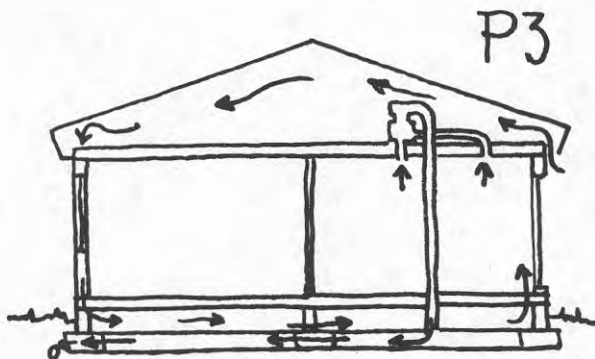
Husen har projekterats och byggts av författaren under medverkan av Climax AB, AB Emmaboda Glasverk, C Ljungdahls AB, AB Sv Fläktfabriken, AB Lenhovda Snickerifabrik, Norrbottens Järnverk AB, Rockwool AB, Siemens AB, Siporex AB och Sv Spånskiveföreningen samt Statens råd för byggnadsforskning som anslagit medel för tre månaders mätverksamhet i husen.

Vid utvärderingen har värdefulla synpunkter lämnats av tekniker Arne Elmroth vid institutionen för byggnadsteknik, KTH, och tekniker Bengt Johnsson, Familjebostäder AB, Stockholm. Utvärderingen av ventilationssystem har granskats av tekniker Per Norbäck och civilingenjör Bo Åström vid Munters, Sollen-tuna.

Jag hoppas att rapporten på någon punkt skall kunna bidra till ökad kunskap om energiåtgång i småhus. Till ovan nämnda och alla andra som visat välvilja och intresse för mina idéer vill jag framföra mitt varma tack. Speciellt gäller detta adjunkt Harry Persson, John Ericssonsskolan, Östersund, vars deltagande under provtiden varit av stort värde.

Sundsvall i november 1976

Karl E Munther



1 SYFTE OCH FÖRSÖKSPRINCIP

I det program för provhusen som inlämnades till BFR förutskickade författaren att

1. det var möjligt att sänka totala energibehovet för ett källarlöst småhus av normal storlek till c:a 17.000 kWh/år i Stockholmsklimat.

Detta borde kunna ske genom användande av huvudsakligen beprövade metoder nämligen

Hög isolergrad
Så långt möjligt lufttäta omslutningsytor
Treglasfönster
Balanserad ventilation med värmeåtervinning.

Att bevisa denna tes kan sägas ha varit huvudsyftet med provhusen. Dessutom ville författaren

2. Studera energiåtgång hos en väl isolerad källare med treglasfönster och normala rumstemperaturer. Detta sätt att utnyttja källaren har blivit allt mer vanligt.
3. Studera skillnader i energiåtgång mellan samma hus obebott och bebott samt hur stor del av den s k fasta förbrukningen som tillgodogörs som värme. Härigenom skulle möjlighet ges att av resultat från obebodda provhus dra slutsatser om energiåtgång vid normal drift.
4. Visa att mekanisk ventilation med frånluft utan värmeåtervinning är energikrävande.
5. Visa att småhus med termostatreglerad värme har ett energibehov för uppvärmning långt utanför den traditionella s k eldningssäsongen och att detta inte kan försummas.
6. Prova om det är nödvändigt att överdimensionera radiator-effekten vid elvärme i så hög grad som normalt sker. Installera "ideal radiator-effekt" i ett hus.

För genomförandet valdes att bygga tre i princip lika hus med vissa variabler och använda uppmätta differenser i energibehov för att söka belysa de mest komplicerade frågorna. Provhusen är alltså byggda enligt följande principer:

Två hus har	hög isolergrad	-	ett har	lägre isolergrad
-"-	kryputrymme	-	-"-	källare
-"-	täta treglasfönster	-	-"-	tvåglasfönster
-"-	värmeåtervinning	-	-"-	frånluftsventilation

I övrigt är de tre provhusen lika byggda.

2 PROVHUSEN

De tre provhusen är belägna i Östersunds kommun nära Frösö flygplats. Husen uppfördes under andra halvåret 1974. Tekniska data av intresse har införts i FIG. 1-10.

Husen är projekterade med samma planlösning och med samma fönsterplacering. De två trähusen P 2 och P 3 är orienterade med en långfasad exakt mot söder. Lättbetonghuset P 1 har samma fasad något vriden åt öster vilket framgår av FIG. 1. P 1, som har souterrainvåning, är beläget i en söderslutning med fritt läge och direkt utsatt för vind och solstrålning. P 2 och P 3 - källarlösa med kryputrymme - ligger på plan mark med omgivande villor. Dessa hindrar vid vissa tidpunkter direkt solinstrålning men ger ett visst skydd vid vindpåverkan.

Av FIG. 2 framgår att de källarlösa trähusen båda har hög isolergrad. De två husen är helt lika med undantag av fönstertyp och ventilations sätt. Fönstertyorna är relativt små utom mot söder. P 3 har H-fönster med trippel isolerglas medan P 2 har kopplade tvåglasfönster av standardutförande.

P 2 ventileras genom direkt utsugning med SF frånluftssystem. Tillförsel av tilluft sker okontrollerbart. Samma ventilationskomponenter har använts i P 3 men här släpps inte frånluften direkt ut. I stället pumpas den ned under värmewäxlande plåtbjälklag i kryputrymmet och evakueras sedan via stuprören. Tilluften tillförs genom Decevent-fläktar, som kan ställas om för tre olika luftmängder eller stängas helt. Tilluften tas från vindsutrymme via luftspalt i söderväggen och förs - motströms mot frånluften - över plåtbjälklaget och in i respektive rum. Vid normal drift körs Decevent-aggregaten dygnet runt.

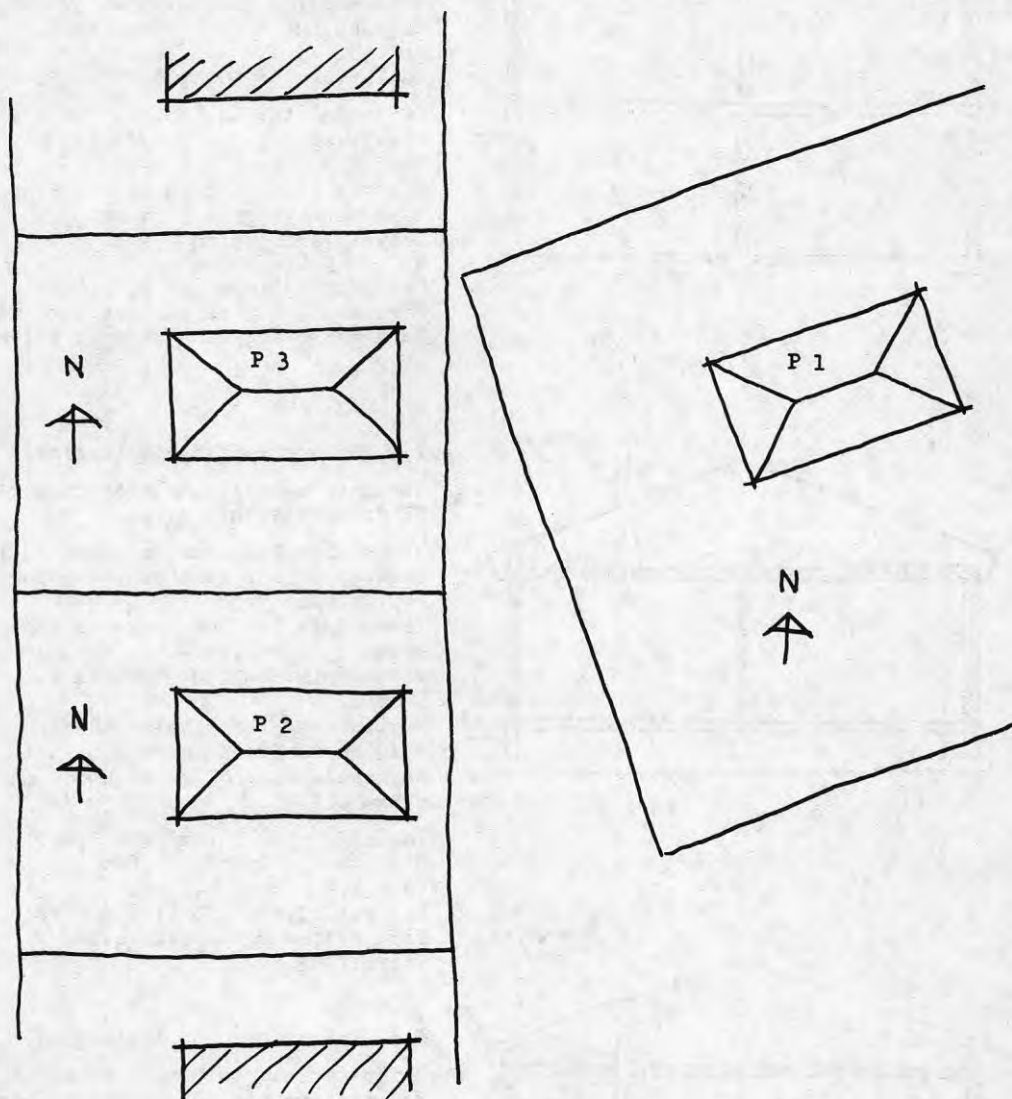
P 1 är byggt helt i lättbetong men med tilläggsisolering på vindsbjälklaget och har samma H-fönster som P 3. Även här sker ventilation med balanserad till- och frånluft genom Climax-aggregat med roterande värmewäxlare typ Econovent. Här förs tilluften in genom don i tak i vardagsrum och sovrum. På grund av risken för luktspridning är spiskåpan ersatt med kolfilterfläkt utan kanal. I samtliga tre hus har utsugen luftmängd inreglerats till 180 m³/h vilket motsvarar c:a 0,6 oms/h. Ventilationsystemen illustreras utförligare i FIG. 3-10.

Bjälklag under bostadsplan utgörs för alla tre husen av armerade bjälklagselement av lättbetong. Av planlösningen framgår att källaren i P 1 i huvudsak utnyttjas som bostadsutrymme med normala temperaturer i rum.

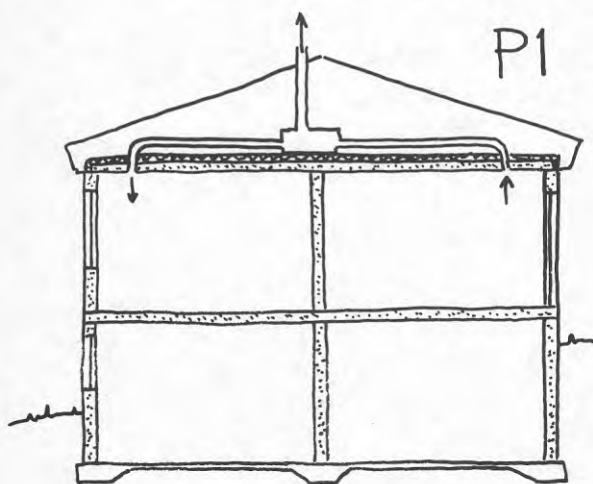
Alla husen är elvärmda med lika placerade radiatorer Siemens P 30. Speciell omsorg har ägnats åt tätning av husens omslutningsytor med Gullfibers fogfiber 1610 och fogmassa typ Tremco Syntomeric. Under obebodda provtiden har dock golv- och väggbeklädnader saknats.

FIGUR 1. Provhusens orientering.

P 1 med öppet och för vind relativt utsatt läge.
P 2 och P 3 med för vind mer skyddat läge.



FIGUR 2. Principsektioner och tekniska data.



P 1. Hus byggt av lättbetong.

H-fönster med trippel isolerglas.
Värmeåtervinning ur frånluft med
Climax-aggregat (Econoventväxlare).

Vindsbjlg: BE 400 200x6Mx42M + 150 mm
pappersbelagd skiva Rockwool 303.
 $k=0,19 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$.

Yttervägg: F 400 30x250x615. $k=0,40$.

Bottenbjlg: BE 230 200x6Mx42M.

$k=0,58$.

Källarvägg: F 500 300x250x615.

Invändig yta: $14,8 \times 8,2 = 121,4 \text{ m}^2$.

Glasytor: Syd 5,6 Ost 0,9

Väst 1,7 Nord 1,1 m^2 .

Karmyta $17,6 \text{ m}^2$ fönster & dörrar.

Varm nettoväggyta $92,8 \text{ m}^2$.

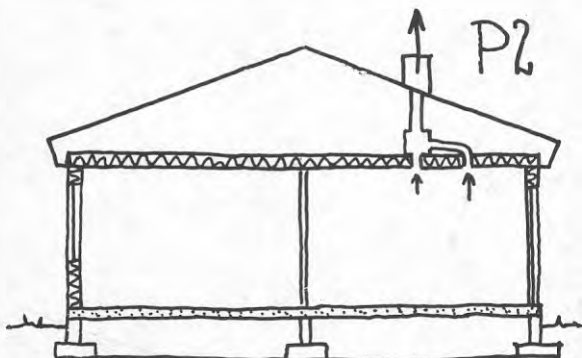
Volym: Våningsplan 291 m^3

Källare 279 m^3 .

Glasytor källare Syd 3,6 Ost 1,2

Karmyta $10,1 \text{ m}^2$ i källare inkl dörr

Varm nettoväggyta $95,7 \text{ m}^2$ i källare



P 2. Trähus med hög isolergrad.

Standard kopplade tvåglasfönster.
SF frånluftsventilation.

Vindsbjlg: $2 \times 150 \text{ mm}$ Rockwool bjälk-
lagsskiva 303, övre pappersbelagd.
 $k=0,14 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$.

Yttervägg: $2 \times 95 \text{ mm}$ Rockwool regel-
skiva 331. $k=0,22$.

Bottenbjlg: BE 230 250x6Mx42M.

$k=0,51$.

Kryprumsvägg: $250 \text{ betonghålstén} +$
 $2 \times 40 \text{ mm}$ Rockwool skiva 335.

Markisolering: 80 mm Rockwool mark-
skiva 817.

Invändig yta: $15,0 \times 8,4 = 126,0 \text{ m}^2$.

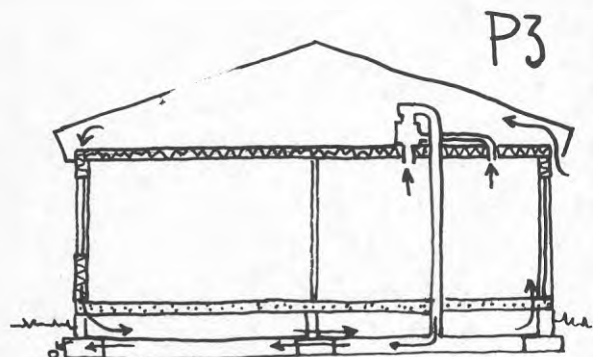
Glasytor: Syd 6,4 Ost 1,1

Väst 1,9 Nord 1,1 m^2 .

Karmyta $17,4 \text{ m}^2$ fönster & dörrar.

Varm nettoväggyta $94,9 \text{ m}^2$.

Volym: 302 m^3 .



P 3. Trähus med hög isolergrad.

H-fönster med trippel isolerglas.
Ventilation via värmväxlare kryp-
utrymme.

Glasytor: Syd 5,6 Ost 0,9

Väst 1,7 Nord 1,1 m^2 .

Karmyta $17,6 \text{ m}^2$ fönster & dörrar.

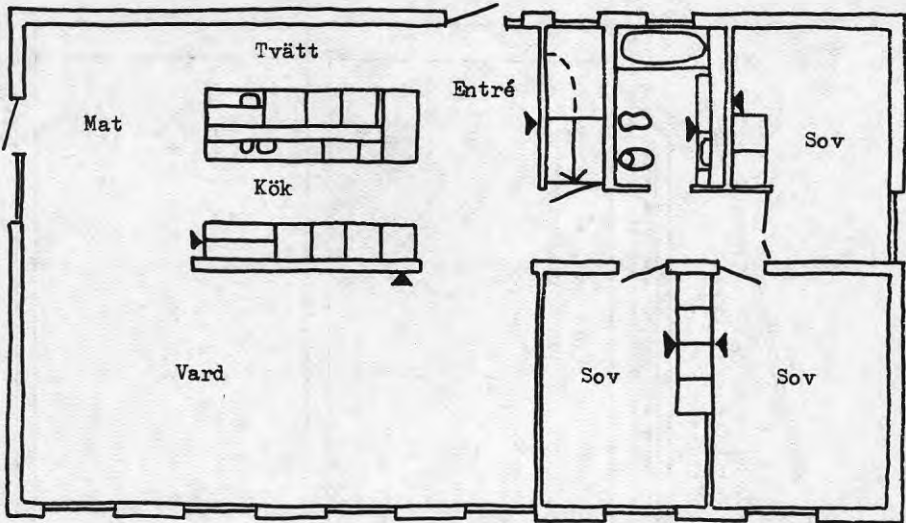
Varm nettoväggyta $94,7 \text{ m}^2$.

I övrigt lika P 2.

FIGUR 3. Planlösningar. Placering av termometrar.

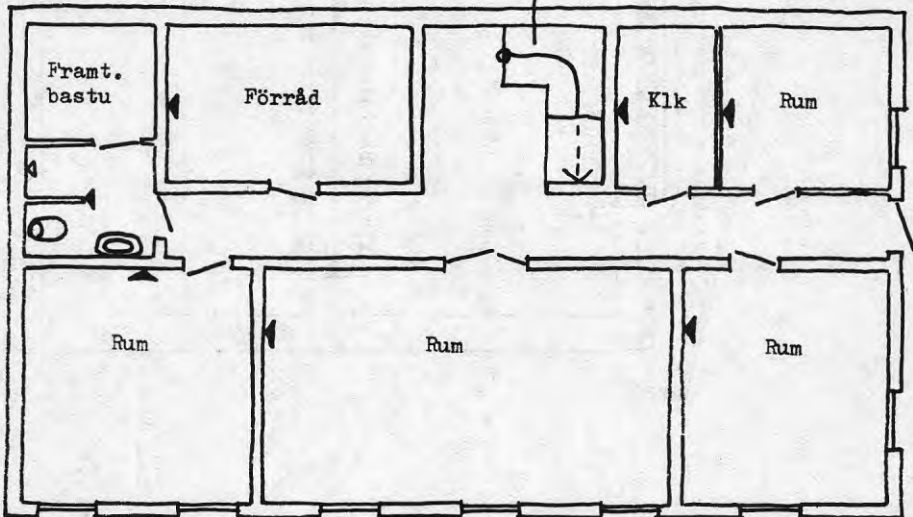
Våningsplan i samtliga hus.

▶ = termometer för mätning av lufttemperaturer i rum.

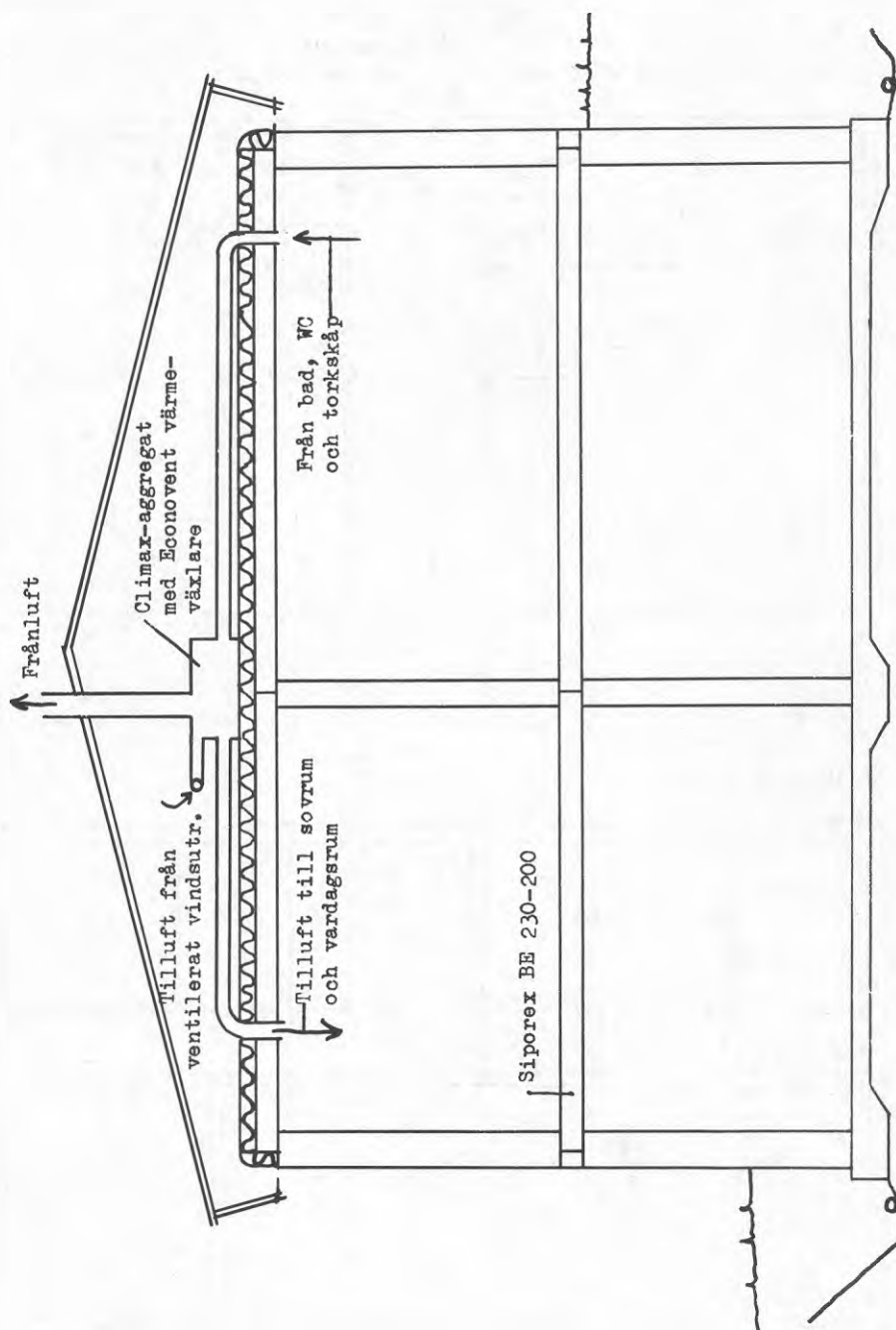


Trappa i P 1. Ersätts av WC och garderob i P 2 och P3.

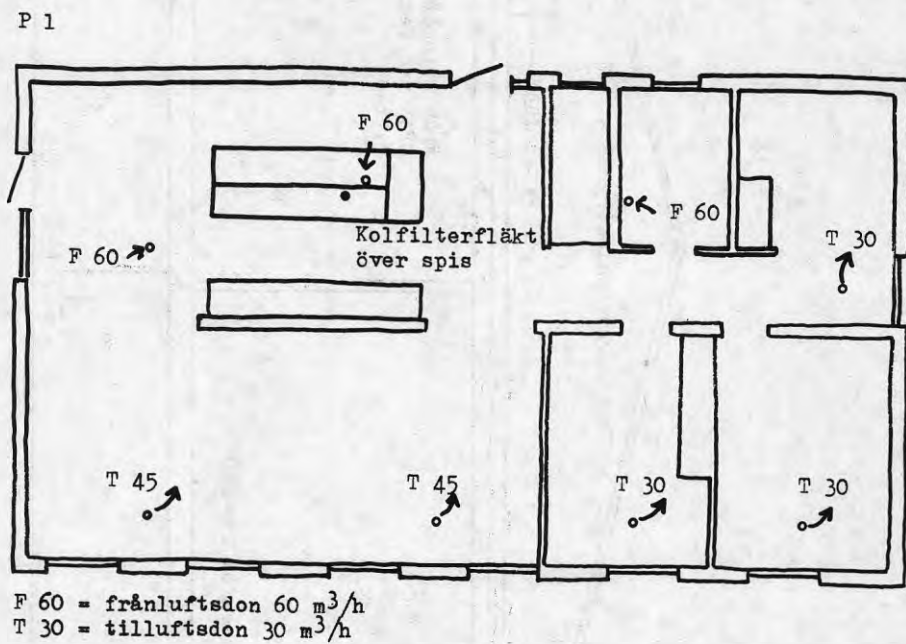
Källarplan i P 1.



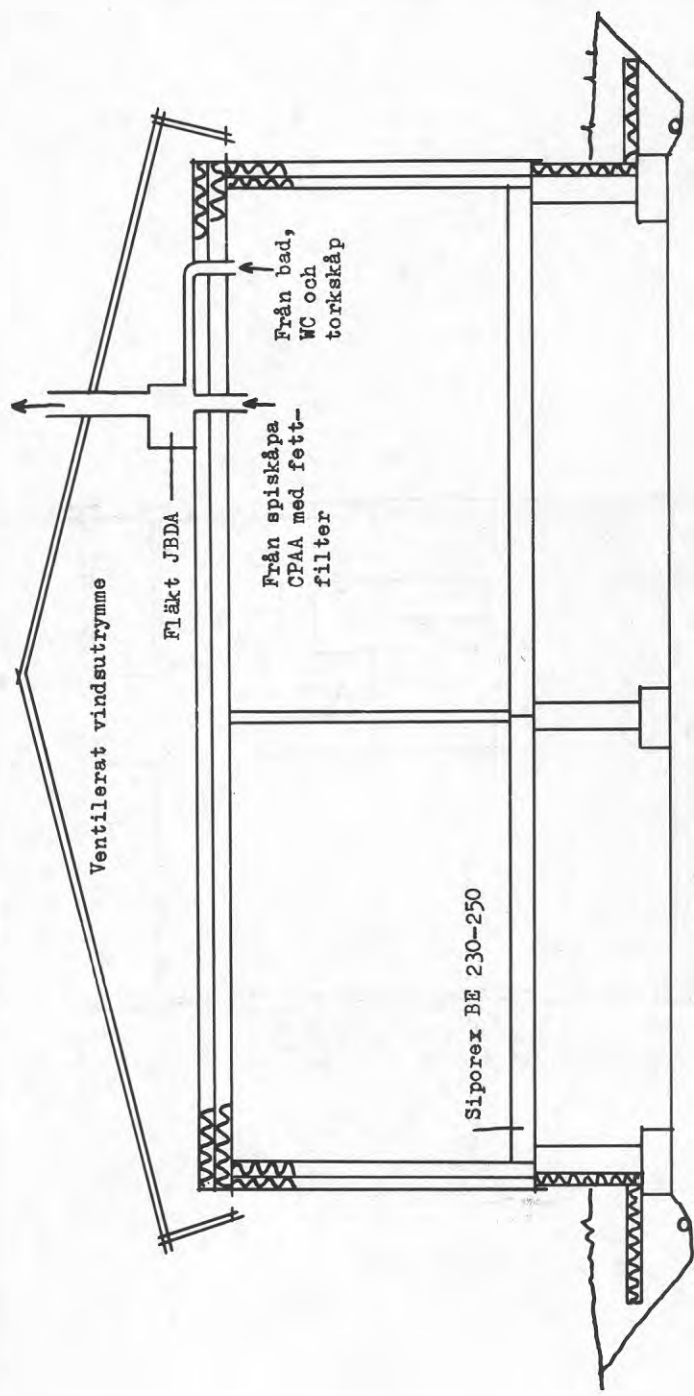
FIGUR 4. Ventilationssystem i P 1.



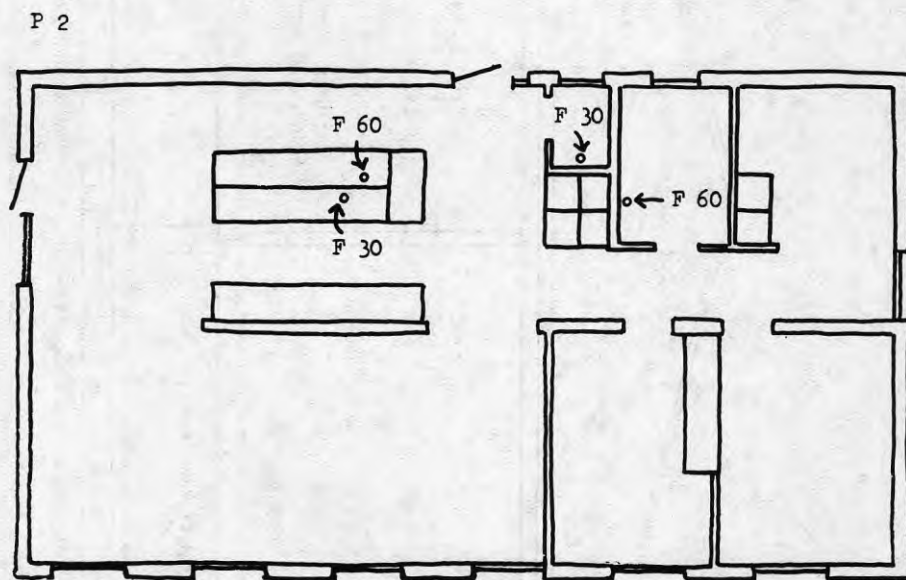
FIGUR 5. Ventilationssystem i P 1. Utsugna luftmängder.



FIGUR 6. Ventilationssystem i P 2.

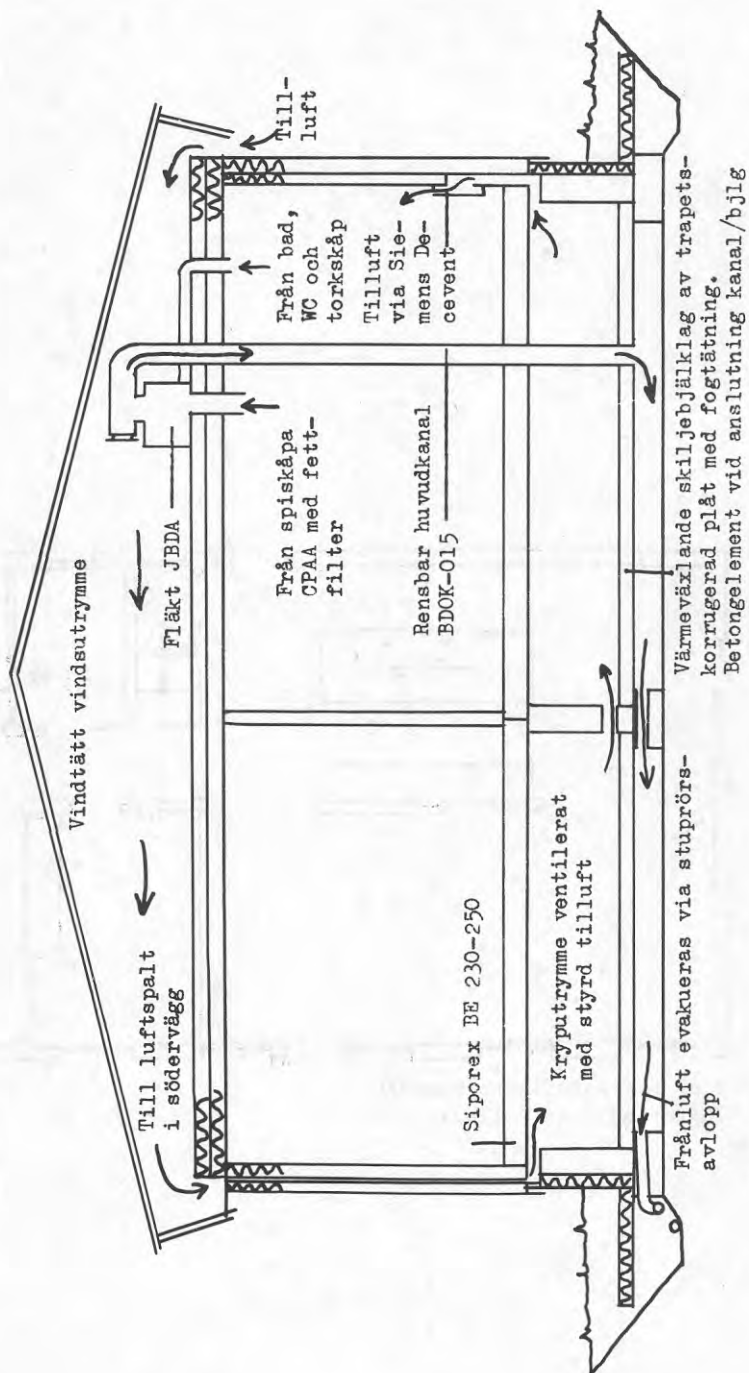


FIGUR 7. Ventilationssystem i P 2. Utsugna luftmängder.

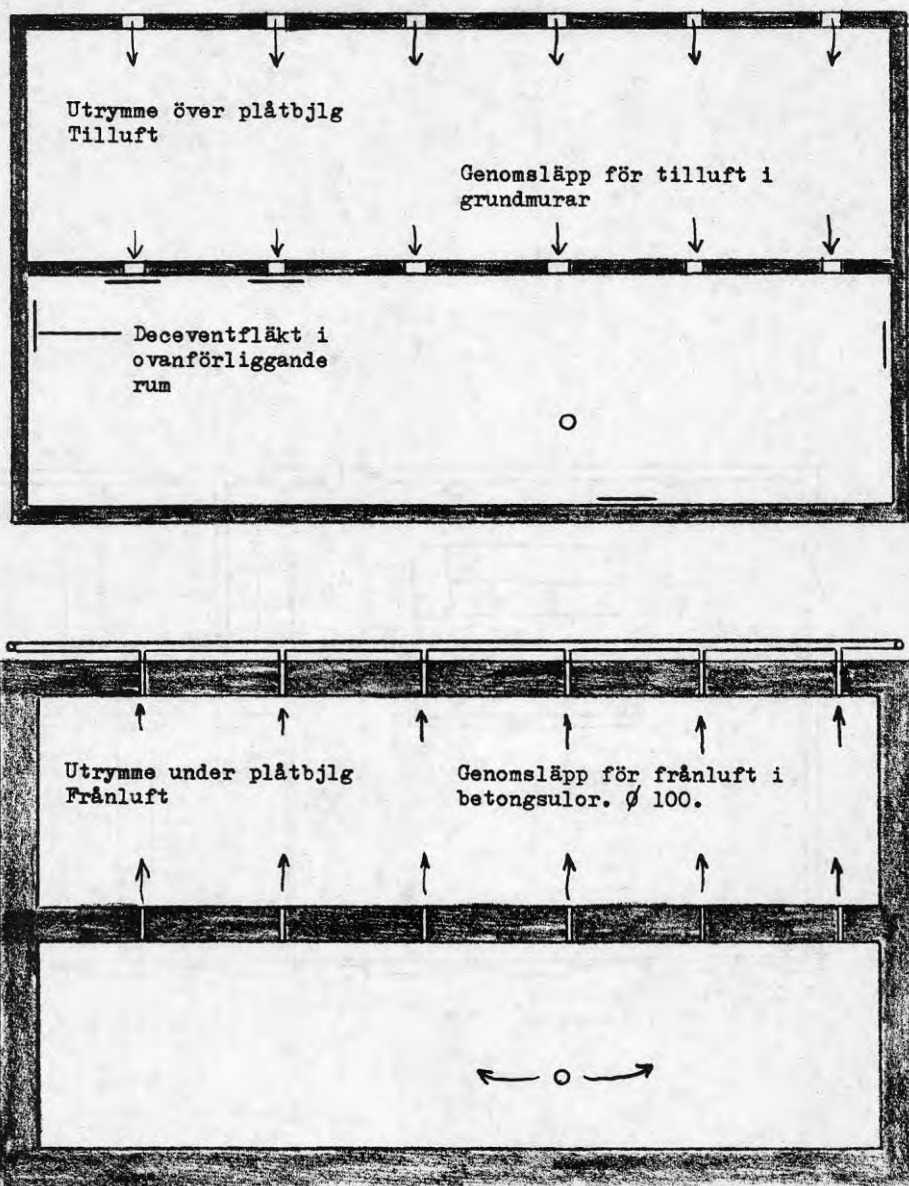


F 60 = frånluftsdon 60 m³/h
Ingen reglerad tilluft.

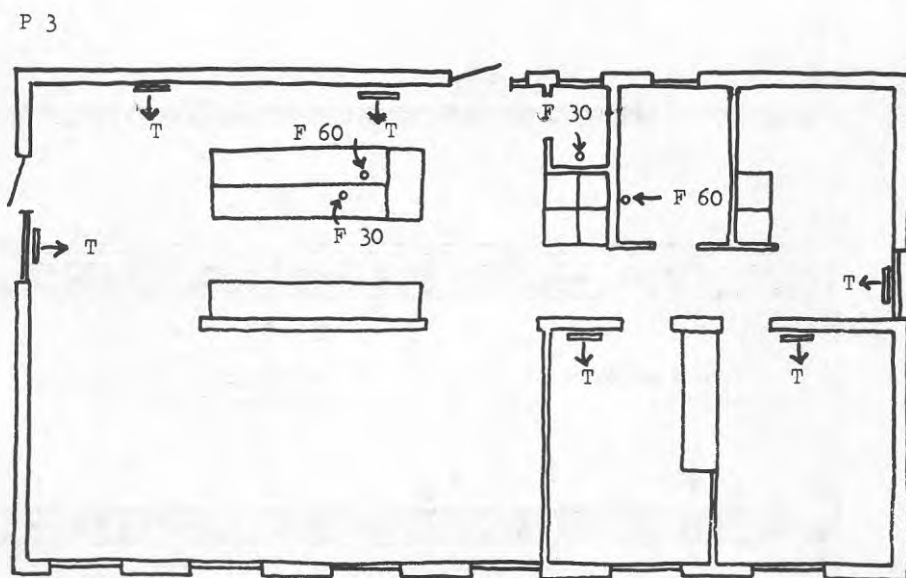
FIGUR 8. Ventilationssystem i P 3.



FIGUR 9. Ventilationssystem i P 3. Kryputrymme.



FIGUR 10. Ventilationssystem i P 3. Utsugna luftmängder.



3 ENERGIMÄTNINGAR

3.1 Obebodda hus

Vid nyåret 74/75 var husen i princip färdigställda. Efter detta utfördes vissa kompletterande arbeten med tätning av omslutningsytor, injustering av ventilationssystem o s v. Efter installation av mätutrustning erfordrades ytterligare tid innan husen kommit i sådan balans att meningsfulla mätvärden utan störningar erhöles.

Den första mätperioden skedde med husen obebodda. Under tiden 15 februari till 15 maj 1975 skedde kontinuerliga registreringar av energiåtgång - först dygnsvis men efter tre veckor med avläsning av både dag- och nattförbrukning. Mätare finns installerade för energi till radiatorer, spis, torkskåp, tvättmaskin, varmvattenberedare, fläktar, belysning och hushållsförbrukning samt radiatorer i källare. I ett sovrum i varje hus mättes dessutom radiatorenergin separat och effektvariationer registrerades med skrivare. I samtliga fall användes nya kWh-mätare som kalibrerats av Östersunds elverk till en noggrannhet av klass 2, d v s maximalt $\pm 2\%$ inom hela mätområdet.

Utomhustemperaturer lokalt vid provhusen registrerades med skrivare och jämfördes med de avläsningar som utfördes vid Frösö flygplats för SMHI. God överensstämmelse erhöles. De senare har därför lagts till grund för utvärderingen av hela provtiden. Medelvärden för utetemperaturer och vindstyrkor har beräknats ur avlästa värden varje timme dygnet runt. Soltimmar har bestämts med hjälp av heliogram från Frösö flygplats. Ur dessa kan även utläsas under vilken tid soltimmarna infallit. Heliogrammen har liksom uppgifter om samlad molnmängd, luftfuktighet, väderlek o dyl arkiverats för att möjliggöra en ev noggrann analys av olika faktorerers inverkan på energibehovet.

Temperaturer i kryp- och vindsutrymmen samt ventilationsdon och -aggregat mättes med hjälp av dioder anslutna till central mätplint varvid $\pm 0,2$ graders noggrannhet erhöles.

Som inomhustemperatur har valts aritmetiska medelvärden av lufttemperaturer i varje rum. Dessa har mätts med strålnings-skyddade kalibrerade kvicksilvertermometrar som medgett avläsningar av tiondels grader. Termometrarna har placerats lika på innerväggar i samtliga hus (Jmfr FIG. 3). Som representativ innetemperatur under dygn resp halvdygn har valts medelvärdet av innetemperaturer morgon och kväll. På detta sätt har tillfälliga övertemperaturer - som inte krävt radiatorenergi - inte påverkat beräkningarna av specifikt energibehov.

Utsugna luftmängder har injusterats med hjälp av anemometer typ Wallac med mätstos AM-300. Samma instrument har använts och utsugen luftmängd har avsetts vara 180 m³/h när systemen varit i drift.

3.2 Bebodda hus

Under hösten 1975 skedde inflyttning i alla tre husen. Den 1 oktober 1975 var husen bebodda. Under två år registreras nu varje månadsskifte energiåtgång för radiatorer, belysning, spis, torrskåp, tvättmaskin, varmvatten o dyl samt avläses rumstemperaturer. Klimatdata erhålls från Frösö flygplats. Med dessa uppgifter som grund erhålls en bild av skillnader i energiåtgång vid normala driftsbetingelser. I föreliggande rapport redovisas mätvärden från det första helåret med bebodda hus.

4 ENERGIBEHOV. OBEBODDA HUS.

4.1 Avgivning från varmvattenberedare

En del grundläggande data har tagits fram medan husen varit obebodda. Eftersom inget varmvatten tappats under denna tid har hela den avlästa energiåtgången krävts för att kompensera beredarnas fasta värmeavgivning. På grund av termostaternas slumpmässiga tillslag har det varit nödvändigt att bestämma medelenergibehov under en lång period och därefter fördela på varje dygn.

Det har visat sig att den fasta värmeavgivningen är

i P 1	1,6 kWh/dygn	motsvarande	584 kWh/år
i P 2	1,1 kWh/dygn	motsvarande	402 kWh/år
i P 3	1,3 kWh/dygn	motsvarande	475 kWh/år

På grund av beredarnas placering har de angivna värdena lagts till radiatorenergin i P 1:s souterrainplan och P 2:s och P 3:s våningsplan.

När husen är bebodda är termostatinställningen oförändrad varför samma energimängd avges även under denna tid. Den angivna energiåtgången för varmvatten anges i fortsättningen exklusive avgiven värme från beredaren. Denna avgivning läggs på radiatorenergin. Varmvattenenergin utgör alltså den rena förlusten vid förbrukning av varmvatten.

4.2 Energi till ventilationsaggregat

Energi för drift av fläktar och värmeväxlare har också registrerats. Följande värden har uppmätts:

P 1	Climax-aggregat	4,6 kWh/dygn	dvs	1679 kWh/år
P 2	Frånluftsfläkt	1,4 kWh/dygn	dvs	511 kWh/år
P 3	Frånluftsfläkt	1,4 kWh/dygn	dvs	511 kWh/år

I P 3 matas Decevent-fläktarna från radiatorerna. All energi för denna del av ventilationsanläggningen ingår således i avläst radiatorenergi.

4.3 Energi för uppvärmning

Som tidigare nämnts har avläsningar av energiåtgång skett dygnsvis under de första tre veckorna. Därefter har både dag- och nattförbrukning registrerats. Detta ger en bättre bild av husens verkliga temperaturberoende energibehov, av vilket sedan under dagtid en viss del täcks av solenergi.

I TABELL 1 redovisas efter slutlig bearbetning värden dels på uppmätt energibehov (W) i kWh/24 h resp kWh/12 h. I W ingår uppmätt radiatorenergi, belysning - som varit mycket ringa under obebodda tiden - samt fast värmeavgivning från varmvat-

tenberedare. Fläktenergi är däremot inte inräknad.

Desutom har beräknats specifikt energibehov ($W/\Delta t$) i kWh/ $^{\circ}\text{C}\cdot 24$ h resp kWh/ $^{\circ}\text{C}\cdot 12$ h. Som redan nämnts (Jmfr 3.1) är Δt temperaturskillnad inne/ute. Innetemperatur definieras som medelvärdet av lufttemperaturerna i varje rum med termometerplacering enligt FIGUR 3. Utetemperatur är medelvärdet beräknade ur timavläsningar dygnet runt.

I TABELL 1 redovisas även värden på soltimmar härledda ur heliogram samt medelvindstyrka i m/s beräknad ur registreringar varje helt klockslag dygnet runt vid Frösö flygplats.

Ett av huvudsyftena med provhusen var att söka få en uppfattning om olika ventilationssystemens praktiska inverkan på energigtången. Av denna anledning har ventilationssystemen körts intermittent - dels dygnsvis, dels under längre perioder - varvid klara skillnader i energiförbrukning kan noteras. I sista kolumnen i TABELL 1 anges vilken typ av ventilation som skett under dygnet:

- M = Alla ventilationssystem har varit i drift. Enbart utsugning i P 2. Till- och frånluft samt värmväxling i P 1 och P 3.
- U = Alla fläktar har stängts av. Endast ofrivillig ventilation genom omslutningsytor och genom visst självdrag i ventilationskanaler.
- F = Alla ventilationssystem i drift men i P1 har tilluftsfläkt och värmväxlarrotor stoppats. Tilluftsdon har stängts och tejpats lufttätt. P 1 har alltså haft ett system lika P 2:s.
- S = Lika M men värmväxlarrotor i P 1 har stått stilla.

4.3.1 Energibehov vid varierande drift av ventilationssystem

I FIGUR 11-13 visas i diagram hur ventilationen påverkat energibehovet för uppvärmning. Det framgår klart att frånluftssystemet är energikrävande.

Även energibehovet i P 3 stiger väsentligt när fläktarna körs. Dess speciella system för värmväxling fungerar givetvis med låg verkningsgrad direkt efter byggtiden. Marken under plåtbjälklaget har då ännu inte värmts upp.

P 1 däremot visar relativt liten ökning i energibehov när ventilationsaggregatet startas.

Man ser även att energibehovet relativt väl följer utetemperaturkurvan. I TABELL 1 har antal soltimmar och medelvindstyrkor införts. Speciellt låga energivärden kan i allmänhet härledas till högt antal soltimmar under dygnet.

TABELL 1. Uppmätt värmeenergiebehov per dygn och graddygn.

W = värmeenergi under dygn eller halvdyn. I W ingår radiatorenergi och värme från vv-beredare samt belysning men ej fläktenergi.
 W/ Δ t = spec. energibehov. Δ t är tempkillnad inne/ute under perioden.
 M = ventilationsaggregat i normal drift i alla tre husen.
 U = Ventilationsaggregat ur drift i alla tre husen.
 F = Lika M men systemet i P 1 ändrat till enbart frånluft.
 S = Lika M men värmväxlarrotor stilla i P 1.

Dygn nr	P 1		Källare		P 2		P 3		Solt.	Vind	Vent
	W kWh	W/ Δ t	W kWh	W/ Δ t	W kWh	W/ Δ t	W kWh	W/ Δ t			
1	125,1	4,65	81,4	3,08	121,3	4,19	88,2	3,04	3,3	2,5	M
2	105,7	4,10	79,2	3,18	89,1	3,18	67,2	2,44	3,0	2,8	U
3	107,0	4,06	76,5	3,02	109,0	3,90	85,5	3,11	2,6	4,2	M
4	95,6	4,35	73,1	3,52	85,6	3,66	72,5	3,18	4,0	3,4	U
5	85,6	4,24	71,4	3,73	112,8 ^{*)}	5,23	77,1	3,65	3,0	3,7	M
6	83,4	3,79	73,3	3,48	85,1 ^{*)}	3,74	74,3	3,33	2,5	2,1	U
7	78,4	3,92	66,7	3,62	118,9 ^{*)}	5,93	69,0	3,53	6,1	2,9	M
8	72,2	3,47	65,5	3,47	64,1	3,10	50,1	2,44	3,0	1,6	U
9	71,3	3,15	64,6	3,28	85,1	3,97	65,2	3,06	8,2	2,6	M
10	82,1	3,68	69,2	3,30	74,3	3,33	60,6	2,72	3,4	4,9	U
11	90,2	4,66	71,0	3,38	98,9	4,41	77,4	3,46	0,9	3,2	M
12	80,8	4,01	63,5	3,36	67,6	3,35	53,5	2,62	6,5	8,5	U
13	86,4	4,46	65,1	3,57	91,4	4,72	74,4	3,81	0	6,8	M
14	78,5	3,50	66,4	3,15	73,9	3,28	56,8	2,56	0	0,9	U
15	82,9	3,46	67,0	3,00	101,1	4,17	74,6	3,15	0	2,2	M
16	82,6	3,09	68,0	2,70	79,5	2,92	58,9	2,22	1,3	0,8	U
17	90,1	3,92	65,1	3,02	93,8	3,99	67,6	2,95	0,3	0,9	M
18	82,1	3,60	66,7	3,16	67,3	2,96	55,0	2,45	0,5	1,0	U
19	70,8	2,87	64,7	2,79	96,8	3,92	68,7	2,78	0	0,7	M
20	63,7	2,82	61,0	2,82	56,9	2,47	44,8	1,95	8,3	3,2	U
21	78,8	4,00	62,3	3,37	90,8	4,50	64,2	3,27	0	4,1	M
22	67,4	3,33	62,2	3,27	62,6	3,01	53,7	2,67	3,0	2,4	U

*) Dygn 5-7 Störningar i P 2 p g a montage av utv fönsterluckor.

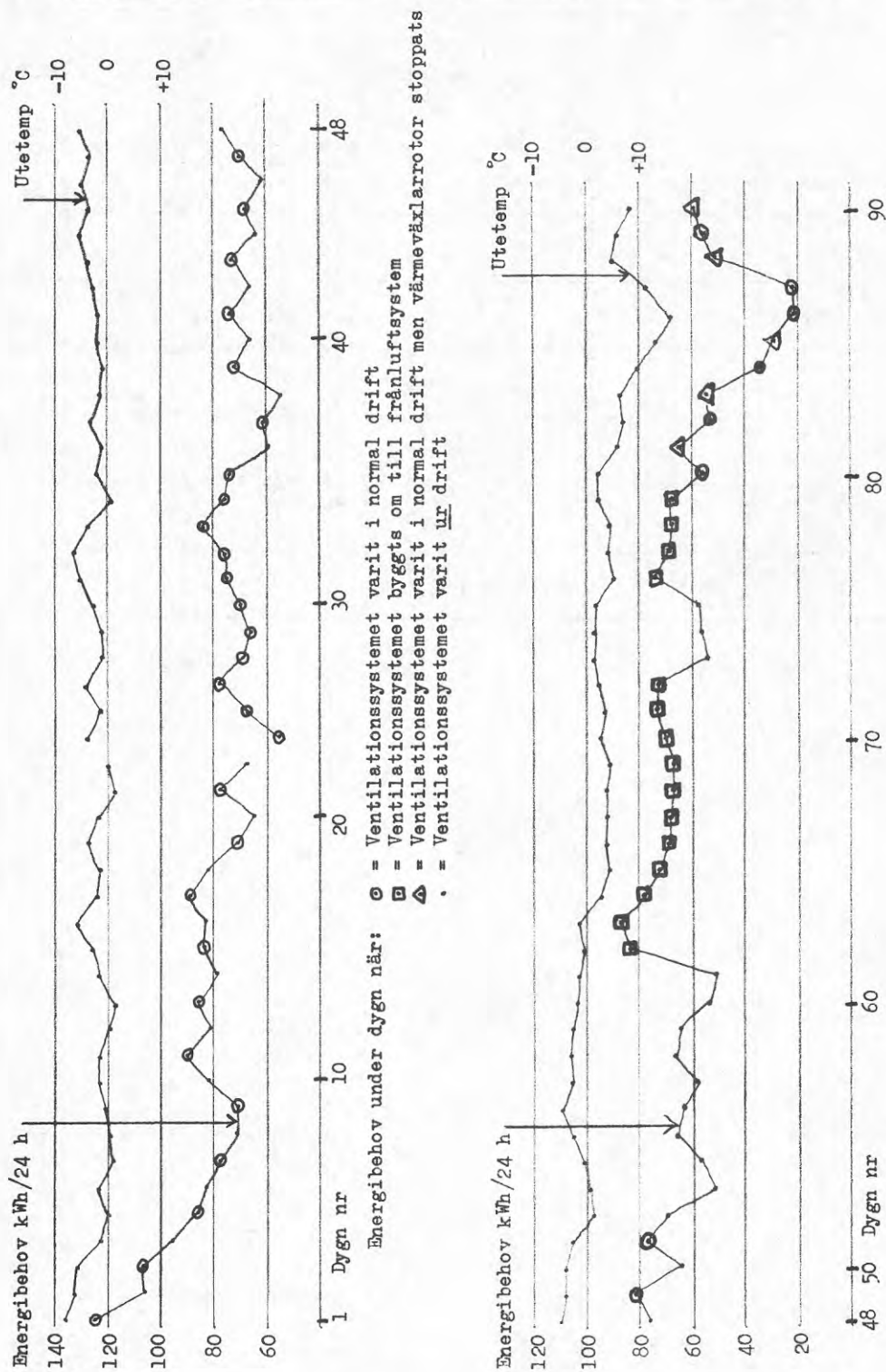
Dygn nr		P 1		Källare		P 2		P 3		Solt	Vind	Vent
		W kWh	W/Δt	W kWh	W/Δt	W kWh	W/Δt	W kWh	W/Δt			
25	Natt	38,5	1,49	31,9	1,29	51,2	1,92	36,0	1,39		1,0	
	Dygn	54,6	2,17	59,1	2,52	75,9	2,95	51,7	2,06			M
	Dag	16,1	0,68	27,2	1,23	24,7	1,03	15,7	0,67	9,5	0,6	
26	Natt	32,1	1,47	30,8	1,44	45,7	2,04	34,3	1,54		4,4	
	Dygn	67,6	3,14	59,1	2,79	74,6	3,37	52,3	2,37			M
	Dag	35,5	1,67	28,3	1,35	28,9	1,33	18,0	0,83	9,0	4,4	
27	Natt	42,1	1,61	38,5	1,50	51,8	1,96	38,2	1,44		2,3	
	Dygn	77,7	3,21	77,4	3,28	89,7	3,63	64,4	2,60			M
	Dag	35,6	1,60	38,9	1,78	37,9	1,67	26,2	1,16	0	1,8	
28	Natt	44,0	1,88	38,2	1,66	51,7	2,16	36,7	1,54		2,6	
	Dygn	69,0	3,18	73,2	3,54	72,1	3,19	51,1	2,27			M
	Dag	25,0	1,30	35,0	1,88	20,4	1,03	14,4	0,73	9,8	0,5	
29	Natt	39,1	1,67	36,9	1,62	46,9	2,00	34,1	1,45		0,9	
	Dygn	66,6	3,07	71,7	3,42	78,5	3,62	58,2	2,67			M
	Dag	27,5	1,40	34,8	1,80	31,6	1,62	24,1	1,22	3,0	0,9	
30	Natt	37,4	1,56	37,9	1,60	47,8	2,01	34,3	1,43		1,5	
	Dygn	70,1	3,09	75,3	3,35	85,6	3,77	64,4	2,82			M
	Dag	32,7	1,53	37,4	1,75	37,8	1,76	30,1	1,39	1,5	3,6	
31	Natt	43,1	1,61	41,7	1,55	52,4	1,94	38,7	1,42		2,4	
	Dygn	74,9	3,21	80,5	3,30	87,3	3,52	64,2	2,55			M
	Dag	31,8	1,60	38,8	1,75	34,9	1,58	25,5	1,13	5,0	5,3	
32	Natt	45,3	1,62	43,8	1,56	55,3	1,97	39,9	1,40		2,2	
	Dygn	74,6	2,85	76,9	2,94	85,6	3,22	62,2	2,32			M
	Dag	29,3	1,23	33,1	1,38	30,3	1,25	22,3	0,92	10,0	1,1	
33	Natt	45,5	1,74	36,4	1,37	53,6	2,02	38,1	1,43		1,3	
	Dygn	85,1	3,75	73,1	3,19	94,7	4,08	72,0	3,10			M
	Dag	39,6	2,01	36,7	1,82	41,1	2,06	33,9	1,67	0	2,9	
34	Natt	42,0	2,23	36,1	1,90	34,8	1,81	30,0	1,53		5,4	
	Dygn	75,9	3,84	76,8	3,86	62,7	3,11	52,1	2,54			U
	Dag	33,9	1,61	40,7	1,96	27,9	1,30	22,1	1,01	0	5,3	
35	Natt	41,9	1,74	42,7	1,77	45,6	1,88	38,4	1,55		2,4	
	Dygn	73,5	3,32	80,5	3,64	77,6	3,48	61,7	2,69			M
	Dag	31,6	1,58	37,8	1,87	32,0	1,60	23,3	1,14	6,3	2,1	
36	Natt	35,6	1,55	35,0	1,53	34,6	1,50	29,0	1,23		0,7	
	Dygn	58,8	2,70	71,9	3,39	54,3	2,47	44,0	1,96			U
	Dag	23,2	1,15	36,9	1,86	19,7	0,97	15,0	0,73	6,5	0,7	
37	Natt	37,2	1,41	32,0	1,22	44,9	1,69	33,4	1,26		0,8	
	Dygn	61,2	2,55	63,6	2,71	69,7	2,86	52,1	2,14			M
	Dag	24,0	1,14	31,6	1,49	24,8	1,17	18,7	0,88	10,3	1,3	
38	Natt	33,7	1,45	31,9	1,37	35,7	1,52	29,0	1,22		2,6	
	Dygn	55,6	2,54	61,8	2,87	52,8	2,36	41,8	1,84			U
	Dag	21,9	1,09	29,9	1,50	17,1	0,84	12,8	0,62	9,5	4,8	
39	Natt	39,0	1,80	30,5	1,41	41,7	1,90	32,1	1,44		5,7	
	Dygn	72,7	3,54	59,9	2,90	76,3	3,65	59,0	2,78			M
	Dag	33,7	1,74	29,4	1,49	34,6	1,75	26,9	1,34	3,3	3,3	
40	Natt	36,3	1,60	34,0	1,48	37,3	1,63	27,9	1,20		2,6	
	Dygn	65,9	3,03	68,2	3,13	61,5	2,80	46,8	2,09			U
	Dag	29,6	1,43	34,2	1,65	24,2	1,17	18,9	0,89	2,0	2,9	
41	Natt	36,2	1,65	32,4	1,45	42,6	1,93	33,5	1,49		1,7	
	Dygn	73,5	3,45	70,7	3,27	83,6	3,91	65,5	3,01			M
	Dag	37,3	1,80	38,3	1,82	41,0	1,98	32,0	1,52	0	2,3	
42	Natt	35,2	1,54	42,5	1,87	34,7	1,53	29,0	1,26		1,6	
	Dygn	66,3	2,93	82,6	3,70	63,0	2,80	51,9	2,27			U
	Dag	31,1	1,39	40,1	1,83	28,3	1,27	22,9	1,01	0	2,0	
43	Natt	37,4	1,53	42,0	1,76	45,9	1,89	34,1	1,38		1,4	
	Dygn	73,5	3,10	77,4	3,31	85,9	3,64	64,2	2,67			M
	Dag	36,1	1,57	35,4	1,55	40,0	1,75	30,1	1,29	0	0,6	

Dygn nr		P 1		Källare		P 2		P 3		Solt	Vind	Vent
		W kWh	W/Δt	W kWh	W/Δt	W kWh	W/Δt	W kWh	W/Δt			
44	Natt	36,7	1,37	35,1	1,32	37,2	1,40	30,3	1,12		0,2	
	Dygn	64,3	2,53	68,0	2,71	61,5	2,42	49,6	1,91			U
	Dag	27,6	1,16	32,9	1,39	24,3	1,02	19,3	0,79	3,5	1,1	
45	Natt	38,7	1,61	33,5	1,39	45,8	1,91	34,0	1,40		1,5	
	Dygn	67,7	2,89	66,5	2,84	78,7	3,37	57,7	2,44			M
	Dag	29,0	1,28	33,0	1,45	32,9	1,46	23,7	1,04	8,5	2,0	
46	Natt	37,1	1,29	34,3	1,20	40,9	1,43	28,8	1,00		0,9	
	Dygn	62,4	2,42	69,2	2,78	60,5	2,31	45,2	1,72			U
	Dag	25,3	1,13	34,9	1,58	19,6	0,88	16,4	0,72	7,0	1,9	
47	Natt	40,8	1,68	34,7	1,43	45,9	1,89	34,9	1,42		3,6	
	Dygn	69,5	2,95	68,2	2,89	75,5	3,19	57,1	2,38			M
	Dag	28,7	1,27	33,5	1,46	29,6	1,30	22,2	0,96	7,3	1,2	
48	Natt	41,5	1,49	32,0	1,15	38,4	1,38	32,2	1,14		1,6	
	Dygn	76,8	2,97	66,9	2,66	69,5	2,73	57,7	2,22			U
	Dag	35,3	1,48	34,9	1,51	31,1	1,35	25,5	1,08	0	3,3	
49	Natt	43,7	1,67	35,5	1,36	49,2	1,89	37,3	1,41		1,9	
	Dygn	81,4	3,33	70,9	2,90	91,8	3,76	68,0	1,74			M
	Dag	37,7	1,66	35,4	1,54	42,6	1,87	30,7	1,33	0	2,8	
50	Natt	38,7	1,53	36,0	1,43	35,2	1,42	30,8	1,19		1,3	
	Dygn	63,3	2,59	77,3	3,25	54,6	2,21	45,1	1,79			U
	Dag	24,6	1,06	41,3	1,82	18,4	0,79	14,3	0,60	4,0	1,9	
51	Natt	41,4	1,56	34,9	1,33	46,7	1,77	35,8	1,34		2,3	
	Dygn	77,2	3,37	67,9	2,98	84,0	3,65	65,0	2,79			M
	Dag	35,8	1,81	33,0	1,65	37,3	1,88	29,2	1,45	1,8	2,5	
52	Natt	37,8	1,91	34,4	1,74	33,1	1,66	30,2	1,48		3,6	
	Dygn	69,8	3,70	68,5	3,67	57,8	3,04	51,2	2,62			U
	Dag	32,0	1,79	34,1	1,93	24,7	1,38	21,0	1,14	0	1,5	
53	Natt	32,3	1,52	33,4	1,60	30,4	1,43	26,1	1,20		3,1	
	Dygn	52,4	2,59	66,4	3,39	46,7	2,30	39,1	1,86			U
	Dag	20,1	1,07	33,0	1,79	16,3	0,87	13,0	0,66	7,8	3,4	
54	Natt	29,4	1,32	31,6	1,45	28,9	1,30	25,6	1,13		1,0	
	Dygn	57,3	2,74	63,6	3,11	53,5	2,56	47,4	2,22			U
	Dag	27,9	1,42	32,0	1,66	24,6	1,26	21,8	1,09	0	1,2	
55	Natt	34,2	1,53	30,8	1,39	31,1	1,39	27,9	1,22		3,8	
	Dygn	66,6	2,95	62,6	2,79	57,7	2,54	51,5	2,22			U
	Dag	32,4	1,42	31,8	1,40	26,6	1,15	23,6	1,00	0	3,8	
56	Natt	36,7	1,29	33,4	1,19	35,1	1,23	31,1	1,07		2,1	
	Dygn	62,6	2,44	66,2	2,67	52,2	1,99	46,9	1,76			U
	Dag	25,9	1,15	32,8	1,48	17,1	0,76	15,8	0,69	12,0	1,9	
57	Natt	36,1	1,32	33,2	1,22	33,7	1,21	29,5	1,04		1,0	
	Dygn	58,2	2,20	62,0	2,38	50,6	1,87	42,6	1,55			U
	Dag	22,1	0,88	28,8	1,16	16,9	0,66	13,1	0,51	12,0	1,3	
58	Natt	33,8	1,36	30,6	1,26	28,0	1,13	28,0	1,11		2,8	
	Dygn	66,8	2,88	64,3	2,84	56,0	2,42	53,1	2,24			U
	Dag	33,0	1,52	33,7	1,58	28,0	1,29	25,1	1,13	1,0	2,0	
59	Natt	35,2	1,43	32,9	1,35	31,5	1,28	28,0	1,11		1,6	
	Dygn	63,8	2,39	67,3	2,52	52,5	1,98	44,9	1,67			U
	Dag	28,6	0,96	34,4	1,17	21,0	0,70	16,9	0,56	8,0	3,6	
60	Natt	33,3	1,31	33,6	1,33	32,6	1,28	29,4	1,13		2,7	
	Dygn	52,7	2,52	61,5	3,28	44,9	2,12	39,1	1,77			U
	Dag	19,4	1,31	27,9	1,95	12,3	0,84	9,7	0,64	12,0	1,8	
61	Natt	31,5	1,24	29,6	1,19	30,1	1,20	26,5	1,03		1,1	
	Dygn	51,1	2,29	59,5	2,83	44,0	1,95	39,5	1,71			U
	Dag	19,6	1,05	29,9	1,64	13,9	0,75	13,0	0,68	8,5	1,4	
62	Natt	47,0	2,02	35,5	1,53	38,8	1,66	32,8	1,38		1,0	
	Dygn	83,1	3,95	66,8	3,22	64,2	3,05	53,5	2,48			F
	Dag	36,1	1,93	31,3	1,69	25,4	1,39	20,7	1,10	9,5	2,4	

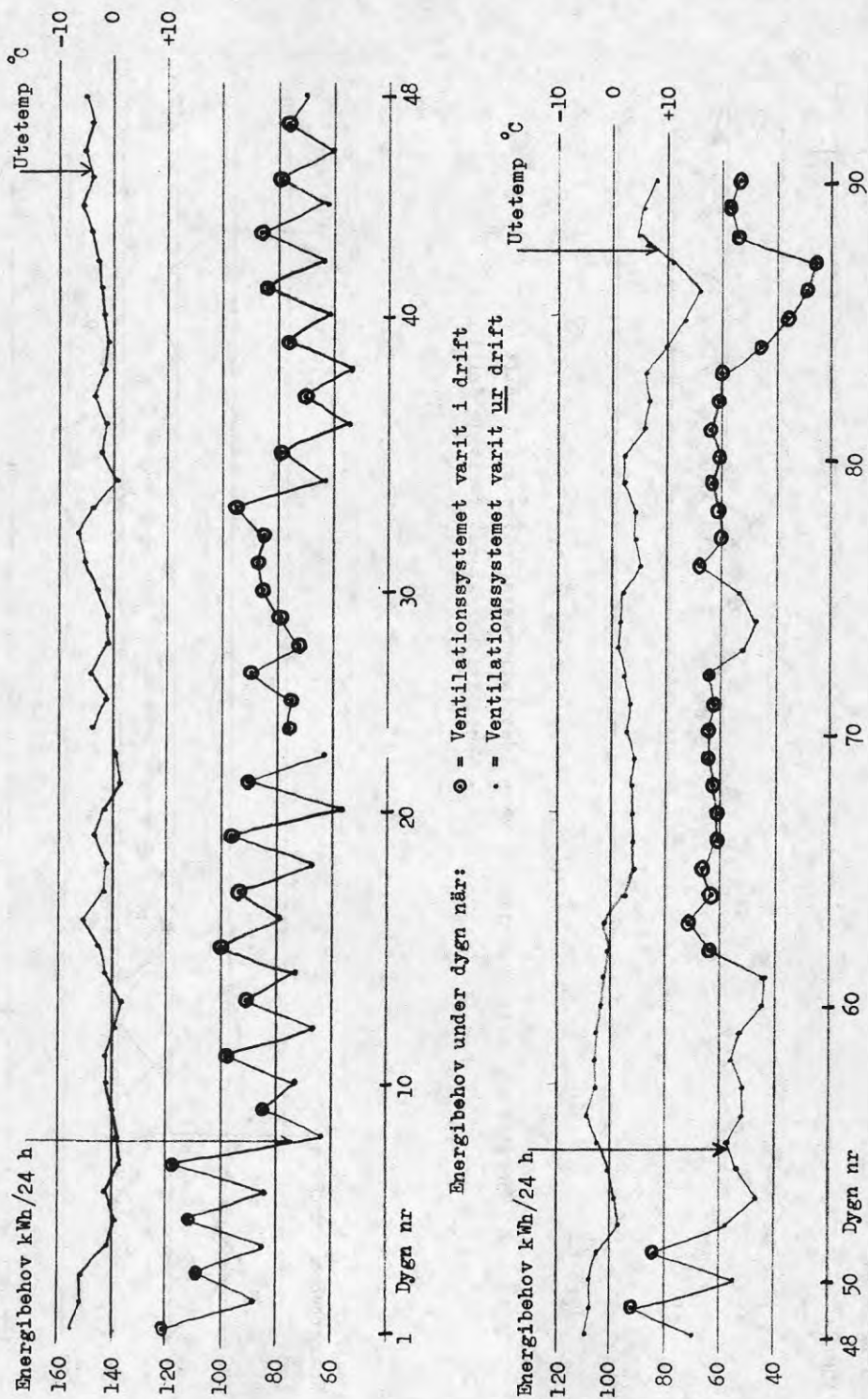
Dygn nr		P 1		Källare		P 2		P 3		Solt	Vind	Vent
		W kWh	W/Δt	W kWh	W/Δt	W kWh	W/Δt	W kWh	W/Δt			
63	Natt	51,2	1,96	34,9	1,34	44,8	1,76	36,5	1,39		1,1	
	Dygn	86,1	3,84	67,6	3,09	71,3	3,22	57,8	2,53			F
	Dag	34,9	1,88	32,7	1,75	26,5	1,46	21,3	1,14	12,0	1,0	
64	Natt	46,5	2,33	34,4	1,71	42,0	2,11	34,3	1,69		1,7	
	Dygn	78,6	4,50	63,5	3,67	63,5	3,57	52,4	2,89			F
	Dag	32,1	2,17	29,1	1,96	21,5	1,46	18,1	1,20	13,5	2,6	
65	Natt	42,9	2,33	31,1	1,70	45,5	2,49	37,2	1,99		3,3	
	Dygn	72,1	4,46	59,4	3,81	66,4	4,04	54,6	3,25			F
	Dag	29,2	2,13	28,3	2,11	20,9	1,55	17,4	1,26	13,3	3,6	
66	Natt	40,6	2,10	30,8	1,61	38,4	2,04	30,8	1,59		2,7	
	Dygn	68,8	4,06	59,2	3,75	60,5	3,63	48,5	2,81			F
	Dag	28,2	1,96	28,4	2,14	22,1	1,59	17,7	1,22	13,3	4,3	
67	Natt	41,8	2,17	31,4	1,64	39,7	2,08	33,0	1,68		2,3	
	Dygn	67,8	4,03	59,0	3,62	61,4	3,64	50,0	2,87			F
	Dag	26,0	1,86	27,6	1,98	21,7	1,56	17,0	1,19	10,0	2,5	
68	Natt	39,9	2,06	30,6	1,59	38,9	2,03	30,8	1,58		1,1	
	Dygn	66,8	3,88	57,7	3,43	62,9	3,66	50,3	2,87			F
	Dag	26,9	1,82	27,1	1,84	24,0	1,63	19,5	1,29	5,5	2,9	
69	Natt	35,8	2,04	29,2	1,67	36,2	2,04	29,0	1,61		2,0	
	Dygn	67,1	4,18	55,9	3,50	64,3	3,95	52,1	3,15			F
	Dag	31,3	2,14	26,7	1,83	28,1	1,91	23,1	1,54	0	2,9	
70	Natt	37,2	2,10	28,1	1,61	33,4	1,88	27,9	1,54		3,3	
	Dygn	69,5	4,05	53,8	3,19	63,6	3,71	50,8	2,89			F
	Dag	32,3	1,95	25,7	1,58	30,2	1,83	22,9	1,35	5,5	6,3	
71	Natt	39,8	2,17	26,3	1,45	33,3	1,82	27,9	1,49		5,4	
	Dygn	72,5	4,36	52,7	3,27	62,7	3,79	50,8	2,98			F
	Dag	32,7	2,19	26,4	1,82	29,4	1,97	22,9	1,49	8,3	6,0	
72	Natt	37,7	2,02	26,7	1,47	36,8	1,97	29,4	1,55		3,0	
	Dygn	70,8	4,20	52,6	3,22	63,8	3,75	50,9	2,94			F
	Dag	33,1	2,18	25,9	1,75	27,0	1,78	21,5	1,39	3,5	6,0	
73	Natt	29,2	1,56	26,3	1,44	28,1	1,49	23,5	1,22		2,3	
	Dygn	54,2	2,97	51,7	2,93	51,8	2,82	42,3	2,25			U
	Dag	25,0	1,41	25,4	1,49	23,7	1,33	18,8	1,03	3,0	2,0	
74	Natt	29,3	1,59	26,9	1,52	27,5	1,47	23,4	1,23		5,9	
	Dygn	55,8	3,06	53,4	3,05	49,0	2,66	42,2	2,24			U
	Dag	26,5	1,47	26,5	1,53	21,5	1,19	18,8	1,01	5,0	3,5	
75	Natt	28,4	1,39	26,9	1,38	29,0	1,43	24,9	1,19		1,4	
	Dygn	56,7	3,12	55,2	3,19	54,2	2,98	46,9	2,48			U
	Dag	28,3	1,73	28,3	1,81	25,2	1,55	22,0	1,29	4,0	4,1	
76	Natt	38,2	2,00	28,4	1,52	36,2	1,89	29,8	1,51		4,2	
	Dygn	73,0	4,58	57,6	3,75	68,3	4,24	57,4	3,48			F
	Dag	34,8	2,58	29,2	2,23	32,1	2,35	27,6	1,97	0	2,4	
77	Natt	36,6	2,08	27,2	1,60	34,1	1,92	29,0	1,62		4,3	
	Dygn	68,4	4,41	53,5	3,61	60,0	3,81	49,6	3,09			F
	Dag	31,8	2,33	26,3	2,01	25,9	1,89	20,6	1,47	5,5	4,0	
78	Natt	37,5	2,39	27,4	1,79	35,7	2,27	29,4	1,82		5,2	
	Dygn	66,5	4,35	53,8	3,63	61,4	4,02	49,0	3,12			F
	Dag	29,0	1,96	26,4	1,84	25,7	1,75	19,6	1,30	6,0	4,1	
79	Natt	33,9	1,93	27,2	1,57	33,0	1,87	26,9	1,51		6,5	
	Dygn	67,2	3,97	54,8	3,26	64,0	3,75	51,7	3,00			F
	Dag	33,3	2,04	27,6	1,69	31,0	1,88	24,8	1,49	4,5	5,8	
80	Natt	31,0	1,22	26,8	1,07	36,4	1,44	30,1	1,18		3,5	
	Dygn	54,5	2,83	53,5	2,99	60,8	3,15	48,7	2,44			M
	Dag	23,5	1,61	26,7	1,92	24,4	1,71	18,6	1,26	5,0	2,2	
81	Natt	33,1	2,06	29,9	1,94	35,2	2,22	27,5	1,67		1,8	
	Dygn	63,8	4,51	60,3	4,44	63,9	4,51	50,8	3,43			S
	Dag	30,7	2,45	30,4	2,50	28,7	2,29	23,3	1,76	0	4,4	

Dygn nr		P 1		Källare		P 2		P 3		Solt	Vind	Vent
		W kWh	W/Δt	W kWh	W/Δt	W kWh	W/Δt	W kWh	W/Δt			
82	Natt	27,9	1,85	28,8	1,96	33,5	2,21	26,6	1,70		1,9	
	Dygn	51,8	3,89	57,8	4,57	60,5	4,53	48,4	3,50			M
	Dag	23,9	2,04	29,0	2,61	27,0	2,32	21,8	1,80	7,0	2,3	
83	Natt	28,8	1,91	28,1	1,95	32,0	2,15	25,6	1,67		2,0	
	Dygn	53,5	3,84	55,5	4,19	59,7	4,35	47,1	3,31			S
	Dag	24,7	1,93	27,4	2,24	27,7	2,20	21,5	1,64	0	1,9	
84	Natt	22,6	1,44	24,8	1,65	32,4	2,13	23,6	1,49		2,2	
	Dygn	34,2	2,97	45,9	4,80	46,2	4,09	34,6	2,95			M
	Dag	11,6	1,53	21,1	3,15	13,8	1,96	11,0	1,46	12,0	3,0	
85	Natt	19,8	1,70	22,3	2,02	25,1	2,22	19,4	1,66		1,9	
	Dygn	28,7	3,55	42,6	6,74	35,9	4,54	28,5	3,52			S
	Dag	8,9	1,85	20,3	4,72	10,8	2,32	9,1	1,86	4,5	0,9	
86	Natt	14,7	1,74	20,7	2,67	20,8	2,50	18,0	2,09		2,0	
	Dygn	21,2	4,48	37,7	14,6	29,3	6,41	25,0	5,17			M
	Dag	6,5	2,74	17,0	11,9	8,5	3,91	7,0	3,08	7,0	4,0	
87	Natt	8,5	0,90	18,7	2,21	18,3	2,02	15,3	1,67		4,7	
	Dygn	22,1	2,29	37,1	4,24	25,8	3,92	29,3	3,11			M
	Dag	13,6	1,39	18,4	2,03	17,5	1,90	14,0	1,44	0	4,3	
88	Natt	24,8	1,69	20,3	1,43	28,0	1,96	22,8	1,52		3,3	
	Dygn	50,3	3,43	44,3	3,11	54,2	3,80	42,9	2,85			S
	Dag	25,5	1,74	24,0	1,68	26,2	1,84	20,1	1,33	5,5	2,5	
89	Natt	33,3	1,80	26,3	1,45	36,0	1,98	26,9	1,42		0	
	Dygn	56,1	3,74	50,0	3,56	56,7	3,79	42,2	2,68			M
	Dag	22,8	1,94	23,7	2,11	20,7	1,81	15,3	1,26	11,0	1,7	
90	Natt	32,0	2,45	26,1	2,11	31,6	2,46	24,2	1,80		2,9	
	Dygn	58,5	4,75	50,3	4,39	53,5	4,42	42,1	3,32			S
	Dag	26,5	2,30	24,2	2,28	21,9	1,96	17,9	1,52	2,5	2,4	

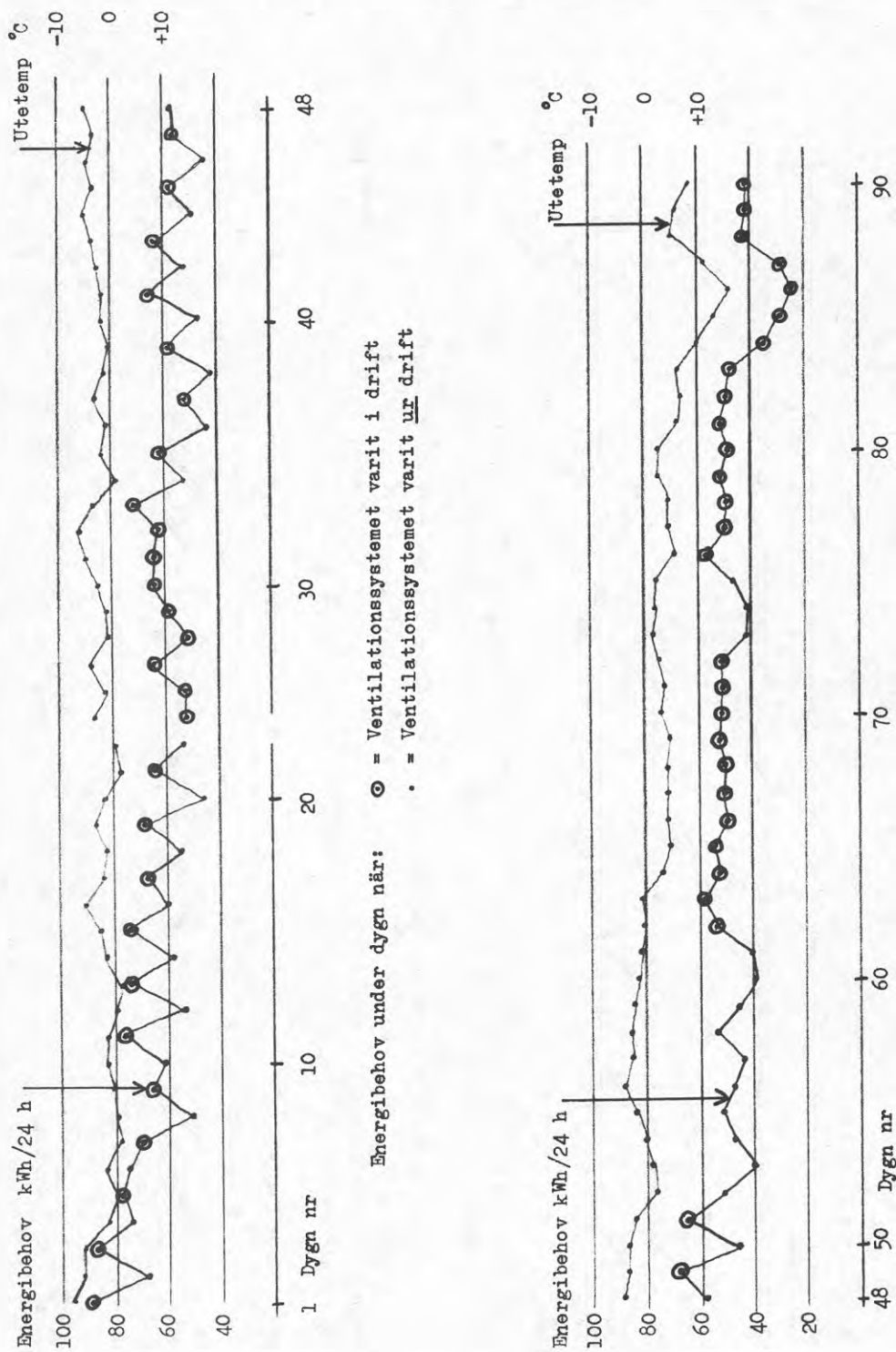
FIGUR 11. Provhus P 1. Dagnsenergibehov och utetemperaturer.



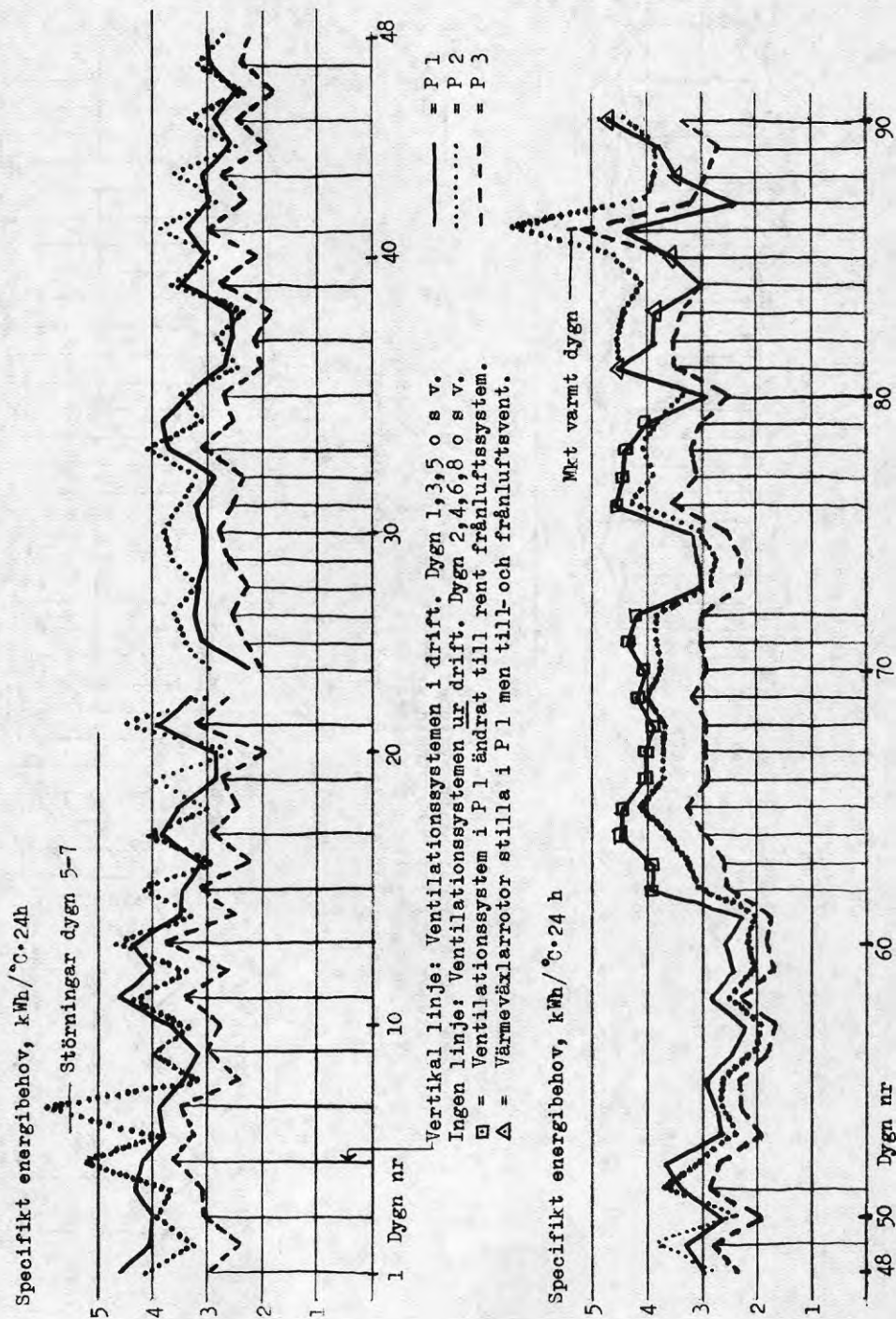
FIGUR 12. Provhus P 2. Dygnsenergibehov och utetemperaturer.



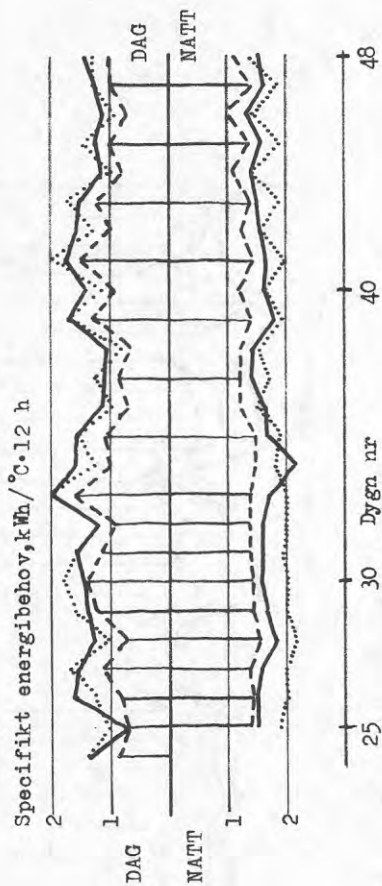
FIGUR 13. Provhus P 3. Dygnsenenergibehov och utetemperaturer.



FIGUR 14. Specifikt energibehov per graddygn.

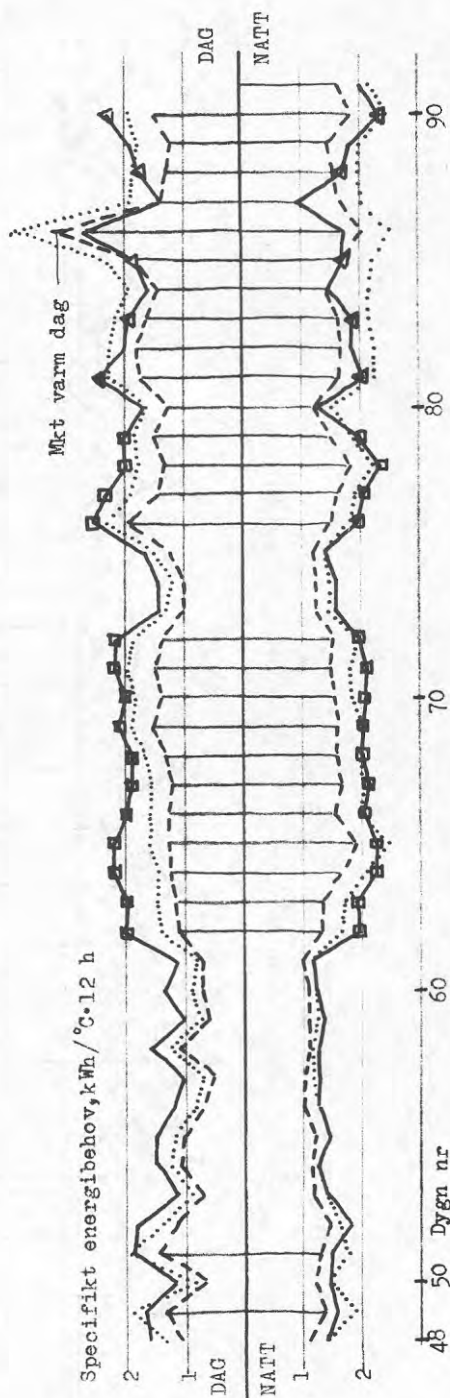


FIGUR 15. Specifikt energibehov uppdelat på dag och natt.



— = P 1
 = P 2
 - - - - = P 3

Vertikal linje: Ventilationsystemen i drift. Dygn 49, 51 t ex.
 Ingen linje: Ventilationsystemen ur drift. Dygn 48, 50, 52 t ex.
 □ = Ventilationsystem i P 1 ändrat till rent frånluftssystem.
 ▲ = Värmeväxlartor ställa i P 1 men till- och frånluftvent.



4.3.2 Specifikt energibehov per graddygn

I FIG. 14 och 15 redovisas dygns- resp dag/natt-förbrukningen för de tre husen per grads temperaturskillnad inne-ute. Av dessa kan man se att energiåtgång i kWh/grad-dygn inte är ett helt perfekt mått att ange värmebehov i olika småhus. Solenergin sänker naturligtvis värdena. Dessutom har P 2 och P 3 en relativt konstant värmeavgivning till kryputrymmena. Denna värmeförlust är inte direkt proportionell mot den aktuella utetemperaturer. Speciellt vid liten temperaturskillnad inne-ute, t ex dygn 86, blir detta märkbart. I samtliga hus - speciellt lättbetonghuset P 1 - har dessutom en viss men svårbedömd del av energin gått till uttorkning. Denna del är inte heller direkt beroende av temperaturskillnaderna.

Av FIG. 14 och 15 framgår emellertid klart att energiförbrukningen ökar under ventilationsdygn och att detta speciellt gäller P 2 som har ren frånluftsventilation. Man kan se att solenergin sänker specifika energibehovet under dagtid medan vindens inverkan syns mindre uppenbar.

När ventilationssystemet i P 1 körs med värmeväxlare blir energibehovet i detta hus normalt lägre än frånluftshuset P 2:s (inkl energi till kryputrymme). Med endast ofrivillig ventilation däremot blir förhållandena de motsatta. När Climax-systemet ändrats till frånluftssystem - genom att tilluftsdon tätats och enbart frånluftsfälkten körs - blir energiåtgången väsentligt högre i P 1. Till en viss del beror givetvis detta på att uttorkningen accelereras.

Skillnaden i energibehov mellan P 2 och P 3 när ventilationen är ur drift beror till större delen på att P 3 har treglasfönster. Dessutom gör det speciella ventilationssystemet att kryprumstemperaturen är högre i P 3 även under dygn utan ventilation. Denna faktors inverkan har ännu ej utvärderats men kryprumstemperaturer och fuktkvoter i golvbjälklaget av lättbetong finns registrerade.

4.4 Skillnader i energibehov

4.4.1 Medelvärden från dygn med samma driftbetingelser

Studium av utetemperaturer, soltimmar och medelvindstyrkor visar att i genomsnitt likartade förhållanden rått under dygn med eller utan ventilation. I följande värden ingår inte dygn 5-7. En jämförelse mellan dygn med och utan normalventilation (med värmeväxlare i drift i P 1) ger följande medelvärden på specifikt energibehov uttryckt i kWh/graddygn:

Utan ventilation

32 dygn 4,30 soltimmar Vindstyrka 2,57 m/s Utetemp -1,57
 Förbrukning P 1 - 2,80 P 2 - 2,48 P 3 - 2,04 kWh/graddygn

Med normalventilation

33 dygn 4,32 soltimmar Vindstyrka 2,52 m/s Utetemp -0,65
 Förbrukning P 1 - 3,18 P 2 - 3,70 P 3 - 2,72 kWh/graddygn

Ökning under dygn när ventilationen varit i drift

P 1 - 0,38 P 2 - 1,22 P 3 - 0,68 kWh/grad·24 h

Solstrålningens inverkan är inte densamma på de tre husen bl a beroende på skilda väggmaterial och fönstertyper. Om man i stället betraktar enbart registrerade nattförbrukningar erhålls följande medelvärden:

Utan ventilation

22 nätter Vindstyrka 2,24 m/s
 Förbrukning P 1 - 1,49 P 2 - 1,41 P 3 - 1,18 kWh/grad·12 h

Med normalventilation.

24 nätter Vindstyrka 2,26 m/s
 Förbrukning P 1 - 1,59 P 2 - 1,96 P 3 - 1,47 kWh/grad·12 h

Ökning under nätter då ventilationssystemen varit i drift

P 1 - 0,10 P 2 - 0,55 P 3 - 0,29
 Motsvarande 0,20 1,10 0,58 kWh/grad·24 h

Betraktas de dygn då ventilationssystemet i P 1 ändrats till enbart frånluft erhålls följande medelvärden:

Med frånluft i P 1 och normalventilation i P 2 och P 3

15 dygn 7,4 soltimmar Vindstyrka 3,49 m/s Utetemp +3,25
 Förbrukning P 1 - 4,19 P 2 - 3,72 P 3 - 2,96 kWh/grad·24 h

Ökning relativt "utan ventilation":

P 1 - 1,39 P 2 - 1,24 P 3 - 0,92 kWh/grad·24 h

För motsvarande nattförbrukningar gäller:

15 nätter Vindstyrka 3,14 m/s
 Förbrukning P 1 - 2,11 P 2 - 1,99 P 3 - 1,60 kWh/grad·12 h

Ökning relativt "utan ventilation":

P 1 - 0,62 P 2 - 0,58 P 3 - 0,42
 Motsvarande 1,24 1,16 0,84 kWh/grad·24 h

Att ökningen i P 1 blir större än i P 2 vid samma utsugna luftmängd kan bero på att lättbetonghuset är betydligt fuktigare.

4.4.2 Frånluftsventilation

När ventilationssystemet i P 2 - rent frånluftssystem - varit i drift har energiåtgången ökat med 1,22 kWh/grad-dygn (1,10 baserat på nattvärden).

Att värma 180 m³ luft per timme kräver genomsnittligt 1,56 kWh/grad-dygn. Förklaringen till att energiåtgången ej ökat med detta värde bör vara att huset inte varit helt oventilerat när fläkten varit frånslagen utan att man ändå haft en viss ofrivillig ventilation. Denna kan till större delen antas ingå i den utsugna luftmängden vid mekanisk ventilation med frånluft.

En uppskattning av den ofrivilliga ventilationens storlek kan man få genom följande resonemang:

Energiåtgången "borde" öka med 1,56 kWh/grad-dygn. Den har ökat med 1,22. Skillnaden 0,34 utgör den ofrivilliga ventilationens andel. $0,34 \text{ kWh/grad-dygn}$ motsvarar $(0,34/1,56) \cdot 180 = 39 \text{ m}^3/\text{h}$ vilket ger 0,13 luftomsättningar per timme. Baserat på nattförbrukningar erhålls $53 \text{ m}^3/\text{h}$ motsv. 0,18 luftomsättningar per timme.

En viss del av tilluften kan antas ha kommit in via kryputrymmet. Hänsyn till detta skulle ge lägre värden än 0,13 resp 0,18. Antagandet att den ofrivilliga ventilationen ingår i uppmätta $180 \text{ m}^3/\text{h}$ gör å andra sidan att den ofrivilliga ventilationens storlek underskattas.

De beräknade värdena syns dock inte orimliga med hänsyn till att det eftersträvats att bygga täta hus. Resultat som erhållits från Fera redovisande spårgasmätningar i samband med nedsvärtning i villor visar förvånande låga värden på luftomsättningar i nybyggda småhus.

4.4.3 Värmeväxlande kryputrymme

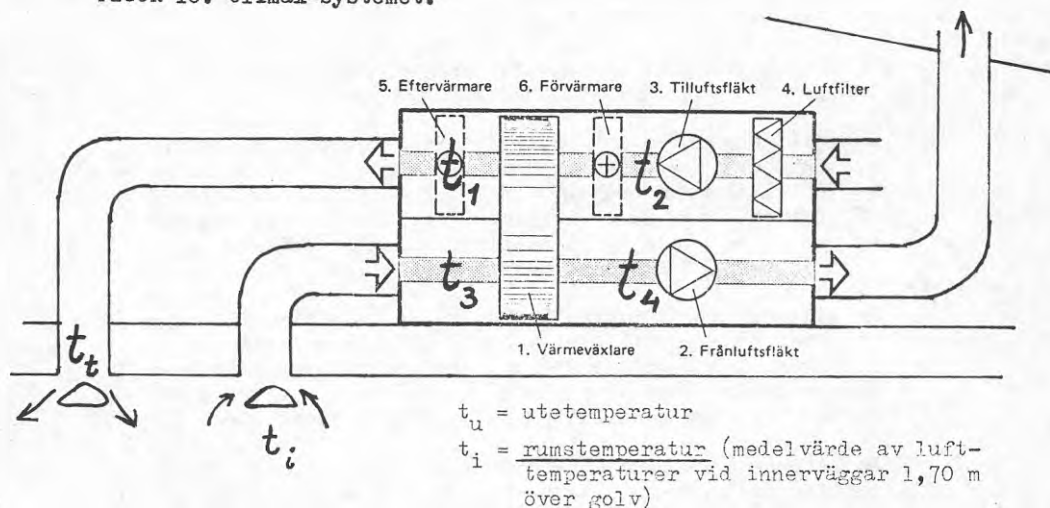
P 3:s energiåtgång har under dygn när ventilationssystemet varit i drift ökat med 0,68 kWh/grad-dygn (0,58 baserat på nattvärden). I detta hus har liksom i P 1 eftersträvats att till- och frånluft skall balansera varandra. Om man antar att ofrivillig ventilation är lika oberoende av om ventilationssystemet är i eller ur funktion erhåller man med den påtvingade ventilationen $180 \text{ m}^3/\text{h}$ följande mått på systemets verkningsgrad: $(1,56 - 0,68)/1,56 = 0,56$ baserat på dygnsförbrukningar och 0,63 baserat på nattvärden.

Teoretiskt kan högre verkningsgrad erhållas. Systemet bygger emellertid på att jordmassorna under huset skall vara uppvärmda så att frånluftens värme huvudsakligen avges till tilluften. Byggandet pågick från september till februari vilket medförde att marken kylde ned. En stor del av frånluftens energi kan ha avgetts till marken under inkörningsperioden.

4.4.4 Climax-systemet

P 1:s energiåtgång har under ventilationsdygn med värmeväxlare i funktion genomsnittligt ökat med 0,38 kWh/graddygn (0,20 baserat på nattvärden). Eftersom till- och frånluft balanserats antas även här att ofrivilliga ventilationen är oberoende av driftförhållandena. Eftersom även här 180 m³/h till- och bortförts kan verkningsgraden antas vara $(1,56 - 0,38) / 1,56 = 0,75$ baserat på dygnsavläsningar och 0,87 baserat på nattvärden.

FIGUR 16. Climax-systemet.



Frånluft sugas från bad, tvätt och kök (separat kolfilterfläkt v spis). Tillluft blåses in i vardagsrum och sovrum.

Tilluft till aggregatet har tagits från vindsutrymme under vintern. Roterande värmeväxlare typ "Econovent".

Temperaturverkningsgrad hos Climax-systemet.

I P 1 har lufttemperaturer enl FIG. 16 mätts med dioder så att aggregatets verkningsgrad relativt noggrant kan fastställas. I TABELL 2 redovisas uppmätta värden.

Tre temperaturverkningsgrader har beräknats:

$$\eta_{\text{aggr}} = \frac{t_1 - t_2}{t_3 - t_2} = \text{aggregatets verkningsgrad.}$$

$$\eta_{\text{syst}} = \frac{t_t - t_2}{t_i - t_2} = \text{hela systemets verkningsgrad. Här tas då hänsyn till förluster i kanaler fram till rum.}$$

$$\eta_{\text{fiktiv}} = \frac{t_t - t_u}{t_i - t_u} = \text{teoretisk verkningsgrad. Erhålls om man enbart utgår från rumstemperaturer och utetemperatur.}$$

I vissa fall blir de två senare värdena högre än aggregatets verkningsgrad vilket tycks felaktigt men på grund av definitionerna kan inträffa. De senare beräknas med t_i som frånluftstemperatur från rum. På grund av ojämn temperaturfördelning i höjddled och tillslagna radiatorer under frånluftsdonen kan t_3 bli högre än t_i . Dessutom mäts temperaturer med noggrannhet $\pm 0,2$ grader.

TAB. 2. Lufttemperaturer och verkningsgrader.

Datum	t_1	t_2	t_3	t_4	t_t	t_i	t_u	η_{aggr}	η_{fikt}	η_{syst}
10/3	18,0	1,5	20,1	4,1	16,5	20,4	0,8	89	80	79
11/3	17,1	-1,3	19,6	1,5	15,2	19,9	-1,6	88	78	78
12/3	18,2	0,6	20,6	3,0	16,4	20,0	-4,6	88	85	81
13/3	18,4	1,2	20,8	2,9	16,5	20,5	-2,0	88	82	79
14/3	18,4	0,8	20,7	2,8	16,8	20,5	-3,6	88	85	81
14/3	19,9	5,6	21,4	7,1	18,7	20,1	1,2	91	93	90
15/3	18,9	2,6	20,9	4,8	17,4	20,4	-3,4	89	87	83
15/3	17,1	-0,8	19,9	1,4	15,6	19,4	-2,7	86	83	81
16/3	16,2	-3,8	19,4	-1,7	13,8	19,5	-4,9	86	77	76
17/3	15,4	-6,3	19,3	-4,9	13,0	19,9	-9,7	85	77	74
17/3	17,2	0,7	19,7	2,7	15,8	19,5	-3,7	87	84	80
18/3	16,9	-1,6	19,5	-0,1	15,1	19,6	-4,4	88	81	79
19/3	17,5	-0,9	20,6	2,1	15,6	20,1	-1,8	86	79	79
22/3	20,3	3,4	22,7	5,8	18,5	19,7	-1,2	88	94	93
24/3	19,6	3,2	21,5	5,5	17,4	19,2	-1,8	90	91	88
26/3	20,0	4,2	21,6	6,6	18,4	19,7	-0,3	91	94	92
28/3	19,6	1,5	22,0	4,1	17,8	19,7	-4,6	88	92	90
31/3	19,3	0,8	21,6	3,4	17,5	19,9	-7,3	89	91	87
1/4	17,1	-2,8	20,6	0,3	15,2	19,3	-6,4	85	89	81
3/4	18,4	2,1	20,0	4,3	16,7	19,4	-2,8	91	88	84
6/4	18,0	1,1	20,7	3,7	16,4	19,6	-0,2	86	84	83
Medelvärden:								88	85	83

Enligt ovanstående skulle systemets totala verkningsgrad ligga vid c:a 83 %. Detta motsäger alltså inte de värden på 75 % resp 87 % som erhållits när verkningsgrad uppskattats ur avlästa förändringar i energibehov. Till energiåtgången måste man sedan lägga aggregatets förbrukning som i detta fall uppgått till 4,6 kWh/dygn när till- och frånluftsfäkt samt rotor körts.

I P 1 har dock ett aggregat CKA 180 med onödigt hög kapacitet använts. Detta har inneburit att kraftig strypning med spjäll och i don måste ske med åtföljande förluster. Efter mättiden installerades därför tyristorer för reglering av fläktarnas varvtal.

5 ENERGI BEHOV. BEBODDA HUS

5.1 Uppmätt energiåtgång

Som tidigare nämnts skedde inflyttning i alla tre husen under hösten 1975. Från den 1 oktober har energiåtgång avlästs vid varje månadsskifte. I det följande redovisas energibehov och klimatdata för det första helåret.

I TABELL 3 återfinns värden på radiatorenergi, belysning och totalenergi för varje månad. Dessutom har specifikt energibehov per graddygn beräknats.

Erhållna värden illustreras i FIGUR 17. Man ser här att energibehovet för radiatorer + belysning (som i stort kan antas ha tillgodogjorts som värme) väl följer utetemperaturkurvan. Specifika energibehovet per grads temperaturskillnad inne/ute är någorlunda konstant under året. Husens värmebehov påverkas givetvis av solinstrålningen och ett samband kan skönjas med kurvan över antalet soltimmar. Även varierande vindstyrkor bör ha inverkan så att energibehovet inte är direkt proportionellt mot temperaturskillnad inne/ute.

I TABELL 4 redovisas annan energi än radiatorenergi fördelad på olika slag. Det framgår här att varmvattenförbrukningen varierat avsevärt. Även hushållsförbrukningen skiljer sig åt mellan de tre husen. Samtliga hus bebos av unga familjer med 1-2 barn. Endast i P 1 är husmor hemarbetande. I R 58:1974 "Energiförbrukning i småhus" har förf. utgått från att normal förbrukning för varmvatten och hushållsenergi ligger på 8.500 kWh/år. P 1 ligger betydligt över detta värde (13.980 kWh inkl värmeavgivning från varmvattenberedaren), P 2 ligger nära (9.206) och P 3 ligger under normalvärdet (6.939).

I TABELL 4 redovisas även årssummor för olika energislag. Detta illustreras i FIGUR 18.

I FIGUR 19 visas erhållna dygnsmedelvärden på radiatorer + belysning samt övrig energi.

I TABELL 5 slutligen redovisas klimatdata. Året med bebodda hus överensstämmer mycket väl med normalåret. Skillnaden i utetemperatur är endast 0,15 °C. Under normalår är antalet solskenstimmar 9 % lägre än under mätåret. Vid beräkning av graddygn bör observeras att mätåret med bebodda hus inklusive skottdagen blir 366 dygn.

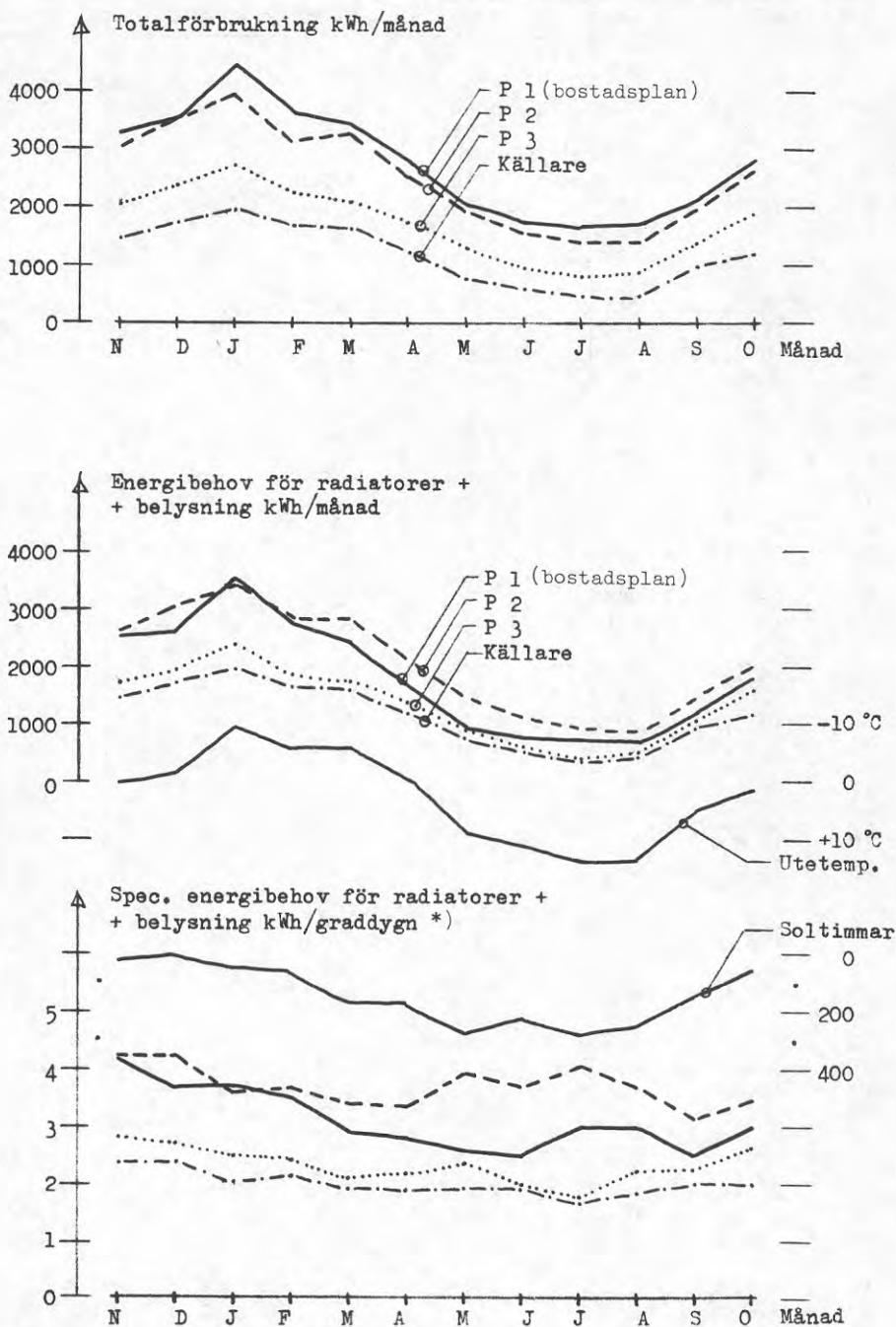
Genomsnittlig solskenstid under normalår är $1.568/365 = 4,3$ soltimmar. Av en slump överensstämmer detta exakt med de värden på soltimmar som redovisas i 5.4.1 för perioder med resp utan normalventilation i obebodda hus.

TABELL 3. Bebodda hus. Första helårets energiförbrukning per månad.

37

Månad	Hus/ käll	Radia- torer inkl vv-avgivn kWh	Radiato- rer+be- lysnings kWh	Total energi kWh	Radia- torer kWh/ °C·24h	Rad+ belysn kWh/ °C·24h	Total energi kWh/ °C·24h	Rad+ belysn kWh/ dygn	D:o kWh/ °C·24h· m ²
Nov	P1	2099,2	2519,9	3243,9	3,46	4,16	5,35	84,0	34,3
	K	1276,8	1457,1	1457,1	2,11	2,40	2,40	48,6	19,8
	P2	2222,1	2565,5	3041,6	3,67	4,23	5,02	85,5	33,6
	P3	1448,0	1718,0	2075,0	2,39	2,83	3,42	57,2	22,5
Dec	P1	2140,0	2624,6	3534,1	3,01	3,70	4,98	84,7	30,5
	K	1497,4	1705,0	1705,0	2,11	2,40	2,40	55,0	19,8
	P2	2650,5	3017,1	3519,6	3,73	4,25	4,96	97,3	33,7
	P3	1659,4	1952,1	2347,5	2,34	2,75	3,31	63,0	21,8
Jan	P1	3122,2	3481,0	4366,1	3,30	3,68	4,62	112,3	30,3
	K	1787,3	1941,1	1941,1	1,89	2,05	2,05	62,6	16,9
	P2	3063,9	3406,0	3899,6	3,24	3,60	4,12	109,9	28,6
	P3	2085,7	2352,6	2732,0	2,21	2,49	2,89	75,9	19,8
Feb	P1	2353,5	2672,1	3619,9	3,09	3,50	4,75	92,1	28,8
	K	1508,2	1644,8	1644,8	1,98	2,16	2,16	56,7	17,8
	P2	2494,4	2773,5	3153,9	3,27	3,64	4,14	95,6	28,9
	P3	1661,2	1862,2	2200,8	2,18	2,44	2,89	64,2	19,4
Mar	P1	2064,0	2371,6	3384,6	2,50	2,88	4,10	76,5	23,7
	K	1479,6	1611,4	1611,4	1,79	1,95	1,95	52,0	16,1
	P2	2480,6	2782,9	3250,6	3,01	3,37	3,94	89,8	26,7
	P3	1494,9	1717,9	2044,4	1,81	2,08	2,48	55,4	16,5
Apr	P1	1472,0	1718,4	2749,4	2,37	2,77	4,43	57,3	22,8
	K	1082,0	1187,6	1187,6	1,74	1,91	1,91	39,6	15,7
	P2	1829,6	2091,2	2497,7	2,95	3,37	4,02	69,7	26,7
	P3	1171,4	1369,1	1710,4	1,89	2,20	2,75	45,6	17,4
Maj	P1	713,2	944,6	1994,7	1,93	2,56	5,41	30,5	21,1
	K	622,5	721,7	721,7	1,70	1,96	1,96	23,3	16,1
	P2	1184,1	1450,6	1902,6	3,21	3,93	5,16	46,8	31,2
	P3	672,3	895,1	1280,8	1,82	2,43	3,47	28,9	19,3
Jun	P1	592,0	768,9	1692,6	1,93	2,51	5,53	25,6	20,7
	K	498,0	573,8	573,8	1,63	1,88	1,88	19,1	15,5
	P2	844,4	1126,2	1540,6	2,76	3,68	5,03	37,5	29,2
	P3	427,0	611,3	900,3	1,40	2,00	2,94	20,4	15,9
Jul	P1	473,8	689,7	1666,9	2,07	3,01	7,27	22,2	24,8
	K	308,7	401,3	401,3	1,35	1,75	1,75	12,9	14,4
	P2	617,3	925,5	1381,8	2,69	4,03	6,02	29,9	32,0
	P3	184,2	397,4	783,4	0,80	1,73	3,41	12,8	13,7
Aug	P1	464,2	708,4	1702,1	1,97	3,01	7,22	22,9	24,8
	K	333,4	438,1	438,1	1,42	1,86	1,86	14,1	15,3
	P2	565,9	869,4	1388,1	2,40	3,69	5,89	28,0	29,3
	P3	298,2	523,7	849,7	1,27	2,22	3,61	16,9	17,6
Sept	P1	897,3	1182,5	2115,1	1,89	2,49	4,46	39,4	20,5
	K	836,0	958,2	958,2	1,76	2,02	2,02	31,9	16,6
	P2	1160,6	1477,8	1925,1	2,45	3,12	4,06	49,3	24,8
	P3	809,6	1076,3	1376,0	1,71	2,27	2,90	35,9	18,0
Okt	P1	1431,6	1774,6	2832,7	2,43	3,01	4,80	57,2	24,8
	K	1025,7	1172,7	1172,7	1,74	1,99	1,99	37,8	16,4
	P2	1688,5	2018,6	2617,5	2,87	3,42	4,44	65,1	27,1
	P3	1270,6	1572,7	1858,2	2,16	2,67	3,15	50,7	21,2

FIGUR 17. Bebodda hus. Första helårets energiförbrukning.



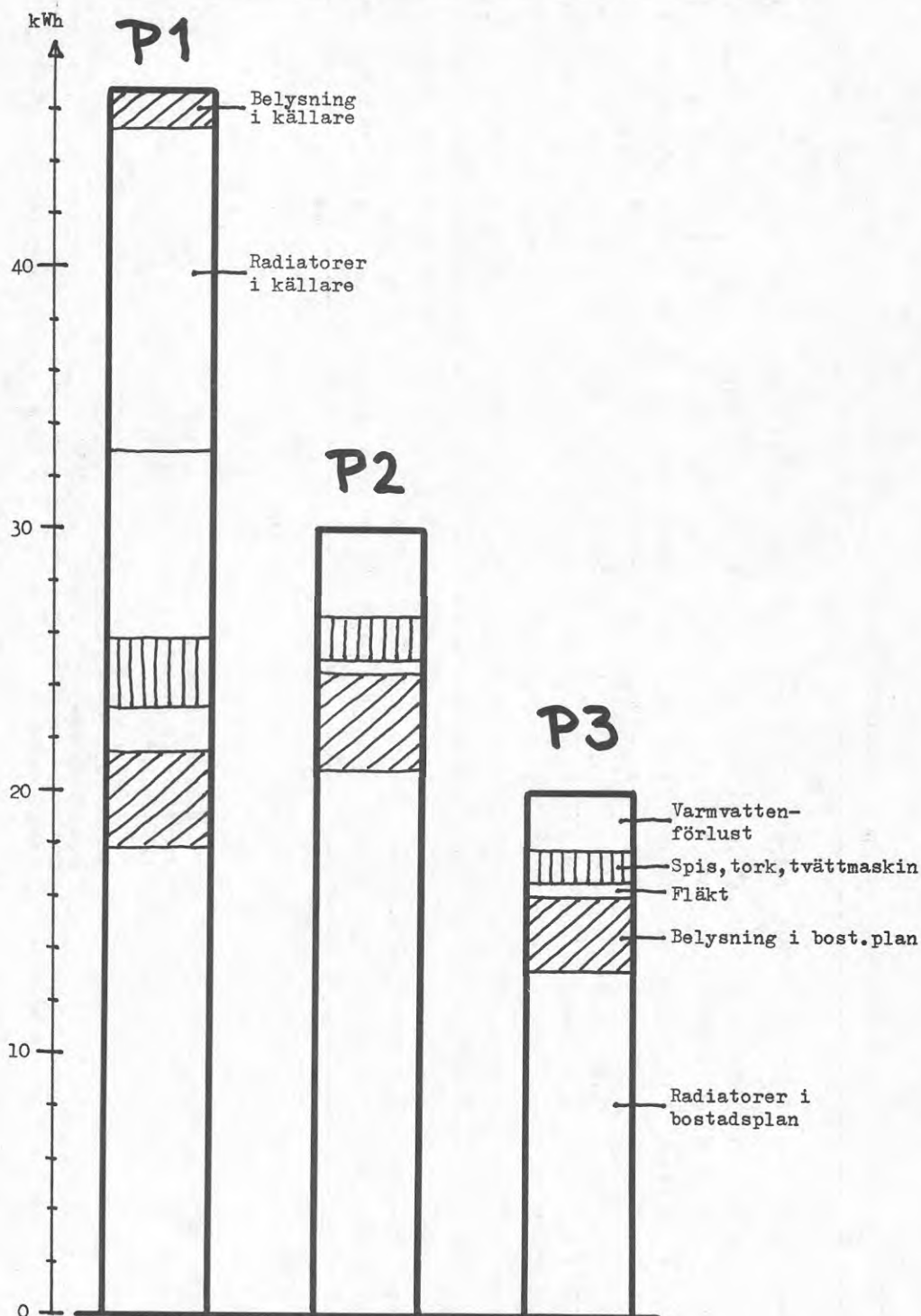
*) Graddygns = differens mellan inne- och utetemperatur under dygnet

TABELL 4. Bebodda hus. Första halvårets energiförbrukning per månad. Annan energi än radiatorenergi.

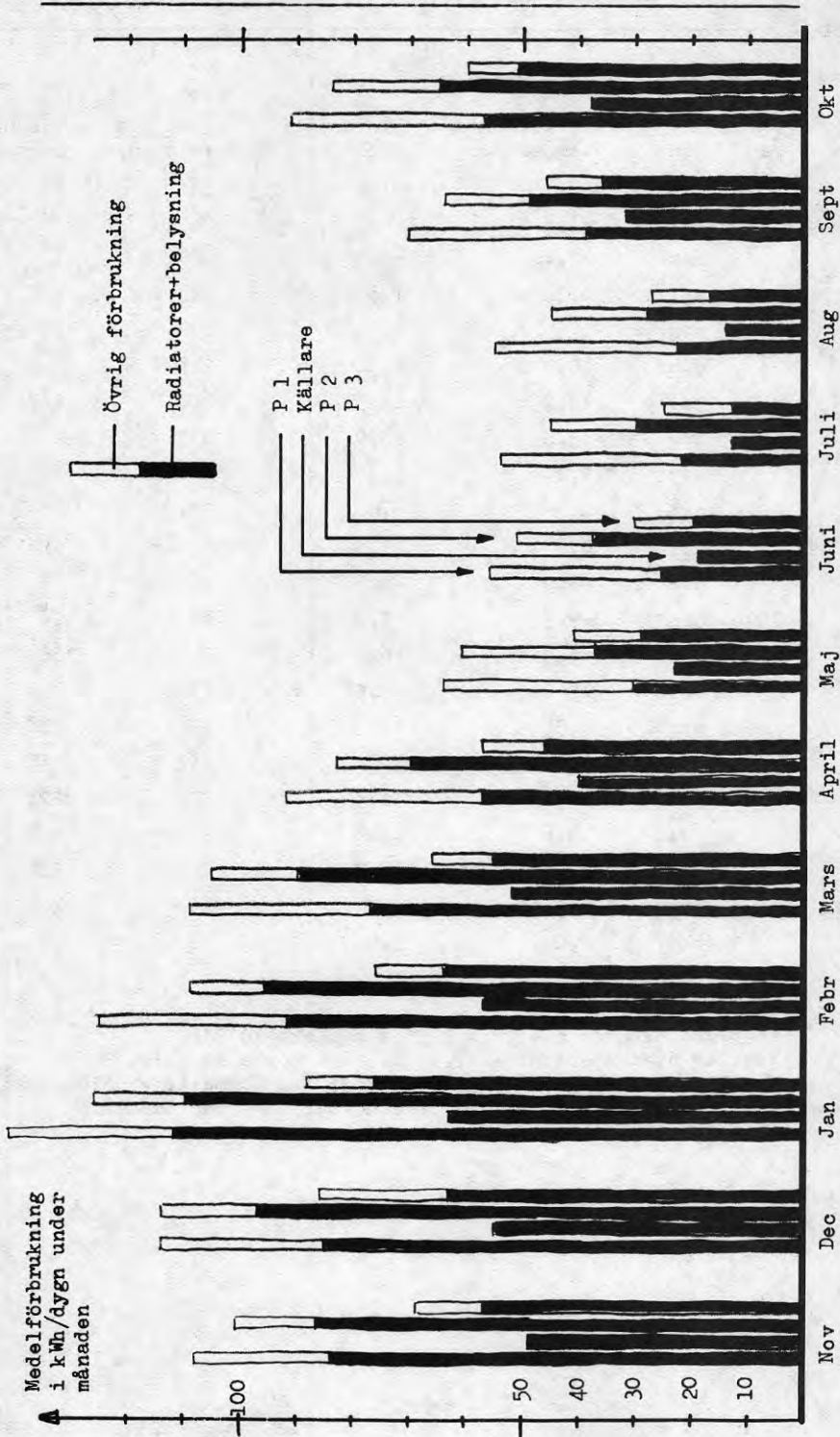
Mån	P 1					P 2					P 3								
	Fläkt	Spis	Tvätt	Vv	Tork	Belys	Fläkt	Spis	Tvätt	Vv	Tork	Belys	Fläkt	Spis	Tvätt	Vv	Tork	Belys	
Nov	138,0	38,0	38,0	426,0	84,0	601,0	42,0	44,0	25,9	292,0	72,2	343,4	42,0	47,2	46,6	199,6	21,6	270,0	
Dec	142,6	41,3	41,6	502,7	181,3	692,2	43,4	58,4	22,5	304,5	73,7	366,6	43,4	57,8	42,4	233,6	18,2	292,7	
Jan	142,6	44,8	45,5	555,8	96,4	512,6	43,4	42,3	19,1	337,3	51,5	342,1	43,4	42,5	47,0	218,1	28,4	266,9	
Feb	133,4	54,9	44,9	615,9	98,7	455,2	40,6	40,5	14,8	227,7	56,8	279,1	40,6	60,0	39,9	178,5	19,6	201,0	
Mar	142,6	50,0	54,0	642,4	124,0	439,4	43,4	33,8	22,9	296,1	71,5	302,3	43,4	26,4	47,6	179,2	29,9	223,0	
Apr	138,0	49,0	46,0	659,0	139,0	352,0	42,0	47,3	11,5	262,4	43,3	261,6	42,0	40,4	43,1	186,4	29,4	197,7	
Maj	142,6	55,7	45,2	679,7	126,9	330,6	43,4	47,1	24,5	267,9	69,1	266,5	43,4	50,8	53,7	206,6	31,2	222,8	
Jun	138,0	44,1	36,2	581,2	124,2	252,7	42,0	50,7	16,3	240,6	64,8	281,8	42,0	32,4	44,7	151,7	18,2	184,3	
Jul	142,6	39,2	49,6	598,9	146,9	308,5	43,4	45,7	20,2	286,7	60,3	308,2	43,4	38,9	59,2	187,1	57,4	213,2	
Aug	142,6	49,4	38,4	637,1	126,2	348,9	43,4	38,0	27,1	290,3	119,9	303,5	43,4	32,1	51,4	162,0	37,1	225,5	
Sep	138,0	47,3	34,1	606,1	107,1	407,4	42,0	48,2	21,4	248,8	86,9	317,2	42,0	41,7	32,1	147,3	36,6	266,7	
Okt	142,6	56,1	37,5	696,9	125,0	490,0	43,4	58,9	23,7	375,1	97,8	330,1	43,4	32,7	16,7	160,7	32,0	302,1	
År	1683,6	569,8	511,0	7201,7	1479,7	5190,5	512,4	554,9	249,9	3429,4	867,8	3702,4	512,4	502,9	524,4	2210,8	359,6	2865,9	
Första halvårets totala förbrukning:																	P 1	P 2	P 3
"Hushållsförbrukning"																	6193,8	5375,0	4252,8
Varmvattenförluster																	7201,7	3429,4	2210,8
Fläktenergi																	1683,6	512,4	512,4
Radiatorer, bostadsplan																	17823,0	20801,9*	13182,5*
Radiatorer, souterrainplan																	12255,6*	-----	-----
Belysning, souterrainplan																	1557,2	-----	-----
Summa kWh/år																	46714,9	30118,7	20158,5

* inkl värmeavgivning från varmvattenberedare.

FIGUR 18. Bebodda hus. Fördelning av första årets totalförbrukning.



FIGUR 19. Bebodda hus. Dygnsmedelförbrukningar.



TABELL 5. Klimatdata under mätperioderna med bebodda och obebodda hus.

År	Månad	Verklig ute- temperatur	D:o under normalår	Verkliga soltimmar	D:o under normalår		
1975	jan	-3,7	-7,9	34	24	} Obebodda hus	
	febr	-1,4	-6,8	86	56		
	mars	-2,4	-3,5	139	125		
	april	0,3	1,5	213	168		
	maj	6,5	7,0	189	250		
	juni	10,0	11,4	217	221		
	juli	14,2	14,5	317	247		
	aug	13,5	13,0	205	228		
	sept	9,4	8,4	108	126		
	okt	4,3	3,0	58	76		
	nov	0,8	-1,4	32	32		} Bebodda hus
	dec	-1,9	-4,5	16	15		
1976	jan	-9,5	-7,9	47	24		
	febr	-5,3	-6,8	76	56		
	mars	-5,6	-3,5	176	125		
	april	0,3	1,5	171	168		
	maj	9,1	7,0	282	250		
	juni	10,8	11,4	224	221		
	juli	13,6	14,5	273	247		
	aug	13,4	13,0	249	228		
	sept	5,2	8,4	150	126		
	okt	2,0	3,0	59	76		

Året med bebodda hus (nov 1975 t o m okt 1976):

Verklig utetemperatur = +2,74 °C. D:o normalår = +2,89 °C.

Verkliga graddygn till +21 °C = 6683. D:o normalår = 6610 graddygn.

Verklig solskenstid = 1755. D:o normalår = 1568 timmar.

5.2 Rumstemperaturer under bebodda året.

Vid en jämförelse mellan de tre husen är det givetvis viktigt att inomhustemperaturen hålls så långt möjligt lika. I provhusen har som tidigare nämnts valts att använda medellufttemperaturen som jämförelsegrund.

Fönster, radiatorer och termometrar har exakt samma placering i alla husen men olika byggnadsmaterial i väggar och tak ger i praktiken olika värden på operativ temperatur vid samma lufttemperatur. Detta innebär att man egentligen skulle behöva hålla olika lufttemperaturer i husen för att uppleva samma termiska inneklimat. Olika ventilationssystem och byggnadsmaterial ger olika lufthastigheter och luftfuktighet vilket även vid noggrann analys påverkar operativ temperatur. Det bedömdes emellertid inte möjligt att på ett odiskutabelt objektivt sätt ta hänsyn till alla dessa faktorer. Energiförbrukningen anses alltså bero av skillnader i lufttemperaturer inne/ute och det har eftersträövats att hålla samma rumstemperatur under obebodda som bebodda mättiden.

Som anges i 3.1 har valts att definiera husets innetemperatur som aritmetiska medelvärdet från sju lika placerade termometrar. Under obebodda tiden har gradtimmar beräknats för varje hus separat varför olikheter i innetemperatur under dygn och halvdygn beaktats. Hänsyn har alltså tagits till husens olika medeltemperaturer vid beräkning av specifika energibehov. Under denna tid har också eftersträövats att, genom att finjustera termostatinställningar tidig morgon och sen kväll, hålla temperaturen vid $+21^{\circ}\text{C}$ då inte solen gett övertemperaturer.

Under bebodda tiden har temperaturen kontinuerligt kontrollerats med täta stickprov. Dessutom har temperaturer avlästs varje månadsskifte. I TABELL 6 redovisas erhållna värden.

Som framgår av tabellen har temperaturen vid dessa avläsningar varierat mellan husen. Detta är naturligt. Även under obebodda tiden noterades att P 2 visade störst benägenhet för övertemperaturer. Tvåglasfönstren i P 2 ger t ex större soltillskott. Dessutom har metoden att ta tilluft via kryputrymme i P 3 bidragit till att minska övertemperaturer. Detta märktes klart under soliga och mycket varma dygn sommaren 1975 då husen stod obebodda. Väggar och tak av stenmaterial i P 1 har också haft en utjämnande inverkan. Dessutom - och viktigast - har termostaternas tröghet och slumpmässiga tillslag gjort att temperaturen vid ett visst avläsningstillfälle kan skilja sig betydligt från medeltemperatur vid den aktuella termostatinställningen.

Vid utvärderingen av det bebodda året har därför valts att beräkna graddygn med innetemperaturen $+ 21^{\circ}\text{C}$ i alla tre husen. Det fel som på detta sätt kan uppkomma har bedömts som acceptabelt.

En bedömning av noggrannheten kan göras. Vid årsmedeltemperaturen $+ 2,7^{\circ}\text{C}$ blir antalet graddygn vid innetemperatur $+ 21^{\circ}\text{C}$ $G=(21,0-2,7) \cdot 366 = 6698$ graddygn. Om för t ex P 3

graddyggen i stället beräknas med innetemperaturen + 21,4 °C erhålls på motsvarande sätt G= 6844 graddygn. Avvikelsen är c:a 2 % vilket för P 3:s radiatorenergi motsvarar 300 kWh/år. Med hänsyn till att husen är bebodda av "okontrollerbara individer" bör metoden att använda graddygn till innetemperaturen + 21 °C anses tillfyllest.

TABELL 6. Rumstemperaturer under bebodda året.

Nedan anges aritmetiska medelvärden från avläsningar av sju termometrar i varje plan efter korrektion för felvisning.

Datum	P 1	Källare	P 2	P 3
31/10	21,2	20,9	20,2	20,9
30/11	20,8	20,2	20,7	21,8
31/12	20,5	20,1	21,7	21,0
31/1	21,9	20,7	21,2	21,7
29/2	21,2	20,9	22,2	21,0
31/3	21,6	21,2	22,2	21,3
30/4	21,5	20,7	22,5	21,4
31/5	20,4	20,6	21,2	21,1
30/6	20,4	19,6	21,0	20,4
31/7	21,3	19,7	21,3	21,6
31/8	22,3	20,2	21,6	22,4
30/9	21,5	19,8	21,8	21,9
31/10	21,3	20,1	21,0	20,9
År	21,2	20,4	21,4	21,3

5.3 Diskussion av uppmätta skillnader i energibehov

Nu återstår den delikata uppgiften att kommentera skillnader i energiåtgång mellan de tre provhusen. Ty att betydande skillnader föreligger är odiskutabelt.

Vi börjar med att granska perioden med obebodda hus. Under den tid då ventilationen varit ur drift bör skillnader i energibehov huvudsakligen hänföra sig till byggnadstekniska olikheter mellan husen.

En jämförelse mellan de två högisolerade trähusen P 2 och P 3 visar att under dygn "utan ventilation", d v s med enbart ofrivillig ventilation, har P 2:s specifika energibehov varit 2,48 kWh/graddygn medan P 3:s varit 2,04. Differensen är 0,44 kWh/graddygn. Om man vill omsätta detta till helår kan man multiplicera med 6.600 graddygn, vilket är Östersunds värde för hela året vid innetemperaturen +21 °C (5.500 för Stockholmstrakten). En sådan multiplikation ger 2.904 kWh/år.

Den väsentliga skillnaden mellan P 2 och P 3 är att P 3 har tätare sk H-fönster med trippel isolerglas mot kopplade sidohängda tvåglasbågar för P 2. Vi får dock inte glömma att vid intermittent drift av ventilationssystemen har värmeöngången till kryputrymmet varit något lägre i P 3 under dygn när ventilationen stängts av. Kryprumstemperaturen har alltså varit högre i P 3 än i P 2. Under ett helt år kan vi uppskatta att P 3:s förbrukning blir c:a 2.000 kWh lägre än P 2:s till följd av olika fönstertyper.

Vidare finner vi att lättbetonghuset P 1 under dygn utan ventilation krävt 2,80 kWh/graddygn d v s 0,76 mer än P 3. Med 6.600 graddygn skulle detta motsvara 5.016 kWh/år. Men P 1 och P 3 har samma fönstertyper. Cirka 5.000 kWh/år högre förbrukning i P 1 jämfört med P 3 kan väntas bero på högre förluster för transmission. Detta gäller alltså trots att i P 3:s värden även ingår energi till kryputrymmet. I P 1 har temperaturen däremot varit i det närmaste lika i bostadsplan och källarplan.

Sammanfattningsvis har vi nu kommit fram till att byggnadstekniska olikheter utan hänsyn till skillnader i ventilationssätt borde ge c:a 5.000 kWh/år högre energiåtgång för P 1 och c:a 2.000 kWh/år högre för P 2. I båda fallen jämfört med P 3:s värden.

Men vi har inte samma ventilationssystem i de tre husen och detta påverkar givetvis som vi redan sett energiåtgången. Vi studerar därför dygn med normalventilation d v s med värmewäxling i P 1 och P 3 och med ren frånluft i P 2.

Under dessa dygn visar P 3 ett energibehov om 2,72 kWh/grad-dygn medan P 2 visar 0,98 kWh/graddygn högre värde. Multiplikation med 6.600 ger 6.468 kWh/år. Skillnaden i ventilationssätt skulle således öka P 2:s energiåtgång med c:a 4.500 kWh/år utöver de 2.000 som anses bero av byggnadstekniska olikheter.

För P 1 har uppmätts i medeltal 3,18 kWh/graddygn under tiden med normalventilation. Detta värde är 0,46 högre än för P 3 och motsvarar 3036 kWh/år med tidigare betraktelsesätt. Skillnaden i energibehov mellan P 1 och P 3 - enl ovan 5.000 p g a byggnadstekniska olikheter - reduceras till totalt c:a 2.000 p g a effektivare värmeåtervinning i P 1 under obebodda mätperioden.

På basis av mätvärden från tiden med obebodda hus har vi nu uppskattat förväntade differenser i årsenergi. Vi har erhållit följande värden jämfört med energibehov Q kWh/år i P 3:

Energiåtgång kWh/år i	P 1	P 2	P 3
p g a byggnadstekniska skillnader	Q + 5.000	Q + 2.000	Q
p g a ventilations- tekniska skillnader	Q - 2.000	Q + 4.500	Q
resulterande värden med ledning av mät- ningar med obebodda hus	Q + 3.000	Q + 6.500	Q

Vi väntar alltså att energiåtgången för uppvärmning skall ligga ungefär 3.000 och 6.500 kWh/år högre för P 1 resp P 2 jämfört med P 3. Hur överensstämmer detta med uppmätta värden under det bebodda året?

Skillnader i radiatorenergi resp radiatorenergi+belysning (= antagen tillgodogjord energi) blir jämfört med P 3:s värden och med samma uppställning som ovan:

Energiåtgång kWh/år i	P 1	P 2	P 3
Radiatorenergi	Q + 4.640	Q + 7.619	Q
Tillgodogjord energi	Q + 5.407	Q + 8.455	Q

Uppmätta skillnader mellan P 1 och P 2 överensstämmer väl med de 3.500 kWh/år som vi väntat oss enl ovan vare sig man betraktar radiatorenergi eller tillgodogjord energi. Enligt förf sätt att se är det riktigast att använda radiatorenergi + belysning som ett mått på tillgodogjord värmeenergi alstrad via eluppvärmning.

Skillnaderna i tillgodogjord energi mellan P 1/P 2 å ena sidan och P 3 å den andra är emellertid 2.000-2.400 kWh/år större än vad man kan vänta med ledning av värden från obebodda mättiden.

Detta beror enl författarens åsikt på att verkningsgraden ökat för värmeväxlingen i P 3:s kryputrymme. Mätperioden med obebodda hus inleddes 15 februari 1975 och skedde dessutom med intermittent drift av ventilationsaggregaten. Under sommaren 1975 bör marken ha uppvärmts så att värmeavgivningen

dit minskat. Verkningsgraden bör därför vara högre under bebodda tiden november 1975 t o m oktober 1976.

TABELL 7. Förväntade och verkliga energibehov för provhusen

Energibehov i	P 1	Käll.	P 2	P 3
spec.energibehov i kWh/graddygn vid obebodda hus, normalvent.	3,18	3,21	3,70	2,72
motsvarande helårsbehov i kWh vid 6.600 graddygn	20.988	21.186	24.420	17.952
uppmätt energi för radiatorer +belysn. under bebodda året	21.456	13.813	24.504	16.048
motsvarande specifika energibehov i kWh/graddygn	3,21	2,07	3,67	2,40

Som tidigare nämnts är inte energibehovet för uppvärmning direkt proportionellt mot temperaturskillnad inne/ute enbart. Sol och vind påverkar värdena och gör att specifika energibehovet i kWh/graddygn inte är konstant under året. I vårt fall grundas dock värdena på specifikt energibehov i obebodda hus på en period som väl liknar ett normalår. Solstiden har t ex varit genomsnittligt 4,32 soltimmar per dygn mot 4,30 i genomsnitt för ett normalår.

Visserligen kan ofrivilliga ventilationen öka efter inflyttning men detta bör kompenseras av tillskott från personvärme, svalnande varmvatten o dyl. Det är därför rimligt att specifika energibehovet hos P 1 och P 2 ligger vid samma värde efter inflyttning.

Av TABELL 7 framgår att spec. energibehovet sjunkit för P 3 och framför allt gäller detta energibehovet i P 1:s källare som minskat anmärkningsvärt. Och liksom för P 3 torde det för källaren i ännu högre grad gälla att jordmassorna kring och under huset krävt en stor mängd energi under första mätperioden för att komma i balans. Dessutom har uttorkningen av källaren skett långsammare än för överplanet. Det är således inte överraskande att källarens energibehov sjunker och att energibehovet i P 3 minskat.

Nu följer en sammanställning av gjorda iakttagelser samt författarens syn på anledningen till uppkomna skillnader i energiåtgång. Beträffande lättbetonghuset P 1 gäller att det är osäkert hur stor den framtida energiåtgången blir när huset är helt uttorkat. Eftersom värmeväxlaren har hög fuktverkningsgrad är det troligt att uttorkningsskedet förlängts trots att ventilation skett med stillastående rotor från 15 maj till 1 september 1975. Redovisningen bygger alltså på det första bebodda året. Uppföljning sker av alla tre husen.

1. Beträffande elenergi som tillgodogjorts som värme gäller - med antagandet att tillgodogjord energi = radiatorenergi + värmeavgivning från varmvattenberedare + belysning - att:
 - a. P 1:s bostadsplan har krävt c:a 5.400 kWh/år mer än P 3:s trots att P 1 saknar avgivning till kryputrymme. Skillnaden bör huvudsakligen bero på byggnadstekniska skillnader. Samma fönster har använts och effekten av värmeåtervinning syns lika stor i båda husen. Dock kräver ventilationsaggregatet i P 1 1.200 kWh/år mer än i P 3 vilket egentligen ökar skillnaden till c:a 6.600 kWh/år.
 - b. P 2 har krävt c:a 8.500 kWh/år mer än P 3. Ungefär 2.000 kWh/år hänför sig till byggnadstekniska skillnader d v s olika fönstertyper. Resterande torde bero på att P 2 ventileras med frånluftssystem utan värmeåtervinning.
2. Huset med lägsta energiåtgången P 3 visar låga värden på energibehov. Totalförbrukningen ligger vid 20.150 kWh under ett år med c:a 6.700 graddygn.*
3. Av dessa 20.150 är c:a 16.000 kWh/år (radiatorenergi, avgivning från varmvattenberedare samt belysning) elenergi som delvis täckt husets temperaturberoende värmebehov. Men även personvärme och solinstrålning genom fönster har bidragit till uppvärmningen. Med tanke på detta är husets verkliga temperaturberoende värmebehov åtminstone 20.000 kWh/år. Av denna anledning bör husets totalförbrukning i Stockholms-trakten vara högst 16.000 kWh/år motsvarande totalt 127 kWh/år. Givetvis under förutsättning att det bebos av en familj med samma levnadssätt - 7.000 kWh/år utöver uppmätt radiatorenergi.
4. P 3:s verkliga energibehov för radiatorer och belysning har under årets månader varierat mellan 13,7 och 22,5 Wh/graddygn och m² inv yta. Medelvärde för hela året är 18,6 vilket motsvarar ett specifikt energibehov av 127 kWh/m² och år. Totalt energibehov har varit 160 kWh/m² och år i Östersunds klimat.
5. För alla tre husen gäller att de har ett energibehov för uppvärmning även under månader som ligger utanför s k eldnings-säsong beräknad på traditionellt sätt. En stor del av totalbehovet faller givetvis utanför eldnings-säsongen.

* Här avses verkliga graddygn under hela året vid innetemperaturen +21 °C \approx (+21 - årsmedeltemp) \cdot 365. Motsvarande värde för Stockholm är c:a 5.250 graddygn.

5.4 Energiförbrukningens fördelning under året.

I R 58:1974 "Energiförbrukning i småhus" har förf. antagit att en villas totalförbrukning approximativt följer graddygnsvärden på det sätt som visas i nedre delen av FIGUR 20. I övre delen visas motsvarande kurvor för provhusen. Det tycks som om antagandena är användbara med rimliga krav på noggrannhet. Nedan återges FIGUR 54 ur nämnda rapport avsedd att användas för omräkning av viss period till helår.

I detta sammanhang kan det också vara värt att påpeka att provhusen visar att man normalt har ett behov av tillskottsvärme även utanför den s k eldningssäsongen som traditionellt ofta används. Vi noterar att för P 1 13,3% av radiatorenergin förbrukats under maj-augusti. Motsvarande värden för P 2 och P 3 är 15,4 resp 12,0%.

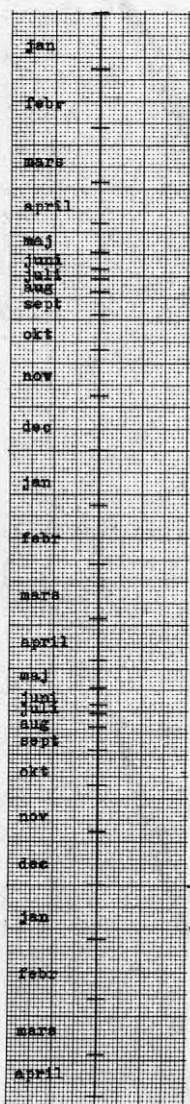


FIG. 54. Diagram för approximativ omräkning av avläst energi-
åtgång till helårsförbrukning.

OBS! Vid alltför korta avläsningsperioder
ger metoden för stor osäkerhet.

Anvisningar:

Mät upp hur lång sträcka avläsningsperioden omfattar. Denna sträcka motsvarar hur stor del i % av en årsförbrukning som kan förväntas under perioden. Den avlästa energisumman $\cdot 100 / \text{avläst sträcka i mm}$ ger årsförbrukning.

Exempel 1.

Avläst period 15 nov. 1971 - 15 jan 1973.

Avläst energiförbrukning 30.500 kWh.

Uppmätt sträcka 15 nov - 15 jan = 124 mm.

Det avlästa värdet motsvarar en årsförbrukning av $\frac{30500}{124} \cdot 100 = \underline{24.600 \text{ kWh/år.}}$

Exempel 2.

Avläst period 1 juni 1972 - 15 april 1973.

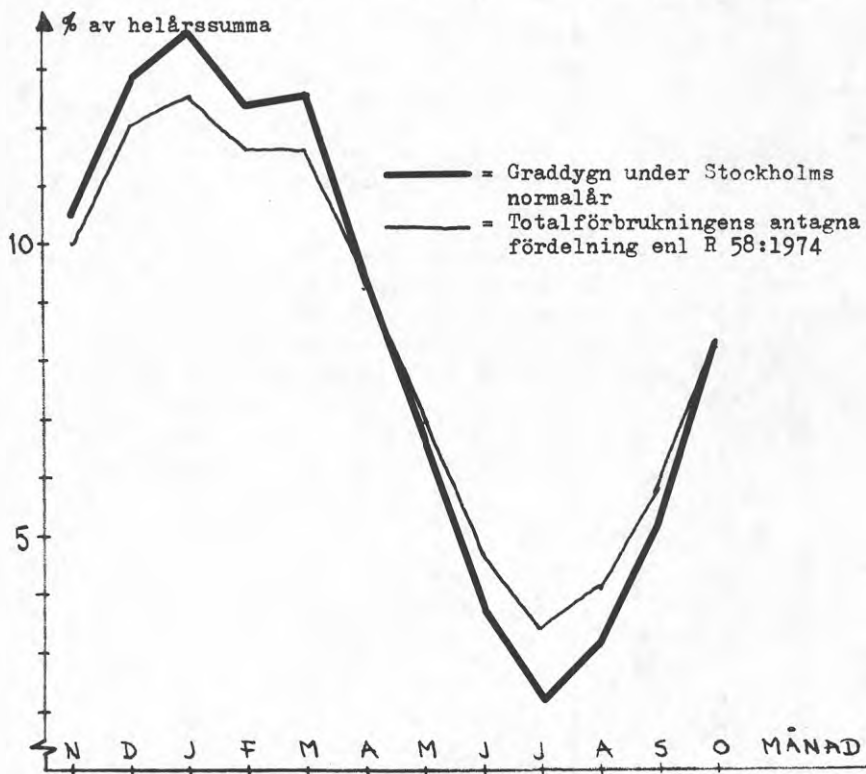
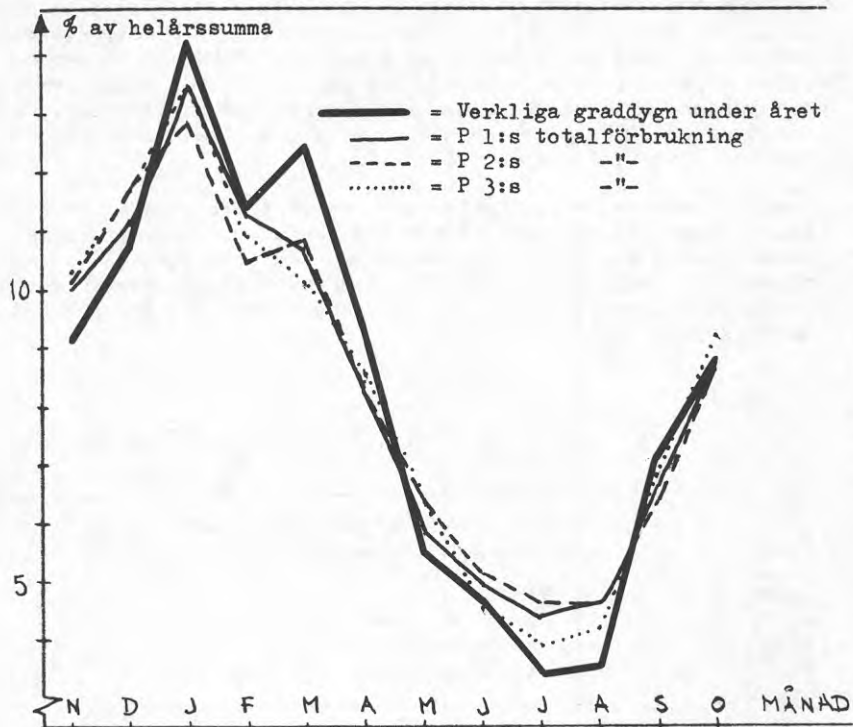
Avläst värde 20.100 kWh

Uppmätt sträcka 1 juni - 15 april = 89 mm

Det avlästa värdet motsvarar en årsförbrukning av $\frac{20.100}{89} \cdot 100 = \underline{22.600 \text{ kWh/år.}}$

} 10 mm

FIGUR 20. Totalenergens procentuella fördelning under året samt graddygnens fördelning.



5.5 Ideal utnyttjandetid för elvärmeeffekt.

Om man känner radiatoreffekt och energiuttag under året kan man lätt fastställa överdimensioneringsgraden, dvs hur mycket större radiatoreffekt än nödvändigt som valts. Här är bakgrunden:

Antag att vi har en byggnad där verkliga effektbehovet för uppvärmning är 1 kW per grads temperaturskillnad inne/ute. För t ex Östersund gäller för stenhuss att värmesystemet skall dimensioneras för LUT 5 = -25°C . Detta betyder att $+20^{\circ}\text{C}$ skall kunna hållas vid utetemperaturen -25°C , dvs vid temperaturskillnaden $\Delta t = 45^{\circ}\text{C}$. Ideal radiatoreffekt blir då 45 kW för denna byggnad.

Under normalår är antalet graddygn i Östersund 6610 motsvarande $6610 \cdot 24 = 158.640$ gradtimmar. Energiuttaget vid rätt dimensionerad radiatoreffekt 45 kW skall följaktligen bli 158.640 kWh eftersom effektbehovet var 1 kW vid $\Delta t = 1^{\circ}\text{C}$.

Ideal utnyttjandetid för ett stenhuss i Östersund vill förf. definiera som $158.640/45 = 3.525$ timmar. Ideal utnyttjandetid är således verkliga antalet gradtimmar under året/verkligt effektbehov vid dimensionerande utetemperatur. Och teoretiskt skall den valda radiatoreffekten överensstämma med detta effektbehov.

För trähus gäller i Östersund LUT 1 = -29°C . På samma sätt som ovan erhålls ideal utnyttjandetid till $158.640/49 = 3.238$ timmar.

För Stockholms normalår blir motsvarande värden 3.536 timmar för stenhuss och 3.355 timmar för trähus.

Av ovanstående följer också att t ex ett stenhuss i Stockholm teoretiskt vid exakt rätt vald radiatoreffekt bör få ett energiuttag som är 3.536 kWh per kW installerad radiatoreffekt. På detta sätt kan energiuttaget användas för att uppskatta värmeeffektens överdimensionering.

Antag att ett trähus i Stockholm har energiuttaget 15.000 kWh för radiatorer. Ideal radiatoreffekt blir med vårt betraktelsesätt $15.000/3.355 = 4,47$ kW. Om installerad effekt är t ex 9 kW blir överdimensioneringsgraden $9,00/4,47 = 2,01$. Teoretiskt har man alltså dubbelt så stor radiatoreffekt som man behöver vid lägsta utetemperatur.

Resonemanget ovan är givetvis något förenklat och får tas med viss reservation. Årliga radiatorenergin bestäms ju inte enbart av verkliga temperaturdifferenser under året. Den sänks av gratisenergi från sol, belysning o s v vilket gör att utnyttjandetiden i praktiken bör bli något lägre än den ideala.

Emellertid är väl avsikten att värmesystemet skall dimensioneras så att man kan leva normalt i huset vid lägsta utetemperatur. Det kan därför vara befogat att baseffekt från hus-hållsförbrukning o dyl inräknas. Om ingen vistas i huset saknar det ju i praktiken betydelse om innetemperaturen sjunker

något vid dimensionerande utetemperatur. Det enda som är nödvändigt att ta hänsyn till är att soltillskottet kan saknas helt vid lägsta utetemperatur. En rimlig effektökning för att kompensera detta kan alltså vara motiverad.

Naturligtvis kan det vara motiverat att ha en viss reserv-effekt för att kunna få en snabb temperaturökning ibland. Vi skall då ha klart för oss att denna reserveffekt endast behövs om vi haft en onormalt låg temperatur i huset och önskar höja innetemperaturen exakt när utetemperaturen ligger vid det lägsta sannolika värdet. I normala fall är det inga problem att under året variera temperaturen vid ideal radiator-effekt.

Vid direktverkande elvärme får man normalt en viss överdimensionering genom att man måste välja standardradiatorer. Denna är naturlig och nödvändig. Men den slentrianmässiga överdimensioneringen bör undvikas eftersom den ställer elleverantören inför onödigt stora problem. Man erhåller alltför hög återvändande effekt efter strömavbrott i elvärmada områden. Försök att kapa effekttoppar genom rundstyrning av elvärmens har också påverkats negativt av att man i allmänhet har alltför höga radiatoreffekter. Man erhåller vid återin-kopplingar - när alla termostater slagit till - en mycket högre effekt än den normala vid sammanlagring.

Det kan inte vara riktigt att dimensionera för effekttoppar som beror på medveten överdimensionering av värmesystem. El-distributörerna borde i byggnadsskedet infordra en rätt utförd beräkning av dimensionerande effektbehov för uppvärmning samt förvissa sig om att rimliga radiatoreffekter valts.

5.5.1 Kontroll av överdimensionering i befintliga områden

Även om uppgift normalt saknas om separat radiatorenergi är det lätt att få en uppfattning om överdimensioneringsgraden om man känner husets totalförbrukning. I normalfallet utgör 8000 kWh/år använd energi för hushållsförbrukning i elvärmada villor. Resten kan antas vara radiatorenergi. Den underskattas då i varje fall inte. Med detta värde på radiator-energi kan man sedan beräkna ideal radiatoreffekt och jämföra med verklig installerad.

Exempel med helt normala värden för ett källarlöst stenhus i Stockholm:

Installerad radiatoreffekt	11,2 kW
Årlig energiförbrukning totalt	26.200 kWh/år
Varav hushåll och varmvatten	8.000 kWh/år
Radiatorenergi	18.200 kWh/år
Verklig utnyttjandetid	$18.200/11,2 = 1625$ timmar
Ideal utnyttjandetid enligt ovan	3536 timmar
Överdimensioneringsgrad	$3536/1625 = 2,18$
Ideal radiatoreffekt	$11,2/2,18 = 5,14$ kW

Med t ex en 25 %:ig överdimensionering skulle man ha installerat $1,25 \cdot 5,14 = 6,4$ kW.

25 %:s överdimensionering innebär för detta hus att man kan hålla önskad rumstemperatur vid en lägsta utetemperatur som är 9,25 °C lägre än den som enligt Svensk Byggnorm skall användas vid dimensionering av värmesystemet.

5.6 Radiatoreffekt och dess utnyttjande i provhusen.

Vid projekteringen av provhusen dimensionerades radiatorerna på traditionellt sätt - dock utan några som helst påslag. Avdrag för återvinning av ventilationsvärme skedde inte med tanke på den något oklara funktionen. Installerade radiator-effekter samt energiuttag under året anges i TABELL 8.

Med ledning av uppmätt radiatorenergi under året kan man beräkna utnyttjandetid. Installerad effekt multiplicerad med utnyttjandetid = uppmätt energi. För P 1 blir utnyttjandetiden $17.823/9,3 = 1.916$ timmar.

I det föregående har införts begreppet ideal utnyttjandetid d v s den utnyttjandetid man erhåller om man dimensionerar radiatoreffekten till exakt det värde som behövs för att er-hålla t ex $+21^{\circ}\text{C}$ inne vid dimensionerande utetemperatur. För Östersunds normalår är denna tid 3.525 timmar för sten-hus och 3.238 för trähus. För provhusen erhålls verklig överdimensioneringsgrad - kvoten mellan ideal och verklig utnyttjandetid-till de värden som redovisas i tabellen.

Därefter beräknas ideal radiatoreffekt i kW samt motsvarande specifika effektbehov i kW per grads temperaturskillnad inne/ute. Detta effektbehov kan sedan jämföras med det verkliga medeleffektbehovet under den kallaste månaden med medeltemperatur $-9,5^{\circ}\text{C}$ och endast 47 soltimmar.

Det verkliga effektbehovet avviker obetydligt från det idea-la trots ringa soltillskott. P 1 visar störst differens. Vid beräkning av ideal radiatoreffekt för P 1 har emellertid använts LUT 5,^{*)} vilken ger lägre ideal effekt än för ett trä-hus. Enligt författarens mening en diskutabel metod när det gäller villor med låg värmetröghet trots ytterväggar av lättbetong. Tidskonstanten är givetvis högre i stora fler-familjshus av sten med relativt små avkylningsytor. Om i detta fall LUT 1 används blir ideal radiatoreffekt 5,50 för P 1.

TABELL 8. Idealeffekt och verkligt effektbehov under januari månad.

Hus	Inst. rad.- rad.- eff. kW	ener- gi kWh/år	utnytt- jande- tid timmar	över- dimen- sioner.- grad	ideal rad.- effekt kW	motsv. effekt- behov kW/°C	verkligt medel- effektbehov under januari kW/°C
P 1	9,3	17823	1916	1,84	5,05	0,112	0,138
Käll	6,6	12256	1857	1,90	3,47	0,077	0,079
P 2	6,9	20802	3015	1,07	6,45	0,132	0,135
P 3	6,9	13183	1911	1,69	4,08	0,083	0,092

*) Specifikt effektbehov = radiatoreffekt/(+21 - LUT)

Värmesystem dimensioneras för en lägsta utetemperatur LUT 1 resp LUT 5 enl Svensk Byggnorm. LUT är bestämd med utgångspunkten att innetemperaturen högst ett dygn under en trettioårsperiod understiger den önskade med 3°C . Eftersom byggnadens värmetröghet har betydelse vid avsvälningen anges LUT 1 för hus med låg tids-konstant. För Östersund anges LUT 1 = -29°C för lätta byggnader och LUT 5 = -25°C för tunga stenhus.

5.7 Jämförelse med provhus i Nälsta 1964/65.

År 1964 uppförde Gullfiber ett provhus i Nälsta. I BFR:s rapport R 7:1973 redovisar Elmroth och Höglund resultat från mycket noggranna mätningar i detta hus obebott. Det kan vara av intresse att jämföra värden från detta med värden från de tre provhusen i Östersund.

Vi måste då komma ihåg att husen skiljer sig på många punkter vilket bl a framgår av följande sammanställning som gäller provhus P 3 i Östersund och källarlöst provhus i Nälsta:

	P 3	Nälsta
Invändig yta	126	104
k-värde, vägg	0,22	0,31
k-värde, vind	0,14	0,19
Golv	Kryputrymme	Platta på mark
Fönster	H-fönster, trippel isol.glas	Kopplade 3-glas
Glasyta	Liten	Stor
Ventilation	Värmeväxlande kryputrymme	Självdrag

I TABELL 9 redovisas värden på specifikt energibehov per m² yta med hänsynstagande till de olika utetemperaturerna under varje månad. Även soltimmar för resp hus redovisas.

I FIGUR 21 kan medelförbrukning i kWh/dygn under varje månad utan hänsyn till utetemperaturer jämföras. Observera att värden för Nälsta avser den sk eldningssäsongen medan för Östersund visas värden för hela kalenderåret.

TABELL 9. Specifikt energibehov per graddygn och m² yta i Östersund och Nälsta. Antal soltimmar under månaden.

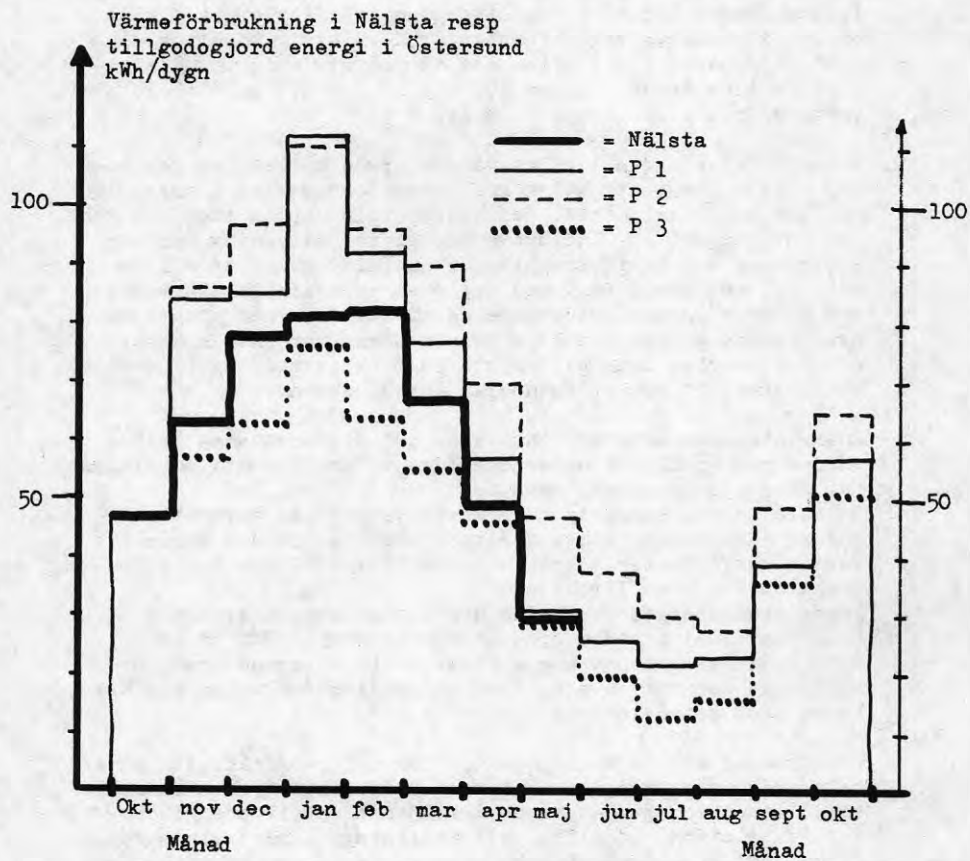
	Östersund 1975/76					Nälsta 1964/65	
	Specifikt energibehov för radiatorer + belysning Wh/°C·24h·m ²					Specifikt värmebehov Wh/°C·24h·m ²	
okt	P 1	Käll.	P 2	P 3	Solh.	29,2 ⁽¹⁾	Soltimmar 112
nov	34,3	19,8	33,6	22,5	32	31,7	55
dec	30,5	19,8	33,7	21,8	16	34,1	30
jan	30,3	16,9	28,6	19,8	47	33,3	42
feb	28,8	17,8	28,9	19,4	76	31,1	77
mar	23,7	16,1	26,7	16,5	176	28,5	168
apr	22,8	15,7	26,7	17,4	171	30,1 ⁽²⁾	141
maj	21,1	16,1	31,2	19,3	282	17,7 ⁽³⁾	353
jun	20,7	15,5	29,2	15,9	224		
jul	24,8	14,4	32,0	13,7	273		
aug	24,8	15,3	29,3	17,6	249		
sep	20,5	16,6	24,8	18,0	150		
okt	24,8	16,4	27,1	21,2	59		

1) 15-31 okt

2) 1-6 och 12-30 apr

3) 1-25 maj

FIGUR 21. Medelvärmeförbrukning i kWh/dygn under olika månader.
Nälsta 1964/65 och Östersund 1975/76. Ingen omräkning
för skilda uttemperaturer.



6 SAMMANFATTNING AV HUVUDRESULTAT

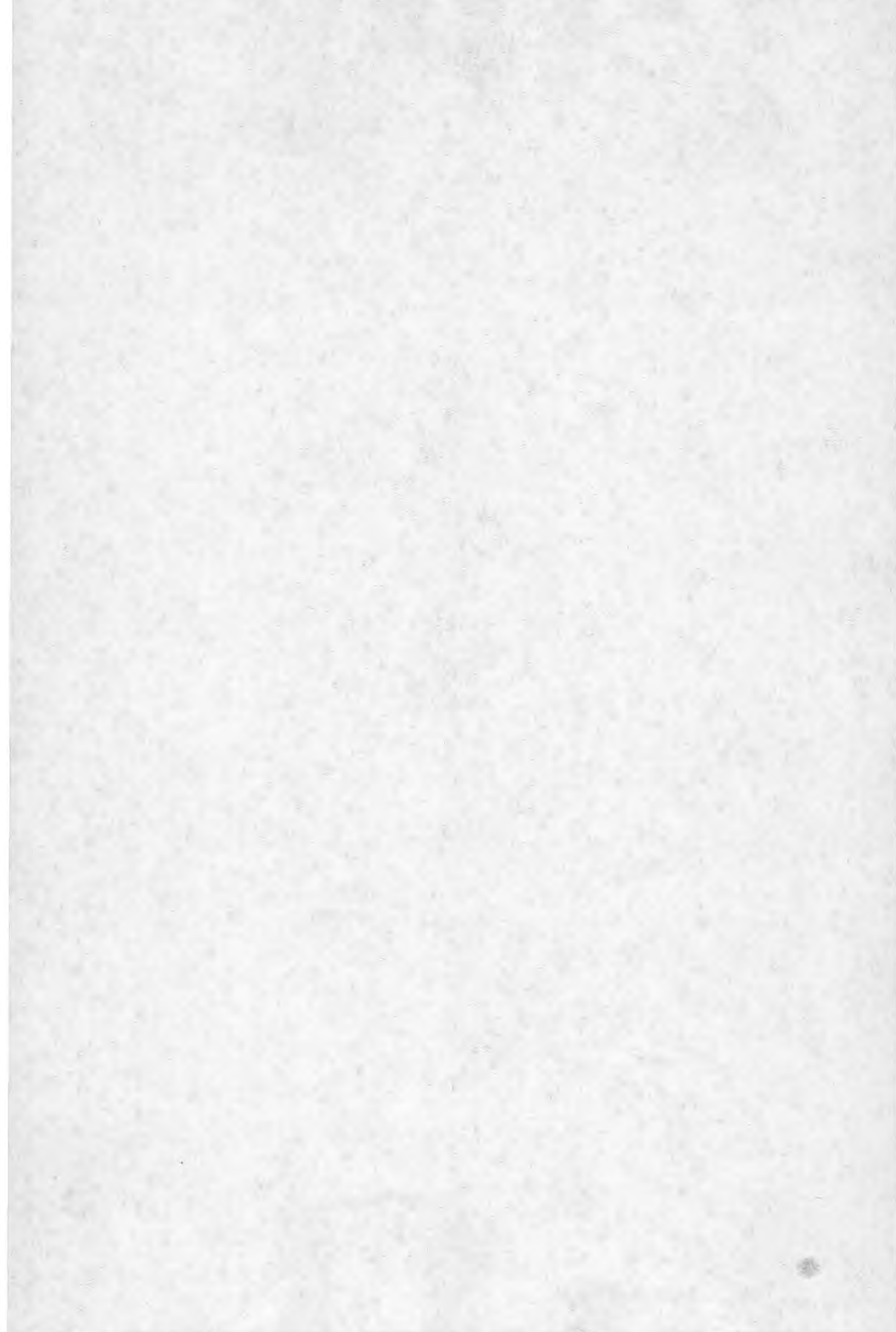
Vi återgår till de frågor som formulerats i KAP. 1 och söker besvara dem:

1. Det uppställda målet - en friliggande källarlös villa som i Stockholmsklimat har en total energiförbrukning på c:a 17.000 kWh/år-tycks ha uppnåtts. Det bästa redovisade alternativet - provhus P 3 med invändig yta 126 m² - har en totalförbrukning i Östersund på c:a 20.000 kWh under normalår vilket motsvarar c:a 16.000 kWh/år i Stockholmsklimat. Den låga energiförbrukningen har bl a uppnåtts genom hög isolergrad, täta omslutningsytor, treglasfönster av högklassig konstruktion samt balanserad ventilation med värmeåtervinning. Radiatorenergin i Östersund är c:a 105 kWh/m² inv yta och år. Totalenergin är c:a 160 kWh/m² och år.
2. Energiförbrukningen i P 1:s välisolerade källarplan kan bedömas vara låg trots att normala rumstemperaturer, drygt +20 °C, hållits under hela året. Radiatorenergin uppgår till 102 kWh/m² inv yta och år. Inklusiv energi för belysning har c:a 115 kWh/m² och år förbrukats. Ur energisynpunkt är alltså källarplanet jämförbart med det mest energisnåla alternativet på överbyggnad. Större delen av källaren kan utnyttjas även om den enligt statliga lånebestämmelser inte klassas som bostadsyta. Dock gäller att lägre krav ställts på ventilationskomfort vilket reducerar energibehovet.
3. Energiåtgången i bebodda hus syns väl överensstämma med de värden som erhållits under obebodda tiden. Vid utvärderingen har då följande modell använts:
Radiatorenergi + konstant värmeavgivning från varmvattenberedare + belysning har antagits tillgodogjort som värme. Varmvattenförluster + spis + torkskåp + tvättmaskin har betraktats som rena förluster.
Ingen ökad energiförbrukning har kunnat konstateras p g a ökad ventilation genom öppnade dörrar e dyl. Ett på detta sätt ökat energibehov kompenseras av bl a personvärme, avsvalnande varmvatten m m. Även uttorkningsförluster kan här ha en viss betydelse.
4. Det framgår att mekanisk ventilation med ren frånluft kräver betydande energimängder. Eftersom detta inte tycks framstå som allmänt accepterat visas i följande tabell energibehov för ventilation vid olika luftomsättning. Värden visas för klimat med 5.000, 6.000 och 7.000 graddygn per år vilket kan anses motsvara södra, mellersta och norra Sverige.
Exemplet gäller en villa på 126 m². Värden inom parentes är förbrukning i kWh/m² golvyta och år.
Energibehovet beräknas som: $0,36 \cdot n \cdot V \cdot G \cdot 24 \cdot 10^{-3}$ kWh/år
där n = antal luftomsättningar per timme
V = ventilerad volym i m³
G = antal graddygn
Husets takhöjd har satts till 2,4 m.

TABELL 10. Energibehov vid mekanisk ventilation med frånluft.

Antal luftom- sättn. per h	Energibehov i kWh/år vid klimat med:		
	5.000 graddygn	6.000 graddygn	7.000 graddygn
0,5	6530 (52)	7840 (62)	9140 (73)
0,6	7840 (52)	9400 (75)	10980 (87)
0,7	9140 (73)	10970 (87)	12800 (102)
1,0	13060 (104)	15680 (124)	18290 (145)

5. Provhuserna visar ett betydande energibehov för uppvärmning utanför traditionell eldningsssäsong. För småhus med väl reglerad värmetillförsel bör därför inte studium av värmebehov begränsas enbart till den s k eldningsssäsongen.
6. Provhus P 2 har projekterats med en radiatoreffekt nära den som i denna rapport benämns ideal effekt = den effekt som teoretiskt erfordras för att hålla önskad innertemperatur när utetemperaturen sjunker till det dimensionerande värdet. Utnyttjandetiden ligger därför under hela året vid drygt 3.000 timmar för den anslutna radiatoreffekten. Inga problem på grund av för låg effekt har uppstått.
7. Ventilationssystemet i P 3 - värmväxlande kryputrymme - har visat sig ha lägsta energibehovet. Det har dessutom genom individuell reglering medgett forcerad ventilation med förvärmad friskluft i t ex sovrum. Systemet har inte krävt någon tillsyn och energiåtgången för drift är densamma som för ett konventionellt frånluftssystem.
8. I praktiken kommer verkningsgraden totalt för värmeåtervinningssystemen att bli högre när husen är bebodda än de värden som gäller för obebodda hus. Detta alltså i jämförelse med ett hus med enbart frånluft. Anledningen är följande: För alla tre husen har vid utvärderingen förutsatts att energin till torkskåp och spis blir rena förluster genom att den ventileras bort. För de två husen med värmväxlare - P 1 och P 3 - gäller emellertid att luften från torkskåp, som har hög temperatur, via värmväxling kommer huset tillgodo. I P 3 - med värmväxlande kryputrymme - används luften från spiskåpan för förvärmning av tilluft. I P 1 används, för att förhindra luktspridning, en kolfilterfläkt för lokal rening av luften vid matlagning. Den rena luften släpps ut vid taket och förs via kökets grundventilation till den roterande värmväxlaren. En stor del av spisenergin tillgodogörs alltså även här. Genom den öppna planlösningen minskar också benägenheten för övertemperaturer i köket. Allt detta gör att "praktiska" verkningsgraden för värmeåtervinning blir högre vid bebodda hus än vid obebodda. Under obebodda tiden tillfördes värmväxlarna endast luft med rumstemperatur.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 740484-7 från
Statens råd för byggnadsforskning till Munthers Ingenjörbyrå AB,
Sundsvall**

R56: 1977

ISBN 91-540-2746-2

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

**Art.nr: 6600656
Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm**

Cirka pris: 24 kronor + moms