



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.



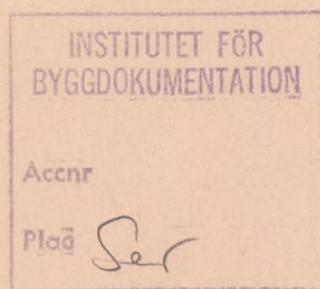
Rapport

R84:1988

R
**Innetemperatur och
normalårsförbrukning i
flerbostadshus**

R/TL

Jan Nordlander

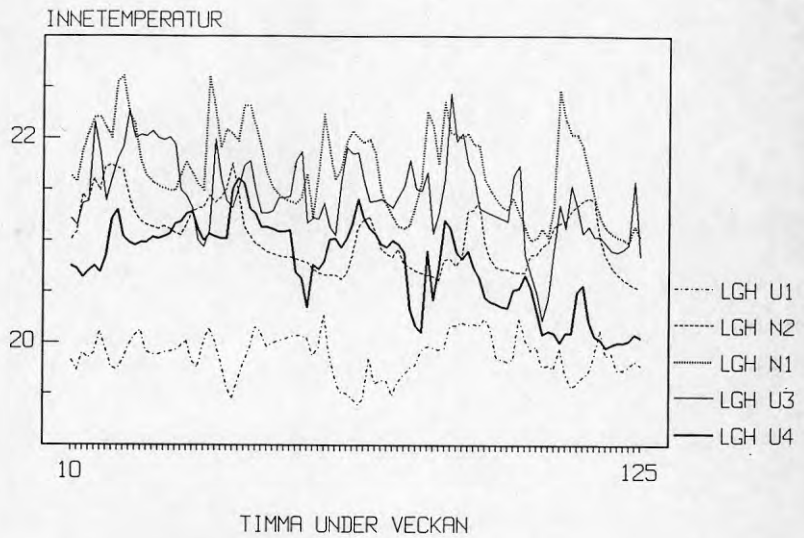


Byggforskningsrådet

R84:1988

INNETEMPERATUR OCH NORMALÄRSFÖRBRUKNING
I FLERBOSTADSHUS

Jan Nordlander



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860097-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Norrlands
Byggtjänst, Umeå.

REFERAT

Innetemperaturens variation mellan lägenheter i flerfamiljshus har studerats i datamaterial från Högscoleprojekt II (HII) och Energisparkvarter i Umeå. Syftet med undersökningen var att påvisa hur mycket normalårsförbrukningen vid +20 grader inne kan påverkas av val av en viss lägenhet som referens för husets innetemp.

I Energisparkvarter har ett hus studerats ingående där vi haft tillgång till timvisa mätningar av temperaturer för alla 10 lägenheter under 2 eldningsssäsonger. I HII har vi från en specialstudie på 156 hus mätt 4 lägenheter per hus. Studien visar att variationen i innetemperatur är så stor i båda datamaterialen att en illa vald lägenhet kan förorsaka ett fel på 5 % i normalårsskattningen vid +20 grader inne.

I Energisparrådgivningen säger man att en temperatursänkning av en grad ger en besparing på 5 %, vilket här skulle motsvaras av att man har en grad fel i bestämningen av innetemperatur. För att skatta normalårsförbrukningen har sk energisignatur använts, men resultatet torde kunna överföras även till andra typer av normalårsskattningar.

Vidare konstateras dåligt samband mellan lägenheternas innetemperaturer. Skillnaden av besparingen påverkades också av valet av lägenhet som temperaturreferens.

Uttemperaturen behöver inte mätas vid huset utan kan tas från en närbelägen SMHI-station.

Valet av normalår är inte helt entydigt och kan medföra vissa konsekvenser för resultatet.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R84:1988

ISBN 91-540-4929-6
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLL

FÖRORD.....	3
SAMMANFATTNING.....	4
1 INLEDNING.....	6
1.1 Innetemperaturer och normalårsförbrukning av energi för uppvärmning.....	6
1.2 Dataunderlag.....	6
1.3 Timvariationen.....	7
1.4 Veckovariationen.....	7
2. TIMDATA.....	8
2.1 Innetemperaturens variation. Skillnaden är 1.7 grader mellan varmaste och kallaste lägenhet....	8
2.2 Samvariation mellan temperaturer och mellan temperaturer och förbrukning.....	13
2.3 Normalårsförbrukningar varierar vid val av olika lägenheters innetemperaturer. Höst-, vinter- och vårvecka.....	15
3. VECKODATA.....	18
3.1 Normalveckor. Innetemperaturen kan ge 5% fel i skattningen av normalårsförbrukning.....	18
3.2 Origomodellen visar samma känslighet för innetemperatur.....	23
3.3 HII-data visar samma variation mellan lägenheterna i innetemperatur.....	23
3.4 Utetemperaturer enligt SMHI.....	26
3.5 Normalår.....	28
3.6 Besparing. Tar felen i normalårsskattningarna beroende av innetemperatur ut varandra när man skattar en skillnad?.....	31
4. OSÄKERHETEN I SKATTNINGARNA AV NORMALÅRSFÖRBRUKNING.....	34
REFERENSER.....	37

FÖRORD

Projektet bygger på de mätningar av temperaturer och energiförbrukningar som skedde i projekten Högskoleprojekt II (HII) och Energisparkvarter i Umeå. Norrlandsdelen i HII har genomförts av Norrlands Byggtjänst. Energisparkvarter i Umeå ("Dynamiska värmelagringseffekter i byggnader") har genomförts av Fysiska institutionen vid Umeå universitet.

Analysarbetet har gjorts av Jan Nordlander som arbetat i projektet HII.

För att genomföra detta arbete har författaren haft stor hjälp av projektledarna Jan-Åke Jonsson och Olof Sandberg som läst manus och gett värdefulla synpunkter och vägledningar. Lars Stenlund har välvilligt ställt delar av sitt datamaterial från energisparkvarter i Umeå till förfogande och har dessutom lämnat synpunkter under arbetets gång.

Slutligen får jag tacka HII-projektet och alla dess medarbetare för att jag fått intresse och underlag för denna rapport.

SAMMANFATTNING

Innetemperaturens variation mellan lägenheter i flerfamiljshus har studerats i datamaterial från Högskoleprojekt II(HII) och Energisparkvarter i Umeå.

Syftet med undersökningen var att påvisa hur mycket normalårsförbrukningen vid +20 grader inne kan påverkas av val av en viss lägenhet som referens för husets innetemperatur.

I Energisparkvarter har ett hus studerats ingående där vi haft tillgång till timvisa mätningar av temperaturer för alla 10 lägenheter under 2 eldningssäsonger. I HII har vi från en specialstudie på 156 hus mätt 4 lägenheter per hus.

INNETEMPERATUR OCH NORMALÅRSFÖRBRUKNING

Studien visar att variationen i innetemperatur är så stor i båda datamaterialen att **en illa vald lägenhet kan förorsaka ett fel på 5% i normalårsskattningen vid +20 grader inne**. I Energisparrådgivningen säger man att en temperatursänkning av en grad ger en besparing på 5%, vilket här skulle motsvaras av att man har en grad fel i bestämningen av innetemperatur. För att skatta normalårsförbrukningen har s. k. energisignatur använts, men resultatet torde kunna överföras även till andra typer av normalårsskattningar.

Felet är beräknat från den förbrukning som erhålles för en med volymerna vägd innetemperatur. Felet kan reduceras med upp till 50% om det ovägda medeltalet av 4 lägenheters innetemperaturer användes. I ett annat material kan även större fel än här observerade vara möjliga.

SAMBAND MELLAN INNETEMPERATURERNA

Lägenhetstemperaturerna är inbördes utan större samband. Korrelationerna mellan temperaturerna är låga och både negativa och positiva, dvs låga samband i skiftande riktning. I klartext betyder det att temperaturen i en lägenhet inte klart påverkar temperaturen i någon annan lägenhet. Temperaturerna tycks höjas och sänkas oberoende av varandra i lägenheterna.

TIMDATA ELLER VECKODATA

Timdata för en vecka(c:a 100 timmar) ger stora variationer i energisignaturer och därmed normalårsförbrukningar. C:a 100 på varandra följande timmar är en

för kort period för att få en stabil skattning av energisignaturen. Höst, vinter och vårveckor ger mycket varierande normalårsförbrukningar. I HII användes 10-20 veckodata (veckomedelvärden) som ger stabilare skattningar än timdata (timmedelvärden) från en vecka.

BESPARING. SKILLNAD MELLAN NORMALÅRSFÖRBRUKNING FÖRE OCH EFTER ÅTGÄRD

Besparingen är lika känslig för valet av innetemperatur som skattningen av normalårsförbrukning. Vid en jämförelse av normalårsskattningar från 2 likartade perioder för Umeåhuset skulle vi kunna kalla skillnaden i skattningarna för besparing om en besparingsåtgärd utförts mellan perioderna. Nu har ingen åtgärd utförts varför vi förväntar oss besparingen 0. Men det intressanta i dessa siffror är att besparingsskattningarna varierar lika mycket som de enskilda normalårsskattningarna från en period, dvs temperaturfelen tar inte ut varandra i detta material.

UTETEMPERATUR FRÅN HUSET ELLER SMHI-STATION

SMHI-utetemperaturen tillräckligt bra. Närmaste SMHI-stations utetemperatur går att använda väl så bra som den vid huset uppmätta för att bilda energisignaturer och skatta normalårsförbrukningar. Det var alltså onödigt att mäta utetemperaturen för detta syfte i detta material. Man kan i stället försöka bestämma innetemperaturen noggrannare med flera mätningar. Ett tungt argument för SMHI-utetemperaturen är att uppgifterna för normalåret hänför sig till SMHI-stationen.

NORMALÅR

Det konstateras att begreppet normalår inte är helt entydigt och kan medföra vissa konsekvenser för resultatet. **Normalårsdefinitionen och beräkningen av graddagar har betydelse för våra beräkningar.** Vid beräkningar av den typ som här behandlats är det viktigt att använda sig av vedertagen, aktuell och lämplig normalårsdefinition. Speciellt vid jämförelser av olika material skall lika definitioner användas.

ENERGISIGNATUR MED $a=0$

Origomodellen med $a=0$ är lika känslig för val av innetemperatur som den här använda modellen beskriven i avsnitt 2.3. Normalårsskattningarna blir inte mindre varierande med origomodellen.

1. INLEDNING

1.1 Innetemperaturer och normalårsförbrukning av energi

I energisparsammanhang är det betydelsefullt att kunna fastställa en byggnads årsenergiförbrukning vid en given medelinnetemperatur. Ett vanligt sätt är då att mäta energiförbrukning, inne- samt utetemperatur under ett antal perioder, varefter medelvärdet av effektbehovet per timma avsätts mot medeltemperaturskillnaden inne-ute för varje period. Den så konstruerade energisignaturen kan användas för att beräkna normalårsenergiförbrukning (Norle'n 1985) för en byggnad såväl före som efter en energisparåtgärd för en given innetemperatur. Med normal menas här att utetemperaturen skall vara normal, vanligen ett medeltal för åren 1930-60. Som standardtemperatur inne brukar man välja +20 grader, C.

I denna studie har vi belyst med vilken noggrannhet denna beräkning kan göras i ett flerbostadshus där olika delvolymerna kan ha varierande temperatur, och att man vid praktiska mätningar i fält tvingas selektera en representativ temperatur för innetemperaturbestämningen.

I HII-projektet användes innetemperaturer från en slumpmässigt utvald lägenhet i flerfamiljshus för att bestämma energisignaturen som i sin tur anger normalårsförbrukningen vid olika innetemperaturer. Det är därför viktigt att denna innetemperatur blir ordentligt bestämd. Vi var naturligtvis medvetna om att temperaturerna varierar från lägenhet till lägenhet och gjorde därför kontrollmätningar i 3 andra slumpmässigt utvalda lägenheter under tre veckor för att studera hur mycket fel vi kunde komma med våra mätningar från en enda lägenhet. Felet ska då räknas från en medeltemperatur, ovägd eller vägd med volymerna.

I det följande ska vi undersöka innetemperaturernas variation mellan lägenheter under olika årstider.

1.2 Dataunderlag

Innetemperaturens variation i ett flerbostadshus har studerats med hjälp av två datamängder:

Från **energisparkvarter** (projektet "Dynamiska värmelagrings effekter i byggnader") i Umeå finns uppgifter på temperaturer och förbrukningar från ett hus med 10 lgh. Uppgifterna är mycket omfattande då de är noterade var 15:e minut under två eldnings-säsonger. För denna studie har vi aggregerat upp mätningarna till timnivå och

valt ut 17 variabler. Trots aggregeringen är datamängden stor och omfattar c:a 80 filer med vardera c:a 100 observationer på 17 variabler: Temperaturer i vardera 10 lägenheter, ute, i trapphus och i 2 från-luftskanaler. Energiförbrukning för uppvärmning respektive hushåll samt en tid-svariabel.

Från **H II-projektet** finns 3 veckors mätningar på vardera 4 lägenheters medeltemperaturer från 157 hus från olika orter i Sverige. Denna datamängd är mer hanterlig och omfattar 157x4 observationer.

Mätningarna har utförts på ett standardiserat sätt i båda undersökningarna. I korthet sattes temperatur-givaren i ögonhöjd "mitt i lägenheten" i hall, vardagsrum eller kök på så sätt att den inte stördes av någon värmekälla.

1.3 Timvariationen

Innetemperaturens variation kommer att följas några veckor för att belysa eventuella olikheter under

- höst
- vinter
- vår

Samband mellan utetemperaturer, innetemperaturer och energiförbrukning för uppvärmning kommer också att studeras.

1.4 Veckovariationen

Innetemperaturens medeltal per vecka kan studeras i båda datamängderna och det blir då intressant att göra en jämförelse och se variationens storlek främst mellan lägenheterna. Det är också intressant att se om veckomedeltalen är bättre som mätinstrument av innetemperatur jämfört med timmedeltalen.

2. TIMDATA

2.1. Innetemperaturens variation. Skillnaden är 1.7 grader mellan varmaste och kallaste lägenhet.

Tabell 2.1. Medeltemperaturer i lägenheterna. Normal höstvecka. Energisparkvarter Umeå.

	lägenhet nr				
	1	2	3	4	5
Uppe	19.9	20.2	21.4	20.8	20.1
Nere	21.7	21.0	21.5	21.0	21.7

I ovanstående tabell 2.1 kan vi se medeltemperaturerna för veckan 10-15 nov 1983 i de olika lägenheterna i bottenvåning(nere) och en trappa upp(uppe). Lägenheterna är numrerade 1 till 5 från söder till norr. Lägenheterna 1 till 3 är 4:or och lägenheterna 4 och 5 är 1:or. Således är medeltemperaturen 21.5 grader,C i lgh 3 nere(N3), som är en 4:a på bottenvåningen.

Under veckan är medelvärdet på utetemperaturen -4 grader, och medelförbrukningarna för hushåll och uppvärmning 3.9 respektive 15.11 kWh per timma.

Tabell 2.2. Medeltal, standardavvikelser, max-och min för de olika temperaturerna, grader, C.

	Temp U1	Temp U2	Temp U3	Temp U4	Temp U5
antal	100	100	100	100	100
medeltal	19.86	20.21	21.43	20.75	20.09
spridning	0.20	0.32	0.40	0.42	0.21
MAX	20.28	21.32	22.44	21.61	20.39
MIN	19.39	19.58	20.22	19.95	19.64

	Temp N1	Temp N2	Temp N3	Temp N4	Temp N5
antal	100	100	100	100	100
medeltal	21.69	21.02	21.49	21.04	21.65
spridning	0.42	0.31	0.27	0.42	0.25
MAX	22.61	21.76	22.15	22.30	22.32
MIN	20.98	20.53	20.86	20.38	21.18

	Ovägd innetemp	Uppv (kW)	Temp ute	Vägd innetemp
antal	100	100	100	100
medeltal	20.92	15.11	-4.04	20.57
spridning	0.21	2.40	4.16	0.23
MAX	21.41	19.42	3.70	21.07
MIN	20.47	10.53	-12.30	20.12

I tabell 2.2 är Temp U1 temperaturen i lägenhet 1 uppe, Temp U2 temperaturen i lägenhet 2 uppe, ..., Temp N1 temperaturen i lägenhet 1 nere osv.

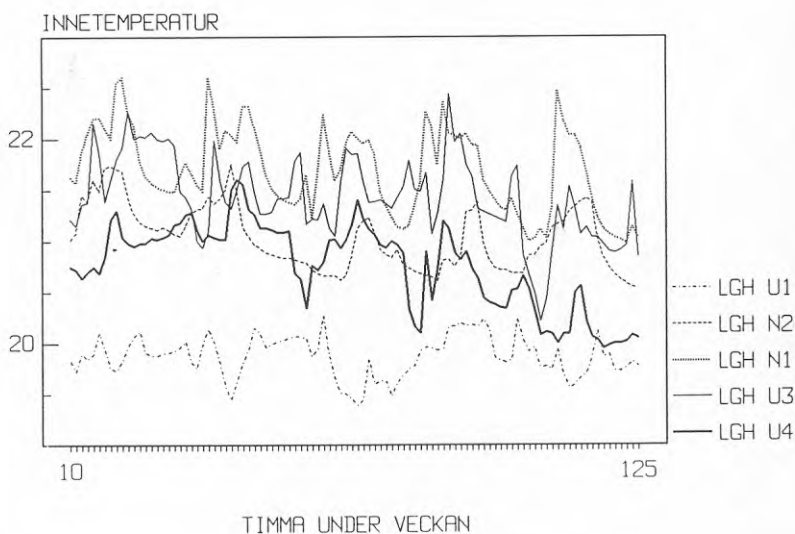
Mätningarna startade kl 09.00 den 10 nov 1983. De ursprungliga mätningarna är medeltal för 15-minutersperioder. För att få perioder med längden 1 timma är mätningarna summerade fyra och fyra. Slutligen har medelvärdet per timma för temperaturen resp förbrukningen bildats. Någon gång har mätperioden blivit längre än en timma (medelperiodlängden är 1.2 timmar), men man bör kunna anse dessa data representativa för mätningar av 1 timmas längd. Mätningarna slutar kl 08.00 den 15 nov 1983.

Från ovanstående tabeller 2.1 och 2.2 konstateras att:

Utetemperaturens medeltal har ett variationsområde på hela 16 grader, C under veckan.

Innetemperaturen i lgh U4, dvs i den ena 1:an på övervåningen är 20.8 i medeltal. Variationsområdet är 19.95-21.61, dvs 1.7 grader med en standardavvikelse på 0.42. De övriga lägenheternas temperaturer framgår av tabellen.

Effekten för uppvärmning visar ett medeltal av 15.11 kW med variationsområdet 10.53 till 19.42 kW. (Hushållsförbrukningen har en medelnivå av 3.9 kW per timma med ett minsta värde på 2.18 och ett största på 7.54 kW).



Figur 2.1. Innetemperaturens variation under veckan i lägenheterna

Alla lägenheter är här inte medtagna för att diagrammet ska bli lättare att analysera. Av diagrammet framgår en viss samvariation som vi ska återkomma till när vi betraktar korrelationerna. Vidare framgår klara olikheter i innetemperaturernas nivåer. Lgh N1 har den högsta temperaturen med 21.7 grader och lgh U1 (lägenheten ovanför) den lägsta på 19.9 grader i medeltal.

Gavellägenheter jämförda med mellanlägenheter

Ingen större skillnad uppvisas mellan gavel- och mellanlägenheter, 20.9 respektive 21.0 grader noteras i medeltal.

Bottenvåning/ovanvåning

Ovanvåningen är något varmare än bottenvåningen. Veckans ovägda medelvärden är 21.4 respektive 20.5 grader. Bilden är inte helt entydig då vi tidigare noterat att den varmaste lägenheten är N1 och den kallaste är U1.

Trapphus

Endast det ena trapphuset har vi mätningar på och det har lägre medelvärde (17.6 grader) än lägenheterna och ett betydligt större variationsområde.

Frånluftskanalerna

Frånluftstemperaturen i den södra av de två frånluftskanalerna är lägre än i den norra. Man har konstaterat att ett fönster i närheten av södra kanalen kyler ned frånluften

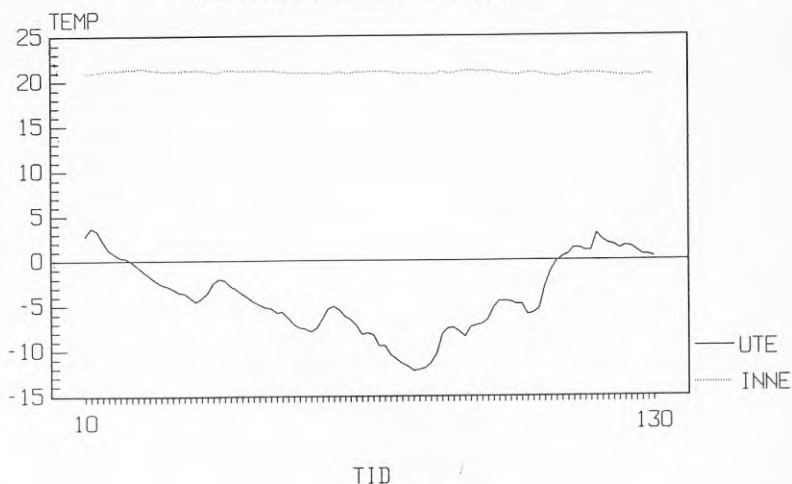
Teoretiskt sett borde frånluften vara en bra indikator på genomsnittstemperaturen inomhus i hela byggnaden, men i detta hus är utetemperaturens påverkan för stor. Vi observerar medelvärden på 16.8 resp 19.1 grader på södra resp norra frånluftskanalen. Variationen mätt i standardavvikelse är nästan dubbelt så stor för den södra frånluftskanalen jämfört med övriga inomhus temperaturer.

Medeltemperaturen i huset - ovägt medelvärde av lägenheterna

Definieras medeltemperaturen som det ovägda medelvärdet av de 10 lägenheterna erhålles ett medeltal på 20.9 grader med ett variationsområde på 20.5 till 21.4 grader. De enskilda lägenheternas variationsområde är som regel större. Standardavvikelsen är 0.21 och avspeglar dels variationen i tiden under veckan och variationen mellan lägenheterna under det att standardavvikelsen för de enskilda lägenheterna enbart är ett uttryck för tidsvariationen för lägenhetens inomhus temperatur. De enskilda lägenheternas standardavvikelse är som regel större jämfört med det ovägda medelvärdets standardavvikelse.

Som tur är för hyresgästerna påverkas inte inomhus temperaturen nämnvärt av uteklimatet. Uppvärmningsanordning och reglering av värmeflödet uppehåller ett drägligt inomhus klimat. Men den här definierade medeltemperaturen är behäftad med de vanliga defekterna hos medeltal. Är det någon lägenhet som har medeltemperatur? Det kan vara så i ett hus att ingen lägenhet ligger på medeltemperaturen utan ligger ena över eller under relativt mycket. I detta hus denna vecka ligger gavellägenhet U5 närmast medeltemperaturen, vilket är oväntat med tanke på att det är en gavellägenhet och är en av 1:orna. I HII-projektet slumpades mätlägenheten ut på så sätt att alla lägenheter hade samma chans (i praktiken tror jag dock att man skulle ha tvekat att välja U5 i detta hus, då man kanske inte tycker att en gavellägenhet är representativ).

MEDELTEMPERATUREN I LÄGENHETERNA OCH
UTEMPERATUREN UNDER VECKAN



Figur 2.2. Medeltemperaturen i lägenheterna och utetemperaturen under veckan.

Medeltemperaturen i huset - vägt medelvärde av alla volymer

Ett riktigare medelvärde borde vara att ta hänsyn till lägenhetens storlek och även andra uppvärmda utrymmen. I detta fall bör trapphusen tas med. Vi har här endast mätningar på ett trapphus med medeltalet 17.6 och antar att vi har samma temperatur i det andra trapphuset.

Vi använder följande volymrelaterade vikter :

Utrymme	Vikt
4:a	127
1:a	36
Trapphus	56

Inte oväntat får vi en lägre medeltemperatur på 20.6 grader med denna definition, men fortfarande högre än frånluftstemperaturerna. Variationsområdet är 20.1 till 21.1 med standardavvikelsen 0.23.

Den här vägda medeltemperaturen är väl riktigare att använda om vi ska relatera den till energiförbrukning för uppvärmning. Alla volymer uppvärms och energiåtgången bör stå i relation till utrymmets volym. Att praktiskt använda detta mått vid reglering och beräkning av s k normalårsförbrukning är väl närmast otänkbart med nuvarande teknik och kanske onödigt om vi kan använda någon annan temperatur som samvarierar starkt med den vägda innetemperaturen.

2.2 Samvariation mellan temperaturer och mellan temperaturer och energiförbrukning

Vi studerar sambandet genom att titta på korrelationskoefficienten som mäter det samband som kan uttryckas med en rät linje. Det är svårt att dra gränser, men man skulle kunna säga att korrelationskoefficienten bör vara absolut större än 0.75 för ett "ordentligt samband". Ju närmare 0 korrelationskoefficienten är desto sämre samband(=linjär samvariation) och ju närmare 1 desto högre samband. Negativt värde på korrelationskoefficienten anger att ett högre värde på den ena variabeln medför ett lägre värde på den andra variabeln.

Tabell 2.3. Korrelationsmatris för temperaturer och förbrukningar

	Innetemperatur i lgh								
	U1	U2	U3	U4	U5	N1	N2	N3	N4
U2	-.06								
U3	.14	.53							
U4	-.05	.74	.51						
U5	.16	.59	.51	.73					
N1	.09	.56	.49	.49	.31				
N2	-.09	.27	.22	.34	.16	.56			
N3	.21	.23	.49	.39	.44	.28	.12		
N4	.15	.15	.30	.20	.20	.21	.55	.06	
N5	.14	.27	.37	.51	.49	.30	.51	.23	.55
Tute	.02	-.35	-.28	-.40	-.47	.03	.42	-.35	.50
thus	.01	.18	.16	.26	.22	.30	.52	.01	.67
FRS	-.00	.06	-.02	-.06	-.12	.28	.63	-.25	.65
FRN	.02	.09	.21	.18	.19	.32	.64	.11	.73
Hush	-.14	.22	.16	.10	-.12	.62	.57	.12	.07
Uppv	-.05	.35	.26	.48	.51	-.00	-.38	.37	-.48
Tmv	.20	.70	.74	.78	.69	.72	.61	.52	.56
Tmw	.18	.64	.68	.67	.58	.75	.66	.45	.61

	N5	Tute	thus	FRS	FRN	Hush	Uppv	Tmv
Tute	.16							
thus	.51	.58						
FRS	.27	.79	.71					
FRN	.61	.66	.79	.72				
Hush	.14	.28	.17	.36	.39			
Uppv	-.06	-.97	-.50	-.77	-.58	-.23		
Tmv	.68	-.08	.47	.25	.51	.32	.13	
Tmw	.64	.11	.67	.44	.64	.39	-.06	.95

Beteckningar:

Tute = utetemperatur
 thus = trapphustemperatur
 FRS = temperatur i södra frånluftskanalen
 FRN = " " norra "
 Hush = hushållsförbrukning av energi
 Uppv = energi för uppvärmning
 Tmv = innetemperatur, ovägt medelvärde av 10 lgh
 Tmw = " " , vägt " " " " med
 volymerna som vikter.

Från den stora korrelationsmatrisen kan vi dra följande slutsatser :

Utetemperaturen har högsta samband(-.97) med uppvärmningsenergin. Vi observerar också det positiva sambandet med frånluften som konfirmerar vår hypotes att uteluften påverkar frånluftens temperatur. Korrelationen med innetemperaturerna är som väntat låg.

Innetemperaturernas inbördes korrelationer är förvånansvärt låga, vilket tyder på att de förändras var för sig oberoende av övriga innetemperaturer. De flesta innetemperaturerna är relativt högt korrelerade med både den vägda och den ovägda medeltemperaturen med undantag för lgh U1(denna lgh är kallast och innehades av en hundägare som vådrade mycket).

2.3. Normalårsförbrukningar varierar vid val av olika lägenheters innetemperaturer. Höst-, vinter- och vårvecka.

Vi använder modellen(signaturen)

$$W = T*(a + b*x), \text{ där}$$

W = uppskattad normalårsförbrukning för uppvärmningssäsongen

T = 260*24 = antal vintertimmar i Umeå normalt (diskuteras i avsnitt 3.5)

a och b är intercepten respektive lutningen på regressionslinjen för förbrukningen/timma på temperaturskillnaden inne-ute, där b är speciellt intressant då den kan tolkas som känsligheten för temperaturförändringar. Ökar temperaturskillnaden med 1 grad så ökar förbrukningen med b energienheter.

x = 21.59 = medeltemperaturskillnaden för innetemperaturen +20.0 grader, dvs medelvärdet för utetemperaturen är -1.59 grader(diskuteras i avsnitt 3.5) under uppvärmningssäsongen.

$$W(20) = T*(a + b*21.59)$$

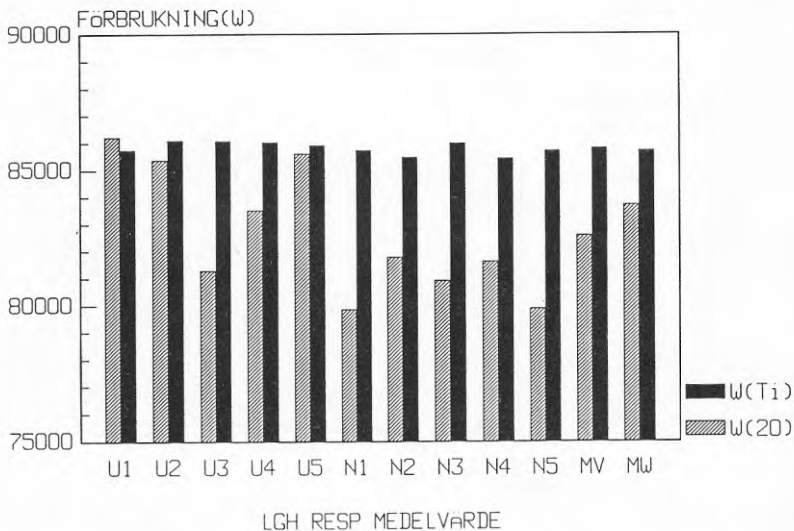
W(Ti) = T*(a+b*(Ti + 1.59) är normalårsförbrukningen vid 20 grader respektive vid den uppmätta medeltemperaturen Ti inne för respektive lägenhet.

spar/gr = T*b är minskningen i energiåtgång om innetemperaturen sänks en grad.

Tabell 2.4. Innetemperaturer, a och b i signaturen, normalårsförbrukningarna W(20) och W(Ti) samt spar/gr. Medelvärden, spridningar och max- och minvärden. Slutligen anges för husets ovägda och vägda innetemperatur (MV resp MW) beräknade signaturer och förbrukningar.

Lgh	Ti	a	b	W(20)	W(Ti)	spar/gr
U1	19.9	1.81	.556	86199	85745	3469
U2	20.2	2.00	.541	85364	86086	3375
U3	21.4	1.43	.537	81268	86063	3350
U4	20.7	1.81	.536	83505	86017	3344
U5	20.1	1.95	.545	85591	85910	3400
N1	21.7	.79	.556	79841	85725	3469
N2	21.0	.71	.574	81773	85448	3581
N3	21.5	1.22	.544	80901	85979	3394
N4	21.0	.47	.584	81598	85410	3644
N5	21.7	.60	.565	79861	85703	3525
medelv				82590	85809	3456
spridning				2400	244	102
max				86200	8607	3644
min				79841	85410	3345
MV	20.9	1.25	.555	82571	85788	3463
MW	20.6	1.30	.561	83691	85697	3501

I nedanstående figur 2.3 framgår klart hur val av olika innetemperaturer påverkar skattningarna av normalårsförbrukningen



Figur 2.3. Normalårsförbrukning i kWh från höstvecka vid 20 grader, resp uppmätt innetemperatur(Ti), per lägenhet respektive ovägd och vägd innetemperatur för huset (MV och MW)

Om vi utgår från att **den riktiga innetemperaturen är den som ges av den vägda innetemperaturen** kan vi uppskatta de fel som uppkommer i normalårsförbrukningarna. För $W(T_i)$ kan normalårsförbrukningen avvika upp till 1% från den "riktiga". För $W(20)$ kan felet bli så stort som 5%.

Att variationen för $W(20)$ är större än för $W(T_i)$ beror på att osäkerheten för en regressionsskattning ökar när man avlägsnar sig från medelvärdet för x-variabeln. Innetemperaturen 20 grader ligger nästan en hel grad under medelvärdet. Skulle standardtemperaturen väljas till 21 grader (vilket skulle vara befogat då flerfamiljshusens innetemperatur i genomsnitt ligger närmare detta värde) skulle man få en lägre variation, men lågtemperaturlägenheterna U_1, U_2 och U_5 skulle då ge ett större bidrag till variationen.

Ytterligare två veckor har undersökts med timdata - en vintervecka (22-26 nov 1983) och en vårvecka (2-7 april 1984). Bilden blir här liknande den för höstveckan (10-15 nov 1983), dvs varierande innetemperaturer mellan lägenheterna, dåligt samband (korrelation) mellan temperaturerna och därför varierande skattningar av signatur och normalårsförbrukning. Skattningarna ligger dessutom på olika nivåer, vilket tyder på att **en vecka är en alltför kort observationsperiod för att få stabila skattningar.**

Tabell 2.5. Innetemperaturer(T_i), a och b i signaturen samt normalårsförbrukningar vid observerad innetemperatur, $W(T_i)$ och för +20 grader, $W(20)$, kWh.

mått/vecka	T_i	a	b	$W(T_i)$	$W(20)$
medelvärde					
höst	20.9	1.28	.554	85809	82590
vinter	21.2	5.35	.472	100455	96916
vår	20.8	-.60	.676	90671	87363

höst max	21.7	2.00	.584	86087	86200
min	19.9	.58	.536	85410	79841
vin- max	21.9	5.72	.482	101049	100635
ter min	19.8	4.86	.456	99961	94842
vår max	22.3	.701	.725	91478	96773
min	18.7	-2.21	.624	89764	81003

spridning					
höst	.67	.600	.016	244	2400
vinter	.66	.335	.008	340	1903
vår	1.11	.890	.030	503	4763

vägt medelv					
höst	20.6	1.3	.562	85696	83691
vinter	20.6	5.54	.475	100341	98531
vår	21.0	-1.06	.693	91072	86748

max% höst				1%	5%
fel vinter				1%	4%
vår				1%	7%

Vi observerar i tabellen ovan att vårveckan har den största variationen mellan lägenheterna för innetemperaturer, a och b i signaturen samt därmed också skattningarna av normalårsförbrukningen.

3. VECKODATA

3.1 Normalveckor. Innetemperaturen kan ge 5% fel i skattningen av normalårsförbrukning.

I HII-undersökningen användes veckodata av praktiska skäl. Då mätningarna gjordes manuellt var det inte genomförbart att använda sig av avläsningar timma för timma. Teoretiska överväganden talar för att den använda typen av skattningar skall ge en rimlig precision för normalårsförbrukningen med 10 till 20 veckor som underlag. I praktiken sattes ett minimum till 10 veckor, men flertalet fastigheter hade flera observationer- upp till 15-20 sådana. Vidare sattes också ett krav på att utetemperaturen skulle ha varierat helst 10 grader mellan veckorna i medeltemperatur, vilket var svårt att uppfylla vid mätningar i södra Sverige.

En jämförbar mätserie från vårt intensivmätta hus i energisparkvarteret består av 16 veckor från den 21 oktober 1983 och till den 10 januari 1984. Dessa veckor är inte observerade i sin helhet utan består av c:a 100 timmar vardera (100, 99, 101, 91, 105, 96, 102, 102, 102, 33, 86, 94, 78, 65, 93 respektive 110 timmar) Kravet på temperaturskillnad är väl uppfyllt då utetemperaturens medelvärde varierar från -15.9 grader,C till +3.6 grader,C.

Huvudintrycket från veckodata (veckomedelvärden) skiljer sig inte mycket från timdata (timmedelvärden). Vi observerar en kraftig variation mellan lägenheterna vad gäller innetemperaturen och de uppvisar dålig samvariation (korrelation)

Tabell 3.1. Medeltemperaturerna i de olika lägenheterna under 16 veckor (21 okt -83 till 9 jan -84), grader Celcius.

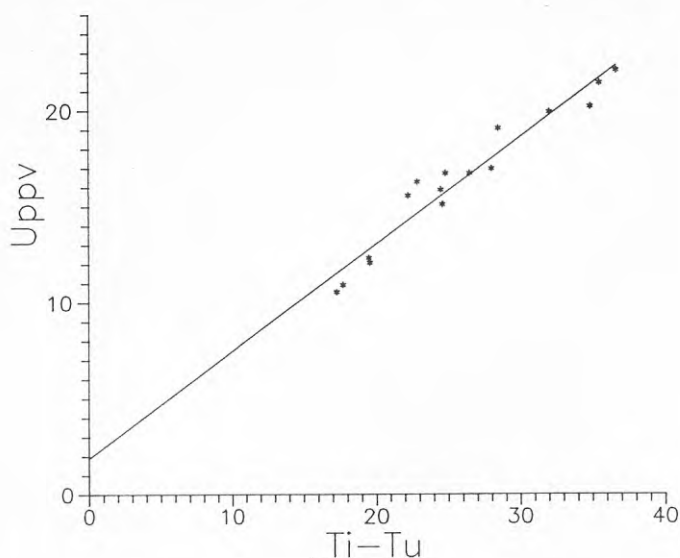
	lägenhet nr				
	1	2	3	4	5
Uppe	20.4	20.7	21.8	21.1	20.5
Nere	21.5	21.5	21.3	20.9	21.5

Tabell 3.2 De 16 veckornas medelvärden, spridningar (stdev), max-och minvärden för innetemperaturerna i lägenheterna, ovägd medeltemperatur, uppvärmning, utetemperatur och vägd medeltemperatur med lägenhetsvolymerna som vikter.

	Temp U1	Temp U2	Temp U3	Temp U4	Temp U5
antal	16	16	16	16	16
medeltal	20.37	20.65	21.79	21.12	20.46
spridning	0.46	0.27	0.47	0.69	0.86
MAX	21.00	21.16	22.53	22.55	21.63
MIN	19.39	20.21	21.04	20.15	18.45

	Temp N1	Temp N2	Temp N3	Temp N4	Temp N5
antal	16	16	16	16	16
medeltal	21.45	21.54	21.29	20.94	21.47
spridning	0.38	0.43	0.19	0.81	0.59
MAX	22.06	22.22	21.62	21.78	22.26
MIN	20.87	20.89	20.82	19.46	20.09

	ovägd innetemp	Uppv (kW)	Temp ute	vägd innetemp
antal	16	16	16	16
medeltal	21.11	16.36	-5.16	20.78
spridning	0.24	3.60	6.27	0.17
MAX	21.54	22.08	3.59	21.21
MIN	20.68	10.55	-15.94	20.50



Figur 3.1. Plott av energiförbrukning för uppvärmning mot temperaturskillnaden inne-ute, där innetemperaturen är vägd mot volymerna.

Av plotten framgår att observationerna ligger väl samlade kring en tänkt energisignatur i form av en rät linje. Minsta kvadratmetoden ger denna linje till

$$\text{Uppv} = 1.89 + 0.558 \cdot (\text{Ti} - \text{Tu})$$

Samma samlade plot får vi om den vägda innetemperaturen utbytes mot någon av de enskilda lägenheternas eller den ovägda medelinetemperaturen. Det är sambandet mellan uppvärmning och utetemperatur som är det ledande sambandet med korrelationen = -0.97. Innetemperaturerna har inget inbördes samband som framgår av nedanstående tabell 3.3 och har heller inget klart samband med vare sig utetemperatur eller uppvärmningsförbrukning i termer av korrelationskoefficient i detta material.

Tabell 3.3. Korrelationsmatris för de olika lägenheternas innetemperaturer.

lgh	INNETEMPERATUR I LGH								
	U1	U2	U3	U4	U5	N1	N2	N3	N4
U2	-.01								
U3	.50	.05							
U4	-.14	.43	-.63						
U5	-.22	.68	-.40	.75					
N1	.42	-.25	.11	-.30	-.40				
N2	.05	.69	-.37	.79	.68	-.15			
N3	.15	.36	.16	-.14	.11	.26	.13		
N4	-.36	-.04	-.68	.41	.04	.21	.27	-.31	
N5	-.39	.48	-.60	.84	.73	-.32	.75	.08	.39

Tabell 3.4 Innetemperaturer(T_i), energisignaturparametrar(a, b), normalårsförbrukningar vid lägenhetens innetemperatur($W(T_i)$) och vid standardtemperatur +20 grader, C inne($W(20)$), veckodata.

Lgh	T_i	a	b	$W(20)$	$W(T_i)$	spar/gr
U1	20.37	2.30	0.550	88486	89780	3432
U2	20.65	2.20	0.548	87611	89837	3419
U3	21.79	1.01	0.569	83002	89390	3550
U4	21.12	2.73	0.518	86839	90482	3232
U5	20.46	3.31	0.509	89227	90695	3176
N1	21.45	1.13	0.572	84136	89337	3569
N2	21.54	2.04	0.536	84946	90104	3344
N3	21.29	1.72	0.553	85233	89699	3450
N4	20.94	1.79	0.558	86381	89682	3481
N5	21.47	2.30	0.528	85516	90369	3294
medelv				86138	89938	3395
stdev				1951	460	131
max				89228	90695	3569
min				83003	89337	3176
MV	21.11	2.01	0.546	86144	89936	3407
MW	20.78	1.89	0.558	86974	89707	3481
max% fel				5%	1%	

Vi observerar samma spridningsbild som för timdata vad gäller skattningarna av normalårsförbrukningar. Felet kvarstår trots att vi har många fler observationer. Detta tyder på att vi har ett systematiskt fel i skattningarna som beror på valet av innetemperatur. I tabellens sista rad anges den maximala avvikelsen från det riktiga värdet beräknat med det vägda medelvärdet av innetemperaturen (MW) uttryckt i % av detta riktiga värde. Den sista kolumnen spar/grad är minskningen i energiåtgång om innetemperaturen sänks en grad.

Figur 3.2 visar variationen mellan de olika skattningarna av normalårsförbrukningarna.



Figur 3.2. Normalårsförbrukning från de 16 första normalveckorna vid +20 grader respektive uppmätt innetemperatur(T_i), per lägenhet respektive ovägd och vägd innetemperatur för huset(MV och MW).

Man ser den större variationen för $W(20)$ (vid standardiserad innetemperatur +20) med den största avvikelsen på c:a 5% av medelnivån.

För $W(T_i)$ (normalårsförbrukning vid uppmätt innetemperatur) är avvikelsen som mest 1% av medelnivån

3.2 Origomodellen visar samma känslighet för innetemperaturen.

Vid regressionsskattningar får man ofta svårtolkade skattningar av intercepten a . I vårt material kan vi observera att a varierar mycket mera än b för olika val av innetemperaturer. Det är inte alltför ologiskt att anta $a=0$, dvs att det inte behövs någon uppvärmning när det är lika varmt ute som det är inne (här måste man väl förutsätta att vi har en dräglig innetemperatur och inte kallt både ute och inne). Med $a=0$ fås "origomodellen" för energisignaturen.

$$W = T \cdot b \cdot x$$

Denna modell skulle förhoppningsvis vara stabilare i den meningen att den alltid går genom origo och eventuellt få en mindre variation för b . Vi studerar modellen för veckodata.

Tabell 3.5. Origomodellens signaturer (b) och skattningar av normalårsförbrukningen ($W(20)$ och $W(T_i)$).

Lgh	Ti	b-origo	W(20)	W(Ti)
U1	20.37	0.64	85682	87179
U2	20.65	0.63	84766	87323
U3	21.79	0.61	81533	88327
U4	21.12	0.62	83028	87363
U5	20.46	0.63	84874	86691
N1	21.45	0.61	82543	88114
N2	21.54	0.61	82005	87862
N3	21.29	0.62	82880	87848
N4	20.94	0.62	83958	87645
N5	21.47	0.61	82112	87715

medelv	21.08	0.62	83432	87603
stdev	0.45	0.01	1310	435
max	21.80	0.64	85603	88327
min	20.40	0.61	81534	87333

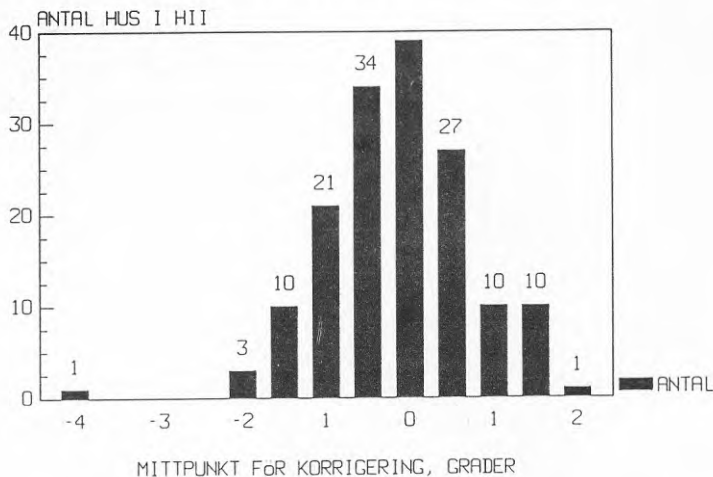
MV	21.11	0.62	83352	87649
MW	20.78	0.63	84443	87514

Tyvärn visar sig inte origomodellen vara mera robust för val av olika innetemperaturer utan visar ungefär samma variationsmönster som vår ursprungliga modell där a oftast är skilt från 0 som redovisades i tabell 3.4.

3.3 HII-data visar samma variation mellan lägenheterna i innetemperatur.

I HII-undersökningen kontrollmättes 156 flerfamiljshus under tre veckor i 3 ytterligare lägenheter förutom

mätlägenheten för att kunna korrigera eventuell icke representativ innetemperatur i mätlägenheten. Korrigeras innetemperatur för mätlägenheten med det ovägsda medelvärdet från all fyra mätningar erhålles följande fördelning av korrigeringar:



Figur 3.3. Fördelning av korrigeringen för mätlägenhetens innetemperatur i HII, grader Celcius.

Vi ser en ganska symmetrisk fördelning av korrigeringen med en svag tendens till mera negativa korrigeringar, dvs mätlgh har varit något varmare i snitt än de övriga lgh. En extremobservation på 4 grader i korrigering finns för ett hus med 24.6 i mätlgh och 18.7, 18.9 respektive 19.4 i kontrollägenheterna. Här är väl mätfel högst sannolikt. I två andra hus har extremvärden på 14 respektive 16 grader ersatts med husets medelvärdet.

Korrigering med de 4 lägenheternas medeltemperaturer bör minska felet för förbrukningsskattningen beroende på valet av representativ innetemperatur med upp till 50%. Spridningen för ett medeltal på 4 observationer halveras jämfört med spridningen för en observation. Vi får dock komma ihåg att vi här bara gör observationer under tre veckor (egentligen skulle vi observerat kontrollägenheterna hela tiden, 10-20 veckor för att få denna felreduktion)

Tabell 3.6. Medelvärde, spridning, max- och minvärde för mätlgh, kontrollgh och medeltemperatur för alla 4 lgh.

	mätlgh	lgh2	lgh3	lgh4	medeltal
antal	156	156	156	156	156
medeltal	21.74	21.54	21.61	21.48	21.592
spridning	1.30	1.27	1.31	1.44	1.036
MAX	24.70	24.60	25.40	25.30	24.300
MIN	18.20	17.70	17.70	17.40	18.625

Av tabellen framgår att mätlgh är 0.15 grader varmare än medeltalet för alla 4 lägenheter. Sambandet mellan lägenheternas temperaturer är svagt även för HII-data, som framgår av tabell 3.7.

Tabell 3.7. Korrelationer mellan lägenhetstemperaturer i HII-data.

	mätlgh	lgh2	lgh3
lgh2	.43		
lgh3	.45	.56	
lgh4	.43	.50	.44

Det mest intressanta i HII-data är om vi kan spåra samma variation i temperaturavseende mellan lägenheterna som vi observerat i vårt intensivmätta hus.

Tabell 3.8. Lägenhetstemperaturens spridning(s) och variationsbredd(R) för HII och våra 16 veckor i Umeå Medelvärde, spridning, max-och minvärde .

	HII, 157 hus, 3 veckor		Energisparkvarter Umeå, 1 hus, 16 veckor	
	s	R	s	R
medeltal	0.91	1.93	0.69	2.28
spridning	0.50	0.89	0.13	0.61
MAX	3.84	5.90	1.04	3.61
MIN	0.05	0.10	0.49	1.39

För HII har vi för varje hus 4 lägenheters medeltemperaturer under en 3-veckorsperiod. För varje hus har s och R beräknats. I Energisparkvarter har vi för alla 10 lägenheter veckomedeltemperaturer och vi har beräknat s och R för varje vecka under 16 veckor.

Vi ser att temperaturspridningen till och med är större för HII i genomsnitt jämfört med våra 10 lgh under 16 veckor i energisparkvartershuset.

Vi ser att den i Umeå observerade temperaturspridningen mellan lägenheterna i en fastighet inte är något unikt

Tabell 3.9. De enskilda 16 veckornas spridningar(s) och variationsbredder(R) i Energisparkvarter, Umeå.

vecka	s	R
1	0.67	1.82
2	0.70	2.03
3	1.04	3.61
4	0.86	3.11
5	0.71	1.95
6	0.71	2.49
7	0.77	2.86
8	0.74	2.65
9	0.69	2.47
10	0.52	1.40
11	0.49	1.39
12	0.60	2.05
13	0.52	1.88
14	0.77	2.83
15	0.59	1.83
16	0.66	2.16

3.4 Utetemperaturer enligt SMHI

Vid skattning av normalårsförbrukningen använder vi normalvärden för SMHI-stationen Umeå flygplats för perioden 1930-60. Det är därför riktigare att använda utetemperaturen observerad vid denna SMHI-station även vid bestämning av energisignaturens parametrar.

I praktiken är det onödigt att mäta utetemperaturen vid huset för att bestämma normalårsförbrukningen. Det är mer befogat att satsa resurser på en säkrare bestämning av innetemperaturen.

Det är nämligen ganska lätt att beräkna utetemperaturen för en period från SMHI:s uppgifter. Från dygnsmedeltemperaturerna (erhålles från SMHI för c:a 10 kr per månad) kan vi beräkna medeltemperaturen för perioden 10 nov kl 09.00 - 15 nov kl 08.00 1983 till -4.09 som ska jämföras med den vid huset uppmätta -4.04 grader.

Tabell 3.10. Temperatur vid Umeå flygplats och vikt (timmar) för perioden 10 nov 09.00 - 15 nov 08.00 1983.

Datum	medeltemperatur	vikt
10 nov	0.9	15
11 nov	-3.7	24
12 nov	-7.3	24
13 nov	-9.3	24
14 nov	-1.2	24
15 nov	1.9	8

Viktsystemet är som synes mycket enkelt, men ger här ett fullt godtagbart resultat. Vikterna tar t ex inte hänsyn till att det är kallare på natten. För korta perioder kan det därför uppstå fel i temperaturberäkningen.

För alla 16 "veckorna" fås följande tabell:

Tabell 3.11. Utetemperaturer vid huset(Thus) och vid Umeå flygplats(Tsmhi) samt skillnaden för 16 "veckor", 21 okt-83 - 10 jan-84.

"vecka"	Thus	Tsmhi	Skillnad
21/10 15.00 - 26/10 13.00	3.59	3.90	-0.30
27/10 11.00 - 31/10 14.00	1.18	1.26	-0.07
31/10 16.00 - 5/11 16.00	1.34	1.95	-0.60
5/11 16.00 - 10/11 08.00	3.10	3.67	-0.56
10/11 09.00 - 15/11 08.00	-4.04	-4.09	0.05
22/11 08.00 - 26/11 18.00	-7.89	-8.47	0.57
26/11 18.00 - 1/12 15.00	-14.72	-15.12	0.39
1/12 15.00 - 6/12 16.00	-1.60	-2.50	0.89
6/12 16.00 - 11/12 15.00	-11.17	-13.15	1.97
11/12 15.00 - 13/12 14.00	-15.93	-18.10	2.43
13/12 14.00 - 17/12 16.00	-1.98	-2.71	0.72
17/12 16.00 - 22/12 11.00	-5.25	-4.86	-0.39
22/12 11.00 - 26/12 07.00	-7.22	-7.50	0.27
26/12 07.00 - 29/12 14.00	-3.99	-5.35	1.35
29/12 15.00 - 3/1 04.00	-3.94	-4.80	0.85
4/1 16.00 - 10/1 12.00	-14.05	-14.30	0.24

medelvärde	-5.16	-5.64	0.49
spridning	6.27	6.80	0.87
MAX	3.59	3.90	2.43
MIN	-15.93	-18.10	-0.60

Under perioden har det varit c:a en halv grad kallare vid flygfältet jämfört vid huset. I Villa-80 gjordes en liknande jämförelse varvid man fick skillnaden till .3 grader för januari 1978 och ingen skillnad för april 1979. I Villa-80 hade man tillgång till en mer närliggande SMHI-station(sporthallen).

Egentligen skulle "veckan" med den största skillnaden inte tas med i beräkningarna då den är den kortaste(består endast av 33 timmar) och dess information är därför betydligt osäkrare än de övriga veckorna som ligger nära 100 timmar. Denna vecka bidrar med c:a 1/3 av skillnaden.

De båda utetemperaturerna samvarierar tydligt vilket också syns i korrelationerna.

Tabell 3.12. Korrelationer mellan utetemperaturer vid huset och vid SMHI-stationen samt uppvärmning.

	Utetemperatur	
	huset	smhi
smhi	.99	
uppv	-.97	-.97

Korrelationen med energiförbrukning för uppvärmning är till och med något bättre (på tredje decimalen) för SMHI-temperaturen jämfört med den vid huset uppmätta utetemperaturer. Vi prövar nu att beräkna normalårsförbrukningen med SMHI:s utetemperatur.

Tabell 3.13. Innetemperaturer (T_i), energiparametrar (a,b), normalårsförbrukningar vid lägenhetens innetemperatur ($W(T_i)$) och vid standardtemperatur +20 grader ($W(20)$), veckodata.

Lgh	T_i	a	b	$W(20)$	$W(T_i)$
U1	20.4	2.95	0.515	87845	89131
U2	20.7	2.97	0.509	87149	89373
U3	21.8	1.81	0.530	82715	88668
U4	21.1	3.39	0.485	86524	89853
U5	20.5	3.96	0.475	88734	90216
N1	21.5	1.95	0.532	83864	88844
N2	21.5	2.79	0.499	84648	89318
N3	21.3	2.50	0.514	84903	89072
N4	20.9	2.58	0.519	86019	88934
N5	21.5	3.03	0.492	85190	89795
medelvärde				85760	89321
spridning				1854	496
max				88734	90216
min				82716	88669
MV	21.1	2.76	0.508	85710	89197
MW	20.8	2.65	0.519	86500	89091

Vid jämförelse med tabell 3.4 där husets utetemperatur använts ser vi att något lägre förbrukningar erhålles för alla lägenheter. Skillnaden blir dock inte så stor för detta material. Jämför vi normalårsförbrukningen $W(20)$ för den vägda innetemperaturen (MW) erhålles ett fel på 0.5% om vi använder husets utetemperatur i stället för den riktiga SMHI-temperaturen. För $W(T_i)$ blir motsvarande fel här 0.7%.

3.5 Normalår

I vår energisignaturmodell har vi för normalåret i Umeå använt $T=260 \cdot 24$ vintertimmar och $T_u=-1.59$ grader som medeltemperatur ute för vintern (=eldnings-

säsongen). Vi ska här undersöka riktigheten i detta och effekten av andra värden för normalåret.

Villa-80 använder sig av normalårsgraddagarna 5613 för innetemperaturen +20 grader. Med eldningssäsongen 260 dygn erhålles $Tu = -1.59$. Detta grundade sig på SMHI-uppgifter för perioden 1931-60 från Umeå sport-hall (numera nedlagd SMHI-station). Graddagarna beräknas som summan av temperaturdifferenserna inne ute för de dygn då medeltemperaturen ute understiger +10 grader maj-juli, +11 grader i augusti, +12 grader i april och september samt +13 grader i oktober. $T/24$ blir här medelvärdet för eldningssäsongens längd i dagar. Observera att med denna definition behöver inte eldningssäsongen bli en sammanhängande period. Vår och höst med utetemperaturer omkring +10 grader kommer att ge den ena dagen till eldningssäsongen och en annan någon grad varmare dag inräknas inte i eldningssäsongen

Ett annat och enklare sätt är att definiera eldnings-säsongen som en sammanhängande period. För Umeå får vi då enligt VVS-handboken 1963 eldnings-säsongen till 274 dygn (1/9-1/6) och graddagarna (+20) och utetempera-turen Tu för 1931-60 kan beräknas till 5619 respektive -0.58.

Färska SMHI-uppgifter (dec-87) för Umeå flygplats ger följande medeltemperaturer.

Tabell 3.14. Månadens medeltemperaturer vid Umeå flyg-plats enligt SMHI dec 1987.

mån dagar	1931-60	1951-80
J 31	-8.0	-8.7
F 28	-7.9	-8.9
M 31	-4.6	-4.3
A 30	1.2	0.9
M 31	7.4	7.2
J 30	12.6	13.1
J 31	16.2	15.4
A 31	14.5	14.0
S 30	9.4	9.0
O 31	3.4	3.4
N 30	-1.0	-2.3
D 31	-4.5	-5.9
året 365	3.2	2.8
Tu 273	-0.47	-1.02

Vi ser att den senare perioden varit kallare, vilket avspeglas månad för månad och i hela årets medeltempe-ratur 3.2 respektive 2.8 grader. $Tu =$ eldningssäsongens medeltemperatur ute har beräknats på 273 dygn, dvs vi har inte inräknat månaderna juni, juli och augusti i eldningssäsongen.

Olika värden på T och Tu ger naturligtvis olika normalårsskattningar som illustreras av tabell 3.15

där vi jämför temperaturuppgifter från olika källor och två perioder. Uppgifterna grundar sig dels på graddagsdata och dels på månadsmedeltemperaturer med fast sammanhängande eldningssäsong, 1 sept-1 juni(273 dygn)

Tabell 3.15. Normalårsförbrukningar(W(20)) för olika val av eldningssäsong(T) och medeltemperaturer ute (Tu). 16 första veckorna med vägt medelvärde av innetemperatur och SMHI:s utetemperatur vid Umeå flygplats(a=2.66, b=0.52 enligt tabell 3.13)

period/källa	T/24	Tu	W(20)
1931-60			
Villa-80,graddagar	260	-1.59	86654
VVS-handbok,graddagar	274	-0.58	87867
Umeå årsbok,mån.medel	273	-0.33	86693
SMHI(dec-87),mån.medel	273	-0.47	87170
1951-80			
SMHI(dec-85),mån.medel	273	-0.96	88840
SMHI(dec-87),graddagar	272	-1.38	89940
SMHI(dec-87),mån.medel	273	-1.02	89044

Förklaringar:

Villa-80: Antalet graddagar anges här till 5613 som normalvärde vid +20 grader inne. Eldningssäsongens längd enligt SMHI:s definition 260 dagar har erhållits som ett medelvärde för åren 77/78. Divideras 5613 med 260 erhålles 21.59, varav utetemperaturen -1.59 fås vid innetemperaturen +20 grader. Det bör påpekas att man i denna rapport inte arbetar med energisignatur utan beräknar normalårsförbrukningen vid innetemperaturen +20 som den uppmätta förbrukningen gånger kvoten normalårsgraddagar(+20)/(observerade graddagar).
SMHI(dec-85): De här angivna siffrorna användes i HII.

Skillnaden mellan högsta och lägsta värde för normalårsförbrukningen utgör drygt 1% av nivån. För att jämföra olika hus är det viktigt att ha samma normalårsdefinition och för att komma nära den verkliga förbrukningen bör normalåret vara så aktuellt som möjligt, vilket talar för perioden 1951-80.

Vad gäller eldningssäsongens längd är det enklast att ha en fast sådan(här 1/9-1/6, 273 dygn). Ytterligare ett argument för en fast eldningssäsong är att energisignaturen är bestämd från sammanhängande perioder = veckor, som mycket väl kan innehålla enskilda varma dagar som inte skulle inräknas i eldningssäsongen enligt graddagsbegreppet.

Orsaken till att olika källor skiljer sig åt vad gäller temperaturuppgifter är att SMHI gör uppdateringar av sina värden. De senaste uppgifterna (dec-87) bör vara de mest tillförlitliga.

Normalårsförbrukningen för perioden 1951-80 blir c:a 2% större jämfört med 1931-60, beroende på att det är c:a 0.5 grader kallare i genomsnitt under 1951-80.

Sammanfattningsvis rekommenderas fast eldningssäsong och beräkning av medeltemperatur ute med hjälp av förska månadsmedeltemperaturer från SMHI för normalårsperioden. Vid jämförelser mellan hus är det viktigt att använda samma normalårsdata för att undvika en extra felkälla. Det är därför av vikt att beräkningen av normalårsförbrukning redovisas i detalj så att det framgår vilka data som använts för normalårsperioden.

3.6 Besparing. Påverkar felet i innetemperatur besparingsskattningen lika mycket som skattningen av normalårsförbrukning?

Här ska vi testa hypotesen om att felet i innetemperatur från en viss lägenhet är av en sådan typ att det påverkar skattningen av normalårsförbrukning på samma sätt före och efter en åtgärd, dvs att felet tar ut varandra när vi bildar skillnaden, besparingen. Med andra ord att vi skulle ligga på en för hög eller för låg nivå vid båda tillfällena

För att testa denna hypotes jämför vi skattningarna från hösten 1983 (21/10-83 - 10/1-84) med de vi får från hösten 1984 (31/9-84 - 14/1-85, 23/3 - 1/4-85). Då en del mätningar inte fungerat har vi inte med lägenhet U1 i jämförelsen. En mätperiod (15-20/12-84) har inte fullständiga mätningar, varför den inte tas med. De två sista "veckorna" kommer från skiftet mars-april-85, men de avviker inte från de övriga veckorna på ett sådant sätt att signatur och normalårsskattningar påverkas.

Ingen åtgärd har gjorts mellan mätperioderna så i princip skulle vi få samma normalårsskattningar -83 och -84.

Tabell 3.16 Innetemperaturer(T_i), energiparametrar(a, b), normalårsförbrukningar vid +20 grader inne($W(20)$) 1983 och 1984 samt skillnad i normalårsförbrukning för de olika årens skattningar(83-84), veckodata.

lgh	T_i		a		b		$W(20)$	
	-83	-84	-84	-84	-84	-84	-83	83-84
U2	20.7	21.6	2.78	0.511	86189	87611	1421	
U3	21.8	21.2	3.05	0.509	87605	83003	-4602	
U4	21.1	19.8	3.51	0.520	91957	86840	-5117	
U5	20.5	18.8	3.48	0.542	94734	89228	-5506	
N1	21.5	21.4	3.56	0.485	87554	84137	-3417	
N2	21.5	20.7	3.66	0.493	89256	84947	-4309	
N3	21.3	20.6	3.76	0.491	89610	85234	-4376	
N4	20.9	19.7	3.92	0.504	92360	86382	-5978	
N5	21.5	19.7	3.53	0.521	92217	85516	-6701	
medelv					90165	85878	-4228	
stdev					2486	1875	2354	
max					94734	89228	1421	
min					86190	83003	-6701	
MV	21.2	20.4	3.42	0.510	90049	86144	-3905	
MW	20.8	20.5	3.55	0.502	89782	86975	-2807	

Den ovägda medeltemperaturen inne har sänkts 0.8 grader. Det är lägre temperatur i alla lägenheter utom i U2. Speciellt i:orna N4, N5, U4 och U5 har lägre temperatur den senare perioden. Anledningen till denna temperatursänkning kan inte förklaras av några medvetna planerade åtgärder utan kan möjligen förklaras av skillnader i beteende hos hyresgästerna och i några fall av nya hyresgäster.

Den med volymerna vägda innetemperaturen (MW) har sänkts mindre, 0.3 grader, beroende på att största temperatursänkningen finns hos i:ornas små volymer.

Korrelationen mellan innetemperaturerna -83 och -84 är låg, ($r=0.45$), dvs en hög innetemperatur -83 i en viss lägenhet ger inte alltid hög temperatur -84 i samma lägenhet.

Utetemperaturen har två riktigt kalla veckor under den senare perioden, men medeltemperaturen är ändå något högre -84(-4.3 grader) jämfört med -83(-5.2 grader).

Vid jämförelse mellan -83(tabell 3.4) och -84 ser vi att a är överlag något högre den senare perioden och dessa höga värden kvarstår även om de två kalla veckorna inte tas med i beräkningarna. Värdet på b är däremot lägre -84 för alla lägenheter utom för U5.

Normalårsskattningarna för båda perioderna är beräknade med eldningssäsongen 260 dygn och utetemperaturen -1.59 som i tabell 3.4. Endast med lägenhet U2

erhålles en lägre skattning av normalårsförbrukningen från 1984. I genomsnitt erhålles 4288 kWh eller c:a 5% högre normalårsförbrukning från 1984 jämfört med motsvarande från 1983. Denna högre förbrukning kan inte förklaras av någon speciell orsak och kan bero på instabilitet i energisignaturens skattningar.

Merförbrukningen från period -84 är inte entydig utan visar stor variation från -1421 till +6701 kWh. Variationen mätt i spridning(stdev) är större för differensen 83-84 jämfört med normalårsskattningen från den enskilda perioden -83.

Skattningarna med det ovägda medelvärdet (MV) av innetemperaturerna ger ungefär samma differens som de enskilda lägenheterna ger i medeltal(3905 resp 4228 kWh)

Den med volymerna vägda innetemperaturen(MW) ger en lägre differensskattning(2807 kWh).

Hypotesen att felen i innetemperatur tar ut varandra vid skattning av besparing infrias inte vad gäller detta material.

Kan vi dra några slutsatser från detta material till HII? Innetemperaturen tycks vara något mera stabil i HII-materialet då korrelationskoefficienten mellan innetemperaturerna före och efter åtgärd är 0.70(jmf $r=.45$ i Umeåhuset) för flerfamiljshus. Å andra sidan är 0.70 beräknat på en mätlägenhet från vardera av c:a 160 hus under det att 0.45 är beräknat på 10 mätlägenheter från ett hus, vilket gör att måtten inte är riktigt jämförbara. Vi har tyvärr inget material som pekar på att felet beroende på innetemperatur skulle vara av samma storlek före och efter åtgärd och ta ut varandra när vi betraktar skillnaden.

4. OSÄKERHETEN I SKATTNINGARNA AV NORMALÅRSFÖRBRUKNINGEN

Skattningen av normalårsförbrukningen med hjälp av energisignaturen är en sk regressionsskattning med statistiskt språkbruk. Regressionsskattningens osäkerhet för $x=x'$ kan uttryckas med ett 95%-igt konfidensintervall, plus/minus:

$$t(n-2) * s * T * (1/n + (x'-m)^2 / S : a(x-m)^2)^{1/2} =$$

$$t(n-2) * s(W)$$

där

n = antal observationer

T = $260 * 24$ = antal uppvärmningstimmar.

s = residualspridningen

x = temperaturskillnaden med medelvärdet m .

$s(W)$ = spridningen för skattningen av förbrukningen

$t(n-2)$ är t-fördelningens värde som är c:a 1.96 vid större n än 50 och 2.15 för $n=16$.

Av formeln framgår att osäkerheten ökar när x' avlägsnar sig från det observerade medelvärdet m på temperaturskillnaden.

Förutsättningarna för denna formel är bl. a. att **x mätes utan fel**, dvs att vi mäter representativ inne-temperatur och utetemperatur). Osäkerheten mätt med formeln är egentligen bara ett mått på slumpvariationen för uppvärmningsförbrukningen som antages normalfördelad för varje temperaturskillnad x .

I detta material har framgått att vi dessutom får räkna med ett fel på upp till 5% för $W(20)$ av nivån beroende på att innetemperaturen inte är representativ.

Hur stort är slumpfelet för uppvärmningsförbrukningen som kan uttryckas med ovanstående formel? Vi tittar på slumpfelet både vid timdata och veckodata.

Tabell 4.1. Slumpfelets storlek vid timdata (höst-vecka).

Lgh	s	Ti	s(W20)/T	1.96s(W20)	1.96s(WTi)
U1	0.64	19.9	0.073	897	782
U2	0.63	20.2	0.074	908	770
U3	0.67	21.4	0.090	1106	819
U4	0.57	20.7	0.070	867	697
U5	0.60	20.1	0.070	856	733
N1	0.63	21.7	0.089	1089	770
N2	0.62	21.0	0.082	1002	758
N3	0.62	21.5	0.084	1035	758
N4	0.65	21.0	0.086	1063	794
N5	0.58	21.7	0.082	1003	709
MV	0.61	20.9	0.078	961	746
MW	0.61	20.6	0.071	879	746

Av tabellen framgår att konfidensintervallet för W(20) skulle bli 83 691 +/- 879 för MW(det vägda medelvärdet på innetemperaturen) och för W(Ti) skulle vi få 85 697 +/- 746. Slumpfelet uppgår till c:a 1% av medelförbrukningen både vid 20 grader, C och vid den uppmätta innetemperaturen(Ti). Felet är något mindre för Ti då den sista termen under rottecknet blir 0 i formeln för konfidensintervallet.

Tabell 4.2. Slumpfelets storlek vid veckodata, 16 veckor.

Lgh	s	Ti	s(W20)/T	2.15s(W20)	2.15s(WTi)
U1	1.02	20.4	0.30	4077	3421
U2	0.84	20.7	0.25	3408	2817
U3	1.00	21.8	0.33	4536	3354
U4	0.78	21.1	0.23	3215	2616
U5	0.79	20.5	0.23	3095	2649
N1	0.96	21.5	0.31	4235	3219
N2	0.80	21.5	0.25	3448	2683
N3	0.91	21.3	0.29	3903	3052
N4	0.93	20.9	0.29	3893	3119
N5	0.79	21.5	0.25	3365	2649
MV	0.85	21.1	0.26	3571	2850
MW	0.90	20.8	0.27	3718	3018

Konfidensintervallen blir större för veckodata +/- 3718 respektive +/- 3018 för W(20) respektive W(Ti) beroende på att t-värdet här blir 2.15 för n=16 i stället för 100 vid timdata, men framförallt beroende på att residualspridningen inte har minskat i den omfattning vi skulle vänta oss utan snarast ökat något.

Då varje vecka består av c:a 100 timmar förväntar vi oss att residualspridningen för veckodata skulle vara 10% av den för timdata. Varför blir inte residualerna

mindre vid veckodata? Vid den tidigare jämförelsen mellan höst-, vinter- och vårvecka observerade vi relativt stora skillnader i energisignaturer. De aggregerade veckodata består av endast en punkt för varje vecka (medelvärdena för temperaturskillnaden och förbrukningen). Dessa punkter ligger på respektive veckas energisignaturlinje och då de 16 veckorna har relativt olika sådana linjer kommer vi att få en relativt stor spridning för energisignaturen vid veckodata.

Kan det vara tillfredsställande att olika signaturer erhålles för olika veckor? Ett svar på den frågan är att timdata är en för kort tid för att för att få en representativ signatur grundade på en veckas observationer. Energisignaturen bör vara ett genomsnitt representativt för hela uppvärmningssäsongen och då räcker det inte bara med c:a 100 på varandra följande timobservationer för att få med hela årets variation omkring signaturen. Egentligen skulle timobservationerna utslumpas ur hela årets timmar för att få en representativ bild av variationen. För veckodata kommer variationen mera till synes. 16 veckor är ju nästan hälften av uppvärmningssäsongen och är därför en mera representativ datamängd. Sammanfattningsvis är veckodata bättre än timdata för att skatta normalårsförbrukningen, trots att vi får en till synes större (men riktigare) slumpvariation.

Referenser:

HII-gruppen(1984): Effekter av energiåtgärder. Lägesrapport sommaren 1984. Byggeforskningsrådet, rapport R171:1984, Stockholm

Jonsson, Gisselberg, Hedvall, Persson(1980): Villa-80 - fjorton energisnåla småhus i Umeå. 2. Boendeskedet. Byggeforskningsrådet, rapport R98:1980, Stockholm

Norle'n, Urban(1984): Energiförbrukning i byggnader. Delrapport 5: Resultat från en urvalsundersökning. Meddelande M85:7, Statens institut för byggnadsforskning, Gävle

Stenlund, Lars(1987): Experimentella studier av värme-flöden och värmelagring i ett bebott flerbostadshus. Avdelningen för fysik, Umeå universitet(doktorsavhandling), Umeå

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860097-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Norrlands
Byggtjänst, Umeå.**

R84: 1988

ISBN 91-540-4929-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6708084

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 33 kr exkl moms