



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.



LARS DAHLBERG

Konvertering från direktelvärm i flerbostadshus

R49: 1993

Installation, mätning och
analys, Furulund

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac

Dahlberg
Sel

R49:1993

**KONVERTERING FRÅN DIREKTELVÄRME
I FLERBOSTADSHUS**

Installation, mätning och analys, Furulund

Lars Dahlberg

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 890740-6
från Byggforskningsrådet till Enerkiprojekt norr AB,
Östersund.**

REFERAT

Två flerbostadshus i Furulund i Bräcke med vardera 10 lägenheter har konverterats från direktelvärme som ett första steg mot en fjärrvärmekonvertering. Det ena huset har konverterats till vattenburen värme och det andra till luftburen värme med luftvärmeaggregat i varje lägenhet. Samtidigt med konverteringen har centrala luftbehandlingsaggregat med värmeåtervinning installerats. Installationskostnaden och driftskostnaden för systemen har studerats. Ett omfattande mätprogram har genomförts för att påvisa förändringar i inomhusklimat och energianvändning. Elanvändningen har mätts för de olika delområdena hushållsel, uppvärmning, och drivel. Ett frågeformulär har använts för att klarlägga de boendes uppfattning om ombyggnaden och förändringar i inomhusklimatet.

Nyckelord: direktelvärme, flerbostadshus, konvertering, vattenburen värme, luftburen värme, inomhusklimat, luftutbyteseffektivitet, energianvändning, drivel, fastighetsel.

I Byggforskningsrådets 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.

R49:1993

ISBN 91-540-5587-3

Byggforskningsrådet, Stockholm

gotab 98795, Stockholm 1993

INNEHÅLL

FÖRORD	5
1 SAMMANFATTNING	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Byggnader och installationer	6
1.3 Mätningar	7
1.4 Mätresultat	7
1.5 Ekonomi	8
1.6 Slutsatser	8
2 TERRÄNG OCH KLIMATFÖRUTSÄTTNINGAR	10
2.1 Situationsplan	10
2.2 Klimat	10
3 ÖVERGRIPANDE BESKRIVNING	12
3.1 Bakgrund	12
3.2 Målsättning	13
3.3 Avgränsning	14
3.4 Byggnader	14
3.5 Ursprungliga installationer	14
3.6 Tidplan	15
3.7 Utredning	15
3.8 Projektering	15
3.9 Upphandling	15
3.10 Entreprenadskede	16
3.11 Ekonomi	16
4 NYA INSTALLATIONER	17
4.1 Central luftbehandlingsanläggning	17
4.2 Luftburet värmesystem	20
4.3 Vattenburet värmesystem	23
4.4 Avvikande installationer	23
5 MÄTPROGRAM	26
5.1 Inledning	26
5.2 Mätutrustning för långtidsmätning	26
5.2.1 Mät dator	26
5.2.2 Datalogger	26
5.2.3 Elmätare	27
5.3 Datainsamling	31
5.4 Utvärdering av långtidsmätning	31
5.5 Engångsmätningar	31
5.5.1 Luftflöde	31
5.5.2 Luftomsättning	31
5.5.3 Luftutbyteseffektivitet	31
5.5.4 Lufthastighet	32
5.5.5 Visualisering av luftrörelser	32
5.5.6 Luftfuktighet	32
5.5.7 Ljud	32
5.6 Erfarenheter	32

6	MÄTRESULTAT	33
6.1	Inledning	33
6.2	Klimatförhållanden under mätperioden	33
6.3	Innetemperatur	34
6.4	Temperaturgradient	37
6.5	Luftmängder	37
6.5.1	Förmätning	37
6.5.2	Eftermätning	38
6.6	Luftutbyteseffektivitet	39
6.7	Energianvändning	40
6.7.1	Energianvändning i lägenheterna	40
6.7.2	Energi för uppvärmning	41
6.7.3	Fastighetsel	43
6.7.4	Total energianvändning	44
6.8	Övriga engångsmätningar	46
6.8.1	Luftfuktighet	46
6.8.2	Ljud	47
6.8.3	Lufthastighet	47
7	EKONOMI	48
7.1	Investering	48
7.2	Driftskostnader	48
8	INTERVJUUNDERSÖKNING	50
8.1	Inledning	50
8.2	Uppläggning	50
8.3	Genomförande	50
8.4	Resultat	50
9	ANALYS	52
9.1	Inledning	52
9.2	Inomhusklimat	52
9.3	Luftrörelser	52
9.4	Ljud	53
9.5	Luftfuktighet	53
9.6	Energianvändning	53
9.7	Installationer	53
9.8	Den optimala konverteringen	55
	LITTERATUR	56
Bilaga 1	De boendes uppfattning om ombyggnaden. Sammanställning av intervjusvar	58
Bilaga 2	Mätning av luftutbyteseffektivitet i tre lägenheter.	61

FÖRORD

Detta projekt har genomförts för att studera konvertering från direktelvärmes i flerbostadshus. De ombyggda husen ligger i Bräcke kommun i Jämtlands län och utgör en del av ett större område med flerbostadshus. Området valdes för att det byggdes då huvuddelen av de elvärmda flerfamiljshusen i Sverige byggdes och för att fjärrvärmeanslutning är möjlig.

Husen ägs och förvaltas av Bräcke Teknik AB. Byggherre för ombyggnaden var Bräckehus AB med Kjell Backlund som ansvarig.

Uppläggning, projektledning, projektering och utvärdering har utförts vid Energiprojekt norr AB av Lars Dahlberg (projektledare) och Ingvar Olsson. Manuell mätvärdesinsamling och vissa byggarbeten har utförts av personal från Bräcke Teknik AB. Entreprenörer har varit Värmepumphuset AB, Gun-Jo Rör AB och Rickardssons Elektriska AB.

1 SAMMANFATTNING

1.1 Bakgrund

I Sverige finns ca 60.000 lägenheter i direktelvärmade flerbostadshus, och energianvändningen i dessa är ca 1 TWh per år. De direktelvärmade flerbostadshusen utgör en intressant grupp när det gäller att ersätta el med andra energislag, eftersom de ofta är belägna i samhällen där fjärrvärmeanslutning är möjlig.

I Bräcke finns ett fastbränsleeldat fjärrvärmeverk med ej fullt utnyttjad kapacitet och beläget så att leverans till Furulundsområdet kan ske. I detta projekt har två av totalt åtta hus i Furulund konverterats från direktelvärmeför försörjning med elpannor. Projektet utgör första steget i en konvertering till fjärrvärme. I nästa steg skall övriga hus konverteras och anslutning till fjärrvärme ske.

Målsättningen med projektet var att jämföra ett luftburet och ett vattenburet värmesystem vad avser teknik, ekonomi, inomhusklimat, energianvändning och de boendes synpunkter. I samband med konverteringen skulle klimatproblem elimineras genom installation av en ny luftbehandlingsanläggning bestående av centralaggregat med värmeåtervinning. System och komponenter skulle utformas så att energianvändningen skulle bli så låg som möjligt.

1.2 Byggnader och installationer

Husen, som är byggda 1973, inrymmer vardera 10 lägenheter. Husen är byggda i två våningar, varav den nedre i souterrain. Fönstren försågs 1985 med tilläggsruta, men husen var för övrigt i ursprungligt skick.

I det ena huset demonterades elradiatorerna och ersattes med vattenradiatorer.

I det andra huset installerades luftburen värme, och där behölls elradiatorerna men stängdes av. Ett luftvärmeaggregat installerades i varje lägenhet och fabrikslackerade distributionskanaler drogs synliga inom lägenheterna till don för bakkantsinblåsning.

I båda husen installerades luftbehandlingssystem med centralaggregat och värmeåtervinning med plattvärmväxlare. I huset med vattenburen värme används lågimpulsdon i form av galler i garderobssocklar. I huset med luftburen värme blandas friskluft med cirkulationsluft i luftvärmeaggregaten. Centralaggregaten har överdimensionerats för att få lägre ljudnivå och lägre energianvändning.

I ett mindre antal lägenheter har installationer utförts som avviker från huvudalternativet ovan. I en lägenhet i huset med vattenburen värme tillförs friskluft i en klädkammare. Värmesystemet i en

lägenhet i samma hus är utfört med sockellist. I huset med luftburen värme används i vardera ett sovrum i två lägenheter framkantsinblåsning i form av en textilslang monterad under fönsterbänken.

1.3 Mätningar

Husen försågs med elmätare, dataloggrar och en energimätadator i projektets början. Förmätning utfördes under vinterhalvåret före ombyggnaden. Eftermätning utfördes under två säsonger efter ombyggnaden. Elanvändningen till värme i lägenheterna, hushåll, varmvatten, elpanna, drivel och övrig fastighetsel har bestämts. Klimatet i lägenheterna har studerats med loggning av temperaturer samt med engångsmätningar av luftmängder, lufthastighet, luftutbyteseffektivitet, ljud och luftfuktighet. De boendes uppfattning har inhämtats med ett frågeformulär.

1.4 Mätresultat

Uttemperaturen har varit högre än normalt under hela projektperioden. Korrigering till normalår har skett av alla energimängder som avser uppvärmning.

Temperaturen i lägenheterna har stigit med 1,2 °C i huset med vattenburen värme och med 1,4 °C i huset med luftburen värme. Dessutom har temperaturen stigit i källaren i de båda husen. Trots efterjustering är temperaturerna något för höga. En ytterligare justering är därför motiverad. Temperaturen var före konverteringen i vissa fall för låg. I dessa fall är en höjning önskvärd. En annan orsak till den högre temperaturen är att betalningsansvaret för värmen flyttats från lägenhetsinnehavaren till fastighetsägaren. Det ekonomiska incitamentet för att begränsa temperaturen i lägenheten saknas därför.

Luftomsättningen i lägenheterna uppmättes till mellan 0,6 och 1,1 omsättningar per timme beroende på lägenhetens storlek. I medeltal uppgår luftomsättningen till 0,75 omsättningar per timme.

Lufthastigheten mättes en meter från donen till som högst 0,6 m/s i huset med lågimpulsdon och till 1,1 m/s i huset med luftburen värme.

Luftutbyteseffektiviteten anger hur effektivt ventilationen fungerar och har definitionsmässigt ett värde mellan 0 och 100%. Värdet 50% anger fullständig omblandning, och för ett väl fungerande ventilations-system skall det ligga mellan 45% och 50%. Luftutbyteseffektiviteten bestämdes i en oombyggd lägenhet till 33%. I en lägenhet med luftburen värme uppmättes 42%, och i en lägenhet med vattenburen värme och lågimpulsdon 50%. Ombyggnaden har således inneburit att ventilationen blivit avsevärt effektivare.

Ljudnivån i huset med vattenburen värme överstiger ingenstans 25 dB(A). Ljudnivån i lägenheterna med luftburen värme uppgår till 30 dB(A) och något däröver.

Den totala normalårskorrigerade energianvändningen ökade med 11% i huset med luftburen värme. I huset med vattenburen värme minskade den totala energianvändningen med 5%. De energiposter som ökade var i båda husen drivel och varmvatten. Den totala energianvändningen framgår av tabell 1.1

Den specifika elanvändningen för ventilation uppgår till 2700 W/m³/s för huset med vattenburen värme respektive 3400 W/m³/s för huset med luftburen värme.

Tabell 1.1 Normalårskorrigerad energianvändning i husen före och efter ombyggnad. (MWh/år)

	Huset med vattenburen värme	Huset med luftburen värme
Energianvändning före ombyggnad	176	172
Energianvändning efter ombyggnad	168	191
Specifik energianvändning före ombyggnad kWh/m ² , år	223	218
Specifik energianvändning efter ombyggnad kWh/m ² , år	213	242
Procentuell förändring	-5%	+11%

1.5 Ekonomi

Kostnaden för konvertering uppgick till 21.000 kr per lägenhet för det vattenburna värmesystemet och till 25.000 kr per lägenhet för det luftburna värmesystemet.

Kostnaden för installation av ny ventilationsanläggning uppgick till 34.500 kr per lägenhet.

Driftskostnaden för det luftburna värmesystemet överstiger den för det vattenburna värmesystemet med 480 kr per lägenhet vid energipriset 40 öre per kWh. Orsaken till den högre driftskostnaden är en något högre rumstemperatur samt drivel och servicekostnad för lägenhetsaggregaten.

1.6 Slutsatser

De centrala luftbehandlingssystemen har fungerat mycket bra. De har låg energianvändning både för drift och för uppvärmning av luften. Luftkvaliteten har förbättrats avsevärt i och med att luftmängderna ökat något och luftutbyteseffektiviteten ökat mycket. Dragproblemen har eliminerats.

Både det luftburna och det vattenburna värmesystemet har haft en godtagbar funktion. Investeringen och driftskostnaden är något högre för det luftburna systemet. Ingen avgörande fördel för det luftburna systemet har noterats.

Den optimala konverteringen för hus av den här typen omfattar installation av en central luftbehandlingsanläggning med lågimpulsdon, en fjärrvärmeundercentral och ett vattenburet värmesystem med radiatorer.

2 TERRÄNG OCH KLIMATFÖRUTSÄTTNINGAR

2.1 Situationsplan

De två ombyggda husen är belägna i bostadsområdet Furulund i Bräcke kommun i sydöstra Jämtland. Se figur 2.1. Bostadsområdet byggdes 1971-1974 och består av åtta huskroppar med tillsammans 75 lägenheter. Byggnadernas placering framgår av situationsplan i figur 2.2. De ombyggda husen är hus G, Tallgatan 2 och hus I, Tallgatan 6.

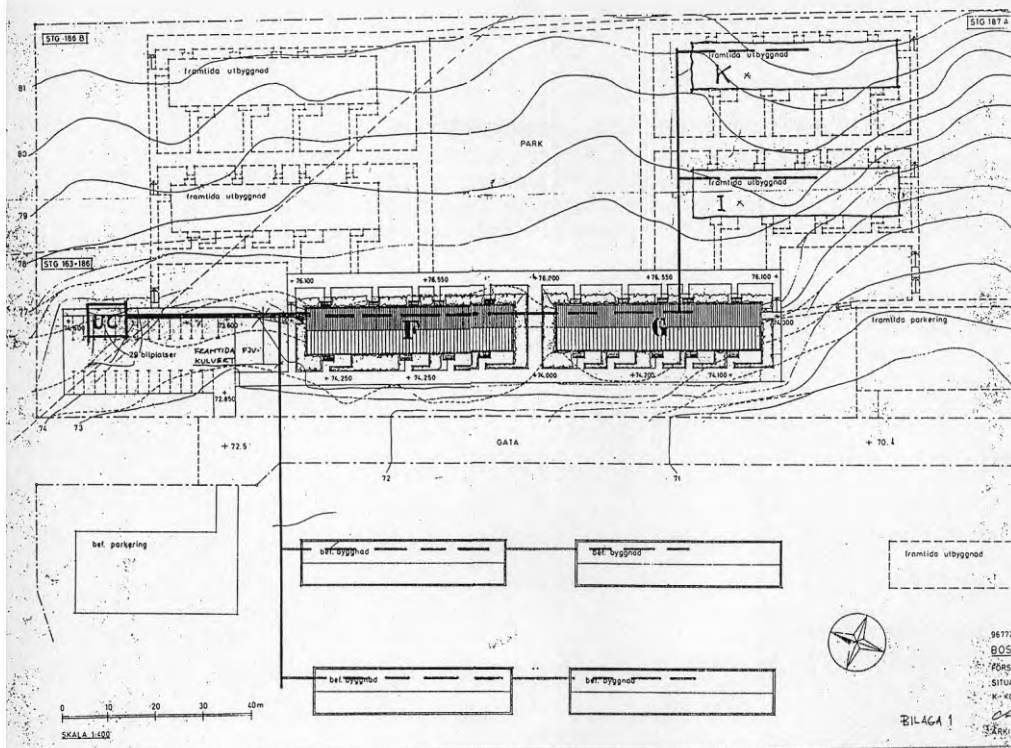
2.2 Klimat

Klimatdata för normalårskorrigerad föreligger från SMHI's mätstation Hunge som ligger ca 30 km från Bräcke. Mätning av utetemperaturen har dessutom skett i åtta punkter vid de ombyggda husen. Normalårskorrigerad har skett med ett medelvärde av SMHI's data och de uppmätta temperaturerna.

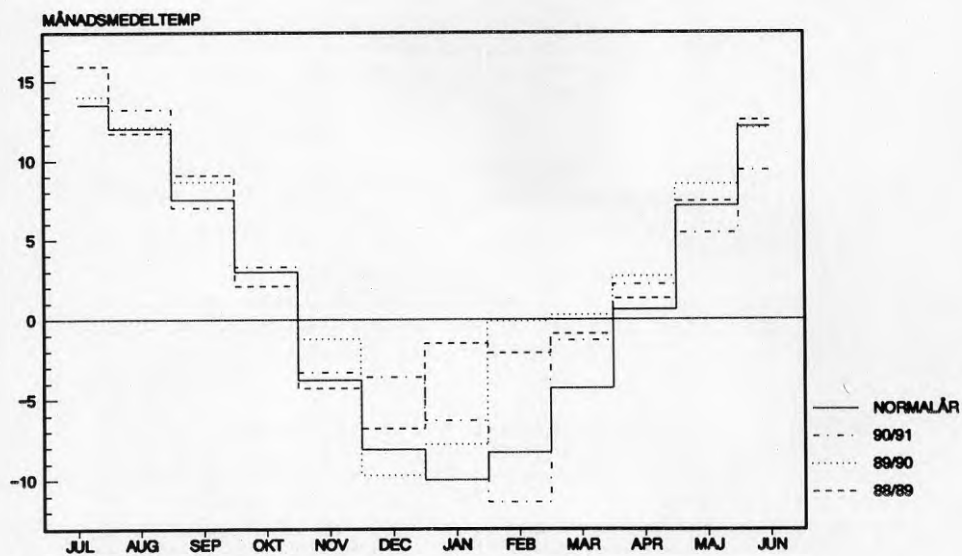
I figur 2.3 visas klimatdata för Hunge som månadsmedelvärden. Normalår avser perioden 1961-1990. Årsmedeltemperaturen för normalår är 1,8°C. För de tre projektåren har årsmedeltemperaturen varit 3,7°C år 88/89, 3,5°C år 89/90 och 2,3°C år 90/91.



Figur 2.1 Bräcke kommun i sydöstra Jämtland.



Figur 2.2 Situationsplan över bostadsområdet Furulund i Bräcke.

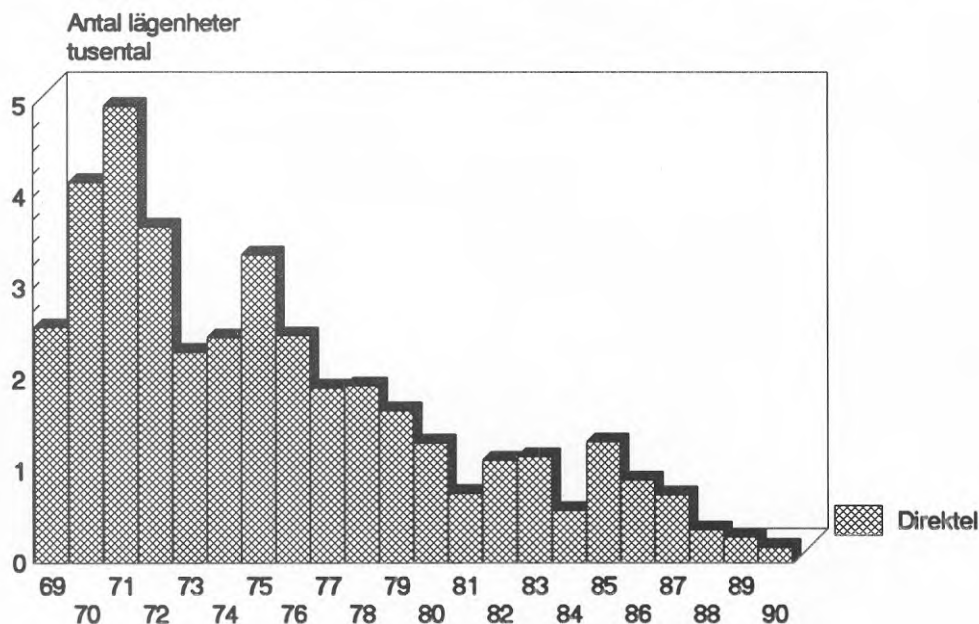


Figur 2.3 Klimatdata från SMHI för Hunge.

3 ÖVERGRIPANDE BESKRIVNING

3.1 Bakgrund

Antalet direktelvärmda lägenheter i flerbostadshus i Sverige är ca 60.000. Energianvändningen för uppvärmning och varmvatten i dessa år ca 1 TWh/år. Huvuddelen av de direktelvärmda lägenheterna byggdes under sjuttioalet, vilket framgår av figur 3.1.



Figur 3.1 Direktelvärmda lägenheter i flerbostadshus i Sverige. Fördelning efter årtal för preliminärt beslut om statligt bostadslån.

De direktelvärmda flerbostadshusen utgör en intressant grupp när det gäller att ersätta el med andra energislag. Dels är energitätheten relativt hög, dels är husen ofta belägna i samhällen där fjärrvärmeanslutning är möjlig. Elradiatorer från sjuttioalet och tidigare är i många fall färdiga för renovering eller utbyte. Kostnaden för detta är då en alternativkostnad som förbättrar lönsamheten för fjärrvärme-konverteringen.

I Bräcke finns ett fastbränsleeldat fjärrvärmeverk med ej fullt utnyttjad kapacitet. Det är beläget så att leverans till Furulundsområdet kan ske. Fjärrvärmeleverantören, Bräcke Energi AB, har bedömt att en framdragning av kulvert till området är ekonomiskt möjlig. En gemensam undercentral kommer att placeras i en byggnad kombinerad som skyddsrum och värmestuga för den intilliggande slalombacken.

En förstudie genomfördes under 1988. Den visade att förutsättningarna för en fjärrvärmeanslutning av området var goda om konvertering och energisparåtgärder kombinerades på lämpligt sätt. Förstudien utmynnade i ett program enligt vilket två av de totalt åtta husen skulle konverteras i ett första skede och försörjas med elpannor. I ett andra skede skulle övriga hus konverteras och en anslutning till fjärrvärme ske. Vid konverteringen av de första två husen skulle olika distributionssystem jämföras vad avser ekonomi, teknik, komfort och hyresgästernas uppfattning. Projektet med de första två husen skulle drivas som experimentbygge och finansieras med anslag från BFR. Föreliggande rapport är en redovisning av detta projekt.

3.2 Målsättning

Målsättningen med projektet var att

- * Jämföra ett luftburet och ett vattenburet värmesystem vid konvertering från direktelvärmesystem.
- * Redovisa installationskostnad och driftskostnad för de båda systemen.
- * Prova några nya komponenter och systemutformningar vid konverteringen.
- * Eliminera de klimatproblem som fanns i husen. Dessa bestod bland annat av otillräcklig ventilation, undertryck och kalla golv. Detta skulle i första hand ske genom installation av balanserad ventilation med centralaggregat.



Figur 3.2 Furulund, de ombyggda husen G och I.

- * Genom värmeåtervinning om möjligt minska energi-användningen.
- * Dimensionera rör, kanaler, pumpar, aggregat och komponenter så att drivelen ökade så litet som möjligt.

3.3 Avgränsning

Konverteringen är tänkt att utföras från direktelvärm till fjärrvärme. Detta projekt är avgränsat till steget från direktelvärm till luftburen respektive vattenburen värme. Värmeförsörjningen sker med elpannor i väntan på framdragning av fjärrvärmeledning. I projektet ingår förutom konverteringen även installation av ventilationssystem. Installationskostnaderna har särredovisats för respektive åtgärd.

3.4 Byggnader

Husen, som är byggda 1973, består av två våningar, varav den nedre i souterrain. Vardera huset inrymmer 10 lägenheter, 5 i varje plan. Husens exteriör framgår av figur 3.2. Planlösning framgår av ritningar i figurerna 5.1 och 5.2. Vardera huset har en uppvärmd yta av 788 m² och en uppvärmd volym av 1890 m³. Byggnadsstommen är uppbyggd enligt nedan, där siffrorna avser respektive skikts tjocklek i mm.

Ytterväggar i soutterängplan utifrån: 100 kalksandsten + 250 lättbetong.

Ytterväggar i bottenplan utifrån: 100 kalksandsten + 20 luftspalt + 13 asfaboard + 120 (50 +70) mineralull + 0,10 plastfolie + 12 gipsskiva.

Vindsbjälklag inifrån: 13 plastbelagd gipsplank + 17 råspont + 150 mineralullsfilt + 50 mineralullsmatta.

Befintliga 2-glasfönster försågs med tilläggsruta i samband med fönstertätning 1985. I övrigt var byggnaderna i ursprungligt skick.

3.5 Ursprungliga installationer

Värmesystemet bestod av direktelradiatorer placerade en under varje fönster. Radiatorerna var kopplade till hyresgästens elmätare i respektive lägenhet.

Varmvatten bereds i respektive byggnad i en VVB med volymen 1500 l försedd med elpatroner. Varmvattensystemet är försett med VVC-slinga i källarkorridoren. Detta system ändrades inte i detta projekt.

Ventilationssystemen bestod av en central frånluftsfläkt till vilken kökskåpor och don i WC, klädkammare och vissa sovrum var anslutna. Anordning för tillförsel av uteluft saknades. Ersättningsluft läckte in genom otätheter, vilket bl a upplevdes som kalla golv. Dörrkarmarna till innerdörrarna är i överkant försedda med överluftdon i form av en smal spalt.

3.6 Tidplan

En tidplan upprättades 1988-10-03. Enligt denna skulle projektering och kompletterande utredning jämte förmätning utföras under vintern 88/89. En provinstallation i en lägenhet samt upphandling och installation i övriga lägenheter skulle ske under våren 1989. Eftermätning skulle därefter utföras under vintern 89/90 och utvärdering ske under sommaren 1990.

I huvudsak har projektet följt tidplanen.

Följande avvikelser noteras.

Provininstallationen utvärderades under våren 1989.

Erfarenheterna härifrån beaktades under projekteringen varför övriga installationer utfördes först under sommaren - hösten 1989.

Vintern 89/90 då eftermätning utfördes var ovanligt mild. Därför fattades beslut om att eftermätningen skulle utsträckas till vintern 90/91. Utvärdering skulle därefter ske under sommaren 1991.

3.7 Utredning

Före projekteringen studerades möjligheten att ansluta luftvärmeaggregaten till tappvarmvattensystemet. Genom att utnyttja det befintliga systemet och inte installera ett nytt värmevattensystem skulle konverteringen kunna ske till en lägre kostnad. Systemlösningen med tappvarmvatten medför att detta vatten står stilla och kallnar i batterierna då inget uppvärmningsbehov föreligger. Man kan inte bortse från risken för bakterietillväxt i detta vatten och att ohälsosamt vatten därefter kommer ut i duschar och tvättställ. För att eliminera risken för s k legionella projekterades och installerades ett konventionellt värmevattensystem.

3.8 Projektering

Provininstallationen redovisades med en enkel skiss. Den kompletterades med instruktioner efter hand. Återstoden, huvuddelen av installationerna, projekterades med CAD.

3.9 Upphandling

Provininstallationen utfördes på löpande räkning. Återstoden av arbetena delades i en rör- och en ventilationsentreprenad. I ventilationsentreprenaden ingick vissa byggarbeten samt styr- och elarbetena. Efter anbudsräkning inkom tre ventilationsanbud och sju röranbud. Det företag som utfört provinstallationen inkom härvid med lägst anbud på ventilationsentreprenaden. Upphandlingen skedde under högkonjunkturen då byggpriserna fortfarande var mycket höga.

3.10 Entreprenadskede

Entreprenaden inleddes med ett byggsammanträde 1989-05-17. Följande möten hölls därefter

Hyresgästmöte	1989-05-29
Byggsammanträde	nr 2 1989-06-15
"	nr 3 1989-08-10
"	nr 4 1989-08-29
"	nr 5 1989-09-13
"	nr 6 1989-10-03

Följande problem noterades under entreprenadtiden:
Svårigheter för aggregatleverantören att hålla lovad leveranstid.

Endast ett litet fåtal hyresgäster kommer på informationsmöten.

Svårigheter att dra ventilationskanaler genom källarförråd.

Fabrikslackerade kanaler blir missfärgade vid bättringsmålning.

Det är svårt att göra genomföringar i betongväggar i lägenheter utan att damma ner hyresgästernas tillhörigheter.

3.11 Ekonomi

Ett av syftena med projektet var att jämföra installationskostnaden för ett luftburet och ett vattenburet distributionssystem. Samtidigt med konverteringen installerades ett nytt ventilationssystem. Entreprenörerna ombads redan i anbudsförfrågan att särredovisa kostnaden för de olika åtgärderna i respektive hus.

4 NYA INSTALLATIONER

4.1 Central luftbehandlingsanläggning

I vardera huset installerades ett luftbehandlingsaggregat med systemlösning enligt figur 4.1 och 4.2. Aggregatet består av uteluftsspjäll, finfilter, plattvärmväxlare, vattenbatteri, tilluftsfläkt, rökgasspjäll, frånluftsfiler och frånluftsfiläkt. Värmväxlaren är försedd med ett termostatstyrt spjäll som öppnar en förbigång sommartid. Reglerutrustningen styr värmeförseln till konstant tilluftstemperatur 18° året runt.

Aggregatet är dimensionerat två enheter större än vad som skulle blivit fallet vid en konventionell projektering. Detta gjordes för att öka växlarens verkningsgrad, för att minska tryckfallet, för att reducera drivvelen samt för att sänka ljudnivån. De installerade aggregaten är av fabrikat PM-luft och har typbeteckningen MA04. Även kanalsystemet har större dimension än vad som är brukligt vid konventionell projektering.

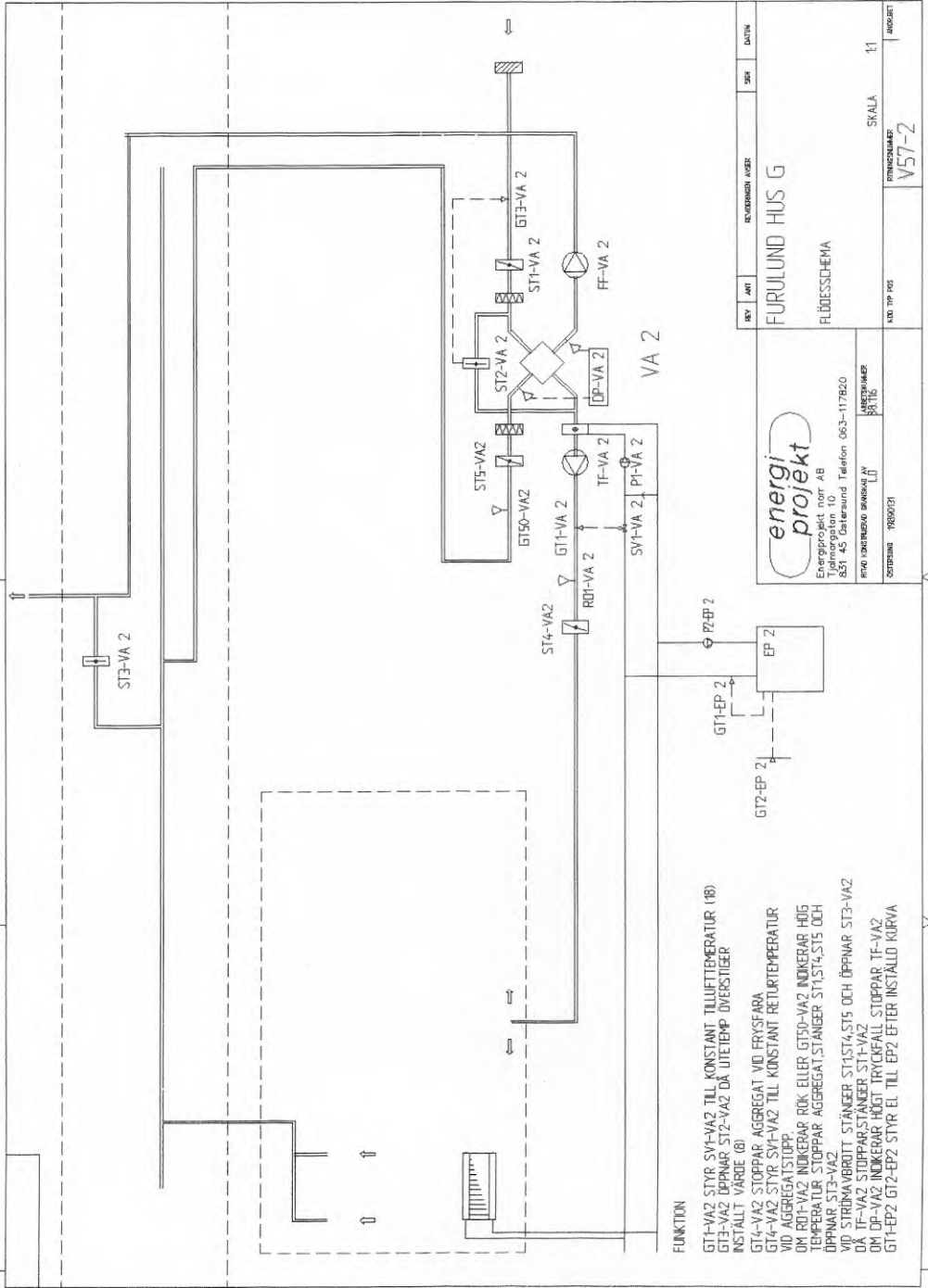
I projektets inledning planerades för aggregatplacering på vinden. Orsaken var kortare kanaldragning och därmed lägre installationskostnad. Under projekteringen ändrades placeringen till en källarkorridor där ett nytt aggregatrum byggdes. Genom att placera aggregatet i källarplanet fås bättre åtkomlighet, bättre miljö för aggregatet och större sannolikhet för att erforderlig tillsyn och service blir utförd. Dessa skäl motiverar den något högre installationskostnaden.

Stor vikt har lagts vid att få låg ljudnivå från anläggningen. Tilluftssystemet är försett med dubbla ljuddämpare och frånluftssystemet med enkla. Riktning- och dimensionsförändringar av kanaler är utförda med väl rundade hörn. Dessutom bidrar överdimensioneringen av aggregat och kanaler till lägre ljudnivå.

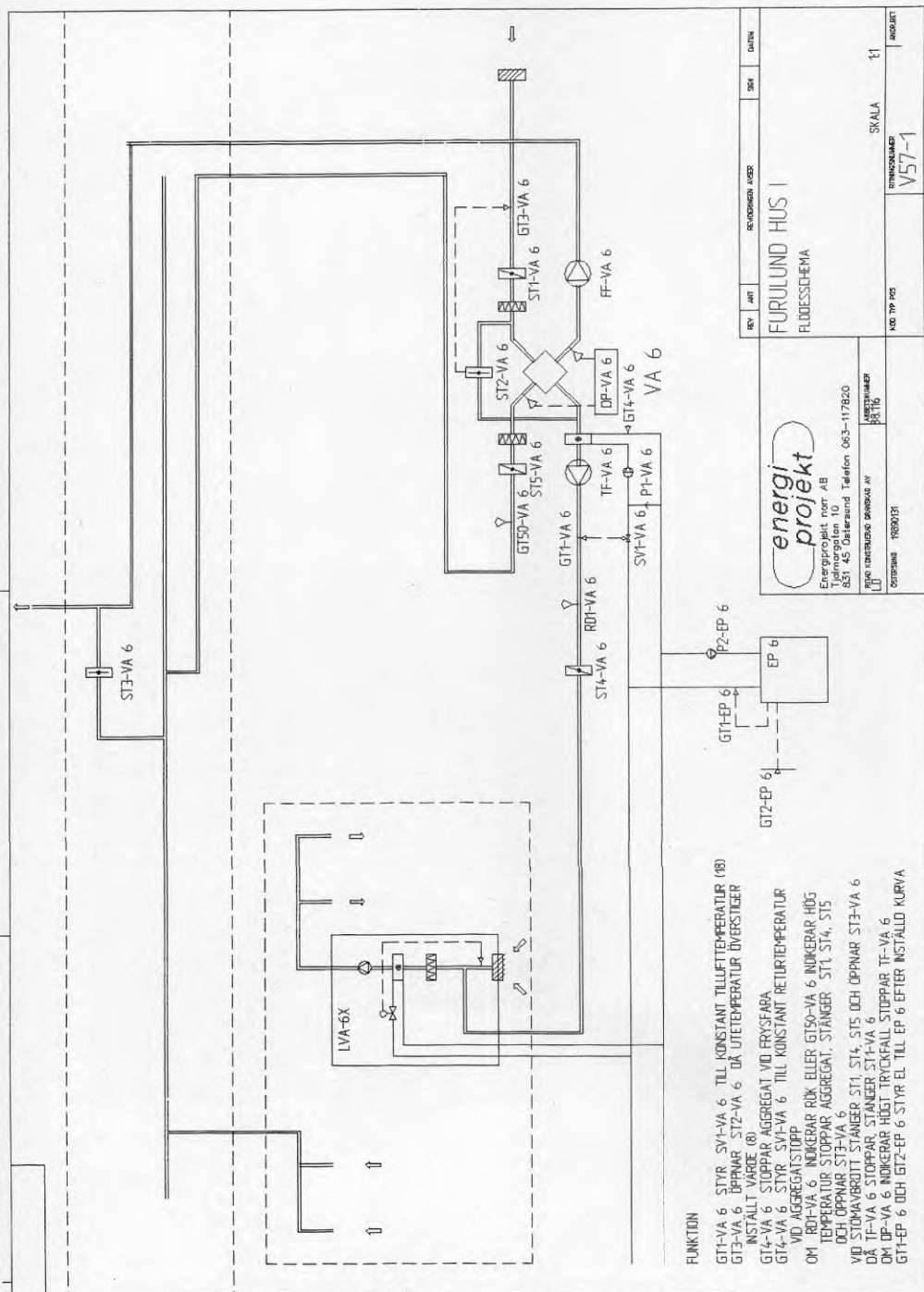
I huset med luftburen värme tillförs friskluft till varje lägenhet i varmluftsaggregatet där friskluft blandas med cirkulationsluft. Se avsnitt 4.2.

I huset med vattenburen värme tillförs friskluft i varje lägenhet med lågimpulsdon. Luften tillförs med galler i garderobsockel i sovrum och vardagsrum. Se figurerna 4.3 och 4.4. Detta utförande visade sig få mycket god luftutbyteseffektivitet. Se avsnitt 6.6.

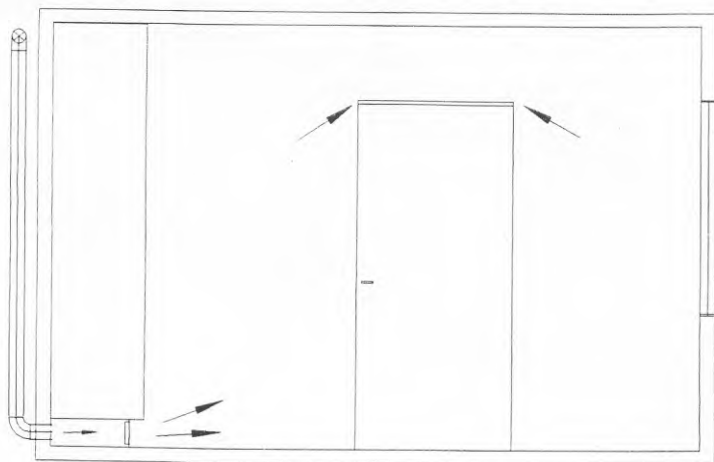
Genom att tilluftsdonen är placerade på låg nivå i lägenheterna erfordras inget spjäll för rökevakivering från tilluftssystemet.



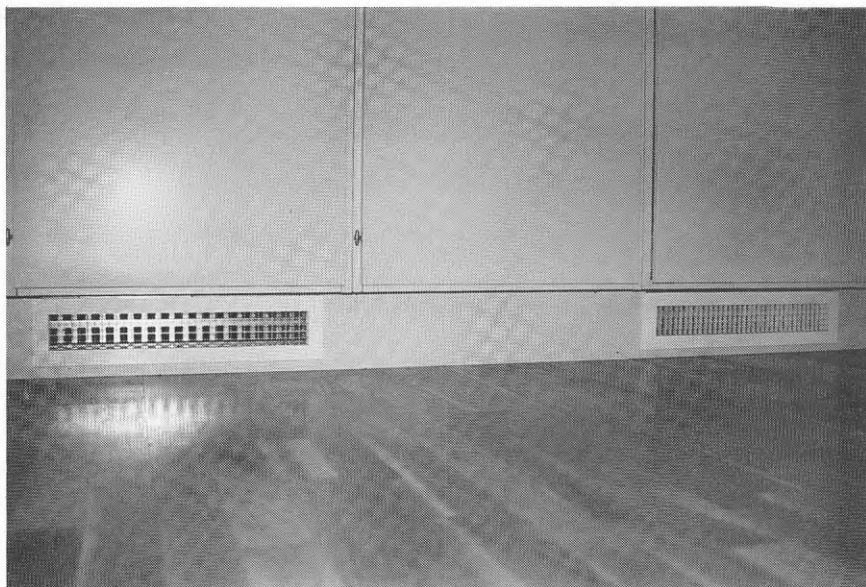
Figur 4.1 Furulund, hus G. Flödesschema. Luftbehandlingssystem och vattenburen värme.



Figur 4.2 Furulund, hus I. Flödesschema.
Luftbehandlingssystem och luftburen värme.



Figur 4.3 Lågimpulsdon i garderobssockel.
Överluftsdon i dörrkarm. Principskiss.



Figur 4.4 Lågimpulsdon i garderobssockel i
vardagsrummet i lägenhet 2C.

4.2 Luftburet värmesystem

I huset med luftburen värme har varje lägenhet samt källarutrymmet försetts med var sitt varmluftsaggregat. De två fabrikaten PM-luft och Stratos jämfördes i projektets inledning. PM-luft typ Heat-Box bedömdes som mest intressant eftersom den medger

reglering av värmen i fyra olika zoner. Då upphandling skulle ske var emellertid detta aggregat ännu inte tillgängligt på marknaden. I anläggningen installerades Stratos typ ACJ.

Systemutformningen framgår av figur 4.2. Cirkulationsluftmängden i respektive lägenhet bestämdes utifrån effektbehovet och maximal tilluftstemperatur 45° . Detta gav en omsättning av cirkulationsluft på mellan 1,3 och 2,0 per timme beroende på lägenhetens storlek och läge i huset.

Varmluftsaggregaten placerades centralt i varje lägenhet. Fyra i hall, fyra i klädkammre och två i garderob i anslutning till hallen. De aggregat som placerades i hall byggdes in med vita demonterbara laminatskivor.



Figur 4.5 Luftvärmeaggregat monterat i hallen i lägenhet 6C. Galler för återluft nedtill. Inbyggnad med laminatskivor. Demonterbar front upptill.

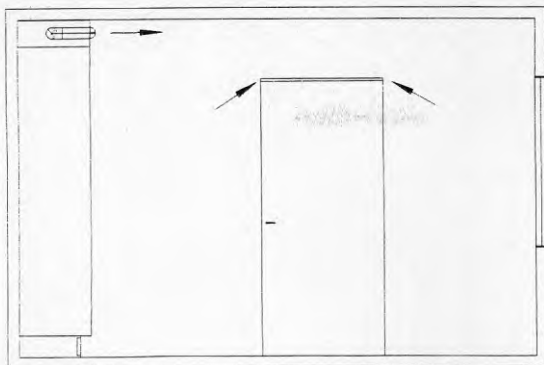
Aggregaten monterades stående med ljuddämpat luftintag nedtill och stående ljuddämpare ovanpå. Exempel på installation visas i figurerna 4.5 och 4.6. Kanaldragning inom lägenheterna har skett med fabrikslackerade kanaler och så dolt som möjligt för att inbyggnad inte skulle behövas.

Uppvärmad luft tillförs alla rum i lägenheterna. I de flesta rummen används bakkantsinblåsning med don av typ Fläkt CTVK. Se figurerna 4.7 och 6.5. I badrum tillförs den varma luften med ett don en halv meter över golv, se figur 4.8.

Under utvärderingsperioden bibehölls elradiatorerna men stängdes av på elcentralen i varje lägenhet. Detta innebar att hyresgästen kunde starta elradiatorerna om han upplevde att rumstemperaturen var för låg. De fall där detta har skett har varit i badrum med yttervägg där det varit svårt att hålla önskad temperatur.



Figur 4.6 Luftvärmeaggregat monterat i klädkammare i lägenhet 6E. Rektangulära ljuddämpare ovanför aggregat



Figur 4.7 Tilluftsdon för bakkantsinblåsning.
Principskiss.

4.3 Vattenburet värmesystem

I huset som skulle konverteras till vattenburen värme demonterades elradiatorerna och ersattes med vattenradiatorer försedda med termostatventiler. Rördragning har skett med fördelningsrör vid tak i nedervåningen till stammar vid ytterväggen. Fördelningsrören byggdes in. Inom varje lägenhet har kopplingsledningar dragits synliga vid golv till respektive radiator.

I ett senare skede skall husen anslutas till fjärrvärme. I detta skede har en elpanna Värmebaronen typ EP42 installerats i varje hus. Framledningstemperaturen från elpannorna styrs efter en kurva bestämd av utetemperaturen. Styrningen sker genom att stega eltillförseln till pannan.

4.4 Avvikande installationer

I ett mindre antal lägenheter har installationer utförts som avviker från ovanstående huvudalternativ.

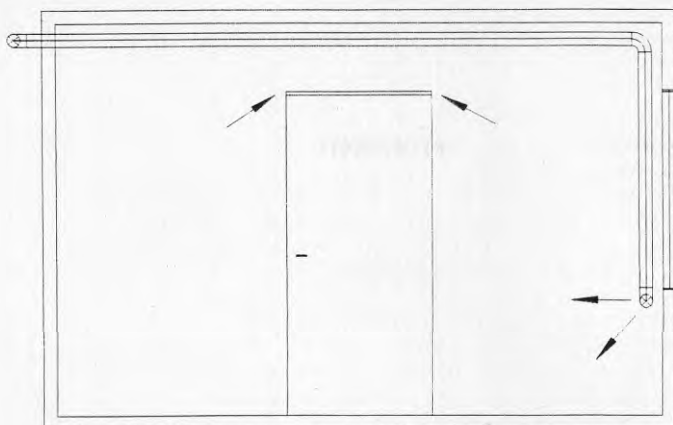
I hus G tillförs friskluften i lägenhet 2E i kläd-kammaren där en tilluftskanal utan don mynnar nedåtriktad 0,3 m över golv. I lägenhet 2F tillförs friskluften i ett lågimpulsdon i form av ett galler i garderobsockeln i hallen. I lägenhet 2B är värmesystemet utfört som en sockellist längs alla ytterväggar och vissa innervägg.

I hus I är tilluftsdonen utförda i form av en textilslang monterad under fönsterbänken i vardera ett sovrum i lägenhet 6E och 6H. Med detta utförande fås framkantsinblåsning. Kanalerna inom sovrummet är utförda av vit fabrikslackerad aluminium och har kvadratisk tvärsnitt med 50 mm sida. I hörnen monterades kanalvinklar av vit plast konstruerade speciellt för detta projekt. Kanalerna monterades i takvinkeln så att de liknar en taklist. Vid fönstret

monterades kanal på båda sidor om fönstret så att de liknar fönsterfoder. Den ursprungliga fönsterbänken av marmor demonterades och ersattes med en fönsterbänk av träribbor ovan och framför textilslangen. Härigenom doldes textilslangen samtidigt som luft kunde passera genom fönsterbänken. Donen i form av textilslang visas i figur 4.9 och 4.10.



Figur 4.8 Tilluftsdon i badrum med luftburen värme.



Figur 4.9 Sovrum vid luftburen värme med tilluftsdon i form av textilslang under fönster. Principskiss.



Figur 4.10 Tilluftsdon vid luftburen värme i form av textilslang bakom fönsterbänk i lägenhet 6E. Rektangulära tilluftskanaler av aluminium vid tak och fönsterfoder.

5 MÄTPROGRAM

5.1 Inledning

För att belysa de i målsättningen i avsnitt 3.2 angivna punkterna utformades nedanstående mätprogram. Mätningarna syftar bl a till att jämföra energianvändningen för det luftburna och det vattenburna systemet med ursprunglig energianvändning.

Mätning av energianvändningen före åtgärder, år 0, skedde under ett halvår december 1988 - maj 1989. Eftermätning, år 1, skedde under motsvarande period ett år senare. På grund av den milda vintern förlängdes eftermätningen även till år 2, december 1990 - maj 1991. Energianvändningen har beräknats som medelanvändning kWh per timme, och uttrycks i kW. För att jämföra klimatet i lägenheterna före och efter konverteringen mättes innetemperaturerna under samma perioder som ovan. Utetemperaturerna har mätts för att möjliggöra korrigering till normalår.

Engångsmätningar har utförts av luftmängder, luftutbyteseffektivitet, lufthastighet, luftfuktighet och ljud. De boendes uppfattning om klimatet har kartlagts med ett frågeformulär.

5.2 Mätutrustning för långtidsmätning

För långtidsmätning installerades en mät dator, sju batteridrivna dataloggrar samt aderton elmätare.

5.2.1 Mät dator

Mät datorn, av typ Abelko EMD 4110, placerades i elcentralen i hus I. Mät datorn hade samplingsintervallet 1 timme och registrerade 8 temperaturer: ute, källarkorridor samt 6 punkter i tre lägenheter. Mät punkternas placering framgår av figur 5.2 och tabell 5.1.

Temperaturgivarna till mät datorn hade en felvisning på mellan 0,5°C och 1,5°C. Varje givare har därför kontrollmätts och temperaturvärdena har korrigerats för felvisningen. Temperaturgivarna var försedda med strålningsskydd, och utseendet framgår av figur 5.3.

5.2.2 Datalogger

De batteridrivna dataloggrarna var av typ Mitec GTM 11. En placerades i källarkorridoren i hus G. Övriga placerades i hallen i respektive lägenhet, fyra i hus G och två i hus I. Loggrarna registrerade rumstemperatur, utetemperatur, driftstid samt gradtimmar.

Temperaturgivarna till loggrarna har kontrollmätts och felvisningen var så liten att korrigering ej ansågs

erforderlig. Dataloggrarnas placering framgår av figurerna 5.1 och 5.2 samt tabell 5.1.

Tabell 5.1 Placering av elmätare för elvärme, dataloggrar och temperaturgivare till mätdator.

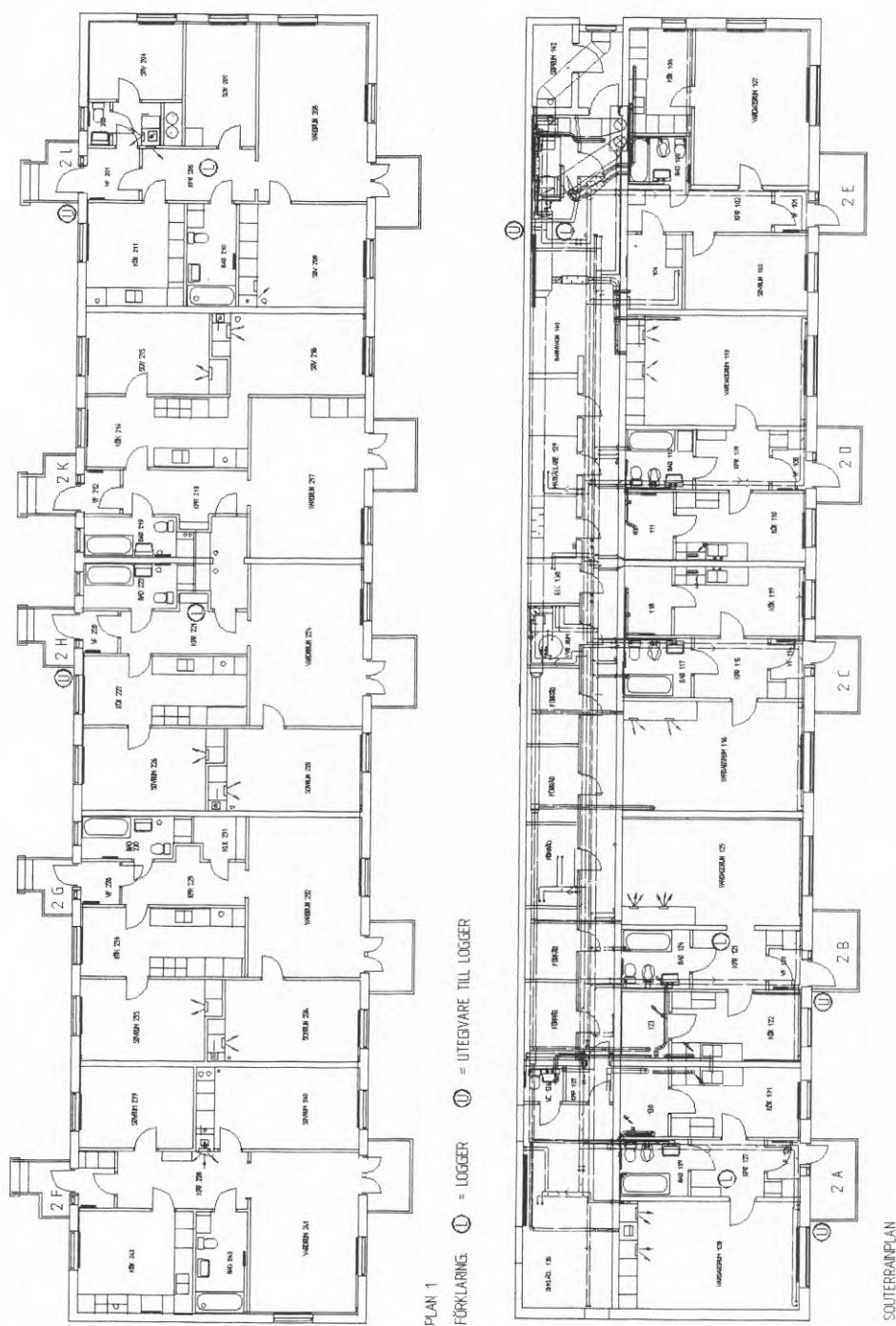
Lgh	Elmätare	Logger/ tempgivare	Rum för logger/ tempgivare	Givarens höjd ö g
2A	X	L	Hall	1,8
2B	X	L	Hall	1,8
2H	X	L	Hall	1,8
2K	X			
2L	X	L	Hall	1,8
2 källare		L	Cykelförråd	1,8
6C	X	8	Hall	1,8
6E	X	3	Hall	1,8
6E		4	Vardagsrum	1,8
6E		5	Vardagsrum	0,1
6F	X	L	Hall	1,8
6G	X	L	Hall	1,8
6K		6	Vardagsrum	1,8
6K	X	7	Hall	1,8
6 källare		2	Cykelförråd	1,8
6 ute		1	Sydostvägg	2,5

För kolumnen logger/temperaturgivare anger L logger och en siffra temperaturgivare till mätdatorn. Lägenhet 2H står i förbindelse med lägenhet 2K och loggern i 2H visar temperaturen i båda lägenheterna.

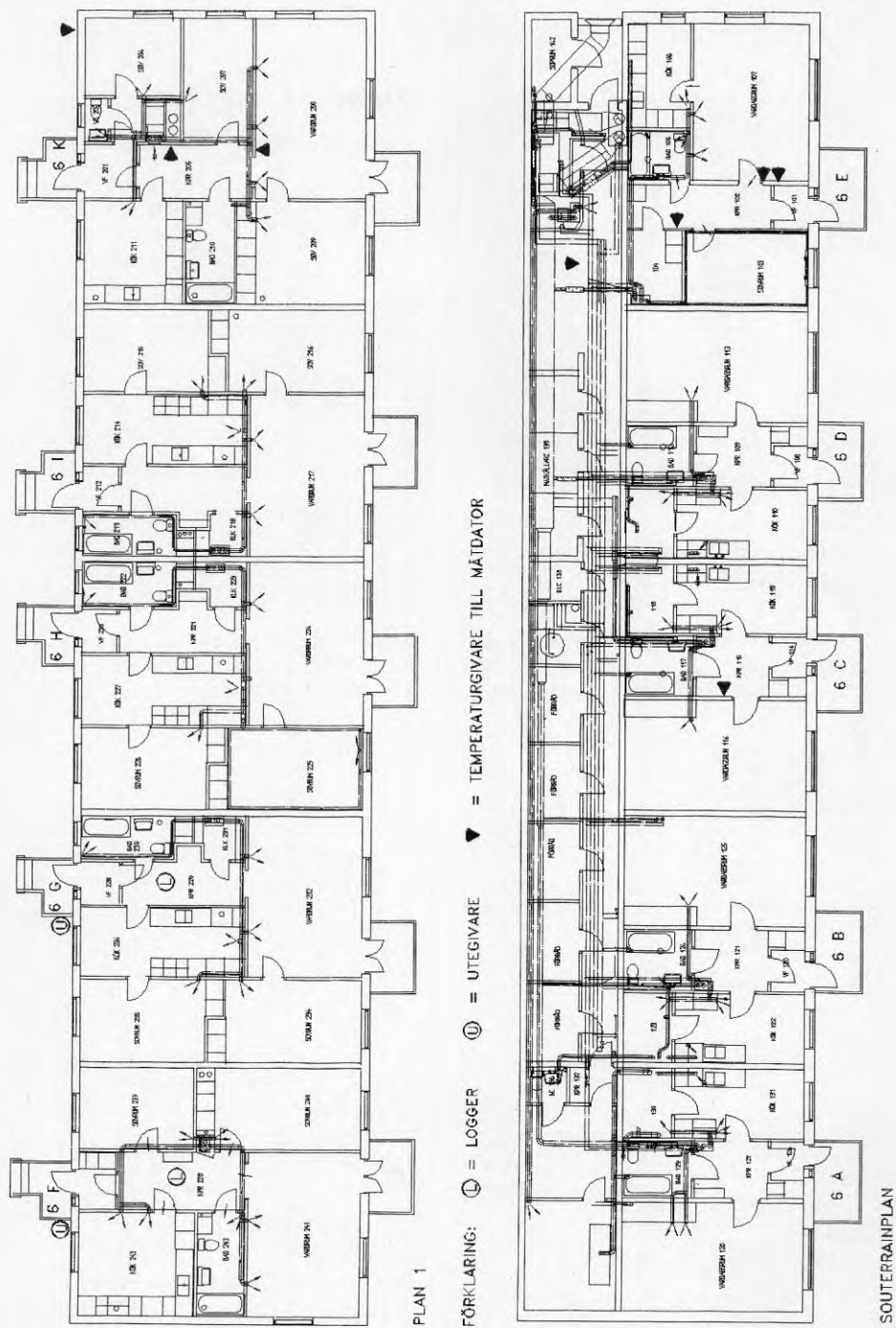
5.2.3 Elmätare

Elanvändningen mättes ursprungligen, före detta projekt, med en elmätare per lägenhet och en mätare för fastighetsel i elcentralen i respektive hus. I fem lägenheter i vardera huset monterades elmätare för elvärme. Elmätarna placerades i samma lägenheter som dataloggrar och temperaturgivare till mätdatorn enligt figurerna 5.1 och 5.2 samt tabell 5.1. Ett exempel på en installerad elmätare visas i figur 5.3.

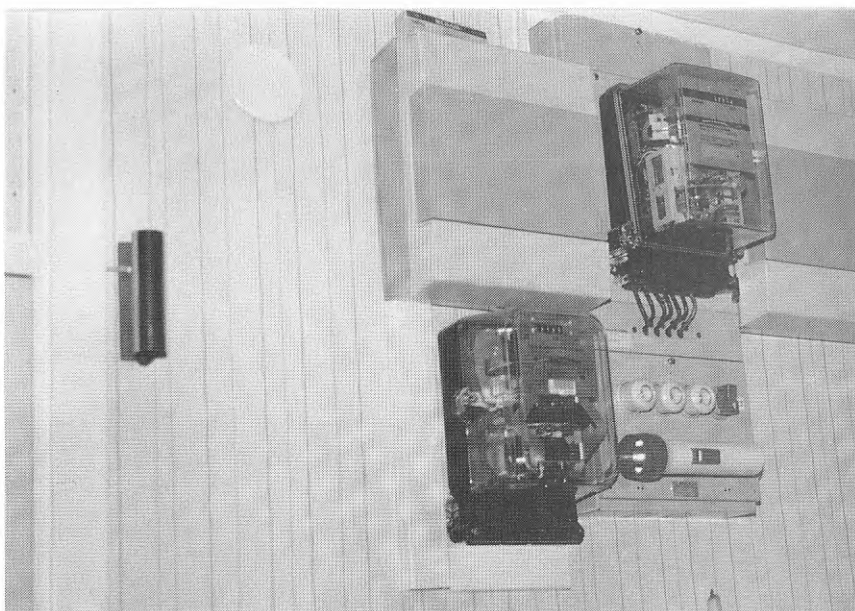
Vardera elcentralen kompletterades med mätare för totalel, el till VVB och fastighetens elvärme. För eftermätningen installerades elmätare för elpannan i respektive hus. Elmätarna organiserades enligt figur 5.4. Figuren anger de energimängder som mättes eller beräknades. Posten Övrigt beräknades ur Fastighetsmätaren minskad med mätarna för Vvb, Källarradiatorer och Elpanna. Posten Hushåll beräknades ur Lägenhetsmätarna minskad med mätarna för Värme i lägenheterna. Posten Lägenheter Total beräknades för hus G ur Totalel minskad med Fastighetsmätaren. För hus I mättes Lägenheter total, och posten Totalel beräknades som summan av Fastighetsmätaren och Lägenheter total. De mätare som markerats med DEB är elleverantörens debiteringsmätare, som var de som ursprungligen fanns i husen.



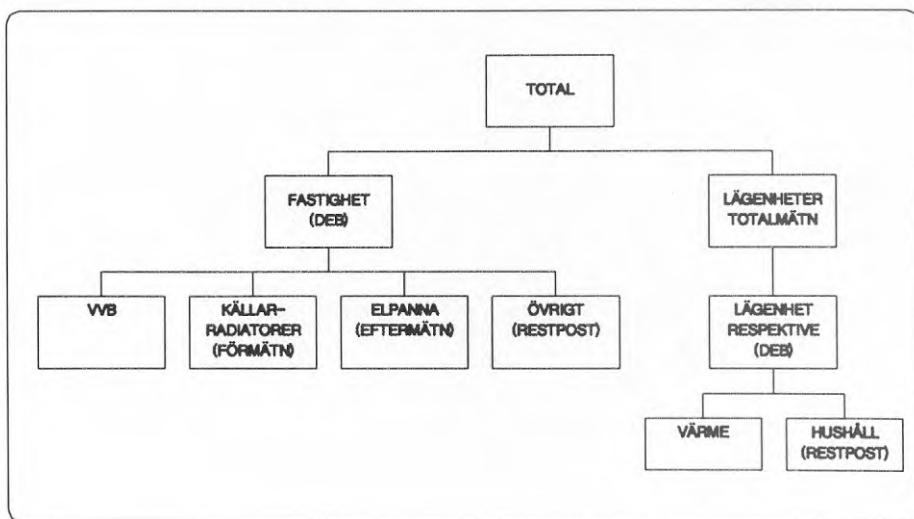
Figur 5.1 Hus G. Planritning med installationer. Placering av dataloggrar och elmätare.



Figur 5.2 Hus I. Planritning med installationer. Placering av mättdator med dess mätpunkter samt av dataloggar och elmätare.



Figur 5.3 Elleverantörens debiteringsmätare kompletterad med statistikmätare för elvärme i lägenhet 6K. Till vänster temperaturgivare till datalogger.



Figur 5.4 Organisation av elmätare.

5.3 Datainsamling

Mät datorn tömdes en gång per månad med en bärbar portföljdator. Rimlighetskontroll utfördes av mätdata vilka därefter överfördes till band för backup.

Dataloggrarna och elmätarna avlästes manuellt en gång per vecka genom fastighetsskötarnas försorg.

5.4 Utvärdering av långtidsmätning

Mätvärdena från mät datorn omräknades till veckomedelvärden och korrigerades för temperaturgivarnas felvisning. De manuellt avlästa elmätar- och temperaturvärdena matades manuellt in i datorfiler som veckomedelvärden. Elanvändningen räknades om som kWh per timme och uttrycks i kW.

5.5 Engångsmätningar

5.5.1 Luftflöde

Luftflöden före ombyggnaden uppmättes stickprovvis med mätstos över frånluftdonen. Efter ombyggnaden mättes dels luftflöden genom centralaggregaten, dels tilluft till varje lägenhet. I hus I mättes cirkulationsluftmängden och i båda husen mättes frånluften med mätstos över frånluftsdonen.

5.5.2 Luftomsättning

I en lägenhet i vardera huset samt i en lägenhet i ett tredje, ej ombyggt hus har luftomsättningen bestämts med spårgas. Denna kan jämföras med den omsättning som beräknas ur luftflödesmätningar enligt 5.5.1.

5.5.3 Luftutbyteseffektivitet

I samma lägenheter som anges i 5.5.2 bestämdes med spårgasmätning luftutbyteseffektiviteten. Detta är ett mått på hur fullständig omblandningen är, eller om det föreligger någon kortslutning. Värdet ligger definitionsmässigt mellan 0 och 1, där ett högre värde anger bättre effektivitet. Värdet 0 anger fullständig kortslutning, det vill säga att ingen friskluft kommer lägenheten till godo.

Värdet 0,5 anger fullständig omblandning. Värdet 1,0 anger fullständig kolvströmning det vill säga att friskluften skjuter den förorenade luften framför sig mot frånluftsdonen. Värderna mellan 0,45 och 0,50 bedöms normalt som god luftutbyteseffektivitet.

5.5.4 Lufthastighet

För de båda systemen fanns det anledning att undersöka om besvär av hög lufthastighet i form av drag förekommer. I hus G tillföres friskluften med galler i garderobssocklarna och här har lufthastighetsprofilen framför donen bestämts. I hus I tillföres luften i allmänhet med don placerade högt på en innevägg. Här har lufthastigheten bestämts framför donen och i vistelsezonen. I två rum har tilluftsdon i form av textilslang använts och här har lufthastighetsprofil runt donen bestämts.

5.5.5 Visualisering av luftrörelser

Några installationer har undersökts med hjälp av rök. Rökpatroner har placerats i tilluftkanalen och foton av röken har tagits med jämna tidsintervall. Se figur 4.10 och 6.5.

5.5.6 Luftfuktighet

Den relativa luftfuktigheten har bestämts vid ett tillfälle med låg utetemperatur. Mätning utfördes i ett antal lägenheter, dels i de ombyggda husen, dels i ett tredje hus i ursprungligt skick.

5.5.7 Ljud

Ljudmätning har skett stickprovsvis med en Brüel & Kjaer ljudmätare typ 2225.

5.6 Erfarenheter

Dataloggrarna ger i förhållande till pris och enkelhet mycket god och värdefull information. Den manuella avläsningen av elmätare och dataloggrar fungerade mycket bra och värdena noterades i tillhandahållna formulär. Driftpersonalen noterade datum och klockslag för avläsning och tiden kunde vid utvärderingen stämmas av mot den i loggern lagrade tiden. Vid projektets senare del förekom längre intervall mellan de manuella avläsningarna. Härvid kan det uppstå problem att säkert fastställa rätt värde då "rullsifferverket" kan ha gått runt flera varv. Slutsatsen är att avläsning helst bör ske varje vecka och minst var annan vecka.

6 MÄTRESULTAT

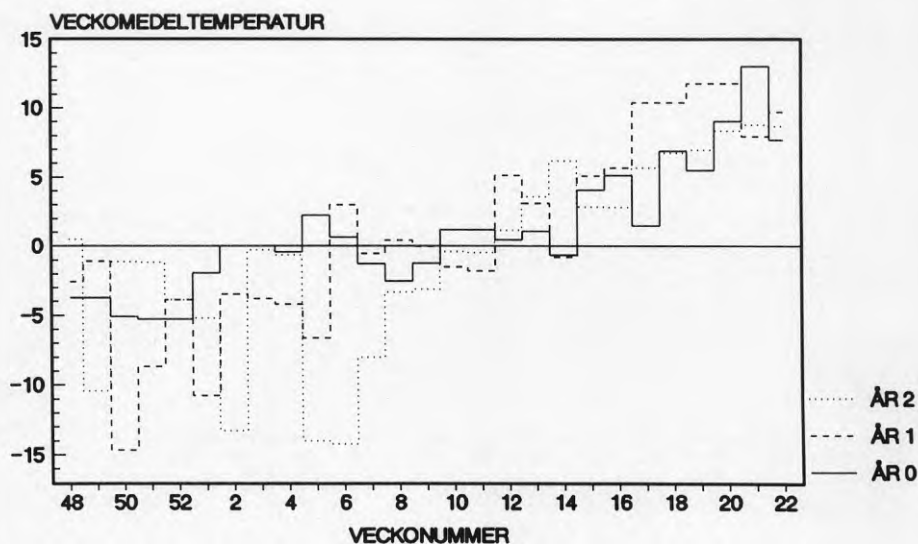
6.1 Inledning

Med mätperioderna avses tiden december - maj. År 0 avser förmätning 1988-89, år 1 avser eftermätning 1989-90 och år 2 avser 1990-91.

6.2 Klimatförhållanden under mätperioden

SMHI's mätstation i Hunge redovisar klimat under mätperioderna i förhållande till normalår enligt tabell 6.1.

Utetemperaturen i Furulund har mätts kontinuerligt i 8 punkter. Medelvärdet av dessa mätningar visas i tabell 6.2. Värdet för normalår har skattats ur värdena för Hunge och utförda mätningar i Furulund. Värdet % av normalår avser uppvärmning till innetemperaturen 17°C. Utetemperaturens variation i en mätpunkt under mätperioderna visas i figur 6.1.



Figur 6.1 Utetemperaturen vid Furulund under mätperioderna. Veckomedelvärden.

Tabell 6.1 SMHI's mätstation i Hunge. Medelvärde av utetemperatur under mätperioderna i °C och i % av normalår.

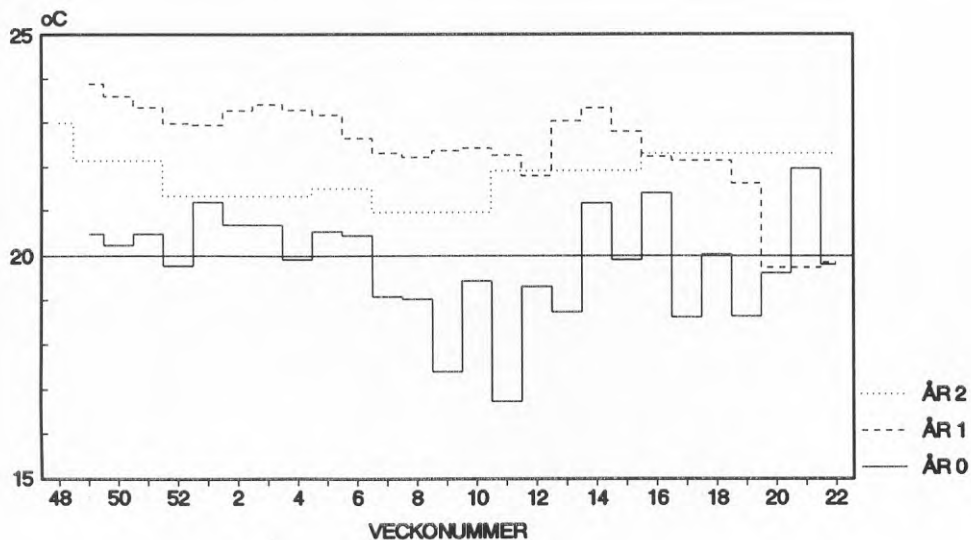
År	°C	%
Normalår	-3,8	100
År 0	-0,5	84
År 1	-1,1	87
År 2	-2,6	94

Tabell 6.2 Medelvärde av utetemperatur vid Furulund under mätperioderna i °C och i % av normalår.

År	°C	%
Normalår	-1,9	100
År 0	1,2	84
År 1	0,6	87
År 2	-0,8	94

6.3 Innetemperatur

Medelvärdet av innetemperaturerna framgår av tabellerna 6.3 och 6.4. Värt att notera är den höga temperaturen i lägenhet 6F, framför allt år 1. Flera olika hyresgäster har bott i lägenhet 6F under

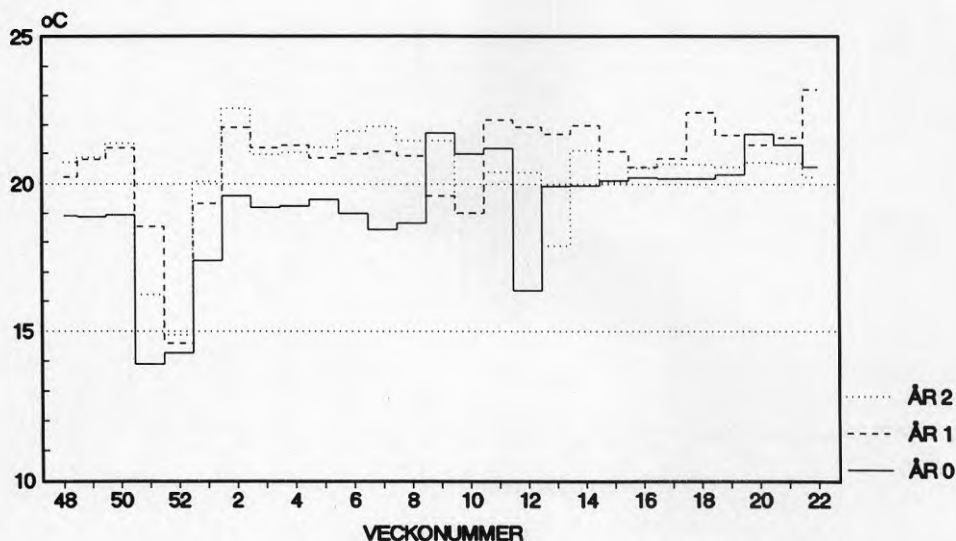


Figur 6.2 Innetemperaturen i lägenhet 2A under mätperioderna. Veckomedelvärden. Under år 2 har medelvärden beräknats för längre perioder.

projektets gång, och dessa har inte alltid varit informerade om hur temperaturen regleras. Värmen i lägenhet 6C var under en period under år 2 då lägenheten var obebodd ställd på max.

Medelvärdet för lägenheterna har viktats med hänsyn till antalet mätpunkter i övervåning respektive i undervåning. Vid beräkning av medelvärdet inklusive källare har källaren viktats som 1,5 lägenheter. Detta värde härrör från energianvändningen för uppvärmning av källaren jämfört med en lägenhet.

Exempel på innetemperaturer under mätperioderna visas i figurerna 6.2 och 6.3. Figur 6.2 visar temperaturen i lägenhet 2A som mellan år 0 och år 1 försågs med vattenburen värme. Figur 6.3 visar temperaturerna i lägenhet 6K som mellan år 0 och år 1 försågs med luftburen värme. Noterbart är de låga temperaturerna vissa veckor då hyresgästen varit bortrest och under dessa perioder sänkt börvärdet. Av båda figurerna framgår den högre temperaturen efter ombyggnaden.



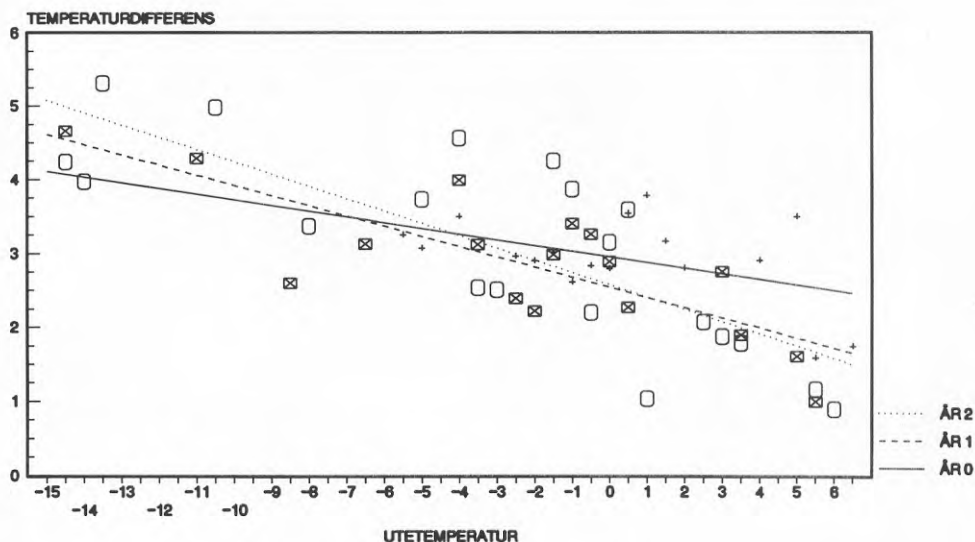
Figur 6.3 Innetemperaturen i lägenhet 6K under mätperioderna. Veckomedelvärden.

Tabell 6.3 Innetemperaturer i hus G med vattenburen värme. Medeltemperaturer under mätperioderna.

Lägenhet	År 0	År 1	År 2
2A	19,9	22,4	21,8
2B	19,8	22,0	21,7
2H	21,2	21,8	21,9
2L	20,8	22,2	20,6
Medel lgh	20,4	22,0	21,6
Källare	14,1	16,3	15,5
Medel inkl källare	19,6	21,3	20,8
Temperaturhöjning		+1,7	+1,2

Tabell 6.4 Innetemperaturer i hus I med luftburen värme. Medeltemperaturer under mätperioderna.

Lägenhet	År 0	År 1	År 2
6C	21,7	22,0	23,5
6E	21,3	22,1	22,3
6F	20,3	24,7	23,3
6G	20,2	21,7	21,1
6K	19,4	20,9	20,4
Medel lgh	20,8	22,2	22,2
Källare	14,0	18,9	19,2
Medel inkl källare	19,9	21,8	21,8
Temperaturhöjning		+1,9	+1,9



Figur 6.4 Lägenhet 6E. Temperaturdifferens mellan nivåerna 1,8 m ö g och 0,1 m ö g som funktion av utetemperaturen.

6.4 Temperaturgradient

Före ombyggnaden förekom ofta klagomål på kalla golv och stor temperaturskillnad mellan golv och huvudhöjd i många lägenheter. I lägenhet 6E, där luftburen värme installerades, mättes temperaturen i vardagsrummet 0,1 m och 1,8 m över golv och timvärden lagrades i mätdata. Temperaturdifferensen mellan dessa nivåer visas i figur 6.4. Hypotesen var att temperaturskillnaden skulle minska vid ombyggnaden genom installation av balanserad ventilation.

Av figur 6.4 framgår att temperaturdifferensen ändrat karaktär. Den är lägre vid milt väder och högre vid kall utetemperatur. Orsaken är det luftburna värmesystemet som tillför varmluft med don placerade högt på innervägg. Härigenom skapas en varmluftskudde högst upp i rummet. Figur 6.5 visar hur varm luft tillförs rummet med don högt upp på en innervägg.

6.5 Luftmängder

6.5.1 Förmätning

Före ombyggnaden uppmättes frånluftsmängder i lägenheterna på mellan 20 och 35 l/s. De lägre värdena noterades i små lägenheten på nedervåningen och de högre i lägenheter på övervåningen med frånluftsdon även i sovrum. Den uppmätta luftmängderna motsvarar en luftomsättning på 0,6 till 0,8 lägenhetsvolymer per timme.



Figur 6.5 Vardagsrum i lägenhet 6E med luftburen värme. Rökpatron har placerats i tilluftskanalen.

Trots förhållandevis höga luftomsättningar upplevde hyresgästerna före ombyggnaden att ventilationen var otillfredsställande. Anledningen var att tilluft saknades, och att den uteluft som läckte in genom otätheter ofta gick rakt ut genom frånluftsdon utan att vädra ut lägenheten.

Spårgasmätning av en "kontrollägenhet" som inte byggts om har utförts och bekräftar den otillfredsställande ventilationen. Vid denna mätning bestämdes luftutbyteseffektiviteten till 33%, vilket innebär att kortslutning förekommer i lägenheten. Värdet 50% motsvarar fullständig omblandning. Frånluftsmängden i denna lägenhet var 28 l/s, vilket motsvarar en teoretisk luftomsättningen på 0,66 per timme.

6.5.2 Eftermätning

Cirkulationsluftmängderna i hus I med luftburen värme redovisas i tabell 6.5. Härav framgår luftomsättningen med cirkulationsluft som uppgår till mellan 1,3 och 2,0 omsättningar per timme beroende på lägenhetens storlek och läge i huset. Återluftmängden uppgår till mellan 12 och 64 l/s.

Vid ombyggnaden ingick i entreprenaden injustering av tilluft och frånluft i alla lägenheter samt cirkulationsluft i hus I. Enligt entreprenörens protokoll erhöles projekterade luftmängder i samtliga lägenheter. Vid efterkontroll har luftmängderna mätts stickprovsvis och avvikelser från projekterade värden är som regel mindre än 10%. Uppmätta luftmängder, lägenhetsvolymer och luftomsättning visas i tabell 6.6.

Avgörande för bestämning av luftmängder vid projekteringen var byggnormens minimiluftmängder för badrum och kök. I och med att lägenheterna är små blir luftomsättningen stor.

Totalluftmängderna för husen redovisas i tabell 6.7.

Tabell 6.5 Cirkulationsluftmängd, luftomsättning med cirkulationsluft, tilluft och återluft i hus I.

Lägenhet	Cirkulationsluftmängd		Tilluft	Återluft	
	l/s	oms/h	l/s	l/s	oms/h
6A	56	1,78	34	22	0,70
6B	42	1,34	30	12	0,38
6C	42	1,34	30	12	0,38
6D	42	1,34	30	12	0,38
6E	70	1,95	32	38	1,06
6F	91	1,79	36	55	1,08
6G	76	1,50	30	46	0,91
6H	76	1,50	30	46	0,91
6I	76	1,50	30	46	0,91
6K	104	1,86	40	64	1,09

Tabell 6.6 Luftmängder och luftomsättning i lägenheterna

Lägenhet	Projekterade luftmängder l/s		Kontrollmätta luftmängder l/s		Lägenhetsvolym _{m³}	Omsättning/h
	Till	Från	Till	Från		
2A	30	30	31	31	113	0,96
2B	30	30	34	32	113	0,96
2C	30	30			113	0,96
2D	30	30			113	0,96
2E	30	30			129	0,84
2F	30	30	33	31	183	0,59
2G	30	30			183	0,59
2H	30	30			183	0,59
2K	30	30			183	0,59
2L	40	40			201	0,72
Hus G:	310				1514	0,74
6A	34	34			113	1,08
6B	30	30	27	28	113	0,96
6C	30	30	30	29	113	0,96
6D	30	30	28	27	113	0,96
6E	32	32	28	27	129	0,89
6F	36	36			183	0,71
6G	30	30	27	26	183	0,59
6H	30	30			183	0,59
6I	30	30	27	26	183	0,59
6K	40	40	32	34	201	0,72
Hus I:	322				1514	0,77

Tabell 6.7 Uppmätta totalluftmängder i husen.

Hus	Tilluft l/s	Frånluft l/s
Hus G, VA 2	360	380
Hus I, VA 6	300	320

6.6 Luftutbyteseffektivitet

I området finns tre olika typer av uppvärmnings- och ventilationssystem. Luftutbyteseffektiviteten har bestämts i en lägenhet av vardera systemtypen.

Lgh 2A Ett centralt placerat ventilationsaggregat med värmväxling mellan frånluft och uteluft. Lägenheten har tilluftsdon placerat vid golv i vardagsrummet. Uppvärmningen sker med vattenradiatorer. Lägenheten utgörs av två rum och kök.

Lgh 6K Ett centralt placerat ventilationsaggregat med värmväxling mellan frånluft och uteluft.

Lägenheten är utrustad med luftvärmeaggregat. Tilluften tillförs lägenheten i luftvärmeaggregatet där den blandas med återluft. Den blandade och uppvärmda luften tillförs i alla rum med bakkantsinblåsning d v s med don placerade högt upp på en innervägg. Lägenheten utgörs av fyra rum och kök.

Lgh 5C En lägenhet där ingen ombyggnad är gjord. Lägenheten har enbart mekanisk frånluft och ingen form av tilluftsdon. Uteluften beräknas komma in genom otätheter i lägenhetens fönster och dörr. Uppvärmningen sker med direktelradiatorer. Lägenheten utgörs av två rum och kök.

Mätningarna av luftutbyteseffektiviteten i de tre olika lägenheterna visar att ventilationen avsevärt förbättrats med de ombyggda värme- och ventilationsystemen i lägenheterna.

I lägenhet 6 K uppnåddes en luftutbyteseffektivitet på 42%, vilket kan betecknas som i det närmaste fullständig omblandning av luften, men med stagnation på några ställen. I lägenhet 2A uppnåddes fullständig omblandning, d v s en luftutbyteseffektivitet på 50%. I lägenhet 5C, som i detta fall utgör referenslägenhet och där ingen ombyggnad gjorts, uppmättes luftutbyteseffektiviteten 33%.

För ett väl fungerande ventilationssystem skall luftutbyteseffektiviteten ligga mellan 45 och 50%.

6.7 Energianvändning

Elmätare för energimätning organiserades enligt figur 5.1. Energianvändningen per helår redovisas sist i avsnitt 6.7.4. I övrigt i avsnitt 6.7.1-6.7.4 redovisas energianvändningen som medelvärde per timme under mätperioderna uttryckt i kW (kWh/h).

6.7.1 Energianvändning i lägenheterna

Medelvärdet av energianvändningen i lägenheterna redovisas i tabellerna 6.8 och 6.9. Under år 0 då lägenheterna fortfarande värmdes med elradiatorer var energianvändningen för elvärme i genomsnitt per lägenhet 1,12 kW för hus G respektive 0,84 kW för hus I.

Hushållselen i hus G har i genomsnitt varit ganska konstant 0,28 kW, 0,28 kW, 0,33 kW. Hushållselen i hus I har ökat från 0,27 kW till 0,46 kW och 0,39 kW. I siffran för hus I år 1 ingår återstående elvärme med 0,08 kW. I hushållselen i hus I för år 1 och år 2 ingår även drivelen till de installerade luftvärmeaggregaten. Denna har för ett aggregat uppmätts till 0,12 kW då detta gick på helfart. Aggregaten är inställda på olika varvtal beroende på lägenhetens effektbehov och växlar mellan helfart vid

värmebehov och halvfart då inget värmebehov föreligger. Medelvärdet av drivvelen till luftvärmeaggregaten har bedömts uppgå till 0,08 kW.

Tabell 6.8 Genomsnittlig energianvändning i lägenheterna hus G, kW (kWh/h).

Lägenhet	År 0			År 1	År 2
	Total	Värme	Hushåll	Hushåll	Hushåll
2A	0,85	0,71	0,14	0,15	0,17
2B	0,74	0,48	0,26	0,14	0,17
2H	2,07	1,66	0,41	0,36	0,38
2K	1,77	1,32	0,45	0,42	0,58
2L	1,93	1,69	0,24	0,19	0,27
Övriga	6,67	5,31	1,36	1,57	1,71
S:a Hus G	14,03	11,17	2,86	2,83	3,28
Medel per lägenhet	1,40	1,12	0,28	0,28	0,33

Tabell 6.9 Genomsnittlig energianvändning i lägenheterna hus I, kW (kWh/h).

Lägenhet	År 0			År 1	År 2
	Total	Värme	Hushåll	Hushåll	Hushåll
6C	1,26	0,96	0,30	0,35	0,31
6E	0,96	0,70	0,26	0,36	-
6F	1,18	0,91	0,27	0,68	0,49
6G	1,02	0,83	0,19	0,33	0,29
6K	0,99	0,71	0,28	0,36	0,42
Övriga	5,66	4,30	1,36	2,47	2,39
S:a Hus I	11,07	8,41	2,66	4,55	3,90
Medel per lägenhet	1,11	0,84	0,27	0,46	0,39

6.7.2 Energi för uppvärmning

I tabell 6.10 och 6.11 redovisas uppvärmningsenergin som medelvärden under mätperioderna. Värdena har dels normalårskorrigerats, dels korrigerats med differensen mellan utetemperatur och innetemperatur. Som framgår av avsnitt 6.3, tabell 6.3 och 6.4 har innetemperaturen höjts efter ombyggnaden med 1,2 till 1,9 grader. Korrektionsfaktorn för temperaturdifferens har satts till 1,0 då utetemperaturen är normal, $-1,9^{\circ}\text{C}$, och innetemperaturen är 20°C . Efter korrigering för denna temperaturhöjning framgår att uppvärmningsenergin för hus G minskat med 21% och för hus I minskat med 13%. Den stora skillnaden mellan år 1 och år 2 för hus G beror på ett fel i ventilationsaggregatet VA2 som åtgärdades mitt under mätperioden år 1. Spjället för

sommarförbigång vid plattvärmväxlaren hade lossnat från spjällaxeln så att förbigången var konstant öppen.

För de normalårskorrigerade värdena gäller, om vi bortser från hus G år 1, att hus G minskat med 18% och hus I minskat med 5%.

Tabell 6.10 Uppvärmningsenergi i hus G. Medelvärden under mätperioderna.

	År 0	År 1	År 2
Lägenheter, kW	11,17	-	-
Källare, kW	1,80	-	-
Elpanna, kW	-	14,51	12,00
Summa värme, kW	12,97	14,51	12,00
Korrektionsfaktor för normalår	0,82	0,85	0,93
Värme, normalårskorrigerad, kW	15,80	17,10	12,90
% av år 0	100%	108%	82%
Temperaturdifferens ute-inne, °C	18,40	20,70	21,60
Korrektionsfaktor för tempdifferens	0,83	0,93	0,97
Värme, korrigerad för temperaturdifferens, kW	15,60	15,60	12,40
% av år 0	100%	100%	79%

Tabell 6.11 Uppvärmningsenergi i hus I. Medelvärden under mätperioderna.

	År 0	År 1	År 2
Lägenheter, kW	8,41	0,80	0,20
Källare, kW	1,30	0,54	0,27
Elpanna, kW	-	8,07	10,01
Summa värme, kW	9,71	9,41	10,48
Korrektionsfaktor för normalår	0,82	0,85	0,93
Värme, normalårskorrigerad,	11,80	11,10	11,30
% av år 0	100%	94%	96%
Temperaturdifferens ute-inne, °C	18,70	21,20	22,60
Korrektionsfaktor för temperaturdifferens	0,84	0,95	1,02
Värme, korrigerad för temperaturdiffens, kW	11,60	9,90	10,30
% av år 0	100%	85%	89%

6.7.3 Fastighetsel

I fastighetselen ingår el till källarradiatorer, varmvattenberedare, elpanna, drivel samt en post som benämns övrigt. Källarradiatorer och elpanna har behandlats i avsnitt 6.7.2.

Medelenergin till varmvattenberedning har ökat något under mätperioderna. För hus G: 5,2, 5,7 och 5,6 kW under respektive år 0, 1 och 2. För hus I: 5,1, 6,0 och 6,4 kW. Någon ombyggnad eller ändring av varmvattensystemet har inte företagits, varför ökningen får tillskrivas ändrade brukarvanor.

I hus I finns en tvättstuga som används inte bara av de boende i huset utan är gemensam för tre hus med sammanlagt 30 lägenheter. I posten övrigt ingår för hus I tvättstugan och för båda husen en ospecificerad post som bl a innehåller källar- och utomhusbelysning. Elanvändningen i tvättstugan medför att posten övrigt är större för Hus I än för hus G. Varmvattenanvändningen i tvättstugan medför att det går mer el till varmvatten i hus I än i hus G.

Medelvärde för drivel till pumpar och fläktar har ökat i och med installationen av nya luftbehandlingsaggregat i de båda husen, vilket framgår av tabellerna 6.12-14. För hus G uppgår drivel till 0,1, 1,3 och 1,3 kW under respektive år 0, 1 och 2. För hus I uppgår den till 0,1, 1,4 och 1,4 kW.

Specifika energianvändningen i de centrala luftbehandlingsaggregaten är
 för hus G $1,04 \text{ kW}/0,38 \text{ m}^3/\text{s} = 2,74 \text{ kW}/\text{m}^3/\text{s}$
 för hus I $1,09 \text{ kW}/0,32 \text{ m}^3/\text{s} = 3,41 \text{ kW}/\text{m}^3/\text{s}$.
 Enligt Svenska inneklimatinstitutets riktlinjer uppfyller systemen eleffektivitet enligt klass VAS 4000 men når inte riktigt upp till klass VAS 2500.

Tabell 6.12 Drivel. Momentanvärden, kW.

	Hus G	Hus I
VVCpump	0,05	0,07
Värmevattenpump	0,14	0,12
Ventpump	0,08	0,05
Ventilationsaggregat	1,04	1,09
Luftvärmeaggregat	-	0,12
Summa drivel	1,31	1,45

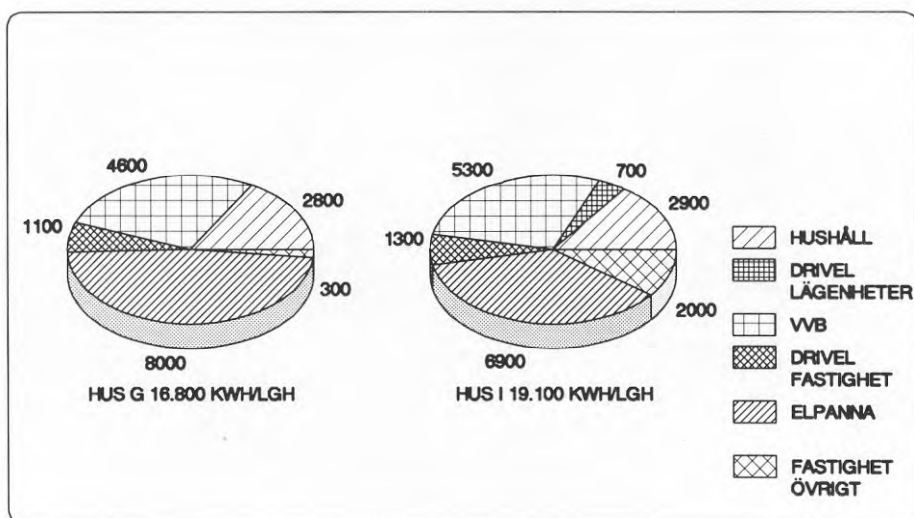
6.7.4 Total energianvändning

Den normalårskorrigerade energianvändningen per helår framgår av tabell 6.13. Här jämförs energianvändningen, dels totalt, dels per m², med motsvarande värden före ombyggnaden. Den normalårskorrigerade energianvändningen har minskat med 5% för hus G och ökat med 11% för hus I.

Den totala normalårskorrigerade energianvändningen per helår och lägenhet visas i figur 6.6. För hus I ingår i posten "Fastighet Övrigt" el till tvättstugan med 1500 kWh/lägenhet, år. Detta är något oegentligt eftersom tvättstugan är gemensam för tre hus.

En sammanställning av total energianvändning räknad som medelvärden under mätperioderna redovisas i tabell 6.14 och 6.15. Här har korrigering skett förutom till normalår, även till oförändrad rumstemperatur.

För hus G har energianvändningen från år 0 till år 2 minskat med 6%. Motsvarande siffra för hus I är en ökning med 8%.



Figur 6.6 Total normalårskorrigerad energianvändning per helår och per lägenhet för perioden december 1990 till november 1991, kWh.

Tabell 6.13 Normalårskorrigerad energianvändning i husen före och efter ombyggnad.

	Hus G	Hus I
Energianvändning före ombyggnad MWh/år	176	172
Energianvändning efter ombyggnad MWh/år	168	191
Specifik energianvändning före ombyggnad kWh/m ² , år	223	218
Specifik energianvändning efter ombyggnad kWh/m ² , år	213	242
Procentuell förändring	-5%	+11%

Tabell 6.14 Total energianvändning hus G. Medelvärden under mätperioderna, kW (kWh/h).

	År 0	År 1	År 2
Hushållsel	2,9	2,8	3,3
Värme temperaturkorrigerad	15,6	15,6	12,4
Varmvatten	5,2	5,7	5,6
Drivel	0,1	1,3	1,3
Övrig fastighetsel	0,4	0,5	0,2
Summa energianvändning	24,2	25,9	22,8
% av år 0	100%	107%	94%

Tabell 6.15 Total energianvändning hus I. Medelvärden under mätperioderna, kW (kWh/h).

	År 0	År 1	År 2
Hushållsel	2,7	3,8	3,7
Värme temperaturkorrigerad	11,6	9,9	10,3
Varmvatten	5,1	6,0	6,4
Drivel	0,1	1,4	1,4
Övrigt	2,8	2,4	2,2
Summa energianvändning	22,3	23,5	24,0
% av år 0	100%	105%	108%

6.8 Övriga engångsmätningar

6.8.1 Luftfuktighet

Den relativa luftfuktigheten har mätts då utetemperaturen var -10°C och har omräknats till innetemperaturen 20° . De uppmätta värdena redovisas i tabell 6.16. Hus F, som är i ursprungligt skick med enbart frånluft och lägre luftutbyteseffektivitet än de ombyggda husen, har högst relativ fuktighet 25%. Hus I har en relativ fuktighet på 19%. Hus G, som har högst totalluftmängd enligt tabell 6.6 och högst luftutbyteseffektivitet enligt avsnitt 6.6, har den lägsta relativa fuktigheten 14%.

Av mätvärdena för hus G framgår att de mindre lägenheterna 2A och 2C har lägre relativ fuktighet än de större 2H och 2K. De mindre lägenheterna har högre relativ luftomsättning än de större i och med att totalluftmängderna enligt tabell 6.5 är i stort sett lika i alla lägenheter.

Tabell 6.16 Relativ luftfuktighet i några lägenheter vid momentanmätning 1991-02-09 vid utetemperaturen -10°C .

Lägenhet	Rumstemperatur $^{\circ}\text{C}$	Relativ fuktighet
2A	19,5	13%
2C	20,0	12%
2H	20,0	15%
2K	20,0	18%
Medelvärde hus G		14%
4E	18,5	27%
4H	18,5	27%
Medelvärde hus F		27%
D:o korrigerat till 20°		25%
6D	19,5	18%
6E	22,0	16%
6H	22,0	22%
6K	19,0	18%
Medelvärde hus I		18%
D:o korrigerat till 20°		19%

6.8.2 Ljud

Ljud från installationerna har mätts stickprovsvis vid några tillfällen. I hus G har inga värden över 25 dB(A) noterats. Ljudvärden för hus I framgår av tabell 6.17. Vid mättillfällena har luftvärmeaggregaten gått på helfart, d v s i uppvärmningsläge. Då ingen värme erfordras går aggregaten på halvfart och ljudnivån är ca 2 dB lägre än tabellvärdena.

Installationerna i lägenhet 6E, som har de högsta ljudnivåerna, har byggts om med ljuddämpande åtgärder efter det att de angivna ljudnivåerna noterades.

Tabell 6.17 Ljud från installationer i hus I. Mätningar utförda mitt i respektive rum. Luftvärmeaggregaten i driftsläge helfart.

Lägenhet	Rum	Ljud dB(A)
6C	Vardagsrum	27
	Sovalkov	31
	Kök	32
	Bad	34
	Hall	36
6E	Sovrum	35
	Bad	37
	Vardagsrum	39
6F	Vardagsrum	32
6H	Sovrum	32

6.8.3 Lufthastighet

Lufthastigheten har mätts framför lågimpulsdonen i hus G och framför tilluftsdonen i hus I. I de mindre lägenheterna i souterrainplanet i hus G tillförs all tilluft i vardagsrummet, se figur 4.4. Två galler med en meters mellanrum är monterade i i garderobsockeln. Lufthastigheten vid gallren är 0,6 m/s. Hastigheten en meter utanför gallren är 0,4 m/s, och två meter från gallren är hastigheten 0,25 m/s. I de lägenheter som har sovrum tillförs luften i fler don och lufthastigheten är lägre än ovanstående värden.

Tilluftsdonen i hus I är monterade på innervägg 0,15 m från tak, se figur 6.5. Lufthastigheten på samma höjd som donen är 0,6 - 1,1 m/s på en meters avstånd från donen. Två meter från donen är hastigheten 0,3 - 0,5 m/s och tre meter från donen är hastigheten under 0,25 m/s. På nivån 0,4 m från tak och lägre överstiger hastigheten ingenstans 0,25 m/s.

7 EKONOMI

7.1 Investering

Den totala anbudssumman för värme-, ventilations-, el- och vissa byggarbeten uppgick till 1.110.000 kr. Härtill kom byggarbeten och extraarbeten under entreprenadens gång varför den totala entreprenadkostnaden uppgick till 1.150.000 kr se tabell 7.1. I beloppet ingår inte kostnader för projektering, kontroll och besiktning. Av entreprenadsumman avser 690.000 kr ventilationsanläggningarna med tillhörande bygg-, rör- och elarbeten. Av återstoden 460.000 avser 210.000 det vattenburna värmesystem i hus G och 250.000 det luftburna värmesystemet i hus I. I beloppen för värmesystem ingår elpannor, reglerutrustning och distributionssystem för värmevatten och varmluft. Konverteringskostnaden var således 21.000 kr per lägenhet för det vattenburna systemet och 25.000 kr per lägenhet för det luftburna systemet.

Tabell 7.1 Entreprenadkostnaden exklusive projektering, kontroll, besiktning och moms.

Entreprenaddel	kr totalt	kr/lägenhet
Ventilation	690.000	34.500
Vattenburen värme	210.000	21.000
Luftburen värme	<u>250.000</u>	<u>25.000</u>
Totalt	1.150.000	57.500

7.2 Driftskostnader

I driftskostnaden för de båda uppvärmningssystemen ingår kostnad för uppvärmningsenergi, drivvel och service.

Användningen av uppvärmningsenergi är något högre i hus I än i hus G i och med att innetemperaturen är något högre. Medeltemperaturen i lägenheterna under mätperioden år 2 är för hus G 21,6 °C, och för hus I 22,2 °C. Orsaken till den högre temperaturen i hus I är dels att lägenhetsinnehavarna kan ställa börvädet själva, dels att temperaturregleringen fungerat otillfredsställande i de fall aggregaten är placerade i klädkammare. Temperaturskillnaden beräknas motsvara 250 kWh per lägenhet och år.

Drivvelen till lägenhetsaggregaten uppgår till 700 kWh per lägenhet och år.

Sammanlagt beräknas alltså energianvändningen i hus I överstiga värdet för hus G med 950 kWh per lägenhet och år på grund av ovanstående faktorer. Detta motsvarar vid energipriset 40 öre/kWh en ökad årskostnad på 380 kr per lägenhet och år.

Varmluftsassagregaten i lägenheterna kräver tillsyn och service omfattande bland annat ett filterbyte per år. Kostnaden för detta beräknas till 100 kr per lägenhet och år.

Totalt innebär detta att varmluftssystemet har en driftskostnad som överstiger det vattenburnas med 480 kr per lägenhet och år.

8 INTERVJUUNDERSÖKNING

8.1 Inledning

Syftet med intervjuundersökningen är att komplettera mätresultaten med de boendes uppfattning om klimatet i lägenheterna.

8.2 Uppläggnig

Intervjufrågorna inleds med frågor om hur länge familjen bott i lägenheten, familjens sammansättning och familjemedlemmarnas ålder. Det andra avsnittet behandlar upplevelsen av byggtekniska faktorer såsom drag från otätheter, kalla fönster, imma och kalla golv. Det tredje avsnitt behandlar innetemperaturen och det fjärde tar upp vädringsvanor. Avslutningsvis behandlas ljud, torrhet, driftskostnader och allmänna positiva och negativa omdömen.

8.3 Genomförande

Frågeformuläret presenterades i varje lägenhet vid personligt besök. Om hyresgästen så önskade skedde ifyllandet direkt vid besöket. I annat fall fyllde hyresgästen i formuläret senare och sände in det per post. Bortfallet för lägenheter där samma familj bott under hela mätperioden var 0. Dessa utgjorde 70% av det totala lägenhetsantalet. Totala svarsfrekvensen var 80%.

8.4 Resultat

I hus G med vattenburen värme har åtta lägenheter haft samma hyresgäster under hela projekttiden. I hus I med luftburen värme har sex lägenheter haft samma hyresgäster. Endast dessa 14 lägenheter har medtagits i utvärderingen.

På fråga om det är drag i lägenheten respektive om det känns kallt i närheten av fönstren har 7 respektive 5 lägenhetsrepresentanter i hus G svarat att det är bättre nu än före ombyggnaden. I hus I har en svarat att det är bättre nu än före ombyggnaden.

Ett vanligt klagomål före ombyggnaden var kalla golv. På frågan om det blivit bättre har 6 i hus G svarat att det blivit bättre eller mycket bättre medan 2 svarat oförändrat. I hus I har 4 svarat att det blivit bättre medan 2 svarat oförändrat.

Hyresgästernas uppfattning om innetemperaturen kan jämföras med uppmätta värden. I hus G har 5 angett något högre temperatur, 2 oförändrad och endast 1 mycket högre temperatur. I hus I har 4 angett högre och 2 oförändrad temperatur. Mätningarna visar att temperaturen har stigit i samtliga lägenheter med mellan 0,7 och 3,7°C. Den genomsnittliga temperaturstegringen i lägenheterna är i hus G 1,2 °C och i hus I 1,4°C.

För ljudnivån i lägenheterna har i hus G tre angett lägre ljud och i hus I har fyra angett högre ljud. Övriga har angett oförändrad ljudnivå.

På frågan om luften känns torr har i hus G fem svarat bättre och i hus I tre sämre. Övriga har svarat oförändrat. De mätningar som utförts visar på torrare luft i båda husen.

Det allmänna omdömet är mycket bättre för hus G med vattenburen värme än för hus I med luftburen värme. Fyra i hus I har angett att någon fått hälsobesvär efter ombyggnaden medan ingen i hus G har angett att de fått det. Samtliga svar i hus I tar upp något negativt omdöme medan ingen i hus G tar upp något negativt. Avslutningsvis bör noteras att de flesta svar från båda husen även innehåller positiva omdömen.

9 ANALYS

9.1 Inledning

Detta avsnitt behandlar erfarenheter från projektet. De båda husen jämförs inom respektive område. Installationernas goda och mindre goda funktion redovisas. Avslutningsvis ges ett förslag till den optimala konverteringen.

9.2 Inomhusklimat

De klimatproblem som ursprungligen fanns i husen har i allt väsentligt eliminerats. Ventilationen var före ombyggnaden otillfredsställande. Efter ombyggnaden fungerar ventilationen bättre i båda husen. Luftmängderna har inte ökats så mycket, men effektiviteten på luftutbytet är mycket högre. Den förbättrade funktionen bekräftas även av intervjuundersökningen med de boende.

I många lägenheter var det före ombyggnaden svårt att uppnå önskad inomhustemperatur på grund av dåligt fungerande elradiatorer. I hus G med vattenburen värme steg inomhustemperaturen från 20,4 till 22,0 året efter installationen. En efterjustering av värmesystemet utfördes varvid medeltemperaturen under det andra året efter installationen blev 21,6°. Genom en ytterligare justering är det möjligt att sänka den genomsnittliga temperaturen till 21,0°.

Källartemperaturen i hus G steg från 14,1 till 16,3°. Vid efterjusteringen sänktes denna 15,5°. Även här är en ytterligare sänkning möjlig.

I hus I med luftburen värme, regleras temperaturen individuellt i varje lägenhet med en termostat. Medeltemperaturen i lägenheteran steg från 20,8° till 22,2°. I flera av dessa lägenheter var det även efter installationen av det nya värmesystemet svårt att hålla önskad temperatur. Se avsnitt 9.7. Källartemperaturen i hus I steg från 14° till 19°. Trots viss efterjustering är temperaturen fortfarande för hög. En ytterligare sänkning är här erforderlig.

Problemen med drag och kalla golv har minskat kraftigt. Emellertid noteras att temperaturgradienten i huset med luftburen värme ändrat karaktär. Den berodde tidigare på kalla golv och beror nu på att det bildas en varmluftskudde högst upp i rummen.

9.3 Luftrörelser

Tillförseln av undertempererad friskluft i garderobsocklarna i hus G sker i stort sett problemfritt. Klagomål har förekommit någon gång då lufttemperaturen understigit 18° alltför mycket. Detta utförande ger en mycket effektiv ventilation.

I hus I med luftburen värme sker tillförseln av cirkulationsluft med mycket högre hastighet än i hus G. På grund av att cirkulationsluften är varm och att tillförseln sker nära taket sker även denna tillförsel utan problem.

9.4 Ljud

Installationerna i hus G är praktiskt taget ljudlösa.

Det luftburna värmesystemet i hus I har i många lägenheter en ljudnivå som upplevs som störande. Detta är det luftburna värmesystemets största nackdel.

9.5 Luftfuktighet

I vissa fall förekommer klagomål på torr luft. Det är naturligt att inomhusluften blir torr vid låg utetemperatur och stor ventilationsluftmängd.

För att komma i från dessa problem, utan att använda befuktning, måste variabla luftmängder användas. Vid låga utetemperaturer minskas tilluft och frånluft. Nackdelen med något mindre luftomsättning uppvägs av mindre problem med torr luft.

9.6 Energianvändning

För hus G har medeltemperaturen i lägenheterna enligt avsnitt 9.2 ökat med $1,2^{\circ}$ och luftomsättningen med 20%. Den totala normalårskorrigerade energianvändningen har trots detta minskat med 5%. Den i avsnitt 3.2 angivna målsättningen att drivelen skulle öka så litet som möjligt och att den totala energianvändningen skulle minska måste därmed anses vara uppfylld.

För hus I har medeltemperaturen i lägenheterna ökat med $1,4^{\circ}$. Dessutom har temperaturen i källaren ökat med 5° . Luftomsättningen i hus I har ökat med 15%. Den totala normalårskorrigerade energianvändningen har ökat med 11%.

Energianvändningen för uppvärmning är i stort sett oförändrad. De poster som ökat är drivel i lägenheter, drivel i fastigheten och varmvatten. För hus I har det således inte lyckats med att uppfylla målsättningen att energianvändningen skulle minska.

9.7 Installationer

Nedan följer en genomgång av erfarenheterna från de installerade systemen. Först beskrivs det vattenburna och det luftburna värmesystemet och därefter ventilationsanläggningarna. Avslutningsvis noteras några erfarenheter från de avvikande installationerna.

Det vattenburna värmesystemet med radiatorer har haft en mycket god funktion med jämn rumstemperatur. Hyresgästerna har genomgående varit mycket nöjda.

Elpannorna i de båda husen har periodvis fungerat mindre bra. Temperaturen har pendlat och ibland har avvikelser från önskade temperaturer noterats. Anledningen till den mindre goda funktionen är sannolikt placeringen av temperaturgivare inne i pannorna. Vattenflödet i systemen är relativt lågt och temperaturgivarna hinner inte reagera innan överhettningsskyddet begränsar effekttillförseln. En bättre funktion har uppnåtts genom att nya temperaturgivare placerats i rörledningen utanför pannorna. I huset med radiatorer, som har ett jämnt vattenflöde, har funktionen härigenom blivit godtagbar. I huset med luftvärmeaggregat är elpannans funktion, även efter ändrad givarplacering, inte fullgod. Anledningen är att luftvärmeaggregaten är försedda med tvåvägs styrventiler. När många styrventiler är stängda blir vattenflödet genom elpannan mycket lågt och styrningen fungerar otillfredsställande. En lösning på detta är att installera en förbigångsventil i systemet för att öka flödet genom elpannan.

De luftburna värmesystemet med luftvärmeaggregat i varje lägenhet har en tekniskt godtagbar funktion. Vissa problem har noterats för de aggregat som installerats i klädkammare. Luftvärmeaggregaten reglerar i standardutförande på en termostat monterad inne i aggregatet. Regleringen på de aggregat som är monterade i klädkammare fungerar härvid mindre bra eftersom den inte känner temperaturen direkt i lägenheten utan endast i klädkammaren. Regleringen på dessa aggregat har byggts om på så sätt att en separat rumsgivare monterats i hallen. De vanligaste klagomålen på luftvärmeaggregaten rör ljudnivån. Om ytterligare ljuddämpare och grövre kanaler skall installeras medför detta att ytterligare utrymme tas i anspråk. I praktiken är en sådan lösning inte möjlig. I de badrum som ligger vid yttervägg har det varit svårt att hålla godtagbar temperatur. En tänkbar lösning är att behålla elradiatorerna i dessa badrum.

De centrala luftbehandlingsaggregaten har fungerat mycket bra. Överdimensioneringen har gjort att ljudnivån är låg, värmeväxlarnas verkningsgrad är hög och drivelanvändningen är låg. Ett fel har uppträtt på ett av aggregaten då ett spjäll lossnade från spjällaxeln. Drivelen per m^3 luft till aggregatet i hus I är något högre än i hus G. Tilluften i hus I tillförs i luftvärmeaggregaten där den blandas med cirkulationsluft. Tilluften i hus G tillförs i galler i garderobssocklarna. Tryckfallet i gallren är mycket lägre än tryckfallet i luftvärmeaggregaten. Detta är sannolikt anledningen till den högre drivelanvändningen i hus I.

För de installationer som avviker från ovanstående standardutförande kan följande erfarenheter noteras. I lägenhet 2E tillförs friskluft i klädkammaren och i

lägenhet 2F tillförs den i hallen. Båda dessa installationer ger en godtagbar funktion, dock inte med samma höga luftutbyteseffektivitet som i standardfallet.

Värmesystemet i lägenhet 2B i form av golvlister har efter läckageproblem i början haft en godtagbar funktion. Emellertid är denna lägenhet den som har lägst temperatur i hus G och den som sätter gräns för lägsta framledningstemperaturen från elpannan. Golvlister-systemet var något dyrare än standardlösningen.

I vardera ett sovrum i lägenheterna 6E och 6H är tilluftsdonen i det luftburna värmesystemet utförda i form av en textilslang enligt figur 4.10. Detta utförande ger i vissa avseenden en bättre funktion än bakkantsinblåsningen. Tilluften tillförs med lägre hastighet och varmluftskudden vid tak blir inte lika utpräglad. Emellertid är de använda komponenterna med aluminiumlister allför dyrt för att vara ett realistiskt alternativ.

9.8 Den optimala konverteringen

Den centrala luftbehandlingsanläggningen är lika i de båda husen. Den har fungerat mycket bra och bör ingå i framtida konverteringar. Tillförsel av tilluft i garderobssocklar har gett den bästa luftutbytes-effektiviteten.

De två värmedistributionssystemen har båda fungerat bra. Emellertid har inte det luftburna systemet varit bättre än det vattenburna i något avseende och framtida konverteringar föreslås därför ske med vatten-radiatorer. De fall där luftburen värme blir billigare än vattenburen är när uppvärmningsbehoven är så små att luftvärmeaggregat inte behövs i varje lägenhet utan där tilluften kan eftervärmas med ett batteri för varje lägenhet.

Den här aktuella konverteringen har stannat vid distributionssystem och elpannor. Den totala konverteringen omfattar även fjärrvärmeundercentral som i det aktuella området är tänkt att placeras i en ny byggnad vid den intilliggande slalombacken.

Den optimala konverteringen omfattar således en ny fjärrvärmeundercentral vid slalombacken, en central luftbehandlingsanläggningen i varje hus, tilluftsdon i garderobssocklarna och ett vattenburet distributions-system med radiatorer.

LITTERATUR

Atterhem, L, 1991, Elersättning med fjärrvärme i hyreshus i Skellefteå. Slutrapport SEU-projekt 6301. Skellefteå Kraft, Skellefteå.

Berndtsson, L & Nord, B, 1988, Hur används fastighetsdelen i flerbostadshus. Resultat från mätningar i tre objekt. Rapport R108:1988. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

Berndtsson, L, 1989, Förutsättningar för minskad elvärme inom bostadssektorn. Rapport R105:1989. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

Blomsterberg, Å, 1986, Luftburen värme - beskrivning och utvärdering av ett småhus i Täby. SP-RAPP 1986:30, Borås.

Bostads- och byggnadsstatistik årsbok, 1991, Statistiska centralbyrån, Stockholm.

Göransson, P, Qvist, B & Sällborn Werner, C, 1989, Konvertering från direktelvärme till luftvärmesystem i flerbostadshus i Råslätt. Rapport R25:1989. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

Hus och Hälsa, Inneklimat och energihushållning, 1990. Rapport T4:1990. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

Höjerdal, P, Jacobsson, S & Lindgren, S, 1984, Luftvärmesystem i bostäder - krav och rekommendationer. Rapport R71:1984. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

Isaksson, T, 1988, Elvärme i småhus. Rapport 2000 - 1988-02-15. Vattenfall Uppdrag 2000, Stockholm.

Jägbeck, PO, Werner, G & Engvall, K, 1988, Air heating Systems i airtight multifamily residential buildings. 9th AIVC Conference, Gent, Belgium.

Kellner, J, Nilsson, R & Wikander, GR, 1988, Konvertering av direktelvärmade småhus till fjärrvärme. Rapport R81:1988. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

Lagergren, S, 1991, Ersättning av direktelvärme i hyresfastigheter med fjärrvärme. Slutrapport SEU-projekt RE-6342. Roslags Energi, Åkersberga.

Levin, P & Isaksson, T, 1991, Österåkersprojektet, Pilotprojekt för konverteringsteknik för direktelvärmade småhus. Vattenfall Uppdrag 2000, Stockholm.

Ljunghill, V & Sedvallsson, J, 1990, Ombyggnad av tre småhus från elradiatorer till vattenburen värme. Rapport R36:1990. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

Nilsson, A, Hjalmarsson, C & Walter A, 1990, Effektivisering och ersättning av el i direktelvärmade flerbostadshus. Rapport R41:1990. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm.

Sandberg, E & Lilliengren, U, 1988, Effektivare elanvändning i flerbostadshus - nyproduktion. K-konsult, Stockholm.

BILAGA 1 DE BOENDES UPPFATTNING OM OMBYGGNADEN.
Sammanställning av intervjusvar.

	<u>Hus G</u>	<u>Hus I</u>
1 Antal lägenheter i analysen.	8	6
2 Medelantal personer per lägenhet	2,0	2,0
3 Personernas medelålder	53 år	42 år
4 Har Ni uppmärksammat drag i lägenheten efter ombyggnaden?	3 ja 5 nej	3 ja 3 nej
Är det bättre än före ombyggnaden?	7 bättre 1 oförändrat	1 bättre 5 oförändrat
5 Brukar det kännas kallt i närheten av fönstren vintertid?	1 ja 7 nej	4 ja 2 nej
Är det bättre än före ombyggnaden?	5 bättre 3 oförändrat	1 bättre 5 oförändrat
6 Brukar det bli imma på fönstren vintertid?	0 ja 8 nej	3 ja 3 nej
Är det bättre än före ombyggnaden?	8 oförändrat	2 sämre 4 oförändrat
7 Brukar det kännas kallt på golvet vintertid?	2 ja, mycket 2 ja, men ej besvärande 4 nej	1 ja, mycket 4 ja, men ej besvärande 1 nej
Är det bättre än före ombyggnaden?	4 mkt bättre 2 bättre 2 oförändrat	4 bättre 2 oförändrat
8 Är temperaturen i lägenheten högre eller lägre än före ombyggnaden?	1 mkt högre 5 ngt högre 2 oförändrad	4 ngt högre 2 oförändrad

	<u>Hus G</u>	<u>Hus I</u>
9 Om Ni försöker hålla en bestämd temperatur i lägenheten, lyckas detta i allmänhet?	8 ja	3 ja 3 nej
Är det bättre än före ombyggnaden	6 bättre 2 oförändrat	3 bättre 3 sämre
10 Brukar tilluften kännas för kall vintertid?	1 ja, mycket 2 ja, men ej besvärande 5 nej	1 ja, men ej besvärande 5 nej
11 Upplever Ni luftrörelserna som för stora?	4 ja, men ej besvärande 4 nej	6 nej
12 Vädrar Ni mer eller mindre än före ombyggnaden?	3 mindre 5 oförändrat	5 oförändrat 1 mer
13 Har ljudnivån inomhus påverkats av ombyggnaden?	3 tystare 5 oförändrat	2 oförändrat 4 högre ljud
14 Tycker Ni att luften känns torrare i lägenheten vintertid efter ombyggnaden?	3 oförändr 5 bättre	3 ja 3 oförändr
15 Har någon i familjen fått något hälsobesvär efter ombyggnaden.	8 nej	4 ja 2 nej
16 Kan Ni ange något annat negativt med ombyggnaden.	8 nej	6 ja a)
17 Kan Ni ange något annat positivt med ombyggnaden.	5 ja c) 3 nej	6 ja b)

- a) Exempel på negativa omdömen hus I:
Kan ej ställa temperaturen.
Instruktion till luftvärmeaggregatet saknas.
Mycket störningar vid ombyggnaden.
Det förbannade oljudet.
Den torra luften.
Den ojämna, okänsliga värmen som inte hänger med utetemperaturens växlingar vintertid.
Det eviga springandet i lägenheten, vore önskvärt att det gick att kolla i källaren eller dylikt.
Oerhört dammsamlande vid filter och don.
För kallt i badrummet.
Dålig värme i badrummet - handdukstork eller dylikt bör installeras.
Kanaler genom badrum och hall är fula och bör byggas in.
Kanalerna samlar damm och är svåra att städa.
Fult med alla synliga kanaler.
Filtret i aggregatet tätar dåligt.
- b) Exempel på positiva omdömen hus I:
Varmare golv.
Billigare.
Tilluften.
Skön värme - jämnare värme.
Radiatorerna försvann.
Bättre luftkapacitet.
Tobaksrök vädras bort fortare.
Jämnare inomhustemperatur.
Blommorna mår bättre.
- c) Exempel på positiva omdömen hus G.
Mycket bättre nu än innan.
Skönare värme.
Bättre luft.
Mindre torr luft.
Skönare.
Vattenradiatorer bättre än elradiatorer.
Golvdraget är borta.
Luften är mycket bättre - man mår bra.
Blommorna mår bättre.

BILAGA 2



ENERGITEKNIK
Reinhold Larsson, ub1/2232C
Tfn 033 - 16 55 08

RAPPORT 1 (25)
Datum/Date Beteckning/Reference
1990-05-29 89E2 1911
Ert datum/Your date Er referens /Your reference

Mätning av luftutbyteseffektivitet i tre olika lägenheter i område
Furulund, Bräcke
(4 bilagor)

I området Furulund i Bräcke har två huskroppar konverterats från direktverkande el till luftburen värme eller vattenburen värme med FTX-ventilation.

Mätningarna av luftutbyteseffektivitet i tre lägenheter utfördes vid två tillfällen, vecka 016 och 018.

En lägenhet av varje ventilationstyp utvaldes, dvs en lägenhet med luftburen värme, en lägenhet med FTX-aggregat och en lägenhet med direktel och mekanisk frånluft.

- Lgh 6 K Ett centralt placerat ventilationsaggregat med värmewäxling mellan frånluft och uteluft. Varje lägenhet är dessutom utrustad med ett separat luftvärmeaggregat. Lägenheten utgörs av 4 rum och kök.
- Lgh 2 A Ett centralt placerat ventilationsaggregat med värmewäxling mellan frånluft och uteluft. Varje lägenhet är tilluftsdon placerat vid golvet i vardagsrummet. Lägenheten utgörs av 2 rum och kök.
- Lgh 5 C En lägenhet där ingen ombyggnad är gjord. Lägenheten har enbart mekanisk frånluft och ingen form av tilluftsdon. Uteluften beräknas komma in genom otätheter i lägenhetens fönster och dörr. Lägenheten utgörs av 2 rum och kök.

MÄTRESULTAT

Mätresultat med kommentarer redovisas i bilaga 1 - 4 med följande innehåll:

Bilaga 1

Luftflödesmätningar över aggregat VA 6 (hus 1) och aggregat VA 2 (hus 6).

Bilaga 2

- Luftutbyteseffektivitet i lägenhet 6 K
- Tilluftsflöden under mätperioden
- Frånluftsflöden under mätperioden
- Temperaturer under mätperioden

Postadress Box 857 501 15 BORÅS	Besöksadress Brinellgatan 4 BORÅS	Telefon 033-16 50 00	Telex 36252 testing S	Telefax 033-13 55 02	Bankgiro 715-1053	Postgiro 156 82-8
Postal address P.O. Box 857 S-501 15 BORÅS, Sweden	Office Brinellgatan 4 BORÅS	Telephone + 46 33-16 50 00	Telex 36252 testing S	Telefax + 46 33-13 55 02		Postal account 156 82-8



RAPPORT

2

1990-05-29

89E2 1911

Bilaga 3

- Luftutbyteseffektivitet i lgh 2 A
- Tilluftsflöden under mätperioden
- Frånluftsflöden under mätperioden
- Temperaturer under mätperioden
- Luftutbyteseffektivitet i lgh 2 A med förtäckta fönster
- Tilluftsflöden under mätperioden
- Frånluftsflöden under mätperioden
- Temperaturer under mätperioden

Bilaga 4

- Luftutbyteseffektivitet i lgh 5 C
- Frånluftsflöden under mätperioden
- Temperaturer under mätperioden

SAMMANFATTNING

Mätningarna av luftutbyteseffektiviteten i de tre olika lägenheterna visar att man avsevärt förbättrat ventilationen med de ombyggda värme- och ventilationssystemen i lägenheterna.

I lägenhet 6 K uppnåddes en luftutbyteseffektivitet på ca 42 %, vilket kan betecknas som i det närmaste fullständig omblandning av luften, men med stagnation på några ställen. I lägenhet 2 A uppnåddes fullständig omblandning, dvs en luftutbyteseffektivitet på ca 50 %. I lägenhet 5 C, som i detta fall utgör referenslägenhet och där ingen ombyggnad gjorts, blev luftutbyteseffektiviteten ca 30 %.

För ett väl fungerande omblandande ventilationssystem skall luftutbyteseffektiviteten ligga mellan 45 och 55 %.

STATENS PROVNINGSANSTALT
Energi- och anläggningsteknik

Knut-Olof Lagerkvist



Reinhold Larsson



2232C/3

RAPPORT

Bilaga 1

3

1990-05-29

89E2 1911

LUFTFLÖDESMÄTNINGAR FURULUND

Mätmetod och utrustning

Luftflödet över aggregatet har bestämts enligt metod (A3) i NVG T32:1982.

- Spärgas N₂O
- Analysator Binos nr 1.1, nr 20 573 695 015
- Massflödesmätare SN 84.06.1478 A/S TF-112-TA

Hela spärgasutrustningen är kalibrerad som en enhet enligt kalibreringsprotokoll 1989-06-12.

- Barometer typ Paulin
- Kalibreringsgas N₂O + nitrogen
- Temperaturgivare. Installerade temperaturgivare på platsen har använts för registrering av aktuell temperatur.

Varje mätpunkt har körts vid tre olika koncentrationsnivåer av spärgas. Luftflödet som anges är ett medelvärde av flödet från dessa tre koncentrationsnivåer.

Hus 1, aggregat VA 6 (1990-04-18)

Uppmätt tilluftsflöde över TF-VA 6:
0,30 m³/s = 1080 m³/h ± 90 m³/h.

Uppmätt frånluftsflöde över FF-VA6:
0,37 m³/s = 1330 m³/h ± 105 m³/h.

Läckage förekommer i värmväxlarpaketet. Läckaget sker från uteluftskanalen över till FF-VA 6 och uppgår till ca 170 m³/h ± 20 m³/h.

Temperaturer vid mätpunkterna i aggregatet

Frånluft	20,5 °C
Tilluft	19,0 °C
Uteluft	7,8 °C
Avluft	15,1 °C
Lufttryck	980 hPa

Hus G, aggregat VA 2 1990-04-17

Uppmätt tilluftsflöde över TF-VA 2:
0,36 m³/s = 1280 m³/h ± 105 m³/h.

Uppmätt frånluftsflöde över FF-VA 2:
0,43 m³/s = 1550 m³/h ± 125 m³/h.

Läckage förekommer i värmväxlarpaketet. Läckaget sker från uteluftskanalen över till FF-VA 2 och uppgår till ca 180 m³/h ± 20 m³/h.



2232C/4

RAPPORT

1990-05-29

Bilaga 1

89E2 1911

4

Temperaturer vid mätpunkterna i aggregatet:

Frånluft	21,0 °C
Tilluft	18,3 °C
Uteluft	8,5 °C
Avluft	14,7 °C
Luftryck	973 hPa



2232C/5

RAPPORT

Bilaga 2

5

1990-05-29

89E2 1911

Luftutbyteseffektivitet lqh 6 K

Mätningarna utfördes den 17 och 18 april 1990.

Mätpunkterna har placerats enligt figur 1 i frånluftsdon i kök, bad och wc. I övrigt har mätpunkterna placerats i respektive rums vistelsezon på 1,1 meters höjd över golvet.

Bestämning av luftflöde enligt mätmetoder i T32:1982 NVG:

Rum	Tilllufts- flöde, l/s	Frånlufts- flöde, l/s
Kök	11,5	10
Sovrum 204	17	-
Sovrum 207	10,5	-
Sovrum 209	15	-
Vard.rum don 1	11,5	-
" don 2	11,5	-
" don 3	11,5	-
Bad	8	14
WC	7,5	10
Summa	104 l/s	34 l/s

Uppmätt friskluftsflöde till lägenheten 32 l/s.

Ssmmanställning:

Tilluft 104 l/s \pm 6 l/s
 Uteluft 32 l/s \pm 3 l/s
 Frånluft 34 l/s \pm 3 l/s
 Återluft 72 l/s \pm 7 l/s

Återluftsgraden har beräknats som skillnaden mellan tilluftsflödet och uteluftsflödet.



2232C/6

RAPPORT

Bilaga 2

6

1990-05-29

89E2 1911

Beräkning av friskluftsventilationen med hjälp av kontinuerlig spargasmätning enligt Nordtest-projekt 622-86:

Mätpunkt	Rum	Friskluftsflöde under mätperioden, l/s
F1	Vardagsrum	3,6
F2	Sovrum 209	2,2
F3	Sovrum 207	5,3
F4	Bad (med frånluftsdon)	1,2
F5	WC (med frånluftsdon)	12,6
F6	Sovrum 204	3,6
F7	Kök (med frånluftsdon)	1,4
F8	Kök	0,6
F9	Hall	0,3
	Summa	31 l/s \pm 3 l/s

Luftutbyteseffektiviteten beräknas genom en sammanvägning av mät-punkterna i frånluftsdonen (enligt metodbeskrivning NT VVS 019 och 047) under avklingningsförloppet. Spargasmätningen utfördes under nattetid med frånslagen värme, dvs ingen övertemperatur förekom under mätperioden. Temperaturerna under mätperioden framgår av sidan 8 till 10. Inblåsningstemperaturen på tilluften framgår på sidan 11.

Luftutbyteseffektiviteten har bestämts till 42 % \pm 5 procent-enheter. Lägenhetens volym har beräknats till 201 m³.

Nominella tidskonstanten 1,8 h.

De lokala mätpunkternas lokala medelålder har under mätperioden uppgått till följande.

Mätpunkt	Lokal medelålder
F1	1,9 h
F2	2,0 h
F3	1,9 h
F6	1,7 h
F8	2,1 h
F9	2,0 h

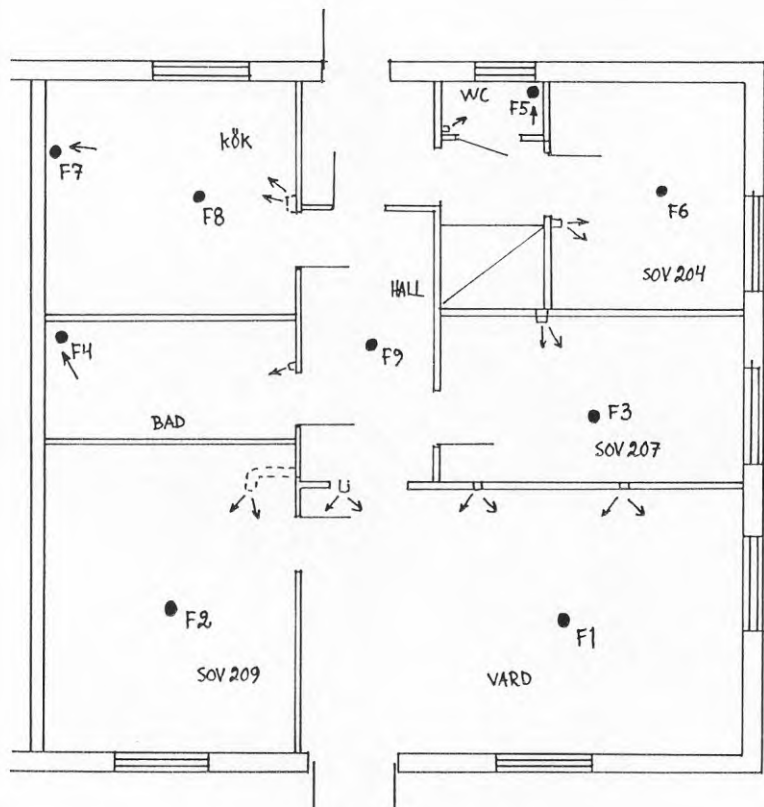
Under mätningen var dörren till sovrums 209 öppen, medan dörrarna till sovrums 207, 204, WC och bad var stängda.

RAPPORT
1990-05-29

Bilaga 2 7
89E2 1911

FIGUR 1

Mätpunkternas placering i lägenhet 6K.



RAPPORT

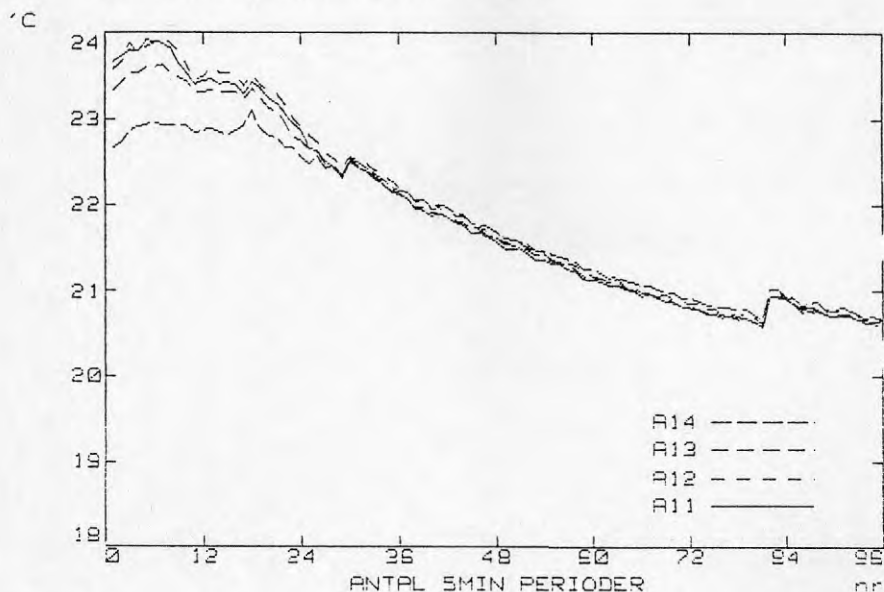
8

1990-05-29

89E2 1911

BRACKE 900419 LGHEK
TEMPERATURNIVÅER I MATPUNKT 1

Observationsintervall: 1 - 96



BENÄMNINGAR

A11=TEMPERATUR PA 1.8 M:S HOJD

A12=TEMPERATUR PA 1.1 M:S HOJD

A13=TEMPERATUR PA 0.6 M:S HOJD

A14=TEMPERATUR PA 0.1 M:S HOJD

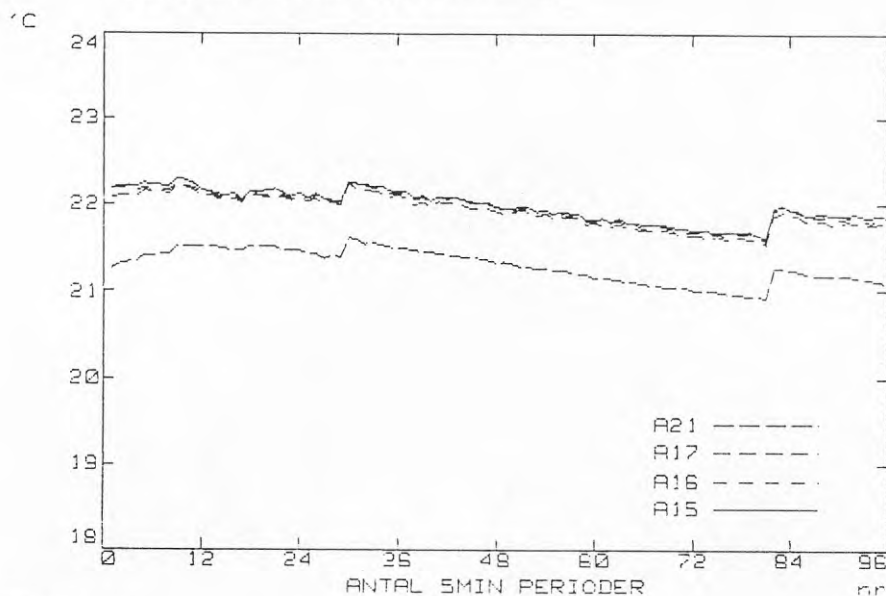
Stat ber	A11 ()	A12 ()	A13 ()	A14 ()
1 ANTAL	96.00	96.00	96.00	96.00
2 MIN	20.59	20.63	20.58	20.66
3 MAX	23.91	23.93	23.63	23.12
4 SUMMA	2100.	2106.	2097.	2091.
5 MEDELV	21.88	21.94	21.84	21.78
6 STDAVV	1.089	1.093	1.022	0.818

RAPPORT
1990-05-29

9
89E2 1911

BRACKE 900419 LGHEK
TEMPERATURNIVAER I MATPUNKT I BADRUM

Observationsintervall: 1 - 96



BENAMNINGAR

A15=TEMPERATUR PA 1.8 M:3 HOJD
A16=TEMPERATUR PA 1.1 M:3 HOJD
A17=TEMPERATUR PA 0.6 M:3 HOJD
A21=TEMPERATUR PA 0.1 M:3 HOJD

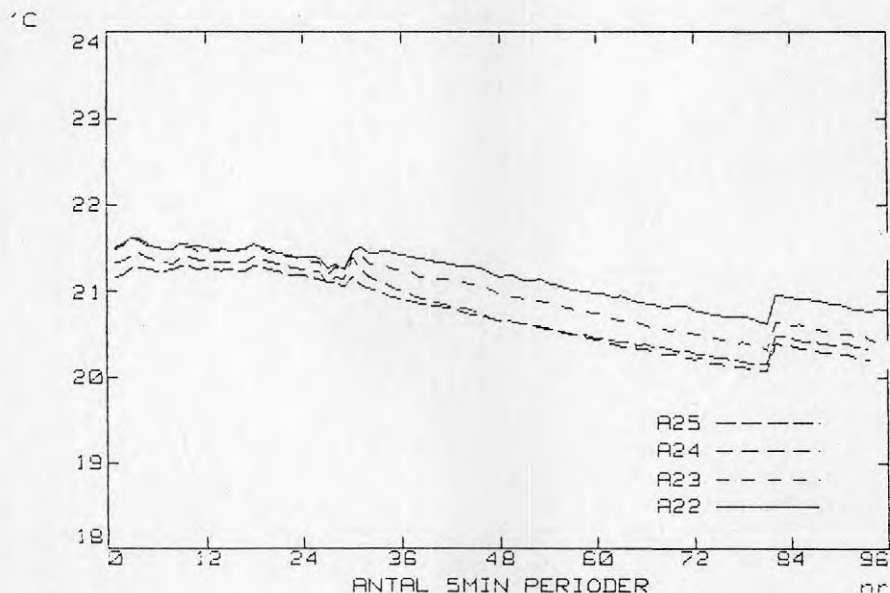
Stat ber	A15 ()	A16 ()	A17 ()	A21 ()
1 ANTAL	96.00	96.00	96.00	96.00
2 MIN	21.61	21.59	21.55	20.92
3 MAX	22.31	22.25	22.24	21.62
4 SUMMA	2111.	2109.	2105.	2045.
5 MEDELV	21.99	21.97	21.93	21.30
6 STDAVV	0.183	0.181	0.183	0.185

RAPPORT
1990-05-29

10
89E2 1911

BRACKE 900418 LGHEK
TEMPERATURNIVAER I MATPUNKT 8 (KOK)

Observationsintervall: 1 - 96



BENAMNINGAR

A22=TEMPERATUR PA 1.8 M:S HOJD

A23=TEMPERATUR PA 1.1 M:S HOJD

A24=TEMPERATUR PA 0.6 M:S HOJD

A25=TEMPERATUR PA 0.1 M:S HOJD

Stat ber	A22 ()	A23 ()	A24 ()	A25 ()
1 ANTAL	96.00	96.00	96.00	96.00
2 MIN	20.63	20.32	20.07	20.16
3 MAX	21.63	21.64	21.45	21.32
4 SUMMA	2032.	2015.	1993.	1991.
5 MEDELU	21.17	20.98	20.76	20.74
6 STDAVV	0.301	0.413	0.472	0.390

RAPPORT

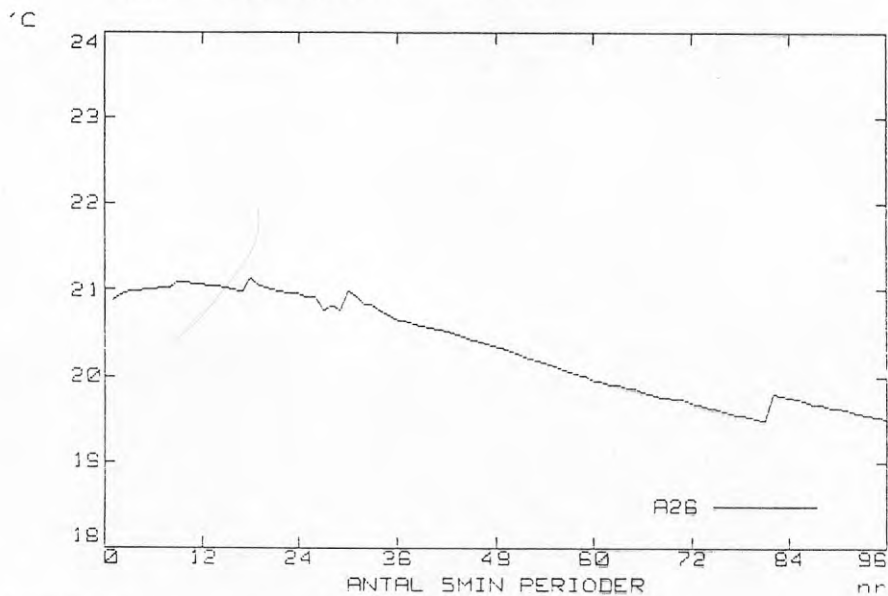
11

1990-05-29

89E2 1911

BRACKE 900418 LGH6K
INBLASNINGSTEMPERATUR PA TILLUFT

Observationsintervall: 1 - 96



BENÄMNINGAR

A26=INBLASNINGSTEMPERATUR TILLUFT

Stat ber	A26 ()
1 ANTAL	96.00
2 MIN	19.48
3 MAX	21.14
4 SUMMA	1951.
5 MEDELV	20.32
6 STDAVV	0.573



RAPPORT

Bilaga 2

12

1990-05-29

89E2 1911

2232C/12

KOMMENTARER

Överensstämmelsen mellan totalt uppmätt friskluftsflöde och uppmätt friskluftsflöde med hjälp av spårgas visar att det inte sker något nämnvärt läckage i lägenhetens omslutningsarea utan att större delen av friskluften kommer in via kanalsystemet.

Luftutbyteseffektiviteten på ca 42 % visar en i det närmaste fullständig omblandning av luft i lägenheten. I och med att värdet ligger något under 50 % (fullständig omblandning) finns dock en viss kortslutning mellan tilluft och frånluft i lägenheten.

Under mätningen förekom ingen övertemperatur på tilluftsdon. Vid övertemperatur kan föreligga risk att den varmare luften hålls kvar vid taknivå, om inte luftströmmen är tillräckligt kraftig för att pressa ner den varma luften mot golvet. Om detta inträffar, ökar kortslutningseffekten väsentligt.

Inga omfattande temperaturvariationer förekommer i höjdlid i lägenheten. Detta kan bero på det relativt milda klimat som rådde under hela mätperioden.



2232C/13

RAPPORT

Bilaga 3

13

1990-05-29

89E2 1911

Luftutbyteseffektivitet i lgh 2 A, mätning 1

Mätningen utfördes den 2 maj 1990.

Mätpunkterna har placerats enligt figur 2 i frånluftsdon i kök, badrum och sovalkov. I övrigt har mätpunkterna placerats i respektive rums vistelsezon på 1,1 meters höjd. I vardagsrummet har två mätpunkter placerats, varav den ena består av mätpunkter på tre olika höjder; 0,1, 1,1 och 2,1 meters höjd.

Bestämning av luftflöde enligt mätmetoder i NVG:

Badrum	13,4 l/s
Kök	13,6 l/s
Sovalkov	4,2 l/s

Uppmätt tilluftsflöde till lägenheten (uppmätt i kanal till lägenheten) 31 l/s.

Sammanställning:

Frånluft	31 l/s ± 3 l/s
Tilluft	31 l/s ± 3 l/s

Beräkning av friskluftsventilationen med hjälp av kontinuerlig spårgasmätning enligt Nordtest-projekt 622-86:

Mätpunkt	Rum	Friskluftsflöde under mätperioden, l/s
F1	Kök	2,2
F2	Kök (med frånluftsdon)	3,6
F3	Bad (med frånluftsdon)	1,1
F4	Vardagsrum 1,1 m	5,0 l/s
F5	Sovalkov (med frånluftsdon)	-
F6	Vardagsrum 1,1 m	-
F7	Hall	0,3 l/s
F8	Vardagsrum 2,1 m	0,2 l/s
F9	Vardagsrum 0,1 m	<u>21,0 l/s</u>
	Summa	33 l/s ± 4 l/s

Luftutbyteseffektiviteten beräknas genom en sammanvägning av mätpunkterna i frånluftsdonen i kök, badrum och sovalkov. Spårgasmätningen utfördes under en eftermiddag (den 2 maj 1990). Värmetillförseln i lägenheten var helt frånslagen under hela mätperioden. Däremot förekom en intensiv solbelysning genom lägenhetens fönster under hela den tid som mätningen pågick.

Temperaturerna under mättiden framgår på sidan 15. Inblåsningstemperaturen har stigit under mätperioden, troligen beroende på stigande utetemperatur.



2232C/14

RAPPORT

Bilaga 3

14

1990-05-29

89E2 1911

Luftutbyteseffektiviteten har bestämts till $49 \% \pm 5$ procentenheter. Lägenhetens volym har beräknats till 110 m^3 .

Nominella tidskonstanten 1,0 h.

De lokala mätpunkternas lokala medelålder har under mätperioden uppgått till följande.

<u>Mät punkt</u>	<u>Lokal medelålder</u>
F1	1,0 h
F4	0,9 h
F6	0,9 h
F7	0,9 h
F8	0,9 h
F9	1,1 h

Under mätningen var dörren till vardagsrummet öppen, medan dörarna till sovalkov och badrum var stängda.

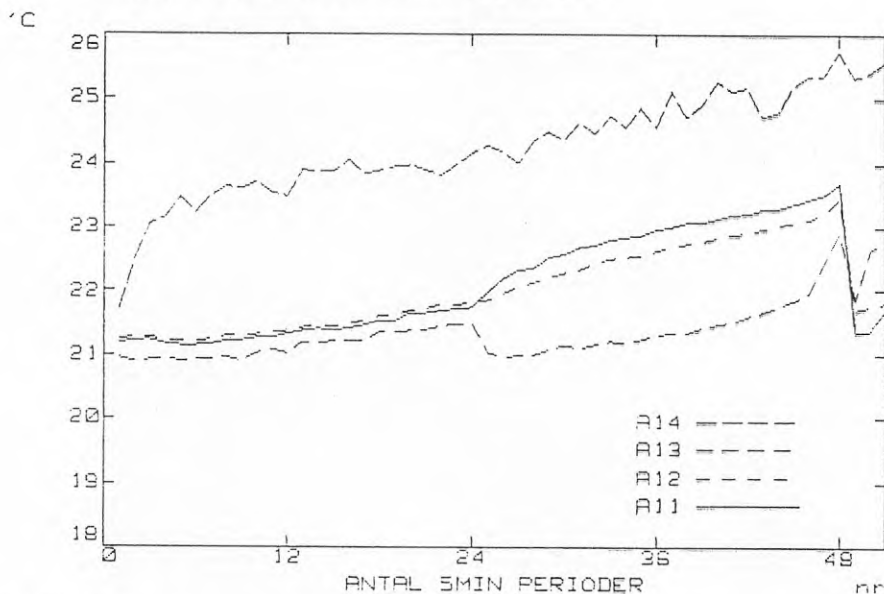
RAPPORT
1990-05-29

Bilaga 3
89E2 1911

15

BRACKE 900502 LGH2A MATNING 1
TEMPERATURNIVAER I MATPUNKT (4,8,9)

Observationsintervall: 122 - 172



BENÄMNINGAR

A11=TEMPERATUR PA 0.1 M:S HOJD
A12=TEMPERATUR PA 1.1 M:S HOJD
A13=TEMPERATUR PA 2.1 M:S HOJD
A14=INBLASNINGSTEMPERATUR TILLUFT

Stat ber	A11	A12	A13	A14
	()	()	()	()
1 ANTAL	51.00	51.00	51.00	51.00
2 MIN	21.15	21.21	20.90	21.73
3 MAX	23.68	23.45	22.91	25.73
4 SUMMA	1128.	1123.	1090.	1237.
5 MEDELV	22.11	22.03	21.36	24.26
6 STDAVV	0.836	0.663	0.475	0.813

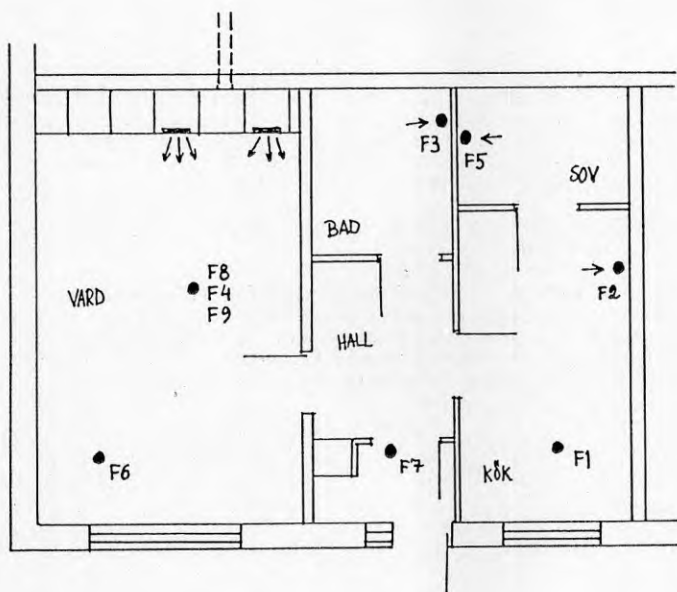
RAPPORT
1990-05-29

Bilaga 3
89E2 1911

16

FIGUR 2

Mätpunkternas placering i lägenhet 2A, mätning 1.





RAPPORT

Bilaga 3

17

1990-05-29

89E2 1911

2232C/17

KOMMENTARER

Överensstämmelsen mellan uppmätt till- och frånluftsflöde och uppmätt friskluftsflöde med hjälp av spärgas visar att större delen av friskluften kommer in via kanalsystemet, dvs luftläckage kring lägenhetens omslutningsarea är obetydlig.

Luftutbyteseffektiviteten blev ca 49 %, vilket tyder på att man har fullständig omblandning i lägenheten. Av temperaturkurvorna på sidan 15 framgår att det förekommer en viss övertemperatur på inblåsningstemperaturen i förhållande till temperaturen i lägenheten. Detta kan bidra till den fullständiga omblandningen, eftersom luften blåses in nere vid golvet. Det är dock troligt att den fullständiga omblandningen till största delen beror på solinstrålningen.

Av mätning nr 2 på lägenhet 2 A framgår att lägenheten med nuvarande system i det närmaste ändå har fullständig omblandning utan påverkan av vare sig sol eller övertemperatur. Resultatet från mätning nr 2 visar till och med att det finns en liten tendens till kolvströmning i lägenheten.

Temperaturvariationerna i höjddled i lägenheten är ca 1,5 °C mellan 2,1 och 0,1 meters höjd.

På sidan 15 framgår temperaturnivåerna under avklingningsförloppet. Avklingningsförloppet startas efter ca 2 timmars drift (dvs vid 24 5-minutersperioder enligt diagrammet på sidan 15. Under den kontinuerliga spärgasmätningen ligger temperaturnivåerna likvärdigt på grund av de fläktar som hela tiden rör om spärgasen.



RAPPORT

Bilaga 3

18

1990-05-29

89E2 1911

2232C/18

Luftutbyteseffektivitet i lgh 2 A med förtäckta fönster, mätning 2

Mätningen utfördes den 3 maj 1990.

Mätpunkterna har placerats enligt figur 3 i frånluftsdon i kök, badrum och sovalkov. I övrigt har mätpunkterna placerats i respektive rums vistelsezon på 1,1 meters höjd. I vardagsrummet har två mätpunkter placerats, varav den ena består av mätpunkter på tre olika höjder; 0,1, 1,1 och 2,1 meter.

Bestämning av luftflöde enligt mätmetoder i NVG:

Badrum	13,4 l/s
Kök	13,9 l/s
Sovalkov	4,2 l/s

Uppmätt tilluftsflöde till lägenheten (uppmätt i kanal till lägenheten) 31 l/s.

Sammanställning:

Frånluft	31 l/s ± 3 l/s
Tilluft	31 l/s ± 2 l/s

Beräkning av friskluftsventilationen med hjälp av kontinuerlig spärgasmätning enligt Nordtest-projekt 622-86:

Mätpunkt	Rum	Friskluftsflöde under mätperioden, l/s
F1	Sovalkov (med frånluftsdon)	-
F2	Badrum (med frånluftsdon)	-
F3	Kök (med frånluftsdon)	-
F4	Vardagsrum 0,1 m	36 l/s
F5	" 1,1 m	2 l/s
F6	" 1,1	4 l/s
F7	Hall	1 l/s
F8	Vardagsrum 2,1 m	-
F9	Kök	-
	Summa	43 l/s ± 5 l/s

Luftutbyteseffektiviteten beräknas genom en sammanvägning av mätpunkterna i frånluftsdonen i kök, badrum och sovalkov. Spärgasmätningen utfördes under en förmiddag (den 3 maj 1990). Värmetillförseln i lägenheten var helt frånslagen under hela mätperioden. För att förhindra strålningspåverkan från solljus var samtliga fönster förtäckta under hela mätperioden.

Temperaturerna under mättiden framgår på sidan 20. Inblåsningstemperaturen har legat på ca 20 °C under hela mätningen. Temperaturvariationen i höjddled är mellan 0,5 och 1,0 °C mellan 2,1 och 0,1 meters höjd.



2232C/19

RAPPORT
1990-05-29

Bilaga 3
89E2 1911

19

Luftutbyteseffektiviteten har bestämts till $52 \% \pm 6$ procentenheter. Lägenhetens volym har beräknats till 110 m^3 .

Nominella tidskonstanten 1,0 h.

De lokala mätpunkternas lokala medelålder har under mätperioden uppgått till följande.

<u>Mätpunkt</u>	<u>Lokal medelålder</u>
F4	1,0 h
F5	1,1 h
F6	1,0 h
F7	1,0 h
F8	1,0 h
F9	1,0 h

Under mätningen var dörren till vardagsrummet öppen, medan dörarna till sovalkov och badrum var stängda.

RAPPORT

Bilaga 3

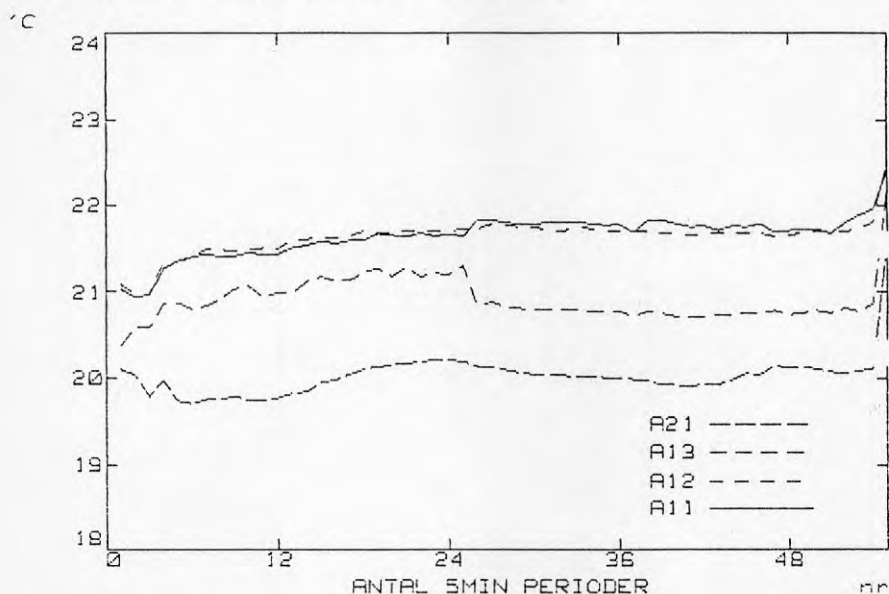
20

1990-05-29

89E2 1911

BRÄCKE 902503 LCH2A MATNING 2
 TEMPERATURNIVÅER I MATPUNKT (4,6,8)

Observationsintervall: 314 - 368



BENÄMNINGAR

A11=TEMPERATUR PÅ 2.1 M:S HÖJD

A12=TEMPERATUR PÅ 1.1 M:S HÖJD

A13=TEMPERATUR PÅ 0.1 M:S HÖJD

A21=INBLÄSNINGSTEMPERATUR TILLUFT

Stat ber	A11 ()	A12 ()	A13 ()	A21 ()
1 ANTAL	55.00	55.00	55.00	55.00
2 MIN	20.94	20.96	20.37	19.70
3 MAX	22.42	22.50	22.19	21.62
4 SUMMA	1191.	1190.	1150.	1101.
5 MEDELV	21.65	21.64	20.91	20.02
6 STDAVV	0.245	0.217	0.267	0.260

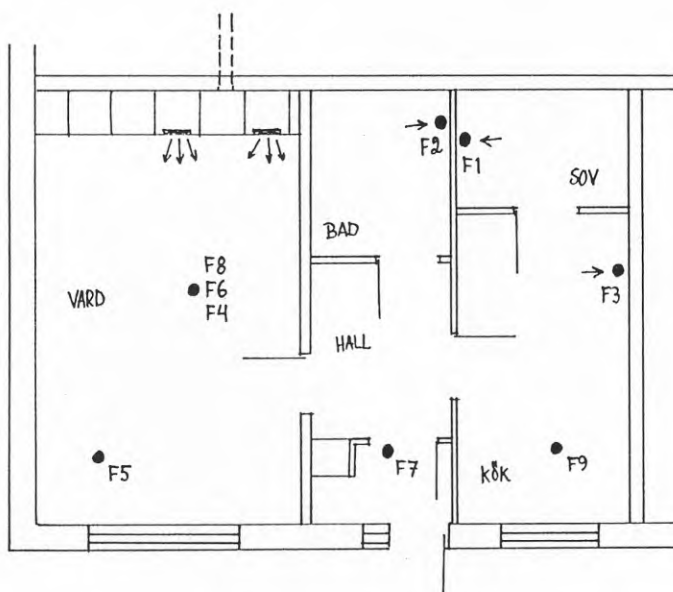
RAPPORT
1990-05-29

Bilaga 3
89E2 1911

21

FIGUR 3

Mätpunkternas placering i lägenhet 2A, mätning 2 med förtäckta fönster.





2232C/22

RAPPORT

Bilaga 3

22

1990-05-29

89E2 1911

KOMMENTARER

Överensstämmelsen mellan uppmätt till- och frånluftsflöde och friskluftsflöde med hjälp av spårgas var inte särskilt god (ca 31 l/s i förhållande till 43 l/s). Normalt kan orsaken till ett högre friskluftsflöde förklaras med otätheter i en lägenhet, dvs friskluft passerar en lägenhet okontrollerat. I detta fall är orsaken att störning har förekommit under mätningen. Lägenhetens ytterdörr har på grund av att den inneboende inte varit borta, öppnats ett flertal gånger under den kontinuerliga mätningen. Detta påverkar snabbt resultatet i hela lägenheten, då denna är relativt liten. När ytterdörren öppnas uppstår i lägenheten ett okontrollerat läckage. Av mätning nr 1 i lägenhet 2 A framgår dock att lägenheten i sig är relativt tät och att mesta delen av friskluftsflödet kommer via kanalsystemet.

Luftutbyteseffektiviteten blev ca 52 %, vilket innebär en fullständig omblandning, med hänsyn till felmarginal i mätningarna ka till och med påvisas en tendens till kolvströmning.

Skillnaden mellan mätning nr 1 och 2 är inte särskilt stor och skulle kunna förklaras med mätonoggrannhet. Det kan dock finnas möjlighet att solens påverkan i fall 1 åstadkommer en viss omblandning av luften.

Temperaturerna (sidan 20) har legat relativt konstanta under hela mätperioden.



2232C/23

RAPPORT

Bilaga 4

23

1990-05-29

89E2 1911

Luftutbyteseffektivitet i lgh 5 C

Mätningen utfördes den 3 maj 1990.

Mätpunkterna har placerats enligt figur 4 i frånluftsdon i kök, badrum och klädkammare. I övrigt har mätpunkterna placerats i respektive rums vistelsezon på 1,1 meters höjd. I vardagsrummet har två mätpunkter placerats, varav den ena består av mätpunkter på tre olika höjder; 0,1, 1,1 och 2,1 meters höjd.

Bestämning av luftflöde enligt mätmetoder i NVG:

Kök	12 l/s
Badrum	11,4 l/s
Klädkammare	4,2 l/s

Sammanställning frånluftsflöde 27,6 l/s \pm 3 l/s.

Beräkning av friskluftsventilationen med hjälp av kontinuerlig spårgasmätning enligt Nordtest-projekt 622-86:

Mätpunkt	Rum	Friskluftsflöde under mätperioden, l/s
F1	Klädkammare (med frånluftsdon)	0,6
F2	Kök (med frånluftsdon)	7,5
F3	Sovrum	1,2
F4	Kök	-
F5	Badrum (med frånluftsdon)	2,1
F6	Hall	12,8
F7	Vardagsrum 1,1 m	-
F8	" 0,1 m	-
F9	" 2,1 m	-
	Summa	24 l/s \pm 4 l/s

Luftutbyteseffektiviteten beräknas genom en sammanvägning av mätpunkterna i frånluftsdonen i kök, badrum och klädkammare. Spårgasmätningen utfördes nattetid (mellan den 2 och 3 maj 1990), med sjunkande utetemperatur. Utetemperaturen påverkade rumstemperaturen marginellt under mätperioden trots att värmeförlusten till lägenheten var helt frånslagen.

Temperaturvariationerna i höjddled var små under hela mätperioden. Skillnaden mellan 0,1 och 2,1 meters höjd var $< 1,0$ °C.

Luftutbyteseffektiviteten har bestämts till 33 % \pm 6 procentenheter. Lägenhetens volym har beräknats till 153 m³.

Nominella tidskonstanten 1,8 h.



2232C/24

RAPPORT

Bilaga 4

24

1990-05-29

89E2 1911

De lokala mätpunkternas lokala medelålder har under mätperioden uppgått till följande.

<u>Mätpunkt</u>	<u>Lokal medelålder</u>
F3	2,3 h
F4	2,1 h
F6	2,4 h
F7	2,3 h
F8	2,3 h
F9	2,3 h

Under mätningen var dörren till vardagsrummet öppen, medan dörrarna till klädkammare, sovalkov och badrum var stängda.

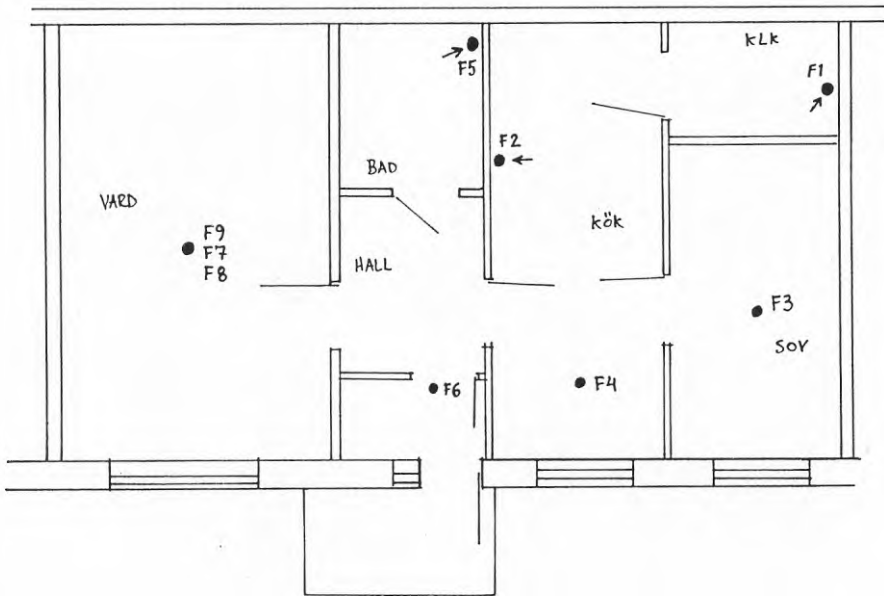
KOMMENTARER

Skillnaden i uppmätt frånluftsflöde och friskluftsflöde ligger inom mätonoggrannheten.

Luftutbyteseffektiviteten blev ca 33 %, vilket är ett klart besked på att man har en kortslutningsströmning i lägenheten, eller vilket man också kan säga, zoner med stillastående luft.

FIGUR 4

Mätpunkternas placering i lägenhet 5C, referenslägenhet.



RAPPORT

Bilaga 4

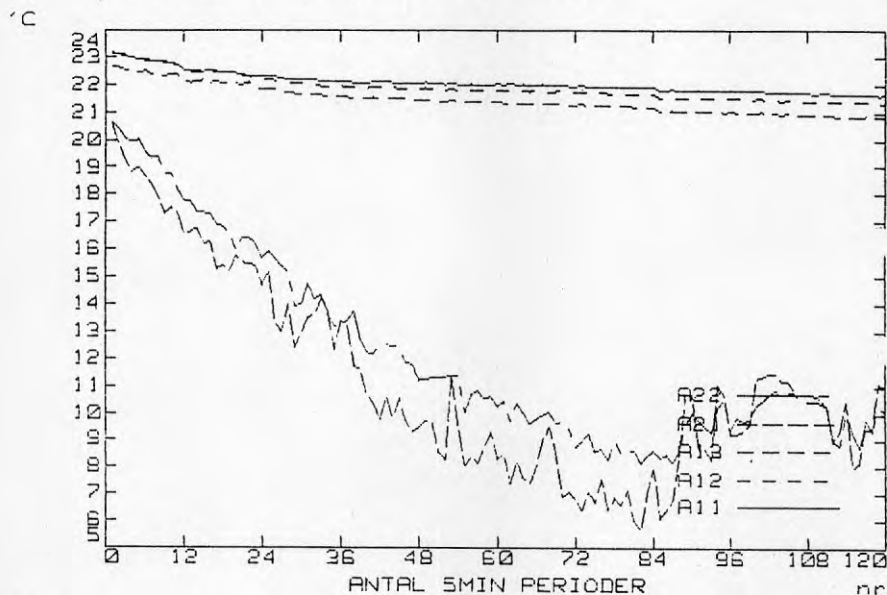
26

1989-05-29

89E2 1911

BRACKE 900502 LGH5C
 TEMPERATURNIVAER I MATPUNKT (7,8,9)

Observationsintervall: 187 - 306



BENAMNINGAR

A11=TEMPERATUR PA 2.1 M:S HOJD
 A12=TEMPERATUR PA 1.1 M:S HOJD
 A13=TEMPERATUR PA 0.1 M:S HOJD
 A21=UTETEMPERATUR AVSKARMAD
 A22=UTETEMPERATUR FRITT

Stat ber	A11 ()	A12 ()	A13 ()	A21 ()	A22 ()
1 ANTAL	120.0	120.0	120.0	120.0	120.0
2 MIN	21.61	21.33	20.83	5.660	8.180
3 MAX	23.19	23.16	22.65	20.59	20.62
4 SUMMA	2649.	2625.	2574.	1334.	1461.
5 MEDELV	22.08	21.88	21.45	11.12	12.18
6 STDAVV	0.356	0.452	0.474	3.636	3.468

R49:199
ISBN 91-540-5587-
Bygghälsö, Stockholm

Art.nr: 681304
Abonnemangsgrup
W. Installation

Distributio
Svensk Byggtjän
171 88 Solr

Cirka pris: 87 kr inkl mon