

ENERGIBESPARING I BEFINTLIGA FLERFAMILJSHUS  
Bostadsrättsföreningen Hultet, Partille.

Fredrik Norin



Denna rapport hänför sig till forsknings-  
anslag 791656-8 från Statens råd för bygg-  
nadsforskning till RNK Installationskonsult  
AB, Göteborg.

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

R82:1983

ISBN 91-540-3978-9  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm  
LiberTryck Stockholm 1983

## INNEHÅLL

FÖRORD .....	5
SAMMANFATTNING .....	7
INLEDNING .....	9
BESKRIVNING AV FASTIGHETERNA .....	11
ÅTGÄRDER FÖR ATT MINSKA ENERGIFÖRBRUKNINGEN ..	13
FÖRVÄNTADE RESULTAT .....	15
ERFARENHETER UNDER BYGGNADSTIDEN .....	17
RESULTAT AV ÅTGÄRDER .....	19
EKONOMISKA UPPGIFTER .....	21

## BILAGOR

1 TÄTHETSMÄTNINGAR .....	23
2 LUFTOMSÄTTNINGSMÄTNINGAR .....	29
3 VÄRMEÅTERVINNINGSMÄTNINGAR .....	35
4 ENERGIFÖRBRUKNING .....	51
5 KONTROLL AV LUKTÖVERFÖRING .....	59



Detta projekt avsåg ursprungligen en redovisning av den energibesparing som kunde uppnås i befintliga bostadshus bl a genom värmeåtervinning ur frånluft. Under projektets gång har emellertid så mycket byggnads- och installationstekniska ej förutsedda problem uppstått att någon fullständig analys av förändringarna i energiförsörjning ej kan göras. En orsak härtill är att anläggningen ännu ej kan anses fungera tillfredsställande (dec 1982).

Som projektör av VVS-installationerna är RNK Installationskonsultt part i de förhandlingar och utredningar som pågår för att nå en tillfredsställande lösning av problemen. I denna rapport har vi så långt det varit möjligt försökt att opartiskt redovisa projektet och de erfarenheter som framkommit samt skilja uppmätta eller på annat sätt konstaterade fakta från egna bedömningar.

Övriga konsulter har varit Jacobson & Widmark (K) och SS Arkitektkontor AB (A). BPA har utfört byggnadsarbetena och Svenska Luftkontroll AB installationsarbetena. Ombyggnad av värmeväxlare har gjorts av Luftteknik Mellin och Selling AB.



Bostadsrättsföreningen Hultet i Partille har för att minska energikostnaden under åren 1979 - 1981 installerat ett kanalsystem i trapphusen för tilluft och värmeväxlare typ Kantherm för överföring av värmen i frånluften till tilluften. Systemet har ej försetts med eftervärmning och luften tillförs i lägenheternas entréhall.

Byggnaderna, 8 st 3-våningshus, har sammanlagt 24 uppgångar och 159 lägenheter med en total fördelningssyta av 15 760 m<sup>2</sup>. Varje trappuppgång har sitt aggregat med värmeväxlare, till- och frånluftsfläkt och filter. Luften från soprum evakueras separat.

Utöver denna åtgärd har fönsterna bytts ut samtidigt som fönsterytan minskats något.

Den beräknade energibesparingen var 1 230 MWh under ett normalår, varvid värmeförbrukningen beräknades sjunka från ca 0,21 MWh/m<sup>2</sup> fördelningssyta, år till 0,11 MWh/m<sup>2</sup> fördelningssyta, år.

På grund av en mängd störningar under och efter byggnadstiden har någon riktig energiuppföljning ej kunnat genomföras. Sålunda har problem uppstått såväl i samband med de byggnadstekniska arbetena som med de installationstekniska.

Som resultat härav har rapporteringen blivit splitt-rad. När detta skrivs (dec 1982) har fortfarande ingen tillfredsställande lösning erhållits på ventilationsaggregaten. Största problemen är luktöverföring och låg temperaturverkningsgrad - det senare med dragproblem som följd - samt störningar i spjällfunktioner med driftavbrott och buller som resultat. Frånluftflödet har ej nått projekterade värden varför även tilluftflödet fått minskas. Trots detta har ej erforderlig tillufttemperatur erhållits vid kall väderlek.

Dagsläget bedöms av rapportförfattaren så, att installationerna, även om problem uppstått, har förutsättningar att ge den beräknade energibesparingen och en avsevärt förbättrad klimatstandard. På grund av en olämplig växlartyp med såväl principiella som mekaniska svagheter har emellertid störningar uppstått. Värmeväxling bör kombineras med möjlighet till eftervärmning.

Byggnadstekniskt gäller problemen främst att konstruktionen är sådan, att regnvatten pressas in i fasadelementen och tidvis läcker in vid fönsterbrädor och dylikt.

En jämförelse av energiförbrukningen 1979 och 1981 indikerar en minskad värmeförbrukning med ca 800 MWh per normalår och ett samtidigt ökat elenergibehov av 60 MWh per år. Härvid bör noteras att samtliga till-luftfläktar endast varit i sporadisk drift och då med reducerat flöde samtidigt som värmeväxlarna tidvis varit ur funktion. Någon total bild av energisituationen kan därför ej erhållas.

Drygt 3 miljoner kronor har investerats. 275 500 kronor har erhållits som bidrag, 511 900 kronor som energilån och 171 000 som BFR-lån.

Rapporten innehåller bl a separat redovisning av värmeväxlarnas verkningsgrad och luktöverföring samt en undersökning av lägenheternas täthet och luftomsättning.



## INLEDNING

Den ursprungliga avsikten med detta projekt var att redovisa den faktiska energibesparing som uppstod genom att man i ett befintligt bostadsområde kompletterade installationerna så att frånluftens värmeinnehåll kunde återföras via ett nytt tilluftssystem. Den använda värmeväxlaren är av typ Kantherm T-S 1000. I husen byttes samtidigt fönstren, varigenom man skulle uppnå ett minskat energibehov dels genom att 3-glasfönster insattes, dels genom minskat ofrivilligt läckage.

Anbudsförfrågan gick ut i juni 1979 och entreprenörerna upphandlades i oktober 1979. Den ursprungliga tidplanen innebar, att installationerna skulle vara färdiga i mars 1980, varefter uppföljningsmätningar skulle kunna genomföras.

Projektet har på grund av en serie olyckliga omständigheter blivit avsevärt försenat, vilket drabbat såväl de boende som detta uppföljningsarbete. Huvudorsakerna kan sägas vara två:

Fönsterbytet, som kom tillstånd bl a för att de gamla fönsterna utdömts, visade sig svårt att genomföra i praktiken. När arbetena var färdiga hade man flera anmälningar om vatteninträngning i samband med regn. De boende drabbades och problemen gav upphov till irritation och misstroende mot de inblandade.

Ventilationssystemet medförde problem med Tuktåterföring, butler och drag. En del av dessa problem kunde hänföras till olämpliga tryckförhållanden i värmeväxlarenheten. Efter omfattande ändringar visade det sig att värmeväxlaren ej fungerade tillfredsställande, samt att läckage förekom i de kombinerade huvarna för uteluft/frånluft. En följd av problemen var att en del lägenhetsinnehavare satte igen sina tilluftsdon, varigenom hela systemets balans omintetgjordes med bl a ljudproblem som ytterligare påföljd. Igensättningen kunde också motiveras av att värmeväxlaren under den gångna kalla vintern ej fungerade, med mycket låga temperaturer på tilluften som följd. Tilluftfläktarna har i många fall stängts av helt under vissa perioder.

Till det ovan sagda kommer att anläggningen när denna rapport skrivs ännu ej fungerar tillfredsställande (dec -82). Vidare har styrsystemet för värmedistributionen moderniserats successivt och injusterats vilket ytterligare komplicerar energiuppföljningen.

Mot denna bakgrund redovisas i det följande

- luftomsättnings- och läckagemätningarna före och efter ombyggnaden.
- mätningarna avseende värmeväxlarnas verkningsgrad.
- Uppföljningen av den totala fjärrvärmeförbrukningen med en så långt det är möjligt gjord analys av effekten av fönsterbyte och införandet av värmeåtervinningen.

I juni 1982 erhöles ett tilläggsanslag för att undersöka hur stor del av frånluften som genom läckage eller på annat sätt överfördes till tilluften. Även resultaten av detta arbete redovisas här.

## BESKRIVNING AV FASTIGHETERNA

Bostadsrättsföreningen Hultet ligger i Partille i östra Göteborg. Föreningen förvaltar 8 hus med vardera 3 trappuppgångar. Sammanlagt finns 159 lägenheter med en genomsnittlig yta av  $82 \text{ m}^2$  eller



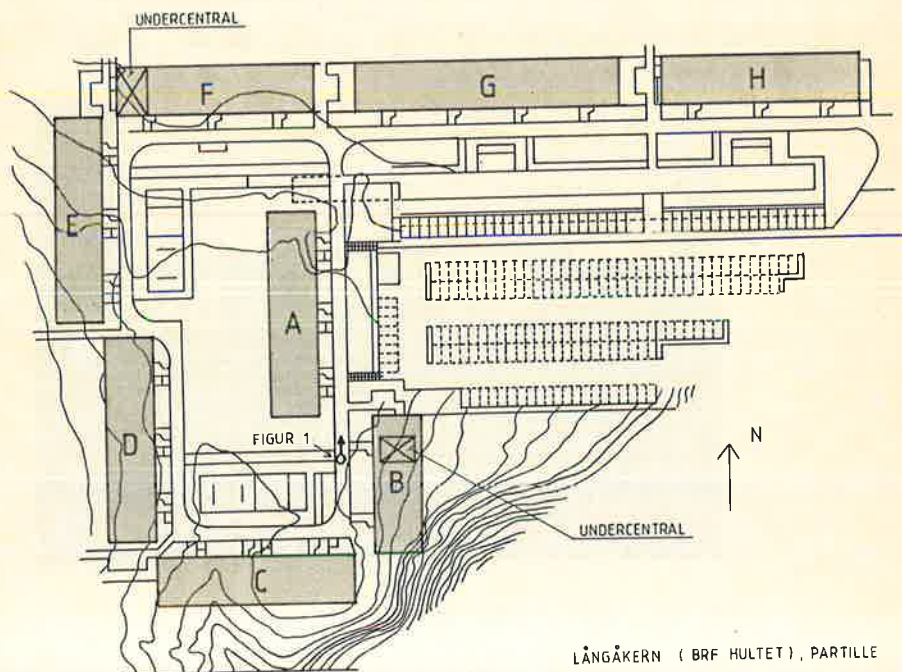
FIGUR 1. Brf Hultet, Partille.

totalt  $12\,974 \text{ m}^2$  lägenhetsyta. Totala ytan i våningsplanen är  $17\,160 \text{ m}^2$  och källarytan är  $1\,990 \text{ m}^2$ . Byggnadsvolymen är  $51\,700 \text{ m}^3$  varav källare utgör  $5\,370 \text{ m}^3$ . Fördelningsytan är  $15\,760 \text{ m}^2$ .

Husen uppfördes under slutet av 1960-talet och är av typ elementhus. Väggarnas k-värde beräknades till ca  $0,7 \text{ W/m}^2, \text{grd}$  av konstruktören. Den har använts vid beräkningarna eftersom den energibalans som ställts upp stämmer väl med verkligheten vad avser tillförd energimängd. Emellertid hävdar såväl länsbostadsnämnden som, efter överklagande, bostadsstyrelsen att värdet enligt tillgängliga handlingar är avsevärt lägre. Detta har fått till följd att tilläggsisolering ej utförts eftersom bidrag ej beviljats.

Fönsterna var av 2-glastyp (k-värde ca  $2,8 \text{ W/m}^2, \text{grd}$ ).

Lägenheterna hade före åtgärderna frånluftsventilation med evakuering från kök och badrum. Vidare hade soputrymmen och tvättstugor anslutits till frånluftsfläktarna.



FIGUR 2. Plan över bostadsområdet.

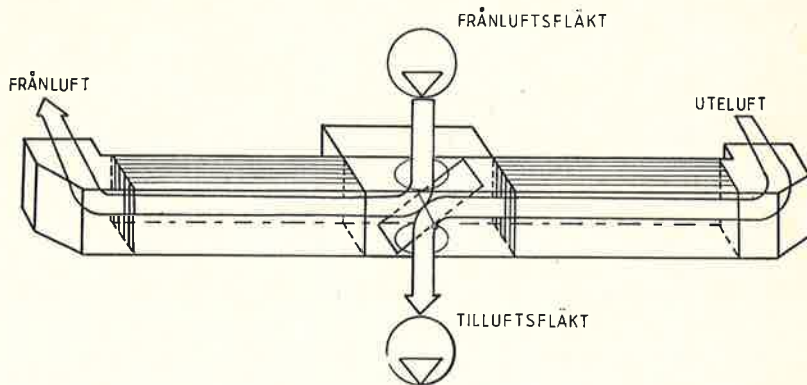
Värme till husen levereras från fjärrvärmenätet till två undercentraler: en i hus B som försörjer byggnaderna A - D (11 uppgångar, 78 lägenheter) samt en i hus G som försörjer byggnaderna E - H (13 uppgångar, 81 lägenheter).

## ÅTGÄRDER FÖR ATT MINSKA ENERGIFÖRBRUKNINGEN

Efter en energiinventering som bl a innebar beslut om injustering av värmeanläggningen, diskuterades några olika åtgärder för att radikalt minska energiförbrukningen i bostadsområdet. När utredningar och besparingsmöjligheter, kostnader och låne- och bidragsmöjligheter analyserats kvarstod två åtgärder som bedömdes så gynnsamma att beslut om genomförande kunde fattas.

Fönsterna skulle bytas till 3-glas, dels för att undvika ett ökande underhåll, dels för att uppnå en energibesparing. Samtidigt minskades fönsterarean med 4 %, dels för att standarddimensioner skulle kunna användas och dels för att man ovanför fönsterna skulle kunna anbringa en markis eller dylikt.

Ventilationssystemet skulle kompletteras så att man med nya kanaler via trapphusen tillför luft i lägenhetsentréerna. Luften förvärms i ett ventilationsaggregat för varje trappuppgång. Aggregaten innehåller filter, fläkt och värmeväxlare. Det totala flödet minskas något.



FIGUR 3. Värmeväxlaren, typ Kantherm T-S.

Luften från soprum evakueras med separat fläkt medan tvättstugeevakueringen har anslutits till de nya enheterna för att energinnehållet skall tillgodogöras.

Som värmeväxlare används en regenerativ enhet, Kantherm T-S. I denna förvärms tilluften genom att den får passera ett lamellpaket som tidigare i arbetscykeln värmts av frånluften. Frånluftens värme lagras samtidigt i det andra av växlarens två lamellpaket och växlingen sker med ett spjällarrangemang med ca 1 minuts intervall. Temperaturverkningsgraden angavs av tillverkaren vid projekteringstillfället till  $90 \pm 5\%$  dvs minst 85%. Detta skulle betyda att tilluften efter aggregatet vid  $-16^{\circ}\text{C}$  ute och utan hänsyn till den energi som tillförs av fläktarna minst skulle vara  $16,3^{\circ}\text{C}$  vid frånluftstemperaturen  $+22^{\circ}\text{C}$ . Eftersom tilluften tillförs i lägenheternas hall och  $-16^{\circ}\text{C}$  är ett extremt värde som inträffar mycket sällan, bedömdes det ej erforderligt med eftervärmning.

## FÖRVÄNTADE RESULTAT

Avsikten med de utförda åtgärderna var som framgått att minska den totala energiförbrukningen dels genom ett förbättrat k-värde (utbyte av fönster, minskning av fönsterarean), minskat läckage och värmeåtervinning ur frånluften, dels genom möjligheten till sänkning av rumstemperaturen tack vare ökad ytemperatur i fönsterpartierna.

De beräknade besparingarna framgår av följande tabell:

Tabell 1. Förväntad energibesparing

Åtgärd	Beräknad energibesparing MWh/år
Fönsterbyte	
k-värdesförbättring	110
minskat läckage	125
sänkt rumstemperatur	60
Tilluft med värmewäxling	935
Totalt	1 230

Som framgår bedömdes de gamla fönsterna relativt otäta och läckaget har vid beräkningarna antagits kunna halveras (från 0,2 till 0,1 oms/h). Vidare antogs att rumstemperaturen genomsnittligt kunde sänkas  $\frac{1}{2}$  grad tack vare en högre ytemperatur på fönsterpartierna.





Byggnads- och installationsarbeten genomfördes utan att hyresgästerna flyttades. Någon klar bild av de byggnadstekniska arbetena har ej erhållits, men problem med fönsterinstallationens täthet har rapporterats. I bilaga 1 och 2 återfinns en redovisning av de täthets- och luftomsättningsmätningar som genomfördes före och efter installationerna. Som framgår indikeras endast en måttlig ökning av byggnadens täthet.

I september 1980 framfördes klagomål mot installationerna avseende luktöverföring och höga ljudnivåer. Detta resulterade bland annat i att värmeväxlarna omkonstruerades så att trycket under normaldrift alltid är högre på tillluftsidan än på frånluftsidan i växlarpaketet. Förloppet i växlingsögonblicket innebär en viss renspolning av föregående frånluftside. Bullerproblemen bedömdes bli avhjälpade efter en justering av luftflödena.

Omkonstruktionen av värmeväxlaren gjordes i samförstånd med leverantör och tillverkare och redovisas i bilaga 5. Denna åtgärd genomfördes under perioden december 1980 - januari 1981. Parallellt gjordes justering av luftflöden. Kontroll av värmeväxlarnas verkningsgrad kunde genomföras under februari/mars 1981. En redovisning av dessa återfinns i bilaga 3.

Under det följande året har i stort sett samtliga lägenhetsinnehavare återkommande klagat på lukt och buller samt drag. I de flesta aggregaten har styrmekanismen för spjällen havererat så att ett eller båda spjällen stannat. Detta medför givetvis att kall uteluft förs direkt in i lägenhetsentréerna med drag som följd. En del hyresgäster har härvid av lättförståeliga skäl satt igen tilluftsdonet vilket som resultat gett ökad obalans i systemet med bl a ljudproblem som följd. En annan orsak till kall tilluft är den extremt kalla vintern i kombination med en temperaturverkningsgrad som ligger lägre än vad som utlovats.

En besvikelse var att man efter åtgärderna med spjällen fortfarande fick klagomål på lukt av matos och tobaksrök. Trots upprepade besök av entreprenören och konsulten kunde dessa problem ej lösas. I maj 1982 ansöktes om ett tilläggsanslag för att få en objektiv kontroll av om överföring från frånluften till tillluften förekom. Mätningar genomfördes i juni och augusti 1982 och resultaten redovisas i bilaga 5. Det konstateras att den direkta överföringen är i storleksordningen 2 - 4 % av frånluftflödet. Tryckförhållandena var sådana under mätperioderna att läckaget helt bedöms vara orsakat av skeendet i själva växlingsperioden.

I skrivande stund är avsikten att kontakter skall tas med Statens Miljömedicinska Laboratorium för en bedömning av hur allvarligt läckaget är. Vidare förväntas tillverkare och leverantör att i första hand yttra sig över de erhållna mätresultaten, i andra hand komma med förslag till åtgärder. Bostadsrättsföreningen har kopplat in en advokat, som för närvarande avvaktar resultatet av en planerad garantibesiktning i oktober 1982.

Eftersom klagomål under 1981 inkommit till kommunens hälsovårdsförvaltning följer även denna utvecklingen.

## RESULTAT AV ÅTGÄRDER

Som framgår av bilaga 4 har den från energiverken köpta värmemängden minskat gradvis från ca 2 900 MWh/år (0,18 MWh/år, m<sup>2</sup> fördelningsyta) 1979 till 2 100 MWh/år (0,13 MWh/år, m<sup>2</sup> fördelningsyta). Samtidigt har den gemensamma elförbrukningen ökat från 430 till 490 MWh per år (0,027 resp 0,031 MWh/år m<sup>2</sup> fördelningsyta. Att hushållsförbrukningen minskat bedöms bero på att det första årets redovisning ej omfattar sommarmånaderna varför skillnaden i verkligheten bedöms vara liten.

Minskningen i årsförbrukning beror troligen till stor del på följande förändringar:

- k-värdesförbättring genom fönsterbyte och samtidig fönsterareaminskning
- sänkt ventilationsstandard genom driftavbrott på grund av störningar i värmeväxlarfunktionen
- ventilationsluftflödet har minskats.
- värmeåtervinning till tilluften
- andra energibesparande åtgärder vilka utförts utanför detta projekt och som "stört" utvärderingen på grund av att uppföljningen dragit ut på tiden.

Fönsterbytet har sannolikt gett måttliga besparings-effekter genom ökad täthet (bilaga 1). Däremot bör de övriga beräknade besparingarna på 170 MWh/år (0,011 MWh/år, m<sup>2</sup> fördelningsyta) (tabell 1) ha uppnåtts.

Den valda värmeväxlaren är ej lämplig i flerfamiljs-hus. Matos och lukt från tobaksrökning skiljer sig från andra lukter bl a genom att ej i samma utsträckning försvinna efter en tid. Känsligheten för dessa lukter är dessutom stor när orsaken till dem finns utanför den egna lägenheten. Mätningarna visar, att överföringen trots modifierat spjällarrangemang är i storleksordningen 3 % (bilaga 5) varvid endast den rena frånluftsoverföringen studerats. Dessutom kan överföring genom någon form av sorption i växlarytor-na förekomma. Spjällfunktionen har visat sig vara mekaniskt otillfredsställande vilket resulterat i att man tvingats stänga av ventilationsaggregaten på grund av för kall tilluft.

Den uppmätta verkningsgraden hos värmeväxlarna är lägre än beräknat (bilaga 3) varför även vid fungerande spjäll den till lägenheterna förda luften kan förväntas orsaka problem under kalla dygn om ej eftervärmning kan installeras.

Angivna problem är apparatbetingade. Lösningen med återföring av värme till tilluften och med föreslaget arrangemang för tillförseln till lägenheterna bör provas närmare när avsedda temperaturer och flöden uppnåtts, eftersom dessa faktorer påverkar ventilationseffektiviteten. Om värmeväxling skall tillgripas i andra liknande installationer måste eventuellt en minimering av tilluftstemperaturen göras med hjälp av kompletterande eftervärmning för att undvika drag. Detta betyder inget för energibalansen, eftersom alternativet är att tillföra värmen via lägenheternas radiatorer.

Utanför projektet genomförda sparåtgärder omfattar främst en utekompenserad styrning av framledningstemperaturen samt avstängning av cirkulationspumpar sommartid (sommaren 1982). Besparingarna ligger dels i minskade kulvertförluster, dels i minskad elförbrukning för pumparna. Samtidigt har införandet av tilluftsfläktar och ökat tryckfall och flöde för frånluften ökat den gemensamma elförbrukningen. Även här omöjliggör driftstörningarna en meningsfull bedömning av storleken på förändringarna.

Sammanlagt kan följande totala energibild ställas upp:

Tabell 2. Total energiförbrukning, MWh.

	1979	1981
Värme	2 900	2 100
E1, gemensam	430	490
E1, hushåll	ca 375	ca 375
<b>Totalt</b>	<b>3 705</b>	<b>2 965</b>

Av de besparade 740 MWh har enligt ovan 170 MWh hänförs till fönsterbyte. Enligt bilaga 4 skulle ventilationsåtgärderna inneburit 770 MWh om värmeväxlarna fungerat. Eftersom dessutom sparåtgärder vidtagits utanför projektet inses att den kalla luften som tidvis tillförts lägenheterna inte bara medfört oölgenheter för hyresgästerna genom drag, utan även ökat värmedebiteringen.

EKONOMISKA UPPGIFTER

Upphandling gjordes hösten 1979. Totalt fakturerade kostnader fram till oktober 1982 framgår av följande uppställning:

Entreprenader, fönsterbyte	1 568 500:-
Entreprenader, ventilation	1 304 000:-
Besiktningar	9 400:-
Projektering	148 600:-
Övrigt inkl juristhjälp	<u>34 200:-</u>
	<u>3 064 700:-</u>

Härutöver tillkommer eget nerlagt arbete för BRF Hultet.

Finansieringen redovisas i följande uppställning:

Av länsbostadsnämnden beviljade

bidrag	275 500:-
lån	511 900:-
Lån från Byggforskningsrådet	171 000:-
Lån från HSBR	1 400 000:-
Eget tillskott	<u>706 300:-</u>
	<u>3 064 700:-</u>

En enkel årskostnadsberäkning kan baseras på bruks-tiden 15 år, genomsnittligt ränteläge 15 % och infla-tionen 6 % per år. Årskapitalkostnaden blir då

$$0,1241 \times (511\,900 + 171\,000 + 1\,400\,000 + 706\,300) = 346\,000:- \text{ kronor}$$

eller en besparingskostnad av drygt 450 kr/MWh räknat på den hittills redovisade energibesparingen (740 MWh/år). I verkligheten kommer förhoppningsvis ener-gibesparingen att öka. Vidare är räntenivån på ener-gisparlånet väsentligt lägre än vad som här redovi-sats och eventuellt behöver ej BFR-lånet återbetalas varför den ekonomiska bilden kan ljusna avservärt. Någon grundligare analys har emellertid ej bedömts meningsfull eftersom anläggningen ännu ej fungerar tillfredsställande.



ENERGIBESPARING I BEFINTLIGA FLERBOSTADSHUS  
Bostadsrättsföreningen Hultet, Partille

BILAGA 1  
TÄHETSMÄTNINGAR





# TÄTHETSMÄTNINGAR

## Syfte

Avsikten med mätningarna, som kompletterades med bestämning av luftomsättningar (bilaga 2), var att skaffa ett underlag för bedömning av hur fastigheter-  
nas energiförbrukning påverkats av att fönsterparti-  
erna bytts.

## Mätmetodik

Mätningarna omfattar 5 slumpvis utvalda lägenheter (figur 1:1 och 1:2). Samma lägenheter har använts för luftomsättningsmätningarna (Bilaga 2).

Metodiken finns beskriven i ett meddelande från Statens Provningsanstalt (SP 1977:1), sedermera ersatt av Svensk Standard SS 02 15 51.

Före provtryckning tätas alla ventilationsöppningar, brevinkast etc. Vattenlås kontrolleras och fylls vid behov. Med hjälp av en fläkt som försetts med ett mätrör för flödesmätning sätts lägenheten under övertryck och värden på tryck och samtidigt flöde registreras. Samma mätning görts också med undertryck. Intressant tryckintervall är -55 Pa till +55 Pa.

## Resultat

En kurva har anpassats till de uppmätta punkterna enligt sambandet  $y = a \cdot x^b$  där

$y$  är läckaget (l/s)

$x$  är över-/undertrycket (Pa)

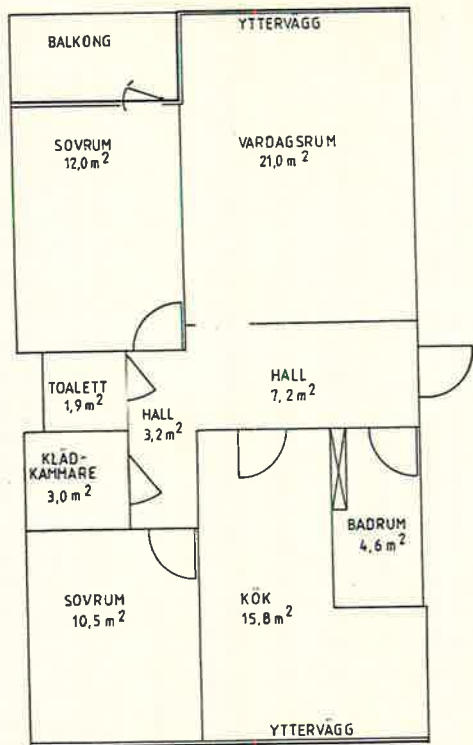
$a$  och  $b$  är konstanter.

Kurvan redovisas i diagramform med logaritmiska axlar i figur 1:3.

## Kommentarer

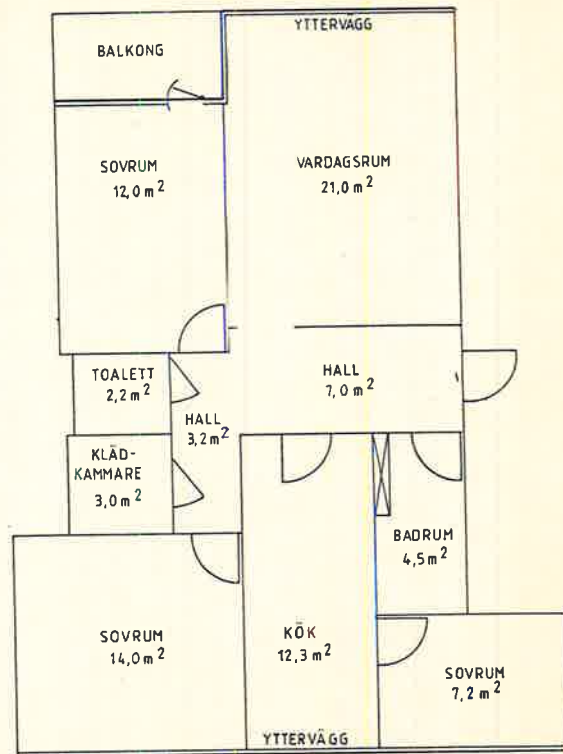
Om man provtrycker en lägenhet med fönster och dörrar som öppnas utåt kommer ett givet övertryck att ge ett läckage som är större än ett till beloppet lika stort undertryck, eftersom övertrycket strävar att öka springorna i öppningarna. Vanligtvis har lägenheter fler utåt än inåt öppningsbara fönster/dörrar, varför ett resultatdiagram uppvisar två kurvor där den översta normalt utgör övertryckskurvan. Avståndet mellan dem beror på hur stort glappet i byggnadse-  
larna är. Av figur 1:3 framgår, att tre av lägenhe-  
terna (nr 1, 3 och 4) uppvisar ett större glapp än de  
båda övriga före åtgärderna samt att glappet påver-

TOTAL YTA 79,2 m<sup>2</sup> TOTAL VOLYM 198 m<sup>3</sup>



FIGUR 1:1 PLAN LÄGENHETER 1 OCH 2

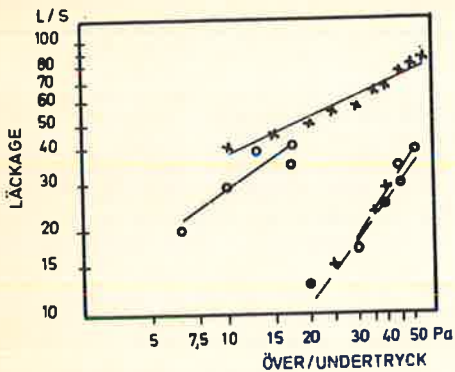
TOTAL YTA 86,4 m<sup>2</sup> TOTAL VOLYM 216 m<sup>3</sup>



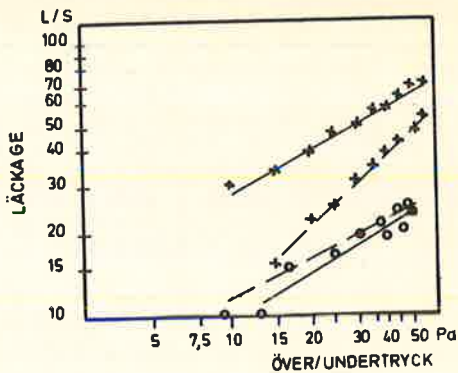
FIGUR 1:2 PLAN LÄGENHETER 3, 4 OCH 5

kats obetydligt i lägenheterna 1 och 5 och till det bättre speciellt i lägenheterna 2 och 4. För nya flerbostadshus gäller enligt Svensk Byggnorm (kap 33:3) att läckaget vid 50 Pa tryckdifferens ej får överstiga 1 omsättning/h. Regeln gäller ej vid ombyggnad, men kan fungera för jämförelse. För samtliga lägenheter blir det acceptabla läckaget större än 55 l/s. Enligt denna norm skulle således ingen av lägenheterna godkännts före fönsterbytet och endast lägenheterna 2 och 4 efter. Det bör påpekas att normen grundas på energiskäl och således ej indikerar risker för olägenheter.

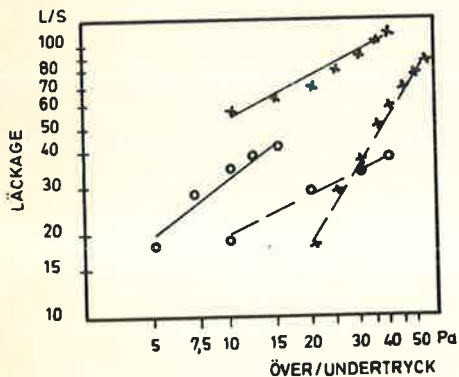
Resultatspridningen är så stor att generella slutsatser beträffande fönsterbytet inverkan på fastigheternas totala energibehov är svåra att dra. Vår bedömning är emellertid, att besparingen som uppnåtts på grund av minskade otätheter i och kring fönster är måttlig.



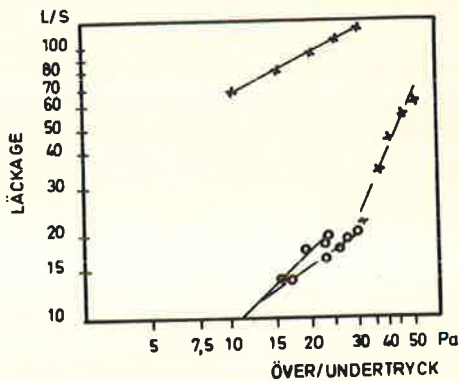
a) LÄGENHET 1



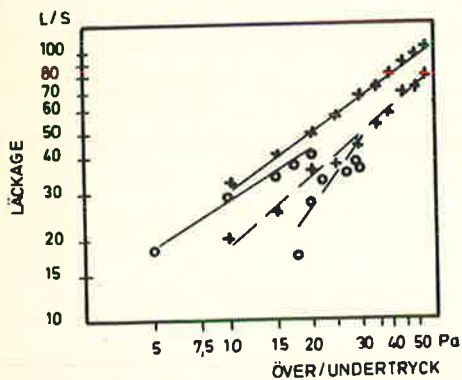
b) LÄGENHET 2



c) LÄGENHET 3



d) LÄGENHET 4



e) LÄGENHET 5

- X MÄTNINGAR FÖRE FÖNSTERBYTE
- O MÄTNINGAR EFTER FÖNSTERBYTE
- ÖVERTRYCK
- - - UNDERTRYCK

FIGUR 1:3 LÄCKAGE I 5 LÄGENHETER VID OLIKA ÖVER OCH UNDERTRYCK

**ENERGIBESPARING I BEFINTLIGA FLERFAMILJSHUS**  
**Bostadsrättsföreningen Hultet, Partille**

**BILAGA 2**

**LUFTOMSÄTTNINGSMÄT-  
NINGAR**



## Syfte

Tillsammans med undersökningen av byggnadernas täthet före och efter åtgärder, skulle resultaten avspegla hur energiförbrukningen påverkats av förändringarna.

## Mätmetodik

Planer över de undersökta lägenheterna framgår av figur 1:1 och 1:2 i bilaga 1. Mätningarna gjordes i hallen. För undersökningen användes lustgas som spår-gas. Koncentrationen registrerades med ett IR-instrument (MIRAN 1A) med skrivare under ca 1 timma per prov.

Vid mätningarna före åtgärder uppmättes frånluftsflöden med hjälp av tryckfall och kalibreringskurva i frånluftdonen. Efter åtgärderna gjordes analoga mätningar i tilluftdonen. Bristen på mätningar i frånluftdonen försvårar givetvis jämförelser men upptäcktes för sent för att kunna kompenseras.

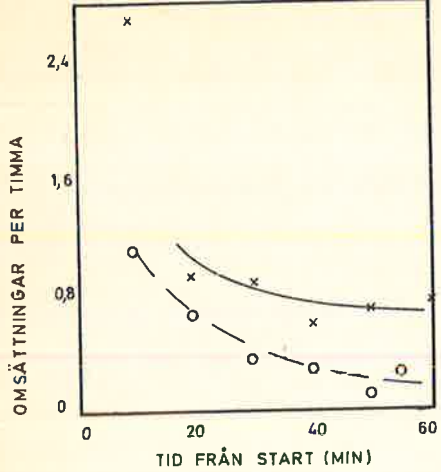
## Resultat och kommentarer

Mätresultaten redovisas i figur 2:1. Redovisningssättet har valts bl a för att åskådliggöra svårigheterna med denna typ av mätningar i lägenheter med flera rum.

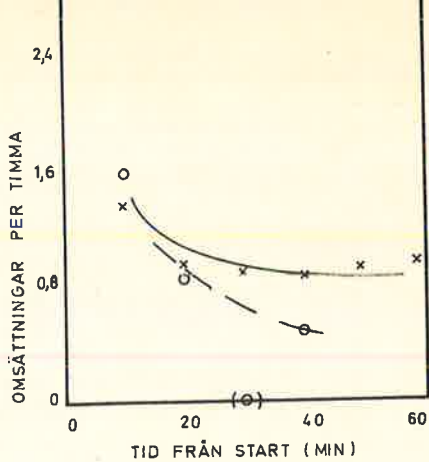
Mätprincipen bygger på att man med utgångspunkt från en viss koncentration av ett väl definierbart ämne som ej finns i tilluften, registrerar utspädningsförloppet. Mätresultatet har emellertid visat att metoden ej är användbar i det aktuella fallet, vilket skulle kunna förklaras av det följande:

Tilluften tillförs lägenheten i hallen. Den bortförs via evakueringar i badrum, toalett och kök som alla har direkt anknötning till hallen, (se figur 1:3 i bilaga 1). Ventilationen i övriga rum är beroende av i vilken omfattning tilluften kan spridas dit innan den når frånluftdonen. Strömningen styrs i en ostörd lägenhet av de termiska krafterna (kall luft sjunker - varmare stiger). Givetvis påverkar även bl a vindkrafter och husets täthet.

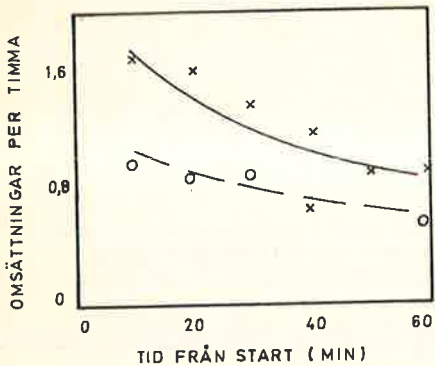
Testgasen kan av denna anledning ej fördelas i lägenheten med hjälp av fläktar - då fås en effektivare ventilationsverkningsgrad än vad som uppnås i det naturliga fallet. Vid de aktuella mätningarna inleddes proven med att testgasen spreds genom omrörning i hallen med stängda dörrar.



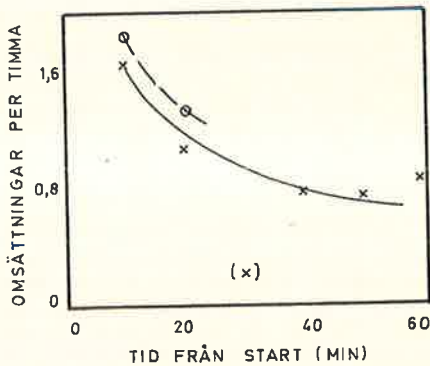
a) LÄGENHET 1



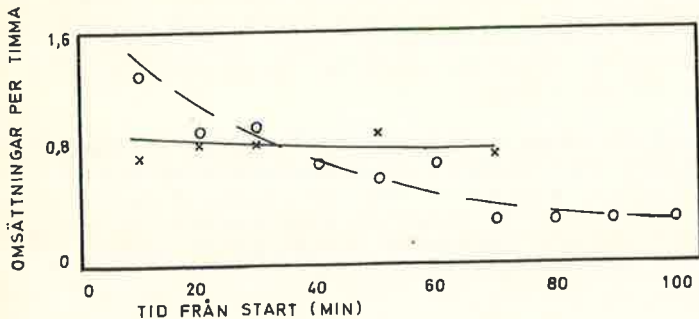
b) LÄGENHET 2



c) LÄGENHET 3



d) LÄGENHET 4



e) LÄGENHET 5

x-x FÖRE ÅTGÄRDER  
o-o EFTER ÅTGÄRDER

FIGUR 2:1 LUFTOMSÄTTNING I 5 LÄGENHETER



Genom överluft kommer ett viss luftutbyte att ske med övriga rum (förhoppningsvis). Detta innebär att man med någon fördröjning får en återföring av spårgas eller att initialskegets registrerade utspädningshastighet (och därmed omsättningen) successivt borde minska tills hela lägenheten nått stabilitet i sin omblandning. Först då, vilket kan innebära lång tid, uppmäts den reella luftomsättningen. Det bör dock observeras, att frånvaron av kontinuerlig omrörning under mätningen innebär att den registrerade omsättningen endast avser den aktuella mätpunkten.

Det är tänkbart, att man genom olika former av sorption på rumsytor (textilier, tapeter etc) i början av förloppet blir av med en del av spårgasen. Denna hypotes motsäges av att tidigare utförda mätningar med fläktomrörning ej gett här noterad fallande tendens vad gäller luftomsättningen.

Av det anförda framgår att mätmetodiken kräver modifiering för att kunna användas. Vi anser att metodutveckling behövs.



ENERGIBESPARING I BEFINTLIGA FLERFAMILJSHUS  
Bostadsrättsföreningen Hultet, Partille

BILAGA 3

VÄRMEÅTERVINNINGS-  
MÄTNING



# MÄTNING AV VÄRMEÅTERVINNINGEN

## Syfte

Mätningarna skulle ge underlag för en bedömning av den återvunna energimängden.

## Mätmetodik

Mätningarna bygger till sin uppläggning på erfarenheter från tidigare BfR-projekt (Ex rapport R79:1981 "Mekanisk tilluft och värmeåtervinning i flerbostadshus"). Detta innebär att temperaturen registrerats före och efter värmeväxlaren. Mätningarna gjordes i kanalsystemet och samtliga temperaturmätare dubblerades.

Instrumentutrustningen har bestått av:

- Solartron datalogger
- Facit remsstans
- Vaisala fuktgivare
- Termoelement typ J, kalibrerade
- Zetra tryckdifferensgivare
- MDC d:o
- Kompensationsledning m m q.s.

Mätningarna har gjorts på två aggregat under sammanlagt nio dagar fördelade på två perioder. Under mätningarna har registrering skett var 30de minut.

Materialet har databearbetats med hjälp av programmet IDPAC (ÅF Energikonsult AB), vilket bl a möjliggjort snabb utsortering av felaktiga eller oviktiga värden. Som exempel härpå kan nämnas, att värmeväxlarens funktion med spjällväxlingar kan resultera i onormala temperaturvärden om registreringen skett just under de sekunder själva växlingen sker. Med hjälp av registrering av det dynamiska trycket i till- och frånluftkanalerna har sådana värden kunnat tas bort med kort varaktighet som motivering.

Ett hjälpprogram har använts för konvertering av IDPAC-filerna till huvudprogrammet för beräkning av materialens regression. Mätningarna har kompletterats med momentana flödesmätningar med Prandtlrör och mikromanometer.

## RESULTAT OCH KOMMENTARER

Resultaten från databearbetningen har med hjälp av en BENSON-plotter redovisats i figurerna 3.1 till 3.9. Dels framgår regressionslinjer med avseende på temperaturverkningsgrad och utetemperatur, dels den erhållna korrelationen.

I nedanstående tabell har verkningsgraden angetts tillsammans med uppmätta flöden och den beräknade energioverföringen från frånluft till tilluft.

Tabell 3:1 Sammanställning av mätresultat

Datum 1981	Aggr	Figur	Luftflöden (m <sup>3</sup> /s)		Verkn-grad vid 0°C ute %		Överförd <sup>1)</sup> energimängd (MWh)	
			Till	Från	mätt	ber	mätt	ber
Feb 18/19	35	3:1	0,245	0,244	(69,6) <sup>2)</sup>	85	24,5	28,6
Feb 19/21	35	3:2	0,239	0,168	72,7	77	24,8	26,0
Feb 21/23	35	3:3	0,242	0,175	72,0	78	24,9	26,6
Feb 21/22	35	3:4	0,247	0,195	72,8	80	25,6	27,7
Feb 21/23	35	3:5	0,240	0,168	72,1	77	24,7	26,1
Mar 24/26	35	3:6	0,179	0,176	80,3	89	20,1	21,3
Mar 26	35	3:7	0,179	0,174	81,1	88	20,2	21,2
Mar 24/26	37	3:8	0,179	0,171	75,4	87,5	19,1	21,2
Mar 26	37	3:9	0,187	0,164	77,1	86	20,4	22,0

1) Baserad på frånluftstemperaturen 22°C och årsmedeltemperaturen i Partille, 7,9°C. Drift dygnet runt. Ej hänsyn till tvättstugor.

2) Se notering i texten.

Beträffande flödena konstateras att avvikelser från projekterade värden är stor. Balans skulle råda med

tilluftflöde = frånluftflöde = 280 l/s. På grund av frånluftfläktens bristande kapacitet har flödet successivt justerats ned, vilket bl a är orsaken till uppdelningen av mätmaterial på de olika grupperna. Minskningen av luftflödet innebär givetvis en sänkt ventilationsstandard men också minskat energibehov. Flödet på frånluftsidan varierar med utnyttjningen av utslag i kök.

Verkningsgraden angavs av leverantören vid projekteringstillfället till 85 - 95 %. Beräkningsunderlaget gav ej möjlighet till en noggrannare bestämning. Vid värmeväxling gäller att man normalt anger verkningsgraden som relationen mellan den uppnådda temperaturstegringen hos tilluften och temperaturdifferensen mellan frånluften och uteluften. Om man utgår från ett givet fall och enbart sänker frånluftflödet kommer verkningsgraden att sjunka. Om man däremot minskar såväl till- som frånluftflödet lika mycket erhålls en högre verkningsgrad.

Sedan projekteringen utförts har ett något bättre underlag framkommit, vilket ger möjlighet att ta hänsyn till olika flöden på endera från- och tilluftsidorna eller båda. Genom att använda detta konstateras, att det nominella flödet enligt leverantören skall ge en ca 86,5 %-ig verkningsgrad, dvs en viss nerjustering av tidigare uppgifter. Genom att sänka flödet till 180 l/s på båda sidor ökar utfästelsen till drygt 89,5 %. I tabell 3:1 redovisas de verkningsgrader som för respektive till- och frånluftflöde beräknats ur samma material.

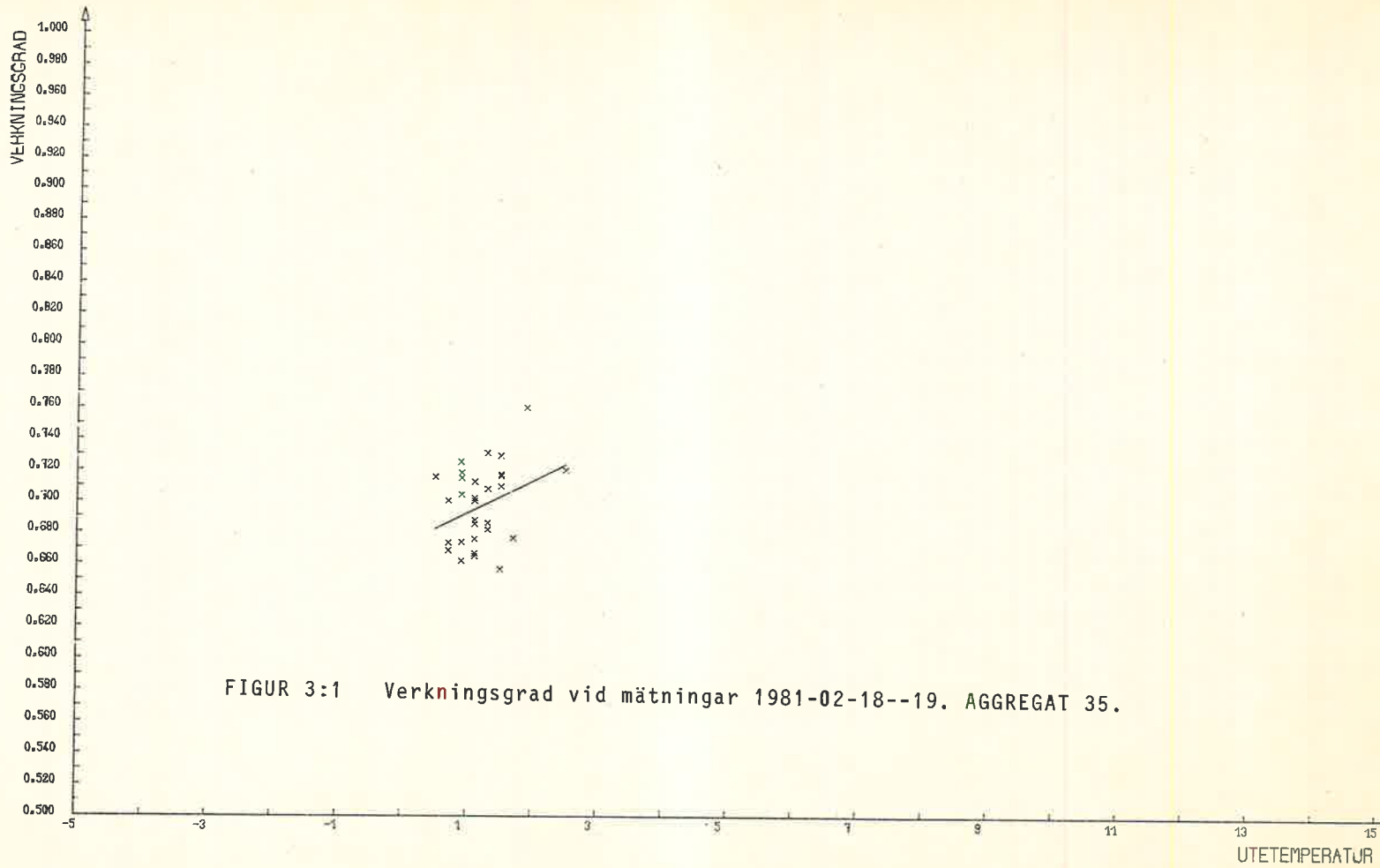
För mätningarna gäller, att det först redovisade materialet för aggregat 35 avser ett mycket snävt temperaturintervall med stor spridning på den erhållna verkningsgraden (figur 3.1). Det är därför olämpligt att använda det för extrapolering utanför mätintervallet. Emellertid konstateras att materialets medelvärde ligger på utetemperaturen 1,2°C och med verkningsgraden 69,6 % vilken siffra använts i tabell 3:1.

I tabell 3:1 har vid sidan av den uppmätta verkningsgraden även en beräknad använts. Den senare är baserad på det projekteringsunderlag som leverantören kan tillhandahålla idag och som medger omräkning till faktiska flöden men som alltså enligt ovan ger en något lägre verkningsgrad än vad som ursprungligen krävdes och utlovades.

En jämförelse av verkningsgraderna enligt tabell 3:1 visar att genomsnittet för aggregat 35 ligger ca 7,5 %-enheter under och för aggregat 37 drygt 10 %-enheter under det beräknade.

$$Y = 0.671992E+00 + X * 0.206169E-01$$

KORRELATION = 0.3184



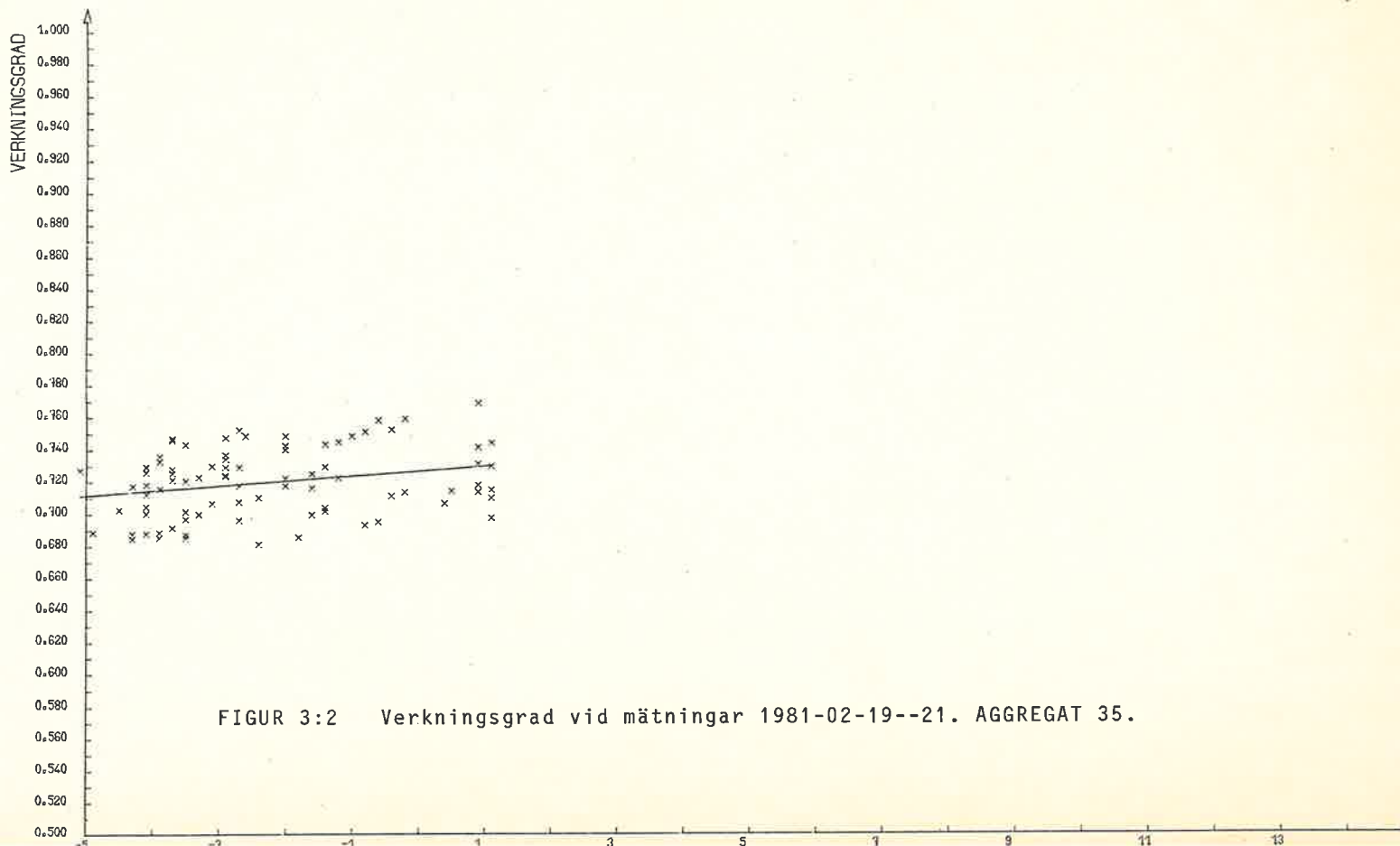
FIGUR 3:1 Verkningsgrad vid mätningar 1981-02-18--19. AGGREGAT 35.



BFR/BRF HULTET, PARTILLE. MÄTNINGAR 1981-02-19--21. AGGR.35

$$Y = 0.726905E+00 + X * 0.308058E-02$$

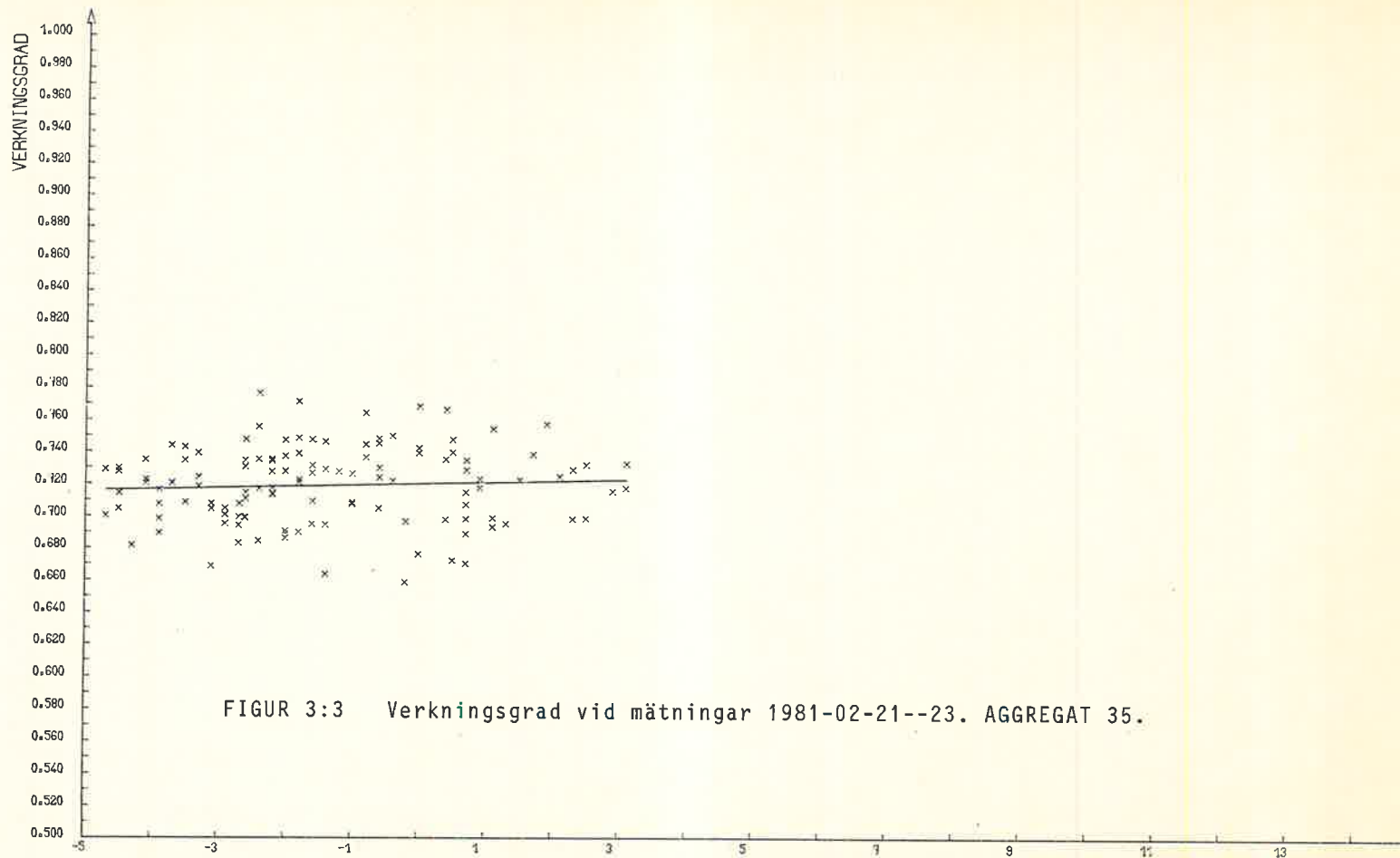
KORRELATION = 0.2544



FIGUR 3:2 Verkningsgrad vid mätningar 1981-02-19--21. AGGREGAT 35.

$$Y = 0.720228E+00 + X * 0.839090E-03$$

KORRELATION = 0.0691

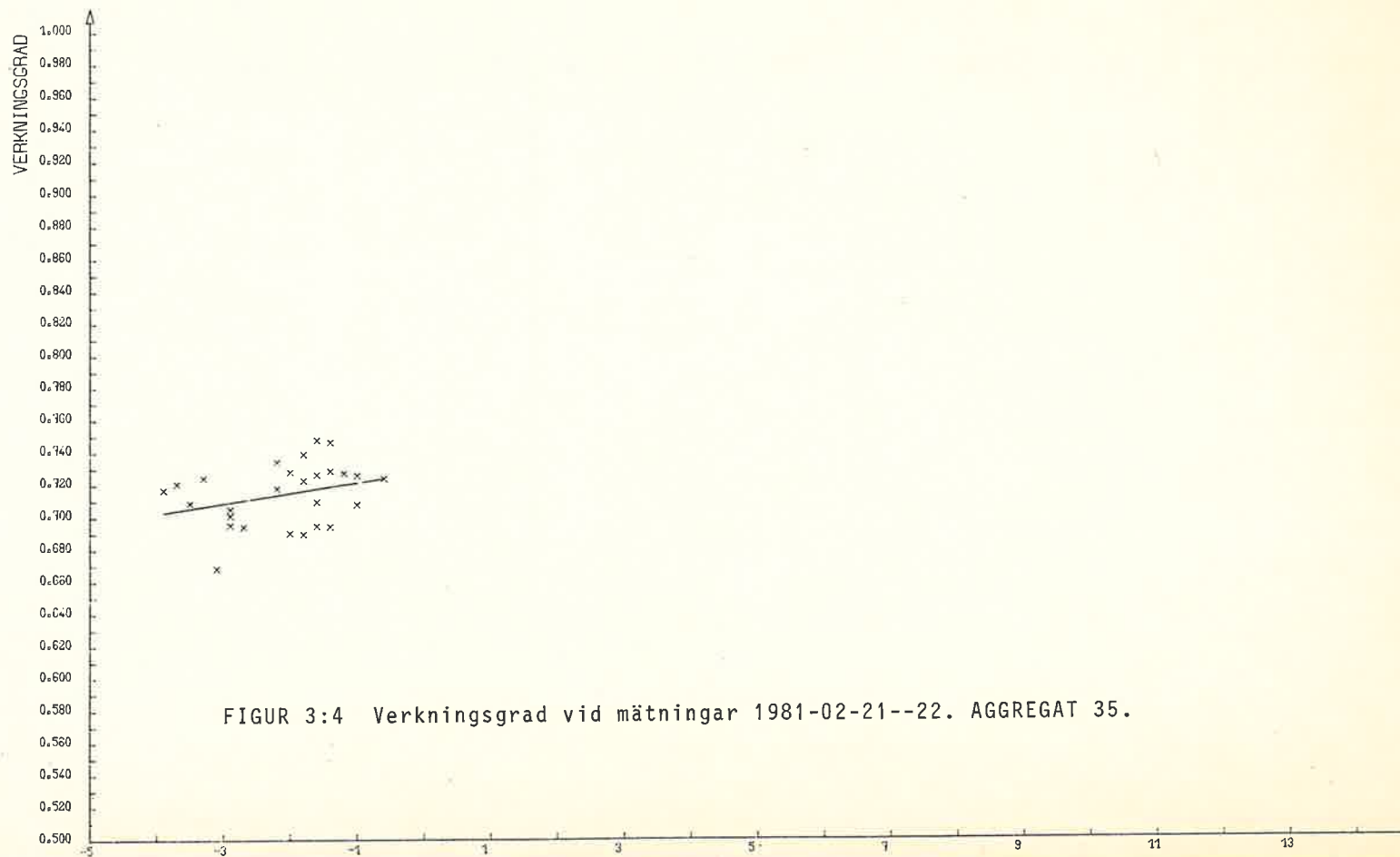


FIGUR 3:3 Verkningsgrad vid mätningar 1981-02-21--23. AGGREGAT 35.

UTETEMPERATUR

$$Y = 0.727882E+00 + X * 0.638891E-02$$

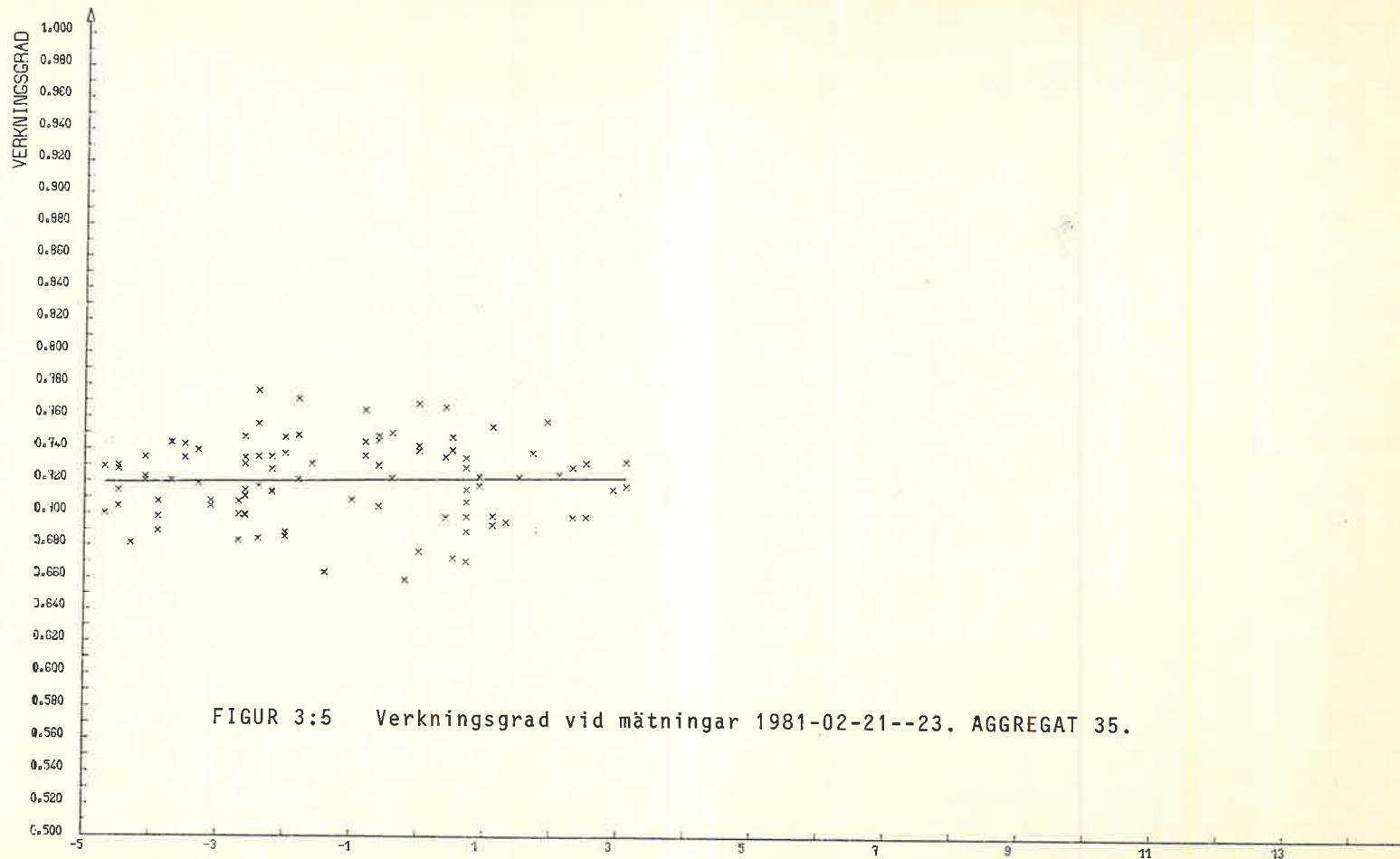
KORRELATION = 0.2982



FIGUR 3:4 Verkningsgrad vid mätningar 1981-02-21--22. AGGREGAT 35.

$$Y = 0.721039E+00 + X * 0.392794E-03$$

KORRELATION = 0.0338

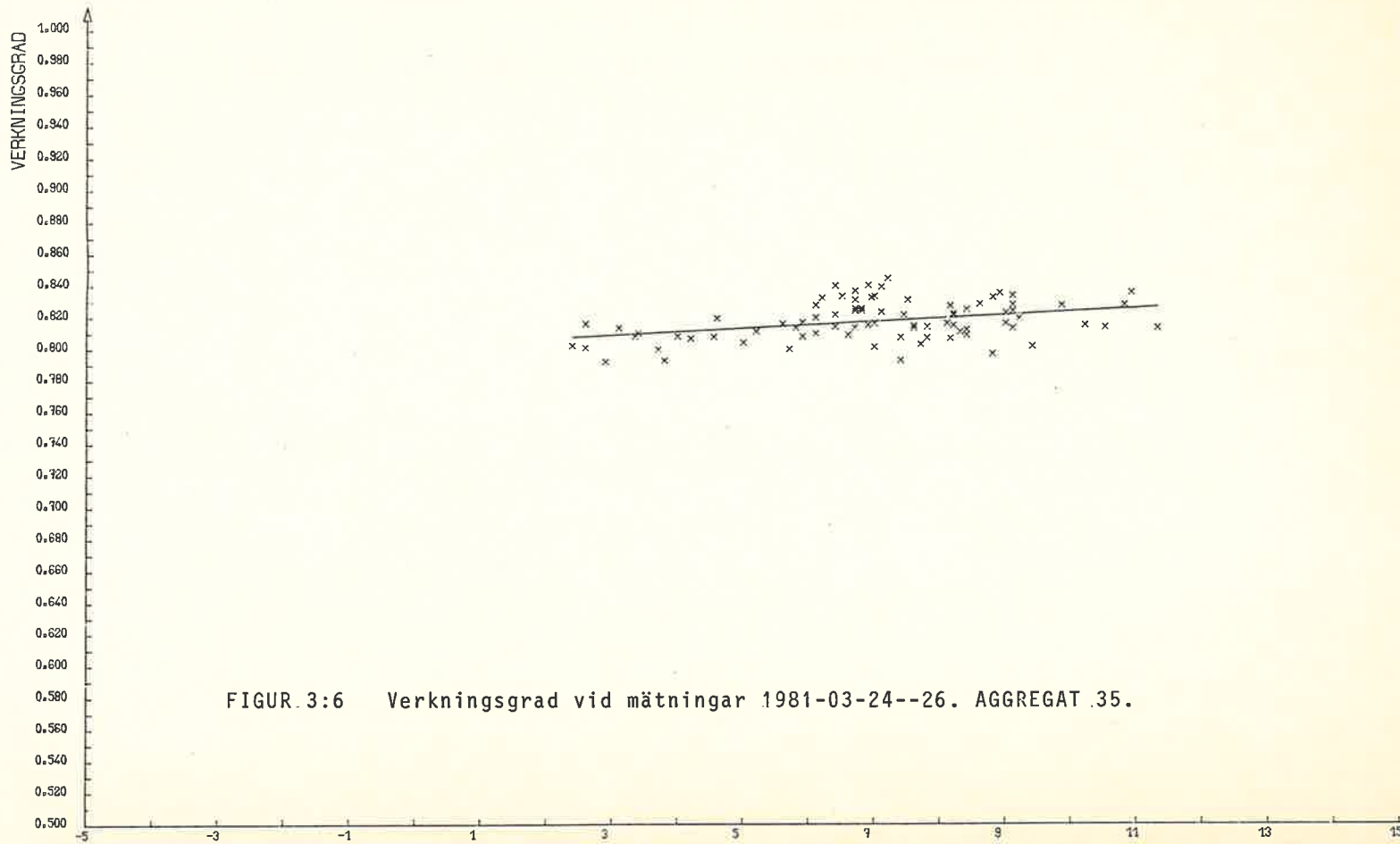


FIGUR 3:5 Verkningsgrad vid mätningar 1981-02-21--23. AGGREGAT 35.

BFR/BRF HULTET ,PARTILLE. MÄTNINGAR 1981-03-24--26. AGGR.35.

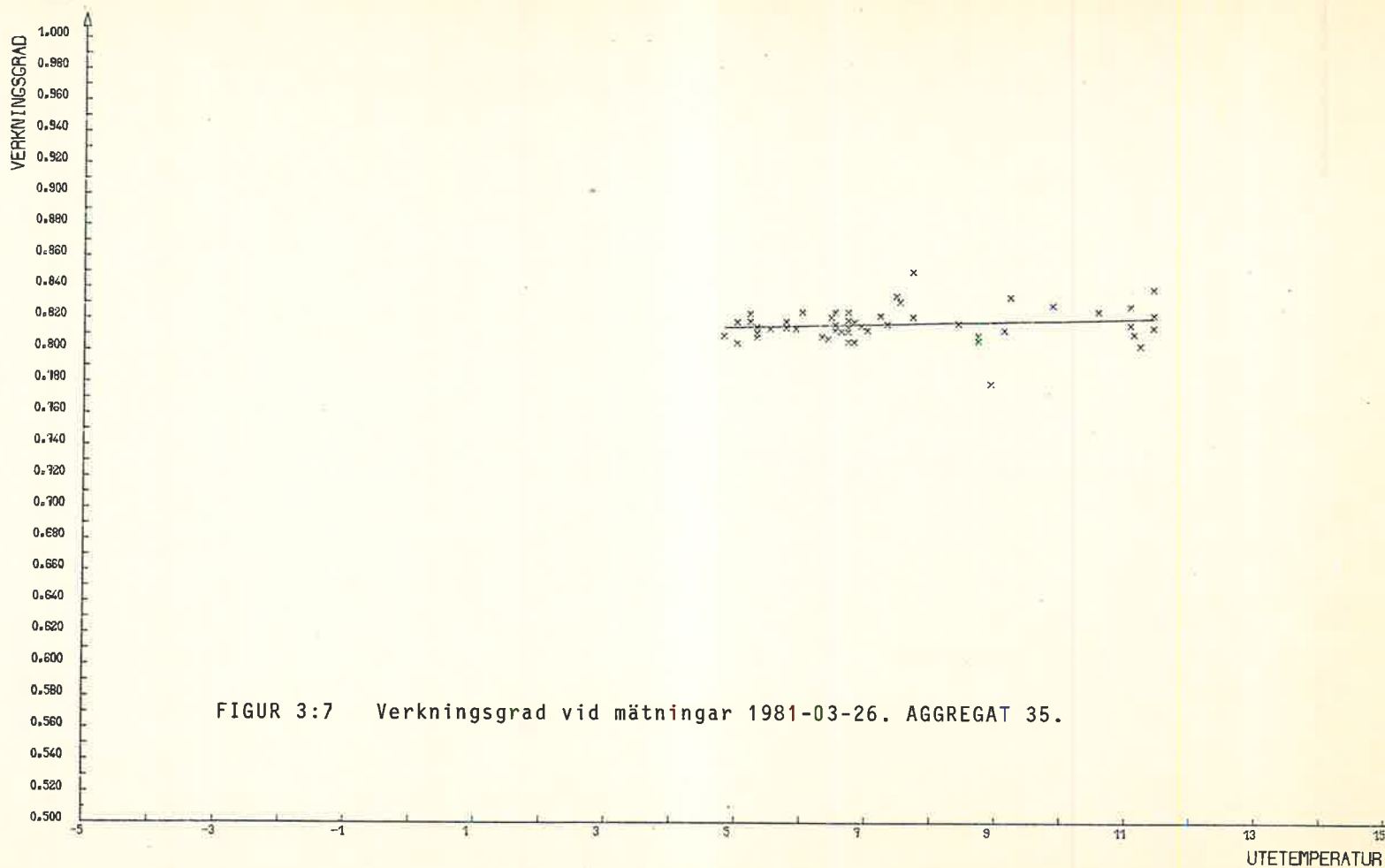
$$Y = 0.802879E+00 + X * 0.210434E-02$$

KORRELATION = 0.3546



$$Y = 0.810580E+00 + X * 0.904372E-03$$

KORRELATION = 0.1660

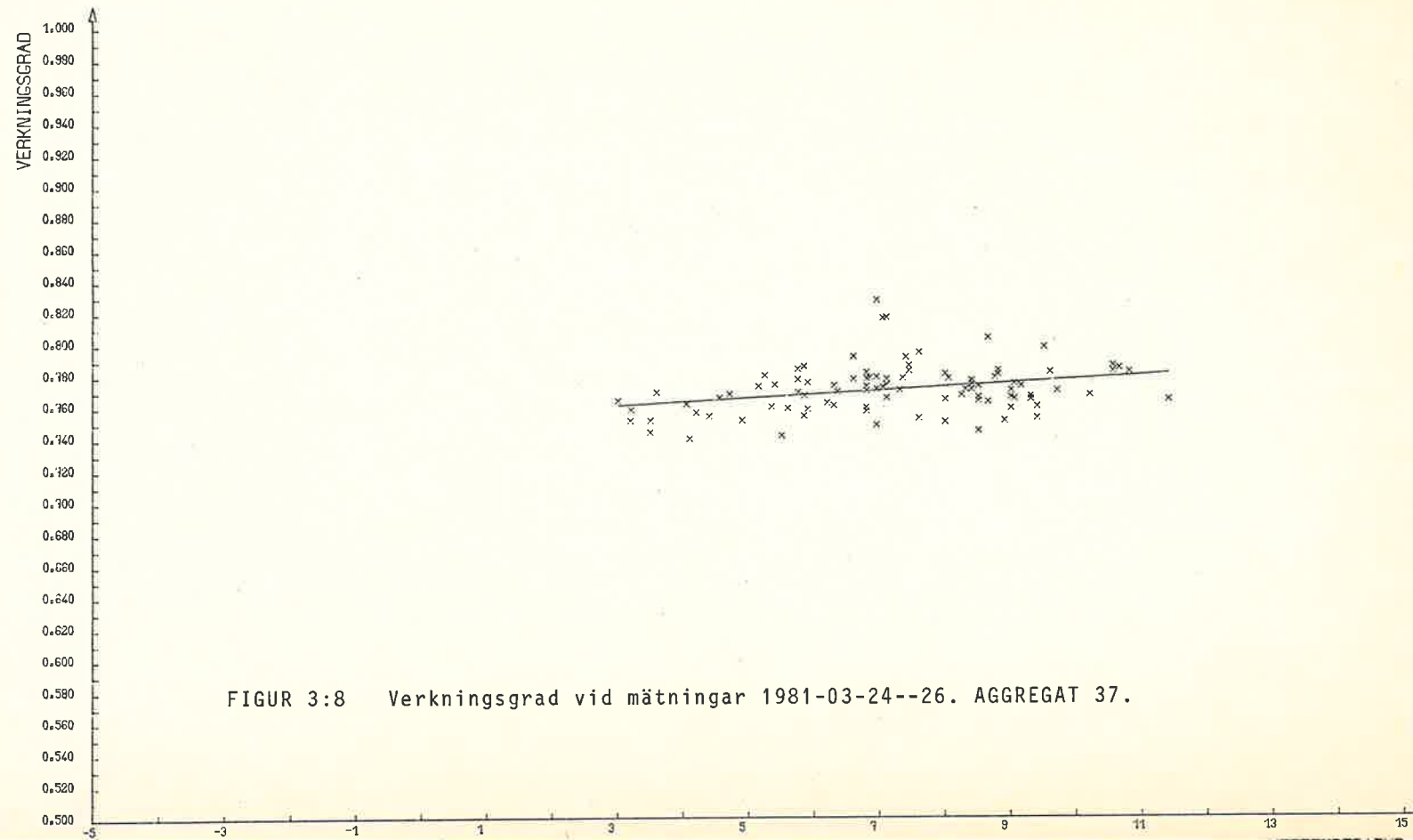


FIGUR 3:7 Verkningsgrad vid mätningar 1981-03-26. AGGREGAT 35.

BFR/BRF HULTET, PARTILLE. MÄTNINGAR 1981-03-24--26. AGGR 37.

$$Y = 0.754179E+00 + X * 0.234299E-02$$

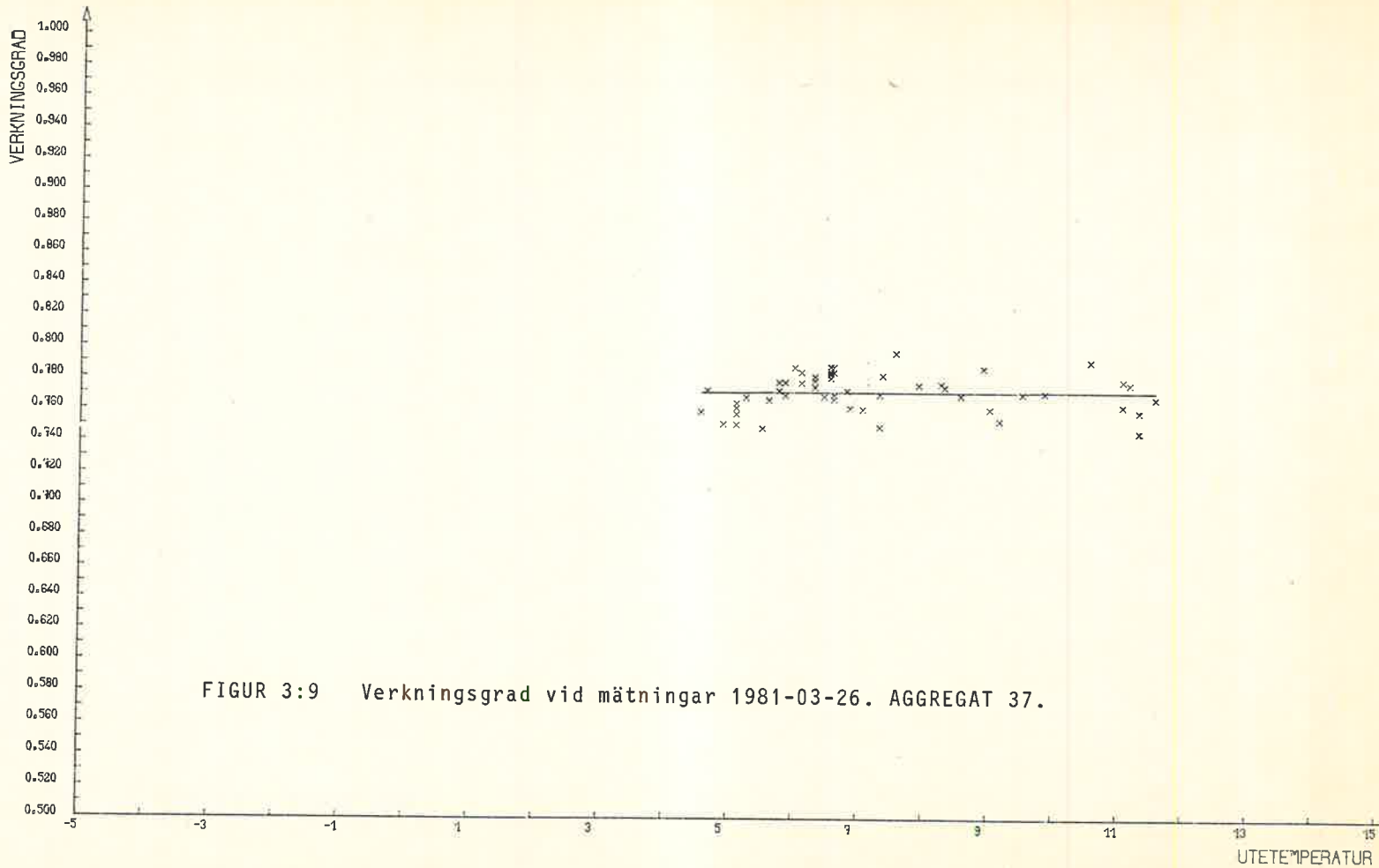
KORRELATION = 0.2909



FIGUR 3:8 Verkningsgrad vid mätningar 1981-03-24--26. AGGREGAT 37.

$$Y = 0.771412E+00 + X * 0.785695E-04$$

KORRELATION = 0.0130



FIGUR 3:9 Verkningsgrad vid mätningar 1981-03-26. AGGREGAT 37.



Den lägre verkningsgraden får två olika effekter för de boende. Den ena är att energibesparingen blir lägre. Av tabell 3:1 framgår att minskningen är liten. För aggregat 35 redovisas här genomsnittligt 7 % minskad energibesparing och för aggregat 37 något mer.

Allvarligare är emellertid att tillufttemperaturen efter växlaren ej uppnår den utlovade. I tabell 3:2 har tilluftstemperaturen beräknats för några olika verkningsgrader och utetemperaturen vid frånluftstemperaturen 22°C.

Tabell 3:2 Tilluftstemperatur efter värmexchångare.

VERKNINGS- GRAD, %	UTETEMPERATUR, °C			
	-16	-10	-5	0
85	16,3	17,2	18,0	18,7
80	14,4	15,6	16,6	17,6
75	12,5	14,0	15,3	16,5
70	10,6	12,4	13,9	15,4

Om man som referens anger att temperaturen ej bör underskrida 16°C i tilluften ser man i tabellen att 85 % verkningsgrad innebär att man har tillräcklig temperatur ner till utetemperaturen -16°C. Om verkningsgraden däremot sjunker till 75 % får man för kall tilluft redan vid temperaturer strax under 0°C.

Det bör i detta sammanhang också observeras, att verkningsgraden sjunker med sjunkande utetemperatur. Den genomsnittliga sänkningen på det redovisade materialet exklusive det i figur 3.1 är 0,2 %-enheter/grad.



**ENERGIBESPARING I BEFINTLIGA FLERFAMILJSHUS**  
**Bostadsrättsföreningen Hultet, Partille**

**BILAGA 4**  
**ENERGIFÖRBRUKNING**



# ENERGIFÖRBRUKNING

## Inledning

En kärnpunkt i detta BFR-projekt har varit att redovisa energisituationen före och efter åtgärder. Det är därför redan här viktigt att understryka, att de byggnads- och installationstekniska problemen varit många och så allvarliga att alla i skrivande stund ej är lösta. Sålunda är ej alla värmeväxlarna i drift och ärendet är överlämnat för juridisk behandling.

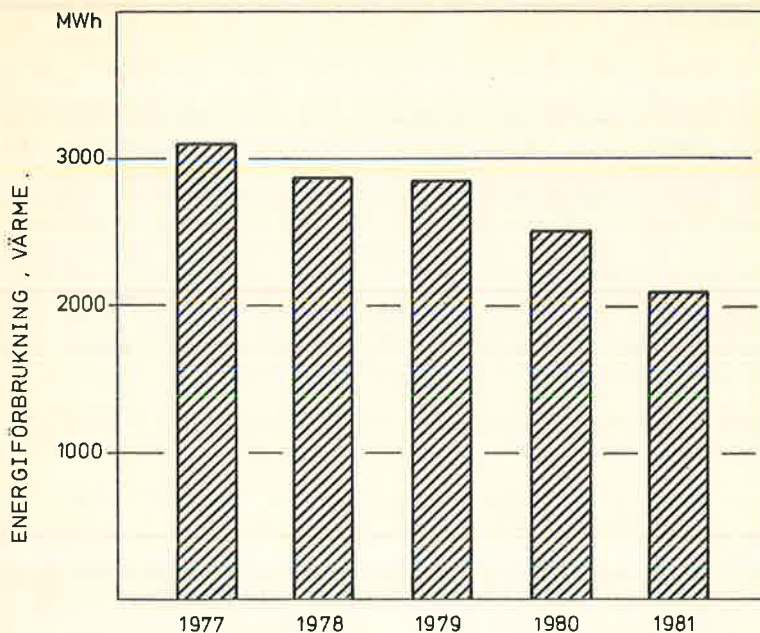
Genom projektets tidsutdräkt har också andra energisparåtgärder hunnit vidtagas. Främst kan nämnas att temperaturstyrningen på värmeförsörjningen moderniserats, samt att huvudcirkulationspumparna stängs under 3 sommarmånader (f o m sommaren 1982).

Med ovanstående bakgrund har följande kontroller gjorts:

- Sammanställning av registerad fjärrvärmeförbrukning åren 1977 - 1981 (figur 4:1)
- Sammanställning av debiterad elförbrukning åren 1977 - 1981 för gemensamma anläggningar (figur 4:2)
- Sammanställning av lägenheternas registerade elförbrukning för perioderna nov 1980 - april 1981 samt april 1981 - april 1982 (figur 4:2)
- Beräkning av energibesparing i ventilationsanläggningarna baserad på stickprovsvisa uppmätningar av flöde och verkningsgrad
- Analys av materialet och jämförelser med ursprungliga beräkningar.

## Värmeförbrukning

Värmeförbrukningen mäts i två undercentraler: en i hus B och en i hus F. Avläsning sker av fastighets-skötaren varje månad och i figur 4:1 redovisas den på detta sätt registrerade årsförbrukningen. Värdena har korrigerats till normalförbrukning med hjälp av graddagarna enligt SMHI's statistik för Göteborg (VVS-tidningen).

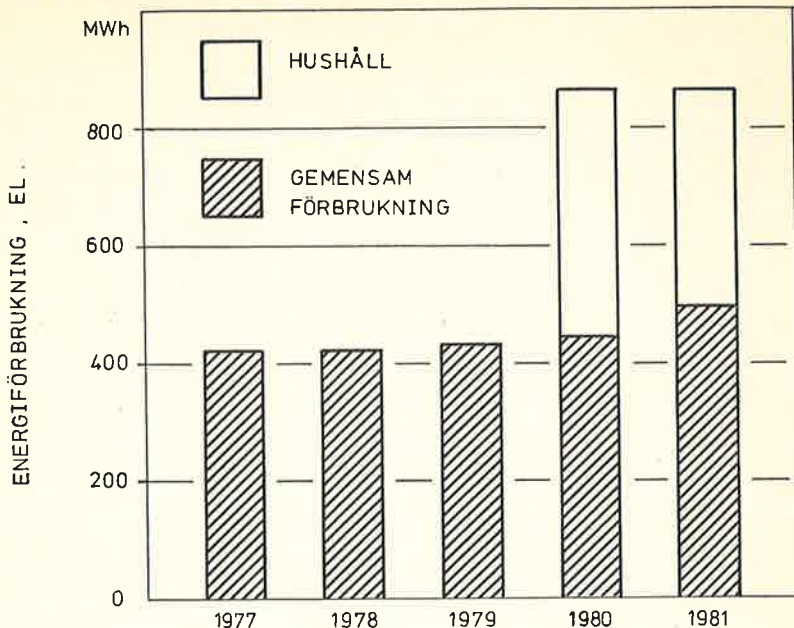


Figur 4:1 Fjärrvärmeförbrukning BFR Hultet, Partille. Normalårskorrigerade uppgifter.

### Elförbrukning

Elmätning sker genom kommunens försorg för varje lägenhet (159 st). Dessutom har bostadsrättsföreningen 8 mätare för trappbelysning, fläktar, tvättstugor etc samt gårdsbelysning.

För de gemensamma mätarna har fakturauppgifterna för åren 1977 - 1981 använts. För att korrigera för variationerna i avläsningsperioder har för varje år den genomsnittliga dygnsförbrukningen beräknats och använts för beräkning av årsförbrukningen.



Figur 4:2 Elförbrukning BRF Hultet, Partille.

Det bör noteras, att underlaget för 1980 avser den mörka årstiden, medan det för 1981 ganska exakt täcker hela året.

Trots detta är elenergiförbrukningen för de gemensamma anläggningarna högre i det senare materialet. För hushållen däremot har det omvända, logiska förhållandet erhållits. Orsaken torde delvis ligga i fläktarnas förbrukning. Antalet fläktar i dr ft har varierat på grund av driftstörningar.

Det kan således konstateras att

- hushållselens "ökning" troligen beror på tidsskillnader i underlagen
- den gemensamma förbrukningen också påverkats av förändringar i fläktdrift
- stapeln för 1981 är mest representativ
- elförbrukningen kan öka ytterligare eftersom fortfarande ej alla fläktar är i drift.

## Besparing genom värmeåtervinning - beräkning

Värmeåtervinningen i ventilationsanläggningen är beroende av bland annat luftflöde och verkningsgrad. På grund av dålig funktion har under projektets gång ändringar och justeringar ständigt utförts, varför det är svårt att få ett samlat grepp om dagsläget. Detaljerade flödesmätningar har ej bedömts meningsfulla så länge anläggningen ej fungerat tillfredsställande. Från besök i februari 1981 då relativt noggranna mätningar genomfördes i samband med injustering har följande sammanställning gjorts (tabell 4:1). Efter dessa mätningar har ny injustering genomförts så att tilluftsflödet är lika litet som frånluftsflödet. För de aggregat som undersöktes med avseende på verkningsgraden (35 och 37) sänktes som framgår av bilaga 3 tilluftsflödet till ca 180 l/s. Värdena skall jämföras med de föreskrivna 280 l/s som angavs i ombyggnadshandlingarna.

Tabell 4:1 Uppmätta flöden februari 1981.

AGGREGAT	LUFTFLÖDE		NOTERINGAR
	TILLUFT	FRÅNLUFT	
1	310	245	Anl avstängd
3	235	210	
5	(250)*	165	Anl avstängd
7	220	185	
9	220	185	
11	225	185	Anl avstängd
13	235	185	D:o spjällfel
15	235	185	D:o spjällfel
17	235	185	D:o spjällfel
19	220	185	
21	255	215	
23	255	215	
25	255	215	
27	215	175	
29	270	225	
31	235	195	
33	(250)*	(206)*	D:o spjällfel
35	235	190	
37	235	190	
39	275	225	D:o spjällfel
41	340	275	D:o Dålig lukt
43	265	235	
45	265	235	Verkn grad 56 %
47	265	235	
MEDELVÄRDE	250	206	
MAXVÄRDE	340	275	
MINVÄRDE	215	165	

\*) Mätning gick ej att genomföra. Medelvärde använt.



9 aggregat stod stilla främst på grund av fel på spjällfunktionen. Situationen i detta avseende är när detta skrivs (dec 1982) i stort sett oförändrad (13 aggregat avstängda).

Som framgår av det ovan sagda, ter sig en energiredovisning tämligen ointressant. Följande kan emellertid konstateras:

Genom en sänkning av luftflödet från 280 till 180 l/s per aggregat bör energiförbrukningen ha minskat med ca 290 MWh per år. Värmeväxlaren inenbär sedan - när den fungerar - enligt tabell 3:1 i bilaga 3 en besparing av 20 MWh per år och aggregat eller totalt 480 MWh per år. Den totala besparingen skulle därvid bli 770 MWh per år.



ENERGIBESPARING I BEFINTLIGA FLERFAMILJSHUS

Bostadsrättsföreningen Hultet, Partille

BILAGA 5

KONTROLL AV LUKT-  
ÖVERFÖRING



# KONTROLL AV LUKTÖVERFÖRING

## Problembeskrivning

Efter installation av värmväxlare typ Kantherm T-S har en serie problem uppstått vilka bl a resulterat i att de boende klagat på att såväl matos som cigarr- och liknande dofter spritts i lägenheterna.

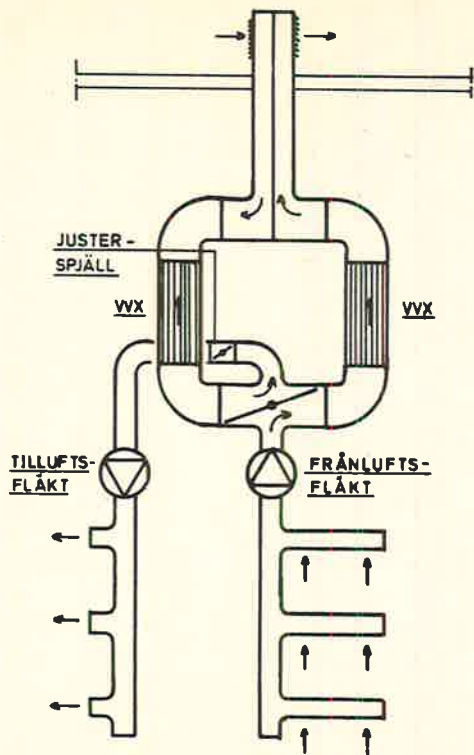
I den ursprungliga konstruktionen, som i princip framgår av figur 5.1, fanns endast ett spjäll. I växlingsögonblicken medförde fläktplaceringen en direkt kortslutning mellan till- och frånluftssystemen. Konstruktionen är helt i överensstämmelse med leverantörens broschyrmaterial. För att förhindra att växlaren sattes igen av fett placerades ett fettfilter efter den befintliga frånluftsfלקten.

För att komma tillrätta med problemen gjordes ett förslag till modifiering, vars slutliga utformning framgår av figur 5.2. Genom det dubbla spjällarrangemanget förhindras ren kortslutning och genom omplacering av tillluftsfלקten upprätthålls sådana trycknivåer att ett eventuellt läckage går från tillluft till frånluft.

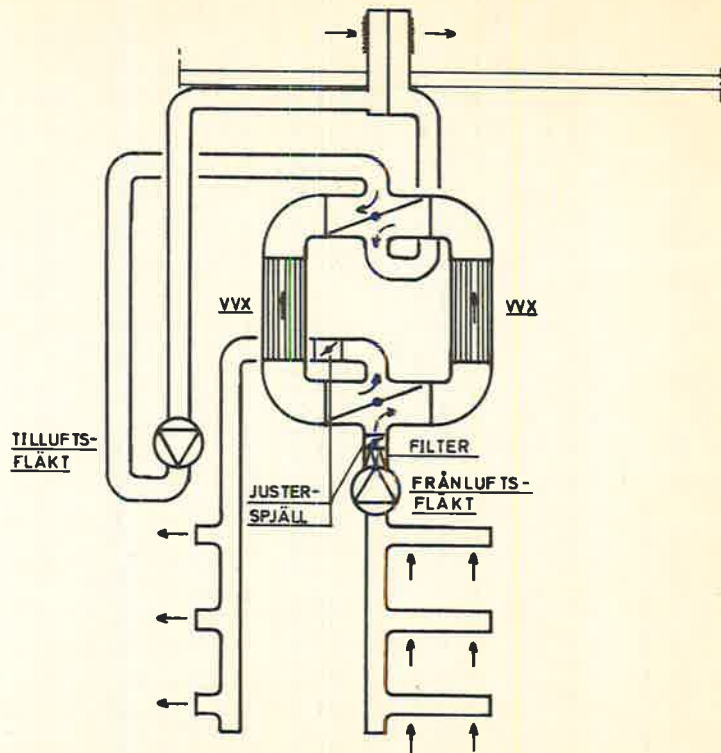
Kvarstående problem är den luftpelare som vid växlingen finns i växlarpaketen. Volymen av denna är enligt tillverkaren ca 50 liter. Med det nominella flödet 280 l/s och 60 spjällväxlingar per timma, motsvarar detta en inblandning av ca 1 liter frånluft per 335 liter uteluft eller 3 promille. Vid flödet 200 l/s blir inblandningen ca 4 promille.

Lukt kan också överföras genom adhesion på de värmeöverförande ytorna. Under förutsättning att dessa hålls rena bedöms risken för olägenheter av denna orsak som liten.

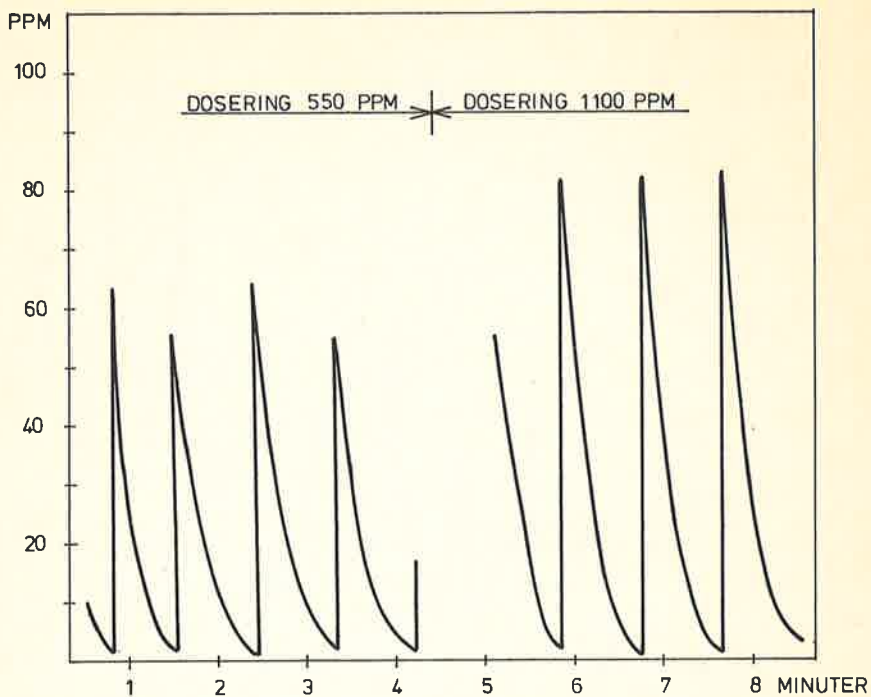
De mätningar som gjorts avser endast en undersökning av huruvida lukt kan uppstå på grund av överföring av luft från frånluftssidan till tillluftssidan.



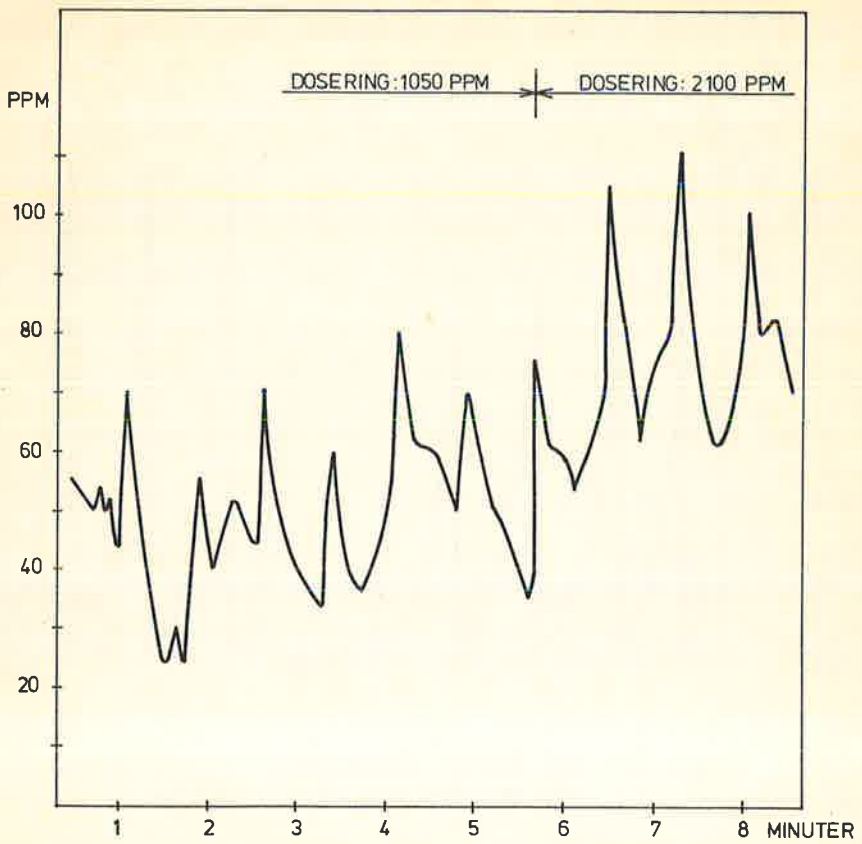
FIGUR 5:1 VÄRMEVÄXLARE FÖRE OM-BYGGNAD



FIGUR 5:2 VÄRMEVÄXLARE EFTER OM-BYGGNAD

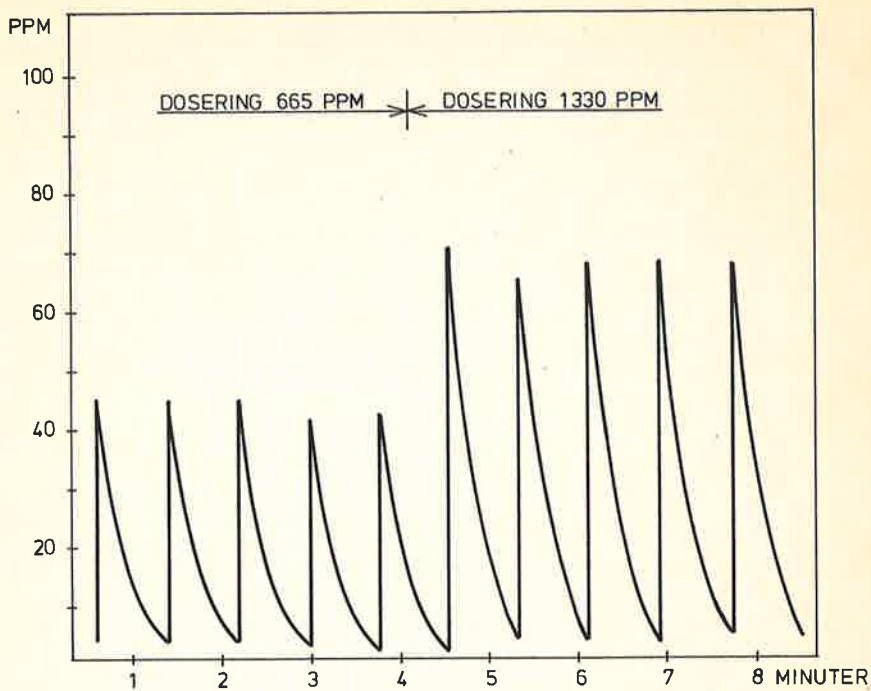


FIGUR 5.3 BRF. HULTET. REGISTRERING AV ÖVERFÖRING AV LUSTGAS MELLAN FRÅN- OCH TILLUFT, UPPGÅNG 25



FIGUR 5.4 BRF. HULTET. REGISTRERING AV ÖVERFÖRING AV LUSTGAS MELLAN FRÅN- OCH TILLUFT, UPPGÅNG 39.





FIGUR 5.5 BFR. HULTET. REGISTRERING AV ÖVERFÖRING AV LUSTGAS MELLAN FRÅN- OCH TILLUFT, UPPGÅNG 43.

## Mätmetodik

För mätningarna användes lustgas som spårgas och en Miran 1A gasanalysator. Parallellt med dosering i frånluftssystemet (mellan fläkt och värmeväxlare) registerades lustgashalten i tilluftssystemet efter värmeväxlaren.

Mätningar gjordes i tre aggregat av totalt 24 st, nämligen i uppgångarna nummer 25, 39 och 43. I en första omgång gjordes ingen kalibrering av doserade repsektive uppmätta halter, eftersom avsikten primärt var att påvisa eller belägga förekomsten av överföring från frånluften. En ytterligare mätning genomfördes för att få en uppfattning om storleken av den påvisade överföringen.

## Resultat med kommentarer

I figurerna 5.3, 5.4 och 5.5 redovisas registreringar från den senaste mätningen. Observera att olika förstärkningar använts under registreringarna. Topparna erhålls i samband med spjällväxling. Mätinstrumentet består bl a av en analyskammare, genom vilket den undersökta gasen dras med en fläkt. Detta innebär vid mätning av momentana koncentrationstoppar att man mellan topparna får ett utspädningsförlopp som är beroende av instrumentets flätkapacitet. Det beror givetvis också på hur halten i provgasen varierar mellan koncentrationstopparna.

Detta betyder för de aktuella mätningarna att man ej kan uttala sig med säkerhet om huruvida den registrerade överföringen enbart beror på "kortslutning" i spjällväxlingsögonblicken eller om den också har ett bidrag som beror på läckage t ex förbi spjället i viloläge. Mot det senare talar emellertid det faktum att tryckförhållandena är sådana att läckage endast bör kunna ske från tilluft till frånluft i värmeväxlaren.

Även överföring i takhuven, som är gemensam för luftintag och -utsläpp, kan ge ett konstant bidrag. Under mätningen i uppgång 43 var vindförhållandena sådana att detta ej var möjligt. Om direkt överföring på detta sätt skulle förekomma verkar det dessutom sannolikt att registreringarna skulle få ett väsentligt "oroligare" förlopp än vad som nu erhållits.

Den genomsnittliga överföringen erhålls genom planimetrering av registreringarna och beräkning av medelvärdet. Detta påverkas ej av den ovan nämnda instrumentfördröjningen.

I tabell 5.1 redovisas dels de under mätningarna 1982-08-17--18 uppmätta flödena och tryckförhållandena kring värmexlarna, dels den genomsnittliga procentuella överföringen från frånluft till tilluft.

Tabell 5.1      Mätresultat

Aggregat	Luftflöde l/s till-    från- luft    luft	Tryckdifferens, Pa* sid 1/sid 2	Dosering ppm	Halt i tilluft ppm	Överföring %
25	250/300	80 / 250	550 1100	23 32	4,2 2,9
39	170/155	240 / 370	1050 2100	40 80	3,8 3,8
43	245/250	90 / 260	660 1330	18 29	2,7 2,1

\*) Avser övertryck på värmexlarens tilluftsida.  
Sida 1 = tilluft ut/frånluft in,  
sida 2 = tilluft in/frånluft ut.

### Slutsatser

Mätningarna visar att en genomsnittlig överföring i storleksordningen 2 - 4 % förekommer i de undersökta aggregaten. Den bedöms huvudsakligen orsakas av dynamiken i spjällväxlingsögonblicken och är väsentligt större än vad som skulle motiveras enbart av den kvarstående luftpelaren i växlarens frånluftspaket.









