



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

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



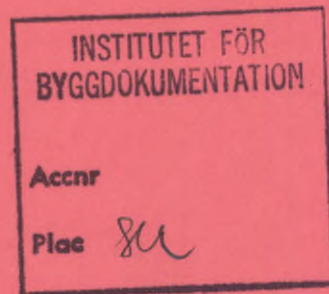
**Rapport**

**R119:1985**

**Formfaktorns betydelse för  
inomhusklimat och energibehov  
i ett flerbostadshus**

**Lennart Backman  
Peter Krantz**

R  
And



**Byggforskningsrådet**

R119:1985

FORMFAKTORNS BETYDELSE FÖR INOMHUSKLIMAT  
OCH ENERGIBEHOV I ETT FLERBOSTADSHUS

Lennart Backman  
Peter Krantz

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 821384-6  
från Statens råd för byggnadsforskning till Stockholms  
kommun, Stockholm.

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

R119:1985

ISBN 91-540-4462-6  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck AB Stockholm 1985

## INNEHÅLL

|  | SID |
|--|-----|
| FÖRORD   | 5   |
| SAMMANFATTNING   | 7   |
| 1 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH ANTAGANDEN                                     | 11  |
| 1.1 Förutsättningar byggnadsteknisk analys                           | 11  |
| 1.2 Förutsättningar värme och ventilationsteknisk analys             | 14  |
| 2 BYGGNADSTEKNISK ANALYS   | 15  |
| 2.1 Andel löpmetrar fasad  | 15  |
| 2.1.1 Kommentarer - andel löpmetrar fasad                            | 16  |
| 2.2 Transmission   | 17  |
| 2.2.1 Slutsatser - transmission                                      | 19  |
| 2.2.2 Vad beror de stora skillnaderna i transmissions-<br>förlust på | 20  |
| 2.3 Köldbryggor - kantlängder  | 21  |
| 2.4 Värmeförlust genom ofrivillig ventilation                        | 22  |
| 2.5 Vinden och dess påverkan på energiförbrukningen                  | 22  |
| 2.5.1 Slutsatser av vindpåverkan                                     | 24  |
| 2.6 Solvärme   | 25  |
| 3 VÄRME OCH VENTILATIONSTEKNISK ANALYS                               | 26  |
| 3.1 Klimatupplevelser och normkrav                                   | 26  |
| 3.2 Värme  | 28  |
| 3.2.1 Uppvärmningsprinciper  | 28  |
| 3.2.2 Effektbehov för olika värmesystem och lokal-<br>utformning     | 29  |
| 3.2.3 Speciella problem för Södra Station                            | 33  |
| 3.3 Ventilation  | 35  |
| 3.3.1 Ventilationsprinciper  | 35  |
| 3.3.2 Ofrivillig ventilation   | 36  |
| 3.3.3 Faktorer som påverkar valet av ventilations-<br>system         | 37  |
| 3.3.4 FTX jämfört med FVP-system                                     | 38  |
| 3.3.5 Formfaktorns inverkan på ventilationen                         | 44  |
| 3.3.6 Speciella problem för Södra Station                            | 46  |

|       | SID                                  |    |
|-------|--------------------------------------|----|
| 3.4   | Styr och regler                      | 48 |
| 3.4.1 | Styr och regler principer            | 48 |
| 3.4.2 | Tidskonstanten                       | 48 |
| 3.4.3 | Zonindelning                         | 52 |
| 3.4.4 | Speciella aspekter för Södra Station | 54 |
| 4     | FÖRSLAG TILL FORTSATT FOU            | 55 |

BILAGA 1 Del av ritningsunderlag.

LITTERATURFÖRTECKNING

## FÖRORD

Härmed presenteras en rapport som tagits fram i samarbete mellan Svenska Riksbyggen och Wahlings Installationsutveckling AB på uppdrag av Stockholms kommun. Anslag för arbetets genomförande är beviljat från Statens råd för byggnadsforskning.

I samband med kommunens programarbete för ny bebyggelse på Södra stationsområdet i Stockholm upprättas ett särskilt delprogram för energi. Där skall bl a vissa riktlinjer redovisas för bebyggelsens utformning med hänsyn till uppsatta mål för framtida energiförbrukning i ny bebyggelse. Riktlinjerna kommer bl a att avse:

- o val av hustyper inom områdets olika delar
- o utnyttjande av passivt infångad solvärme
- o egenskaper som påverkar vindens effekter på uppvärmningsbehovet
- o byggnadernas form i plan och höjd
  
- o val av installationssystem för värmeåtervinning

Vissa delar av riktlinjerna kan senare komma att skrivas om till krav som förs in i markavtal och upphandlingsunderlag.

Fem konsultuppdrag där vissa idéer om bebyggelseutformning på Södra stationsområdet vidareutvecklats redovisades hösten 1982. I dessa uttalades ej speciellt att husens energibehov skulle beaktas, varför de kan anses representera det sätt på vilket energifrågan rent generellt hanteras i planering av ny bebyggelse idag. Förslagen visar att förutsättningar och villkor för att skapa en energisnål bebyggelse ännu inte kommer in som en naturlig del. Det är därför viktigt att kommuner med utgångspunkt från uppsatta mål över energiåtgångstal i ny bebyggelse söker påverka byggherrar, projektörer och entreprenörer i deras arbete med utformning av bebyggelsen och val av systemlösningar.



Inom ramen för programarbete för bebyggelse på Södra stationsområdet har husens utformning och placering studerats med hänsyn till lokalklimatet. Syftet med denna rapport har varit att komplettera dessa studier med den s k formfaktorns betydelse för inomhusklimatet i en byggnad. Formfaktorn, som avser ett förhållande mellan ytterväggsyta och våningsyta, kan vara ett mått på de potentiella värmeförlusterna. I rapporten redovisas de parametrar som är av betydelse för att bättre kunna förstå innebörden av formfaktorbegreppet och därmed sambanden mellan inomhusklimat och tryck- och temperaturförhållanden på klimatskärmens utsida. Det har då även varit nödvändigt att belysa installationssystemens samverkan med byggnaden i övrigt. För att kunna uppnå önskvärda kvaliteter och krav, som även ställs av andra skäl än låg energiförbrukning, är det angeläget att i planering och projektering av byggnader beakta hela kedjan från klimatpåverkan, över en byggnads utformning till det inre klimatet och komfort för de boende.

Planeringsberedningens kansli, mars 1983

MATS THOREN



SAMMANFATTNING

Om transmissionsförbrukningen för Stockholms-hems-Lindroos förslag sätts till 100 % är storleksordningen för övriga förslag:

- knappt 90 % för Jensfelt
- ca 80 % för Riksbygen samt Svenska Bostäder
- ca 70 % för HSB.

En jämförelse av löpmeter fasad per m<sup>2</sup> golvyta ger ett likartat resultat.

Antas 200 lägenheter per 15000 m<sup>2</sup> golvyta, samt 95000 grad-timmar blir den maximala transmissionsskillnaden knappt 200 kr/år och lägenhet, mellan sämsta och bästa förslag.

Att Stockholms-hems-Lindroos förslag är så pass mycket dyrare i transmissionskostnad beror främst på att många enskilda rum har 3 ytterväggar samt att fasaden är kraftigt veckad.

HSB:s förslag får en relativt låg transmissionsförbrukning genom den stora volymen och de relativt små takytorna.

Studien av kantlängder och köldbryggor visar att HSB:s och Stockholms-hems förslag får en något ökad energiförbrukning eller dyrare konstruktion.

Värmeförluster genom ofrivillig ventilation kan bli avsevärda främst i HSB:s fall. Husen är höga och har en komplicerad form, vilket medför att den termiska stignakraften blir svårkontrollerad och risken för läckage stor. Även vindens påverkan på HSB:s höghus kan ge avsevärda energikostnader. Den tydliga trattformen med höga hus som för ned höga luft-hastigheter till markplanet, samt de på skivor uppburna diagonalhusen medför med stor sannolikhet att problem med höga vindhastigheter i markplan uppkommer och en därmed ökad energiförbrukning samt komfortproblem. En vindtunneltest av HSB:s förslag rekommenderas.

Inga av förslagen uppvisar någon speciellt god anpassning till passiv solvärme. Förslagen är likartade bl a med avseende på fönsterorientering. Reglerförmåga och materialval är inte tillräckligt redovisade vilket medför att en eventuell jämförelse är klart orealistisk. De relativa felen skulle bli avgörande. För de förslag som placeras i norra delen av Södra Stationsområdet kan däremot möjligheten till ett passivt solvärmetillskott vara av värde.

För att minska energiförbrukningen är följande åtgärder av intresse:

#### Stockholmshem-Lindroos

Terassytor ändras till lägenhetsytor (ger drygt 10 % lägre transmissionsförbrukning)

C-husen flyttas till norra delen av kvarteret vilket ger bättre solinstrålningsförhållanden.

#### Riksbyggen samt Jensfelt

Portar i de öppna genomgångarna kan vara av värde, främst ur komfortsynpunkt.

#### HSB

Möjligheter till ett ökat solvärmetillskott finns, om gavelytorna på de diagonalställda husen utnyttjas för fönsterplacering.

Vindtunnelprov rekommenderas.

Tätheten ställer stora krav på detaljlösningarna samt en noggrann byggkontroll.

Balkongytorna minskas vilket ger mindre skuggningseffekter och lägre transmissionsförbrukning.

Avslutningsvis bör nämnas att det ställs stora krav på reglersystemet för att passiv solvärme ska kunna utnyttjas för de bäst placerade tomterna.

För valet av värmesystem spelar planformen med avseende på komfortnivån en viss men liten roll. Möjligheter till kanal och kulvertförläggning samt möjligheter till värmeåtervinning spelar förmodligen en större roll för valet av system, liksom naturligtvis investerings och driftskostnaden.

De olika förslagen för södra station har, under de antaganden som gjorts om att likartade byggnadsmaterial använts, ungefär samma tidskonstant. Detta innebär att besparingsåtgärder i form av intermitterent uppvärmning etc har samma effekt för de olika förslagen. För nattsänkning ligger besparingen på ca 2 % per natt. En zonindelning där de boende ges inflytande över energiförbrukningen verkar kunna ge viss besparings-effekt. Konsekvenserna av detta är dock mindre kända varför en uppskattning av storleksordningen är svår att göra. Indikationen pekar dock på besparingar upp till 10 %. Genom att dagens byggnader har låga effektbehov kommer solbelastningar under uppvärmningssäsong att svara för små energivinster. Däremot kan man tänka sig att under vår och höst värmeöverskott förekommer.

Med anledning av SBN:s krav på kontinuerlig luftväxling och energihushållning kan två olika ventilationssystem komma i fråga för bebyggelsen på Södra Stationsområdet. Det ena är ett frånluft/tilluftssystem med värmeväxling s k FTX-system, det andra är ett frånluftssystem där energin i frånluften återvinns med hjälp av en värmepump och överförs till tappvarmvatten- och radiatorkretsen.

Ventilationen kan delas upp i mekanisk och ofrivillig ventilation.

Den mekaniska ventilationen som är fläktstyrd är ej beroende av byggnadens formfaktor. Den ofrivilliga ventilationen påverkas dock vid ändrade husformer. Den tilltar med husets höjd samt ökande fasadyta per  $m^2$  lägenhetsyta.

Ofrivillig ventilation uppkommer på grund av vindkrafter och termiska drivkrafter. Vindkraften kan reduceras med vindfång. Detta låter sig göras vid låg bebyggelse men är praktiskt omöjligt vid höghus. För att minska energiåtgången för ofrivillig ventilation måste i första hand byggnaderna byggas täta.

En av utgångspunkterna för utredningen är att lägenheterna ska göras flexibla. Detta innebär att tilluften bör till sättas i framkant, dvs vid fasaden. Ett dylikt FTX-system är dock ca 6 % dyrare än ett alternativ där tilluften till sätts vid innerväggarna.

Vid ett FVP-system tas uteluften direkt genom fasaden vilket innebär sämre luftkvalitet och större drag- och ljudproblem jämfört med vad som erhålls vid ett FTX-system där uteluften tas in centralt. Beroende på antalet lägenheter och erforderlig ventilationsaggregat skiljer sig kostnaderna ca 2000:-/lgh för ett FTX-system för de olika bebyggelsealternativen. Skillnaden mellan ett FTX-system och ett rent frånluftssystem är ca 7000:- och detta ska bära kostnaden för en värmepumpinstallation. Resultat från gjorda utredningar visar att detta är möjligt och till och med att investeringskostnaden kan bli lägre med en bra systemoptimering.

FVP-systemet är stabilare än FTX-systemet men ger sämre möjlighet till en effektiv ventilation. FTX-systemet kräver större utrymme för schakt, vilket innebär en extrakostnad av ca 250:-/lgh jämfört med ett FVP-system.

Fönstervädring kan orsaka stora energiförluster. Förlusterna kan kopplas till den operativa temperaturen och sägas vara störst där op.temp. är högst. Detta innebär vidare att vid lika uppvärmningssystem erhålls de största förlusterna för en byggnad med liten fasadyta per m<sup>2</sup> lägenhetsyta.

I höghus åstadskommes stora termiska drivkrafter som är svåra att bemästra. Ventilationssystemet måste indelas i grupper i kombination med att anslutningarna förses med konstantflödesdon.

Varmluftsuppvärmning i höghus är att betrakta som ett experimentbygge.

Många problem är fortfarande olösta.

## 1 FÖRUTSÄTTNINGAR

### 1.1 Förutsättningar byggnadsteknisk analys

- 1) Våningshöjden antas vara 2,6 m för samtliga förslag.
- 2) Fönsterarean har beräknats enligt SBN 1980.  
 "Den sammanlagda fönsterarean i en byggnad får uppgå till högst 15% av de olika våningsplanens yttre area med tillägg av högst 3% av deras inre area".  
 "Med yttre area avses den area av ett våningsplan som begränsas av utsidorna av de ytterväggar för vilka fönster tillåts och en linje 5,0 m från väggarnas utsida".  
 Den maximalt tillåtna fönsterarean enligt ovan har använts även för samlingssalar och liknande.
- 3) Följande värmegenomgångskoefficienter (k-värde) antas gälla.
 

|                     |  |
|---------------------|--|
| ☒ vägg mot det fria | $k = 0,30 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ |
| ☒ yttertak          | $k = 0,20 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ |
| ☒ fönster           | $k = 2,00 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ |
- 4) Värmeeffektbehov för att täcka transmissionsförluster genom fönster, yttervägg samt tak beräknas allmänt enligt:

$$P_T = kA (V_{1m} - LUT) + \Delta P_T$$

Beteckningar:

- $k$  = värmegenomgångskoefficient,  $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ .  
 $V_{1m}$  = rumsluftens medeltemperatur,  $^\circ\text{C}$ .  
 $LUT$  = dimensionerande lägsta utetemperatur.  
 $\Delta P_T$  = värmeförlust genom köldbryggor.  
 $A$  = area genom vilken värmetransport sker,  $\text{m}^2$ .

Vid areaberäkningar används innerareor. Inverkan av köldbryggor som ingår i byggnadsdel är inte möjligt att upp-

skatta, då den konstruktiva utformningen ej är bestämd för de fem förslagen. En uppfattning om hur förslagen kan förväntas skilja sig åt i detta avseende redovisas under rubriken köldbryggor - kantlängder.

Om man ger dessa byggnadsdelar en bättre konstruktiv utformning är en jämförelse ändå av intresse då man kan jämföra kostnadsökningen med en förväntad minskad energiförbrukning.

I redovisningen av energiförluster genom transmission har  $\Sigma kA$  beräknats, då övriga ingångsdata (temperaturdifferens och gradtimmar) är gemensamma för samtliga förslag. Energibehov och effektbehov är i detta fall direkt proportionellt mot  $\Sigma kA$

5) Följande ingångsdata har mätts upp:

- o Löpmeter fasad (våningshöjd konst = 2,6 m).
- o Fönsterarea ( $m^2$ , enl SBN 80).
- o Takarea ( $m^2$ ).
- o Lägenhetsarea med allmänna utrymmen ( $m^2$ ).
- o Kommunikationsarea ( $m^2$ ).

6) För att göra en i möjligaste mån rättvis jämförelse har följande riktlinjer följts:

- a) Samtliga mått och ytor är uppmätta på ett likvärdigt sätt, varför förslagens måttuppgifter ej har använts.
- b) Eftersom de olika förslagen utnyttjat bottenplanen på olika sätt och för olika ändamål har en uppdelning i redovisningen gjorts för bottenvåning, övriga våningsplan samt totalt.
- c) Kalla förråd och skyddsrum i bottenplanet samt ytor under mark har ej medtagits. Inte heller värmeavgivning till mark har ingått i transmissionsberäkningarna pga de stora olikheterna mellan förslagen.  
I HSB:s fall har plan -3 till +1 räknats till bottenplanet.

7) För att åskådliggöra skillnader mellan förslagen har det jämförelsevis sämsta förslaget i varje jämförelse satts till en faktor 100.

Övriga förslag är redovisade som procent av ytterlighetsförslaget.



För att översätta dessa procenttal till en uppvärmningskostnad för transmission har följande värden antagits:

- o 95 000 gradtimmar
- o 15 000 m<sup>2</sup> golvyta
- o +20 °C rumstemperatur
- o +6,6 " normaltemperatur i Stockholm
- o 20 öre/kWh (endast den rörliga kostnaden för fjärrvärme bör vara med i jämförelsen)



## 1.2 FÖRUTSÄTTNINGAR OCH ANTAGANDEN, VVS-TEKNISK ANALYS

Den finns en mängd faktorer som bör behandlas i ett arbete det här är frågan om. Några av dem har listats i en rapport av Peterson 1980, vilken ligger som grund för detta arbete.

Dessa är:

- Inomhustemperatur
- Utomhustemperatur
- Isolering
- Fönstersättning
- Solinstrålning
- Ventilationsgrad och förekomst av värmeåtervinning
- Nattsänkning
- Värmelagringsförmåga hos byggnadsstommen
- Infiltration

Vi förutsätter att Svensk Byggnorm SBN 1980 gäller för förslagen för Södra Station. De kapitel som närmast är aktuella från energisynpunkt är:

- kap 33 Värmeisolering och lufttäthet
- kap 35 Termiskt inomhusklimat
- kap 36 Luftkvalitet
- kap 38 Belysning
- kap 39 Energihushållning

För värmesystemen har antagits att fjärrvärme installeras och därmed ett nyttjande av vattenburen värme till radiatorer och luftvärmebatterier.

För ekonomiska beräkningar har taxan för den rörliga delen satts till 0,20 kr/kWh för fjärrvärme samt 0,27 kr/kWh för el.

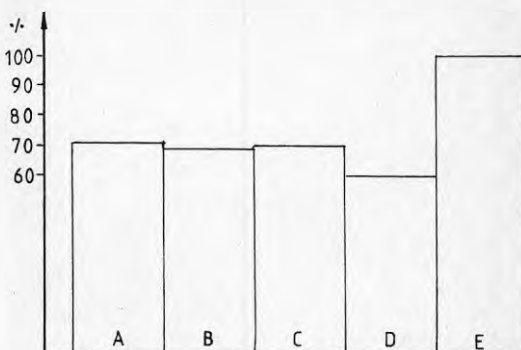
I övrigt gäller samma förutsättningar som för den byggnadstekniska analysen.

## 2 BYGGNADSTEKNISK ANALYS

### 2.1 Andel löpmeter fasad

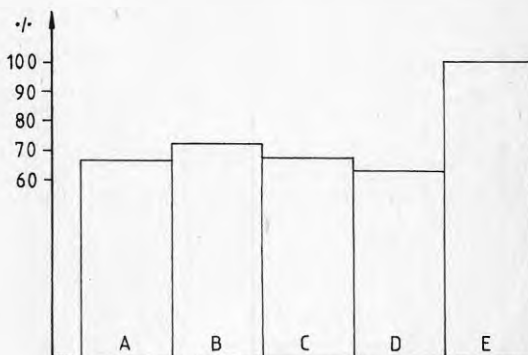
#### DIAGRAM 1

Löpmeter fasad per  
m<sup>2</sup> lägenhetsyta.  
BV ingår.



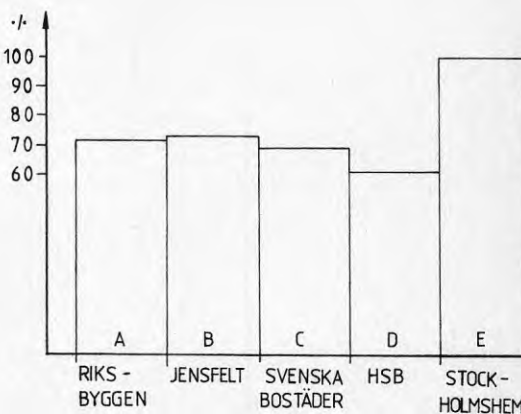
#### DIAGRAM 2

Löpmeter fasad per  
m<sup>2</sup> total golvyta.  
BV ingår ej.



#### DIAGRAM 3

Löpmeter fasad per  
m<sup>2</sup> total golvyta.  
BV ingår.



### 2.1.1 Kommentarer - andel löpmeter fasad

Överensstämmelsen mellan de 3 diagrammen visar att redovisningsmetoden ej är avgörande för resultatet. Den mest rättvisande jämförelsen framgår av diagram 2, där bottenvåningens skilda utnyttjande ej påverkar slutresultatet.

Förslag E (Stockholmshem) är minst fördelaktigt. Därefter B (Jensfelt) med drygt 70% av Stockholmsshems yttervägg relativt golvytan.

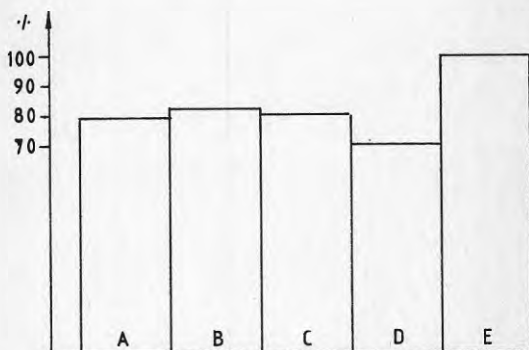
Därefter kommer A (Riksbyggen B (Svenska Bostäder) med knappt 70 % och D (HSB) med drygt 60%. Jämförs diagram 1 och 2 framgår att förslag B är aningen sämre än A och C trots de betydligt mindre kommunikationsytorna.

## 2.2 Transmission

Diagram 4-9 visar energiförbrukning/m<sup>2</sup> lägenhetsyta respektive total golvyta samt med eller utan bottenvåningen. Endast transmissionsförluster är med i beräkningarna. Diagram 10 redovisar uppvärmningskostnaden.

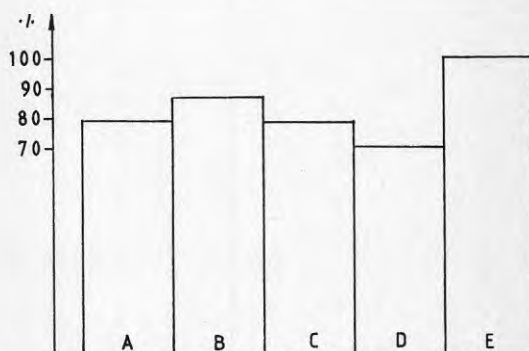
### DIAGRAM 4

ΣkA för fönster,  
yttervägg, tak per  
m<sup>2</sup> lägenhetsyta.  
BV ingår ej.



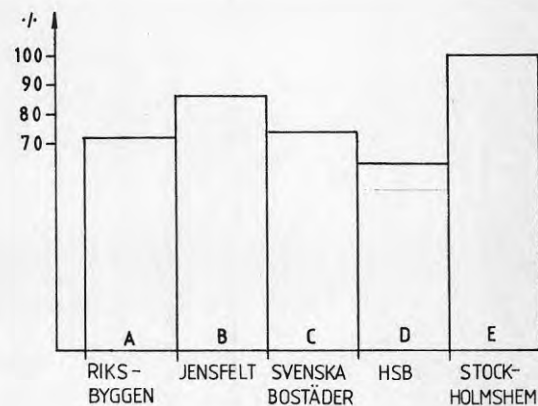
### DIAGRAM 5

ΣkA för fönster,  
yttervägg, tak per  
m<sup>2</sup> total golvyta.  
BV ingår ej.



### DIAGRAM 6

ΣkA för yttervägg,  
tak per m<sup>2</sup> total  
golvyta.  
BV ingår ej.



RIKS-  
BYGGEN

JENSFELT

SVENSKA  
BOSTÄDER

HSB

STOCK-  
HOLMSHEM

DIAGRAM 7

$\Sigma kA$  för fönster,  
yttervägg, tak per  
 $m^2$  lägenhetsyta.  
BV ingår.

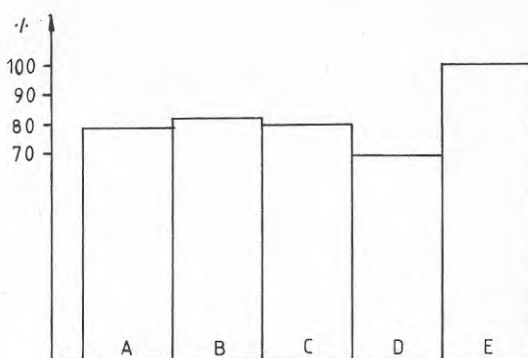


DIAGRAM 8

$\Sigma kA$  för fönster,  
yttervägg, tak per  
 $m^2$  total golvyta.  
BV ingår.

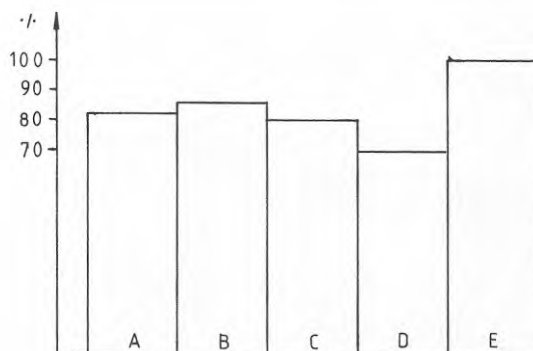
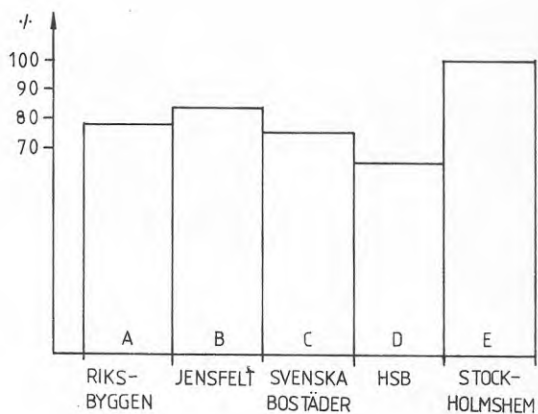


DIAGRAM 9

$\Sigma kA$  för yttervägg,  
tak per  $m^2$  total  
golvyta.  
BV ingår.

RIKS-  
BYGGEN

JENSFELT

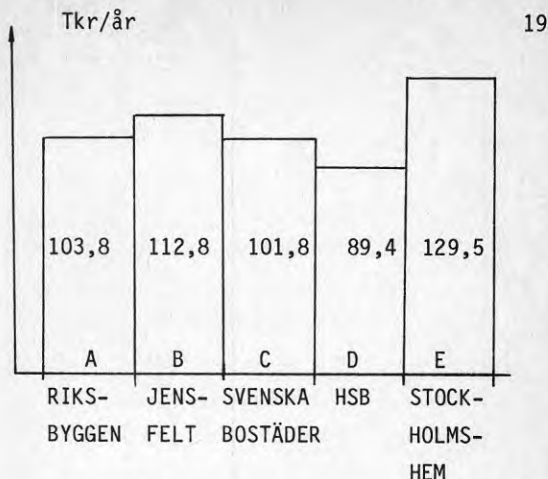
SVENSKA  
BOSTÄDER

HSB

STOCK-  
HOLMSHEM

DIAGRAM 10

Uppvärmningskostnad  
för 15 000 m<sup>2</sup> total  
golvyta.  
BV ingår ej.



### 2.2.1 Slutsatser-transmission

Den bästa redovisningen är antingen diagram 4 eller diagram 5, beroende på vilka relationer som anses viktigast. I diagram 6 samt 9 är transmissionsförluster genom fönster ej med i beräkningarna, därför att det ej är säkert att samtliga förslag utnyttjar den enligt SBN-80 maximalt tillåtna fönsterarean. Det framgår tydligt att prognosen för transmissionsförluster ändå ger samma resultat.

Jämförs diagram 4 med diagram 2 (1pm/m<sup>2</sup>) framgår det hur bra en jämförelse av löpmeter fasad/m<sup>2</sup> total golvyta speglar husutformningars skilda transmissionsförluster. Detta är ingen självklarhet eftersom tak och fönsterareor ej är med i beräkningen.

Diagram 10 redovisar den förväntade skillnaden i uppvärmningskostnad p g a transmissionsförluster genom fönster, yttervägg och tak för 15 000 m<sup>2</sup> golvyta. Rangordning enl tab 2.2

|                    | Transmissionskostnad | Skillnad - HSB |
|--------------------|----------------------|----------------|
| 1 HSB              | 89 400 kr/år         | 0 kr/år        |
| 2 Svenska Bostäder | 101 800 "            | 12 400 "       |
| 3 Riksbyggen       | 103 800 "            | 14 400 "       |
| 4 Jensfelt         | 112 800 "            | 23 400 "       |
| 5 Stockholmshem    | 129 000 "            | 39 600 "       |

Tabell 2.2

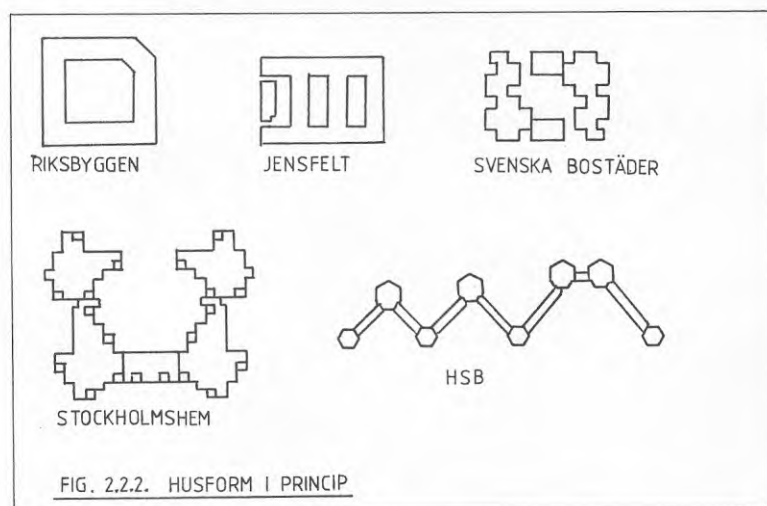
Antas 200 lägenheter per 15 000 m<sup>2</sup> total golvyta blir den maximala skillnaden 198 kr/år och lägenhet mellan sämsta och bästa förslag.

### 2.2.2 Vad beror de stora skillnaderna i transmissionsförlust på

I StockholmsHems och Bengt Lindroos fall är det främst den kraftiga veckningen och ett stort antal rum med tre ytterväggar som är orsaken till det negativa resultatet. Redan genom att exempelvis utnyttja terrassytorna till lägenhetsutrymme erhålls en drygt tioprocentig förbättring och förslaget får en transmissionsförbrukning av samma storleksordning som Jensfelts.

Ett alternativ till att ändra husens utformning är att avsevärt förbättra isoleringen. Detta gäller naturligtvis för samtliga förslag, men en förbättring av k-värden medför också en kostnadsökning som delvis motsvaras av en förväntad energivinst.

Att HSB-förslaget ur transmissionssynpunkt är så fördelaktigt beror till stor del på de i relation till totala lägenhetsytan små takytorna. En förutsättning är att den goda ytekonomin ej försämras. T ex är det särskilt viktigt att hålla nere schaktytorna i höga hus. Skillnaderna i transmissionsförlust mellan övriga förslag är inte stora.





### 2.3 Köldbryggor - kantlängder

Det har ej varit möjligt att ta hänsyn till köldbryggor vid uppskattningen av transmissionsförluster, eftersom byggnadernas konstruktiva utformning ej är given.

En utvärdering är dock möjlig genom att jämföra de 5 förslagen med avseende på löpmeter kantlängd/100 m<sup>2</sup> golvyta (bottenplanet ingår ej) enligt tabell 2.3.

| Förslag            | Lpm horisontell och vertikal kantlängd per 100 m <sup>2</sup> golvyta | Lpm balkong per 100 m <sup>2</sup> golvyta |
|--------------------|---|--|
| A Riksbyggen       | 8,3   | 6,3  |
| B Jensfelt         | 12,9  | 3,5  |
| C Svenska Bostäder | 9,7   | 2,9  |
| D HSB              | 9,8   | 8,4  |
| E Stockholmshem    | 16,2  | 8,2  |

Tabell 2.3

Löpmeter horisontell och vertikal kantlängd ger ingen säker uppfattning om köldbryggornas storlek. Man kan ändå förvänta sig en kostnadsökning för att undvika stora transmissionsförluster p g a de många hörnen.

Denna kostnad kan jämföras med en till viss del motsvarande ökad uppvärmningskostnad. Stockholmshem och Jensfelts förslag är ur denna synpunkt mindre bra utformade. Någon uppfattning om storleken på kostnadsfördyringen är ej möjlig, och den relativa betydelsen får anses som liten. En betydligt större inverkan kommer balkonginfästningen att ha.

Här får HSB och Stockholmshem de klart sämsta värdena. Storleksmässigt går det ej heller här att göra någon säker bedömning utom att HSB:s förslag närmar sig de övrigas energiförbrukning. Den tidigare rangordningen kvarstår.

Vid indragna balkonger bör bäringen koncentreras till de 4 hörnen och vikten understiga 2 ton. Det är då möjligt att utföra en acceptabel isolering mellan balkongelement och bjälklag. Vid utanpåliggande balkonger bör man eftersträva ett eget bärande system vilket ger en minimal värmeöverföring mellan byggnadsstomme och balkong. Principen är ekonomiskt försvarbar utom för källarlösa hus utan pålning pga den ökade grundläggningskostnaden.

## 2.4 Värmeförlust genom ofrivillig ventilation

Mest framträdande orsakerna till luftläckage:

- En komplicerad form med många hörn och köldbryggor ökar risken vid kraftig vindpåverkan och stora tryckskillnader.
- Den termiska stigkraften ökar med byggnadshöjden.
- Vertikala schakt som linhissar och kanaler påverkas starkt av den termiska stigkraften.

Av de fem förslagen är det Stockholmslems stora andel kantlängder och veckade fasad men i betydligt högre grad HSB:s höghus som kan förväntas få en ökad energiförbrukning genom ofrivillig ventilation. Beräkningsmodeller finns för att uppskatta storleken av läckaget, men är inte möjligt att få med inom denna rapportens ram. Dock bör nämnas att förlusterna p g a ofrivillig ventilation kan bli avsevärda. I normalfallet med 5-6 vån. kan den ofrivilliga ventilationen närma sig 10% av transmissionsförbrukningen i energiförlust. Det är alltså av största vikt att i HSB:s fall vara särskilt mån om den rent konstruktiva utformningen och en speciellt noggrann byggkontroll. Detta gäller även i viss mån Stockholmslems förslag.

## 2.5 Vinden och dess påverkan på energiförbrukningen

I en stadsplan med osymmetrisk bebyggelse är vindarna ofta instabila med låga vindhastigheter.

Om det finns höghus som är mindre än dubbla höjden av omgivningen överskrids vanligen inte den fria vindhastigheten. Placeras däremot avsevärt högre hus i en relativt låg omgivning, uppkommer betydliga överhastigheter (150-200%). Ett höghus för den fria vinden från högre höjd ner till marknivån. Bärs de höga husen upp av pelare eller liknande kan vindhastigheten vid markplanet överskrida den fria hastigheten med upp till 300 - 400% jämfört med den omgivande bebyggelsen. Det torde framgå att en ur vindpåverkan olämplig husutformning i vissa fall avsevärt kan öka vindhastigheterna och därmed även energiförbrukningen. Det bör påpekas att även relativt låga vindhastigheter lätt upplevs som oacceptabla.

Dubinsky har med vindtunnelprov visat att balkonger bör vara utanpåliggande med "gavlar" för att få maximal läverkan. Wirén redovisar ett motsatt resultat dvs indragna balkonger. Ur energisynpunkt bör balkonger vara utanpåliggande med gavlar, varvid transmissionsytorna och vindbelastning längs fasaden minimeras. Balkonger placerade i husets hörn bör om möjligt undvikas.

I Stockholm är den förhärskande vindriktningen sydväst samt i viss mån väst och syd. Stadsplanen på Söder kännetecknas av en osymmetrisk bebyggelse med skilda husformer, höjder och avstånd. I denna typ av bebyggelse är vindhastigheten vid markytan sällan mer än 60-70 % av den fria vindens hastighet.

För att förebygga skadliga vindeffekter har Karol Dubinsky ställt upp en åtgärdslista. Denna lista påvisar att följande vindeffekter bör uppmärksammas.

- 1) En barriäreffekt (Se fig 2.5.1) med en utpräglad besvärighetszon bakom barriären.

Fenomenet uppstår om:

- a) Husets längd är större än  $8 \times H$ ,
- b) husets höjd är mindre än 25 m,
- c) avståndet mellan husen är mycket mindre än hushöjden eller större än dubbla höjden.

Alla förslag utom D (HSB) kan få en viss barriäreffekt.

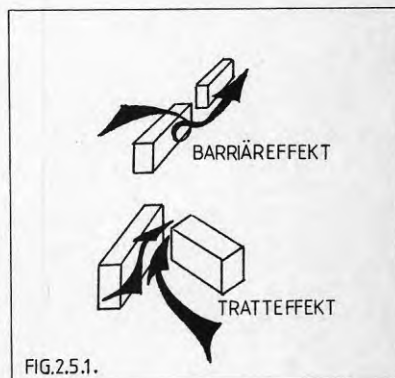


FIG.2.5.1.

- 2) Tratteffekten kan i HSB:s fall bli besvärande. För att undvika tratteffekter bör byggnaderna:
  - a) ha ett mellanrum som är större än husens höjd,
  - b) ej ha armarnas bisektris orienterad längs de förhärskande vindriktningarna.
  - c) medelhöjden  $< 15$  m
  - d) armarnas totala längd  $< 100$  m
  - e) en av byggnaderna förlängs, bortom förträngningen.

Dessa kriterier för att undvika tratteffekten uppfyller inte HSB:s förslag.

Öppna genomgångar bör undvikas och då särskilt tvärgående skivor som styr luften och ger överhastigheter.

### 2.5.1 Slutsatser av vindpåverkan

En viss form av barriäreffekt kan uppstå för alla förslag utom HSB:s. Den relativa betydelsen för energiförbrukningen synes dock mycket liten.

Riksbyggens och Jensfelts förslag har öppna genomgångar med i Riksbyggens fall stor fri area. I båda fallen kan en port vara av värde främst ur komfortsynpunkt.

HSB har en husutformning som gör det troligt att en tratteffekt kommer att uppstå. Se fig. 2.5.2.

Effekten förstärks genom att diagonalhusen är uppburna på 7 m höga skivor. Om det är möjligt att erhålla en god växtlighet under de på skivor uppburna husen, är en förbättring möjlig. Känt är att växtlighet med denna typ av placering har gett problem.

HSB:s höghus (A-D) för dessutom ner höga lufthastigheter till markplanet.

Problemen har i viss mån minskats genom att hus A-H har fått en avrundad form. Även den varierande byggnadshöjden samt det "podium" som affärsstråket motsvarar, minskar vinkeleffekten då den flyttas upp.

Risken är för HSB:s del stor att komforten utomhus blir besvärande samt att energiförbrukningen kan öka högst väsentligt. HSB:s förslag uppvisar sådana nackdelar avseende vindens påverkan, att ett vindtunneltest av projektet synes ofrånkomligt. Denna test borde utföras så tidigt som möjligt, så att en anpassning av orientering och detaljutformning är möjlig.

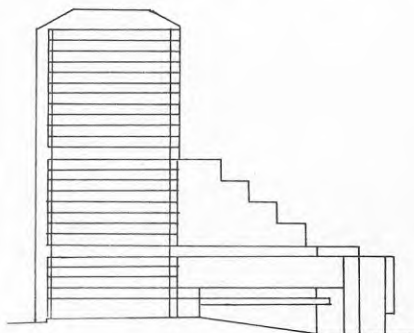


Fig. 2.5.2 HSB sektion

## 2.6 Solvärme

För att tillgodogöra sig ett passivt solvärmestillskott under eldningssäsong bör följande krav följas:

- o Solinfall mot byggnaderna måste säkerställas.
- o Orientering, planlösning och utformning ska möjliggöra en god solmottagning.
- o Reglersystemet för uppvärmning ska ge möjlighet att ta tillvara solvärmestillskottet.
- o Husets konstruktion och materialval ska ge låga temperaturvariationer och möjlighet att lagra värme.

Allmänt sett är en omfördelning av fönster till sydliga väderstreck av stor betydelse liksom skuggningseffekter.

Inga av de fem förslagen till bebyggelse av Södra Stationsområdet uppvisar någon speciell anpassning till passiv solvärme. Förslagen är likartade med avseende på fönsterorientering och planlösningar.

Det är av ringa värde att göra en uppskattning av solvärmestillskott för de fem förslagen eftersom skuggeffekter inom kvartret inbördes mellan förslagen samt påverkan av omgivande bebyggelse blir avgörande.

Dessutom är materialval och reglerförmåga ej tillräckligt redovisade i förslagsunderlaget. Följden skulle bli att de relativa felen vid uppskattningen av solvärmestillskottet blir helt avgörande vid jämförelsen.

En rättvis bedömning synes därför orealistisk.

I de norra delarna av Södra Stationsområdet är skuggeffekterna relativt små. Det vore därför av visst intresse att göra en solinfallsstudie med hjälp av modeller, för de hus som placeras inom detta område.

### 3 VÄRME OCH VENTILATIONSTEKNISK ANALYS

#### 3.1 Klimatupplevelser och normkrav

Enligt Svensk Byggnorm SBN 1980 skall en byggnad och dess installationer anordnas så att ett tillfredställande termiskt inomhusklimat kan erhållas med hänsyn till byggnadens avsedda användning. För att ett tillfredställande inomhusklimat skall kunna erhållas måste såväl kombinationen av luftens temperatur, fuktighet och hastighet i ett rum, som de omgivande ytornas temperatur i rummet, vara sådan att hygieniska olägenheter ej uppstår.

Som mått på ett termiska inomhusklimatet har valts den riktade operativa temperaturen  $\Theta_{op}$  samt skillnaden i riktad operativ temperatur  $\Theta_{op}$  beräknad i olika punkter och riktningar i utrymmet. Den operativa temperaturen godtas beräknad enligt formeln.

$$\Theta_{op} = 0,5\Theta_y + 0,5\Theta_l \dots\dots (1)$$

där  $\Theta_y$  = riktad medelytstrålningstemperatur

$\Theta_l$  = luftens medeltemperatur

I den svenska normen vägs således medelytstrålningstemperaturen och luftens medeltemperatur lika.

Sundell (1975) redovisar hur man under vissa antaganden beräkningsmässigt kommer fram till detta förhållande. En sammanställning av i litteraturen givna värden på förhållandet mellan  $\Theta_y$  och  $\Theta_l$  visar också att såväl subjektiva som beräknade värden antyder samma resultat.

Den riktade operativa temperaturen ger dock ej ensam ett säkert mått på komforten. Även strålningsfältets asymmetri i en punkt är väsentligt för klimatupplevelsen. Enligt Isfält m fl (1974) är en avvikelse i riktad operativ temperatur på 2°C för två olika riktningar i samma punkt vid en lufttemperatur av 20°C, tillräcklig för att människan skall uppleva diskomfort. SBN 80 anger en maximal skillnad i operativ temperaturdifferens i olika punkter av max 5°C.

För olika typer av uppvärmningssystem fås olika temperaturprofiler för lufttemperaturen. Åtskilliga undersökningar finns redovisade, vi hänvisar till Peterson (1975) som sammanställt ett antal av dessa.



SBN 80 anger godtagna värden för lufttemperaturen i förhållande till luftmedeltemperaturen för olika uppvärmningssystem. Dessa profiler är förenklingar av de faktiska profiler som uppträder i en lokal, men de kan för de i byggnadstekniska sammanhang aktuella beräkningarna anses vara tillräckligt noggranna. Se tabell 3.1.

| Höjd över golvet | Lufttemperaturen i förhållande till rumsluftens medeltemperatur $\Theta_{1m}$ °C |                      |                         |               |
|------------------|--|----------------------|-------------------------|---------------|
| m                | Konvektor, varmluftsuppvärmning o d  | Radiatoruppvärmning  | Takvärme <sup>a</sup>   | Golvvärme     |
| 0,5              | $\Theta_{1m} - 1,5$  | $\Theta_{1m} - 0,75$ | $\Theta_{1m} - 0,015 P$ | $\Theta_{1m}$ |
| 1,0              | $\Theta_{1m} - 0,5$  | $\Theta_{1m} - 0,25$ | $\Theta_{1m} - 0,005 P$ | $\Theta_{1m}$ |
| 1,5              | $\Theta_{1m} + 0,5$  | $\Theta_{1m} + 0,25$ | $\Theta_{1m} + 0,005 P$ | $\Theta_{1m}$ |
| 1,8              | $\Theta_{1m} + 1,1$  | $\Theta_{1m} + 0,55$ | $\Theta_{1m} + 0,011 P$ | $\Theta_{1m}$ |

<sup>a</sup> P är värmeeffekten, W/m<sup>2</sup> takarea

TAB 3.1

De värden som anges som godtagbara för  $\Theta_{op}$  i SBN 80, baseras på förutsättningen att lufthastigheten är lägre än 0,2 m/s. En bostad skall enligt normen ha ett minsta luftflöde av 0,35 l/s m<sup>2</sup> lägenhetsyta för en lägenhet i dess helhet. 0,35 l/s m<sup>2</sup> motsvarar för bostad med normal takhöjd en luftväxling av 0,5 ggr/h. För dessa måttliga luftmängder torde det inte vara några problem att hålla lufthastigheten under 0,2 m/s. Beträffande luftkvalitet tillåts ett högsta värde av CO i bostäder. För bostäder i stadsbebyggelse kan CO-halten i uteluft även på höga höjder vara så hög att luften är oacceptabel som tilluft från hygiensynpunkt. För den byggnorm som planeras komma ut 1985, SBN 85, kommer bl a Nordiska Kommitén för Byggnadsbestämmelser, NKB, rapport nr 40, att ligga till grund. Rapporten skärper bl a kraven på ventilation av bostäder. I NKB nr 40 säges att varje boningsrum skall tillförsäkras ett ventilationsflöde motsvarande 0,5 oms/h Till skillnad från SBN 80 innebär detta att för ett F-system måste frånluftsdon SBN 80 installeras i varje boningsrum. För sovrum rekommenderas dessutom ett minsta flöde av 4 l/s och sängplats, vilket i de flesta fall för sovrum för två personer överskrider 0,5 oms/h.



## 3.2 VÄRME

### 3.2.1 Uppvärmningsprinciper

De vanligaste principerna för värmning av bostäder är:

- Värmning med radiator placerad under fönster
- Varmluftuppvärmning
- Varma golv
- Varma tak

Kombinationer av dessa förekommer, t ex induktionsapparater, varmluftuppvärmning med kanaler för värmeavgivning i golv eller tak etc. Vi behandlar dock här endast de renodlade fallen.

#### 3.2.1.1 Radiatorer under fönster

Radiatorer under fönster är det idag vanligast förekommande uppvärmningssystemet för bostäder. I fortsättningen avser vi med radiatorer vattenvärmda panelradiatorer. Orsaken till att elvärme ej kommer att behandlas är kravet på fjärrvärme för området vid Södra Station. Effekt-regleringen för en radiatorvärmd lokal sker genom temperaturvariationer i radiatorns yttemperatur. Yttemperaturen styrs genom ändring av vattentemperatur, vattenflöde eller en kombination av dessa. Förtemperaturprofil se tab.3.1

#### 3.2.1.2 Varmluftuppvärmning

Vid varmluftuppvärmning tillförs lokalen värmd luft. Detta kan ske antingen genom direktinblåsning av övertempererad luft, eller med konvektorer som värmer lokalluften. Vid behandling av varmluftuppvärmning kommer vi i fortsättningen att anta att inget strålningsbidrag sker till lokalen. Effektreglering sker genom temperaturreglering av luften, flödesreglering av luften eller en kombination av båda. Temperaturprofil för lokalen enl tab 3.1.

#### 3.2.1.3 Varma golv

Vid uppvärmning med varma golv, tillförs golvet värme som sedan avges till lokalen. SBN 80 ger ett högsta värde av 27°C för yttemperaturen för golv. Allmänt begränsas golvtemperaturen av komfort och materialkriterier. Effektregleringen sker genom variation i golvyttemperaturen.

Eftersom ytemperaturen är begränsad till relativt låga temperaturer kan man i lokaler med hög värmeförlust råka ut för att golvvärme inte räcker för att täcka förlusterna. Systemet måste då kompletteras med något annat system. Temperaturprofil för lokaler med golvvärme redovisas i tab 3.1.

#### 3.2.1.4 Varma tak

Vid takvärme sker effektregleringen genom att takets ytemperatur varierar. Ytemperaturen kan i allmänhet hållas högre än vad fallet är för golvvärme varför kompletterande värmesystem för att täcka värmeförlusterna oftast inte är nödvändiga. Risker för kallras under fönster är däremot överhängande och det kan vara ide att komplettera systemet på något sätt för att undvika detta. Vidare bör man beakta effekterna av strålningsskugga under bord, bänkar o dyl.

Temperaturprofil enl tab. 3.1.

#### 3.2.2 Effektbehov för olika värmesystem och lokalutformning

Effektbehov för uppvärmning av en lokal beräknas enligt

$$P = kA\Delta t$$

där  $P$  = effektbehovet

$k$  = respektive omslutningsytas värmegenomgångsmotstånd

$A$  = omslutningsytans area

$\Delta t$  = temperaturdifferens över resp. area

Temperaturdifferensen är baserad på skillnad i luftmedeltemperatur i lokalen och luftmedeltemperatur på klimatskärmens andra sida.

Bestämmande för inomhusklimatet är dock inte enbart luftmedeltemperaturen. En beräkningsmässigt riktigare värdering av det termiska inomhusklimatet utgörs av den riktade operativa temperaturen  $\Theta_{op}$ . I denna ingår förutom lufttemperaturen också den riktade medelstrålningstemperaturen enligt (1) kap 3.1.

Om vi antar att man i en lokal vill hålla en viss luftmedeltemperatur, kommer alltså det termiska klimatet att variera med ytemperaturen, medan effektbehovet för uppvärmning hålles konstant.

Om vi däremot antar att vi vill hålla ett konstant termiskt klimat inomhus kommer luftmedeltemperaturen och således även effektbehovet att variera med medelstrålningstemperaturen. Att effektbehovet och således även luftmedeltemperaturen, beror på vilket värmesystem som användes, har visats av Isfält m fl (1974). För Södra Stationsområdet är dock frågan om byggnadernas formfaktor har någon inverkan på valet av värmesystem. För att undersöka detta har vi beräknat den luftmedeltemperatur som ger en riktad operativ temperatur av  $18^{\circ}\text{C}$  för ett rum där vi varierat antalet mot uteluften exponerade väggar. Rummet beskrivs i fig 3.1. Operativtemperaturen har bestämts i de tre punkter där vi förväntat oss den största avvikelsen mellan punkterna.

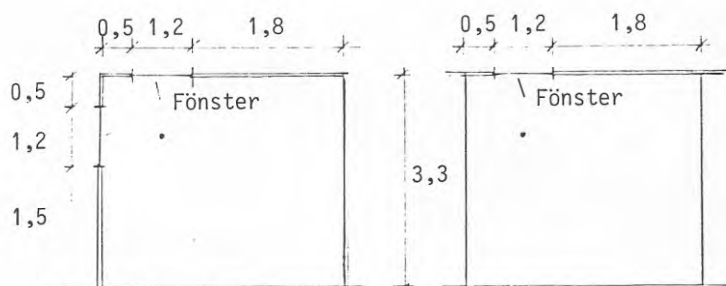


Fig 3.1 Rumsplan för op-temperaturberäkning

I varje punkt har två beräkningar gjorts för en bestämning av strålningssymmetrin i varje punkt. Beräkningen har skett med hjälp av dator och det program som använts för beräkning av den operativa temperaturen ingår som en delmängd i klimatberäkningsprogrammet BRIS. En del korrektioner till de i SBN 80 föreslagna metoderna för beräkning av yttemperaturer har gjorts. Bl a har fönstertemperaturer beräknats enligt de metoder Peterson (1975), föreslagit.

Vi har undersökt de fyra alternativa uppvärmningssätt som redovisas i kap 3.2.1. För radiatorvärme har dock två alternativ undersökts. Beroende på typen av ventilationssystem kommer nämligen radiatorstorlekarna att variera.

För ett ventilationssystem med fläktstyrda till och frånluftflöden dimensioneras radiatorerna för transmissionsförlusterna, medan de dimensioneras för både transmissionsförluster samt tilluftsflöde för ett system där enbart frånluftflödena är fläktstyrda. För radiatorsystemet gäller dessutom att lågtemperatur tillämpas, d v s framledningstemperaturen hålls vid 55°C och returtemperaturen vid 45°C vid dimensionerande utetemperatur enligt Planverkets utredning 1982.

Vi har för beräkningarna ej funnit något datorprogram som beräknar luftmedeltemperaturen utifrån en given operativ temperatur. Däremot finns det en hel del program som beräknar operativ temperaturen utifrån en given luftmedeltemperatur. Vi har därför beräknat operativtemperaturen för två olika luftmedeltemperaturer för rummen i fråga och sedan interpolerat oss fram till den önskade operativa temperaturen. För denna har vi valt värdet 18°C vilket är vad som godkänns enligt SBN 80.

Resultatet av beräkningarna redovisas i tabell 3.2.

| System                    | °C | Rumstyp |      | Relativt effektbehov % |      |                      |
|---------------------------|----|---------|------|------------------------|------|----------------------|
|                           |    | 1       | 3    | Rumstyp                |      | Temp.diff. i punkter |
|                           |    |         |      | 1                      | 3    |                      |
| Luftvärme                 | 18 | 18,6    | 18,0 | 0,98                   | 0,97 | <2                   |
| Radiatorvärme (F-system)  | 18 | 18,9    | 18,3 | 0,99                   | 0,98 | <2                   |
| Radiatorvärme (FT-system) | 18 | 19,4    | 19,2 | 1                      | 1    | <2                   |
| Golvvärme                 | 18 | 1)      | 19,1 | 1)                     | 1    | <2                   |
| Takvärme                  | 18 | 19,1    | 18,7 | 0,99                   | 0,99 | <2                   |

Tabell 3.2 Relativt effektbehov för olika uppvärmningssystem.

1) För golvvärme krävs yttemperaturer över normens tillåtna 27°C varför komplettering av värmesystemet är nödvändigt.

På de av Isfält m fl (1974) gjorda beräkningarna har de relativa förlusterna beräknats enligt tabell 3.3. För en beskrivning av rummet se fig. 3.2.

| System    | Relativ värmeförlust |
|-----------|----------------------|
| Radiator  | 1                    |
| Luftvärme | 0,99                 |
| Golvvärme | 0,97                 |
| Takvärme  | 0,97                 |

Tab 3.3

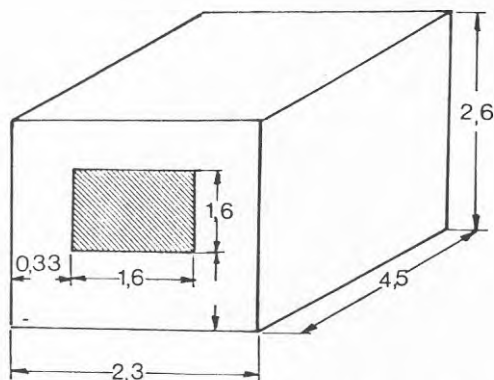


Fig 3.2 Rumsutformning enl. Isfält (1974)

Som framgår av tabell 3.2 får vi samma rangordning av värmesystem för de olika rumstyperna. Formfaktorn tycks alltså inte ha någon betydelse för valet av värmesystem ur termisk komfort synpunkt. Jämför vi resultatet i tabell 3.2 med tabell 3.3 finner man dock att rangordningen kastats om något.

Orsaken till detta kan ligga i att vi tillåtit oss en del förenklingar i beräkningarna. Som exempel på detta kan nämnas att emedan vi använt den delmängd i BRIS-programmet som endast beräknar den operativa temperaturen, har Isfält nyttjat en större del av programmet och även tagit hänsyn till reflekterad värme i rummet.

Detta ger, speciellt i fallen golv och takvärme, en ökning av omslutningsytornas temperatur. De relativt små differenser det här rör sig om indikerar dock att det är andra faktorer än det termiska inomhusklimatet som är avgörande för valet av värmesystem, oavsett formfaktor. Exempel på detta är t ex värmeåtervinningsmöjligheter, luftmängder och möjlighet till återluftföring via luftvärmesystem, möjlighet till kulvert och kanal-förläggning etc.

Frågan är dessutom hur regler-systemet ska utformas. Det är enkelt att mäta luftmedeltemperaturen, att mäta den operativa temperaturen ter sig något besvärligare. Man kan därför förmoda att luftmedeltemperaturen kommer att bli den reglerparameter som används varvid skillnaden i effektbehov för olika system från komfortsynpunkt kommer att minska ytterligare.

### 3.2.3 Speciella problem för Södra Station

För de förslag som gäller för Södra Stationsområdet är det speciellt HSB:s förslag som avviker från det normala. För lamellhusen kan vi först konstatera att ett golvvärmesystem är möjligt att installera utan komplement av annat värmesystem. För de lägst belägna våningarna är det dock troligt, något beroende på den konstruktiva utformningen, att ett golvvärmesystem är nödvändigt enär dessa våningars golvbjälklag ligger c:a 3 m ovan mark och därför kyls kraftigt. Särskilt gäller detta då man kan förvänta sig något speciella dragförhållanden i dessa områden. SBN 80 tillåter visserligen golvtemperaturer på ned till 16°C men i en undersökning av Axelson m fl (1975) påpekas att temperaturen bör ligga över 19°C. Med en medellufttemperatur i rummet av c:a 20°C låter sig detta svårligen göras om inte speciella åtgärder vidtages. Förutsatt att inte fönstertyornas andel av den totala omslutningsytan ändras, har burspråk ingen eller ringa betydelse på den termiska klimatupplevelsen. Orsaken till detta är att summan av rymdvinkeln till burspråket för fönster och väggparti kommer för en punkt belägen framför detta att vara lika stor som för en plan vägg med ett lika stort fönster som burspråkets. Snarare kommer fönstrets rymdvinkel till punkten i fallet med burspråk att vara lägre enär avståndet fönster-punkt kommer att vara större för burspråket. Se fig 3.3. Däremot kommer transmissionsförlusten att öka i förhållande till ytförstoring hos väggpartiet.

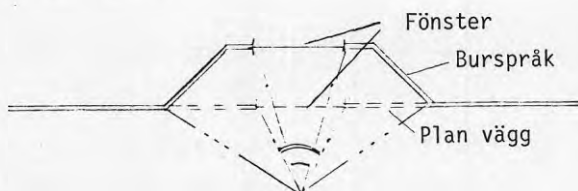


Fig 3.3 Vinkel för fönster i plan vägg resp. burspråk



Risken för kondens bör heller inte underskattas då det kan vara svårt att få till stånd en tillräcklig luftrörelse vid fönstret.

För HSB:s höghus kan problem med kylbehov sommartid förekomma. Husen saknar skuggmöjligheter och speciellt för lägenheter i S och V riktning kan betydande övertemperaturer förekomma.



### 3.3 VENTILATION

#### 3.3.1 Ventilationsprinciper

Ventilationssystemets uppgift är att upprätthålla ett acceptabelt inomhusklimat. För vissa byggnader och vissa yttre klimatbetingelser kan detta klaras med ganska enkla system. I andra fall kan komplicerade system vara nödvändiga för att uppställda krav skall kunna innehållas.

Nedan ges en kort beskrivning av i dag vanligen förekommande ventilationssystem för bostäder

##### 3.3.1.1 S-, F- och FT-system

Ett självdragssystem, S-system, saknar helt mekaniska drivkrafter. Luftväxlingen sker istället med hjälp av vindkrafter och termiska drivkrafter. Eftersom dessa krafter varierar under året så är också ventilationen varierande. Under sommaren blir luftomsättningen otillräcklig och vintertid onödigt stor. Självdragssystem godkänns enligt SBN 80 kap 36:43 endast i enbostadshus varför det inte är intressant i det fortsatta resonemanget.

Frånluftssystemet, F-systemet, är ett ventilationssystem med fläktstyrd frånluft. Fläkten alstrar ett undertryck i byggnaden varvid uteluft sugs in genom otätheter i klimatskalet eller via speciella tilluftsdon monterade i fasaden.

I ett kombinerat från- och tilluftssystem FT-system är, både tilluften och frånluften fläktstyrda. Detta kallas även för ett balanserat system. Vid fullständig balans mellan till- och frånluftsflödena och då ingen påverkan från vindkrafter och termiska drivkrafter föreligger är tryckskillnaden över klimatskärmen noll.

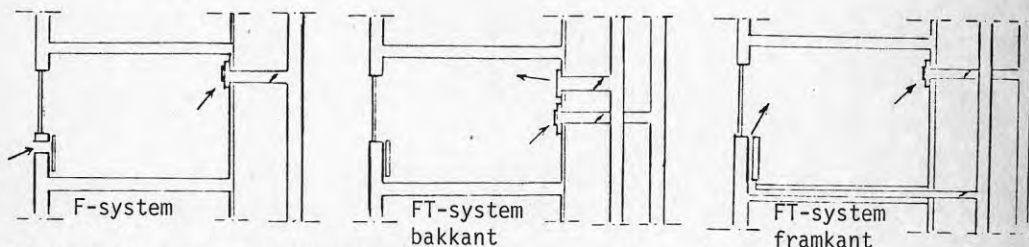


Fig 3.4 Principer för fläktstyrda ventilationssystem

Med ett fläktstyrt ventilationssystem, F- eller FT-system erhålls en kontrollerad ventilation som ger möjlighet att upprätthålla ett konstant luftflöde samt en effektiv borttransport av inom lägenheten alstrade föroreningar.

### 3.3.1.2 FTX- och FVP-system

Enligt SBN 80 kap 39:42 skall en luftbehandlingsinstallation för bostadshus förses med värmeåtervinning så snart värmeinnehållet i avluften överstiger uteluftens värmeinnehåll med mer än 50 MWh/år under tid då värmebehov föreligger. Detta innebär att återvinning erfordras om antalet lägenheter är c:a 10 st eller fler.

Exempel på godtagat utförande av anordningar för värmeåtervinning är FT-ventilation försedd med värmeåtervinning ur frånluft till tilluft, så kallat FTX-system. Ett annat godtagat utförande är F-ventilation försedd med värmeåtervinning ur frånluft till tappvarmvatten och eventuellt även till radiator-kretsen med hjälp av en värmepump, så kallat FVP-system.

### 3.3.2 Ofrivillig ventilation

En byggnad ventileras dels genom avsiktlig fläktstyrd ventilation som är beroende av systemets utformning och dels genom ofrivillig-okontrollerbar-ventilation som är beroende av samverkan mellan meteorologiska faktorer, byggnadens utformning och otätheter i denna. I en mycket tät byggnad uppgår den ofrivilliga ventilationen till c:a 0,1 - 0,2 oms/h.

En byggnad kan av praktiska skäl och med hänsyn till kostnaderna aldrig byggas absolut tät och inte heller sådan att otätheterna blir jämnt fördelade över hela byggnaden.

Luft tränger in eller ut genom porösa skikt, springor och sprickor så snart en tryckdifferens uppstår över byggnadsdelen. Luftströmningen i och mellan en byggnads olika utrymmen betingas ett stort antal faktorer såsom ventilationssystemets egenskaper, temperaturförhållanden, byggnadsdelarnas täthetsförhållande, antalet fönster och dörrar och deras öppningstider samt vindförhållanden.

Den ofrivilliga ventilationen är också beroende av byggnadens formfaktor, se vidare 3.3.5.

Den ofrivilliga ventilationen kan påverkas främst genom en tät byggnadskonstruktion, noggrann tätning av genomföringar i bjälklag och av schakt och trapphus. Vindfång för att begränsa påverkan av vind reducerar också den icke önskade ventilationen.

### 3.3.3 Faktorer som påverkar valet av ventilationssystem

Allmänt kan sägas att en ventilationsanläggning bör utformas så att uppställda krav innehålls på ett så enkelt sätt som möjligt. Vid konstruktionen måste hänsyn tagas till flera faktorer bl a:

- utomhusluftens kvalitet
- termiska drivkrafter (byggnadens höjd)
- geografisk placering (vindpåverkan)

Att välja ventilationssystem för att uppfylla vissa ställda krav är en svår uppgift. Beslutet blir oftast en kompromiss mellan vad som är idealiskt och vad som är praktiskt genomförbart.

Allmänt viktiga frågor är framtida kostnader för alternativa energikällor och deras tillgänglighet.

Det är viktigt att om möjligt alla nuvarande och framtida faktorer är kända vid beslutet. En del faktorer kan bedömas objektivt såsom t ex:

- kostnader
- kapacitet
- tillgängligt utrymme
- årlig energiförbrukning
- zonindelning

Andra faktorer kan bedömas erfarenhetsmässigt såsom t ex:

- underhållskostnader
- komponenters livslängd

Slutligen finns faktorer som måste bedömas subjektivt t ex:

- funktion
- flexibilitet
- komfort
- tillförlitlighet
- rumstemperatur
- luftrörelser
- temperaturgradienter
- ljudnivå
- luftkvalitet

### 3.3.4 FTX- jämfört med FVP-system

Krav på kontinuerlig luftväxling samt energihushållning innebär att två olika ventilationsprinciper kan bli aktuella för bebyggelsen på Södra Stationsområdet.

Det ena är ett FTX-system där till- och frånluft byggs som centrala system och värmeåtervinning sker genom värmväxling mellan luftflödena. Det andra alternativet är ett frånluftsvärmepump- (FVP) system där endast frånluften centraliseras och värmeåtervinningen ur frånluften sker med hjälp av en värmepump.

Vid ett FTX-system kan luften tillföras bostaden antingen genom framkantsinblåsning eller bakkantsinblåsning enl. fig. 3.5. För att kunna uppfylla kravet på flexibilitet är framkantsinblåsning att föredra, vilket innebär att tillluftskanalerna måste dras fram till fasaden och luften tillförs bakom radiatorerna. Ett sådant system ger samtidigt större möjlighet till god komfort genom att ventilationseffektiviteten ökar vilket vi återkommer till längre fram. Ett system med framkantsinblåsning är emellertid c:a 6% dyrare än ett system med bakkantsinblåsning där luften tillsättes utmed innerväggarna.

En nackdel med FVP-system är att ventilationen i lägenheterna försämras genom olika luftomsättning i likartade rum. Uteluften som tillförs genom springventiler o dyl kan även förorsaka dragproblem.

Dessutom kan värmepumpen ge bullerproblem. Servicebehovet ökar också till följd av värmepumpinstallationen.

Vidare ökar risken för vattenskador till följd av översvämning vid rörbrott o dyl speciellt vid vindsplacerade värmepumpsaggregat, eftersom vattenvolymer på vinden ökar.

Extrakostnaden för att erhålla ökad säkerhet mot energibortfall vid värmepumphaveri är marginell, då detta kan erhållas genom ökad värmväxlararea vid fjärrvärmeanslutningen.

En jämförelse mellan ett FTX-bakkant- och ett FVP-system har gjorts av Allmänna Ingenjörbyrå AB och Lars-Olov Glas för två av byggnadsförslagen, Stockholmshem AB och Hans Jensfelt Arkitektkontor AB.

Kostnadsjämförelsen mellan ventilationssystemen grundar sig på en entreprenadkalkyl utförd av Byggnadsanalys AB åt Svenska Bostäder i samband med valet av ventilationssystem i kv Skälen,

Vasastaden. På basis av ovanstående utredning har här en kostnadsberäkning genomförts för samtliga fem förslag och resultatet framgår av tabell 3.4.

|                     | kr/lgh    | Antal lgh | Antal aggregat |
|---------------------|-----------|-----------|----------------|
| 1. Riksbyggen       | 12.590:-  | 137       | 4              |
| 2. Svenska Bostäder | 12.850:-  | 129+119   | 4+4            |
| 3. HSB              | 12.980    | 886       | 30             |
| 4. Stockholmshem    | 13.635 :- | 120       | 5              |
| 5. Jensfelt         | 13.785:-  | 138       | 6              |

Tabell 3.4. Kostnad för FTX-system med framkantinblåsning. Till- och frånluftsflödet 120 m<sup>3</sup>/h, lgh.

De i tabell 1 angivna kostnaderna innefattar eftervärmningsbatteri med vatten inklusive shuntgrupp. Däremot ingår ej kostnad för fläktrum och elinstallationer. Om eftervärmningsbatterier borttages kan kostnaderna förväntas minska med ca 7 %.

Kostnaderna för ett konventionellt F-system redovisas i tabell 3.5.

|                     | kr/lgh  |
|---------------------|---------|
| 1. Riksbyggen       | 5.495:- |
| 2. Svenska Bostäder | 5.600:- |
| 3. HSB              | 5.650:- |
| 4. Stockholmshem    | 5.910:- |
| 5. Jensfelt         | 5.970:- |

Tabell 3.5. Kostnad för F-system. Frånluftsflöde 120 m<sup>3</sup>/h, lgh.

FVP-systemets utförande och kostnadsbild har beskrivits av LO Glas. Den tänkta värmepumpen inkopplas på såväl radiator-kretsen som tappvarmvattenkretsen vilket innebär en klart förbättrad ekonomi jämfört med enbart tappvarmvattenuppvärmning. LO Glas konstaterar vidare att inblåsning av tilluft bakom radiatorn minskar radiatorkostnaderna avsevärt samt att värmepumpens avgivna energimängd påverkas endast i ringa grad av radiatorsystemets dimensioneringstemperatur. För ett typkvarter om 120 lägenheter har en jämförelse av total-kostnaden genomförts med följande förutsättningar:

|                         |               |
|-------------------------|---------------|
| elenergikostnad         | 0,24 kr/kWh   |
| eleffektkostnad         | 100 kr/kW, år |
| fjärrvärmeenergikostnad | 0,22 kr/kWh   |
| fjärrvärmeeffektkostnad | 59 kr/kW, år  |
| avskrivningstid         | 20 år         |
| effektiv ränta          | 3 %, 15 %     |

Följande karaktäristiska data erhöles:

|                       | FTX    |        | FVP   |
|-----------------------|--------|--------|-------|
|                       | = 50 % | = 70 % |       |
| Investeringsbehov kkr | 1 800  | 1 800  | 1 600 |
| Fjärrvärme:           |        |        |       |
| Energi MWh/år         | 640    | 560    | 46    |
| Effekt max kW         | 230    | 180    | 150   |
| El:                   |        |        |       |
| Energi MWh/år         | 50     | 50     | 350   |
| Effekt max kW         | 6      | 6      | 72    |

Tabell 3.6

Resultaten visar att den totala årliga kostnaden för FVP-installationen understiger kostnaden för en FTX-installation, vars verkningsgrad är 70 %, med 14-22 %. Om verkningsgraden är 50 % blir kostnaden för FVP-installationen 17-24 % lägre. Denna och andra utredningar visar alltså att installation av ett FVP-system inte innebär någon kostnadsförhöjning jämfört med ett FTX-system.

Dålig systemoptimering och ineffektiva entreprenadformer kan höja kostnaden för det mer komplicerade FVP-systemet.

Resultaten kan vara behäftade med relativt stora fel absolut sett. Tillförlitligheten i skillnaden mellan systemen är dock stor eftersom materialet behandlats likformigt.



#### 3.3.4.1 Ventilationseffektivitet

Från såväl energi som komfortsynpunkt är det väsentligt att ventilationsluften når de utrymmen den är avsedd för och att variationer i luftomsättning mellan olika delar av vistelsezonen är liten. Ventilationseffektiviteten är ett uttryck för hur effektivt ett ventilationssystem är i detta avseende. På basis av hittills nådda forskningsresultat är det möjligt att ange vissa riktlinjer t ex beträffande donens placering. Byggforskningsrådets arbetsgrupp för ventilationsteknik har föreslagit att sådana riktlinjer ska införas i nästa utgåva av SBN.

En bättre ventilationseffektivitet är även ett medel för att uppnå energisnålare ventilationssystem.

Placering av till- och frånluftsdon har hittills nästan uteslutande bestämts av komfortkriterier utan hänsyn till effektivitet. Bästa effektivitet erhålls då till- och frånluftsdonen placeras så långt ifrån varandra som möjligt och då inblåsning sker i riktning mot de termiska krafterna. Det överensstämmer väl med det gjorda valet av FTX-system som användes i jämförelsen med FVP-systemet i 3.3.4.1.

De olika bebyggelseförslagen skiljer sig inte på denna punkt utan möjlighet till god effektivitet är avhängigt konstruktören av ventilationsanläggningen.

#### 3.3.4.2 Luftdistribution

En förutsättning för att ett ventilationssystem ska godtas är att uteluftsintagen placeras så att halten CO inte uppgår till ett högre värde än 1/10 av det godtagna hygieniska gränsvärdet, som är 35 ppm eller 40 mg/m<sup>3</sup>.

I stadsmiljö kan detta värde uppnås p g a tät biltrafik. Undersökningar visar att CO-koncentrationen är som högst ungefär 1 m över marknivån, för att sedan minska vid högre höjder. En hög CO-koncentration kan innebära att ett FVP-system med uteluftsintag i fasad t ex bakom radiatorerna inte är acceptabelt. En sådan tilluftsdistribution har flera andra nackdelar som t ex risk för sönderfrysning av radiatorerna samt drag- och bullerproblem.



Idag finns ingen tilluftsventil för F-system som klarar dessa problem.

Genom att placera luftintagen lämpligt kan man påverka tillluftens kvalitet vad avser stoft och gasföroreningar. Härvid ska man beakta att luftintagen bör placeras

- mot gårdssidan
- så högt som möjligt
- ej på läsida om risk finns för nersug av rökgaser
- ej på lovartsida efter skorstenar o dyl
- ej för nära öppningsbara fönster till kök etc
- på nordsidan
- ej på av stark vind utsatta fasader

### 3.3.4.3 Stabilitet

Ett ventilationssystemets stabilitet kan anges av upp till vilken temperaturskillnad (ute-inne) och vindhastighet som det totala tilluftsflödet är lika med det projekterade.

Stabiliteten uttrycker med andra ord hur känsligt systemet är gentemot vädrets makter.

Stabiliteten är beroende av

- typ av system
- vindkrafter
- otätheternas totala area och geometriska form
- tryckskillnaden över klimatskärmen vid nominellt flöde

Vid ett F-system råder undertryck i byggnaden och systemet är stabilt så länge de meteorologiska drivkrafterna inte åstadkommer ett luftläckage inifrån byggnaden och ut.

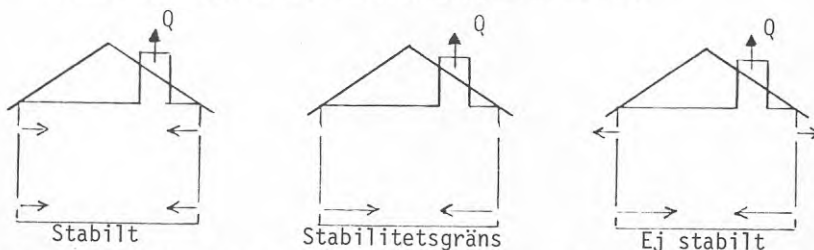


Fig 3.5 Exempel på ett F-systems stabilitet.  $Q$  är det fläktstyrda luftflödet.

Vid ett FT-system är kravet på stabilitet att klimatskärmen är absolut tät vilket dock aldrig kan uppnås.

Detta innebär att ett FTX-system är betydligt känsligare för yttre störningar än ett FVP-system.

### 3.3.4.4 Fönstervädning

Energiförlusterna i en byggnad till följd av ventilation är beroende av, förutom ventilationssystemets uppbyggnad och byggnadens täthet, förekomsten av fönstervädning.

Vid ett FVP-system ändras tryckfördelningen och luftflödena i systemet om ett fönster öppnas. Luftflödesförändringen kan dock hållas ganska liten om tryckfallet över frånluftsdonet är måttligt.

Ett FTX-system som inte utsätts för några meteorologiska drivkrafter påverkas ej av fönstervädning. Vind och termik medför dock att inte heller ett FTX-system förblir opåverkat. Luftflödet pga fönstervädning kan inte direkt adderas till det konstanta luftflödet i byggnaden eftersom ventilationssystemet påverkas.

Ett öppet fönster orsakar en förstärkt temperaturskiktning i rummet samt även ett temperaturfall som dock är relativt blygsamt vid normala fönsterstorlekar. Detta beror enligt Widegren-Dagfård (1980) på att en jämviktstemperatur uppnås i rummet, vilken vintertid ligger på 16-20°C vid ett halvöppet fönster. Jämviktstemperaturen ligger nära komfortgränsen vilket medför att man riskerar långa vädringsperioder med stora energiförluster som följd.

Sannolikheten för att vädringsperioderna blir långa ökar då yttemperaturen hos väggar o. dyl. är höga. Detta innebär att en byggnad med liten fasadyta per m<sup>2</sup> lägenhetsyta riskerar större energiförluster pga fönstervädning än en byggnad med stor fasadyta.

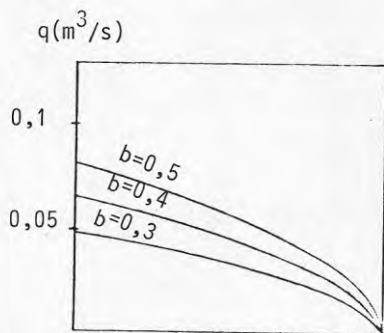


Fig 3.6 Luftflödet ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) genom ett fönster med höjden 1 m som funktion av fönsteröppningens bredd ( $b$ ) och utomhustemperaturen. Inomhustemperaturen är +20°C.

### 3.3.4.5 Schakt och installationsutrymme

Rent generellt brukar man vilja centralisera en luftbehandlingsanläggning till ett fåtal större enheter. Anledningen är att övervakning, skötsel och underhåll underlättas samt att oftast värmeåtervinningen blir lönsammare. Centraliseringen får dock inte drivas för långt då det kan leda till komplicerade kanalsystem och stort utrymmebehov för kanalstråk.

Ett FT-system kräver ungefär dubbelt så stor schaktarea som ett F-system vilket innebär att den disponibla uthyrbara bostadsytan minskar i motsvarande grad. Kostnaden för den rena byggentreprenaden för ett bostadshus är ca 2500:-/m<sup>2</sup> exkl. moms och finansiella kostnader, vilket innebär att byggkostnaden uppskattningsvis är ca 250 kr större per lägenhet vid ett FTX-system än vid ett FVP-system.

### 3.3.5. Formfaktorns inverkan på ventilationen

Enligt Peterson (1980) kan ventilationsflödet lätt bedömas om byggnaden är försedd med fläktventilation och dessutom någorlunda tät. En byggnad kan emellertid som tidigare nämnts aldrig utföras så tät att ventilationssystemet inte påverkas av meteorologiska drivkrafter.

Om vi antar att otätheterna är jämnt fördelade över klimatskärmen kommer ventilationsluftflödet att vara direkt beroende av byggnadens formfaktor. Vid för övrigt lika betingelser har en byggnad med kvadratisk plan bättre förutsättningar för en låg ofrivillig ventilation än en byggnad med rektangulärt plan beroende på att det kvadratiske huset har en mindre fasadyta per m<sup>2</sup> lägenhetsyta.

I detta avseende är HSB:s höghus med nära kvadratisk planform det bästa alternativet. Förslagen från Jensfelt, Riksbyggen och Svenska Bostäder är inbördes ganska likvärdiga och endast något sämre än HSB:s förslag. Stockholmshems förslag är det klart sämsta då det innehåller hus med veckade fasader vilket

innebär stor fasadyta. Den ofrivilliga ventilationen är också beroende av de termiska stigrakterna som uppträder då uteluftens temperatur är lägre än rumsluftens. Denna drivkraft ökar med husets höjd. För ett hus med 25 våningar, HSB:s förslag, kan vintertid erhållas ett extra drivtryck på ca 140 Pa p.g.a temperaturdifferensen.

Sambandet mellan luftläckaget och tryckskillnaden över klimatskärmen är ej längre linjärt. Det innebär att luftläckage orsakade av olika drivkrafter ej kan beräknas var för sig och sedan adderas. Först måste summan av alla drivkrafter beräknas för att en korrekt utvärdering ska kunna göras.

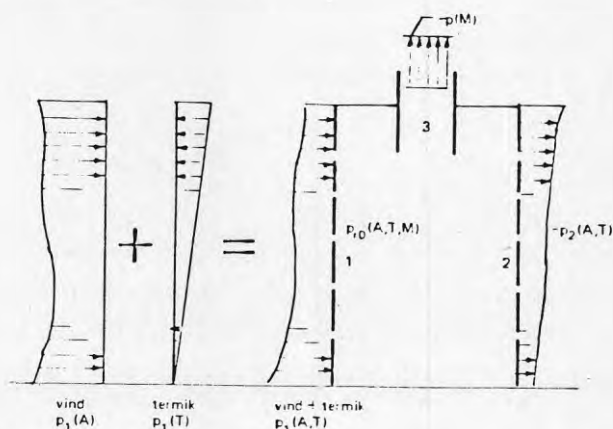


Fig 3.7 Tryckförhållanden vid en förenklad byggnad med två otäta väggar. Det föreligger tre skilda typer av drivkrafter:  
Aerodynamiska (A)  
Termiska (T)  
Mekaniska (M)

Beräkningsförfarandet blir tämligen komplicerat men P O Nylund (1979), har arbetat fram en modell för beräkning av energiförluster p.g.a ventilation och ofrivilligt luftläckage. Metoden är förenklad och innebär en hel del begränsningar. Avsikten är emellertid att utveckla modellen o. öka dess användningsmöjligheter. Denna metod kan utvecklas ytterligare för att beräkna luftläckaget vid olika yttre omständigheter och olika ventilationssystem.

### 3.3.6 Speciella problem för Södra Station

#### 3.3.6.1 Ventilationssystem för höghus

Vid konstruktion av ventilationssystem för höga hus är det väsentligt att kunna bemästra de termiska drivkrafterna som uppträder då utomhustemperaturen är lägre än rumstemperaturen. I husets nedre del uppstår ett undertryck som innebär att kall uteluft läcker in och att obalans uppstår i ventilationssystemet. I de övre våningarna uppstår ett övertryck, vilket medför att luft läcker ut genom klimatskärmen, luft som kan medföra fuktutfällning i fasaden. Vid en temperaturdifferens ute-inne på 40°C erhålles den termiska drivkraften  $p = 2 \times h$ , där  $h$  är husets höjd ovan marken. För ett 25-våningshus innebär det att den termiska drivkraften blir 140 Pa. Så stora termiska drivkrafter är svåra att bemästra.

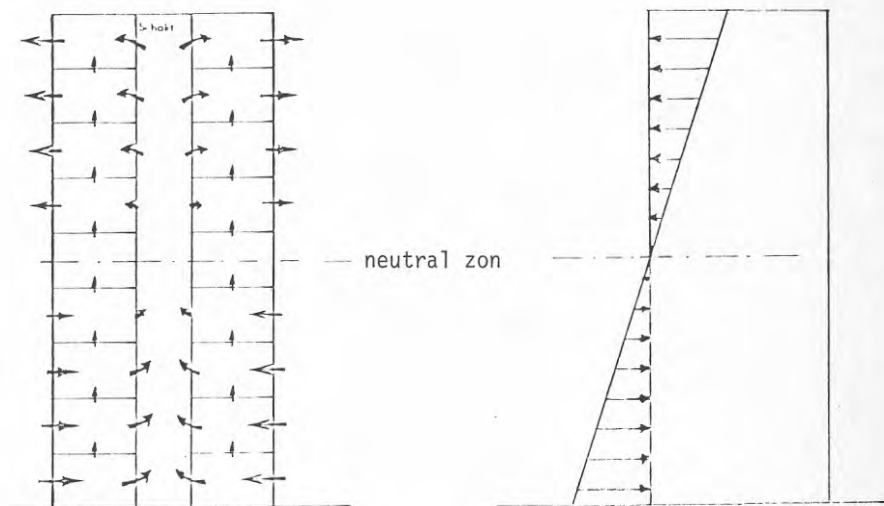


Fig 3.8 Luftströmning i höghus samt tryckbild av termik vid byggnad med i höjdlid jämnt fördelade otätheter.

Ventilationssystemet måste härvid indelas i grupper i kombination med att anslutningskanalerna förses med konstantflödesdon.

Förutom det reguljära vertikala ventilationssystemet finns alltid ett parallellt självdragssystem beroende på otätheter i byggnadens inre. Ofta finner man att t ex håltagningar i bjälklag är dåligt tätade vid kanal- och rörgenomföringar. Väggarna som omger de vertikala schakten är heller aldrig helt täta.

De vertikala schakten kan också utgöras av trapphus och hisschakt vilka måste avtätas noga mot omgivande utrymmen.

### 3.3.6.2 Brandrökgasspridning i höghus

Svårigheterna att hålla utrymningsvägar fria från brandrök ökar med byggnadens höjd p.g.a de termiska drivkrafterna. Uppstår en brand i ett utrymme under den neutrala zonen tränger brandrök in i de befintliga schakten för att sedan tränga ut igen på de övre våningsplanen. För en säker utrymning vid brand är det väsentligt att schakten då främst hiss- och trappschakt hålls fria från rök.

### 3.3.6.3 Varmluftsuppvärmning

Varmluftsuppvärmning är ett integrerat system för uppvärmning och ventilation som använts i flera år, främst i småhus. I flerbostadshus är det som system betraktat först i början av sin utveckling. Nuvarande produkter och system utgör delvis tillämpningar från småhussidan och är överdimensionerade för förhållandena i flerbostadshus. Uppförande av ett höghus med luftvärme är att betrakta som ett experimentbyggnadsprojekt. Visserligen tyder erfarenheter från finska mätningar på att systemen kan ha stora inomhusklimatiska fördelar jämfört med vattenradiatorer och konventionellt frånluftsventilationssystem, men fortfarande återstår ett flertal problem att lösa. Det gäller bl a

- svårigheter vid injustering av luftflöden.
- effektregeringen och värmefördelningen i byggnaden.
- bullerproblem.
- olika tilluftsalternativ och deras betydelse för komfortkänslan.



### 3.4 Styr och regler

#### 3.4.1 Styr och regler principer

I bostadshus är det i allmänhet för styr- och reglerfunktioner primärt medelluftstemperaturen i en lokal som används som reglerparameter. Denna påverkas förutom av värmesystemet även av andra värmekällor såsom människans värmeavgivning, värme från maskinell utrustning såsom spisar och ugnar, belysningsvärme samt solvärme. Dessutom förekommer värmesänkor av varierande art som t ex fönstervädring.

Reglersystemet kan utformas att reagera på dessa tillskott på olika sätt. Det vanligaste sättet för bostäder är att man centralt kompenserar för temperaturförändringar utomhus. För interna värmertilskott eller förluster tas ingen hänsyn. En utvidgning av systemet ligger i att husen zon-indelas, varvid viss hänsyn tas till temperaturdifferenser för olika belägna fasader. På detta sätt kan bli värmertilförsel från värmesystemet hållas nere vid solbelysta fasader. Fortfarande har dock ingen hänsyn tagits till interna värmekällor. För att kunna göra detta måste varje rum temperaturreglas för sig. Detta kan göras med termostater som känner av lufttemperaturen och kompenserar ett värmertilskott genom en minskad värmeavgivning från systemet.

#### 3.4.2.1 Tidskonstanten

Av avgörande betydelse för hur byggnaden reagerar på olika värmertilskott är byggnadens tidskonstant. Tidskonstanten kan sägas vara ett mått på byggnadens tröghet för uppvärmning resp avkylning. En byggnads tidskonstant beräknas enligt formeln

$$\tau_b = \frac{M}{\sum kA + \dot{q}_{c_p} (1-\eta)}$$

där  $\tau_b$  = tidskonstanten

M = byggnadens nyttiga värmekapacitet, kJ/K

kA = transmissionsförlust per grad temperaturdifferens,

$\dot{q}_{c_p} (1-\eta)$  = ventilationsförlust per grad temperaturdifferens

= verkningsgrad för värmeväxlare för ventilation



Vi har beräknat tidskonstanten för de fem förslagen för Södra Station. Vi har då antagit vägg- och bjälklagsmassor enligt Peterson (1979) nämligen för väggar ca  $250 \text{ kg/m}^2$  och för bjälklag ca  $200 \text{ kg/m}^2$ .

För ventilationen har beräkningen gjorts under antagande om minsta luftflöde enligt SBN 80,  $0,35 \text{ l/s m}^2$ , ingen hänsyn har tagits till värmeåtervinning.

Resultatet redovisas i tabell 3.7.

| Förslag          | Tidskonstant |
|------------------|--------------|
| Riksbyggen       | 72           |
| Jensfelt         | 71           |
| Svenska Bostäder | 72           |
| HSB              | 76           |
| Stockholmshem    | 73           |

Tabell 3.7.

Med värmeåtervinning på ventilationsluften ökar tabellvärdena med ca 30-35 % för de olika förslagen.

Tidskonstanten och värmekapaciteten hos en byggnad har en betydelse för bl a intermittert uppvärmning, uppvärmningsperiodens längd, dimensionerande utetemperatur LUT samt förmågan att tillvarata solinläckning.

#### 3.4.2.2 Intermittert uppvärmning och ventilation

I syfte att spara energi kan man naturligtvis tänka sig att stänga av värme och ventilationssystemen helt. Med tiden skulle det dock bli tämligen kallt och dålig luft i lägenheterna.

Beträffande uppvärmningen kan man dock tänka sig att periodvis stänga av systemet när ingen vistas i lägenheten eller nattetid då man ligger till sängs.

Att stänga av systemet när ingen vistas i lägenheten är tämligen besvärligt att klara rent tekniskt. För centralt styrda system innebär detta att samtliga boende måste vara frånvarande dvs ett driftsfall som torde uppträda mycket sällan. För system där värmen till den enskilda lägenheten kan stängas av, måste omgivande lägenheter kompenseras för den ökade värmeförlusten. För fastighetens totala effektbehov medför detta endast en mindre besparing, motsvarande den extra värmeisolering som lägenhetsskiljande väggar bidrager med. För den enskilde lägenhetsinnehavaren innebär det en vinst endast om han/hon kan ekonomiskt tillgodogöra sig den lägre energiförbrukningen, vilket innebär att lägenhetsvis värmemätning måste göras. Storleken av besparingen är inte helt känd men Hedlund (1974) redovisar erfarenheter från en del mätningar som utförts. Bland annat en undersökning utförd av Stockholmshem i samarbete med Statens nämnd för Byggnadsforskning, (SNB 36/1956). Undersökningen gjordes 1953-1954 och omfattade totalt 100 lägenheter i 10 år gamla fastigheter. Undersökningen visade på ca 10 % energibesparing för uppvärmning i lägenheter med individuell värmemätning. Tyska, Zimmermann (1979/80) författare pekar på besparingar i storleksordningen 15-20 %. Å andra sidan drabbas grannarna av en högre energiförbrukning genom värmeförluster till den kallare lägenheten. Detta kan ge upphov till rent juridiska problem om vem som egentligen ska betala resp tillgodogöra sig en ekonomisk vinst härrörande från en temperatursänkning i lägenheter.

En temporär sänkning av temperaturen nattetid synes dock vara en fullt genomförbar metod att spara energi. Enligt Dafgård (1980) gäller för intermitterent uppvärmning, eller som i detta fall sänkning av rumstemperaturen nattetid, följande approximativa samband.

$$Q = (\Sigma KA + \dot{q}_{C_p}) \frac{T}{2} (\theta_0 - \theta_1)$$

samt

$$\theta_1 = \theta_0 \exp \left( - \frac{\tau_1 - \tau_{\text{med}}}{\tau_b} \right)$$

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Där $Q$               | = energibesparingen i Wh under tidsperioden                                 |
| $\sum kA + \dot{q}_p$ | = effektbehov för transmission och ventilation per grad temperaturdifferens |
| $T$                   | = tid för nattsänkning, h   |
| $\Theta_o$            | = utgångstemperatur vid nattsänkning, C                                     |
| $\Theta_i$            | = temperatur till vilken nattsänkning sker, C                               |
| $\tau_i$              | = avkylningstid, h  |
| $\tau_p$              | = värmesystemets tidskonstant, h  |
| $\tau_b$              | = byggnadens tidskonstant, h  |
| $P$                   | = installerad värmeeffekt, W  |

Det schematiska temperaturförloppet vid intermittert ser ut enligt figur 3.9.

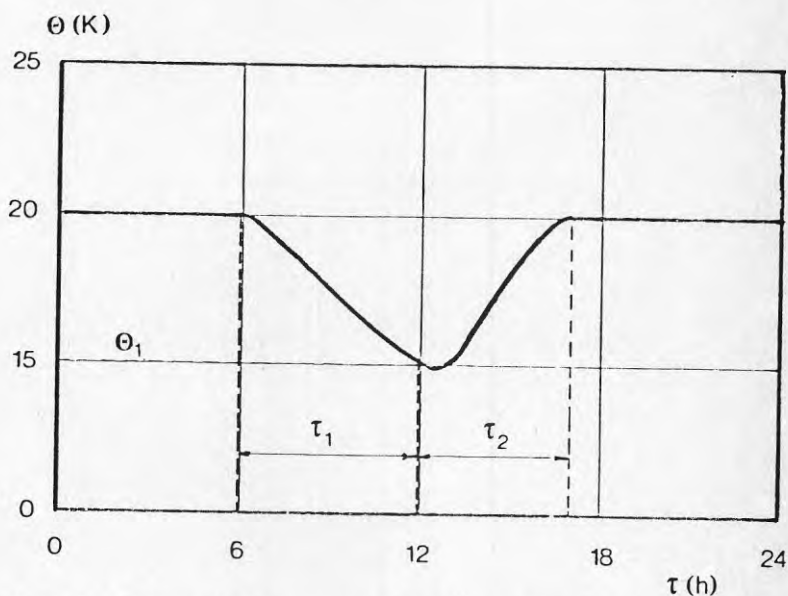


Fig 3.9 Schematiskt temperaturförlopp vid intermittert uppvärmning.  $\Theta_1$  är temperaturen vid värmningens början - avkylningens slut.

Vi gör följande antaganden

$$T = 11 \text{ h}$$

$$Q = 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$\tau_p = 0$  dvs värmesystemet är mycket snabbt som t ex el-värme eller luftvärme.

$P$  = effektbehov för att täcka differensen mellan DUT = -18 och innetemperaturen +20°C

En beräkning av de två i tidskonstant mest avvikande förslagen ger då en energibesparing enligt tab 3.7.

|          | tidskonstant | besparing<br>per 11 h |
|----------|--------------|-----------------------|
| HSB      | 76           | 1,8 %                 |
| Jensfelt | 71           | 2 %                   |

Tabell 3.7.

Som framgår av tabellen är besparingen i det närmaste densamma ca 2 % per natt, vilket per dygn blir ca 1 %. Värdet är på grund av de antaganden som gjorts rätt osäkert men storleksordningen stämmer väl med de resultat Dafgård visar. Man kan alltså inte säga att det för de olika förslagen för Södra Station föreligger några signifikanta skillnader i fråga om energibesparing genom nattsänkning.

Intermittent ventilation tillämpas idag genom att normen föreskriver ett minskat flöde samt ett forcerat flöde för köks och hygienutrymmen. Ett steg längre är att tänka sig ventilation endast av sovrum nattetid. Beroende på människors olika nattvanor skulle avstängning av övrig ventilation tänkas överlåtas på den boende. För en lägenhet om 70 m<sup>2</sup> där sovrum utgörs av 20 m<sup>2</sup> skulle besparingen kunna uppgå till ca 20 % av ventilationskostnaden om ventilationen stängdes av mellan kl 23.00-06.00 för övriga utrymmen. För Stockholm motsvarar detta ca 1000 kWh/år och lägenhet.

#### 3.4.3 Zonindelning

Vi har inledningsvis berört frågan om zonindelning av värmesystemen. Eftersom den internt avgivna värmen fördelar sig olika för olika lägenheter är det endast hänsyn till den externa differensen i värmestillskott som är avgörande för hur en ev. zonindelning bör ske. Enl. Peterson (1980) påverkas det totala energibehovet knappast alls av solinstrålning för nya byggnader där särskild anpassning till solförhållandena ej gjorts. Orsaken till detta sammanhänger med de ytterst små effektbehov dessa har. Värmebehov under tider med notervärd solstrålning är så små att endast marginella effektbesparingar uppnås se fig. 3.9. Värmestillskott påverkas därför ej av

fönstersättningen och således ej av planformen, förutsatt att fönstersättningen ej är speciellt orienterad till ett visst väderstreck och följer de anvisningar för maximala fönsterareor som föreskrivs i SBN 80. Ur extern värmebelastnings-synpunkt skulle en zonindelning alltså inte vara nödvändig.

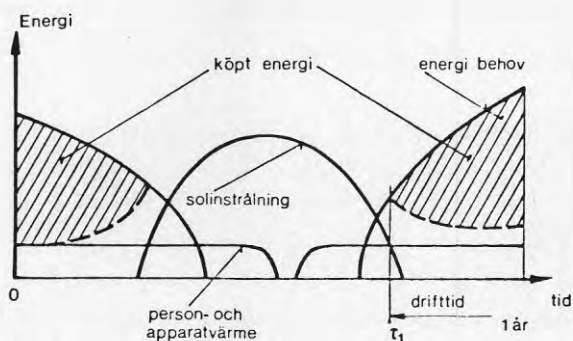


Fig 3.10 Förhållande mellan köpt energi och solinstrålning.

Installation av radiatortermostatventiler är en vanlig åtgärd för att ta tillvara värmeöverskott. Ofta installeras emellertid dessa endast i de utrymmen där man förväntar sig ett visst värme-överskott. För vattenbaserade värmesystem innebär detta att när en strypning av vätskeflödet sker för en radiator ökas flödet, och värmeavgivningen, för angränsande radiatorer utan termostat. Ska termostatventiler installeras bör detta ske på samtliga radiatorer.

En noggrannare studie av skuggnings och solinstrålningens verkan bör göras när klarare uppgifter om materialval finns tillgängligt.

En zonindelning med inriktning på trappuppgångsvis fördelade värmecentraler. där de boende ges inflytande och ansvar för energiförbrukningen kan ge besparingar i storleksordningen 10 %. Detta gör dock att kostnaden för installationen ökar eftersom värmemätare måste installeras. Vidare krävs en noggrann injustering av värmesystemet samt någon form av fördelningssystem som tar hänsyn till angränsande lägenheters temperatur.

En kostnadsjämförelse visar att en zonindelning är ca 600 kr dyrare per lägenhet än installation av radiatortermostatventiler.

Individuell värmemätning kostar ca 500 kr/lgh. Detta inkluderar då bara värmemängdsmätare. Till detta kommer kostnaden för avläsning. Fjärravläsning kostar ca 2500 kr/lgh, denna kostnad minskar något om ett datoriserat styr och övervakningssystem ändå installeras.

För ett zonsystem indelat trappuppgångsvis kostar själva zonindelningen ca 600 kr/lgh samt värmemätningen ca 1500 kr/lgh. Fjärravläsningen kostar ca 3000 kr/mätare dvs zon.

#### 3.4.4 Speciella aspekter för Södra Station

Vid intermittent uppvärmning kan man enligt det föregående spara ca 1 % av energin för uppvärmning per dygn. Denna siffra skulle kunna ökas något om den installerade effekten ökades i förhållande till det faktiska behovet. Eftersom avsikten är att installera ett lågtemperatursystem torde det inte vara något problem i ett normalt fjärrvärmesystem, där ju primärtemperaturerna är så mycket högre och det enda som skulle behöva göras är en ökning av värmeväxlarytorna i undercentral.



#### 4. FÖRSLAG TILL FORTSATT FOU

Vindförhållanden och dess inverkan på klimatet i de olika förslagen har belysts i ett mera generellt avseende. För att få en bättre bild om hur de faktiska förhållandena kommer att bli bör vindtunnelprov göras för de förslag som kan medföra speciella problem. Speciellt gäller detta HSB:s förslag.

En studie av skuggningsförhållanden synes intressant. Framst skulle en sådan studie kunna ge ett svar på hur komfortnivån varierar mellan de olika förslagen och hur den kan påverkas genom bl a fönsteravskärmningar. Ur energisynpunkt torde den ha liten betydelse eftersom kylinstallationer förutsätts ej förekomma.

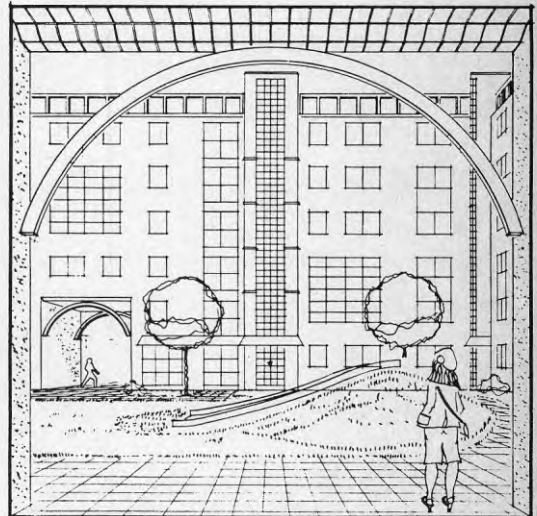
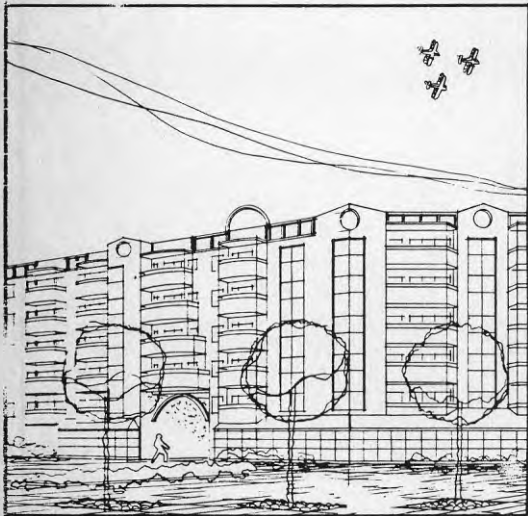
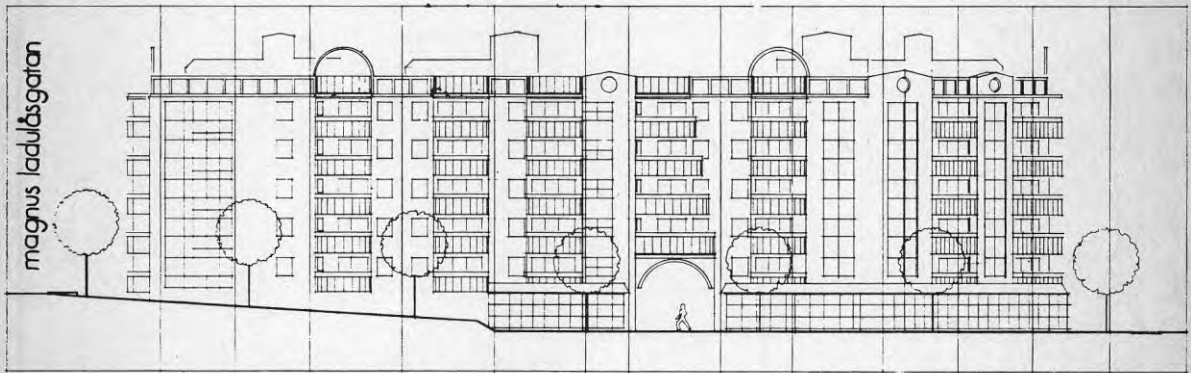
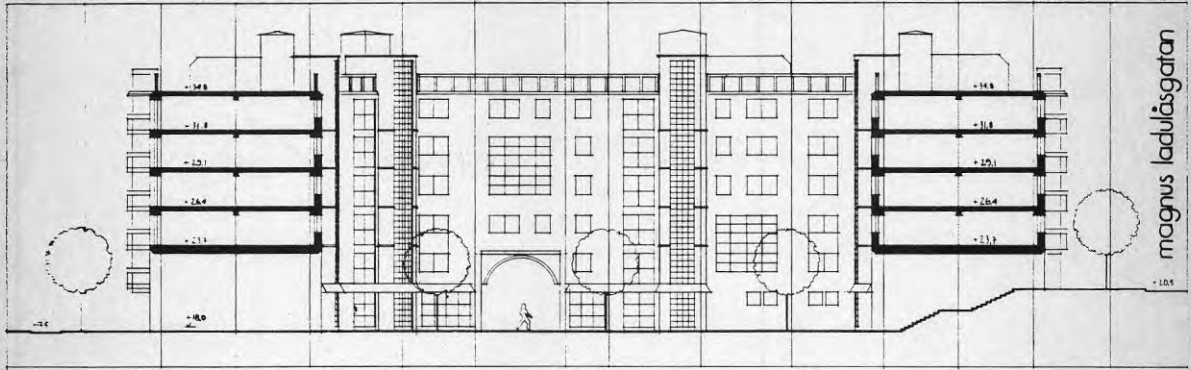
För att kunna bedöma den hygieniska komfortnivån, speciellt vad gäller ventilationsintag på låg nivå i frånluftsinstallationer, bör föroreningshalter från bil och tågtrafik i området mätas. För tågtrafiken gäller bl a att man har ett visst rälsslitage som medför att järnfilspån kan förekomma i luften, asbest från bromsbelägg ej att förglömma.

Förhållandena vid luftvärmesystem för större bostadskomplex är för närvarande under debatt bl a i Finland där en del installationer gjorts. Utvärdering pågår fortfarande men undersökningar för höghusbebyggelse har ej gjorts.



# FASADER

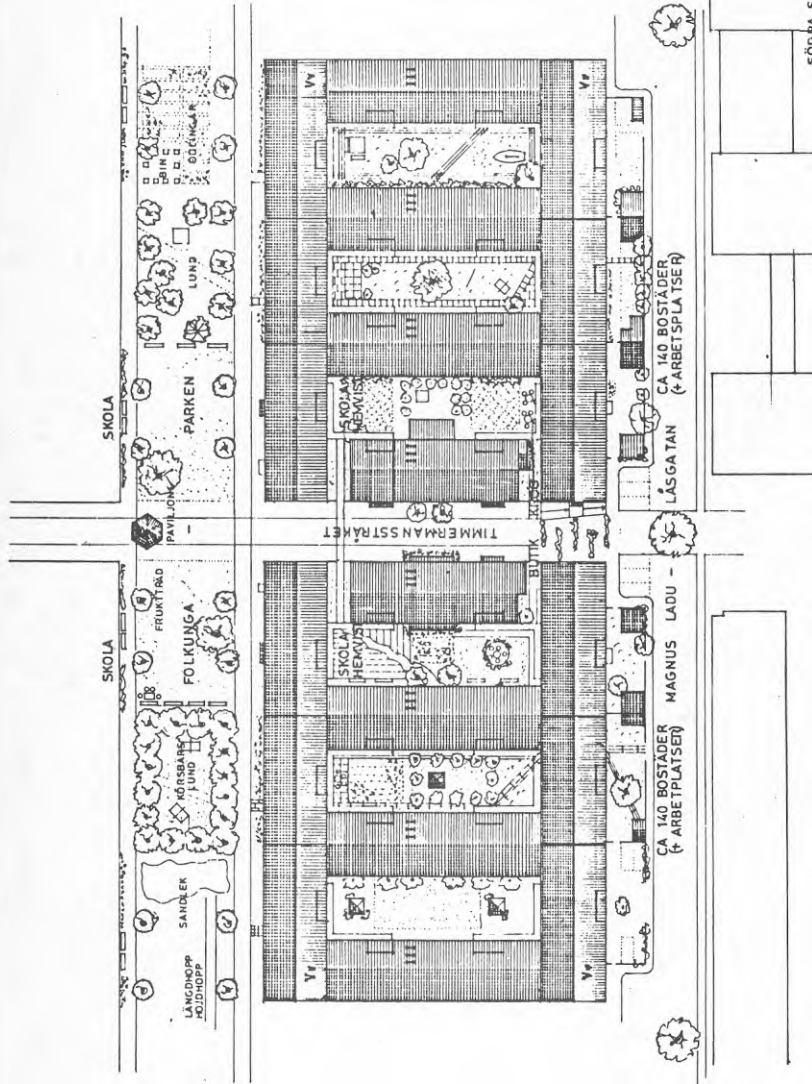
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 2



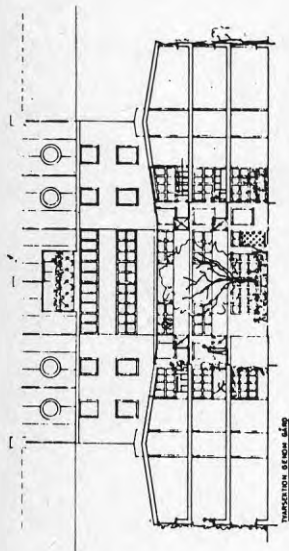
# SÖDRA STATION

**Riksbyggen**  
PROJEKTERINGSKONTORET STOCKHOLM  
Box 6709, 112 85 Stockholm  
S1 Eriksgatan 115 08-736 06 20

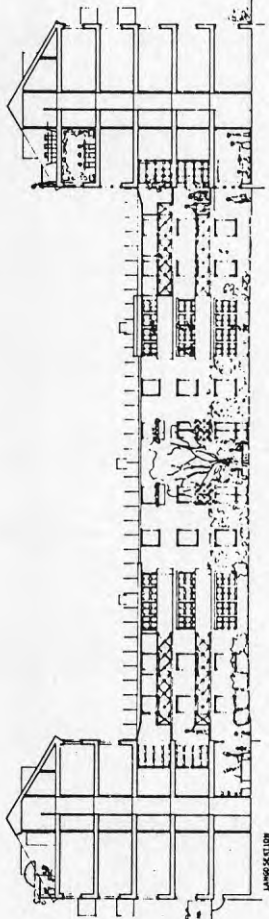
"Boende" - 02-09-30 - 1/4



SÖDRA STATION SOMRÅDET  
 NÄRA HEM  
 PROJEKTUTVECKLING  
 ILLUSTRATIONSPÅN  
 #00900 *1. d. k. konst*  
 HANS UENSBELT  
 ARKITEKTOR AB  
 SNACKVAGEN 11, 16136 BROMMA, 08 367209



TÄNDSKIVAN SÖDEROM 6/50



LÄNDSKIVAN



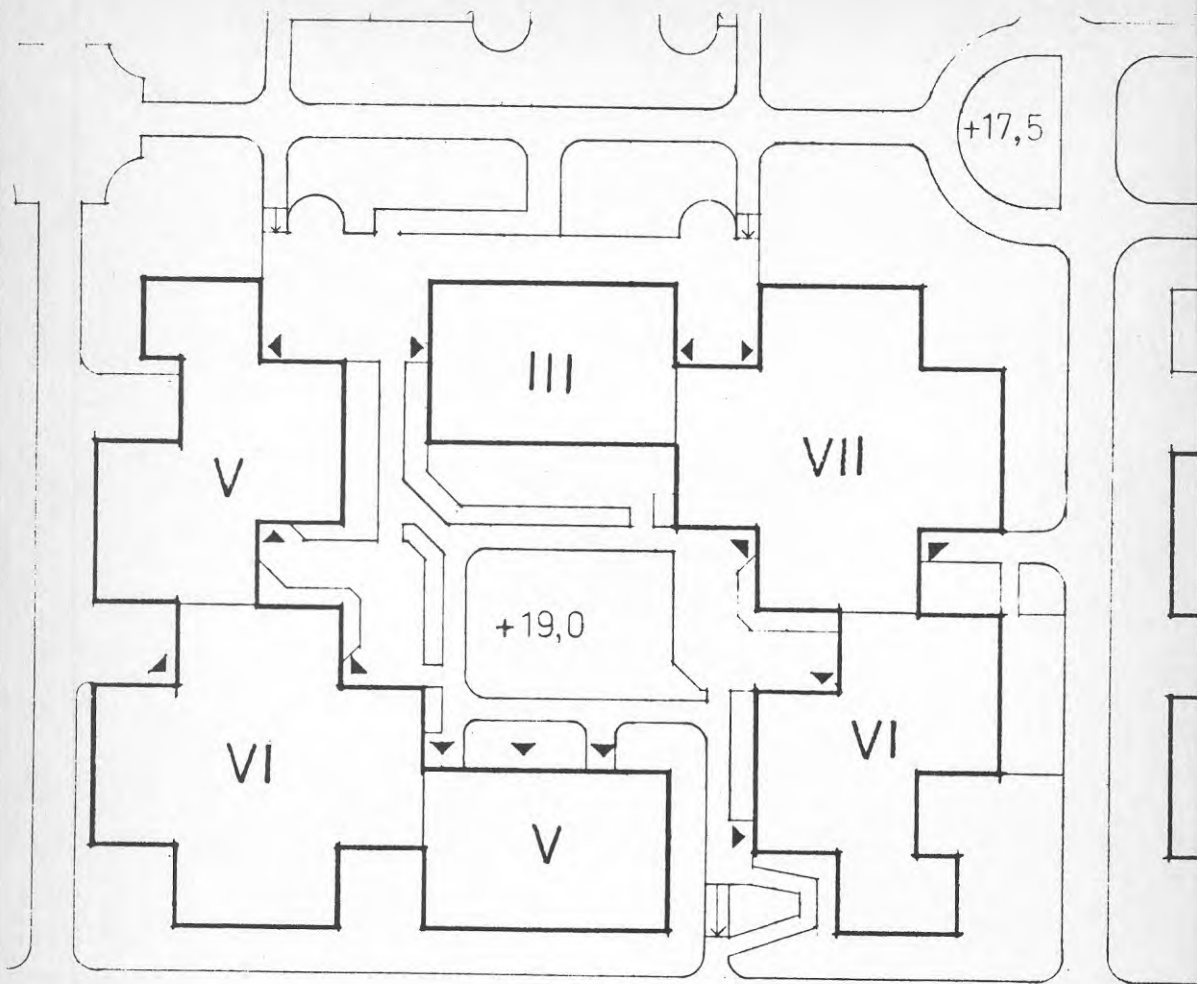
ÅKERVÄGEN 11/12/13



FÖRSTADEN

0 5 M

SÖDRA STATIONSSOMRÅDET  
 NARA HEM -  
 PROJEKTUTVECKLING  
 FASAD- OCH SEKTIONS-  
 STUDIER: VALKYRIEMERLIG  
 820930 / 1/1988  
 HANS JENSEN FELT  
 ARKITEKTKONTOR AB  
 S-131 VALKEN 11/12/13, BROMMA, CE 26720



*Södra Stationsområdet*

21,5

*Utredning*

*September 1982*

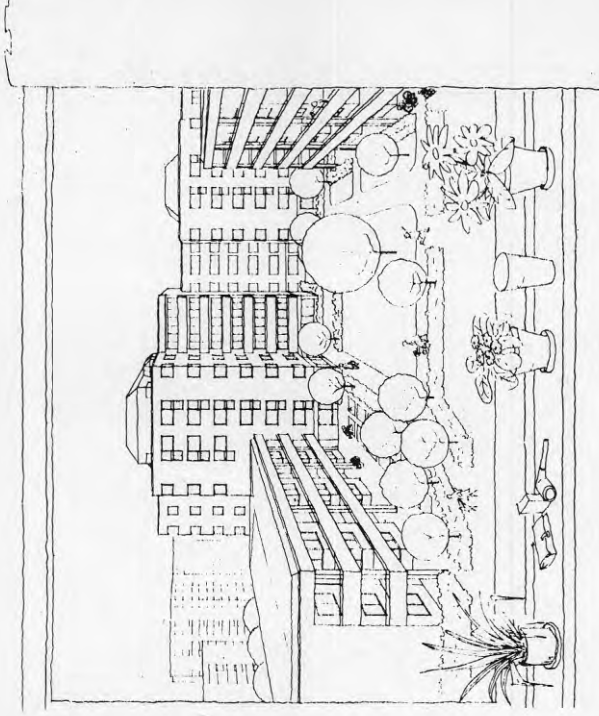
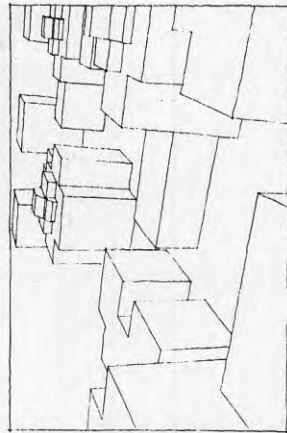
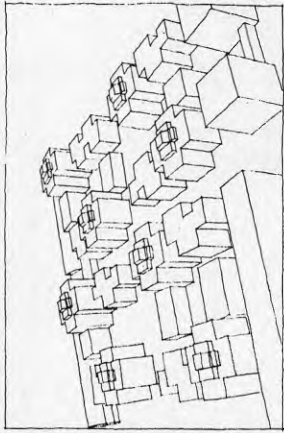
*Situationsplan*

*AB Svenska Bostäder*

0 ————— 20

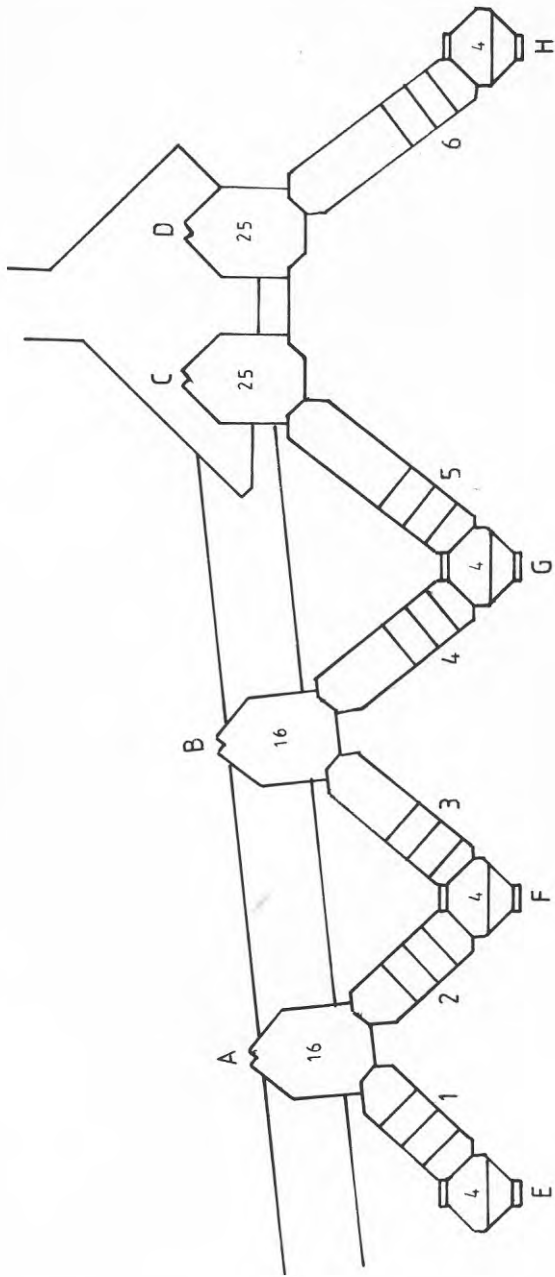






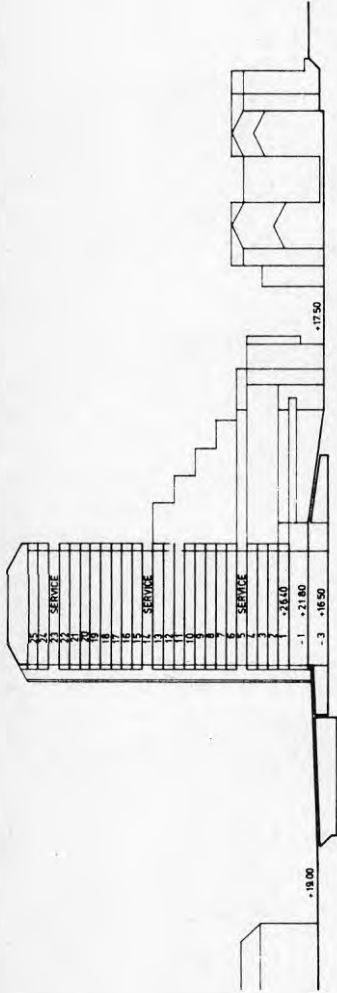
projektör: Svenska Bostäders arkitektkontor

**Södra Stationsområdet**  
Utredning September 1982  
Projektör Per-Olof Larsson  
ARB Svenska Bostäder

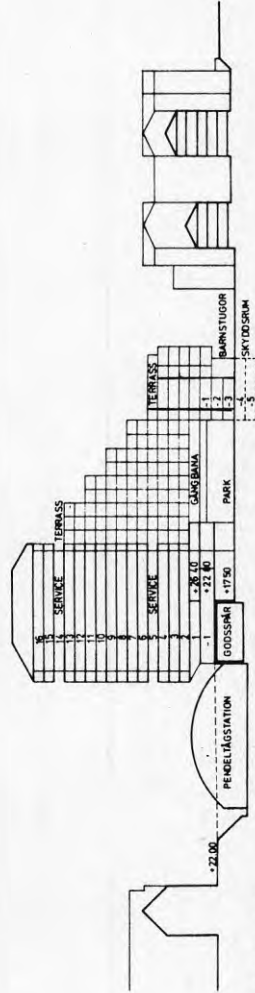


HSB STOCKHOLM



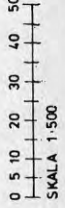


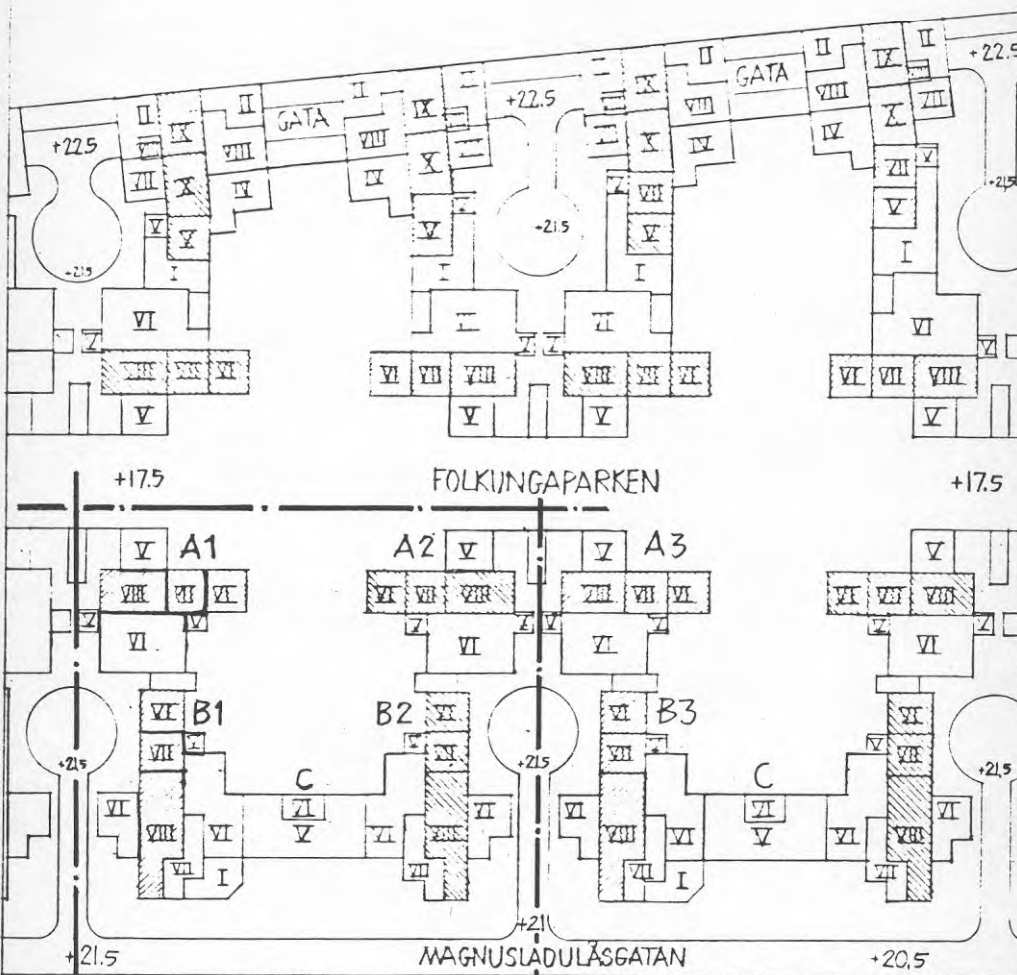
SEKTION 1-1



SEKTION 2-2

HSB STOCKHOLM  
SÖDRA STATIONSRÅDET  
1967 09 10  
BYGGNAD  
RITNINGSNUMMER 010  
ARKITEKTER SAR  
G NILSSON P DIEBITSCH



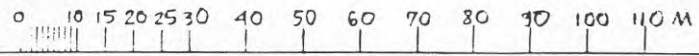


HUSHÖDERNA ÄR RANGIVNA FRÅN GATUNIVÅN  
 STRECKADE PARTIER VISAR DE ÖVERSTA VÅNINGARNA  
 SOM GER HUSEN NORD-SYDLIG RESP ÖST-VÄSTLIG RIKTNING

--- DEL SOM BEHANDLAS AV UTREDNINGEN

HUSHÖJDER

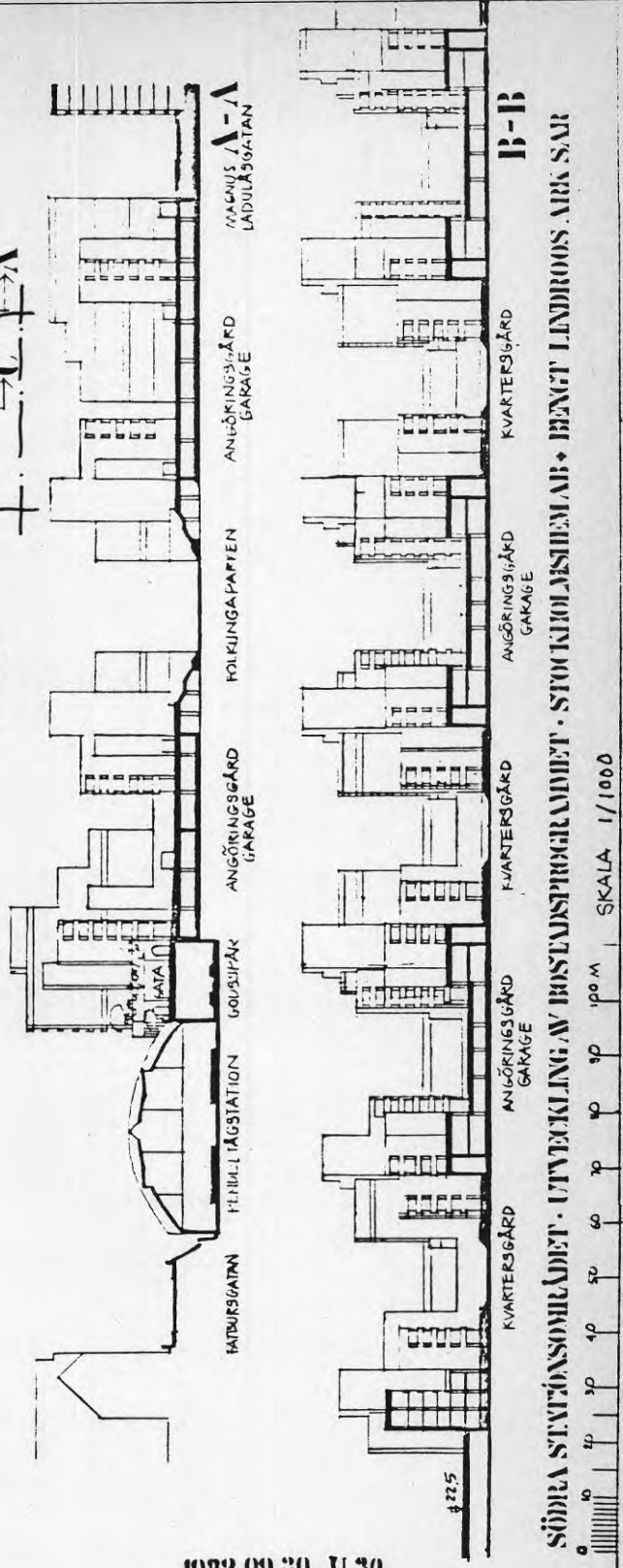
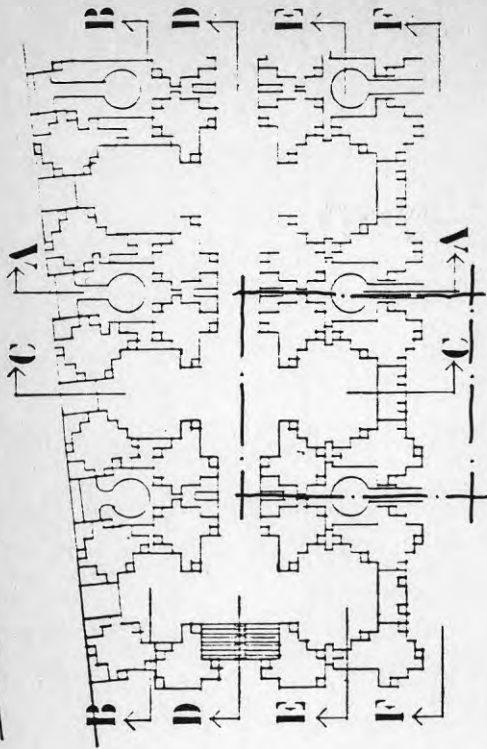
SK 1/1000



1902 09 30  
 U 26

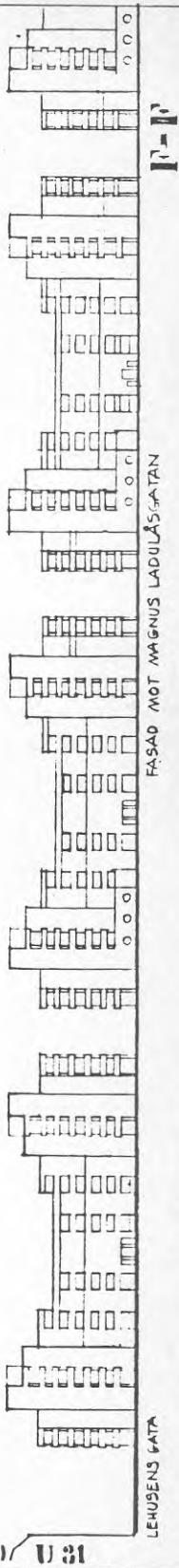
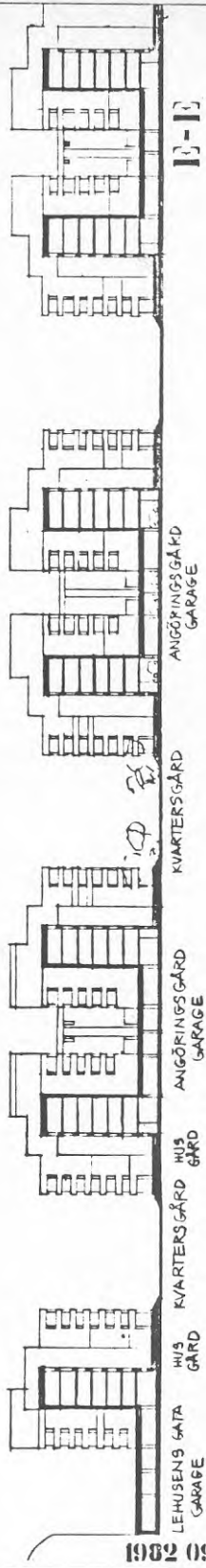
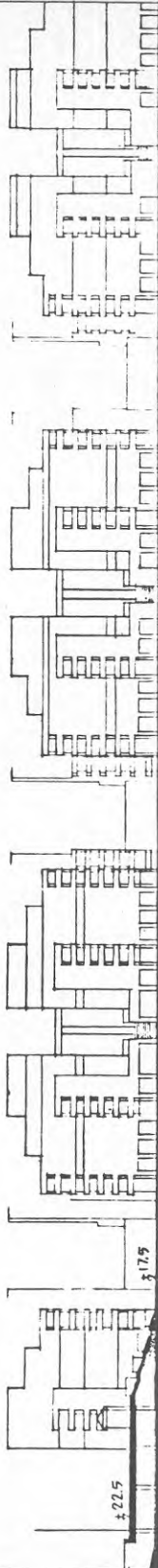
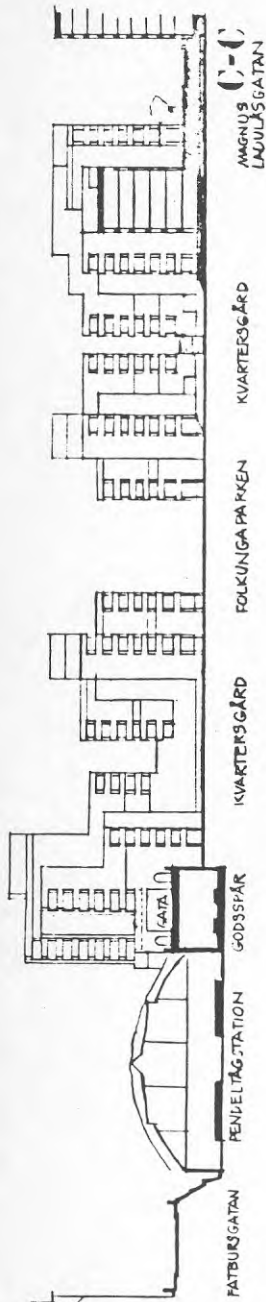
SÖDRA STENSTANSOMRÅDET. UTVECKLING AV BOSTADSPROGRAMMET. STOCKHOLMSSTADEN. BENGT LINDROOS ARK SÄR

--- DEL SOM BEHANDLAS AV UTREDNINGEN



SÖDERA STENÖNSOMRÅDET - UTVECKLING AV BOSTADSPROGRAMMET • STOCKHOLMSEHEMAB • BENGT LENDROOS, ARK. S.A.R.

1982 09 30 U 30



D-D

E-E

F-F

4,225

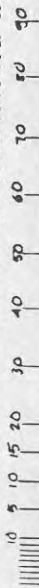
3,175

1982 09 30 U 31

SÖDRA STATIONENSOMRÅDET · UTVECKLING AV BOSTÄNSPROGRAMMET · STOCKHOLMSHÄMAB · BENGT LINDROOS, ARK SÄM

SKALA 1/1000

100 M





## LITTERATUR

Axelsson Nils-Åke, Andrén Olle, 1975, Golvtemperaturer med hänsyn till komfort. Tekniskt meddelande nr 68, Inst. för uppvärmnings- och ventilationsteknik KTH.

Dafgård N, 1980, Intermittent uppvärmning, nattsänkning A4-serien nr 22, Inst. för uppvärmnings- och ventilationsteknik KTH

Dubinski K, 1980, Vindklimatiska studier vid planering av bostadsområden. Byggeforskningens rapport R29:1980.

Glas Lars Olov, 1982, AB Svarthålsforsen

Granit M, Möller I, 1980, Husform, kvaliteter och energibehoven analys av fyra förvaltningsbyggnader. Byggeforskningens rapport R80:1980.

Isfält Engelbrekt, Peterson Folke, 1974, Val av värmesystem - ett sätt att minska energiförlusten från en byggnad. Tekniskt meddelande nr 29, Inst. för uppvärmnings- och ventilationsteknik KTH

Mattson JO, Åkerman J, 1980, Energiförluster genom vind. Byggeforskningens rapport R176:1980.

Melander U, Ljungström S, Törnsäter G, 1974, Vinden Människan Arkitekturen, Examensarbete 1974 vid avd. för Formlära, Sektionen för Arkitektur, KTH, Stockholm.

Nordiska kommittén för byggbestämmelser 1981, Inomhusklimat rapport nr 40

Nylund PO, 1979, Tjuvdrag och ventilation. Byggeforskningens publikation T4:1979.

Peterson Folke, 1975, Temperaturgradienter vid olika uppvärmningssystem. Tekniskt meddelande nr 65. Inst. för uppvärmnings- och ventilationsteknik KTH

Peterson Folke, 1975, Fönstertemperaturer vintertid, Tekniskt meddelande nr 67, Inst. för uppvärmnings- och ventilationsteknik KTH

Peterson Folke, 1976, Byggnadens form med hänsyn till energibehovet för uppvärmning samt Byggnadsstorlek och transmissionsförluster, Tekniska meddelanden nr 99 och 100 från Inst. för uppvärmnings och ventilationsteknik, KTH, Stockholm.

Peterson Folke, 1979, DUT i energisnåla hus, FoU bygg nr 1 1979

Peterson Folke, 1980, Planform och energibehov, Tekniskt meddelande nr 169, Inst. för uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH

Sandberg Mats, 1982, Fläktstyrd ventilation - en analys av F-, T- och FT-system. VVS-tidningen nr 3, 1982.

Solvärme i bebyggelseplaneringen, Statens Planverk, Stockholm, rapport 53:1980.

Statens planverk 1982, Lågtemperatur

Sundell Jan, 1975, Klimatnormer - Termisk komfort Riktad operativ temperatur, Tekniskt meddelande nr 71, Inst. för uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH

Svensk Byggnorm med kommentarer. Statens Planverk, Stockholm, 1980.

Widegren-Dafgård Karin, 1980, Fönstervädring, Tekniskt meddelande 170, Inst. för uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH

Wirén B, 1969, Vind och läbildningsproblemet ur strömningsteknisk synpunkt. Byggforskningens rapport R25:1969.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 821384-6  
från Statens råd för byggnadsforskning till Stockholms  
kommun, Stockholm.**

**R119: 1985**

**ISBN 91-540-4462-6**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6705119**

**Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang**

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

**Cirkapris: 35 kr exkl moms**