



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.

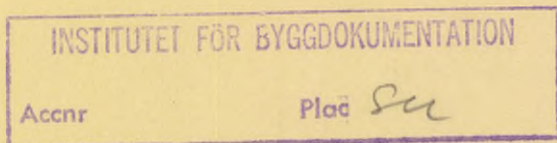


Rapport

R71:1984

**Luftvärmesystem i bostäder
— krav och rekommendationer**

**Per Höjerdal
Staffan Jacobsson
Sören Lindgren**



Byggeforskningsrådet

R71:1984

LUFTVÄRMESYSTEM I BOSTÄDER
- KRAV OCH REKOMMENDATIONER

Per Höjerdal
Staffan Jacobsson
Sören Lindgren

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 830145-7
från Statens råd för byggnadsforskning till Wahlings
Installationsutveckling AB, Danderyd.

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

R71:1984

ISBN 91-540-4143-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHALL

| | |
|--|----|
| FÖRORD | 5 |
| SAMMANFATTNING | 7 |
| 1 BEGREPPSFÖRKLARINGAR | 11 |
| 2 HISTORIK | 17 |
| 3 DAGENS SYSTEMLÖSNINGAR | 19 |
| 3.1 Enbostadshus | 20 |
| 3.2 Flerbostadshus | 20 |
| 4 MYNDIGHETSKRAV | 23 |
| 4.1 Dagens krav | 23 |
| 4.1.1 Värmeisolering och lufttäthet | 23 |
| 4.1.2 Ljudklimat | 23 |
| 4.1.3 Termiskt inomhusklimat | 24 |
| 4.1.4 Luftkvalitet | 24 |
| 4.1.5 Energihushållning | 25 |
| 4.1.6 VA-installationer | 26 |
| 4.1.7 Luftbehandlingsinstallationer | 26 |
| 4.2 Framtida krav | 26 |
| 4.2.1 NKB's förslag | 26 |
| 4.2.2 VVS-AMA 83 | 27 |
| 4.2.3 Statens planverks författnings- samling 1982:3 (ELAK) | 28 |
| 5 ERFARENHETER | 31 |
| 5.1 Byggnaden | 31 |
| 5.1.1 Täthet | 31 |
| 5.1.2 Värmeisolering | 36 |
| 5.1.3 Värmekapacitet | 38 |
| 5.1.4 Planform | 40 |
| 5.2 Installationen | 41 |
| 5.2.1 Till- och frånluftsdon | 41 |
| 5.2.1.1 Allmänt | 41 |
| 5.2.1.2 Ventilationseffektivitet | 42 |
| 5.2.1.3 Luftfördelningseffektivitet | 43 |
| 5.2.1.4 Temperatureffektivitet | 45 |
| 5.2.1.5 Donplacering | 45 |
| 5.2.2 Kanalisation | 54 |
| 5.2.2.1 Allmänt | 54 |
| 5.2.2.2 Kanaler | 55 |
| 5.2.2.3 Bjälklag avsedda för transport av luft | 58 |
| 5.2.3 Värmeåtervinning | 60 |
| 5.2.4 Filter | 61 |
| 5.2.5 Fläktar | 62 |
| 5.2.6 Styr- och reglerutrustning | 63 |
| 5.2.7 Spjäll | 67 |
| 5.2.8 Värmebatteri | 67 |
| 5.2.9 Drift- och skötselinstruktioner | 68 |
| 5.3 Brukaren | 71 |
| 6 MORGONDAGENS LUFTVÄRMESYSTEM - KRAV OCH MÖJLIGHETER | 73 |
| 6.1 Värmetransmission | 73 |

| | | |
|-----|---|----|
| 6.2 | Luftläckning | 74 |
| 6.3 | Termiskt klimat | 74 |
| 6.4 | Luftkvalitet | 76 |
| 6.5 | Ljud | 77 |
| 6.6 | Energihushållning | 78 |
| 6.7 | Drift och skötsel | 80 |
| 7 | PROJEKTERINGSRIKTLINJER | 81 |
| 7.1 | Byggnadens utformning | 81 |
| 7.2 | Myndighetskrav | 82 |
| 7.3 | Dimensionerande utomhusdata | 83 |
| 7.4 | Dimensionering, utförande och val av komponenter | 84 |
| 7.5 | Dokumentation | 87 |
| 7.6 | Mätning | 88 |
| 8 | FoU-BEHÖV | 89 |
| 9 | LITTERATUR | 91 |

FÖRORD

Luftvärmesystem, som är integrerade system för uppvärmning och ventilation med luft som värmebärare, har tillämpats i många år. Det tidigare stora värmebehovet i byggnader medförde stora luftflöden och höga inblåsningstemperaturer med drag och andra problem som följd. Systemen har dock på senare år rönt ett ökat intresse genom att husens värmebehov kraftigt reducerats p g a energihushållningskraven i Svensk byggnorm. Samtidigt som värmebehovet minskat har behovet av fläktstyrd ventilation ökat beroende på tätning av klimatskärmen och ökade problem med föroreningar i inomhusluften.

Det nya kravet i Svensk byggnorm på lågtemperatursystem gör luftvärmesystem till ett intressant alternativ vad beträffar möjligheter till anpassning till de framtida krav som kan ställas i fråga om flexibilitet, termiskt klimat, luftkvalitet m m, samt möjligheter till utveckling av tekniken.

Föreliggande rapport redovisar ett projekt med målsättningen att studera vilka förutsättningar luftvärmesystem i bostäder har att svara upp mot framtida funktionskrav och skärpta myndighetsbestämmelser.

Utredningen har baserats på erfarenheter av dagens luftvärmesystem samt pågående och bedömd möjlig systemutveckling.

På basis av detta material har riktlinjer utarbetats för projektering av luftvärmesystem. I projektet har även ingått att undersöka forskningsbehovet beträffande luftvärmesystem.

För projektet har värdefull hjälp i form av underlags material och synpunkter lämnats av följande personer till vilka riktas ett varmt tack:

| | | |
|-----------------|--------------------|----------------|
| David Södergren | Bengt Dahlgren | i Stockholm AB |
| Bo Nord | AB Bahco | Ventilation |
| Sune Larm | Fläkt Installation | AB |
| Rolf Strand | Tour & Andersson | AB |
| Leif Tegman | Statens planverk | |

Utredningsarbetet har bedrivits vid Wahlings Installationsutveckling AB, Danderyd med civilingenjör Sören Lindgren som projektledare och civilingenjörerna Staffan Jacobsson och Per Höjerdal som utredningsmän.

SAMMANFATTNING

Bakgrund

Ett luftvärmesystem är ett integrerat uppvärmnings- och ventilationssystem, där luft används som värmebärare. Luftvärmesystem har i olika former tillämpats i många år.

På senare tid har husens värmebehov kraftigt reducerats p g a energihushållningskraven i Svensk byggnorm. Genom att de tidigare erforderliga stora luftflödena och höga tilluftstemperaturerna härmed kunnat reduceras har luftvärmesystem rönt ett ökat intresse. Samtidigt som värmebehovet minskat har behovet av fläktstyrd ventilation ökat beroende på en tätare klimatskärm och på ökade problem med föroreningar i inomhusluften. Denna utveckling samt kommande krav i Svensk byggnorm på lågtemperatursystem gör luftvärmesystem till ett mycket intressant alternativ vad gäller möjligheterna till anpassning till de framtida krav som kan ställas i fråga om flexibilitet, termiskt klimat, luftkvalitet m m samt möjligheter till ytterligare utveckling av tekniken.

Luftvärmesystem ger teoretiskt sett många fördelar gentemot andra system:

- gemensamt distributionssystem för värme och ventilation förklar installation och underhåll
- bra inomhusklimat genom möjligheter att alltid vid behov centralt filtrera, värma och eventuellt kyla tilluften
- möjlighet till jämn temperaturfördelning mellan bostadens olika delar genom att passiv solvärme, personvärme m m fördelas genom luftcirkulationen
- Det integrerade uppvärmnings- och ventilationssystemet möjliggör bortfiltrering av allergiframkallande ämnen (ungefär var tionde person i Sverige har allergiska besvär)
- större möjlighet att dragfritt tillföra uteluft än vid ett konventionellt F-system
- möjlighet till användning av lågtemperaturteknik och därmed nå full frihet beträffande val av energislag.

Syfte

Syftet med projektet har varit att studera vilka förutsättningar som luftvärmesystemen har att svara upp mot framtida funktionskrav och skärpta myndighetsbestämmelser. Utredningen har baserats på erfarenheter av dagens luftvärmesystem samt pågående och bedömd möjlig systemutveckling.

Metod

Utredningsarbetet har omfattat:

- Analys av problemen genom litteraturstudier, intervjuer, anläggningsbesök m m
- Insamling av erfarenheter beträffande olika systemlösningars inverkan på den termiska komforten
- Erfarenhetsåterföring av i andra BFR-projekt gjorda mätningar avseende bl a luftinblåsning i rum och ventilationseffektivitet
- Analys av framtida krav och förutsättningar som kan påverka luftvärmesystemens utförande
- Analys av olika systemlösningars för- och nackdelar samt bedömning av luftvärmesystemens möjligheter att vidareutvecklas för att kunna uppfylla framtida krav med avseende på luftkvalitet, termiskt klimat, energihushållning, brand, ljudnivå, rensbarhet m m

På basis av utredningsresultaten har riktlinjer utarbetats för projektering av luftvärmesystem. I projektet har även ingått att undersöka forskningsbehovet beträffande luftvärmesystem.

Resultat

Utredningen har visat att det går att projektera och konstruera en luftvärmeanläggning som svarar upp mot såväl dagens som morgondagens krav. Ett luftvärmesystem är emellertid känsligare än andra uppvärmningssystem för yttre störningar och den integrerade samverkan mellan byggnad-installation-brukare.

Många experimentbyggnadsprojekt har visat på orimligt höga energiförbrukningar för luftvärmesystem. Anledning till detta har varit att hänsyn inte tagits till de byggparametrar som ingår i energisystemet. Det gäller bl a luftläckning, värmeisolering, värmekapacitet och planform. Även brister i installationsystemen som otäta och dåligt isolerade kanaler, otäta genomföringar m m har bidragit till de höga energiförbrukningarna.

Många luftvärmesystem har visat sig inte hålla vad fabrikanterna utlovat. Det innebär emellertid inte att luftvärmesystemet i sig förbrukar mer energi eller är sämre än andra system i övrigt utan är mer att hänföra till ett dåligt totalsystem byggnad-installation.

Luftvärme är en typ av FT-system och sådana är alltid känsligare för vind- och temperaturkrafter än F-system. Känsligheten avtar dock med ökad täthet hos huset. Ett tätt klimatskal är därför den första förutsättningen för ett energisnålt luftvärmesystem. För att inte äventyra byggnadens täthet och därmed möjligheten till en kontrollerad ventilation och uppvärmning bör rör- och kanalgenomföringar genom tätskiktet undvikas eller i alla fall begränsas till antalet, vilket kan göras med en klok projektering.

Effektbehovet, energiåtgången och effektiviteten varierar med olika systemutformningar. Med ett effektivt system menas ett system som så snabbt som möjligt bortför föroreningar och där temperaturskillnaden mellan tilluften och vistelsezonen är liten. Liten temperaturskillnad mellan tilluften och vistelsezonen innebär hög utnyttjandegrad av tillförd energi. Energisnåla system uppbyggs alltså inte enbart av energisnåla apparattekniska lösningar utan även av hur effektivt den tillförda luften utnyttjas.

Effektiviteten är beroende av till- och frånluftsdonens placering, luftomsättning och tillluftens övertemperatur. Placeras till- och frånluftsdonen nära varandra och inblåsningen sker mot de termiska stigkrafterna riskeras kortslutning vilket innebär dåligt utnyttjande av den tillförda luften samt hög energiförbrukning.

Många undersökningar har gjorts i Sverige beträffande donplacering. Tyvärr har man i nästan samtliga fall enbart studerat och beräknat den operativa temperaturen och i viss mån temperatureffektiviteten. Ventilationseffektiviteten har inte i någon större utsträckning studerats i samband med experimentbyggande. Mätningar vid KTH och SIB har dock visat att ventilations-effektiviteten kan vara väldigt dålig trots att temperatueffektiviteten är acceptabel.

För ett luftvärmesystem gäller stora krav på kanalernas täthet. Kanalerna bör i allmänhet värmeisoleras även i uppvärmda utrymmen för att förhindra okontrollerad värmeavgivning. Kanalerna skall vidare vara lättåtkomliga för att möjliggöra den bästa lösningen med hänsyn till ljudöverföring o s v. Vid stora luftomsättningar är det viktigt att överluftsdon från enskilda rum dimensioneras riktigt. Det bästa är egentligen att leda frånluftskanaler från dessa rum.

Ett luftvärmesystem fungerar så att endast en mindre del av cirkulationsluften byts ut mot uteluft. Till stor del cirkulerar istället luften runt i huset. Genom att installera ett luftfilter av hög klass, ev elektrostatisk avskiljare, förhindras spridning av luftföroreningar (partiklar) via cirkulationsluften.

För att kunna upprätthålla en hög luftkvalitet erfordras att filtren underhålls med byten och rengöring. Det bör härvid också tillses att det ej finns hål i eller läckage förbi filtret vilket kan nedsätta avskiljningsgraden avsevärt. Vid elektrostatisk avskiljare skall det finnas möjlighet att kontrollera att spänningen är tillräcklig.

Det finns idag på marknaden ett flertal olika luftvärmesystem, nästan samtliga avsedda för småhus. Det ökade intresset för luftvärme innebär dock att tekniken står inför en intensiv utvecklingsperiod, speciellt vad gäller tillämpningar inom flerbostadshus.

För att underlätta konstruktionen av ett fungerande luftvärmesystem som uppfyller såväl dagens som morgondagens krav har projekteringsriktlinjer sammanställts. Dessa är avsedda att utgöra en checklista beträffande normer, föreskrifter samt dimensionerings- och utförandeunderlag.

Rapporten innehåller förslag till FoU-insatser för ytterligare utveckling och anpassning av luftvärmekniken.

1 BEGREPPSFÖRKLARINGAR

I denna rapport används en del begrepp och uttryck med anknytning till lufvärmesystem och som kräver en förklaring. Nedan följer en lista på sådana ord. De ord som är definierade i Tekniska normenkaturcentralens ordlistor har märkts med (TNC) efter den förklarande texten.

avluft

frånluft som avlämnas i det fria (TNC)

centralaggregat

centralt utanför lägenheten placerat aggregat avsett för försörjning av flera lägenheter. Består ofta av uteluftsfläkt, frånluftsfläkt, värmeväxlare, luftfilter och luftvärmare.

cirkulationsaggregat

aggregat placerat i varje rum för cirkulation av rumsluft samt inblandning av uteluft. Består ofta av fläkt, luftvärmare, luftfilter och blandningsdel.

drag

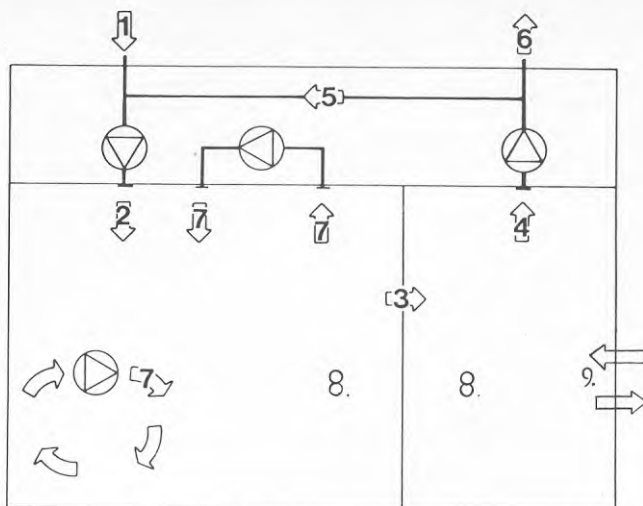
känsla av lokal avkylning p g a luftrörelse och/eller strålning.

exfiltration

läckning av luft ut från en byggnad genom otätheter i dess begränsningsytor mot det fria.

frånluft

luft som bortförs från rum. Luften kan föras ut till det fria som avluft eller genom anordning för återluft (TNC).



Figur 1.1 Ventilationssystem

| | |
|------------|--------------------|
| 1 uteluft | 6 avluft |
| 2 tilluft | 7 cirkulationsluft |
| 3 överluft | 8 inneluft |
| 4 frånluft | 9 läckluft |
| 5 återluft | |

frånluftsdon

don genom vilket luft bortföres från rum.

infiltration

läckning av luft in i en byggnad genom otätheter i dess begränsningsytor mot det fria.

inneluft

luft inne i rum (TNC)

kallras

luft rörelse som uppstår utmed en kall yta.

kanal

ledning för transport av luft, rök eller annan gas (TNC)

kanalisation

förläggingsutrymme för installationssystem i form av ledningskanaler, rör, rännor o d, synliga eller dolda i mark eller bygg-

nadsdel.

klimatskärm

en byggnads begränsningsytor mot det fria.

luftfördelningseffektivitet

ett systems förmåga att fördela tilluften inom rummet.

luftomsättningseffektivitet

nytt begrepp för ett systems förmåga att bortföra föroreningar från vistelsezonen. (Används ej i rapporten.) Se ventilationseffektivitet.

luftvärmesystem

luftdistribuerat uppvärmnings- och ventilationssystem som tillgodoser hela byggnadens totala värme- och ventilationsbehov.

lägenhetsaggregat

komplett luftvärmeaggregat centralt placerat i varje lägenhet. Består ofta av uteluftsfläkt, tilluftsfläkt och frånluftsfläkt samt värmeväxlare, luftfilter, luftvärmare och blandningsdel.

läckning

in- eller utströmning av luft till följd av otäthet (TNC).

operativ temperatur

medelvärde av luftens temperatur och medelstrålningstemperaturen.

riktad operativ temperatur (RO-temp)

den operativa temperaturen beräknad i viss riktning.

rumsluft

se inneluft (TNC)

spjäll

don i kanal avsett för injustering eller styrning av luftflöde eller annat gasflöde (TNC)

temperatureffektivitet

ett systems förmåga att till- eller bortföra värme i vistelse-sonen.

temperaturverkningsgrad, värmeåtervinnare

kvot av uppnådd temperaturändring och teoretiskt maximal temperaturändring som regel beräknad på det behandlade, värmda eller kylda mediet.

termisk komfort

luftens och rumsytornas temperatur, lufthastighet och luftfuktighet samt dessa faktorers relation till människans beklädning.

tilluft

luft som tillförs rum, Tilluft kan vara uteluft, cirkulationsluft, återluft eller överluft (TNC)

tilluftsdon

don genom vilket luft tillförs rum.

uteluft

luft i eller från det fria (TNC)

ventilationseffektivitet

ett systems förmåga att bortföra föroreningar från vistelse-sonen. (Enligt nytt förslag skall ventilationseffektivitetsbegreppet gälla för hela ventilationens funktion i en byggnad. I rum och lägenheter skall man istället tala om luftomsättnings-effektivitet.)

vistelsezon

del av utrymme inom vilket krav anges på luftens hastighet, temperatur, fuktighet och renhet. Vistelsezon begränsas av plan på visst avstånd från väggar och golv (TNC)

värmväxlare

apparat för överföring av värme från ett medium till ett annat.

återluft

frånluft som återförs till grupp av rum. Återluft kan vara en

blandning av cirkulationsluft och överluft (TNC)

återluftsaggregat

aggregat placerat i varje lägenhet för återföring av frånluft samt inblandning av uteluft. Består ofta av fläkt, luftvärmare, luftfilter och blandningsdel.

överluft

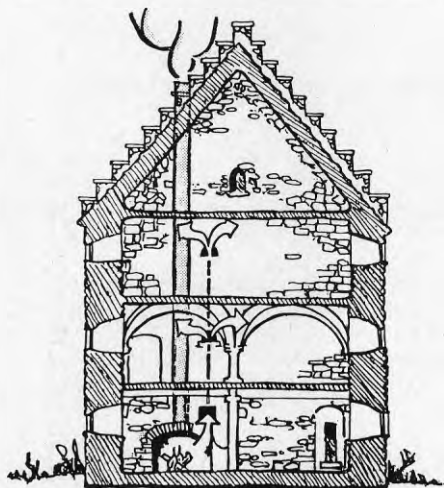
luft som överförs från rum till rum (TNC)

överluftsdon

don genom vilket luft förs från lokal till annan.

2 HISTORIK

Luftvärmesystem är ingen ny uppfinning. Redan i antiken använde sig romarna av en form av luftvärmesystem att värma sina hus och badanläggningar med, även om luftkvaliteten ej blev den bästa. I vårt land värmdes många av de stora slotten, nämnas kan Glimmingehus slott från början av 1500-talet, med varmluft från en central eldstad i källare eller kök. I murade kanaler leddes den stigande varmluften till de olika våningarna, se figur 2.1.



Figur 2.1 Glimmingehus slott. Källa Stifab Info 08-83 (1983)

I modern tid blev den naturliga övergången från dessa system, kakelugnar och öppna spisar att föra ut värmen i kanaler med fläktar, vilket förekom i USA redan för 100 år sedan. Där dominerar fortfarande luftburen värme vilket torde bero på att luft används för kylning sommartid.

I Sverige har utvecklingen det sista århundradet gått mot radiatoruppvärmning kompletterad med någon form av ventilation. Redan under 1940-talet konstruerades emellertid en av föregångarna (Termovent ALV, Svenska Fläktfabriken) till dagens luftvärmeaggregat. Det ursprungliga aggregatet innehöll fläkt, filter och värmebatteri för vattenburen värme och placerades hängande i källartak. Uteluft sögs in genom ett intag vid tak och blandades med returluft från bostadsrummen i proportioner som reglerades med ett spjäll. Den uppvärmda och renade luften från luftvärmeaggregatet gick i kanaler i golv, vilket därigenom värmdes upp några grader över rumstemperaturen. På långsidorna fortsatte luften genom speciella golvsocklar med reglerbar springa direkt in i rummen och upp utmed väggarna. Luften togs i retur genom springor över dörrarna till ett frånluftsdon, vanligtvis placerat i hallen, genom vilket den återfördes till centralaggregatet. Luft från kök, bad och WC återfördes ej.

Vid slutet av 1960-talet började s k balanserad ventilation

(FT-ventilation) att användas med mekanisk styrd till- och frånluft. Tilluften måste härvid värmas under den kalla årstiden för att den i rummet inblåsta luften ej skulle få för stor undertemperatur gentemot rumsluften. Den huvudsakliga uppvärmningen skedde dock med radiatorer. Vid denna tid kom också en eftervärmningsapparat (SONIVENT, Svenska Fläktfabriken) som eftervärmde luften från centralaggregatet så mycket att radiatorer ej behövdes. Apparaten med värmebatteri och värmeroglering placerades centralt i lägenheten med en separat kanal till varje rum. Reglering av luftflödet till varje rum kunde ske med spjäll placerade i eftervärmningsapparaten.

Under 1970-talet minskade installationen av FT-ventilation i omfattning, vilket berodde på ändrade låneregler samt ett minskat bostadsbyggande av framförallt flerbostadshus.

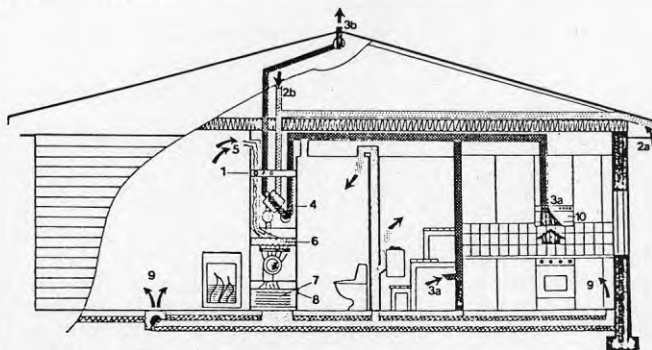
Luftburen värme i småhus blev mycket populärt i Finland i mitten av 1970-talet. Det var nämligen då som man presenterade de första kompakta luftvärmeaggregaten. Fläktar, filter, värmeväxlare, värmebatteri sammanfördes till en lättplacerad enhet med standardmättet 60 x 60 cm. Ett stort antal (>20 000) anläggningar har tills idag installerats i småhus. Även i flerbostadshus har installationer gjorts. I Sverige däremot har luftvärmesystem ej haft samma framgång. Ett av skälen till detta är att Sveriges statliga lånebestämmelser har gynnat andra uppvärmnings- och ventilationssystem gentemot luftvärmesystem.

3 DAGENS SYSTEMLÖSNINGAR

Luftvärmesystem är avsedda att försörja byggnadens utrymmen med luft för att täcka både ventilations- och värmebehovet. Den tekniska uppbyggnaden av luftvärmesystemen är i princip lika för både en- och flerbostadshus. De olika varianter som kan förekomma kan ge en viss skillnad med avseende på inomhusklimatet. Luftvärmesystemets huvuddelar är utelufts- och frånluftsflykt, värmeväxlare för tillvaratagande av energin i avluften, omblandnings- eller återluftsflykt, filter, värmebatteri, distributionskanaler samt tilluftsdon i rummen.

Emedan uppvärmningen är beroende av tilluften fördelas denna till varje rum, även kök, ibland även bad och WC och blåses in via tilluftsdon i golv, tak eller vägg. För att minska energiförlusten värmeväxlas frånluften från kök, bad och WC i en värmeväxlare till den inkommande tilluften. Uteluftsintaget är placerat så att uteluften tas där den är som kallast sommartid och där den är som varmest vintertid, vilket kan bli vid norra fasaden sommartid och vid södra eller via vindsutrymmet vintertid, se figur 3.1.

De filter som används för att rena uteluft och återluft är i de flesta fall av typ grundfilter. Möjligheter för installation av filter med bättre reningsgrad och gasreningsfilter finns oftast. Värmebatteriet är utfört för vatten eller el. Kanaldragning med rör- eller spirokanaler sker oftast i eller under golvbjälklag eller takbjälklag men även synligt montage förekommer. Dessutom finns bjälklag med håligheter eller ingjutna kanaler för luftdistribution.



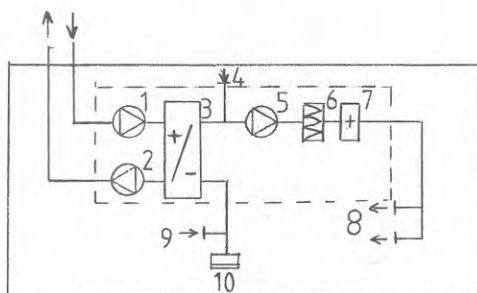
Figur 3.1 Luftvärmesystem. Källa: Bagge (1981)

- 1 styrpanel
- 2a uteluft om sommaren
- 2b uteluft från kryputrymmet om vintern
- 3a frånluft från våta utrymmen till centralaggregat
- 3b avluft
- 4 värmeåtervinning
- 5 returluft
- 6 filter
- 7 värmebatteri
- 8 anslutning till värmebatteri
- 9 varm tilluft
- 10 spiskåpa

Återluft används för att öka omblandningen och för att minimera uteluftsflödet ned till kravnivån. Överströmning av luft mot värmeaggregatets återluftsintag anordnas genom springor under dörrar eller med ljuddämpande och ljusavskärmande överluftsdon.

3.1 Enbostadshus

För enbostadshus förekommer två olika systemlösningar av luftvärmesystemet. Skillnaden mellan dessa är att uteluftsflödet in i aggregatet antingen styrs av ett spjäll eller en separat fläkt. Då uteluftsflödet styrs av ett spjäll används tilluftsfläkten för både uteluftsflödet och tilluftsflödet, se figur 3.2.



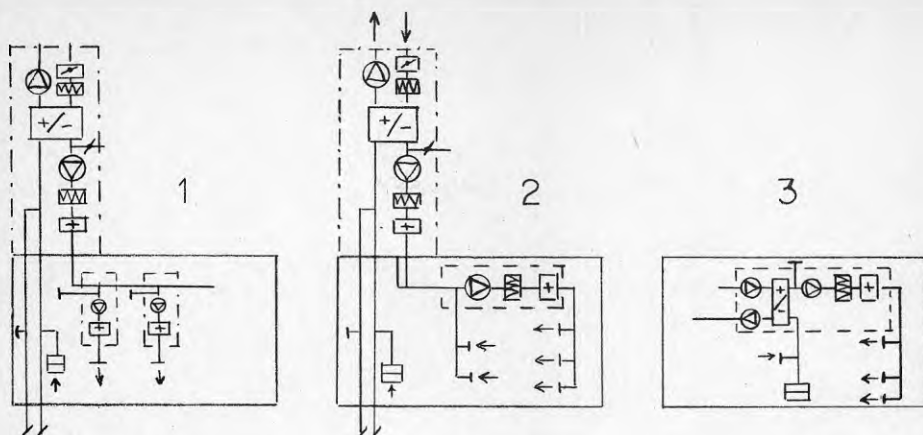
Figur 3.2 Systemschema av luftvärmesystem för enbostadshus

- 1 uteluftsfläkt alt. spjäll
- 2 frånluftsfläkt
- 3 värmeåtervinningsbatteri
- 4 återluftsintag
- 5 tilluftsfläkt
- 6 filter
- 7 värmebatteri
- 8 tillluftsdon
- 9 frånluftsdon
- 10 spiskåpa

Luftvärmesystem för enbostadshus består oftast av enhet som innehåller alla fläktar, värmeåtervinningsbatteri, filter, värmebatteri och reglerutrustning. Denna enhet placeras centralt i huset så att kanaldragningen minimeras. I vissa fall är dock aggregatet uppdelat på en utelufts- och frånluftsdel med värmeåtervinning som placeras ovanför spisen och där samtidigt utgör spiskåpa samt en värmedel som placeras på lämplig central plats i byggnaden.

3.2 Flerbostadshus

Luftvärmesystem för flerbostadshus kan konstrueras på olika sätt. Skillnaderna mellan de olika systemlösningarna är i huvudsak placeringen av systemens olika delar. De tre alternativ som studerats framgår av figur 3.3.



Figur 3.3 Luftvärmesystem för flerbostadshus

- 1 centralaggregat + cirkulationsaggregat i varje rum
- 2 centralaggregat + återluftsaggregat i varje lägenhet
- 3 komplett luftvärmeaggregat i varje lägenhet

System 1

Ett centralaggregat med utelufts- och frånluftsfläktar, värmeåtervinning m m är placerat centralt utanför lägenheterna. Därifrån leds den reade och förvärmade luften till små cirkulationsaggregat i varje rum. I cirkulationsaggregatet eftervärms och vissa fall renas den med uteluft utblandade cirkulationsluften. Luftcirkulationen i rummet sker med hjälp av en fläkt eller med ejektorverkan.

System 2

Även i detta system finns ett för flerbostadshuset centralt placerat aggregat där uteluften filtreras och vid behov förvärms. Den förbehandlade luften går sedan till ett för varje lägenhet gemensamt återluftsaggregat normalt bestående av en fläkt, filter och eftervärmningsbatteri. I återluftsaggregatet blandas återluft och tilluft för att via ett kanalsystem distribueras till lägenhetens olika rum.

System 3

Detta system består av ett komplett luftvärmeaggregat för varje lägenhet. Aggregatet är i princip en mindre version av småhusaggregatet. Det placeras centralt i lägenheten och kanaler dras till respektive till- och frånluftsdon.

4 MYNDIGHETSKRAV

4.1 Dagens krav

Luftvärmeanläggningen utgör en del av det integrerade systemet byggnad-installation. För att ett luftvärmesystem skall fungera och uppfylla de eventuella förväntningar som ställts beträffande energibesparing och bra inomhusklimat måste vissa krav ställas även på byggnaden. Här ges en sammanfattning av de krav i Svensk byggnorm, SBN 1980, som berör luftvärme.

4.1.1 Värmeisolering och lufttätethet

Krav:

En byggnad som avses att hållas uppvärmd skall värmeisoleras och tätas så, att hygieniska olägenheter inte uppkommer samt så, att värmeavgivningen och luftläckningen genom dess omslutande delar begränsas med hänsyn till kravet på god energihushållning.

Högsta värmegenomgångskoefficient (k-värde, $W/m^2, ^\circ C$) för vissa byggnadsdelar i rum som skall uppvärmas till mer än $18^\circ C$.

| | |
|-------------------|------|
| Yttervägg | 0,30 |
| Golv på mark | 0,30 |
| Golv mot det fria | 0,20 |
| Fönster | 2,0 |

Gäller för södra Sverige (temperaturzon III + IV).

Högsta otäthetskaktor (oms/h) för bostadshus vid 50 Pa tryckdifferens enligt provningsmetod SP 1977:1.

| | |
|-----------------------------------|-----|
| Friliggande småhus, kedjehus | 3,0 |
| Övriga bostadshus med högst 2 vån | 2,0 |
| Bostadshus med 3 eller flera vån | 1,0 |

4.1.2 Ljudklimat

Krav:

Installationer i lägenheter som är avsedda att fungera dygnet runt skall anordnas så, att ljudnivån inte överstiger 30 dBA i lägenhetens sovrum och vardagsrum.

Ett godtagbart ljudklimat kan i vissa fall vara svårt att uppnå p g a stora luftmängder och därmed stora ljudalstrande fläktar. En acceptabel ljudnivå kan dock oftast erhållas genom vibrationsisolering av aggregatet samt dämpning av det luftburna ljudet i kanalsystemet.

Uppkomst och spridning av störande ljud skall förhindras. Luftintag skall anordnas så att utvändigt buller ej i besvärande grad påverkar personer i byggnaden.

4.1.3 Termiskt inomhusklimat

Krav:

En byggnad och dess installationer skall anordnas så, att ett tillfredsställande termiskt inomhusklimat kan erhållas med hänsyn till byggnadens avsedda användning. För att ett tillfredsställande termiskt 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 inte uppstår.

Det termiska inomhusklimatet bestäms av tre parametrar nämligen lufttemperatur, lufthastighet och omgivande ytors temperatur. Klimatparametrarna kan sammanfattas i begreppet riktad operativ temperatur (RO-temp)

$$t_{op} = \frac{t_l + t_y}{2}$$

t_l = luftens temperatur i en viss kontrollpunkt

t_y = riktad medelstrålningstemperatur i kontrollpunkten mot rummets begränsningsytor

För beräkning av riktad operativ temperatur hänvisas till Statens planverks Kommentarsamling 1981.

I bostäder godtas en lägsta operativ temperatur på 18°C under förutsättning att lufthastigheten understiger 0,2 m/s. Även luftfuktigheten inverkar på det termiska klimatet men kan betraktas som försumbar i det begränsade aktivitets- och temperaturområde som är aktuellt i bostäder.

Den operativa temperaturens differens i olika punkter och riktningar i rummet får uppgå till högst 5°C.

Yttemperaturen på golv får vid LUT vara inom intervallet 16-27°C.

4.1.4 Luftkvalitet

Krav:

Luftkvaliteten skall i varje rum kunna hållas på en sådan nivå att sanitär olägenhet eller hälsofara inte uppstår. Luftströmning mellan rum får när sådan förekommer endast ske från mindre till mera luftförorenade rum. Installationerna skall kunna tillgodose en kontinuerlig luftväxling av lägst 0,35 l/s, m² lägenhetsyta för en lägenhet i dess helhet.

Cirkulationsluft inom lägenheten kan accepteras endast om luften renas från hälsofarliga gaser och ämnen, vilka annars kan spridas inom lägenheten. Uteluftintagen måste vara placerade så, att uteluftens halt av CO inte beräknas uppgå till mer än 1/10 av det hygieniska gränsvärdet.

4.1.5 Energihushållning

Krav:

Rörledningar, kanaler och apparater skall anordnas och isoleras så, att värmeavgivningen från installationen till byggnadens utrymmen huvudsakligen sker från härför avsedda värmare.

Den högsta godtagna okontrollerade värmeavgivningen är 30% av det totala värmebehovet då antalet väggar mot det fria är två eller fler. En okontrollerad värmeavgivning av högst 75 W per rum tillåts dock alltid.

Tilluftskanaler med förvärmad tilluft, återluftskanaler och frånluftskanaler till värmeåtervinningsaggregat skall isoleras i uppvärmda utrymmen. Vid luftvärme är kanalisering många gånger nödvändigt även i uppvärmda utrymmen för att inte den okontrollerade värmeavgivningen skall bli för stor.

I luftvärmesystem ingår ofta långa kanaldragningar varvid temperatursänkningen på luften måste beaktas och eventuellt motivera bättre isolering än vad som godtas i SBN 80.

Kalla kanaler i varmt utrymme skall förses med kondensskydd.

Krav:

En uppvärmningsinstallation skall förses med en reglerutrustning som gör det möjligt att undvika för höga rumstemperaturer i byggnaden eller i delar av denna. Uppvärmningsinstallationen skall anordnas så, att värmetillförseln kan sänkas när byggnaden eller del därav inte används för sitt ändamål.

Ovanstående innebär att reglersystemet som regel är acceptabelt om det är anordnat

- a) med automatisk reglering av varmluften med hänsyn till det yttre klimatet
- b) så att man automatiskt kan sänka temperaturen i huset när så önskas.

Det förutsätts att spjäll i förbigångar, öppningar mot det fria o d, där det från energihushållningssynpunkt krävs att läckning undviks, är täta.

Vid värmeåtervinning skall kanalsystemet utföras i täthetsklass B. Kanalsystemets täthet är väldigt väsentligt i samband med luftvärmesystem, varför det är viktigt med stor noggrannhet vid fogningen så att systemet tål påkänning bl a i samband med montering och drift.

Krav

En byggnad med tillhörande installationer skall förses med instruktioner för drift och skötsel.

Drift- och skötselinstruktionerna skall innehålla en funktionsbeskrivning samt förteckning över komponenter och apparater. Underhållsrutiner, säkerhetsbestämmelser och felsökningsschema

skall ingå för att underlätta driften och skötseln av anläggningen. Vidare skall energihushållningsmöjligheterna klargöras samt vilka åtgärder som skall vidtas vid brand och driftavbrott. För att underlätta service skall adress och telefonförteckning samt fabrikantanvisningar bifogas.

4.1.6 VA-installationer

Dräneringsvatten från aggregat med värmeväxlare skall på betryggande sätt avledas till VA-anläggningen. Dräneringsledning till mindre aggregat utförs med en minsta invändiga diameter av 1/2" (13 mm). Ledningen förläggs med fall och ansluts enklast till nippel vid vattenlås, till eget vattenlås eller får mynna vid golvbrunn.

4.1.7 Luftbehandlingsinstallationer

Krav:

Installationer skall utföras av material som har erforderlig beständighet och på ett sådant sätt att den kan motstå förutsebar mekanisk påverkan.

Installationen skall anordnas på ett sådant sätt att igensättning av damm, fett etc inte varaktigt kan nedsätta den avsedda funktionen. Rensningspliktiga delar av systemet skall anordnas så att rensning kan utföras.

Installationen skall anordnas så att tillufts- och frånluftsflöden kan mätas.

Luftläckaget begränsas så mycket som möjligt dels för att god funktion skall erhållas dels med hänsyn till kravet på god energihushållning.

För att förhindra spridning av brand och brandgas utförs luftvärmesystem enligt kap 52:3. Imkanal utförs i brandteknisk klass A15. Aggregatet utformas, uppställs och förses med sådana anordningar att brandspridning via aggregatet undviks.

4.2 Framtida krav

4.2.1 NKB's förslag

Idag diskuteras inom ventilationsbranschen vissa funktionsfrågor t ex ventilationseffektivitet som kan komma att påverka de framtida kraven. Sålunda har man inom Nordiska kommittén för byggbestämmelser (NKB) utarbetat riktlinjer för normer rörande inomhusklimatet. Riktlinjerna gäller för alla typer av byggnader där människor avser att vistas med undantag för fritidshus, specifika sjukvårds- och industribyggnader eller motsvarande processtekniska applikationer. Nedan följer en sammanställning av de utarbetade riktlinjerna.

- I rum där människor vistas skall det anordnas tillförsel av luft samt anordnas utsugning av förorenad luft. I rum där människor ej endast tillfälligt vistas skall ventilationen anordnas dels som basventilation och dels som tillsatsven-

tilation

- Spridning av luftföroreningar inom eller till andra utrymmen begränsas
- Varje boningsrum såväl som bostäder totalt skall tillförsäkras en luftomsättning (uteluft) av 0,5 oms/h i sovrum dock lägst 4 l/s sovplats
- Vädring skall vara möjlig
- Eventuell luftströmning skall gå i riktningen sovrum-vardagsrum-kök, hygienrum
- Frånluft från sovrum, vardagsrum, hall e d får återföras till rum i samma lägenhet, däremot ej frånluft från kök, wc o dyl
- Cirkulationsluftföring i enskilda rum får anordnas
- Inom rummets vistelsezon skall de termiska parametrarna
 - operativ temperatur
 - lufthastighet
 - vertikal temperaturdifferens
 - strålningstemperaturasymmetri
 - yttemperatur på golv
 hålla värden som med hänsyn till aktivitet, beklädnad och uppehållstid innebär att hälsofara ej uppstår, och så att en övervägande del av människorna upplever termisk komfort
- Temperaturen skall kunna hållas i intervallet 20-24°C
- Vertikala lufttemperaturdifferensen mellan punkter 1,1 och 0,1 m över golv skall vara mindre än 3K
- Golvets yttemperatur som medelvärde för en kvadrat med storlekeg 1 m x 1 m skall vara
 - 19°C normalt och
 - 29°C vid golvvärme
- Lufthastighetens tidsmedelvärde (3 min) i varje punkt i vistelsezonen skall vara < 0,15 m/s
- Strålningstemperaturasymmetrin från fönster eller andra kalla ytor skall vara < 10 K (i förhållande till ett litet lodrätt plan 0,6 m över golv parallellt med yttervägg)
- Strålningstemperaturasymmetrin från varmt tak skall vara < 5K (i förhållande till ett litet vågrätt plan 0,6 m över golv)
- Sommartid skall temperaturen i rummets vistelsezon kunna hållas lägre än 26°C, vid den dygnsmedeltemperatur ute som överskrids genomsnittligt högst 30 dygn per år.

4.2.2 VVS-AMA 83

I VVS-AMA 83 har införts en ny täthetsklass C för cirkulära kanaler. Den nya täthetsklassen tillåter ett läckflöde som endast är 1/3 av läckflödet för täthetsklass B.

Antalet spjälltyper har utökats med ett typ 4-spjäll. För denna typ av spjäll tillåts ett läckflöde på 1/5 av läckflödet vid typ 3-spjäll.

I ett luftvärmesystem distribueras betydligt varmare luft än i ett konventionellt ventilationssystem varför täthetskravet på ingående komponenter måste ställas högre med hänsyn till energiförluster. Följaktligen bör kanalsystemet utformas enligt den nya täthetsklassen C.

Avstängningsspjäll, där läckande varmluft ej kommer huset tillgodo, bör utformas som typ 4-spjäll.

Vidare har nya krav införts beträffande rens- och inspektionsluckor. För kanaler med \varnothing 500 mm skall rensluckans area utgöra minst 60% av kanalens tvärsnittsarea.

4.2.3 Statens planverks författningssamling 1982:3 (ELAK)

Från 1 januari 1984 gäller särskilda krav på energisparande åtgärder i direktelvärmda småhus för permanent bruk. I Planverkets författningssamling 1982:3 föreskrivs att

" i direktelvärmda energisnåla småhus skall väl utprovade energisparåtgärder ha vidtagits i syfte att minska det sammanlagda behovet av elenergi för byggnadens uppvärmning och för beredning av tappvarmvatten. Åtgärderna skall sammantaga ge en besparing som uppgår till minst 40% av det årsbehov av elenergi för radiatorerna som skulle ha uppkommit om byggnaden utförts så, att endast gällande krav enligt kap 33, 35, 36 och 39:1-8 uppfylls."

I bestämmelserna anges en godtagen lösning som inte kräver några kompletterande beräkningar. Lösningen innebär att klimatskärmen isoleras så att den får värmemotstånd motsvarande $k=0,17$ för ytterväggar, $k=0,12$ för vindsbjälklag och $k=0,20$ för golv i kombination med treglasfönster och att värme återvinns ur ventilationsluften. Väljer man denna lösning är huset alltså godtaget för installation av direktverkande el.

Den nuvarande byggnormen SBN 80 är under omarbetning. Eventuellt kommer ovanstående godtagna lösning för direktel att inarbetas i den nya byggnormen och då gälla generellt, alltså även för luftvärmesystem.

Stora förändringar har skett i fråga om byggnadernas värmetekniska egenskaper till följd av ändringar i byggnadssätt och myndigheters krav. Dagens byggnadssätt har inneburit att byggnadernas tidskonstant blivit avsevärt högre än tidigare. Med andra ord har byggnadernas värmekapacitet eller förmåga att lagra värme ökat på senare tid. Det finns exempel på flerbostadshus som har tidskonstanter på över 500 h. Eftersom ventilationsförlusterna påverkar tidskonstanten medför installation av värmeväxlare en märkbar förhöjning av tidskonstanten. Dessa förändringar har medfört att antalet överdimensionerade värmeanläggningar har ökat. Överdimensionering medför i vissa fall inte bara klimatproblem utan även stora energiförluster och investeringskostnader.

Statens planverk har presenterat ett preliminärt förslag till ny beräkningsmetod för dimensionerande utetemperatur och värmeeffektbehov.

För ett normalt småhus som uppfyller energisparkraven för direktelvärmes blir enligt den föreslagna beräkningsmetoden den dimensionerande utetemperatur i Stockholm ca -13°C , att jämföras med LUT 1 = -18°C . Lägger man sedan till inverkan av interna värmelaster blir totala effektreduceringen ca 30% jämfört med beräkningar enligt traditionella metoder.

5 ERFARENHETER

Valet av uppvärmnings- och ventilationssystem styrs till stor del av de av myndigheterna uppställda kraven beträffande luftkvalitet, termiskt klimat, energihushållning m m. För att vid varje specifikt tillfälle kunna välja den bästa systemlösningen är det emellertid väsentligt att känna till de integrerade funktionssambanden installation-byggnad-brukare. I figur 5.2 har den integrerade lösningens olika parametrar som påverkar inomhusklimatet sammanställts för att klargöra deras inbördes beroende.

Under den tid som luftvärmesystem förekommit har olika systemlösningar gett många erfarenheter. I de följande kapitlen har dessa erfarenheter samlats tillsammans med mätresultat från undersökningar vid SIB och KTH, data från BFR-rapporter och finska rapporter, intervjuresultat samt inventeringsresultat. Utredningen visar att direkta mätresultat har förutom vad beträffar luftomsättnings- och temperatureffektivitet svarat för en väldigt liten del av erfarenhetsåterföringen.

Erfarenhetsåterföringen presenteras i det följande uppdelat enligt underrubrikerna

- Byggnaden
- Installationen
- Brukaren

5.1 Byggnaden

Vid optimering av en uppvärmnings- och ventilationsanläggning med avseende på energihushållning, termiskt inomhusklimat och luftkvalitet är det viktigt att samverkan mellan byggnad och installation beaktas. Härvid kan bl a följande byggnadsparametrar påverkas

- täthet
- värmeisolering
- värmekapacitet
- planform

I det följande skall vi diskutera dessa parametrar och bedöma deras betydelse vid ett luftvärmesystem.

5.1.1 Täthet

Den totala ventilationen i en byggnad består av två komponenter, dels den avsiktliga ventilationen som styrs med hjälp av flätkrafter och dels den oavsiktliga ventilationen som är beroende av vind- och temperaturkrafter. Olika hustyper är olika täta och därför olika känsliga för påverkan av vind och termik. De ökade energikostnaderna har inneburit att täthetskraven har skärpts, men de hus som byggs idag och uppfyller SBN's täthetskrav är fortfarande relativt otäta vilket innebär att en stor del av den totala luftväxlingen är oavsiktlig. Ökad täthet är ofta en förhållandevis lönsam åtgärd som emellertid måste ställas i relation till det uppvärmnings- och ventilationssystem

som väljs eftersom lönsamheten är starkt beroende av systemvalet.

Vid ett balanserat ventilationssystem, dit vi kan räkna luftvärmesystemen, kan det vara tekniskt och ekonomiskt intressant att skärpa täthetskravet i småhus till ca 1 oms/h vid 50 Pa tryckskillnad ute-inne från dagens krav 3 oms/h. Riskerna för felaktiga luftflöden p g a luftläckning och därmed åtföljande energiförluster är nämligen betydligt större i ett hus med balanserad ventilation än i ett hus med enbart mekanisk frånluft.

En förbättrad täthet i kombination med ett välisolerat klimathölje innebär att de stora luftflöden som tidigare krävts för uppvärmning vid ett luftvärmesystem kan reduceras liksom även inblåsningstemperaturen.

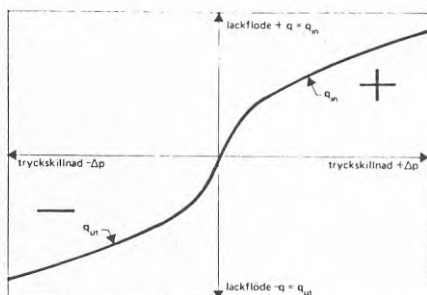
Den totala ventilationen i en byggnad kan uttryckas som

$$q_{\text{tot}} = q_{\text{styr}} + q_{\text{oavs}}$$

q_{styr} = mekaniskt styrd ventilation (avsiktlig vent)

q_{oavs} = ventilation genom otätheter i klimatskärmen (oavsiktlig vent)

Luftläckningen som funktion av tryckskillnaden över en detalj eller delyta i klimatskärmen framgår av figur 5.1.



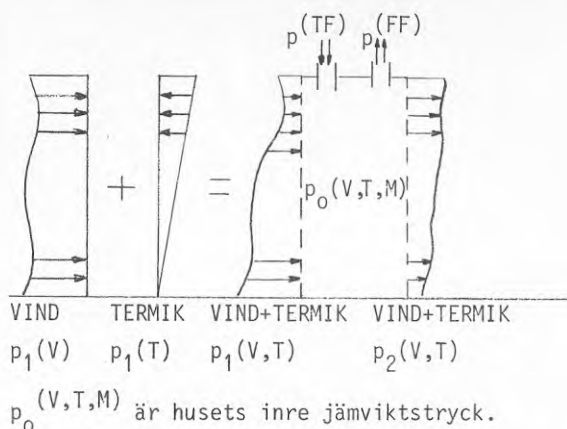
Figur 5.1 Läckningsfunktionen

Sambandet mellan läckflödet (q) genom och tryckskillnaden (Δp) över klimatskärmen är inte linjärt utan uttrycks med formeln

$$q = \text{konst} \times \Delta p^p \quad \text{Läckningsfunktionen}$$

Exponenten p är sällan eller aldrig känd utan varierar med typ av otäthet. I princip kan den anta värden mellan 0,5 och 1.

P-0 Nylund har i en byggforskningsrapport, T4:1979, redovisat en beräkningsmodell för den totala ventilationen och dess beroende av byggnadens otäthet under påverkan av vind, termik och fläckkrafter. Tidigare har beräkningar av denna typ inte möjliggjorts eftersom användbara beräkningsmodeller saknats.

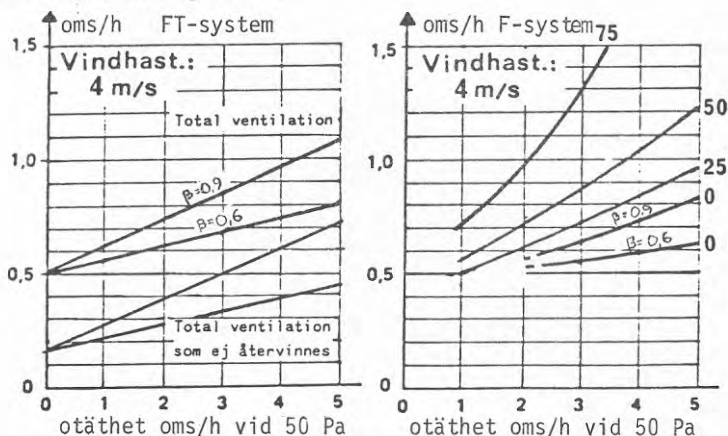


Figur 5.3 Klimatskärm påverkad av vind, termisk och fläktkrafter. Balanserat ventilationssystem

Tryckförhållandena för en förenklad byggnad som är utsatt för krafter från vind, termisk och fläktar

Den framtagna beräkningsmodellen gäller endast för ett tomt skal och beräkningsresultatet får betraktas som ett medelvärde för byggnaden i sin helhet. Då otätheterna i verkligheten inte är jämnt fördelade över hela byggnaden är detta medelvärde helt skilt från de luftomsättningar som erhålles i de olika rumsenheterna. För beräkning av energiförluster är dock ett sådant medelvärde en acceptabel förenkling. Larm (1979) har framtagit ett dataprogram som i princip följer Nylunds beräkningsmodell samt redovisat ett beräkningsexempel som belyser de principiella skillnaderna mellan ett frånluftssystem (F-system) och ett från- och tilluftssystem (FT-system).

Beräkningsexemplet gäller ett småhus som påverkas av vind med konstant riktning och varierande hastighet samt en utetemperatur av $+2^{\circ}\text{C}$. Beräkningsresultaten vid en vindhastighet av 4 m/s framgår av figur 5.4.



Figur 5.4 Total ventilation under påverkan av vind, termisk och fläktkrafter. Källa: Larm (1979)

FT-system

För FT-systemet representerar de två övre kurvorna ventilationen utan värmeåtervinning. De två undre kurvorna representerar den del av ventilationen som inte kan återvinnas trots att systemet försetts med värmeåtervinning, systemverkningsgrad 70%.

F-system

Kurvorna betecknade 75, 50, 25 och 0 representerar systemet försett med tilluftsdon som injusterats olika. Kurvan betecknad 50 gäller i det fall donen injusterats så att 50% av det totala frånluftflödet vid vindstilla kommer in genom donen och resten genom otätheter. De två undre kurvorna representerar ett frånluftssystem som helt saknar tilluftsdon.

Kommentar

Vid en otäthetsfaktor av 3 oms/h vid 50 Pa har man vid ett F-system med normala fönsterventiler inte kontroll över mer än ca 20% av den tillförda uteluften, resten tillförs genom otätheter.

Vid ett sådant fall är skillnaden i den totala ventilationen mellan ett FT-system och ett F-system obetydlig. Luftkomforten i F-systemet blir dock slumpmässig beroende av otätheternas fördelning.

MED ETT FT-SYSTEM GES STÖRSTA MÖJLIGHETEN
ATT GARANTERA EN ACCEPTABEL LUFTOMSÄTTNING

Skillnaden mellan ett FTX-system och ett F-system helt utan ventiler är ca 0,1 oms/h vid otäthetsfaktorn 3 oms/h vid 50 Pa. Energibesparingseffekter med ett FTX-system är därför betydande även för ett småhus som utsätts för vindkrafter från alla håll.

Hur stora är energiförlusterna med avseende på oavsiktlig ventilation för luftvärmesystem? Det finns som sagt metoder för att beräkna detta, men dessa bör inte användas okritiskt eftersom tillhörande meteorologiska data till stor del saknas. I SBN anges formfaktorer för vindtryck vilka är avsedda för beräkning av vindlaster och kan därför egentligen inte utan vidare användas för beräkning av oavsiktlig ventilation. Det har bl a visat sig att vindhastigheter med lång varaktighet är av större betydelse än kortvariga hastighetstoppar. Beräkningarna kan dock i princip utföras efter en frekvensstudie av vindhastighet, vindriktning och utetemperatur. Atskilliga problem återstår dock att lösa. Bl a måste sambandet mellan tryckdifferens och luftläckage, vilket beskrivs av exponenten β , bestämmas med större noggrannhet. Otätheternas fördelning över såväl klimatskärmen som inom byggnadsvolymen bör undersökas.

Vidare finns en stor spridning i energiförbrukning för lika byggnader påverkade av lika meteorologiska data beroende på brukaren. Orsakerna kan vara skiljaktligheter i vädring, intern kommunikation, aktivitet m m.

För att inte äventyra byggnadens täthet och därmed möjligheten till en kontrollerad ventilation och uppvärmning bör rör- och kanalgenomföringar genom tätskiktet undvikas eller i alla fall begränsas till antalet genom en klok projektering.

| |
|---|
| ANTALET RÖR- OCH KANALGENOMFÖRINGAR GENOM TÄTSKIKTET BÖR BEGRÄNSAS |
|---|

Avslutningsvis kan sägas att genom att bygga tätt och välisolerat skapar man goda förutsättningar för ett luftvärmesystem att arbeta energisnålt och bidra till en god luftkvalitet och ett gott termiskt klimat.

5.1.2 Värmeisolering

En byggnads klimatskärm skall utformas så att ett önskat termiskt inomhusklimat kan uppnås i byggnaden. Genom en god värmeisolering är det möjligt att erhålla detta önskade termiska inomhusklimat.

För att minimera luftflödena krävs bästa möjliga värmeisolering. Små luftflöden innebär i sin tur små kanaler vilket är en fördel från kanalisations synpunkt.

På grund av de nyproducerade husens låga energibehov är få byggnadskonstruktiva åtgärder utöver energihushållningsnormens krav lönsamma i dagsläget. Bygga tätt och välisolerat på ett produktionstekniskt riktigt sätt är dock fortfarande ett av de mest ekonomiska sätten att spara energi.

Transmissionsförluster är de värmeförluster som beror på värmetransport genom byggnadens klimatskal. Dessa förluster kan beräknas enligt

$$P = \sum_{j=1}^n (k_j \times A_j \times \Delta t_j) \text{ Watt}$$

$$k = \text{värmegenomgångstalet } W/m^2, ^\circ C$$

$$A = \text{byggnadselementets yta } m^2$$

Δt = temperaturdifferens över byggnadselementet

j = aktuellt byggnadselement

n = antalet byggnadselement

Vid ökad isolering stiger väggtemperaturen. Som följd härav kan lufttemperaturen sänkas utan att den operativa temperaturen påverkas. Det innebär i sin tur minskade ventilationsförluster genom fönster.

Genom att ta hänsyn till väggtemperaturen vid ökad isolering erhålles ett optima för k-värdet som ligger ca 10% lägre än motsvarande värde vid konventionell beräkning. Enligt F Peterson ökar kravet på minskat k-värde för lokaler med hög luftomsättning och är där av stor betydelse.

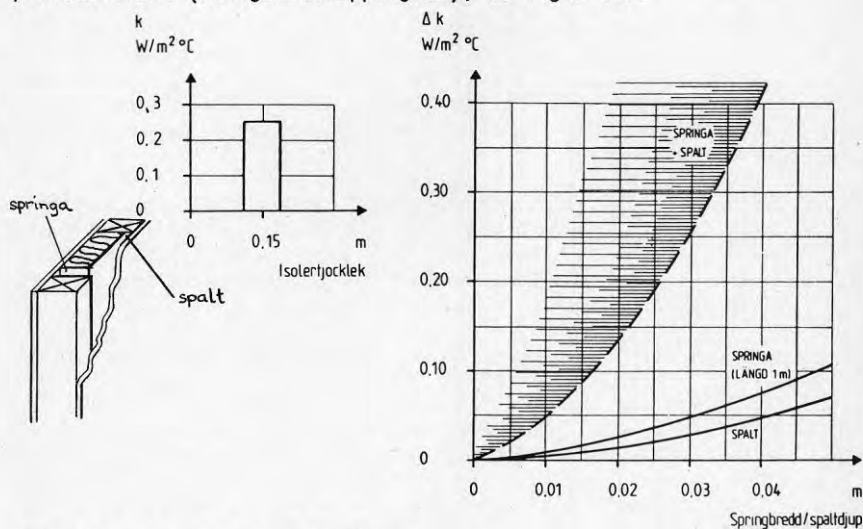
Den verkliga värmegenomgången beror på, förutom valet av iso-

leringsmaterial, vald konstruktionslösning, arbetsutförande och vindförhållanden. Detta innebär att det värmemotstånd som konstruktionen har i praktiken kanske inte alls överensstämmer med de teoretiska beräkningarna.

Vanligaste isolermaterialet är mineralull där luften ger det största bidraget till värmetransporten, vilket beror på mineralullens höga porositet eller med andra ord dess stora luftvolym. Mineralullens porsystem är öppet vilket innebär att naturlig konvektion uppträder i materialet. I en del material är porsystemet slutet som i en del cellplaster.

Naturlig konvektion beror på att varm luft har lägre densitet än kall luft. Därmed kan luftrörelser utbildas i isoleringen. Dagens isoleringsmaterial är dock så bra att naturlig konvektion inte har någon större inverkan på isoleringsförmågan.

Ett dåligt utfört isoleringsarbete kan ge upphov till inbyggda springor och spalter i isoleringen. Brister i utfyllnaden som ger samverkande springor och spalter ger stora och oberäkneliga ökningar i värmegenomgången oberoende av isoleringens permeabilitet (luftgenomsläplighet), se figur 5.5.



Figur 5.5 Inverkan av samverkande springa och spalt på värmegenomgångskoefficienten för en regelvägg

Vind eller mekanisk ventilation kan genom sin påtvingad konvektion öka värmetransporten i konstruktionen. Härvid sker en anblåsning utmed fasaden eller vindsbjälklaget vilken delvis genomventilerar isoleringsmaterialet. För att skydda isoleringen kan vindskydd användas.

Anblåsning innebär att värmeövergångstalen α_i och α_u på byggnadsdelens insida respektive utsida påverkas. Beroende på påtvingade luftrörelser orsakade av ventilationssystemet kan värmeövergångstalen α_i för väggar och tak variera mellan ca $8 W/m^2 \cdot K$ och $13 W/m^2 \cdot K$. Anblåsning betyder således en ökad värmeavgivning men å andra sidan höjs byggnadsdelens ytemperatur vilket innebär ett ökat strålningstillskott till den operativa temperaturen.

I kombination med en god lufttäthet innebär god värmeisolering att möjligheterna att utnyttja gratisvärmerna från belysning, apparater, mänskliga aktiviteter, solinstrålning m m begränsas. Uppvärmningsbehovet blir helt enkelt så litet att vi inte kan tillgodogöra oss gratisvärmerna under stora delar av året utan måste vädra bort den. Detta är viktigt att beakta vid beräkning av byggnadens energibehov.

5.1.3 Värmekapacitet

I bostäder och även i andra typer av byggnader har man periodvis olika slag av gratisenergitillskott. Det kan vara från personer, belysning, apparater, solinstrålning o s v. Storleken av detta extra värmertilskott varierar från fall till fall. I vissa av dagens välisolerade och vältätade hus finns ett värmeöverkott under större delen av året.

Om rumsluften tillåts variera under dygnet kan en del av värmeöverskottet lagras i byggnadsstommen och kompensera senare värmebehov. Möjligheten att magasinera värme på detta sätt är beroende av byggnadskonstruktionens värmekapacitet.

Under vintern när vi kontinuerligt uppvärmer byggnaderna till normal rumstemperatur är inverkan av både fasadernas och bjälklagens värmekapacitet helt försumbar i jämförelse med fasadernas värmeisolering. Enligt Adamson (1976) gäller detta såväl inre temperaturförhållanden som uppvärmningseffekter och uppvärmningsenergi.

En tung byggnad är vidare svår att reglera. Detta är ett problem vid typ tak- och golvvärme där luften distribueras i gjutna hålbjälklag. En eventuell temperaturgivare i rummet får inget svar på att temperaturen håller på att förändras. Systemet blir trögt och reglerförlusterna stora.

Ett hus med tung stomme och luftvärmesystem där luften distribueras i hålbjälklag, eller liknande, har sina största fördelar sommartid. Härvid utnyttjas bjälklagets värmeackumuleringsförmåga för att dämpa temperaturstegringen. Det ackumulerade värmerna kan sedan bortföras nattetid genom att svarlure luft då förs genom hålbjälklaget. Det hävdas vidare att det under uppvärmningssäsongen kan underlätta energisparandet på bl a följande sätt

- genom att temperaturhöjningen under dagen dämpas kan mer "gratisvärme" t ex solinstrålning tas till vara i ett rum, utan att vädras bort.
- genom att bjälklagselementen kan vara långa och luften strömmar genom dem flera gånger kan värme transporteras inuti bjälklaget från innerzon till ytterzon.
- varm luft, t ex återluft från frånluftsfönster eller ventilerade takarmaturer, kan direkt tillföras ett rum eftersom bjälklaget kyler tilluften. Värmet avges sedan till rummet vid behov t ex nattetid.

För att belysa betydelsen av byggnadens värmekapacitet sommartid har en beräkning genomförts enligt en förenklad handberäk-

ningsmetod som framtagits av Börresen (1982).

Beräkningen har gjorts för ett bostadsrum med 15 m^2 golvarea och $1,5 \text{ m}^2$ fönsterarea. Ventilationen har antagits vara 10 l/s. Medeleffektillskottet till rummet över dygnet beroende på personvärme, solenergi, apparat- och fläktenergi har satts till 125 W. Belastningsvariationen är $\pm 430 \text{ W}$ vid lätt, $\pm 415 \text{ W}$ vid medeltung och $\pm 400 \text{ W}$ vid tung konstruktion. Härvid har följande temperaturvariationer över dygnet erhållits.

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| - lätt konstruktion | $\pm 4,0^\circ\text{C}$ |
| - medeltung konstruktion | $\pm 2,5^\circ\text{C}$ |
| - tung konstruktion | $\pm 1,8^\circ\text{C}$ |

Beräkningsmetoden rekommenderas i NKB's förslag "Nordiska riktlinjer för byggnadsbestämmelser rörande termiskt inomhusklimat". Metoden har visat sig, trots vissa förenklingar och generaliseringar, ge en god överblick över de viktigaste påverkningarna på rumstemperaturens variationer och återspeglar därvid eventuella förändringar som är nödvändiga i byggnadens och ventilationsanläggningens utformning i ett tidigt skede.

Genom införande av differentierade eltaxor med lågpris på natten och högpris på dagen kommer byggnadens värmekapacitet att få en ökad betydelse, Nattsänkning är då inte längre aktuell utan under natten gäller istället att lagra värme som sedan kan utnyttjas dagtid. Detta kan t ex ske med hjälp av ett energilagrar som höjer byggnadens värmekapacitet.

Byggnadsdelarnas effektiva värmekapacitet per kvadratmeter primär bruksarea uttrycks i $\text{Wh}/^\circ\text{C}, \text{m}^2$. Nedanstående tabell ger exempel på olika materials värmekapacitet.

| | | | |
|------------|------------|-------|--|
| Mineralull | d = 0,4 m | 4,6 | $\text{Wh}/^\circ\text{C}, \text{m}^2$ |
| Betong | d = 0,2 m | 117,7 | $\text{Wh}/^\circ\text{C}, \text{m}^2$ |
| Gasbetong | d = 0,2 m | 30,8 | $\text{Wh}/^\circ\text{C}, \text{m}^2$ |
| Tegel | d = 0,25 m | 81,5 | $\text{Wh}/^\circ\text{C}, \text{m}^2$ |

Tabell 5.1 Värmekapacitet

Byggnader kan indelas i olika värmekapacitetsklasser. För småhus kan indelningen ske enligt tabell 5.2.

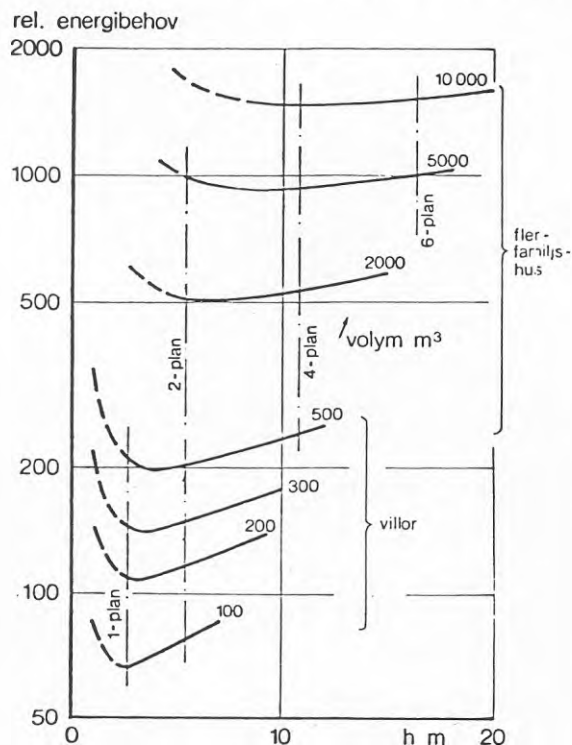
| Värmekapacitetsklass | Värmekapacitet $\text{Wh}/^\circ\text{C}, \text{m}^2$ |
|----------------------|---|
| I Lätta småhus | 75 |
| II Medeltunga småhus | 150 |
| III Tunga småhus | 225 |

Tabell 5.2 Värmekapacitetsklasser

Avslutningsvis citeras Adamsons slutsats beträffande lätta och tunga konstruktioner "i regel gäller att en byggnads värmeisolering har långt större inverkan på dess inre klimat samt effekt och energibehov än byggnadens värmekapacitet. Sveriges energiförsörjning kräver välisolerade byggnader och deras värmekapacitet kommer då att få en ytterligare mindre betydelse".

5.1.4 Planform

Energibehovet för uppvärmning och ventilation av en byggnad är beroende av dess form. Vid ett bestämt termiskt klimat kan ett optimalt k-värde för ytterväggarna fastställas, se kap 5.1.2. Är dessutom byggnadsvolymen, som ofta är fallet, given, finner man att väggytornas storlek blir avgörande för energibehovet. Peterson (1980) har studerat värmeförlusternas beroende av husformen och presenterat det relativa energibehovet som funktion av hushöjden för olika byggnadsvolymer, se figur 5.6.



Figur 5.6 Relativt energibehov som funktion av byggnadens höjd och volym. Källa Peterson (1976)

Ur figuren framgår att energibehovsminimat är ganska skarpt för småhus, vilket återspeglas i den stora spridning man kan få vid energibestämningar för småhus om man ej beaktar formen.

Energibehovet och även effektbehovet påverkas genom att för en given planarea, variationer i planformen dels ger olika stor ytterfasad och dels ger olika fönsterarea. Genom dessa variationer erhålles optimal energihushållning vid kvadratisk planform.

Backman (1982) har studerat planformens betydelse för inomhusklimat och energibehov för flerbostadshus i samband med programarbetet för ny bebyggelse på södra stationsområdet i Stockholm. Det konstateras att 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.

5.2 Installationen

En luftvärmeinstallation går att utforma på ett flertal olika sätt. Det finns konstruktioner med såväl direkt som indirekt uppvärmning och även kombinationer däremellan. Ett indirekt system svarar endast för uppvärmning och måste kompletteras med en ventilationsinstallation. Denna typ av luftvärme faller utanför den i rapportens inledning gjorda definitionen av luftvärmesystem och behandlas därför ej vidare.

FT- och FTX-system är ventilationssystem som tillgodoser byggnadens ventilationsbehov och en del av värmebehovet. Systemen kan emellertid inte definieras som luftvärmesystem då kompletterande värme, t ex från radiatorer, alltid är nödvändigt. Ett direkt luftvärmesystem avger all värme till rummet via tilluften efter det att den lämnat tillluftsdonet. Då luften går i kanaler i tak eller golv och en viss del av värmen avges till byggnadskonstruktionen för att sedan i form av strålningsvärme komma rummet till godo är ett mellanting mellan direkt och indirekt luftvärmesystem.

Ett luftvärmesystem kan medverka till att ge en lägre energiförbrukning bl a genom en bättre temperatureffektivitet. Ofta kan lufttemperaturen sänkas jämfört med vissa andra system utan att den operativa temperaturen påverkas, beroende på förhöjda yttemperaturer. Effektbehovet och energiåtgången varierar dock med hänsyn till systemets utformning. Vissa systemkonstruktioner uppfyller inte ens dagens myndighetskrav medan andra klarar morgondagens skärpta krav.

5.2.1 Till- och frånluftsdon

5.2.1.1 Allmänt

En luftvärmeinstallation har en dubbelfunktion. Den skall förse vistelsezonen med både värme och frisk uteluft. Denna dubbelfunktion innebär normalt att ett större luftflöde måste tillföras bostaden eller lokalen än vid ett konventionellt ventilationsystem typ FT. I och med att luftflödet är stort är valet av typ, storlek och placering av såväl tillluftsdon, frånluftsdon och överluftsdon viktigt. Man måste noga beakta krav på luftflöde, tryckfall, kastlängd, ljudnivå och utseende.

Stort totalluftflöde innebär att omblandningen av rumsluften blir bättre varvid riskerna för temperaturskiktning minskar. Å andra sidan innebär stora luftflöden risk för stora lufthastigheter i vistelsezonen eller med andra ord drag.

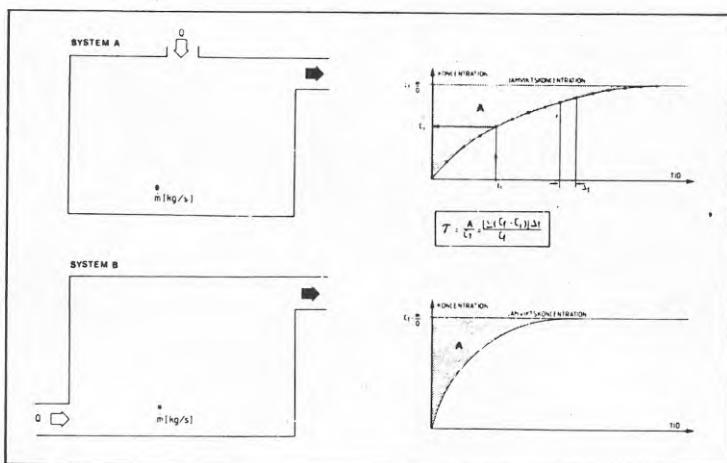
5.2.1.2 Ventilationseffektivitet

För närvarande finns ej någon allmänt accepterad definition av begreppet ventilationseffektivitet. Mätningar har dock visat att det finns en stor skillnad mellan olika systems förmåga att evakuera föroreningar varför det finns stor anledning att införa ett effektivitetsbegrepp.

Ett effektivt system är ett system som så snabbt som möjligt bortför föroreningar. Snabbheten kan uttryckas med en tidskonstant τ definierad som kvoten mellan den streckade ytan i figur 5.7 och jämviktsskoncentrationen.

$$\tau = \frac{A}{C_f}$$

C_f , jämviktsskoncentrationen i frånluften, är lika med kvoten per tidsenhet producerad mängd förorening och ventilationsluftflödet.



Figur 5.7 Definition av tidskonstant för ventilationssystem. Koncentrationerna mäts i enbart frånluftskanalen. Källa: Sandberg (1983)

Sambandet mellan medelkoncentrationen i rummet, \bar{C} , och tidskonstanten framgår av nedanstående ekvation.

$$\bar{C} = \tau \times \frac{\dot{m}}{V}$$

V = rummets volym

\dot{m} = föroreningsalstringen per tidsenhet

Ur ekvationen kan tydas att ju snabbare system, d v s kortare tidskonstant, desto lägre medelkoncentration i rummet. En tidskonstant definierad enligt ovan ger ett absolut mått på ett ventilationsystems effektivitet.

Det finns tre huvudprinciper för luftströmning nämligen kolvströmning, fullständig omblandning och kortslutningsströmning. Vi återkommer till dessa olika strömningsprinciper längre fram.

Vid fullständig omblandning är tidskonstanten, τ_0 , lika med rummets volym dividerat med totala tilluftsflödet. Relaterat till den kan vi enligt Sandberg (1983) definiera en relativ ventilationseffektivitet, ϵ , uttryckt i procent som

$$\epsilon = \frac{\tau_0}{\tau} \times 100$$

Vid fullständig omblandning är koncentrationen i rummet lika med koncentrationen i frånluften varför den relativa ventilationseffektiviteten uttryckt med hjälp av koncentrationer blir

$$\epsilon = \frac{C_f}{C} \times 100$$

vilket är den traditionella definitionen av relativ ventilationseffektivitet.

Anmärkning

Nordiska ventilationsgruppen har diskuterat begreppet ventilationseffektivitet. Man har föreslagit att man för rum och lägenheter skall använda begreppet luftomsättningseffektivitet istället för ventilationseffektivitet och spara det senare begreppet för hela ventilationens funktion i en byggnad.

Luftomsättningseffektiviteten är föreslagen bli definierad med utgångspunkt från förträngningsströmning, som är den effektivaste strömningstypen. Detta innebär att effektiviteten inte skall kunna överstiga 100%, vilket är en fördel för begreppets förståelse.

Begreppet luftomsättningseffektivitet används inte vidare i denna rapport.

5.2.1.3 Luftfördelningseffektivitet

Det sätt på vilket den tillförda luften fördelas inom rummet är en av de viktigaste faktorerna för luftkvaliteten. Beroende på donplacering och luftflöde kan luften fås att strömma på olika sätt i ett rum. Det går att särskilja tre huvudströmningsprinciper, nämligen

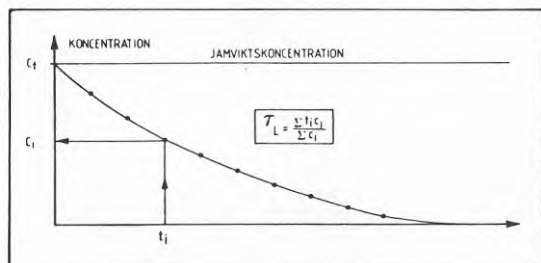
- förträngningsströmning
- fullständig omblandning
- kortslutningströmning

Vid förträngningsströmning eller kolvströmning som det också kallas fungerar den tillförda luften som en kolv och skjuter ut föroreningarna ur rummet. Denna strömningstyp är den effektivaste både med avseende på att avlägsna föroreningar och tillföra värme till rummet. Vid praktiska tillämpningar kan dock fullständig kolvströmning aldrig åstadkommas.

Vid fullständig ombländning fördelas den tillförda luften likformigt över hela rummet och samtidigt sker en fullständig spridning av föroreningarna i rummet vilket dock inte är önskvärt. Inom ventilationstekniken utgår man från att man nästan alltid har så kallad fullständig ombländning vilket inte är alltför svårt att åstadkomma.

Kortslutningsströmning är den sämsta strömningstyp som kan uppträda. Härvid går stor del av tilluften genom rummet utan att passera vistelsezonen, vilket innebär såväl dålig ventilationseffektivitet som temperatureffektivitet.

Sandberg (1983) har även karakteriserat luftfördelningen med en tidskonstant, τ_L . Den kan erhållas genom mätning i frånlufts-kanalen. Härvid erhålles alltid en medeleffektivitet vilket emellertid bör vara tillräckligt som grund för systemval i bostäder.



Figur 5.8 Beräkning av tidskonstanten, τ_L , för luftens fördelning i rummet. Koncentrationerna mäts i enbart frånlufts-kanalen. Källa: Sandberg (1983)

| Luftströmning | Tidskonstant τ_L |
|-------------------------|---------------------------------|
| Kolvströmning | $\frac{1}{2} \cdot \frac{V}{Q}$ |
| Fullständig ombländning | $\frac{V}{Q}$ |
| Kortslutningsströmning | $> \frac{V}{Q}$ |

Tabell 5.3 Tidskonstanten, τ_L , för luftens fördelning. V är rummets volym och Q är totala tilluftsflödet. Källa: Sandberg (1983)

Kunskap om tidskonstanten τ_L , som uttrycker medelåldern för samtliga luftmolekyler i rummet, klargör hur luften distribueras i rummet och avslöjar stagnationszonen. En stagnationszon definieras som ett område där luftens medelålder är större än tidskonstanten τ_L .

5.2.1.4 Temperatureffektivitet

För ett system som endast använder luft för tillförsel av värme kan temperatureffektiviteten ϵ_T definieras.

$$\epsilon_T = \frac{T_t - T_f}{T_t - T_o} \times 100$$

T_t = tilluftstemperaturen

T_f = frånluftstemperaturen

T_o = medellufttemperaturen i vistelsezonen

Medellufttemperaturen i vistelsezonen kan då uttryckas enligt

$$\bar{T}_o = T_t - \frac{T_t - T_f}{\epsilon_T} \times 100$$

Härur framgår att vid en gynnsam temperatureffektivitet kan tilluftstemperaturen sänkas utan att lufttemperaturen i vistelsezonen påverkas. Men å andra sidan måste vid en ogynnsam temperatureffektivitet tilluftstemperaturen höjas för att lufttemperaturen i vistelsezonen skall kunna hållas konstant. Liten temperaturskillnad mellan tilluften och vistelsezonen innebär hög utnyttjandegrad av tillförd energi. Energisnåla system uppbyggs alltså inte enbart av energisnåla apparat-tekniska lösningar utan beror även på hur effektivt den tillförda luften utnyttjas.

5.2.1.5 Donplacering

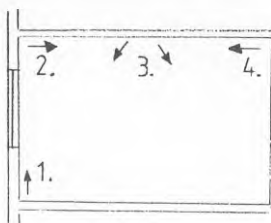
Luftvärmesystemets funktion är till väsentlig del beroende av dontyp och donplacering samt projekterade luftflöden. Luften skall kunna till- respektive bortföras

- dragfritt
- ljudfritt

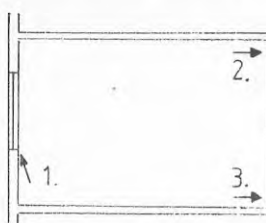
samt ge hög

- ventilationseffektivitet
- temperatureffektivitet
- luftfördelningseffektivitet
- operativ temperatur

TILLUFTSALTERNATIV



FRÅNLUFTSALTERNATIV



- | | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| 1. Inblåsning vid golv under fönster | 1. Frånluftsfönster |
| 2. Framkantinblåsning | 2. Frånluft bakkant högt |
| 3. Takinblåsning | 3. Frånluft bakkant lågt |
| 4. Bakkantinblåsning | |

Figur 5.9 Alternativa placeringar av till- respektive frånluftsdon

Avgörande, vid ett givet driftfall, för hur effektivt den tillförda luften utnyttjas är som tidigare nämnts vilken typ av luftströmning man erhåller. Denna bestäms i stor utsträckning av placeringen av till- och frånluftsdonen eller rättare sagt av riktningen och styrkerelationen mellan de krafter som uppträder. Figur 5.9 visar alternativa placeringar av till- respektive frånluftsdon.

De krafter som är aktuella är tröghetskraften som är proportionell mot kvadraten av medelhastigheten och den termiska kraften som beror på temperaturskillnaden. Relationen mellan den termiska kraften och tröghetskraften kan uttryckas genom Archimedes tal Ar .

$$\text{ARCHIMEDES TAL} = \frac{\text{Termiska krafter}}{\text{Tröghetskrafter}} = Ar$$

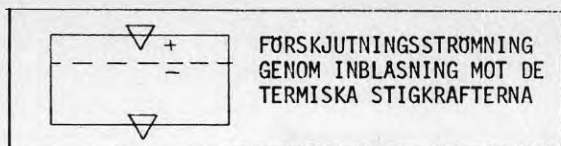
$$Ar \sim \frac{(T_t - T_f) \times H}{\bar{u}^2}$$

- T_t = temperaturen i tilluften
 T_f = temperaturen i frånluften
 H = rummets höjd
 \bar{u} = medelhastigheten

För att kunna uppnå så sk förskjutningsströmning krävs ett lågt Archimedes tal, d v s tröghetskrafterna måste dominera över de termiska krafterna. Detta ger emellertid så stora luftflöden att det är helt orimligt att uppfylla i samband med ventilation i bostäder.

FÖRSKJUTNINGSSTRÖMNING
ÄR ORIMLIGT I BOSTÄDER

Däremot kan man vid mindre luftflöden ha tilluft i tak och på så sätt motverka de termiska stigkrafterna. Tilluften bildar ett stabilt skikt gentemot den övriga rumsluften. Genom att placera frånluftsdonet långt ifrån tilluftsdonet och i golvnivå förskjuts varmfrenten genom hela rummet.



Vid fullständig omblandning fördelas den tillförda luften likformigt över hela rummet. Såväl föroreningskoncentrationen som temperaturen blir densamma i hela rummet liksom i frånluften. Fullständig omblandning är lätt att åstadkomma vid isotermiska förhållanden och vid inblåsning av tempererad luft i samma riktning som de termiska stigkrafterna.



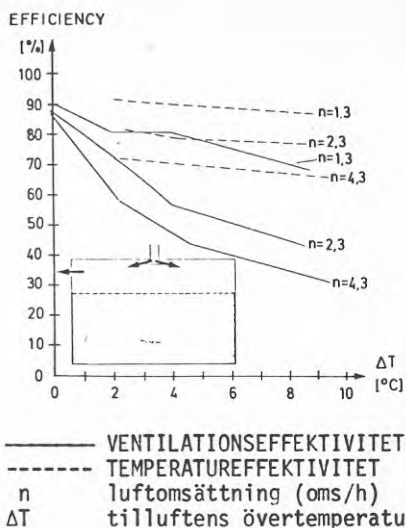
Den termiska effektiviteten avviker inte lika mycket som ventilationseffektiviteten vid en jämförelse med förträngningsströmning. I princip kan samma temperatureffektivitet uppnås oberoende av strömningstyp. Skillnaden är den att det tar olika lång tid. Detta innebär att till och med vid kortslutningsströmning kan den termiska effektiviteten vara tillfredsställande utan att det hygieniska kravet på tillräckligt stort effektivt flöde är uppfyllt.

Vid kortslutningsströmning går en del av den tillförda luften direkt till frånluftsdonet utan att passera vistelsezonen. Kortslutning riskerar man framförallt när till- och frånluftsdonen sitter nära varandra och luften tillförs i riktning mot de termiska stigkrafterna.



Statens institut för byggnadsforskning (SIB) arbetar med att utvärdera olika ventilationssystem med hänsyn till temperatur- och ventilationseffektivitet. Nedanstående resultat härrör från deras provningsarbete. Här framgår de olika effektivitetsbegreppens beroende av systemtyp, luftomsättning och tilllufts övertemperatur.

ALT A



Figur 5.10

Uppvisar kraftiga temperaturskiktningar vid stigande tilluftstemperatur

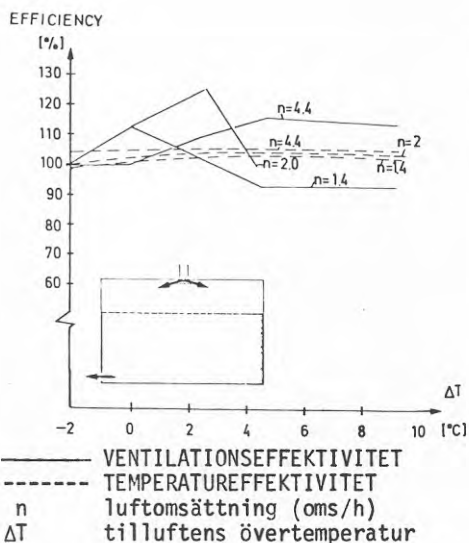
Ventilationseffektiviteten minskar med ökad luftomsättning

Vid stora övertemperaturer erhålles kortslutningsströmning

Temperatureffektiviteten minskar med ökad luftomsättning

Risk för radikalt förändrad flödesbild då $\Delta T < 0^\circ C$

ALT B

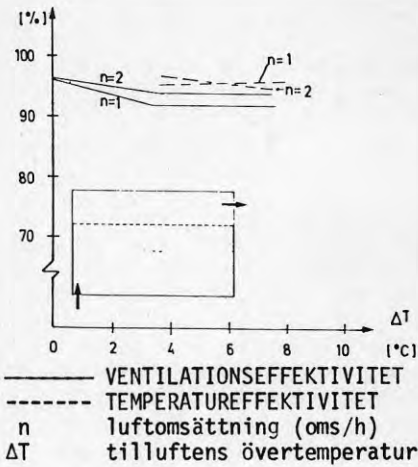


Figur 5.11

Minst fullständig ombländning (100 %) erhålles nästan alltid

Frånluft i en väggs nedre kant störs lätt av öppna dörrar varvid systemet mer liknar alt A

ALT C
EFFICIENCY



Figur 5.12

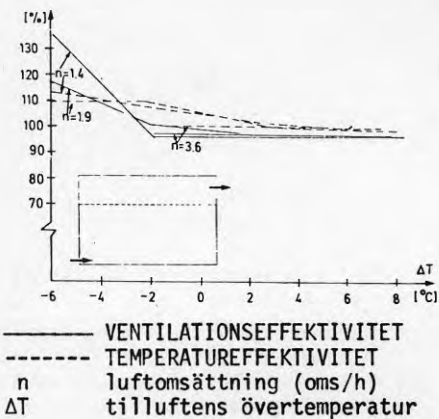
Ventilationseffektiviteten mindre än 100% vilket tyder på viss kortslutningseffekt

En stagnationszon i rummets mitt är svår att undvika

Vid undertempererad tilluft ökar effektiviteten

Ökat luftflöde förbättrar effektiviteten

ALT D
EFFICIENCY



Figur 5.13

Vid undertempererad luft och små luftflöden erhålles nästan förskjutningsströmning

Medför risk för drag i vistelsezonen

Många andra undersökningar beträffande donplacering har gjorts i Sverige i samband med experimentbyggande. Tyvärr har man i nästan samtliga fall enbart studerat och beräknat den operativa temperaturen och i viss mån temperatureffektiviteten. Som framgått av tidigare resonemang kan emellertid ventilationseffektiviteten vara väldigt dålig trots att temperatureffektiviteten är acceptabel.

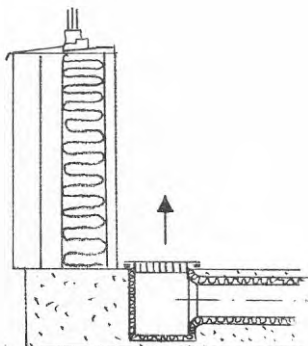
TILLUFT VID GOLV UNDER FÖNSTRET

Om luften tillföres lågt i rummet och inte blåses uppåt utan

blandas in i luften i vistelsezonen erhålles förutsättningar för en god ventilationseffektivitet. Avgörande för en dylik tillämpning är istället dragfrågan.

I USA rekommenderas att man skall blåsa inåt rummet eller uppåt längs fasaden gärna med många inblåsningsställen eller med spridande luftstrålar. I Sverige gjordes på 50-talet försök med små luftflöden (0,7 oms/h) och hög inblåsningstemperatur varvid goda resultat erhöles med inblåsning under fönster vid golv i riktning in mot rummet. Vid uppåtriktad inblåsning erhålles däremot dåliga resultat vid små luftflöden, se figur 5.12.

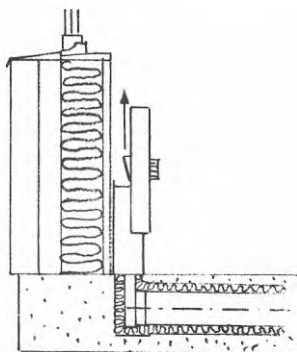
Vid inblåsning in mot rummet kan drag uppstå. Dragrisken är störst sommartid eftersom den inblåsta luften då är ouppvärmad. Omfattande försök i provrum har visat att temperaturfördelningen blir jämnast och risken för drag så gott som eliminerad då luftinblåsningen sker uppåt vid ytterväggarna. Detta gäller endast under förutsättning att luftströmmen inte störs av t ex en felplacerad fönsterbräda på vilken luften kan "studsa" ut i vistelsezonen. Nedan visas några olika golvinblåsningssalternativ.



GALLER I GOLV

Kan sättas igen av damm och smuts.

Möbler och annat kan placeras i luftströmmens väg varvid funktionen äventyras.



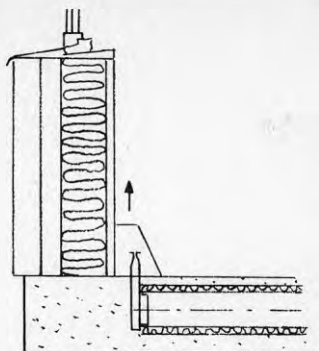
TILLUFTSRADIATOR

Kan förses med spjäll för manuell reglering.

Ger en varm yta som kompenserar kallstrålningen från fönstret.

Luftrörelsen är inte större än konvektionen från en vanlig radiator.

Donet är lättmonterat och lätt att rengöra men svårt att helt stänga med hjälp av tejp eller dylikt.

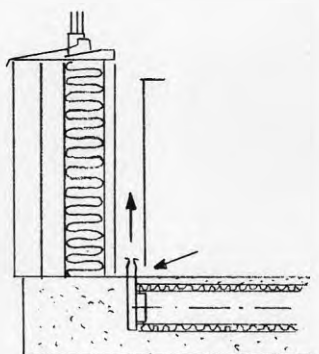


HÖGIMPULSDON, GOLVINBLASNING

Inblåsningen sker med hög hastighet, innebär risk för drag.

Högimpulsdon ger högre temperatur på fönstret än lågimpulsdon typ galler i golv.

Ger en uttalad skillnad på Ro-temp vid olika flöden.



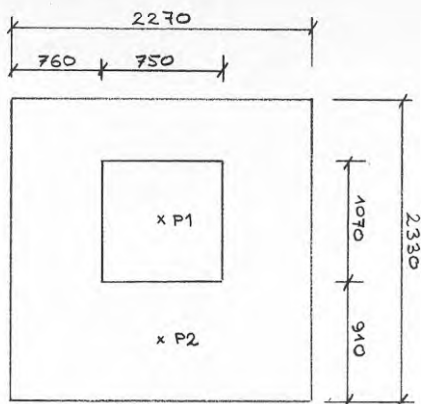
HÖGIMPULSDON, FÖNSTERINBLASNING

Skärm som bildar kanal upp till fönstret.

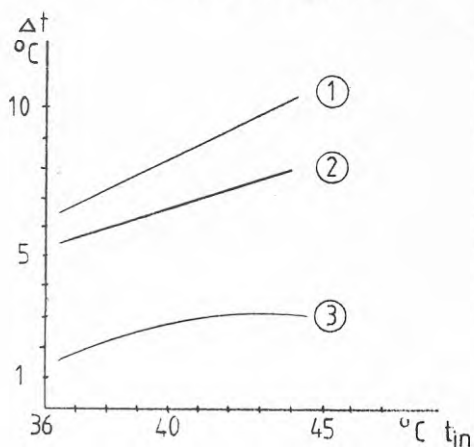
Golvspringa för medejektering av rumsluft.

Ger liksom tilluftsradiatorn en varm yta som kompenserar kallstrålningen från fönstret.

Tre av donen har testats vid Chalmers med avseende på riktad operativ temperatur. Mätningarna har utförts i punkterna P1 och P2 1 m framför fasadväggen som framgår av figur 5.14. Resultatet av mätningarna visar att inblåsning vid golv ger ett behagligt klimat vid fasadväggen. Differensen mellan högsta och lägsta värdet på den riktade operativa temperaturen är betydligt lägre än vid konventionell radiatoruppvärmning. Någon minskning av energiförbrukningen med anledning av detta erhålles emellertid inte ty temperaturhöjningen hos fönstret och väggen under fönstret kan inte kompensera strålningen från den varma radiatorytan.



Figur 5.14 Fasadvägg med två mätpunkter belägna i ett plan 1 m från fasaden



HÖJNING AV TEMPERATUREN PÅ VÄGGEN
MELLAN FÖNSTER OCH GOLV

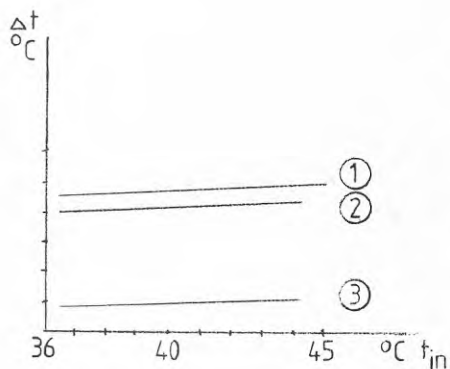
Luftmängd $10 \text{ l/s}_2,^{\circ}\text{C}$
 $k_{vägg} = 0,13 \text{ W/m}^2,^{\circ}\text{C}$

1 Högimpulsdon, fönsterinblåsning
2 Högimpulsdon, golvinblåsning

3 Galler i golv

$t_{in} = \text{inblåsningstemp}$

$t_{ute} = -23,8^{\circ}\text{C}$



HÖJNING AV TEMPERATUREN PÅ
FÖNSTRET

Luftmängd 10 l/s
 $k_{fönster} = 1,7 \text{ W/m}^2,^{\circ}\text{C}$

1 Högimpulsdon, fönsterinblåsning

2 Högimpulsdon, golvinblåsning

3 Galler i golv

$t_{ute} = -23,8^{\circ}\text{C}$

Tillluftsradiatorn ingick inte i de prover som utfördes vid Chalmers. Den bör emellertid ha stora möjligheter att kompensera temperaturstrålningen mot en kall fönsteryta bättre än de tre andra donen. I tilluftsradiatorn styrs nämligen luften runt

alla ytor för att ge en jämn yttemperatur, så att en radiator-effekt erhålles.

Beträffande inblåsningstemperaturen kan sägas att den aldrig bör överstiga 50°C. Högre temperaturer ger kraftiga temperaturskiktningar vilket upplevs som obehagligt samtidigt som det innebär en överförbrukning av energi. Normalt överstiger inte tilluftstemperaturen 30-35°C i dagens system.

Från installationssynpunkt bör tilluft vid fasaden inte innebära några nackdelar. Vid måttliga luftflöden blir kanaldimensionerna små varför ett system integrerat med övriga installationer är möjligt.

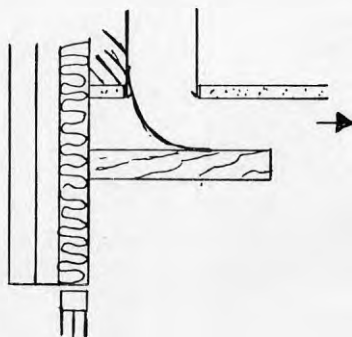
TILLUFT VID TAK

Lufttillförsel vid tak är oftast ett billigare alternativ än tillförsel vid golv bl a beroende på enklare montage och kortare kanaldragningar.

Vid tillförsel nära taket måste luften tvingas ned i vistelsezonen vilket kan ske genom placering av frånluftsdonet eller överluftsdonet vid golv. Om även frånluftsdonet placeras högt föreligger risk för kortslutning, vilket även kan uppträda vid öppna dörrar.

Svårigheterna att få ett bra termiskt inomhusklimat är betydligt större vid takinblåsning än vid golvinblåsning beroende på att riskerna för stora temperaturgradienter, drag och låg ventilationseffektivitet m m ökar.

Vid bakkantinblåsning erhålles det bästa resultatet om luftstrålens kastlängd är samma som eller litet mindre än den fria rumslängden. Med varierande cirkulationsluftflöden är det svårt att uppnå en fungerande distribution. Normalt kräver bakkantinblåsning att luften inblåses med hastigheten 5-6 m/s.



FRAMKANTINBLASNING

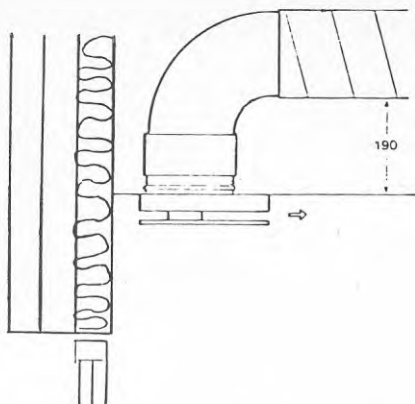
Ger en varm takzon vars yta och temperatur varierar med luftflödet. Kompenserar fönstrets kallstrålning.

Risk för kallras.

Övertemperaturen bör maximeras till 8 å 10°C.

Kort kastlängd i förhållande till rumsdjupet ger lätt upphov till stagnation i vistelsezonen.

Risk för kortslutningsströmning beroende på öppna dörrar.

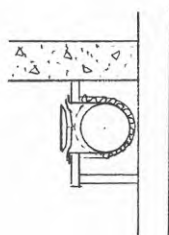


TAKINBLASNING

Ger lätt upphov till stora temperaturdifferenser i rummet.

Temperaturdifferenserna kan minskas genom att spridaren sänks ett stycke från taket.

Risk för kortslutningsströmning beroende på öppna dörrar.



BAKKANTSINBLASNING

Känsligheten för konvektion från fönster är stor.

Ventilationseffektiviteten försämras vid minskad ombländning.

Inblåsning av värmad ventilationsluft vid taket ger alltid en varm takzon vars storlek varierar beroende på luftflödet. Takets varmaste del skall vara belägen vid fasaden och bidra till att kompensera för strålningsförlusterna från fönstret.

Vid varmt tak bestäms det konvektiva värmeövergångstalet av $\alpha_k = 0,5 \times \Delta t^{0,25}$ vilket är betydligt lägre än vid varma väggar och varma golv. Detta innebär att taket kan överföra strålningsvärme utan att nödvändigtvis rumsluften uppvärms i samma grad som vid andra inblåsningalternativ.

Från ventilationseffektivitetssynpunkt är dock inblåsning vid tak olämpligt. Det kan vidare innebära en onödig sänkning av bjälklagets potentiella värmelagringsförmåga under vissa årstider, genom att taket värms.

5.2.2 Kanalisation

5.2.2.1 Allmänt

Då luft används som värmebärare måste stor omsorg ägnas åt förläggning, tätning och isolering av varmluftskanalerna. Den uppvärmda luften kan transporteras till inblåsningställena genom olika typer av kanalsystem. Det kan ske genom spirokanaler som kan förläggas på olika sätt och det kan ske genom speciella byggnadselement, t ex hålbjälklag.

För att uppnå önskad fördelning av tilluften utföres tilluftsdonen för relativt höga tryckfall. Detta tillsammans med stora luftflöden har inneburit relativt höga tryck i kanalsyste-

met. Eftersom luftläckningen är tryckberoende är det lätt att inse att otätheter och dålig isolering vid förläggning i ouppvärmda utrymmen eller i byggnadens ytterhölje kan få en förödande effekt på värmeekonomin.

Lufthastigheten i kanalen bestäms av tillåtna ljudnivåer och av kanalsystemets egendämpning. Normalt bör hastigheten inte överskrida 3-4 m/s.

Försök har utförts med olika kanaldragningar för att enkelt införa en luftström vid taket på ett sådant sätt att vistelsezonen inte berörs av lufthastigheten. Härvid har vissa system givit bra resultat beträffande riktad operativ temperatur. Ventilationseffektivitetsmätningar har däremot inte utförts. Men med förutsättningen att luften skall tillföras vid tak och där bilda en luftkudde om max 30 cm och sedan evakueras vid tak i rummets bakkant är dålig ventilationseffektivitet en självklarhet. Det finns tyvärr många forskningsrapporter där endast den operativa temperaturen berörs. Svårigheterna med att uppfylla de hygieniska krav man borde ha rätt att ställa omnämns inte alls. Det kanske i och för sig är naturligt så länge det inte finns preciserade effektivitetskrav i Svensk byggnorm.

Bland olika kanalisationsalternativ kan två huvudprinciper urskiljas. Det är dels olika typer av kanaler som kan förläggas på olika sätt och dels olika typer av bjälklag avsedda för transport av luft.

5.2.2.2 Kanaler

Vanliga spirokanaler kan förläggas på olika sätt

- ingjutna i betongbjälklag
- fritt förlagda i golvbjälklag
- ovan undertak
- inklädda i takvinkel

Bland de olika möjligheterna till kanaldragning i golvbjälklag med huvudkanaler och sidokanaler eller med s k bläckfisksystem får valet träffas med hänsyn till byggnadssätt och byggnadstyp. En ringkanal ger god luftfördelning vid ytterväggarna men ljudöverföringen mellan angränsande rum kan lätt bli kritisk. I huvudsak separata kanaler till alla rum är givetvis den bästa lösningen. Långa kanaler innebär stora transmissions- och friktionsförluster varför onödiga riktning- och dimensionsändringar skall undvikas.

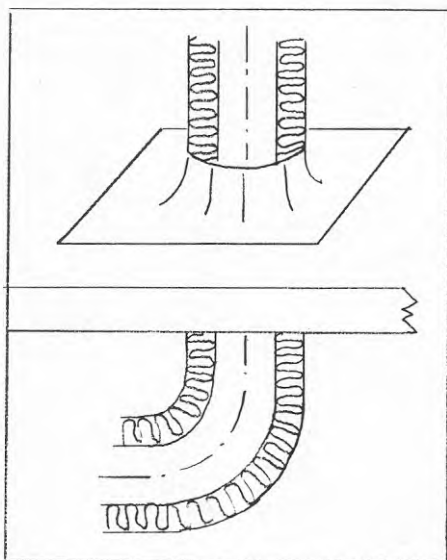
Användande av kanaler i plast ger fördelar i förhållande till de normalt använda spirorören. Plaströren är enkla att kapa med vanlig såg och skarvas täta med s k O-ringar. Livslängden bör vara betydligt längre för plaströren än för plåtrören. Ytterligare en fördel är lägre friktion vilket innebär att problemen med nedsmutsade kanaler blir mindre.

Vid kanaldragning måste hänsyn tas till att injustering och

rensning skall vara lätt att utföra. Kraven på noggrannhet vid injustering är betydligt större vid luftvärmesystem än vid vattenburen värme.

Flexibla kanaler bör inte användas annat än vid undantagsfall. De har nämligen ett högre friktionstryckfall än släta kanaler och det föreligger även en viss risk för ljudalstring. Dessutom saknas en bra fogningsmetod varför risken för luftläckage är stor.

Då kanalsystemet förläggs på vinden måste tillluftskanalerna genombryta husets ångspärr på ett flertal ställen. Det är viktigt att dessa genomföringar tätas ordentligt, vilket kan ske med en plast- eller gummikrage som monteras på kanalen och tätas mot ångspärren.



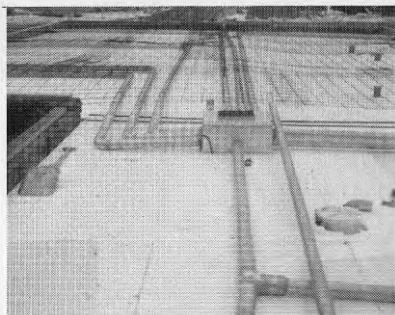
TÄTNING VID GENOMBROTT AV
HUSETS ÅNGSPÄRR

Utvändig isolering av kanaler utföres många gånger på ett felaktigt sätt. Ofta lindas isoleringen runt kanalen och spänns fast med ståltråd så hårt att isolertjockleken minskar betydligt. Detta innebär att isoleringen inte får den värmeisolerande funktion som var avsett utan energiförlusterna blir stora.

KLÄM INTE IHOP ISOLERINGEN

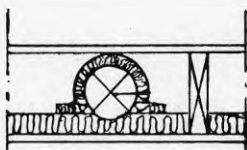
Då utluftkanaler förläggs i varma utrymmen, vilket t ex är fallet då systemets värmeväxlare placeras i kök ovan spis, är det väsentligt att de förses med en diffusionsspärr. Detta görs för att förhindra den varma köksluften att nå isoleringen eller den kalla kanalen och kondensera. Kanalens diffusionsspärr avslutas och ansluts till byggnadens diffusionsspärr vid vindsbjälklag eller yttervägg.

UTLUFTKANALER I VARMA UTRYMMEN
FÖRSES MED DIFFUSIONSSPÄRR



SPIROKANALER INGJUTNA I BJÄLKLÄG

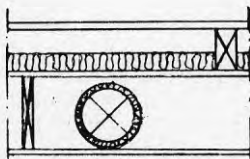
Den uppvärmda luften distribueras till de olika rummen i spirorör som liksom alla andra vvs- och elledningar gjutits in i bjälklaget. Fördelen med detta anses vara att man får en betongstomme som kan lagra värme och att risken för värmeläckor minskar samtidigt som byggsystemet spar både energi och byggnadsmaterial, se Södergren (1981).



SPIROKANAL FRITT FÖRLAGD I GOLV-BJÄLKLÄG

Eventuella regler kan försvåra kanaldragningen.

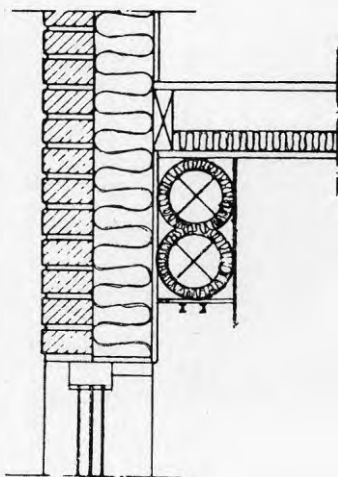
Kanalerna skall stödjas och fastsättas så, att inte tätheten äventyras vid kringklädnad av kanalen.



SPIROKANAL FRITT FÖRLAGD OVAN UNDERTAK

Eventuella regler kan försvåra kanaldragningen.

Oftast finns inte utrymme för helt undertak.

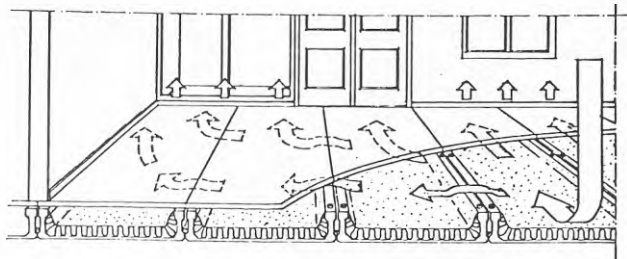


INKLÄDD KANAL I TAKVINKEL

Användning av två tilluftskanaler är att rekommendera av ljudtekniska skäl i tvåvåningshus enligt bild. Då är det bäst att i övre våningen använda golvinblåsning och i nedre våningen takinblåsning.

5.2.2.3 Bjälklag avsedda för transport av luft

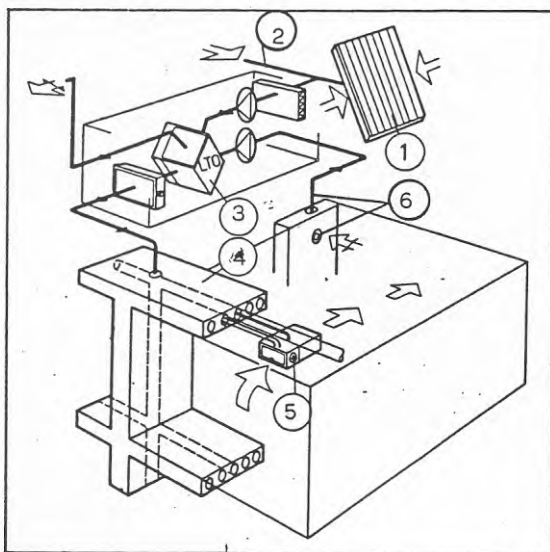
I många fall utnyttjas bjälklagen för distribution av luft. Det finns dels prefabricerade betongbjälklag med hålrum som fungerar som ventilationskanaler och dels prefabricerade kassettbjälklag där hela utrymmet under golv utnyttjas för transport av luft.



NILCON-
BJÄLKLAG

Ett Nilconbjälklag är ett luftförande betongbjälklag. Varm-luften strömmar ut under golvplattan och värmer upp denna. På lämpliga ställen, exempelvis under fönstren blåses luften in i rummet genom en 2 cm bred springa i golvet. Normalt brukar uppvärmningen från golvplattan svara för mellan 50-70% av det totala värmebehovet. Resterande erhålles genom direkt uppvärmning från varmluften. För bostäder är luftflödet ca $10 \text{ m}^3/\text{h}$ och m^2 ly. Temperaturen på den inblåsta luften är maximalt 35°C . Den övre golvplattan måste isoleras för att en jämn golvtemperatur skall kunna nås.

Nilconsystemet har en mycket låg ljudnivå beroende på att det i bjälklaget finns stora mängder ljudabsorberande mineralull.

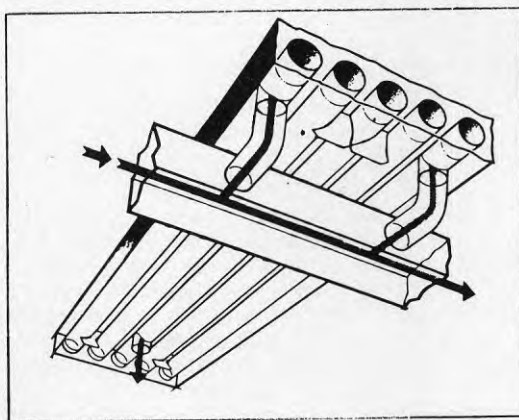


VARIAX-LUFT-
VÄRMESYSTEM

1. Solkollektor
2. Uteluftkanal
3. Centralaggregat
4. Hålbjälklag
5. Tilluftdon
6. Frånluftdon

Källa: Kiiveri (1982)

Uteluften tas vintertid via en solkollektor på söderfasaden och sommartid via en plåtkanal från norrfasaden. Centralaggregatet består av uteluftsfläkt, frånluftsfläkt, filter, värmväxlare och eftervärmare. Från centralaggregatet leds luften via tillluftskanaler som bildats i samband med uppförandet av byggnadens stomme och vidare ut i hålbjälklagen till tilluftsdonen där rumsluften cirkuleras och uppvärms. Frånluften leds bort via frånluftsdon genom hålbjälklagets kanaler till centralaggregatets värmväxlare.



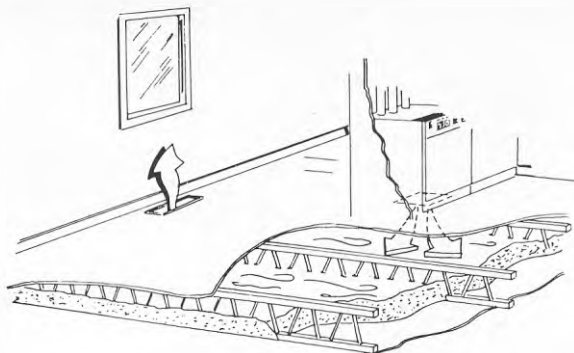
THERMODECKSYSTEMET

Thermodecksystemet är ytterligare ett med byggnaden integrerat uppvärmnings- och ventilationssystem. Systemet har en mycket låg energiförbrukning för uppvärmning samt en rad komfortfördelar i de byggnader som hittills uppförts, vilket i första hand är kontor och vårdbyggnader.

I Thermodecksystemet fungerar betongbjälklagets hålrum som ventilationskanaler. Systemet avser i första hand att förbättra utnyttjandet av bjälklagets värmeackumuleringsförmåga för att dämpa temperaturstegringen sommartid. Systemet är huvudsakligen inriktat på kylning.

Under vintern kan byggnadens inre ha en högre temperatur än rum med ytterväggar. Om två rum med temperaturskillnaden 1°C har en gemensam bjälklagsplatta kan luften i denna överföra en värmeeffekt som motsvarar temperaturändringen 1°C d v s vid $60\text{ m}^3/\text{h}$ ca $20\text{ W}/\text{modul}$, vilket är ungefär 7 gånger mer än vad ett homogent betongbjälklag klarar.

I samband med uppvärmning har det framkommit att man ej bör använda för höga tillufttemperaturer vid hålbjälklagsinblåsning när man då värmer upp byggnadsstommen för mycket och beroende på stommens tröghet kommer denna energi byggnaden tillgodo långt senare. För att inte systemet skall bli alltför trögt krävs stora luftomsättningar.



KOMFORT-
BJÄLKLAGET

Komfortbjälklaget är tillverkat av s k Wire-wood lättbalkar och är till för att användas som distributionsväg för uppvärmd luft, 20-35°C. Bjälklaget kräver ingen kanaldragning utan hela golvet utnyttjas. Tilluften släpps upp genom reglerbara don på valfri plats i rummet. Bjälklaget har ett lågt k-värde (0,16 W/m², °C) och är helt tätt. Isoleringen utgörs av 120 mm polyuretanskum. Balkens konstruktion möjliggör även rördragning för el och vvs utan håltagning. Bjälklagets goda isolering innebär att eventuella störande ljud från luftvärmesystemet absorberas, se "Bjälklaget fungerar som radiator i Villa Hyltin".

5.2.3 Värmeåtervinning

Värmeåtervinning krävs för flerbostadshus med ventilationsförluster större än 50 MWh/år. Men även vid mindre förluster är värmeåtervinningen från energisynpunkt en mycket viktig detalj.

Värmeåtervinningssystemet i luftvärmeaggregat består ofta av en värmväxlare av korrströmstyp eller värmerör där uteluften och luften från kök, bad och WC får passera på var sida om värmväxlarens lameller eller på var sin ände av värmerören.

Försmutsning av värmeaggregatets ytor medför att värmeövergången försämras med minskad verkningsgrad som följd. För att undvika detta skall värmväxlaren tas ut och rengöras med jämna mellanrum. Viktigt vid rengöring av värmväxlaren och vid återmontering är att ingenting skadas eller att fastsättningen blir korrekt, ty annars kan överläckning av luft med föroreningar från frånluften (kök, WC) över till tilluften ske.

Värmeåtervinningsaggregat med hög verkningsgrad medför en kraftig nedkylning av frånluften (hög energiåtervinning). Vid låga temperaturer kan här en viss påfrostning ske på värmeåtervinnarens frånluftssida. För att undvika detta förses aggregatet med någon form av avfrostningsanordning (varmluft etc). Vid avfrostning måste även dräneringsledning finnas för bortförande av smältvatten.

För att värmeåtervinning skall fungera bra bör frånluftsflö-

det vara något större än tilluftsflödet. Detta innebär en något minskad återvinningsgrad men minskade problem med kondens och frysning i värmeväxlaren.

5.2.4 Filter

För att undvika att föroreningar tillförs lokaler eller avsätts på efterföljande luftbehandlingsenheter och i kanaler efterfordras avskiljning av luftens föroreningsinnehåll. Det gäller både den luft som tas direkt utifrån och den åter- eller i vissa fall cirkulationsluft som går igenom luftvärmepumpen. I luftvärmepumpen finns därför ett filter som renar utifrån inkommande luft och ett eller flera filter av olika klass som renar cirkulationsluften.

De mest förekommande filtren för rening av uteluft och återluft och som medföljer som standard är grundfilter av klass G80 eller G85 (beteckning enligt SMS 2289). Som tillbehör till aggregaten för rening av återluften finns att tillgå filter eller avskiljare (elektrostatiska) för partiklar och kolfilter för gaser och ångor.

Beteckningen G80 betyder att grundfiltret har 80% avskiljningsgrad av ett standardiserat provstoff (enligt SMS 2289) och en avsvärtningsgrad mindre än 20%. En avsvärtningsgrad mindre än 20% innebär att över 80% av uteluftens svärtande stoffinnehåll går igenom filtret. Grundfiltrets avskiljande effekt på små partiklar är minimal. För tobaksrök (ca 0,05-0,5 μm) är avskiljningsgraden endast ca 5%. För att kunna erhålla en acceptabel luftkvalitet utan att exempelvis tobaksrök sprids i större mängder efterfordras ett filter med högre avskiljningsgrad. Härvid ansluts ett finfilter (F45-95 enligt SMS 2289) eller en elektrostatisk avskiljare i serie med grundfiltret. I vissa sammanhang kan, förutom filtrering, föras att luften renas från gasformiga föroreningar. Då de flesta gaser absorberas på aktivt kol är detta den vanligaste principen för gasrening. För elektrostatiska avskiljare skall påpekas att avskiljningsgraden är beroende på elfiltrets konstruktion (spänning, plattlängd m m) varför ett provningsresultat behövs för att konstantera avskiljningsgraden. Elektrostatiska avskiljare kan avge stora mängder ozon, framförallt avskiljare enligt enstegsprincipen. Elektriskt överslag mellan plattorna kan förorsaka störande ljud.

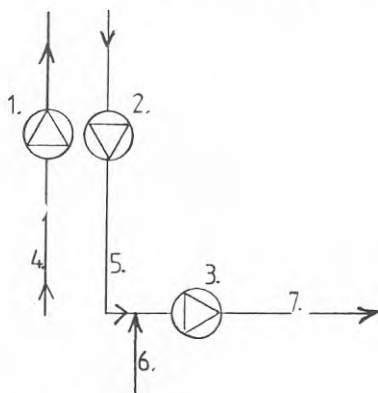
I hus med radonproblem kan en viss sänkning av radonhalten erhållas genom att luften filtreras i ett filter med hög avskiljningsgrad (mikrofilter) emedan radondöttrarna oftast sitter fast på de luftburna partiklarna.

För att kunna uppehålla en hög luftkvalitet efterfordras att filtren eller avskiljaren bibehåller samma höga avskiljningsgrad. Detta kan uppnås genom ett återkommande underhåll med byten och rengöring. Det bör härvid också tilläggas att det ej finns hål i eller läckage förbi filtret som kan nedsätta avskiljningsgraden avsevärt. Likaså skall det finnas möjlighet att kontrollera att det finns tillräcklig spänning i den elektrostatiska avskiljaren.

När ett filter avskiljer partiklar ur luften ökar tryckfallet över filtret. För att undvika ett alltför stort fläktarbete bör filtrens tryckfall maximeras och rengöring eller byte utföras.

5.2.5 Fläktar

För att erhålla en effektiv reglering av uteluftsflödet vid varierande återlufts- och frånluftsflöde anser många tillverkare idag att en separat fläkt för uteluftsflödet är att föredra framför endast en gemensam fläkt för både utelufts- och återluftsflöde. Regleringen av uteluftsflödet sköts i det senare fallet med ett spjäll. Det förefaller dock som om en god kontroll av alla luftflöden säkrast erhålls med en separat fläkt för varje luftflöde. Att säkerställa det normerade uteluftsflödet vid varje tillfälle underlättas också. Dessutom finns möjlighet att hålla ett visst övertryck över tilluftssidan på värmeåtervinningsaggregatet så att vid eventuellt läckage ej överläckning av frånluftens föroreningar kan ske.



1. Frånluftsfläkt
2. Uteluftsfläkt
3. Tilluftsfläkt
4. Frånluftsflöde
5. Uteluftsflöde
6. Återluftsflöde
7. Tilluftsflöde

Figur 5.15 Fläkt- och flödesbenämningar

Stegreglering eller kontinuerlig varvtalsreglering av fläktarna finns på de flesta fabrikat. Utelufts- och frånluftsfläktarna regleras oftast med gemensam varvtalsregulator. Tilluftsfläkten regleras däremot separat med ex vis de lägre varvtalen avsedda för ventilation sommartid, medelvarvtalen för ventilation och uppvärmning och de högsta för ventilation och uppvärmning vid mycket låga temperaturer.

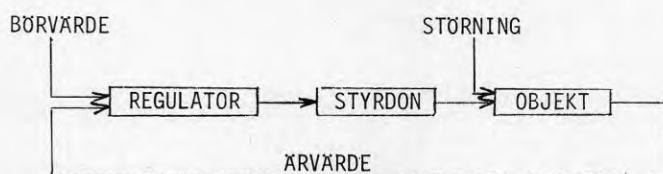
Fläktarnas höga ljud- och vibrationsalstring, framförallt tilluftsfläkten, måste dämpas bort så att ljudnivån i lokalerna ej

blir störande och klarar normkraven. Ljuddämpare i kanaler, ljudisolering i och utanför aggregatet är nödvändigt för att få tillräcklig dämpning. Om två små fläktar installeras i stället för en stor kan ljudnivån och även energibehovet sänkas med endast små merkostnader.

Fläktarnas energiförluster kommer nästan helt och hållet uppvärmingen tillgodo vilket är till fördel när uppvärmningsbehov föreligger.

5.2.6 Styr- och reglerutrustning

Luftvärmesystemet skall dimensioneras för att klara maximal belastning. Det måste dessutom utformas så att det möjliggör styrning och reglering även vid delbelastningar. Det är just när de yttre störningarna (t ex utetemperatur, sol och vind) och de inre störningarna (t ex belysning, personvärme) rubbar klimatbalansen i en lokal, som reglerutrustningen skall kunna motverka dessa.

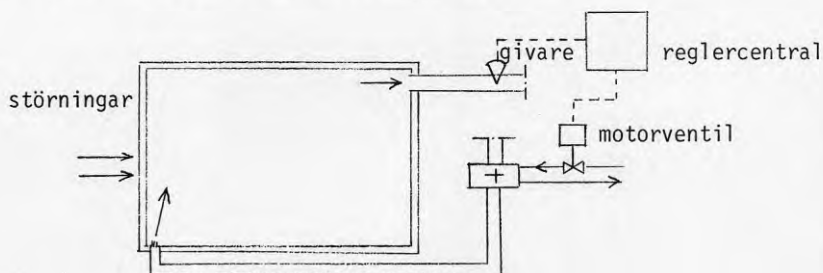


Figur 5.16 Sluten styrning (reglering)

Reglering är sluten styrning där man strävar att på grundval av mätning av en utstorhet, den reglerade storheten eller ärvärdet, och jämförelse av denna med en instorhet, börvärdet, bringa den reglerade storheten att anta börvärdet oberoende av yttre störningar.

En gemensam egenskap hos alla typer av störningar är att de inte kan påverkas av regler-systemet. Deras inverkan kan dock motverkas.

Det reglerade objektets egenskaper är helt avgörande för vilken typ av reglering som är lämplig. Vissa objekt är svårare att reglera än andra och reglerutrustningen måste anpassas därefter. Det är då lika viktigt att välja rätt givare och styrventil som en passande reglercentral.



Figur 5.17 Reglerprincip

För att bedöma vilken typ av reglering som är lämplig i ett visst fall användes begreppen dödtid (T_d) och tidskonstant (T_k).

Dödtid T_d

Tiden från det att effekttillförseln ändras tills rumstemperaturen börjar öka. Dödtiden bör vara så kort som möjligt. Den är beroende av givarens placering.

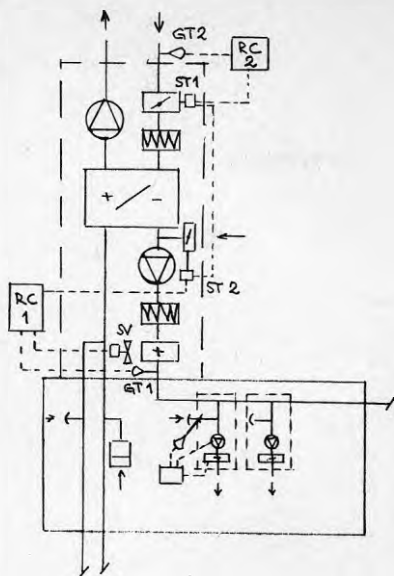
Tidskonstant T_k

Tidskonstanten T_k är den tid det tar för rumstemperaturen att stiga till 63% av slutvärdet räknat från dödtidens slut. Den är beroende av värmekällans storlek och rummets värmekapacitet.

Begreppen dödtid och tidskonstant ger ett mått på svårigheten att reglera anläggningen. Vanligtvis använder man förhållandet T_d/T_k , vilket oftast ligger mellan 0,05 och 0,5 för alla typer av vvs-anläggningar. Ju större talet är, desto besvärligare blir regleringen.

En tung byggnad är alltid svår att reglera vilket är ett problem vid luftdistribution i gjutna bjälklag. Dödtiden är lång och en eventuell rumsgivare får inget svar på att temperaturen håller på att sjunka. Problemet kan också vara att givaren inte enbart känner luftens temperatur utan även strålningstemperaturen, bl a från den vägg där den är placerad. Problemet är speciellt allvarligt vid nattsänkning. Ur energisparingspunkt är det då sämre med ett tungt hus då medeltemperaturen i allmänhet ligger högre. Temperaturen kan inte sänkas tidigare för att kompensera detta på riskerna för kallraseffekter.

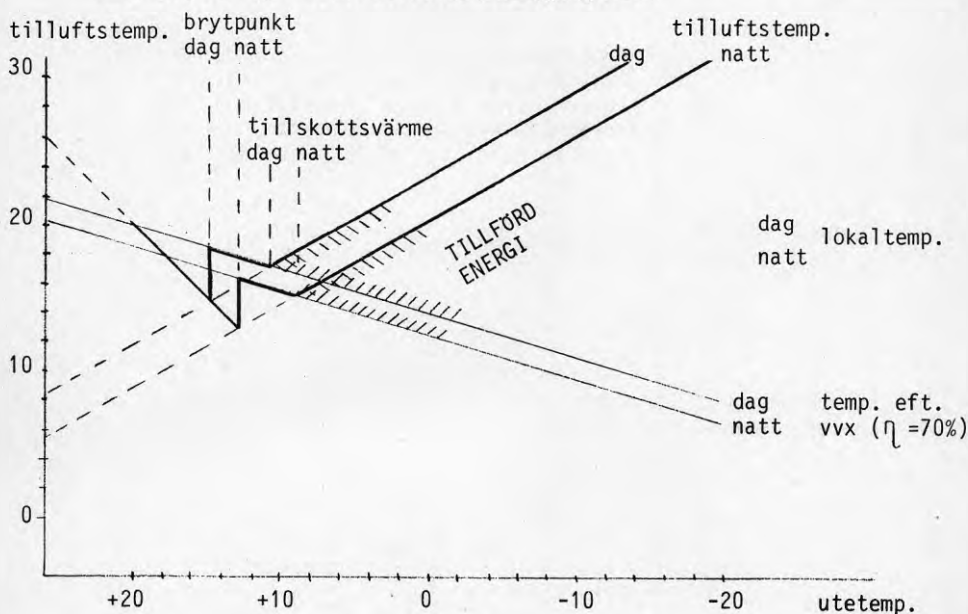
I ett flerbostadshus kan inte en enskild rumsgivare eller lägenhetsgivare styra tilluftstemperaturen till hela huset. Här måste man istället använda sig av en givare i tilluften och en i uteluften vilket också är lämpligt för tunga byggnader. Utetemperaturgivaren behövs emellertid aldrig för reglering på förändringar i utetemperaturen. Den är däremot avhängig systemets uppbyggnad, se alt 1 figur 5.18.



Figur 5.18 Reglering av luftvärmesystem för flerbostadshus

GT1 och GT2 konstanthåller tilluftstemperaturen via RC1 och RC2, ST1 och ST2 samt SV. I centralaggregatet skall luften uppvärmas till en viss förutbestämd temperatur, lika med "börvärdet". I värmeväxlaren tillvaratas all den värme som är möjlig att återvinna. Därefter öppnas luftintaget efter värmeväxlaren för intag av undertempererad luft.

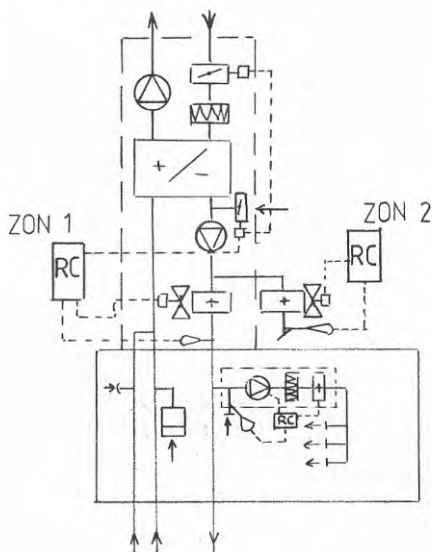
Den individuella temperaturregleringen i respektive rum sker med en rumstermostat eller givare i återluften som påverkar värmeavgivningen från cirkulationsaggregatet.



Figur 5.19 Tilluftstemperatur som funktion av utetemperatur

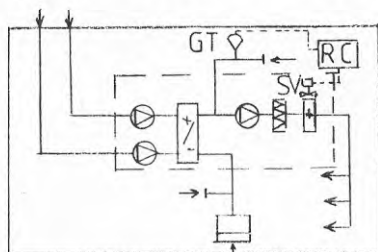
Figur 5.19 illustrerar tilluftstemperaturen efter centralaggregatet som funktion av utetemperaturen. Vid "brytpunkten" stänger spjäll 1 och öppnar spjäll 2. Vid dagdrift då lokaltemperaturen är 20°C sker detta vid ca 15°C utetemperatur och vid nattsänkning till 18°C ligger brytpunkten vid ca 13°C utetemperatur.

I ett flerbostadshus med centralaggregat och återluftsaggregat sker regleringen på i stort sett samma sätt. Systemet bör dock delas upp i olika zoner t ex nord- och sydfasad.



Figur 5.20 Zonreglering

I småhus och i flerbostadshus med komplett luftvärmeaggregat i varje lägenhet styrs systemet via en temperaturgivare placerad i cirkulationsluften eller i något centralt rum. För att inte tillufttemperaturen skall bli alltför hög finns oftast manuell reglermöjlighet även på tilluftsfläkten.

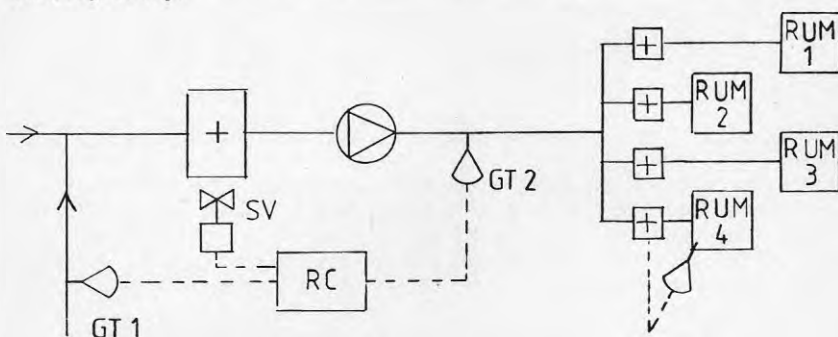


Figur 5.21 Reglering vid småhus

För att spara energi rekommenderas ofta att sänka rumstemperaturen på natten. Många gånger räcker det dock att höja och sänka temperaturen med hjälp av ett fast programmerat styrur. Uppvärmnings- och avkylningsförloppen sker då helt okontrollerat och med säkerhet ej energioptimalt. Här kommer optime-

ringen in genom att se till att önskad rumstemperatur uppnås och upprätthålls med så liten förbrukning av värmeenergi som möjligt. Mikrodatorlösningar som innehåller optimeringsfunktioner kommer att finnas på marknaden från årsskiftet, även för småhus.

Reglering av luftvärmesystem med kaskadkoppling. Individuell rumsreglering.



Figur 5.22 Kaskadkoppling. Individuell rumsreglering

GT1 är en temperaturgivare i återluften. Alternativt kan man installera flera rumsgivare och låta medelvärdet styra tilluftstemperaturen. GT2 är en temperaturgivare i tilluften avsedd att stabilisera tilluftstemperaturen. Givaren i återluften GT1 ändrar börvärdet för tilluften.

I varje rum installeras en eftervärmare (t ex kanalvärmare), med självverkande P-regulator för individuell reglering av rumstemperaturen.

5.2.7 Spjäll

De spjäll som används som avstängningsspjäll mot det fria i anläggningen måste vara mycket täta. Spjäll typ 3 är inte tillräckligt utan i stället bör typ 4-spjäll enligt VVS-AMA 83 användas. För ett typ 4-spjäll tillåts ett läckluftflöde på 1/5 av läckflödet vid typ 3-spjäll vilket motsvarar 0,008 m³/s per m² spjällarea vid en tryckskillnad av 100 Pa.

Spjäll används även för inreglering av rätt luftflöde till respektive rum. Spjällen skall vara inställningsbara en gång för alla. Spjällen ger ofta upphov till ljud vilket måste beaktas vid projekteringen.

I kanaler som förgrenar sig monteras spjället i den som har lägsta tryckfallet så att tryckförlusterna kan utbalanseras.

5.2.8 Värmebatteri

I en byggnad med luftvärme tillförs byggnadens hela värmebehov genom tilluften. Värmen från värmekällan överförs till tilluften med ett värmebatteri som oftast är placerat centralt i luftvärmeaggregatet. I vissa system kan dock en viss eftervärm-

ning ske i varje lägenhet (luftvärmeaggregat för flerbostads-
hus). Värmebatteriet utföres för vattencirkulation eller el-
batterier med kapslade rörelement.

För värmebatterier med vatten och där vattenhastigheten är låg
har en ökad risk för korrosion uppmärksamats. Ojämn tempera-
turfördelning i batteriet är vanligt, vilket kan förorsaka
svårigheter vid temperaturstyrning i rummen om fläkten sitter
före värmebatteriet.

Möjlighet för lågtemperaturuppvärmning skall finnas.

5.2.9 Drifts- och skötselinstruktioner

Beroende på hygieniska och komfortmässiga krav har vvs-in-
stallationerna blivit allt mer viktiga för en byggnads funk-
tion. Samtidigt har de blivit mer tekniska och svårare att
handha, varför drift- och skötselinstruktioner fått en allt
större betydelse.

Eftersom en luftvärmeinstallation i de flesta fall förbrukar
merparten av energin i en byggnad är det väsentligt att den
sköts på ett riktigt sätt. Ett felaktigt handhavande kan be-
tyda ett stort slöseri med energi.

Luftvärmesystemet skall vara lättskött och konstruerat så att
den boende själv kan sköta det löpande underhållet. Rengöring
av värmeväxlare, byte av filter o s v får inte vålla onödiga
besvär så att underhållet hoppas över.

Den dagliga driften måste dock skötas automatiskt med ett reg-
lersystem med minsta möjliga komplexitet. Drifts- och skötsel-
instruktioner är ett krav enligt Svensk byggnorm men oftast
blir inte instruktionerna utformade så att de är praktiskt an-
vändbara för sina syften.

Alla instruktioner skall vara överskådliga och klara samt inne-
fatta ett talande bildmaterial. En förteckning över sannolika
feldiagnoser med åtgärdslista bör ingå.

Instruktionen skall bestå av

- . funktionsbeskrivning
- . komponentförteckning
- . apparatförteckning
- . underhållsrutiner
- . felsökning
- . åtgärder vid brand och driftavbrott
- . energihushållning
- . säkerhetsbestämmelser
- . adress- och telefonförteckning
- . fabrikantanvisningar
- . relationsritningar

En förteckning över sannolika feldiagnoser vid olika typer av
störningar är att rekommendera. En sådan förteckning kan t ex
utformas som ett felsökningsschema enligt figur 5.23. Schemat
måste naturligtvis anpassas efter storleken på anläggningen
och om den sköts av en förvaltning eller av en småhusägare.

Ofta tror man att den boende är helt passiv till sitt värmesystem men så är inte fallet. I sin iver att spara energi försöker hon istället att påverka systemet, vilket många gånger får motsatt effekt. Därför är det så viktigt med drift- och skötselinstruktioner som på ett illustrativt sätt beskriver systemets funktioner. I ett småhus skall den boende kunna sköta sin egen anläggning och måste då förstå systemets alla delar och inte vara helt utlämnad till automatiken.

5.3 Brukaren

En stor spridning av brukarens användning av byggnaden leder till dels ökade risker för funktionsskador och dels varierande energiförbrukning. En ökad säkerhet mot funktionsskador beroende på det mänskliga beteendet kan erhållas genom större säkerhetsmarginaler vid projekteringen. Ökad energiförbrukning beroende på beteendet är svårare att ta hänsyn till vid projekteringen. I ett arbete av Munter (1978) studerades energiförbrukningen för ett stort antal enbostadshus. Husen antogs lika men inga mätningar beträffande otätheter, vinden och solens inverkan gjordes i de enskilda fallen. Även familjestorleken antogs lika. Under dessa antaganden uppmättes förhållandet mellan högsta och lägsta energiförbrukning till 3.

Vilken energi påverkar då den boende med sitt beteende?

- . Belysningsenergin Den största delen kommer emellertid huset tillgodo under uppvärmningssäsongen
- . Hushållsapparater Utgörs av förluster främst i samband med användning av spisfläkt och torkskåp
- . Varmvattenberedning Bad - dusch
tvätt - disk
- . Vädring Vädringsförlusterna är i genomsnitt 0,04 m³/s vilket vid en temperaturdifferens av 25°C innebär en energiförlust av 1 kWh vid en timmes vädring
- . Avloppsförluster Förluster via fria vattenytor vid sanitär utrustning. Bad
- . Rumstemperatur En höjning av rumstemperaturen från +20°C till +21°C ger i Stockholmsregionen ca 7% högre energiförbrukning över året
- . Värme från sol och Aktivitet, solavskärmning människor

Beteendet kan vara högst olika och det kan många gånger äventyra möjligheten att utvärdera sparåtgärder eller lämpligheten med olika metoder och apparater.

6 MORGONDAGENS LUFTVÄRMESYSTEM - KRAV OCH MÖJLIGHETER

De erfarenheter som samlats in och redovisats i kapitel 5 har ställts mot de funktions- och myndighetskrav som gäller för luftvärmesystem idag och som kan bedömmas gälla framöver. Jämförelser redovisas nedan med följande kapiteluppdelning

- värmetransmission
- luftläckning
- termiskt klimat
- luftkvalitet
- ljud
- energihushållning
- drift- och skötsel

De eventuella skiljaktigheter mellan erfarenheter och krav som utredningen har kommit fram till kommenteras. Tanken med jämförelsen är att finna en så bra systemlösning som möjligt, dels gentemot dagens krav och dels gentemot morgondagens krav.

6.1 Värmetransmission

| | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Dagens krav: k-värde vägg, golv | 0,25-0,3 W/m ² , °C |
| k-värde yttertak | 0,17-0,2 - " - |
| k-värde fönster (inkl karm) | 2,0 - " - |
| k-värde golv mot det fria | 0,17-0,2 - " - |

Morgondagens krav: Skärpta krav på byggnadens värmemotstånd

| Erfarenheter | Kommentarer |
|---|--|
| Det är lönsamt att isolera byggnaden betydligt bättre än vad dagens krav anger | Dagens krav är ej tillräckliga |
| Kravet på minskat k-värde ökar för lokaler med hög luftomsättning | Låga k-värden är speciellt viktigt vid luftvärmesystem |
| God värmeisolering innebär att möjligheterna att utnyttja "gratisenergi" minskar. (Procentuellt ökar dock andelen gratisenergi) | Detta är viktigt att beakta vid beräkning av byggnadens behov av köpt energi |
| Spalter och springor i isoleringen beroende på brister i utfyllnaden ger stora och oberäkneliga ökningarna i värmegenomgången | Ett dåligt utfört isoleringsarbete ger upphov till springor och spalter |

6.2 Luftläckning

Dagens Krav: Byggnad med högst 2 våningar 2,0 oms/h
 3 eller flera våningar 1,0 - " -
 friliggande småhus, kedjehus 3,0 - " -

Morgondagens
 krav: Skärpta krav kan komma

Erfarenheter

Kommentarer

Låg luftläckning genom klimatskalet är en förutsättning för ett energisnålt luftvärmesystem

Dagens krav är ej tillräckliga (speciellt för småhus)

Otättheterna är ej jämt fördelade över hela byggnaden vilket kan innebära större störningar i vissa rum än i andra

Stora lokala otättheter kan medföra dragkänslor
 Ställ krav på täthet i varje rumsenhet, d v s undvik lokal anhopning av läckaget

Befintliga beräkningsmetoder för bestämning av luftläckning har brister

Många genomföringar (rör, kanaler, el) i klimatskalet innebär större risk för luftläckning

Ställ krav på maximalt antal genomföringar och deras utförande

Ett tätt klimatskal är en förutsättning för ett bra termiskt klimat

Dagens krav är ej tillräckliga

6.3 Termiskt klimat

Dagens krav: Riktad op.temp minimum 18°C vid LUT
 och då $v = 0,2$ m/s

Maximal differens mellan olika riktad op.temp = 5°C

Yttemperatur på golv 16-27°C vid LUT

I bad och duschrum gäller riktad op.temp minimum 20°C och yttemperatur på golv 18-27°C

Morgondagens krav: Kravnivån på riktad op.temp i NKB-förslaget är ungefär lika med dagens kravnivå. En del små skillnader finns dock, se kap 4.2.1

Ventilationseffektivitet

Erfarenheter

Kommentarer

Direkt inblåsning i vistelsezonen kan medföra drag p g a stora luftflöden. Gäller spe-

Kommande krav på lufthastighet i vistelsezonen kan skärpas varvid problemet ökar

Erfarenheter

Kommentarer (forts)

ciellt då värmebehovet är litet och därmed inblåsningstemperaturen låg

Hög inblåsningstemperatur innebär risk för temperaturskiktningar

Luften bör tillföras där de största värmeförlusterna uppträder

Tillsatsvärmeavgivningen bör delas på konvektion och strålning i samma proportion som värmeförlusterna

Det termiska klimatet kan vara tillfredsställande trots dålig ventilationseffektivitet

I praktiken är små luftflöden tillförda mot de termiska stigraderna och långt ifrån frånluftsdonen det bästa sättet att tillföra värme

Kortslutningsströmning ger dålig temperatureffektivitet och uppträder vid övertemporerad luft och då såväl tilluftssom frånluftsdonen är placerat i taknivå

Risken för drag blir så gott som eliminerad vid inblåsning uppåt vid ytterväggarna

Bakkantsinblåsning fungerar bäst då kastlängden är lika eller lite mindre än den fria rums längden

Handdukstork är ett bra alternativ för uppvärmning av bad och WC

Komfortkänslan är bättre vid golvvärme än vid takvärme

Den konvektiva värmeövergången är betydligt lägre vid varmt tak än vid varmt golv och varma väggar

Risk finns att övre begränsningstemperaturen för varmt golv överskrids vid hålbjälklag

Härvid erhålles de största möjligheterna att uppfylla kraven på R0-temp

Minimerar risken för temperaturgradienter. Kräver frånluftsdonen vid golv. Strömningen äventyras vid öppna dörrar

Uppfyller ej kraven

Morgondagens krav beträffande lufthastighet i vistelsezonen kan innehållas

Vid större kastlängd forceras kallraset och risk för drag uppstår

Tillskottsvärme erforderligt för att uppfylla kravet på R0-temp

Vid system med en viss värmeavgivning till bjälklaget är golvvärme att föredra framför takvärme

Problemet minskar i och med morgondagens krav

6.4 Luftkvalitet

Dagens krav: Kontinuerlig luftväxling $0,35 \text{ l/s,m}^2$

Luftströmning mellan rum får, när sådan förekommer, endast ske från mindre till mer luftförorenade rum

Spridning såväl inom som till ett annat rum av såväl illaluktande som hälsofarliga gaser eller ämnen skall förhindras

Morgondagens krav: Kontinuerlig luftväxling av $0,5 \text{ oms/h}$ skall tillförsäkras i varje rum

Luftströmning skall gå i riktning sovrum- vardagsrum-kök, hygienrum

Ev krav på ventilationseffektivitet

Erfarenheter

Kommentarer

Den största ventilationseffektiviteten erhålles i det område där luften tillföres

Kortslutningsströmning ger dålig ventilationseffektivitet

Uppfyller ej morgondagens krav

Kolvströmning är den effektivaste strömningstypen för att uppnå bra luftkvalitet. Metoden fordrar dock alltför stora luftflöden, varför den ej är realiserbar för bostadsventilation

Tillförsel av tilluft vid golvnivå mot vistelsezonen ger förutsättningar för god ventilationseffektivitet

Möjligheter finns att uppfylla dagens och morgondagens krav

Luftfilter motsvarande filterklass F95 bör övervägas för att förhindra spridning av föroreningar via återluften

Erfordras för att uppfylla såväl dagens som morgondagens krav

Kolfilter kan användas för ång- och gasrening

Erfordras ej för att uppfylla kraven

God temperatureffektivitet behöver ej medföra god ventilationseffektivitet

Tvättstuga behöver ofta mer tilluft för uppvärmning än frånluft varför överskottsluften får gå in i köket

Är ofta ett planlösningsproblem

6.5 Ljud

Dagens krav: Installationer utanför lägenhet
(i byggnaden)

Max 30 dB(A) i sovrum och vardagsrum och max 35 dB(A) i kök (gäller även sovrum och vardagsrum mellan kl 07.00-20.00)

Installationer i lägenheten

Max 30 dB(A) i vardagsrum och sovrum

Morgondagens krav: Ev skärpta krav vad gäller inträngning av utomhusbuller i bostaden, i övrigt samma

| Erfarenheter | Kommentarer |
|--|---|
| Små otätheter i kanaler ger upphov till ljudalstring | |
| Flexibla kanaler ger hög ljudalstring | Undvik flexibla kanaler |
| Ringkanal och fri golvdistribution medför risk för överhörning | Ljuddämpning erfordras |
| Stora lufthastigheter i kanaler medför hög ljudalstring | Undvik höga lufthastigheter |
| Dimensionsförändringar och sidodragningar medför ljudalstring | |
| Vissa typer av hålbjälklag har god ljuddämpning | Har stora möjligheter att uppfylla kraven |
| Fläktar har hög ljudalstring (framförallt återluftsfläkten) | Ljuddämpning erfordras i såväl aggregat som kanal |
| Ofta är två små fläktar tystare än en stor | |
| Stora luftflöden innebär ofta hög ljudalstring i don | Välj don med låg egenljudalstring |
| Stor strypning över don ger hög ljudalstring | |
| Högimpulsdon medför större risk för hög ljudalstring än lågimpulsdon | Svårigheter att uppfylla kraven med högimpulsdon |
| Spjäll i kanalsystem medför ljudalstring och vibrationer vid kraftig strypning | Noggrann montering och ljuddämpning erfordras |
| Risk för vibrationer vid bristfällig uppställning av aggregat | Vibrationsisolering erfordras |

Erfarenheter

Kommentarer

Luftbubblor i vattenburna batterier kan orsaka ljud

Ett elfilter kan orsaka ljud p g a elektriskt överslag mellan de avskiljande plattorna

Brumljud kan avges vid tyristorreglering

Resonanssvängning kan uppstå i främst regelvägg med gipsskivor då ett i och för sig välbalanserat aggregat hängs upp

6.6 Energihushållning

Dagens krav: Godtagen högsta okontrollerad värmeavgivning per rum är 75 W eller 20% av det totala värmebehovet

Godtagen kanalisolering i uppvärmda utrymmen i enbostadshus:

Ø 0-100 mm 50 mm

Ø (100)-315 mm 60 mm

Ø (313- 80 mm

Rektangulära kanaler 80 mm

Installationen förses med en automatisk anordning för begränsning av rumstemperaturen

Täthetsklass B erfordras vid värmeåtervinning

En uppvärmningsinstallation skall förses med erforderliga strypanordningar, mätuttag och mätsträckor

Morgondagens krav: Krav på 40% mindre värmebehov än för hus byggda enligt SBN 1980

Värmeåtervinning

Skärpning av kanalers täthet med ytterligare en täthetsklass (C)

Lågtemperatursystem

Erfarenheter

Kommentarer

Kanalsystemet bör göras tätare

Då kanalerna ligger utanför klimatskärmen eller uppvärmt utrymme är täthetsklass C nödvändigt. Tillåtet läckflöde 1/3 av läckflödet vid täthetsklass B

| Erfarenheter | Kommentarer (forts) |
|--|--|
| Långa kanaldragningar medför stora transmissionsförluster | |
| Tilluftskanaler i uppvärmda utrymmen bör isoleras så att okontrollerad värmeavgivning minimeras | Krävs för att kunna kontrollera värmeavgivningen |
| Bristfällig isolering av kanaler i kalla utrymmen ger dålig energihushållning | Isolering skall anbringas heltäckande och utan att tryckas ihop. Isoleringen bör vara 100-150 mm |
| Flexibla stålplåtkanaler håller ofta ej täthetskravet och ger höga tryckfall | Undvik flexibla stålplåtskanaler |
| God täthet mellan till- och frånluftside i värmväxlare nödvändigt | |
| Systembalansen bör justeras vid vindstilla | |
| Vissa bjälklag för luftdistribution medför svårigheter vid justering (mätning, mätsträckor) | Uppfyller ej kravet beträffande justering |
| Med en vid luftvärmesystem centralt placerad termostat erhålles en sämre reglermöjlighet än vid t ex elradiatorer | Ger ej möjlighet till temperaturreglering våningsvis och/eller rumsvis |
| Utetemperaturgivare bör finnas | |
| Luftvärmesystem möjliggör utnyttjande av lågtemperaturteknik | Klarar morgondagens krav |
| Avfrostningsenheten i värmväxlaren är ofta felaktigt injusterad och utgör därmed en stor förluskälla | |
| I en byggnad som utföres enligt system "varma golv" eller "varma tak" finns endast begränsade möjligheter till individuell temperaturreglering | Svårt att skapa olika temperaturzoner |
| Sommartid förefaller tung byggnad vara en fördel genom att temperatursvängningar i rummet härmed dämpas | Morgondagens krav beträffande max temperatur i vistelsezonen sommartid kan innehållas |
| Vintertid förefaller lätt byggnad vara en fördel p g a möjligheten att utnyttja nattsänkning då ökar | |

6.7 Drift- och skötsel

Dagens krav: En byggnad med tillhörande installationer skall förses med instruktioner för drift och skötsel

Morgondagens Skärpta krav på energisnål drift och servicekrav: vänligt utförande

Erfarenheter

Kommentarer

Den boende är inte passiv varför utförliga och lättlästa instruktioner är nödvändiga

Enkla figurer med lite text

Konstruktionen skall vara "lätt-servad" speciellt om skötsel åligger brukaren

Den dagliga driften skall skötas automatiskt med minsta möjliga komplexitet

- Filter, fläktar, don och värmväxlare skall enkelt kunna demonteras för rengöring utan att injusteringen ändras

Alla typer av bjälklag för luft-distribution är svåra att rensa

Ventilationskanaler bör vara rensbara

7 PROJEKTERINGSRIKTLINJER

Projekteringsriktlinjer har utarbetats för att underlätta konstruktionen av ett fungerande luftvärmesystem fritt från tidigare ofta förekommande brister. Utredningsmaterialet har visat att det går att projektera och konstruera en luftvärmeanläggning som svarar upp mot såväl dagens som morgondagens krav. Ett luftvärmesystem är emellertid känsligare än andra uppvärmningssystem för yttre störningar och den integrerade samverkan mellan byggnad - installation - brukare. Det är därför angeläget att projekteringsarbetet utförs fullständigt med hänsynstagande till alla faktorer som har betydelse för anläggningens utförande. Härvid är det helt nödvändigt att även detaljfrågor beaktas.

Projekteringsriktlinjerna har sammanställts på basis av utredningsmaterialet och är avsedda att utgöra en checklista beträffande normer, föreskrifter samt dimensionerings- och utförandeunderlag med inriktning mot luftvärmesystem.

7.1 Byggnadens utformning

Byggnadens utformning samt dess byggnadsdelar som väggar och tak har stor betydelse för hur luftvärmesystemet skall dimensioneras och utformas. Komponenter i byggnaden såsom material i väggar och tak, fönsterytor och fönsterplacering påverkar på ett direkt sätt projektering, utformning och dimensionering av luftvärmesystemet. Detta innebär att den som ansvarar för projekteringen av luftvärmesystemet skall ha möjlighet att påverka byggnadsutformningen vid såväl småhus som flerbostadshus.

Att beakta

- . Arkitektonisk utformning
 - planform
 - antal våningar
 - lokalhöjder
 - geografisk orientering
- . Typ och placering av fönster
 - typ, form och areor, fönsterbräda
 - solavskärmning
 - geografisk placering
- . Väggar, tak och golv
 - material
 - värmegenomgångstal
 - täthet
 - värmekapacitet
 - areor

Kommentarer

- . Byggnaden skall byggas tät och välisolerad. Otäthetsfaktor ≤ 1 oms/h vid 50 Pa bör eftersträvas för alla byggnader med luftvärmesystem. Tätheten bör vara beständig och isoleringen bör följa kraven som gäller för energisnåla direktelvärmda

småhus (ELAK)

- . Tätheten försämras med åren. När materialet kring fönster och i väggar torkar vidgas de befintliga springorna och det finns exempel på 50%-ig försämring av tätheten redan efter ett par år.
- . Ett tätt och välisolerat klimathölje innebär att tilluftsflödet kan reduceras vilket i sin tur innebär mindre kanaldimensioner och enklare installation
- . Byggande av energisnåla hus ställer ökade krav på arbetsutförandet och kontrollen av detsamma för att kalkylerad energibesparing skall uppnås i verkligheten
- . Om avsedd energibesparing skall uppnås för olika åtgärder måste dessa sättas i sitt totala sammanhang mikroklimat - Luftvärmesystem - byggnad - brukare
- . Stor vikt måste läggas vid utformningen av husets ångspärr för att en god och beständig täthet och en minimal ofrivillig ventilation skall erhållas
- . Täthetskravet skall uppfyllas i varje rumsenhet. Ingen lokal anhopning av läckage får förekomma
- . Ett lätt småhus har en värmelagringskapacitet på ca $75 \text{ Wh/}^{\circ}\text{C,m}^2$, ett medeltungt småhus ca $150 \text{ Wh/}^{\circ}\text{C,m}^2$ och ett tungt småhus ca $225 \text{ Wh/}^{\circ}\text{C,m}^2$.

7.2 Myndighetskrav

Krav på den inre miljön i bostäder regleras av Svensk byggnorm, SBN 1980. Nedanstående checklista innefattar alla de klimatkrav som måste beaktas vid projektering av ett luftvärmesystem.

Att beakta

- . Luftkvalitet
 - föroreningshalter i tilluft
 - filtrering av återluft
 - luftomsättningseffektivitet (krav finns ej idag)
 - forcering av luftflöde
- . Termiskt inomhusklimat
 - riktad operativ temperatur
 - lufthastighet i vistelsezonen
 - golvtemperatur
 - temperaturgradienter
- . Akustiskt klimat

Kommentarer

- . Det termiska inomhusklimatet kan vara tillfredsställande trots dålig luftomsättningseffektivitet

- . Risk finns att övre begränsningstemperaturen överskrids då golvbjälklaget används för luftdistribution
- . Spridning till ett annat rum av såväl illaluktande som hälsofarliga gaser (t ex tobaksrök) eller ämnen skall förhindras, vilket innebär att filter motsvarande filterklass F95 bör övervägas i återluften.

7.3 Dimensionerande utomhusdata

Värmsystem dimensioneras med utgångspunkt från vissa givna data beträffande uteklimatet. Dessa yttre klimatologiska förutsättningar varierar beroende på byggnadens geografiska placering.

Att beakta

- . Geografisk belägenhet
- . Terrängförhållanden
- . Byggnadens orientering
- . Temperaturförhållanden
 - min utetemperatur
 - max utetemperatur
 - dimensionerande lägsta utetemperatur
 - dimensionerande högsta utetemperatur
 - utetemperaturens dygnsvariation
 - utetemperaturens varaktighetskruva
- . Vind
 - dimensionerande vindhastigheter
 - förhärskande vindriktning
 - medelvindhastigheter
- . Solinstrålning

Kommentarer

- . Observera att i SBN 1980 angivna formfaktorer för vindtryck är avsedda för beräkning av vindlaster och ej för luftläckningsberäkningar
- . Vindar med lång varaktighet är av större betydelse än sådana med kortvariga hastighetstoppar vad beträffar luftläckning
- . Den dimensionerande lägsta utetemperaturen (DUT) är beroende av byggnadens tidskonstant. Planverket har tagit fram ett preliminärt förslag till en beräkningsmetod för dimensionerande utetemperatur som funktion av byggnadens tidskonstant, se Svensson (1983). Den allmänna regeln för dimensionerande värmeeffektbehov är att ju högre tidskonstant och ju högre värden på internlaster desto lägre blir effektbehovet för byggnaden

$$DUT = EUT + \frac{3}{T - \exp(-t/R)}$$

$$R = \frac{\sum M \times C_p}{T + V}$$

- R = byggnadens tidskonstant (h)
 M = de olika byggnadsdelarnas massa (kg)
 C_p = de olika byggnadsdelarnas värmekapacitet (Wh/°C,kg)
 T^p = byggnadens transmissionsfaktor (W/°C)
 V = byggnadens ventilationsfaktor (W/°C)
 t = betraktad dygnsperiod
 EUT = extrem utetemperatur (hänförd till viss dygnsperiod.
 Vid EUT 3 är t = 3 x 24 h = 72 h)

7.4 Dimensionering, utförande och val av komponenter

Luftvärmesystemet omfattar all utrustning som erfordras för behandling och distribution av luft till en lokal samt även all utrustning som erfordras för evakuering av luften. I systemet ingår även utrustning för värmeväxling samt styr- och reglerkomponenter.

Funktionen hos ett luftvärmesystem beror i hög grad på ingående komponenters kvalitet, det totala systemets kvalitet och beständighet samt i hög grad principerna för installationernas förläggning. Placering av luftdon samt dragningarnas principiella förläggning i kombination med fläktarnas arbetskurvor är avgörande för att stabila och projekterade flöden skall erhållas.

Luftvärmesystemets dimensionering

Att beakta

- . Erforderlig luftväxling
- . Lägsta dimensionerande frånluftsflöde
- . Uteluftsflöde
- . Dimensionerande värmebehov

Kommentarer

- . För ett normalstort (110 m²) småhus som uppfyller energisparkraven för direktelvärmes blir den dimensionerande utetemperaturen i Stockholmsklimat ca -13°C enligt Planverkets nya beräkningsmetod, Svensson (1983).
- . Uteluftsflödet skall vara möjligt att inreglera till 100% av frånluftsflödet (forceringsflödet oräknat).
- . Vid beräkning av erforderligt värmebehov skall hänsyn tagas till tillgänglig gratisvärme.
- . Olika utrymmen har olika krav på luftväxling vilket måste beaktas vid dimensioneringen.

- . Systemet bör planeras så att rimliga variationer i användningen kan ske utan större olägenheter.
- . Anpassning till enskilda rums värmebehov kan erhållas genom eftervärmning av luften i tilluftsdonen.
- . För att motverka temperaturskiktningar bör inblåsningstemperaturen inte överstiga 30-35 °C.

Kanalsystemet

Att beakta

- . Ljud
- . Täthetsklass
- . Isolering
 - värme
 - brand
 - kondens
- . Förläggning

Kommentarer

- . I uppvärmda utrymmen bör kanaler utförda i täthetsklass C enligt VVS AMA 1983 användas. För övrigt bör kanaler vara av minst täthetsklass B.
- . Av- och utluftskanalerna skall kondensisoleras i varmt utrymme.
- . Kanalförläggningen bör i så stor utsträckning som möjligt ske på den varma sidan om klimatbarriären för att undvika energiförluster. Vid förläggning i uppvärmt utrymme bör min 150 mm isolering användas.
- . Rör- och kanaldragningar genom husets tätskikt bör undvikas. Där genomföringar är oundvikliga måste ordentlig tätning ske med hjälp av plast eller gummikragar som monteras på kanalen och tejpas eller limmas mot ångspärren.
- Kanalernas isolering får ej spännas med t ex ståltråd så hårt att den blir ihoptryckt.
- Dimensionerande lufthastighet kan tillåtas variera i systemet och är främst knuten till accepterade ljudnivåer. Nedanstående lufthastigheter bör ej överskridas av ljudskäl.

| | |
|---|-------|
| kanal fram till icke ljuddämpat tilluftsdon | 3 m/s |
| frånluftskanaler | 4 m/s |
- Undvik i möjligaste mån dimensionsförändringar och sidodragningar p g a ljudalstring.
- Förhindra ljudstörningar genom en förnuftig placering av

aggregatet t ex ej i omedelbar anslutning till sovrummet.
Vid behov installeras ljuddämpare i kanalsystemet.

- För att erhålla en kort och enkel kanaldragning bör ett villaaggregat placeras centralt men ändå i ett sekundärt utrymme.
- Då donen ej är försedda med mätuttag, se till att normenliga mätsträckor erhålles så att mätning och injustering enkelt kan göras.
- Plaströr är ett bra alternativ till spirokanaler. Plaströren har fördelen att vara enkla att kapa och skarva. Brandkrav och beständighet måste dock särskilt beaktas.
- Flexibla kanaler bör endast användas i undantagsfall bl a på grund av dålig hållfasthet och beständighet samt hög ljudalstring.
- . Då bjälklaget används för distribution av luft avges värme till golvet. Om inte golvet isoleras kan problem med värmeförsörjningen uppstå i de längst bort belägna rummen. Även god täthet är svårt att uppnå.
- . Kanal förlagd i bjälklaget skall isoleras så att värmeavgivningen neråt i bjälklaget minimeras.
- . När stora luftflöden erfordras kan det av ljudtekniska skäl och för utrymmets skull vara en fördel att dra två parallella kanaler.
- . Kanaler bör vara isolerade från byggnadsstommen och ej direkt ingjutna. Viktigt att kontrollera tillgänglig bjälklagstocklek.

Luftdon

Att beakta

- . Tryckfall
- . Kastlängd
- . Ljudnivå
- . Injusteringsmöjligheter
- . Luftflöde
- . Utseende
- . Placering

Kommentarer

- Stor vikt måste läggas vid placering och utformning av till- och frånluftsdon för att en god luftomsättningseffektivitet skall erhållas.

I praktiken ger inblåsning uppåt vid fasadvägg och frånluft vid tak i bakkant den bästa effektiviteten och stabiliteten samt dessutom erhålles en god temperatutfördelning om inte luftomsättningen är alltför låg ($>1,5$)

- Inblåsningstemperaturen skall aldrig överstiga +50°C. Högre temperatur innebär kraftiga temperaturskiktningar.
- Vid bakkant inblåsning erhålles bästa resultatet om donets kastlängd är lika eller litet mindre än den fria rumslängden. Är kastlängden längre ökar risken för kallras.
- Vid framkantigblåsning vid tak bör övertemperaturen maximeras till 8-10°C för att undvika kraftiga temperaturgradienter.

7.5 Dokumentation

Det är nödvändigt med en ganska omfattande dokumentation i samband med projektering och installation av ett luftvärmesystem. Dokumentationen skall utgöra en redovisning av förutsättningarna för luftvärmearläggningens användning, utformning, funktion och prestanda. Väsentliga skäl till att dokumentationen skall sammanställas är t ex

- som underlag vid ombyggnad eller ändringar.
- som specifikation av anläggningens börvärden som är nödvändiga vid senare kontroller.
- som instruktion för brukaren beträffande drift och skötsel.

Att beakta

Dokumentationen skall omfatta:

- . Byggnad
 - byggnadsritningar
 - energiförsörjning
- . Installationer
 - installationsritningar för respektive fack (vvs, el)
 - beskrivning för respektive fack
 - flödesscheman
 - relationshandlingar
- . Tekniska prestanda
 - yttre klimatförutsättningar
 - krav på luftkvalitet
 - termiska krav
 - krav på buller och belysning
 - tekniska prestanda garantier
 - tekniska data på aggregatinstallationer
- . Tekniska beräkningar, inre miljön
 - värmebalans
 - luftflödesbalans
 - föroreningsbalans
- . Drift och underhåll
 - skötselinstruktioner

Kommentarer

- . En förutsättning för att ett installerat luftvärmesystem skall fungera och uppfylla ställda krav är att utrustningen underhålls och kontrolleras.
- . Brister i underhåll resulterar i bl a
 - igensättningar i kanaler, filter, värmebatterier, värmeväxlare, don m m och därmed reducerad kapacitet.
 - försämrad miljö
 - högre driftkostnader
- . För att underlätta skötseln skall instruktioner för drift och underhåll framarbetas. De skall utgöra en bruksanvisning med lättfattliga bilder som klargör hur anläggningen skall drivas för att uppnå bästa möjliga funktion.
- . De boende skall informeras beträffande reglermöjlighet, funktion och energibesparing.

7.6 Mätning

Mätning av luftvärmesystemets kapacitet och prestanda skall utföras inte enbart i samband med anläggningens idrifttagande utan även vid senare tillfällen för att kontrollera dess funktion.

Att beakta

- . Mätsträckor
- . Mätmetod
- . Atkomlighet
- . Mätparametrar

Kommentarer

- . Projektera för mätning. Tänk på att det krävs kontinuerliga mätningar.
- . Om injusteringsarbetet skall kunna genomföras tillfredsställande och inom rimlig tid förutsätts att planeringen av injusteringen börjar redan på projekteringsstadiet.
- . De parametrar som i första hand skall kunna mätas är luftflöde, lufttemperatur, tryck, tryckfall och luftrörelser i de olika rumsenheterna.
- . Hela den kalkylerade energibesparingen kan gå till spillo på grund av brister i inreglering.
- . Det skall finnas möjlighet att kontrollera att det finns tillräcklig spänning i den elektrostatiske avskiljaren.

Luftvärmesystem har visat sig vara ett mycket intressant alternativ jämfört med andra uppvärmningssystem vad gäller möjligheterna till anpassning till de framtida funktions- och myndighetskrav som kan ställas i fråga om flexibilitet, termiskt klimat, luftkvalitet, energihushållning m m samt möjligheter till ytterligare utveckling av tekniken.

Systemet har i olika former tillämpats i många år men står i och med det ökade intresset inför en intensiv utvecklingsperiod, speciellt vad gäller tillämpningar inom flerbostadshus. Följande bedöms vara angeläget att utveckla:

- aggregat och hela system dimensionerade och anpassade för flerbostadshus.
- tilluftsradior med elvärme för att möjliggöra individuell rumsreglering.
- spjäll med regulator för att automatiskt påverka tilluftsflödet.
- system för inreglering.
- systemlösningar med utnyttjande av alternativa energikällor, t ex solvärme.

Förutom ren produktutveckling krävs ytterligare mätningar i experimentbyggnader, bl a för att ge svar på:

- Hur tätt måste ett hus vara för att luftvärme skall vara ett intressant alternativ?
- Ventilationseffektivitetens beroende av luftflöde och lufttemperatur för olika systemutformningar.
- Hur skall ett system med luftdistribution i bjälklaget och värmeavgivningen från såväl golv (eller tak) som tilluft utformas för att utgöra ett optimalt system?
- Vilken systemutformning är fördelaktigast vid flerbostadshus såväl från ekonomisk som klimatmässig synpunkt?
 - . ett separat aggregat per lägenhet
 - . centralaggregat och återluftsaggregat
 - . centralaggregat och cirkulationsaggregat

9 LITTERATUR

- Abel, E m fl, 1978. Ofrivillig ventilation - förutsättningar och betydelse för byggnaders värmebalans. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R34:1978, 101 sid. Stockholm
- Adamsson, Bo, 1976. Lätta konstruktioner - bra eller dåligt för inomhusklimatet. (Industrigruppen för lätt byggeri), 32 sid. Västerås
- Ahlgren, A och Malmström, T-G, 1983. Klimatisering av kontorsrum. (KTH, Inst för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik) Tekniskt meddelande nr 259, 86 sid. Stockholm
- Andersson, K A, Petterson, U, 1979. Luft - Luftvärmepumpar i småhus. Fältundersökning i Viksjö, Järfälla. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R75:1979, 107 sid. Stockholm
- Andersson, L-O, Isfält, E, 1980. Temperaturstegring på dagen ger gratisvärme för natten. VVS 1980 nr 5-6, sid 37-40 och 64. Stockholm
- Andersson, H, Miettinen, T, 1981. Frånluftsvärmepump för småhus. VVS 1981 nr 3, sid 54-57. Stockholm
- Arman, R, 1978. Småhusuppvärmning med luftburen värme. Byggnadsindustrin nr 31, sid 2-24. Stockholm
- Backman, L, Krantz, P, 1982. Formfaktorns betydelse för inomhusklimat och energibehov i ett flerbostadshus. (Statens råd för byggnadsforskning) Anslagsrapport 821384-6, 68 sid. Stockholm
- Bagge, J, 1982. Fakta om luftburen värme i småhus i Finland. Byggnadstidningen nr 20, sid 12. Stockholm
- Bagge, J, 1981. Projekteringserfarenheter av luftburen värme i småhus. VVS 1981 nr 4, sid 39-41. Stockholm
- Bankvall, C, 1981. Byggnadskonstruktioners värmeisoleringsförmåga. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport T18:1981, 60 sid. Stockholm
- Björk, C, 1983. Huset som energisystem. Linköpings tekniska högskola, Inst. för energiteknik. 95 sid. Linköping
- Boman, C A, Siden, L, 1981. Värmepumpsystem med luft som värmekälla. Energibesparing sex villor i Hudiksvall. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R125:1981, 32 sid. Stockholm
- Bovin, J, Jacobsson, S, 1980. Varmluftsuppvärmning av flerbostadshus. Förstudie. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R152:1980, 24 sid. Stockholm
- Brännström, H, 1983. Drift- och skötselinstruktioner. VVS och Energi 1983 nr 6, sid 42-44. Stockholm

- Börresen, B, 1982, Hur man beräknar Tempo. VVS 1982 nr 2, sid 66-67. Stockholm
- Carlsson, B, Elmroth, A, Engvall, P A, 1979, Lufttäthet och värmeisolering. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport T24:1979, 147 sid. Stockholm
- Dafgård, N, 1980, Intermittent uppvärmning, nattsänkning. (KTH, Inst. för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik) A4-serien nr 22, 140 sid. Stockholm
- Eek, H, 1978, Sol, Luft och Värme - erfarenheter från projektering och byggnader av ett energisnålt hus. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport T13:1978, 105 sid. Stockholm
- Eek, H, 1981, Solvärt småhus. Utvärdering av ett solvärme-system med luft som värmemedium. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R78:1981, 78 sid. Stockholm
- Ekman, H, 1982, Luftburen värme borde förbjudas. Byggnadstidningen 1982 nr 15, sid 6. Stockholm
- Enarsson, K, 1980, Nya kanaltyper för Luftburna uppvärmnings-system. Undersökning av metoder att värma taket i villor med luft. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R167:1980, 41 sid. Stockholm
- Enström, H, Göransson, A, Lönnemo, B, 1981, Bostadshus med indirekt varmlufts-uppvärmning. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport till forskningsanslag 791228-7, 76 sid. Stockholm
- Gezelius, G, 1980, Finland visar vägen - för luftburen värme VVS 1980 nr 11, sid 89-94. Stockholm
- Hallén, T, 1978, Laboratorieundersökning avseende system för uppvärmning av bostäder med varmluft. (Chalmers Tekniska Högskola. Avdelningen för installationsteknik) Rapport 1978:1, 18 sid. Göteborg
- Hallén, T, 1977, Varmlufts-uppvärmning av bostadshus. (Chalmers Tekniska Högskola. Avdelningen för installationsteknik) Examensarbete 1977:1, 22 sid. Göteborg
- Harrysson, C, 1982, Energibesparande åtgärder inom ventilationsområdet. (Träförädlingsbyrån) Rapport nr 125, 51 sid. Falkenberg
- Isfält, E, Peterson, F, 1974. Val av värmesystem - ett sätt att minska energiförlusten från byggnader. (KTH, Inst. för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik) Tekniskt meddelande nr 29, 22 sid. Stockholm
- Kiiveri, K, 1982, Luftvärmesystem som baserar sig på användningen av Variax-hålbjälklaget (OY Partek AB), 3 sid. Ylöjärvi
- Larm, S, 1979. Beräkningsmetod för den totala ventilationen i en byggnad under påverkan av vind-, termik- och fläktkrafter samt en jämförelse mellan F-system och FT-system för småhus. Fläkt Technical Report TR-S79.001, 25 sid. Stockholm

- Lindroth, J-Å, 1981, Operativ temperatur i bostadsrum med luftvärmesystem. (Chalmers Tekniska Högskola, Avdelningen för installationsteknik) Examensarbete E22:1981, 52 sid. Göteborg
- Lindskoug, N-E, 1979, Täbyprojektet. Delredogörelse februari 1979. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R83:1979, 121 sid. Stockholm
- Luoma-Juntunen, P, Invånarnas erfarenheter av luftuppvärmning. (Arbetseffektivitetsförening), 4 sid. Helsingfors
- Malmström, T G, Öström, J, 1980, Något om lokal ventilations-effektivitet, (KTH, Inst. för Uppvärmning och Ventilations-teknik) A4-serien nr 47, 43 sid. Stockholm
- Malmström, T G, Ohlsson, S, Sandberg, C, 1981, Förutsättningar för energisnål klimatisering av kontorsbyggnader. (KTH, Inst. för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik) Tekniskt meddelande nr 203, 195 sid. Stockholm
- Månsson, L G, 1981, BFR:s satsning på luftburen värme. VVS 1981 nr 4, sid 49. Stockholm
- Nylund, P O, 1980, Byggnaden måste ses som ett totalsystem. (Thréns) Tekniskt meddelande 1980:2, Särtryck ur energimagasinet 1980-1, 4 sid. Stockholm
- Nylund, P O, 1979, Tjyvdrag och ventilation. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport T4:1979, 64 sid. Stockholm
- Peterson, F, 1976, Beräkning av byggnadens energibehov för uppvärmning. (KTH, Inst. för Uppvärmnings- och ventilationsteknik) Tekniskt meddelande nr 99, 18 sid. Stockholm
- Peterson, F, 1980, Dragrisker vid termisk komfort. (KTH, Inst. för Uppvärmnings- och ventilationsteknik) A4-serien nr 44, 36 sid. Stockholm
- Peterson, F, 1980, Planform och energibehov. (KTH, Inst. för Uppvärmnings- och Ventilationsteknik). Tekniskt meddelande nr 169, 103 sid. Stockholm
- Peterson, F, Ahlander, G, 1981, En modell för brukarbeteende och energiförbrukning. VVS 1981 nr 12, sid 54-61. Stockholm
- Railio, J, 1981, Luftburen värme utvärderas i Finland. VVS 1981 nr 4, sid 33-36. Stockholm
- Redegren, N, 1981, Minimikrav på system för luftburen värme. VVS 1981 nr 4, sid 42. Stockholm
- Sandberg, M, 1981, Effektivare ventilation med rätt placerade don. VVS 1981 nr 9, sid 81-84. Stockholm
- Sandberg, M, m fl, 1982, Warm air systems part 1 and 2. (Statens Institut för byggnadsforskning). Meddelande M82:22 och M82:23, 119 och 153 sid. Gävle
- Sandberg, M, 1983, Vad är ett effektivt ventilationssystem. VVS och Energi 1983 nr 1, sid 69-72. Stockholm

Sandberg, M, 1982, Definition of ventilation efficiency and the efficiency of mechanical ventilation systems. 3 rd AIC Conference, Sept 20-23 1982, Paper 13, 22 sid. London

Svensson, S, 1983, Byggnaders dimensionerande värmeeffektbehov. VVS och Energi 1983 nr 4, sid 50. Stockholm

Södergren, D, 1984, Luftburen värme i flerfamiljshus enligt thermohusiden. Delrapport avseende etapp 1. Rapport hänför sig till forskningsanslag 811446-9 från Statens råd för byggnadsforskning till Byggmästargruppen Interfaber AB, 2 sid. Stockholm

Taesler, R, 1972, Klimatdata för Sverige. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport T2:1972, 672 sid. Stockholm

Wallin, V, 1982, Småhus med tung stomme och varmluftsuppvärmning, Delrapport. Rapport hänför sig till forskningsanslag 810437-2 från Statens råd för byggnadsforskning till Tyréns Företagsgrupp AB. Stockholm

Wennström, I, 1979, Luftburen solvärme i småhus. Pilotprojekt i Eslöv. (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport R92:1979, 87 sid. Stockholm

Wiklund, S, 1981, Byggentreprenörens önskelista för luftburen värme. VVS 1981 nr 4, sid 46-48. Stockholm

Bjälklaget fungerar som radiator i "Villa Hultin". Byggnadstidningen 1982 nr 20, 16 sid. Stockholm

Luftbehandlingsordlista TNC 69. 1978, Stockholm

Luftvärmern har framtiden för sig. VVS 1981 nr 4, sid 31-32. Stockholm

Metoder för mätning av luftflöden i ventilationsinstallationer. Nordiska Ventilationsgruppen, (Statens råd för byggnadsforskning) Rapport T32:1982, 67 sid. Stockholm

Statens planverks författningssamling (1980:1) "Svensk Byggnorm 1980", Stockholm

Statens planverks författningssamling (1982:3), Direktelvärm i småhus, lågtemperaturuppvärmning av byggnader m m. "Svensk Byggnorm", Stockholm

Stifab-info, 08-83, 4 sid. Jönköping

Thermohus-Idén. Ett rationellare sätt att bygga småhus i betong och att bo energisnålt. Reklamfolder från Thermobyggen AB, 15 sid. Stockholm

VVS-handboken - Tabeller och diagram 1974, Förlags AB VVS, Stockholm

Värmelagring i betongstommen sparar energi i kontorshus, VVS 1978 nr 9, sid 58-60. Stockholm



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
830145-7 från Statens råd för byggnadsforskning
till Wahlings Installationsutveckling AB, Danderyd.**

R71: 1984

ISBN 91-540-4143-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704071

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

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

Cirka pris: 35 kr exkl moms