

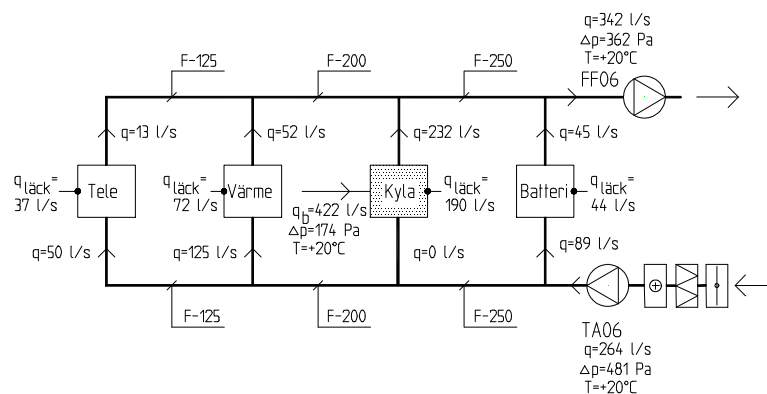
# Skydd mot brand- och brandgasspridning via luftbehandlingssystem, analys av befintliga system

*Håkan Stenlund*

Department of Fire Safety Engineering  
Lund University, Sweden

Brandteknik  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet

Report 5067, Lund 2001



Skydd mot brand- och brandgasspridning via luftbehandlingssystem, analys av befintliga system

**Håkan Stenlund**

**Stockholm 2001**

## Skydd mot brand- och brandgasspridning via luftbehandlingssystem, analys av befintliga system

Håkan Stenlund

### Report 5067

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--5067--SE

Number of pages: 132

Appendix: 3

Illustrations: Håkan Stenlund

### Keywords

Ventilation system, office building, smoke spread, simulation, comparison, fan, surface temperature, performance based, supply exhaust system, elevator shaft

### Abstract

The risk of smoke and fire spread for three ventilation system in an office building in Stockholm has been analyzed. The building was built in 1994 in accordance with former regulations. The analyzes are made performance based with computer simulations.

The following ventilationsystems are analyzed: elevator shaft, office, rooms for technical support. The system serving office fulfills the regulation (old and new regulations) to prevent the spread of smoke and fire.

The two other systems do not fulfills the regulations and ought to be improved and upgraded.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2001.

---

Brandteknik  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 Lund

brand@brand.lth.se  
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60  
Telefax: 046 - 222 46 12

Department of Fire Safety Engineering  
Lund University  
P.O. Box 118  
SE-221 00 Lund  
Sweden

brand@brand.lth.se  
<http://www.brand.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 73 60  
Fax: +46 46 222 46 12

Innehållsförteckning	Sid
<b>1. INLEDNING</b>	<b>8</b>
<b>2. REFERAT</b>	<b>8</b>
<b>3. SYFTE - BAKGRUND</b>	<b>8</b>
<b>4. ALLMÄNNA BRANDTEKNISKA KRAV</b>	<b>9</b>
<b>5. BRANDRISKER OCH INSTALLATIONER</b>	<b>9</b>
5.1 Exempel på bränder i installationer	10
5.2 Riskanalysmetoder	11
5.3 Identifiering av risker	12
5.4 Konsekvenser av brand	14
<b>6. BRANDTEKNISKA KRAV FÖR LUFTBEHANDLINGSSYSTEM</b>	<b>15</b>
6.1 Allmänt	15
6.2 BBR:s krav	15
6.3 Skydd mot brandspridning	15
6.4 Skydd mot brandgasspridning	16
6.5 Tryckfallsmetoden	17
6.6 Brandgasspjäll	18
6.7 Fläktar i drift	18
6.8 Konverterat system	19
6.9 Tryckavlastning	19
6.10 Detektering	19
6.11 Schakt och aggregatrum	19
6.12 Upphängning	20
<b>7. BRANDTEKNISKA KRAV FÖR HISSAR</b>	<b>21</b>
7.1 Hisstyper	21
7.2 Brand i hissinstallation	22

7.3	BBR:s krav	22
7.4	Brandgasspridning mellan hissmaskinrum och hisschakt	22
7.5	Ventilering av hisschakt	22
7.6	Klimatisering av hissmaskinrum	23
<b>8.</b>	<b>BRANDTEKNISKA KRAV FÖR UTRYMNING OCH SKYDDSNIVÅ</b>	<b>24</b>
8.1	Skydd av utrustning	24
8.2	Personskydd	24
<b>9.</b>	<b>BRANDEFFEKT – BRANDFLÖDE – BRANDTRYCK</b>	<b>28</b>
9.1	Brandeffekt	28
9.2	Brandflöde	28
9.3	Brandtryck	29
<b>10.</b>	<b>BERÄKNINGSMETODER FÖR BRANDGASSPRIDNING</b>	<b>30</b>
10.1	Överslagsberäkningar	30
10.2	Alexanderberäkning	35
10.3	Förenklad Alexanderberäkning	35
<b>11.</b>	<b>BERÄKNING AV LUFTENS TEMPERATUR VID FLÄKT</b>	<b>37</b>
11.1	Allmänt	37
11.2	Temperatur vid blandning av luftflöden	37
11.3	Inverkan av temperaturförändringar på friktionstryckfallet	40
<b>12.</b>	<b>BESKRIVNING AV BERÄKNINGSPROGRAM</b>	<b>42</b>
12.1	Beskrivning av PFS	42
12.2	Beskrivning av Gullfibers program	42
12.3	Beskrivning av CFAST	42
<b>13.</b>	<b>BESKRIVNING AV KONTORSFASTIGHETEN KVARTERET SPÅRVAGNEN44</b>	
13.1	Brandtekniska installationer	45
13.2	Beskrivning av luftbehandlingsinstallationerna	45
<b>14.</b>	<b>TILLÄMPNINGSEXEMPEL LUFTBEHANDLINGSSYSTEM TA06/FF06 FÖR TEKNIKRUM</b>	<b>47</b>

14.1	Utredningsmall	47
14.2	Systembeskrivning	48
14.3	Komponentdata	48
14.4	Styr- och övervakning	52
14.5	Skydd mot brandgasspridning - beräkningar	52
14.6	Jämförelse mellan beräkningsmetoder	63
14.7	Brandförlopp - brandeffekt	64
14.8	Skydd mot brandspridning - beräkningar	68
14.9	Känslighetsanalys	73
14.10	Sammanfattning	73
<b>15.</b>	<b>TILLÄMPNING PÅ LUFTBEHANDLINGSSYSTEMET SOM FÖRSÖRJER KONTOR I HUSDEL D (TA01/FA01)</b>	<b>75</b>
15.1	Systembeskrivning	75
15.2	Komponentbeskrivning	75
15.3	Styr- och övervakning	78
15.4	Skydd mot brandgasspridning - beräkningar	78
15.5	Jämförelse mellan beräkningsmetoder	101
15.6	Skydd mot brandspridning - beräkningar	102
15.7	Sammanfattning	102
<b>16.</b>	<b>TILLÄMPNING PÅ HISSAR SOM FÖRSÖRJER HUS B</b>	<b>103</b>
16.1	Systembeskrivning	103
16.2	Komponentdata	103
16.3	Styr- och övervakning	103
16.4	Skydd mot brandgasspridning - beräkningar	105
16.5	Sammanfattning	116
<b>17.</b>	<b>JÄMFÖRELSE MED ÄLDRE DIMENSIONERING</b>	<b>117</b>
<b>18.</b>	<b>ÅTERSTÅENDE ARBETEN</b>	<b>118</b>
<b>19.</b>	<b>LITTERATURSTUDIER</b>	<b>119</b>

**20. REFERENSER****120**

Bilagor:

1. Komponentförteckning
2. Systemskiss, kontor och teknik
3. Principschema för TA06/FF06 och TA01/FA01

## 1. Inledning

Denna projektuppgift tillsammans med föreläsningar i vetenskaplig teori utgör kursen problembaserad brandteknisk riskvärdering 15 p. Handledare har varit professor Lars Jensen vid Lunds tekniska högskola (LTH), avdelningen för installationsteknik. Jag vill här framföra ett stort tack till min handledare för en utomordentlig distanshandledning. Jag har utfört arbetet i Stockholm och kommunicerat med min handledare via e-post, vi har endast träffats ca 3 gånger under arbetets gång.

## 2. Referat

Utredning av risken för brand- och brandgasspridning via tre luftbehandlingssystem i en kontorsfastighet har utförts. Systemen betjänar teknikrum, kontor och hiss. Analysen är utförd med kommersiella program som PFS (ventilationsberäkningar), CFAST (brandförloppsberäkningar) och Gullfibers program (temperaturberäkningar), programmen beskrivs i avsnitt 12. För objektet kan sägas att det saknas beskrivning av krav för hur skyddet mot brand- och brandgasspridning via luftbehandlingssystemen ska utföras. Systemet som försörjer teknikrummen uppfyller ej normens krav för skydd mot brandgasspridning. Funktionen vid brand är principiellt felaktigt utformad och bör därför ändras. Systemet som försörjer kontor är utfört med en schablonmetod som har tillämpats under en längre tid men borttagen från och med 1999. Skyddet är något undermåligt och kan förbättras genom att låta fläktarna vara i drift vid brand. Systemet som betjänar hiss kräver slussar på varje våningsplan den betjänar, slussar finns på flertalet plan vilket gör att skyddet mot brand och brandgasspridning uppfyller normens krav i dessa fall.

## 3. Syfte - bakgrund

Syftet med denna rapport är att dels analysera ett antal luftbehandlingssystem inom en kontorsfastighet med hänsyn till risk för brand- och brandgasspridning, dels att jämföra den äldre dimensionering av skydd mot brand- och brandgasspridning enligt schablon-dimensionering med den funktionsbaserade analysen enligt BBR (Boverkets byggregler) /21/.

Den dimensionering som har tillämpats fram till 1994 och även nyttjas till stora delar fortfarande. Detta beror bland annat på att tillämpningen av de nya reglerna upplevs som komplicerad. Dimensioneringen bygger på SBN (svensk Byggnorm) 75 och 80 /39/ samt kompletterade råd av branschorgan.

Dimensioneringsanvisningarna enligt SBN 75 och SBN 80 samt ”Ventilation – brandskydd – Nybyggnadsregler” /40/ ger detaljerade råd i form av:

### *Brandspridning*

- Isolertjocklekar, och längder för olika brandklasser och dimensioner

### *Brandgasspridning*

- Principlösningar för olika system mm



För schablondimensionering finns ingen koppling till dimensionerande brand och brandförlopp ej heller någon helhetssyn av brandskyddet.

Det nuvarande funktionsbaserade systemet enligt BBR medger mer flexibla lösningar då t ex behovet av brand / brandgasspjäll och isolering kan anpassas till dimensionerande brand och personrisker.

Denna rapport redovisar en funktionsbaserad analys av brandskyddet som berör luftbehandlingsinstallationerna för tre system i kvarteret Spårvagnen, en kontorsfastighet i Stockholm. Byggnaden är projekterad enligt äldre normer, NR (Nybyggnadsregler) /38/ där schablondimensionering tillämpats. Vid analysen har tonvikten lagts vid luftbehandlingssystemen.

Vid analysen har handberäkning och datorprogram utnyttjats.

#### **4. Allmänna brandtekniska krav**

Byggnaders brandskydd bestäms av byggnadsverkslagen, BVL /48/, där bland annat tekniska egenskapskrav (behandlas i boverkets tillämpningsregler BBR), typgodkännanden och tillverkningskontroll anges.

Brandkravens syfte redovisas i BVF /49/, byggnadsverksförfattningen, där anges att byggnadsverk ska vara projekterade och utförda på ett sådant sätt att:

- Byggnadsverkets bärförmåga kan bestå under en bestämd tid
- Utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas
- Spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas
- Personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt
- Räddningsmanskapets säkerhet vid brand beaktas

De grundläggande brandskyddskraven hänförs till den brandtekniska byggnadsklassen. Kraven bestäms av:

- Våningsantal
- Byggnadsarea
- Verksamhet

Det finns tre brandtekniska byggnadsklasser:

Br1, Br2 och Br3 där de högsta kraven ställs på Br1 byggnader. Som Br1 byggnader räknas i huvudsak byggnader med 3 eller fler våningsplan. Den brandtekniska byggnadsklassen bestämmer bland annat krav på bärverk, brandcellskiljande väggar och ytskikt.

#### **5. Brandrisker och installationer**

För att bilda sig en uppfattning om risker och dess inverkan bör någon form av riskanalys utföras. Riskanalys innebär en systematisk identifiering av riskkällor i ett definierat (avgränsat) system samt en värdering av riskerna. Fortsättningsvis behandlas

enbart brandrisker för byggnaders installationer. Brandrisker kan naturligtvis inte enbart avgränsas till installationer utan är även beroende av verksamheten och de människor som vistas där. En studie av följande installationer har utförts:

- Luftbehandlingsinstallationer
- Värmeinstallationer
- Sanitetsinstallationer
- Kylinstallationer
- Styr- och övervakningsinstallationer
- Skyddsventilation
- Sprinklerinstallationer
- Elinstallationer
- Teleinstallationer
- Hissinstallationer
- Automatiskt brandlarm (utrymningslarm)
- Reservkraftinstallationer
- Gasinstallationer

I de flesta fall föreligger brandriskerna inom tekniska utrymmen som fläktrum, undercentral för värme, kylcentral mm där utrustning som motorer, apparatskåp och brännbara ämnen i huvudsak är belägna.

Resultaten av identifieringen redovisas i avsnitt 5.7.

Systemet som ska analyseras definieras av de ovan uppräknade installationssystemen för kommersiella byggnader som kontor, butiker mm.

### ***5.1 Exempel på bränder i installationer***

Allmänt är bränder där brandgasspridning skett genom luftbehandlingssystemet dåligt dokumenterade.

Efter intervju med Stockholms brandförsvär, brandingenjör Göran Andersson, framkom en del bränder där brandgasspridning skett via luftbehandlingssystemet.

#### *Brand i servicehus, Gärdet, Stockholm*

Vid brand i soprum spreds brandgaser via sopnedkast till våningar 3 och 5. Sopnedkastluckorna var ej stängda på plan 3 och otäta på plan 5.

#### *Brand i kontorsfastighet, Oxtorget, Stockholm*

Branden startade i ett hissmaskinrum och spreds via hisschaktet ut till trapphuset och därifrån vidare in i kontorsplanen. Brandgasspridning skede till samtliga 5 våningsplan. Hyresgästerna evakuerades.

#### *Brand i servicehus, Stockholm*

Branden uppstod i ett dagrum och kort tid därefter blev ett kontorsrum en bit ifrån rökfyllt. Branden släcktes och lokalerna vädrades ut. Orsaken till den oväntade brandgasspridningen utreddes ej pga brist på resurser och tillgång till ritningar, trolig orsak är dock brandgasspridning via ventilationssystemet.

### *Brand i restaurangkök Hard Rock Cafe, hösten 2000, Stockholm*

Brand i köket medförde att brandgaser transporterades i imkanalen, detta i sin tur gjorde att kanalväggarna upphettades. Utrymmet närmast imkanalen var isolerat med kutterspån, spånen började kola och kanalen deformerades på grund av värmen. Dessa händelser tillsammans gav upphov till kraftig rökutveckling och föranledde brandgasspridning till ovanförhängande våningsplan. Samtliga plan evakuerades genom brandförsvarets försorg.

### *Flygplats, Dusseldorf, Tyskland*

Vid en brand i terminalen på Dusseldorf flygplats 1998 omkom 17 människor. Köldbärrör av plast antändes och orsakade kraftig rökutveckling samt giftiga brandgaser. Brandgasspridning via luftbehandlingssystemet skedde ej men branden belyser risker med brännbara material I Kv Spårvagnen är samtliga köldbärrör utförda av ej brännbart material (koppar).

Brännbara material för luftbehandlingsinstallationer regleras i BBR, se avsnitt 6, för rörinstallationer ställs krav på rörens ytskikt.

## **5.2 Riskanalysmetoder**

Begreppet risk definieras som konsekvens multiplicerat med sannolikhet. Här följer en kort beskrivning av några riskanalysmetoder.

### **Grovanalys**

Grovanalys eller "Preliminary Hazard Analysis" (PHA) syftar till att eliminera risker i ett tidigt skede. Information om systemet som ska analyseras insamlas och risker identifieras. Vidare beskrivs effekterna av de funna riskerna samt hur de kan reduceras.

### **FMEA**

Felmod och feleffektsanalys FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) var en av de första systematiska metoderna för att analysera fel i tekniska system, ursprungligen i militära system. Metoden är i huvudsak en kvalitativ analys där ett system går igen i ett tidigt skede och analyseras med avseende på funktion, felsätt och konsekvens. Systemet delas in i delsystem som kan analyseras separat. Varje delsystem analyseras sedan med hjälp av ett schema där bl a följande redovisas:

- Komponenter
- Felbeskrivning
- Konsekvens av fel
- Gradering av felkonsekvensen
- Felreducerande åtgärd

Sedan görs en analys av helheten där bland annat delsystemens inbördes påverkan framgår.

### **Händelseträd**

Ett händelseträd "Event Tree" är ett logiskt diagram som visar möjliga händelsekedjor. I ett händelseträd studeras en skadehändelse (bashändelse) därefter studeras olika alternativ som kan inträffa efter denna händelse, alternativen kan anges med en

sannolikhet. Slutligen framträder de intressanta slutkonsekvenserna (sluttillstånd). Metoden ger en logisk struktur i analysen och en ordnad dokumentation.

### ***Hazop***

Hazard and Operability Studies (Hazop) kan beskrivas som en felmodsanalys liknande FMEA. Analysen utförs på delsystemnivå där speciella ledord som Ingen, Mer, Mindre, Såväl som, Del av och Motsats utnyttjas. Ledorden har olika betydelse t ex Ingen innebär utebliven funktion och Motsats, avsedd funktion inverterad. En Hazop analys genomförs ofta i grupp med där gruppens medlemmar är specialister inom något område av anläggningen.

### ***5.3 Identifiering av risker***

I detta avsnitt identifieras risker för respektive installationssystem.

#### ***Skadehändelser***

Till varje identifierad risk hör en skadehändelse (riskslag). Generellt kan sägas att skadehändelserna kan ge upphov till brandgasutveckling. För t ex motorbrand, apparatskåpsbrand och brand i korskopplingsstativ utvecklas brandgaser i första hand, apparatskåp kan dock innehålla en ansevärd mängd brännbar plast. Branden kan dock spridas till ett närliggande brännbart föremål med en större brand som följd. Mängden brännbart material i tekniska utrymmen som detta handlar om bör vara begränsad eftersom dessa utrymmen ej får nyttjas som förråd.

Vid heta arbeten kan det mesta hända t ex kan för hissinstallationer hydrauloljan (dock hög flampunkt) antända med en stor brand som följd.

Brandfarliga köldmedier eller andra brandfarliga ämnen som transporteras i skyddsventilationsinstallationer kan ge upphov till explosioner.

#### ***Luftbehandlingsinstallationer***

Identifiering av risker:

- Brand kan uppstå i fläktmotorernas lindningar
- Gnistor från slitna lager eller andra rörliga delar förorsaka en antändning av närliggande föremål
- Heta arbeten (i huvudsak svetsarbeten) som förekommer dels vid nyinstallation och dels vid service och ombyggnad

#### ***Värmeinstallationer***

Identifiering av risker:

- Brand kan uppstå i pumpmotorernas lindningar
- Heta arbeten

#### ***Sanitetsinstallationer***

Identifiering av risker:

- Brand kan uppstå i pumpmotorernas lindningar
- Heta arbeten

#### ***Kylinstallationer***

Identifiering av risker:

- Brand kan uppstå i pumpmotorernas lindningar

- Heta arbeten
- Läckage av brandfarliga köldmedier
- Kompressorhaveri

Följande köldmedier är klassade som brandfarliga och används frekvent kommersiellt:

- Propan
- Butan
- Ammoniak

### ***Styr- och övervakningsinstallationer***

Identifiering av risker:

- Brand kan uppstå i apparatskåp

### ***Skyddsventilation***

Med skyddsventilation menas i huvudsak ventilation för laboratorier och processer.

Identifiering av risker:

- Brand kan uppstå i fläktmotorernas lindningar
- Gnistor från slitna lager eller andra rörliga delar förorsaka en antändning av närliggande föremål
- Heta arbeten
- Brandfarliga gaser från dragskåp och processer som transporteras i kanalerna kan lätt antändas

### ***Sprinklerinstallationer***

Identifiering av risker:

- Brand kan uppstå i eventuella tryckstegringspumpars motorlindningar
- Heta arbeten

### ***Elinstallationer***

Identifiering av risker:

- Brand kan uppstå i apparatskåp
- Överslag i ställverk

### ***Teleinstallationer***

Identifiering av risker:

- Brand kan uppstå i korskopplingsstativ

### ***Hissinstallationer***

Identifiering av risker:

- Brand kan uppstå i motorlindningar
- För hydraulhissar kan hydraulvätskan som används antändas, risken är dock ej så stor pga hög flampunkt på ca 230°C
- Heta arbeten

### ***Brandinstallationer***

Identifiering av risker:

- Brand kan uppstå i brandtablå

### ***Reservkraftinstallationer***

Identifiering av risker:

- Brand kan uppstå vid läckage av bränsle
- Närliggande föremål kan antändas av hett avgasrör

### ***Gasinstallationer***

Identifiering av risker

- Brand kan uppstå vid gasläcka
- Heta arbeten

### ***5.4 Konsekvenser av brand***

I detta avsnitt analyseras vad och framförallt vem som kan drabbas (riskobjekt) /46/.

BBR skiljer på personrisker och egendomsrisker, det är enbart personrisker som regleras i BBR övriga risker såsom egendomsrisker kan t ex påverka försäkringspremier och kan därför vara av intresse för fastighetsägaren.

#### ***Personrisker***

Som tidigare nämnts så förekommer framförallt brandriskerna i tekniska utrymmen, där vistas personalen sällan och ifall en brand uppstår (förutom explosion) är vederbörande väl förtrogen med installationerna och utrymningsvägar. Riskerna för personal är därför i de flesta fall ej så stora. Risker för övriga som vistas i fastigheter beror av installationerna och dess placering. Vid olyckliga omständigheter kan teknikrum vara så placerade att utrymningsvägar kan påverkas vid brand, varvid även hyresgäster kan drabbas.

#### ***Egendomsrisker***

Egendomsrisker kan bli rätt omfattande vid brand, ifall fastighetens kylsystem berörs kan t ex kylinstallationen för datautrustning slås ut med stora konsekvenser som följd. Vidare kan brandgaser som sprids via otätheter, ventilationssystem mm medföra stora materiella skador och saneringskostnader.

## 6. Brandtekniska krav för luftbehandlingssystem

### 6.1 Allmänt

Vid projektering av luftbehandlingssystem utgör planering av det brandtekniska skyddet en viktig del. Innan en projektering kan starta ska förutsättningarna för fastighetens brandskydd beträffande personsäkerhet (utrymning) och skydd mot brandspridning utformas. En nivå för det brandtekniska skyddet fastställs. Denna nivå nedtecknas i en brandskyddsdocumentation som ska upprättas för varje objekt och utgör projekteringsunderlag för bland annat utformningen av luftbehandlingsinstallationen och visar hur denna är en del av det brandtekniska skyddet. Byggherren ansvarar för att fastighetens brandtekniska skydd uppfyller en för byggnaden god totallösning.

### 6.2 BBR:s krav

I BBR avsnitt 5:652 ”Skydd mot brandspridning”, sägs bland annat följande:

”Luftbehandlingsinstallationer som går igenom brandavskiljande byggnadsdelar, skall utformas så att den brandavskiljande förmågan upprätthålls”. I BBR avsnitt 5:653 ”Skydd mot spridning av brandgas”, sägs följande:

”luftbehandlingsinstallationer skall utformas så att ett tillfredsställande skydd mot spridning av brandgas mellan brandceller erhålls”.

I rådtext anges sedan att tillfredsställande skydd kan erhållas genom:

- att ventilationssystem är separata för varje brandcell ända ut till det fria
- speciella tryckavlastande anordningar
- att brandgaser tillåts komma in i ventilationssystemet men systemet utformas så att brandgasspridning mellan brandceller förhindras eller avsevärt försvåras beroende på lokalernas utformning och verksamhet.

I BBR anges inte vad det innebär att ”avsevärt försvåra brandgasspridning”. Möjligheter till utrymning vid brand får dock ej försämrats.

### 6.3 Skydd mot brandspridning

Luftbehandlingssystem ska ej medföra ökad risk för brandspridning.

En vägg, som utgör brandcellsgräns, skall vara lika säker vare sig det går installationer genom väggen eller inte. Därför skall kanalgenomföringar utföras så att konstruktionens brandtekniska klass inte försämrats. Brandavskiljningen ska vara isolerande och tät under den tid som konstruktionens brandtekniska klass anger.

#### *Normkrav*

Enligt Boverkets riktlinjer för typgodkännande gäller:

#### *Isolering (I)*

Kravet på isolering avser maximal temperaturstegring på den från branden exponerade sidan. när väggen vid brandprovning utsätts för en i standard (SS-EN 1364-1, icke bärande väggar, SS-EN 1365-1 bärande väggar) fastställd brandbelastning.

Kravet på isolering delas in i följande grupper:

- Grupp 1            Medeltemperaturstegring +140°C (Praktiskt innebär detta en ytemperatur av 160°C vid normal rumstemp +20°C)  
                         Maximal temperaturstegring på enstaka punkt +180°C

Grupp 2	Medeltemperaturstegring +280°C Maximal temperaturstegring på enstaka punkt +330°C
Grupp 3	Inga krav

För väggar i brandteknisk klass och kanaler gäller krav enligt grupp 1.

#### *Täthet (E)*

Kravet på integritet (täthet) bedöms uppfyllt om byggnadsdelen

1. Inte släpper igenom mer än enstaka lågor med en längsta varaktighet av 10 s
2. Inte släpper igenom varma gaser eller rök som kan antända en bomullstuss
3. Inte kollapsar

Skydd mot brandspridning via luftbehandlingssystemet kan erhållas genom någon av följande åtgärder

- Kanalerna isoleras vid brandcellsgenombrott för att på så sätt minska yttemperaturen hos kanalen till lägre värde än +140°C och därmed risken för antändning av närliggande byggnadsdelar och inredning
- Kanalerna förläggs med erforderligt avstånd, så kallat skyddsavstånd till brännbart material om yttemperaturen är högre än +140°C. Temperaturen tillåts öka beroende av vilket skyddsavstånd som tillämpas, ju högre temperatur kanalen kan bedömas få vid brand, desto större skyddsavstånd krävs.
- Anläggningen utförs med branddämpande åtgärder, i första hand automatisk vattensprinkler. Med total vattensprinkling inom utrymmet behövs normalt ingen brandisolering av kanalerna
- Brandcellerna är avskilda med spjäll i brandteknisk klass EI (brand/brandgasspjäll) i kanal som genombryter brandcellsskiljande byggnadsdel

Observera att då kanalsystemet används för transport av brandgaser, vid till exempel metoden ”fläktar i drift”, se avsnitt 6.7, krävs ökad brandisolering av kanaler därför att yttemperaturen annars kan bli för hög så att brandspridning sker.

#### **6.4 Skydd mot brandgasspridning**

I de fall brandgasspridning via luftbehandlingssystemet påverkar utrymningsmöjligheterna bör en analys utföras som klarlägger om skyddsnivån ”avsevärt försvåra” eller om ”förhindra brandgasspridning” enligt BBR krävs.

”Avsevärt försvåra brandgasspridning” bör tillämpas för lokaler där risker för personskador är liten och utrymningsmöjligheterna goda – vilket man har med två oberoende utrymningsvägar – t ex i kontor, i butiker m fl.

”Förhindra brandgasspridning” bör tillämpas för att hindra brandgaser och tränga in i lokaler där personfaran bedöms som större, t ex utrymningsvägar, lägenheter, vårdlokaler m fl. Se även avsnitt 8.

Sammanställning av tillämpliga metoder för att skydda mot brandgasspridning redovisas i tabell 6.1.



Tabell 6.1; Sammanställning av metoder för skydd mot brandgasspridning

<i>Metod</i>	<i>Förhindrar Brandgas - spridning</i>	<i>Försvårar Brandgas - spridning</i>	<i>Anm</i>
Tryckfalls Metoden 5:1 Brandgas spjäll	X		Metoden bör ej längre tillämpas
Fläktar i drift	X		
Konverterat system	X		
Separata system	X		
Tryck avlastning		X	

Val av metod beror förutom på kraven även av byggnaden och systemens utformning, brandförloppet, brandtekniska installationer mm.

Den brandtekniska utformningen av luftbehandlingssystemet påverkas om t ex brandcellerna betjänas av egna aggregat eller separata kanaler, gemensamma horisontella samlingskanaler som sammanbinder olika brandceller mm.

Vidare inverkar om byggnaden består av en blandning av stora och små brandceller eller jämnstora brandceller.

### 6.5 Tryckfallsmetoden

Tryckfallsmetoden (infördes i SBN 75) syftar till att försvåra brandgasspridning till övriga brandceller.

Rådtexten i BBR94 BFS 1993:57 med ändringar BFS 1995:17 anger att brandgaser som kommer in i gemensamma samlingskanaler ska betydligt lättare gå ut till det fria än i annan brandcell. Funktionsövervakade spjäll på toppen av samlingskanalerna öppnar vid brand och släpper ut brandgaserna till det fria. Förhållandet mellan tryckfallet i den del av kanalsystemet som betjänar endast en brandcell och den del av systemet som utgör gemensam samlingskanal ut till det fria bör vara större än 5:1. Den termiska stignakraften från de varma brandgaserna bidrar till att brandgaserna evakueras. Tryckfallsmetoden bör ej tillämpas på horisontella samlingskanaler. Vid brand ska till- och frånluftsfläktar stoppas, eventuella förbigångsspjäll vid apparater med höga tryckfall, t ex fläktar och spjäll på samlingskanalens topp öppnas så att mesta delen av brandgaserna evakueras ut till det fria. Eventuella förbigångsspjäll ska funktionsövervakas på samma sätt som övervakning av brand-/brandgasspjäll, se under ”brandgasspjäll”.

I BBR BFS 1993:57 med ändringar BFS 1998:38 har metoden utgått och ersatts med: ”- att brandgaser tillåts komma in i ventilationssystemet men systemet utformas så att brandgasspridning mellan brandceller *förhindras* eller *avsevärt försvåras* beroende på lokalernas utformning och verksamhet.” En utredning utförd av Lars Jensen LTH /8/, visar att tryckfallsmetoden är undermålig som metod för att avsevärt försvåra brandgasspridning.

## 6.6 Brandgasspjäll

Brandgasspjäll förhindrar brandgasspridning och brand/brandgasspjäll förhindrar brand- och brandgasspridning. Brandgasspjäll installeras i varje brandcellsgräns enligt fabrikantens anvisningar. Brand/brandgasspjällen ska vara typgodkända. Typgodkända spjäll redovisas i Boverkets Godkännandelista B1 som utges av Svensk Byggtjänst.

Spjällen ska uppfylla följande:

- Högsta läckluftflöde om  $40 \text{ l/s m}^2$  spjällarea vid trycket 100 Pa
- Stängningsförmåga vid lufthastigheten 15 m/s
- Stängningshastigheten bör vara sådan att spjället är helt stängt senast efter 20 s
- Spjällets brandtekniska klass bör vara E (brandgasspjäll), alternativt brandteknisk klass EI med temperaturkrav enligt grupp 1 på den från branden vända sidan (brand/brandgasspjäll)
- Spjället manövreras av ställdon och styrs av rökdetektor som placeras på ett för ändamålet lämpligt sätt
- Spjället är anslutet till ett övervaknings- och kontrollsystem

I Boverkets allmänna råd ställs krav på att spjällen funktionsprovas en gång var 48:e timme via ett kontrollsystem som är så anordnat att felfunktion omedelbart indikeras.

## 6.7 Fläktar i drift

### *F-system*

För frånluftssystem med separata kanaler och samlingslåda (företrädesvis bostäder) med fler än fyra jämnstora brandceller kan principen för fläktar i drift ofta väljas som skydd för brandgasspridning utan ytterligare utredningar. Det brandtryck som krävs för att erhålla brandgasspridning blir i ett sådant fall orimligt högt, kontroll av drifttemperatur för fläkten måste dock utföras.

### *FT-system*

Generella dimensioneringsråd vid brandgasspridning är svåra att ge, varje system kräver en egen analys enligt avsnitt 10 där samtliga data för systemet är kända. Dimensionering av brandisolering mot brandspridning bör ske med hänsyn till den förhöjda temperaturen i kanalerna som sker vid transport av heta brandgaser.

Följande synpunkter bör dock beaktas:

- Metoden är ej lämplig med olika brandceller där en brandcell har ett stort luftflöde som dominerar totalflödet, då brand i en sådan kan ge höga temperaturer i kanalsystemet och fläkten
- Tryckfallet över don och anslutningskanal bör vara högre än kanaltryckfallet
- Samtliga komponenter i systemet som fläktar, dukstosar mm ska klara den förhöjda temperaturen vid brand under föreskriven tid
- Fläktar med bakåtböjda skovlar bör väljas, fläktar med framåtböjda skovlar kan överbelastas vid brand och effektbehovet kan då öka obegränsat
- Elförsörjningen till fläkten ska säkras under hela brandförloppet

### **6.8 Konverterat system**

Konverterat system innebär att tilluftssystemet görs om till frånluftssystem och systemet är i drift under hela brandförloppet. Systemet kräver en liknande analys som för systemet med ”fläktar i drift”.

Dessutom bör följande synpunkter beaktas:

- Tvärströmning mellan kanaler i ej branddrabbade utrymmen, det vill säga att brandgas sugas genom rummet från den ena kanalen till den andra på grund av obalans i systemet och hur tät byggnaden är
- Undertryck uppstår i lokaler på grund av att endast frånluft förekommer och ersättningsluft erhålles ej i tillräcklig omfattning. Problem med att öppna dörrar får ej uppstå, maximal kraft för att öppna en dörr för utrymning får ej överstiga 130 N (risken finns framförallt i lokaler med stora luftflöden)

### **6.9 Tryckavlastning**

Tryckavlastning innebär att brandgasspridning försvåras, exempel på tryckavlastning är uteluftsdon i fasad för F system. Tryckavlastning i kombination med annan metod, tex ”fläktar i drift”, kan förhindra brandgaspridning.

### **6.10 Detektering**

Tidig detektering av brandgaser är viktigt för att uppnå ett fullgott skydd.

Detektering av brandgaser sker vanligtvis med kanalplacerade detektorer, finns ett heltäckande brandlarmsystem, som helst bör tillhöra fastigheten, räcker detta för att aktivera skyddsfunktioner i luftbehandlingssystemet och kanalplacerade detektorer krävs ej. En lämplig detektor för de flesta typer av brandgaser är en joniserande detektor som aktiveras av små osynliga partiklar. Detektorn får ej placeras nära storkällor som t ex böjar, påstick, fläktinlopp mm. Placeringen av detektorn får ej medföra att utspädningen av brandgasflödet bli för stort, högst 10-20 gånger. Vid beräkning av utspädning kan brandcellernas normala flöden användas. En detektor som stoppar fläkten bör placeras i uteluftskanalen för att undvika att brandgaser utifrån sprids vidare i kanalsystemet. Detektorerna ska placeras åtkomliga och vara försedda med fellarm. Larmöverföring bör ske till övervakad plats och till fastighetens styr- och övervakningssystem, dock ej i normalfallet till räddningstjänsten.

### **6.11 Schakt och aggregatrum**

Schakt kan utföras öppna eller slutna, vid öppna schakt förläggs brandcellsgränsen i schaktväggen. I slutna schakt förläggs brandcellsgränsen i bjälklaget och schaktväggarnas brandtekniska klass kan tillgodoräknas som ”utflyttad kanalisolering”. Aggregatrum utförs till stor del beroende av schaktens och anslutande kanalers utformning.

Till- och frånluftsinstitutioner i samma schakt ska vidare avskiljas i brandteknisk klass EI 15 alternativt förläggas med ett fritt avstånd av 0,1 m. I blandschakt, det vill säga schakt där rör-, el- och luftbehandlingsinstallationer förläggs tillsammans, tillåts en mindre mängd brännbart material som cellgummiisolering (armaflex) på rörledningar och tomrör för el i plast, eller så avskiljs det brännbara materialet från kanalerna.

### **6.12 Upphängning**

Upphångningsanordningar för kanaler ska klara en belastning av 1 kN som punktlast. Vid brand ska upphångningen även klara den aktuella brandpåverkan. Upphångningar består i huvudsak av gångad pendel med mellanliggande profil (rektangulår kanal) alternativt svep (cirkulår kanal). Exempel på infåstningar för olika brandtekniska klasser anges i /7/.

Observera att även kanaler som är förlagda med skyddsavstånd kråver infåstningar med brandteknisk klass.

## 7. Brandtekniska krav för hissar

Risken för brand- och brandgasspridning vid hissinstallationer är beroende av hisstyp och hissens placering i byggnaden. För hissar med maskinrum i anslutning till schakt eller i schakt, se vidare under "hisstyper", finns en risk för brandgasspridning till angränsande brandceller via hisschakt och till hissorgen. Denna brandgasspridning kan förhindras med hjälp av minimala genomföringar och tekniska installationer som automatisk brandgasventilation av hisschakt, komfortventilation av hissmaskinrum och hisschakt. Dessa installationer ska sedan samverka för att uppnå ett bra brandskydd. Innehållet i detta avsnitt är till stora delar hämtat från /10/.

### 7.1 Hisstyper

I huvudsak finns följande hisstyper:

#### *Hydraulhiss*

Tekniken är i princip den att en växelströmsmotor driver en pump som pumpar in hydraulvätska i en lyftcylinder placerad i schaktet. Ingen motvikt används idag men kan komma till användning för att minska motorns eleffekt. Motvikt är en massa som garanterar linornas ingrepp i drivskivan på linhissar och som dessutom reducerar energiförbrukningen genom att balansera ut korgvikten. Motviken löper i samma schakt som hissorgen. Hissarna måste baxas manuellt eller förses med ventiler som öppnas automatiskt vid strömavbrott för att komma till ett stannplan (nivå som betjänas av hissen). Maskinrummet kan placeras inom en radie av 10 m från schakt och är förbundet med schaktet via en hydraulslang och en kabel. Förbindelsen kan alltså utan problem göras brandgastät då inga rörliga delar finns.

#### *Linhiss*

Drivanordningen för en linhiss utgörs av en växelströmsmotor som driver en drivskiva vilken i sin tur driver linorna. Utföranden finns både med och utan växel mellan motor och drivskiva. Linorna är kopplade till korg och motvikt. Hissarna måste baxas manuellt eller ha reservkraft för att komma till ett stannplan vid strömavbrott. Reservkraftssystem med batteri finns men används i princip inte beroende på att de är underhållskrävande. Maskinrummet kan placeras ovan, vid sedan av eller under schaktet. Dock måste det alltid ligga intill schaktet och hål för linor måste finnas mellan maskinrum och schakt. Linhissar finns också i utföranden utan maskinrum. Antalet varianter är ännu begränsat till vissa storlekar och hastigheter men kommer att öka.

#### *Skruv- och kedjehiss*

Skruv- och kedjehiss drivs av en växelströmsmotor som via en växel driver en mutter eller ett kedjehjul vilken i sin tur klättrar på en skruv respektive kedja. Ingen motvikt används. Hissarna måste baxas manuellt eller ha reservkraft för att komma till ett stannplan vid strömavbrott. Reservkraftssystem med batteri finns men används i princip inte beroende på att de är underhållskrävande. Hissarna har inget maskinrum men de har ett apparatskåp som normalt placeras intill schaktet på nedersta stannplanet. Hisstypen används för långsamgående hissar där inget av övriga drivsystem ger tillräckligt små schaktdimensioner, t ex smalhissar i bostäder.

## **7.2 Brand i hissinstallation**

Brand i hisschakt eller hisskorg kan i huvudsak uppstå vid en anlagd brand. Brand i hissmaskinrum förorsakas i de flesta fall av motor- och apparatskåpsbrand. Den hisstyp som medför de största riskerna vid brand i hissmaskinrum är linhissar med hissmaskinrum beläget under översta stannplan, hisstypen har öppningar mellan schakt och maskinrum. Brandgaser som tränger in i hisschaktet kan spridas till andra våningsplan och brandceller på grund av att schaktdörrarna ej är täta.

## **7.3 BBR:s krav**

I BBR avsnitt 5:676 Hiss, sägs följande om hissar:

”Hisschakt inom egen brandcell skall utformas så att brand eller brandgas inte sprids till andra brandutsatta brandceller, från eller via hisschakten. Hisschakt skall vara placerat inom egen brandcell, såvida hisschaktet inte är beläget:

- helt utanför byggnaden,
- inom eller invid ett trapphus och har schaktdörrar till detta eller utrymning till öppen förbindelse till trapphus, eller
- inom en byggnad vars konstruktion eller utformning i övrigt inte utgör sådant hinder mot brandspridning att ett ökat brandskydd kan uppnås genom att placera hisschaktet i en egen brandcell”.

## **7.4 Brandgasspridning mellan hissmaskinrum och hisschakt**

Brand- eller brandgasspridning, från eller via hisschakt till andra brandceller, kan hindras genom brandgasventilation eller luftsluss mellan hissen och intilliggande brandceller eller brand- och brandgastäta dörrar. Brandgasspridning ska försvåras genom att hålen mellan schakt och hissmaskinrum, normalt fyra stycken, görs så små som möjligt och att komfortventilationen för hissmaskinrummet utnyttjas.

För att förhindra att brandgaser sprids via hisschakt kan en luftsluss anordnas i form av väggar och dörrar i anslutning till hisschaktet. Slussens väggar och dörrar utförs i klass E 30 respektive E-C 30. För att försvåra brandgasspridning kan automatisk brandgasventilation anordnas genom en temperaturtålig fläkt eller termisk brandgasventilation med en lucka, area ca 1 m<sup>2</sup>, i schakttopp, angivna värden är schabloner och en noggrannare analys krävs vid varje enskilt fall där hänsyn tas till brandförlopp, byggnadens höjd, täthet mm.

## **7.5 Ventilering av hisschakt**

Hisschakt ska även ventileras med 8 l/s och m<sup>2</sup> schaktbottenarea enligt BBR avsnitt 6:232 för att erhålla en god luftkvalitet. Tilluft till hisschaktet bör i första hand tas som överluft via hissdörrar. Vid de fall hisschaktet utgör en egen brandcell med luftsluss på varje plan ska slussarna förses med magnetuppställda dörrar. Alternativt kan tilluften tas som uteluft, vilket innebär ett ökat uppvärmningsbehov.

### 7.6 Klimatisering av hissmaskinrum

Utrustning för hissmaskin i form av motor, drivanordningar och elektronik kräver ett visst klimat framförallt begränsningar i temperatur för att fungera tillfredsställande och att tillverkarens garantier ska gälla. För de två dominerande hisstyperna hydraulhissar och linhissar gäller en maximal temperatur av ca + 32°C i hissmaskinrummet, kravet varierar något mellan olika tillverkare. För att undvika vatteninstallationer och därmed risken att läckande vatten skadar den elektriska utrustningen bör hissmaskinrum kylas med luft och eventuella kylbatterier för luften placeras utanför hissmaskinrummet, enbart uteluft kan räcka i vissa fall.

Fläkten startar vid för hög temperatur i rummet och stoppar när temperaturen har uppnått acceptabelt värde.

Exempel: Ett rimligt värde för värmeavgivning är 2 kW vid hissmaskin i drift.

Antag tillåten temperatur i rummet + 32°C och uteluftstemperatur + 27°C

detta ger ett momentant ventilationsflöde  $q$  av:

$$q = P / (\rho c_p \Delta T) = 2 / (1,2 \cdot 1 \cdot 5) = 0,33 \text{ m}^3/\text{s}$$

där

$P$  avgiven värmeeffekt (kW)

$c_p$  är värmekapacitet för luft 1 (kJ/kg°C)

$\Delta T$  är temperaturdifferens mellan rummet och tilluften (°C)

$\rho$  är luftens densitet (1,2 kg/m<sup>3</sup>)

Klimatisering av eget hissmaskinrum bör ske med ett separat system, till exempel temperaturstyrd fläkt, ej samordnat med t ex hissachaktventilationen. Separat system är att föredra på en enkel lösning utan komplicerade styrfunktioner och möjlighet till tryckavlastningar till det fria. Detta flöde ska jämföras med det troliga brandflödet för brand i hissmaskinrum som bedöms till 0,15 m<sup>3</sup>/s enligt avsnitt 16.4. Vidare krävs endast ett flöde av 0,032 m<sup>3</sup>/s för att ventileras ett hissachakt med bottenarean 4 m<sup>2</sup>.

## 8. Brandtekniska krav för utrymning och skyddsnivå

### 8.1 Skydd av utrustning

Vid risk för brandgasspridning till utrymmen med känslig utrustning, bestämmer utrustningens känslighet hur mycket brandgaser som tillåts. Vanligtvis när det gäller datateknisk utrustning och annan elektronik tillåts ingen brandgasspridning. Byggherren redovisar och bestämmer i dessa fall kraven för brandgasspridning, inga myndighetskrav föreligger.

### 8.2 Personskydd

I de fall brandgasspridning påverkar en utrymningssituation ska en analys utföras som klarlägger om skyddsnivån ”avsevärt försvåra” eller om ”förhindra brandgasspridning” krävs. Analysen beror av verksamheten, hur många som utrymmer, antal utrymningsvägar, gångavstånd mm. Se även avsnitt 6. De kriterier som anges i BBR för kritiska förhållanden är följande:

Siktbarhet: rökgasnivå lägst  $1,6 + (0,1 \cdot H)$ , där H är rumshöjden  
 Värmestrålning: en kortvarig strålningsintensitet på max  $10 \text{ kW/m}^2$ , en maximal strålningsenergi på  $60 \text{ kJ/m}^2$  utöver energin från en strålning på  $1 \text{ kW/m}^2$   
 Temperatur: högst  $80^\circ\text{C}$  lufttemperatur

Siktbarheten brukar även anges i fördunkling som uttrycks i obscura och varierar av hur vägledande markering är utförd och om personerna som vistas i lokalen har lokalkännedom eller ej. Som ett riktvärde kan en siktbarhet av 10 m anses godtagbar.

Kriterierna enligt BBR är föga tillämpliga för brandgasspridning via ventilationssystem. Siktbarhet (brandgaser försvarar utrymningen) och toxicitet (brandgaserna är giftiga) är däremot kvantifierbara kriterier. Kravet ”avsevärt försvåra” bestäms av hur mycket brandgaser som tränger in i andra brandceller via kanalsystemet, hur stora dessa berörda brandceller är och hur mycket partiklar och toxiska ämnen brandgaserna innehåller. Detta ger en möjlighet att bedöma sikt försämringen och toxicitet och därmed om skyddsnivån innehålls.

### **Beräkning av kriterier för skyddsnivån ”avsevärt försvåra brandgasspridning”**

Nedan följer ett antal metoder för beräkning av toxicitet och siktbarhet för att på så sätt bedöma om skyddsnivån ”avsevärt försvåra brandgasspridning” är uppfylld.

#### *Beräkning av toxicitet*

Vid brandgasspridning via ventilationssystemet omblandas luften och föroreningarna sprids relativt jämt, två fall är möjliga:

1. System med avluftning av samlingskanaler ovan yttertak, till- och frånluftssystem innehåller brandgaser och fläktar ej i drift, ”tryckfallsmetoden”.
2. Fläktarna är i drift och brandgasspridning sker, metoden ”fläktar i drift”, lokalen ventileras med tilluft som innehåller brandgaser och frånluft med lokalens koncentration av brandgaser.



*Fall 1*

Vid fall 1 ger till- och frånluftssystem en omblandande ventilation och alstring av giftiga ämnen. Föroreningarna kan anses jämnt fördelade i rumsvolymen.

Koncentrationsökningen per tidsenhet från till- och frånluftssystem ges av följande massbalans:

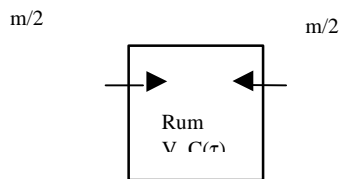
$$VdC = \dot{m}dt \quad (8.1)$$

där:

$\dot{m}$       mängd föroreningar som alstras med till- och frånluft (kg/s)

$V$       rumsvolymen ( $m^3$ )

$C(\tau)$     koncentrationen vid tiden  $\tau$  ( $kg/m^3$ )



Figur 8.1; Princip för fall 1

$$VdC = \dot{m}dt \Rightarrow dC = \frac{\dot{m}}{V}dt \Rightarrow \frac{dC}{dt} = \frac{\dot{m}}{V}$$

integrering ger  $C(t) = \frac{\dot{m}}{V}t + k$

Ekvationen kan lösas med avseende på koncentrationen C vilket ger:

$$\boxed{C(t) = \frac{\dot{m}}{V}t + C(0)} \quad (8.2)$$

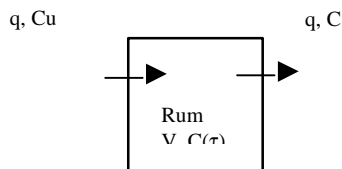
*Fall 2*

För fall 2 med brandgaser (föroreningar) i tilluften och lokalens koncentration av brandgaser i frånluften gäller följande massbalans:

$$VdC = qC_u dt - qCdt \quad (8.3)$$

där:

- $q$  luftflödet, till- och frånluftflödet förutsätts lika ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $V$  rumsvolymen ( $\text{m}^3$ )  
 $C(\tau)$  koncentrationen vid tiden  $t$  ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  
 $C_u$  tilluftens föroreningshalt ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )



Figur 8.2 ; Princip för fall 2

$$VdC = qC_u dt - qCdt \Rightarrow \frac{dC}{C_u - C} = \frac{q}{V} dt$$

Integrering ger  $\ln(C_u - C) = -\frac{q}{V}t + k$

$$C(0) = C_0 \Rightarrow k = \ln(C_u - C_0) \Rightarrow \ln(C_u - C) = -\frac{q}{V}t + \ln(C_u - C_0) \Rightarrow$$

$$\ln \frac{C_u - C}{C_u - C_0} = -\frac{q}{V}t \Rightarrow \frac{C_u - C}{C_u - C_0} = e^{-\frac{q}{V}t} \Rightarrow C_u - C = (C_u - C_0)e^{-\frac{q}{V}t} \Rightarrow$$

Ekvationen kan lösas med avseende på koncentrationen  $C$  vilket ger:

$$\boxed{C(t) = C_u - (C_u - C_0)e^{-\frac{q}{V}t}} \quad (8.4)$$

Tillämpningar på fall 1 och 2, se avsnitt 15.

#### Enkel bedömning av toxicitet

Enligt /13/ har följande uttryck för tillåten brandgasinläckning tagits fram som mått på toxicitet

$$q_{\text{till}} = V 10^{-4} \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (8.5)$$

$q_{\text{till}}$  Tillåtet inläckande brandgasflöde ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $V$  Rumsvolym ( $\text{m}^3$ )

#### Beräkning av siktbarhet /14/

Vid bränder där mycket sot produceras måste förutom toxicitet i brandgaserna även siktförhållandena i lokaler som utsätts för brandgasspridning studeras. Sotmängden är

starkt beroende på vilket ämne som brinner. Vissa gaser som exempelvis gasol bildar nästan inget sot när de brinner medan vissa plaster som exempelvis PVC bildar väldigt mycket sot. Mängden sot som produceras vid en brand är också beroende av syretillgången i brandrummet. Ju mindre syre desto mer sot bildas.

Siktförhållanden kan uppskattas med kännedom om vad som brinner och hur mycket som har brunnit. Beräkningar sker enligt:

$$\frac{D}{L} = \frac{D_0 W_L}{V} \quad (8.6)$$

där:

D/L är ett värde på siktbarheten i enheten obscura. 1 obscura innebär att sikten i rummet är ca 10 meter. Detta värde används ofta som gränsvärde för kritiska förhållanden för utrymning

D<sub>0</sub> är det brinnande ämnets rökpotential (ob\*m<sup>3</sup>/g)

W<sub>L</sub> är massan av det förbrända bränslet (g)

V är volymen i vilken brandgaserna ansamlats (m<sup>3</sup>)

## 9. Brandeffekt – brandflöde – brandtryck

### 9.1 Brandeffekt

Brandeffekten styrs av mängden brännbart material, syretillgång mm. Dimensionerande brand kan bedömas utifrån praktiska försök, mängden brännbart material, statistik eller standardiserade brandförlopp.

I /19/ ges rekommendationer för standardiserade brandförlopp för olika lokaler. Rekommendationerna återges i tabell 9.1.

Tabell 9.1; Rekommenderade brandförlopp för olika verksamheter enligt /19/

Verksamhet	Brandförlopp	Anm
Bostäder	Medium	
Hotell, sjukhem	Fast	
Köpcentra, nöjeslokaler	Ultra fast	
Skolor, kontor	Fast	
Industrier		Bedömes från fall till fall

Exempel på brandeffekter: papperskorg: 100 kW, soffa: 3 MW, fätölj: 2 MW

### 9.2 Brandflöde

När det brinner ökar temperaturen hos den omgivande luften vilket leder till att den utvidgar sig, så kallad termisk expansion. Som exempel kan nämnas att 1 m<sup>3</sup> luft som värms upp från +20°C till + 400°C expanderar till 2,3 m<sup>3</sup>, det vill säga en ökning av 1,3 m<sup>3</sup>, mer än en fördubbling av volymen. Om detta sker på t ex 10 sekunder så medför det en volymutvidgning på:  $(1.3 \text{ m}^3/10 \text{ s}) = 0.13 \text{ m}^3/\text{s}$ . Branden alstrar alltså ett visst flöde, ett **brandflöde**. Det är detta flöde, eller snarare den tryckuppbyggnad som blir resultatet om brandflödet alstras inuti en byggnad, som orsakar att brandgaser sprids via ventilationssystemet. I /9/ har beräkningar med programmet CFAST utförts för ett antal byggnadstyper och rumsvolymer. Samband mellan flöden och rumsvolymer upp till 224 m<sup>3</sup> (hotell) har därefter fastställts med en koefficient f. Koefficienten beskriver den volymetriska utvidgningen med hänsyn till energitillskott och därmed också brandflödet. Beroende av brandens storlek och förlopp expanderar luften olika mycket och med varierande hastighet. I /8/ beskrivs ett förenklat uttryck för beräkning av brandflöde enligt:

$$q_b = 0,28 V^{0,53} \alpha^{0,43} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (9.1)$$

Där

$q_b$  Brandflöde (m<sup>3</sup>/s)

$V$  Rumsvolym (m<sup>3</sup>)

$\alpha$  Tillväxtfaktor enligt NFPA204 som karakteriserar den hastighet med vilken branden utvecklas (kW/s<sup>2</sup>)

Tabell 9.2; Värden för  $\alpha$  vid olika brandhastighet

Brandförlopp	Tillväxtfaktor $\alpha$ (kW/s <sup>2</sup> )
Slow	0,00293
Medium	0,01172
Fast	0,0469
Ultrafast	0,187

Vidare används i vissa sammanhang begreppet kanalbrandflöde. Detta innebär den del av brandflödet som tränger in i kanalsystemet, se även avsnitt 10.3.

### 9.3 Brandtryck

När det börjar brinna orsakar branden ett brandflöde och därmed ett övertryck på grund av att luften i rummet expanderar. Övertrycket ökar frånluftsfördet och pressar brandgaser genom klimarskalet. Vid ett visst tryck pressas brandgaser in i tilluftskanalen och brandgaser sprids via kanalsystemet till övriga lokaler. Brandtrycket beror i första hand av byggnadens täthet, luftbehandlingssystemets utformning och brandens tillväxthastighet och maximala effekt. Praktiska undersökningar av brandtryck i slutna rum redovisas i en rapport upprättad av FOA / 23/. Rummet har en ungefärlig area av  $4 \times 5,5 = 22 \text{ m}^2$  och är utfört i betong med en öppning av 0,25 m i diameter. Brandeffekten varierades mellan 0,9 - 1,2 MW. Resultaten visade att övertrycken i rummet varierade mellan cirka 100 - 250 Pa. Beräkningar som redovisar brandtryck har utförts vid LTH /10/. För ett hotellrum  $4 \times 4 \times 2,4 \text{ m}^3$  och maximal brandeffekt av ca 0,3 MW erhöles ett maximalt tryck av cirka 135 Pa. För beräkningar med brandeffekter > 1 MW erhöles brandtryck över 1000 Pa. Naturligtvis blir brandtrycket lägre i kontorsrum med fönster där otätheterna är större och en tryckavlastning kan ske när fönstren eventuellt går sönder. I utrymmen under marknivå, till exempel teknikutrymmen med tätare konstruktioner i betong kan brandtrycken bli större.

## 10. Beräkningsmetoder för brandgasspridning

Följande metoder är tillämpbara för beräkning av brandgasspridning:

- Överslagsberäkning
- Förenklad Alexanderberäkning
- Alexanderberäkning "Alexanderhugget"
- Datorberäkning med programmet PFS

Där överslagsberäkning är den minst noggranna metoden och datorberäkning den mest noggranna.

Metoderna beskrivs nedan.

### 10.1 Överslagsberäkningar

Överslagsberäkningar skiljer sig mellan till- och frånluftssystem. Lars Jensen, LTH, har beskrivit metodiken i /6/.

Beskrivningen nedan är till stora delar utdrag ur denna rapport.

#### *Frånluftssystem*

I frånluftsventilerade byggnader råder undertryck överallt. Brandgasspridning kan därför bara inträffa när brandflödet har skapat övertryck i delar av systemet ventilation/byggnad. Detta kräver att brandkanalflödet, den del av brandflödet som går in i brandrummets grenkanal, minst ersätter det normala totala flödet i anslutningspunkten, där brandrummets grenkanal ansluter. Vad som inträffar när brandflödet ökar efter hand kan beskrivas som följer. När brandflödet blir något större än det normala ventilationsflödet ändras brandrummets undertryck till övertryck och en del av brandflödet går ut genom uteluftsdon och klimatskal. Med ytterligare ökande brandflöde ökar brandtrycket och övertrycket går förbi frånluftsdonet och vidare i grenkanalen mot anslutningspunkten till resten av kanalsystemet. Gränsfallet, det vill säga när flödet är noll i den andra anslutande kanalen och brandgasspridning på väg att ske, för brandgasspridning inträffar när övertrycket når fram till anslutningspunkten. En ytterligare ökning av brandflödet ger övertryck i den del av kanalsystemet som ligger uppströms anslutningspunkten där brandrummet ansluter. Brandgasspridning sker nu i hela denna del av kanalsystemet.

#### *Överslagsberäkning för frånluftssystem*

Brandflödet som krävs för brandgasspridning kan därför uppskattas utifrån följande uppgifter och med antagande om kvadratiska tryckfall. Sorterna för flöde och tryck kan väljas godtyckligt, förslagsvis enligt nedan.

$q_n$	normalt ventilationsflöde (l/s)
$p_f$	tryckfall för frånluftsdon och grenkanal fram till anslutningspunkt (Pa)
$p_t$	tryckfall uteluftsdon och klimatskal (Pa)
$q_s$	totalt ventilationsflöde i anslutningspunkt (Pa)
$q_b$	brandflöde (l/s)

$p_b$	brandtryck (Pa)
$q_{bl}$	läckflöde genom klimatskal (l/s)

Trycket i brandrummet kan skattas med tryckfallet för totalflödet genom brandrummets grenkanal som följer.

$$p_b = p_f (q_s / q_n)^2 \quad (\text{Pa}) \quad (10.1)$$

Läckflödet till omgivningen beräknas med det skattade brandtrycket som

$$q_{bl} = q_n (p_b / p_t)^{0.5} \quad (\text{l/s}) \quad (10.2)$$

och förenklat som

$$q_t = q_s (p_f / p_t)^{0.5} \quad (\text{l/s}) \quad (10.3)$$

Det totala brandflödet skattas som summan av totalt ventilationsflöde i anslutningspunkten och läckflöde.

$$q_b = q_s (1 + (p_f / p_t))^{0.5} \quad (\text{l/s}) \quad (10.4)$$

Kanaltryckfallet  $p_f$  är normalt flera gånger större än tryckfallet är uteluftsdon och klimatskal  $p_f$ . Detta innebär att läckflödet är större än kanalflödet och därmed också totalflödet. Uttrycket (10.4) visar också att brandflödet är direkt proportionellt mot totalflödet i den anslutande punkten och inte det egna ventilationsflödet.

#### *Sammanfattning, frånluftssystem*

- Brandgasspridning till omgivningen sker när brandflödet är något större än det normala ventilationsflödet.
- Brandgasspridning till andra rum sker när brandkanalflödet är större än totalflödet där brandrummets grenkanal ansluter. Det totala brandflödet är summan av kanalflödet och läckflödet.
- Brandgasen som sprids är utspädd och därmed också okyld.
- Spridningshastigheten kan vara lägre än den normala lufthastigheten.
- Risken för brandgasspridning försvåras med ökande totalflöde. Totalflödet i anslutningspunkten kan påverkas genom att utforma kanalsystemet med en samlingslåda för flera grenkanaler.

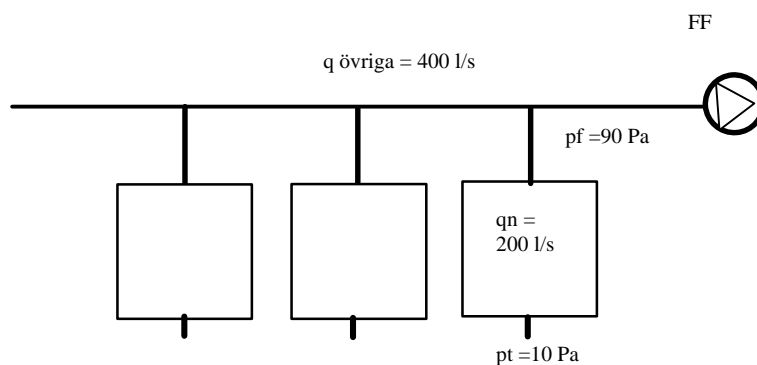
Ett förhållandevis stort totalflöde kan till och med omöjliggöra brandgasspridning genom att brandtrycket enligt (10.1) blir så högt klimatskalet går sönder. Ett enkelglas

med måtten  $1 \times 1 \text{ m}^2$  och tjockleken 4 mm kan under gynnsamma förutsättningar klara upptill 4 kPa. Fönster kan även gå sönder på grund av ojämn och hög temperatur där ca  $350^\circ\text{C}$  anges som en kritisk temperatur. Innan brott inträffar kan lättare vägghkonstruktioner, fönster och dörrar deformeras varvid läckaget ökar betydligt. Ett undantag kan vara inåtgående dörrar och fönster.

#### Exempel frånluftssystem

Beräkna brandtryck och brandflöde för ett rum med ventilationsflöde 200 l/s, totalflöde i anslutningspunkt 600 l/s, grentryckfall 90 Pa och undertryck i rummet 10 Pa.

Beräkna dessutom vilket brandflöde som ger brandgasspridning ut genom uteluftsdon och klimatskal.



Figur 10.1; Exempel frånluftssystem

#### Lösning

Insättning i (10.1) och (10.4) ger brandtrycket

$$p_b = p_f (q_s / q_n)^2 = 90 (600/200)^2 = 810 \text{ Pa}$$

och brandflödet

$$q_b = q_s (1 + (p_f / p_t))^{0.5} = 600 (1 + (90/10))^{0.5} = 2400 \text{ l/s.}$$

Observera att detta är en enkel uppskattning och det verkliga brandflödet och brandtrycket måste vara högre för att brandgasspridning skall kunna inträffa.

#### Från- och tilluftssystem

Gränsfallet för brandgasspridning i tilluftssystem är när brandrummets tilluftsflöde är noll. Detta innebär att brandtrycket i rummet är lika med trycket i anslutningspunkten. En mycket enkel tumregel är därför att anta att brandtrycket för gränsfallet är lika med det normala

övertrycket i anslutningspunkten för brandrummet. På grund av brandrummets mottryck och minskande flöden och tryckfall i kanalsystemet i övrigt kommer det verkliga brandtrycket att vara något högre än detta normalvärde. brandgasspridning i



tilluftssystem innebär att det normala ventilationsflödet skall vändas och att brandgasspridning sker till alla rum anslutna nerströms brandrummets anslutningspunkt. Någon spridning via frånluftssystemet sker inte i ett från- och tilluftssystem eftersom brandtrycket för spridning i tilluftssystemet är mycket lägre än det som krävs för spridning i frånluftssystemet. Detta innebär också att brandgasspridning sker mycket lättare i från- och tilluftssystem än i ett frånluftssystem. Gränsfallets brandflöde kan uppskattas utifrån följande uppgifter och med antagande om kvadratiska tryckfall. Sorterna för flöde och tryck kan väljas godtyckligt, förslagsvis enligt nedan.

$q_n$	normalt ventilationsflöde (l/s)
$p_t$	tryckfall tilluftgrenkanal fram till anslutningspunkt (Pa)
$p_f$	tryckfall frånluftgrenkanal fram till anslutningspunkt (Pa)
$q_b$	brandflöde (l/s)
$q_{bi}$	kanalbrandflöde (l/s)
$p_b$	brandtryck (Pa)
$q_{bl}$	läckflöde genom klimatskal (l/s)

Trycket i brandrummet kan skattas med tryckfallet för tilluftgrenkanalens tryckfall.

$$p_b = p_t \quad (\text{Pa}) \quad (10.5)$$

Kanalbrandflödet i frånluftsgrenen eller brandflödet för ett slutet system utan läckor kan beräknas med antagande om att trycket i de två anslutningspunkterna där tilluftgrenkanal och frånluftgrenkanal ansluter i respektive kanalsystem inte ändras. Flödet ges av

$$q_{bi} = q_n (1 + p_t / p_f)^{0.5} \quad (\text{l/s}) \quad (10.6)$$

Om tryckfallen är lika i till- och frånluftssystemet blir kanalbrandflödet en faktor  $2^{0.5} = 1.4$  gånger det normala ventilationsflödet. Ovanstående uppskattade kanalbrandflöde kan utökas med läckflödet som finns i normala byggnader. Läckflödet beräknas enligt (10.2).

#### *Sammanfattning, från- och tilluftssystem*

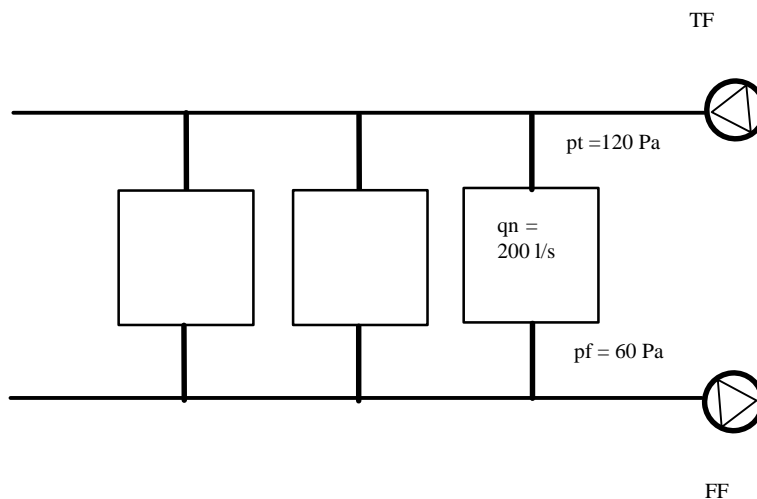
- Brandgasspridning till omgivningen sker för ett litet brandflöde i förhållande till normala ventilationsflödet.
- Brandgasspridning till andra rum sker när brandkanalflödet är något större än det normala ventilationsflödet och via tilluftskanalsystemet. Det totala brandflödet är summan av kanalflödet och läckflödet.
- Endast tryckfallsförhållandet och det normala ventilationsflödet har betydelse för brandkanalflödet. Totalflödet i anslutningspunkten har ingen betydelse.
- Brandrummets placering i förhållande till fläktarna har ingen betydelse.
- Läckflödet påverkas av tryckfallet i tilluftens grenkanal.

- Brandgasen som sprids är utspädd med de övriga normala ventilationsflödena och därmed också nerkyld. Spridningshastigheten är lika med den normala lufthastigheten.

Brandgasspridning i frånluftssystem kan avsevärt försvåras med en samlingslåda, men motsvarande åtgärd i ett tilluftssystem en fördelningslåda har inte denna effekt. Enda fördelen med en fördelningslåda är att brandgasspridningen fördelas på ett större flöde och mera utspädd till ett större antal rum. Risken kan sägas minska genom att den sprids på fler.

#### Exempel från- och tilluftssystem

Bestäm brandtryck och brandflöde för ett från- och tilluftventilerat rum med ventilationsflöde 200 l/s, tilluftgentryckfall 120 Pa, frånluftgentryckfall 60 Pa och ett läckflöde om 400 l/s vid en tryckskillnad om 50 Pa. Systemet försörjer bland annat ett kontor med arean 50 m<sup>2</sup> och rumshöjden 2,4 m som är egen brandcell. Byggherren önskar att förhindra brandgasspridning, klarar systemet detta ?



Figur 10.2; Exempel från- och tilluftssystem

#### Lösning

Kanalbrandflödet blir

$$q_{bi} = q_n (1 + p_t / p_f)^{0.5} = (200 (1 + 120 / 60))^{0.5} = 346 \text{ l/s.} \quad (10.6)$$

Läckflödet blir med brandtrycket  $p_b = p_t = 120 \text{ Pa}$

$$q_{bl} = q_n (p_b / p_t)^{0.5} = (400 (120 / 50))^{0.5} = 620 \text{ l/s} \quad (10.2)$$

Brandflödet blir

$$q_b = q_{bi} + q_{bl} = 966 \text{ l/s.}$$

Observera att detta är en enkel uppskattning och det verkliga brandflödet och brandtrycket måste vara högre för att brandgasspridning skall kunna inträffa. Enligt tabell 9.1 rekommenderas brandförlopp ”fast” för kontor, brandförloppet ger en tillväxtfaktor  $\alpha$  enligt tabell 9.2. Brandflödet beräknas enligt uttryck 9.1, vilket ger  $q_b = 0,28 \cdot 120^{0,53} \cdot 0,0469^{0,43} = 950 \text{ l/s}$

Systemet klarar att förhindra brandgasspridning då det framräknade brandflödet är lägre (950 l/s) än vad systemet klarar (966 l/s).

## 10.2 Alexanderberäkning

Metoden har fått sitt namn efter Alexander den store och myten om den gordiska knuten. Metoden bygger på att systemet huggs av i den kritiska delen där risk för brandgasspridning finns. Det vill säga vid den anslutningspunkt där gränsfallet för brandgasspridning inträffar. Denna kanalgren kan tas bort eftersom flödet är noll vid gränsfallet

Nolltryck och ett nytt flöde ansätts i den stympade punkten, därefter framräknas nya flöden och tryck för det stympade systemet. Beräkningsmetoden bygger på omskalningsmetoden.

Omskalningsmetoden startar med att ansätta ett flöde eller tryck i den stympade punkten och därefter i steg arbeta sig mot fläkten och uppdatera totalflödet och totaltryckfallet. Startpunkten är i detta fallet där brandrummets kanalgren ansluter. Det slutliga totalflödet eller totaltryckfallet skall därefter anpassas till fläktens verkliga flöde eller tryckstegring genom en enkel omskalning. Omskalningen är lika för alla flöden och lika för alla tryckfall. Den stegvisa beräkningen av det stympade kanalsystemet utförs med alla kanaldelars egenskaper vid normaldrift. Se även beräkningar utförda för luftbehandlingssystem som försörjer teknikutrymmen och kontor i avsnitt 14 och 15.

## 10.3 Förenklad Alexanderberäkning

Metoden bygger på att aktuella värden normaliseras för att passa tabellerade värden som beskriver kanalsystem, fläkt och flödesförhållanden. Metoden beskrivs i /8/.

Tabeller enligt /8/ för  $f$ ,  $p$ ,  $q$  ger en dimensionslös flödeskoefficient som medger att kanalbrandflödet kan beräknas. Med kanalbrandflöde menas den del av brandflödet som tränger in i kanalsystemet.

$q_t$	ventilationssystemets totalflöde (l/s)
$q_s$	sammanlagda flödet i den kritiska punkten som ska undersökas (l/s)
$p_d$	tryckstegring i den dämnda punkten (Pa)
$p_k$	hela kanalsystemets tryckfall (Pa)
$p_s$	trycket i den kritiska punkten som ska undersökas (Pa)

$p_r$                                  relativa totaltryckstegringen i dämnda punkten

Relativa flödet  $q$  beräknas

$$q = q_s / q_t$$

Relativa kanaltryckfallet  $p$  för spridningspunkten beräknas

$$p = p_s / p_t$$

Relativa totaltryckstegringen  $p_r$  i dämnda punkten beräknas

$$p_r = p_d / p_k$$

Ovanstående ger  $f$  enligt tabell vilket i sin tur ger

Kanalbrandflöde

$$q_{bi} = f q_s$$

Brandtryck

$$p_b = p_n (q_{bi}/q_n)^2$$

Brandläckflödet

$$q_{bl} = q_n (p_b/p_l)^{0,5}$$

Brandflöde

$$q_b = q_{bi} + q_{bl}$$

## 11. Beräkning av luftens temperatur vid fläkt

### 11.1 Allmänt

Lufttemperaturen i fläkten är av intresse vid dimensionering av system med ”fläktar i drift”, se avsnitt 6. Temperaturen i fläkten är avgörande för om en standardfläkt kan väljas eller om en temperaturlig fläkt krävs.

De flesta flerbostadshus är försedda med mekanisk frånluft och tilluft via fasad, ett system där ”fläktar i drift” är en bra metod att förhindra brandgasspridning. Metoden är även tillämplig för andra system.

Då ovanstående systemlösningar är vanliga visar detta behovet av analyser av temperatur vid fläkten.

#### *Standardfläktar*

En standardmotor i isolationsstandardklass F, IP54, klarar enligt tillverkarna en temperatur av ca +40°C vid kontinuerlig drift, och märkeffekt. Lars Jensen, LTH, har utfört praktiska prov för att bedöma fläktars temperaturlighet enligt /4/. En sammanfattning återges nedan.

Följande delar för fläktens drivanordning är temperaturliga:

- Motorns lindningar, klarar ca 130-160°C omgivningstemperatur under kontinuerlig drift
- Remdrift, gummit klarar ca 150°C omgivningstemperatur under 10 timmar
- Lager, lagerfettet klarar ca 130°C
- Hölje, höljet för enhetsaggregat påverkas vid +70°C med ökat otäthet som följd (författarens tillägg)

Sammanfattningsvis klarar en F-klassad remdriven fläkt en omgivningstemperatur av ca 150°C under 10 timmar.

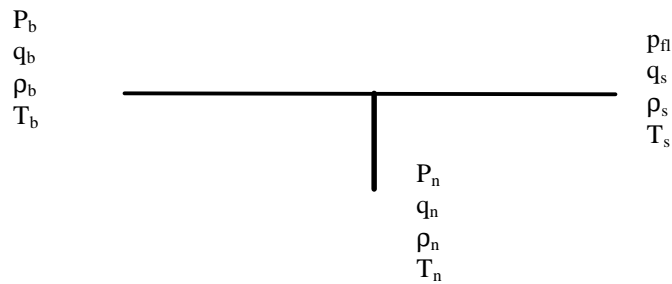
För att klara de temperaturer över 150°C krävs att fläktmotorn är placerad utanför luftströmmen och kyls med luft från annat utrymme än brandrummet. Kylluft kan erhållas på olika sätt beroende av tillämpning:

- Fläkt monterad utomhus, företrädesvis på tak
- Inom brandrummet med separat kanal för kylluft
- Utanför brandrummet i angränsande rum

### 11.2 Temperatur vid blandning av luftflöden

#### *Analytisk beräkning*

Ett system med två rum och gemensam samlingskanal studeras, brand ansätts i det ena rummet.



Figur 11.1; Schematisk bild av studerat system

Följande beteckningar användes:

$\rho_b$  densiteten för luften i brandrummet ( $\text{kg/m}^3$ )

$\rho_n$  densiteten för luften i rum utan brand, ( $\text{kg/m}^3 + 20 \text{ }^\circ\text{C}$ )

$\rho_s$  densiteten för luften i samlingskanalen och vid fläkt ( $\text{kg/m}^3$ )

$q_b$  luftflödet från brandrummet ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$q_n$  luftflödet från rum utan brand ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$q_s$  luftflödet i samlingskanalen ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$R_b$  motstånd för anslutningskanalen till brandrummet ( $\text{Pa s}^2/\text{m}^6$ )

$R_n$  motstånd för anslutningskanalen till rum utan brand ( $\text{Pa s}^2/\text{m}^6$ )

$R_s$  motstånd för samlingskanalen ( $\text{Pa s}^2/\text{m}^6$ )

$p_{fl}$  fläktens tryckuppsättning vid normal temperatur,  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$  (Pa)

$r$  luftens relativa densitet i brandrummet  $\rho_b/\rho_n$  (-)

$s$  luftens relativa densitet i samlingskanalen  $\rho_s/\rho_n$  (-)

Effektbalans ger följande:

$$\rho_b q_b c_p T_b + \rho_n q_n c_p T_n = \rho_s q_s c_p T_s$$

Då  $\rho \propto \frac{1}{T}$  och  $c_p$  är konstant erhålles

$$q_b + q_n = q_s$$

De flesta ventilationstekniska beräkningar görs med antagande om samma densitet i hela systemet. Detta går att göra även för mindre temperaturskillnader eftersom densiteten är omvänt proportionellt mot den absoluta temperaturen. Felet försummas. Densiteten påverkar alla tryckfall direkt proportionellt och detta gäller också för tryckstegringen hos alla fläktar. Detta innebär att volymflödet i ett ventilationssystem är konstant och oberoende av temperaturen under förutsättning att den är densamma i hela ventilationssystemet. Massflödet följer däremot den temperaturberoende densiteten.

Vidare gäller följande generella samband varav (1) nyttjas senare:

- (1) Trycket i den gemensamma punkten från brandrummet och rum utan brand är lika
- (2) Frånluftsfläktens erforderliga tryck är summan av samlingskanalens- och anslutningskanalens tryckfall
- (3) Summan av massflödena är konstant

Sambanden (1) - (3) kan formuleras enligt nedan:

$$(1) R_b q_b^2 \rho_b = R_n q_n^2 \rho_n$$

$$(2) R_b q_b^2 \rho_b + R_s q_s^2 \rho_s = p_{fl} \frac{r_s}{r_n}$$

$$(3) \rho_b q_b + \rho_n q_n = \rho_s q_s$$

För att förenkla beräkningarna bestäms systemets karakteristik, friktionsfaktorerna  $R_b$ ,  $R_n$ ,  $R_s$  vid kallt tillstånd

Samband för ventilationssystemets tryckfall kan skrivas som

$$p = \rho R q^2 \quad (11.1)$$

Sambandet för fläktens tryckstegring kan skrivas som

$$p = \rho f(q) \quad (11.2)$$

Likhet ger att

$$\rho R q^2 = \rho f(q)$$

och förenklat fås att flödet  $q$  är oberoende av densiteten  $\rho$ , vilken kan förkortas bort.

$$R q^2 = f(q)$$

Trycket i brandrummet antas var oförändrat mot det kalla fallet och det andra rummet. Detta ger ett samband för lika tryckfall för de två grenarna för de två grenflödena  $q_b$  för brandrummet och  $q_n$  för det kalla rummet som följer:

$$r R_b q_b^2 = R_n q_n^2 \quad (11.3)$$

Omskrivning ger att

$$q_n = f q_b \quad (11.4)$$

där

$$f = (r R_b / R_n)^{0.5} \quad (11.5)$$

Den relativa densiteten i den gemensamma stamkanalen och fläkten betecknas  $s$  och kan beräknas med utnyttjande av mass- och effektbalans som följer:

$$s = (r q_b + q_n) / (q_b + q_n) \quad (11.6)$$

eller förenklat med utnyttjande av (11.5) till

$$s = (r + f) / (1 + f) \quad (11.7)$$

Det relativa brandflödet  $q_b$  kan nu beräknas genom att sätt totaltryckfallet lika med fläktens totaltryckstegring som följer:

$$r R_b q_b^2 + s R_s (q_b + q_n)^2 = s \quad (11.8)$$

Omskrivning ger att

$$q_b = (s / (r R_b + s R_s (1 + f)^2))^{0.5} \quad (11.9)$$

Se även beräkning för system teknik, avsnitt 14.

### ***11.3 Inverkan av temperaturförändringar på friktionstryckfallet***

Friktionstryckfallet för kanaler beräknas enligt:

$$\Delta p = \lambda 0,5 L \rho v^2/d$$

där:

L	Kanalens längd (m)
V	Hastighet i kanalen (m/s)
d	Kanaldiameter (m)
$\lambda$	Friktionskoefficient (-)
$\rho$	Densitet (kg/m <sup>3</sup> )

$\rho$   
Temperaturen påverkar luftens viskositet och därmed Reynolds tal och friktionskoefficienten  $\lambda$ .



$$\text{Re} = \frac{vd}{\nu}$$

Ämnesdata för luft vid några temperaturer enligt tabell 11.1

Tabell 11.1; Ämnesdata för luft

T [K]	$\nu$ [m <sup>2</sup> /s 10 <sup>-6</sup> ]	$\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
300	15,69	1,18
500	37,90	0,70
700	66,25	0,50
900	99,3	0,39
1100	138,6	0,32

Tabell 11.2;  $\lambda$  vid konstant hastighet och varierande temperatur

T [K]	Re	$\lambda$
300	40790	0,022
500	16887	0,027
700	9660	0,029
900	6445	0,035
1100	4618	0,038

Massflödet i kanalen är konstant vilket innebär att då densiteten minskar till hälften ökar hastigheten till det dubbla. Om hastigheten ändras med temperaturen erhålles resultat enligt tabell 11.3

Tabell 11.3;  $\lambda$  vid varierande hastighet och temperatur

T [K]	$\nu$ [m/s]	Re	$\lambda$
300	3,2	40790	0,022
500	5,4	28539	0,024
700	7,6	22798	0,025
900	9,6	19335	0,026
1100	11,8	17040	0,027

Förändringarna av  $\lambda$  varierar mellan 20 - 70 % ökning för min och max temperaturer beroende av om hastigheten varierar eller inte. Kanaltryckfallet är direkt proportionellt mot  $\lambda$  och förändras därmed i samma utsträckning.

## 12. Beskrivning av beräkningsprogram

Vid analyser har följande program använts:

- PFS, Program Flow System (analys av brandgasspridning via luftbehandlingssystem)
- Gullfibers program för temperaturberäkning (analys av yttemperaturer)
- CFAST (analys av brandförlopp)

### 12.1 Beskrivning av PFS

PFS (Program Flow System) är ett datorprogram för installationstekniska flödessystem. Programmet är framtaget av Lars Jensen, LTH. Programmet lämpar sig för analyser av till exempel varmvatten-, spillvatten-, dagvatten-, värme-, luftbehandlings- och sprinklersystem. Strömningstekniska analyser av brandgaser i kanalsystem kan utföras där exempelvis flöde, tryck och temperatur kan varieras. Strömningsriktningar, flöden, tryck och temperaturer erhålles från programmet.

I de beräkningar som redovisas i de följande avsnitten används i huvudsak definitioner enligt nedan:

begin	Anger var beräkningen börjar
flow l/s	Enhet för flöde
pressure Pa	Enhet för tryck
control bend=1 con=1 duct=1 dencase=1	Parametrar som beskriver tryckfall i kanalböjar mm
fan FF06 300 100 250 900 100 1400 920	Fläktdata
fan TA06 550 300 620 500 600 700 2500	Fläktdata
set lb=t,50,127:qhT lk=t,50,102:qhT lv=t,50,95:qhT lt=t,50,57:qhT	
"L,,ckage"	
set tb=t,75,60:qhT tk=t,64,130:qh tv=t,67,90:qhT tt=t,72,35:qhT	
"Tilluft"	
set fb=t,74,60:qhT fk=t,45,130:qhT fv=t,40,90:qhT ft=t,35,35:qhT	
"Frånluft"	
set 12=d,125 16=d,160 20=d,200 25=d,250	
"Kanaldimensioner"	
set tat=t,300,315 Tm=T,20:<	
"Aggregat, temp"	

set tilldelar en komponent vissa egenskaper, i detta anges tryckfall för bl a till- och frånluftsdon, läckageareor mm.

Exempel: tb=t,50,127:qhT innebär kvadratisk tryckfall (t) Pa vid 127 l/s. Bokstäverna efter : innebär att flöde tryck och temperatur skrivs ut i beräkningen.

### 12.2 Beskrivning av Gullfibers program

Programmet är framtaget av isolertillverkaren Gullfiber och medger beräkning av yttemperaturer på isolerade kanaler med hänsyn tagen till värmeavgivning till omgivningen och därmed avsvälning.

### 12.3 Beskrivning av CFAST

Datorsimuleringarna av brandförlopp är utförda med programmet CFAST (Consolidated Fire and Smoke Transport Model), som ingår som en del i programpaketet HazardII, version 1.2. Paketet är framtaget av National Institute of Standards and Technology (NIST), Washington DC. Beräkningarna bygger på den så kallade tvåzonsmodellen med

brandgaser i den övre zonen och rumsluft i övrigt. Ekvationer för massa och energi löses för varje tidssteg för båda zonerna. Programmet tillåter simuleringar av upp till femton rum samtidigt. Öppningar i och mellan rum, samt rummens storlek kan modelleras. Vidare kan syrehalten begränsas samt öppningar stängas respektive öppnas under brandförloppet. Brandgaslagrets läge, och brandgastemperaturer flöden, tryck erhålles från programmet.

### 13. Beskrivning av kontorsfastigheten kvarteret Spårvagnen

Det studerade objektet består av ett kvarter med kontorsdel och utställningshall, total yta ca 24000 m<sup>2</sup>. Kvarteret Spårvagnen bildar en rektangel med sex huskroppar, A - F, där rektangelns sidor går längs: Birger Jarlsgatan, Tegnergatan, Tulegatan och Rådmansgatan.



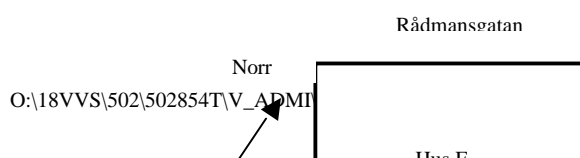
Bild 13.1; Kv Spårvagnen, fasad mot Birger Jarlsgatan med hus A, E (sticker upp) och D

*Hus A* består av det renoverade spårvägspalatset från 1887, vilket inrymmer kontor och restaurang.

*Hus B - D* utgörs av nyuppförda kontorsbyggnader i 7 våningar med bland annat personalrestaurang och konferensavdelning.

*Hus E*, ett nyuppfört kontorshus i 10 våningar beläget mitt i den inglasade gården.

*Hus F* den före detta spårvagnshallen uppförd 1904 och från 1995 till 1996 utnyttjad som tillfällig utställningslokal (2200 m<sup>2</sup>) för Moderna Museet, under 1997 ombyggd till kontor för två hyresgäster. Renovering och nybyggnad av fastigheten pågick mellan 1990-1993. Under hela kvarteret förutom under hus A finns ett garage i två plan, där även teknikutrymmen för el och VVS är belägna. Husen är byggda efter sunda principer där bland annat speciellt lågemitterande material har valts, ventilationskanalerna har rengjorts före montering, flimmerfri energibesparande belysning och avskärmade elkablar har använts.



*Figur 13.1; Plan över Kv Spårvagnen med husindelning*

### **13.1 Brandtekniska installationer**

Byggnaden är totalsprinklad tom plan 7, sprinklercentralen är belägen på gatuplanet, plan 1. Garagen och ljusgården är försedda med rökluckor till det fria.

### **13.2 Beskrivning av luftbehandlingsinstallationerna**

Samtliga lokaler är försedda med mekanisk till- och frånluft, de flesta med värmeåtervinning, fläktrummen är belägna i källarplanet och aggregatens försörjning framgår av följande

Trapphuset i hus E är försett med en brandgasfläkt i toppen.

TA01/FA01

Till- och frånluft för kontor i hus B - E

TA02/FA02

Till- och frånluft för garage

TA03/FA03

Till- och frånluft för kontor i hus A

TA04/FA04

Till- och frånluft för hus F

TA05/FA05

Till- och frånluft för hörsal

TA06/FF 06

Tilluft för teknikutrymmen som batterirum, undercentral, kylmaskinrum med frånluftsfläkt på tak.

TA07/FF18

Till- och frånluft för kök i hus A  
Imkanalfläkt på tak.

TA08, 09/FF16

Till- och frånluft för kök i hus C

FF08

Brandgasfläkt i trapphus för hus E

Dessutom finns mindre fläktar för hissar, soprum och torgbuffé samt luftvärmare i entréer.

*Åtgärder för luftbehandlingssystemen som betjänar flera brandceller, i huvudsak kontor vid brand*

Vid indikering av brand stoppas fläktarna, brandgaser evakueras ut genom vertikala stigare med förbigångsspjäll som mynnar ovan yttertak, se även beskrivningar under avsnitt 14 och 15 samt bilaga 3:3.

## **14. Tillämpningsexempel luftbehandlingssystem TA06/FF06 för teknikrum**

### ***14.1 Utredningsmall***

Tre luftbehandlingssystem inom fastigheten som betjänar teknikrum, kontor och hiss har analyserats med avseende på risken för brand- och brandgasspridning. Analyserna redovisas i detta avsnitt samt avsnitt 15 och 16.

Systemen som betjänar teknikrum och kontor analyseras på ett likartat sätt med följande indelning:

#### *Systembeskrivning*

Övergripande systembeskrivning med ingående fläktar, övriga komponenter och betjänade rum.

#### *Komponentdata*

Dimensionerande uppgifter för systemet som t ex fläktdata och läckage.

#### *Styr och övervakning*

Beskrivning av systemets funktion vid brand.

#### *Skydd mot brandgasspridning - beräkningar*

Beskrivning av förutsättningar och valt brandscenario.

Redovisning av datorberäkningar vid normaldrift och brand med PFS.

Redovisning av två olika metoder för handberäkning för skydd mot brandgasspridning.

#### *Jämförelse mellan beräkningsmetoder*

Jämförelse av resultat mellan datorberäkningar och handberäkningar.

#### *Brandförlopp – brandeffekt*

Redovisning av beräkning för brandförlopp/brandflöde.

#### *Skydd mot brandspridning - beräkningar*

Beskrivning av beräkning av temperatur i frånluftssystemet (vid fläkten) med PFS och handberäkningsmetod. Beräkning av kanalens yttemperatur.

#### *Känslighetsanalys*

Variation av parametrar som har stor påverkan på tillåtet brandflöde.

#### *Sammanfattning*

Sammanfattning av beräkningsresultat och förslag till åtgärder.

För systemet hiss har två olika brandplaceringar och ett flertal driftfall redovisats för att analysera driftstrategin vid brand.

### 14.2 Systembeskrivning

Luftbehandlingssystemet som benämnes system teknik betjänar fyra teknikrum, undercentral för värme och telerum i plan -2 samt kylcentral och batterirum i plan -1. Systemet försörjs av en frånluftsfläkt FF06 placerad på tak och ett tilluftsaggregat TA06 placerad i fläktrum, plan - 2. Varje teknikutrymme utgör egen brandcell i brandteknisk klass EI 60. Areorna varierar mellan ca 117 m<sup>2</sup> (Undercentraler för värme och kyla) och 40 m<sup>2</sup> (tele). Undercentral för värme och kylcentral har inåtgående dörrar övriga utrymmen utåtgående. Tilluftsdon utgörs i huvudsak av väggplacerade galler med anslutningslåda, frånluftsdonen utgörs av kontrollventiler och vägggaller, tryckfall över don ca 35 – 70 Pa, se bilaga 1, ”komponentförteckning”. Systemets utformning framgår av bilaga 2 och 3:2.

### 14.3 Komponentdata

Installationen är utförd 1993/94 och injusterad enligt protokoll 1994 12 08. Tilluftsaggregatet och frånluftsfläkten är av fabrikat ABB, se även bilaga 1.

#### Tilluftsaggregat TA06

Luftbehandlingsaggregat typ KLA med fläktdel KLLF-01-1  
varvtal 2366 r/min, max varvtal 4250 r/min.

Motor: ABB typ MT71814-4, effekt 0,37 kW, märkström 1,3 A

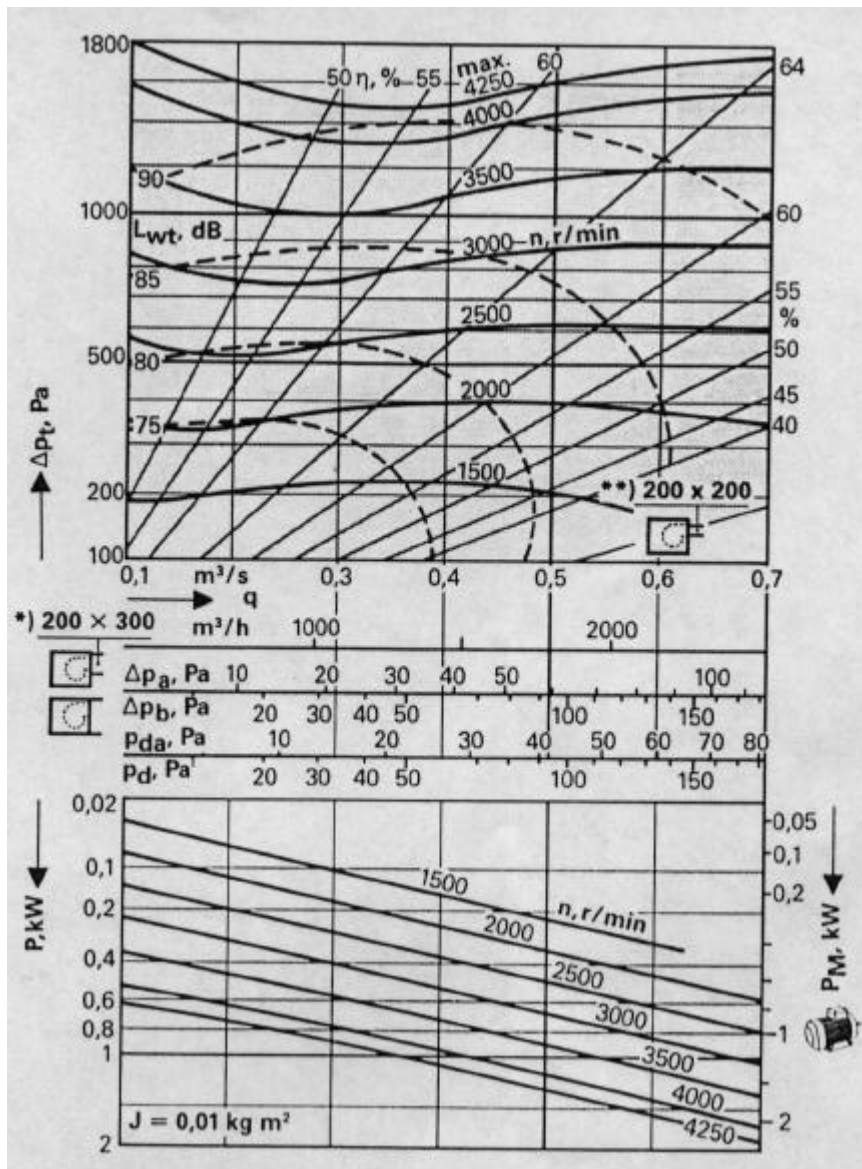
Spjäll i täthetsklass 3 enligt AMA 83.

$$q = 0,315 \text{ m}^3/\text{s}$$

Internt tryckfall:

Aggregatdel	Tryckfall (Pa)
Anslutningsgavel KLVA med spjäll	30
Filter långt EU6	110
Luftvärmare för värmevatten	30
Ljuddämpare	20
Flödesmätton	10
Luftfördelare	10
Ytterväggsgaller	50
Intagskanal	20
Systemförluster	<u>20</u>
<i>Summa</i>	300





Figur 14.1; Flätkurva för TA06

### Frånluftsfläkt FF06

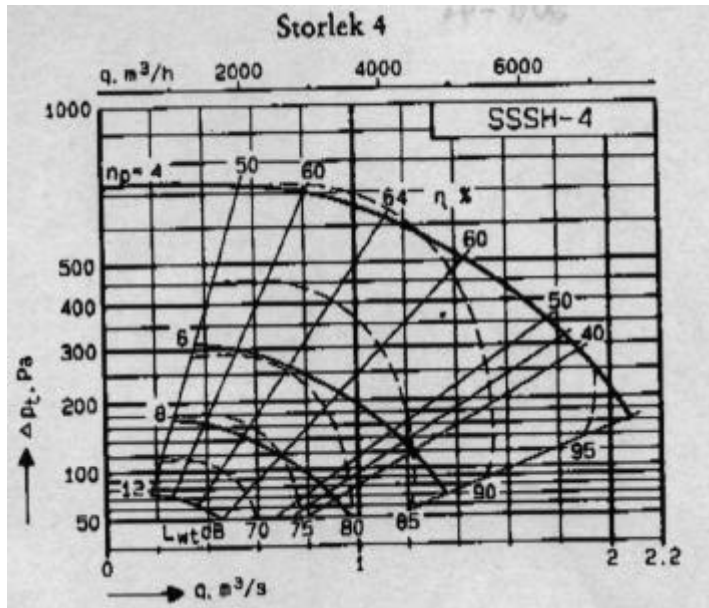
Takfläkt typ SSSH 4-006

Motor: ABB typ MT 80B 19-6, effekt 0,55 kW,  $n = 920 \text{ r/m}$ , märkström 1,8A

Isolationsklass F

$$q = 0,315 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tryckfall för stillastående fläkt enligt ABB: 22 Pa vid  $0,237 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 14.2; Fläktkurva för FF06



Bild 14.1; Frånluftsfläkt FF06

### Läckage

Platsgjutna betongkonstruktioner (i vissa fall motfyllda) har förutsatts täta, läckage sker enbart genom lätta konstruktioner av gips och mursten.

Läckage kan dels beräknas med en schablon för kontorsbyggnader enligt BBR, dels med att bedöma läckageareor.

Läckageareorna ( $A_{\text{läck}}$ ) har bedömts till 0,15 promille (/9/ anger 0,125 - 0,25 promille beroende av byggnadstyp) av den omslutande rumsarean som läcker plus ett tillägg för dörrspringor av 1 mm.

Läckaget beräknas enligt /9/:

$$q_{\text{läck}} = A_{\text{läck}} C_d (2\Delta p/\rho)^{0,5} \text{ (l/s)}$$

där

$C_d$  är kontraktionskoefficient 0,68 (-)

$\rho$  är densiteten 1,2 (kg/m<sup>3</sup>)

$\Delta p$  är tryckskillnad (Pa)

Tabell 14.1; Läckageareor för teknikrymmen vid 50 Pa

Rum	Läckarea rum (m <sup>2</sup> )	Läckarea Dörr (m <sup>2</sup> )	Total läckarea A <sub>läck</sub> (m <sup>2</sup> )	Rums- volym (m <sup>3</sup> )	Läckflöde schablon q <sub>schablon</sub> (l/s)	Läckflöde beräknat q <sub>läck</sub> (l/s)
Kylcentral	51	0,0095	0,0172	351	82	102
Under- central för värme	43	0,0095	0,0160	293	69	95
Batterirum	60	0,0124	0,021	162	96	127
Telerum	23	0,0062	0,0097	100	37	57

Anmärkning: Genom batterirummet passerar schakt för reservkraft.

#### 14.4 Styr- och övervakning

Systemuppbyggnad framgår av principalschema, bilaga 2 och 3:2.

Brandgaser detekteras via rökdetektor, GX11, placerad i kanal vid TA06, aktiverad detektor stoppar TA06 och FF06 samt stänger spjäll vid TA06 (Det stängda spjället vid aggregatet ska antagligen förhindra utifrån kommande brandgaser att tränga in i systemet).

#### 14.5 Skydd mot brandgasspridning - beräkningar

Brandgasspridning mellan teknikrum vid brand i kylcentral har analyserats.

Handberäkning har utförts för metod "fläktar i drift" med två metoder, Alexanderberäkning och överslagsberäkning.

Beräkningar av gränsfallet för kalla brandgaser samt varma brandgaser med varierande temperatur har utförts med PFS.

Följande metoder har analyserats:

- Fläktar ej i drift
- Fläktar i drift
- Konverterat system
- Tilluftsfläktens kapacitet ökad till maximalt varvtal
- Brandgasspjäll
- Konverterat system med ökad kapacitet

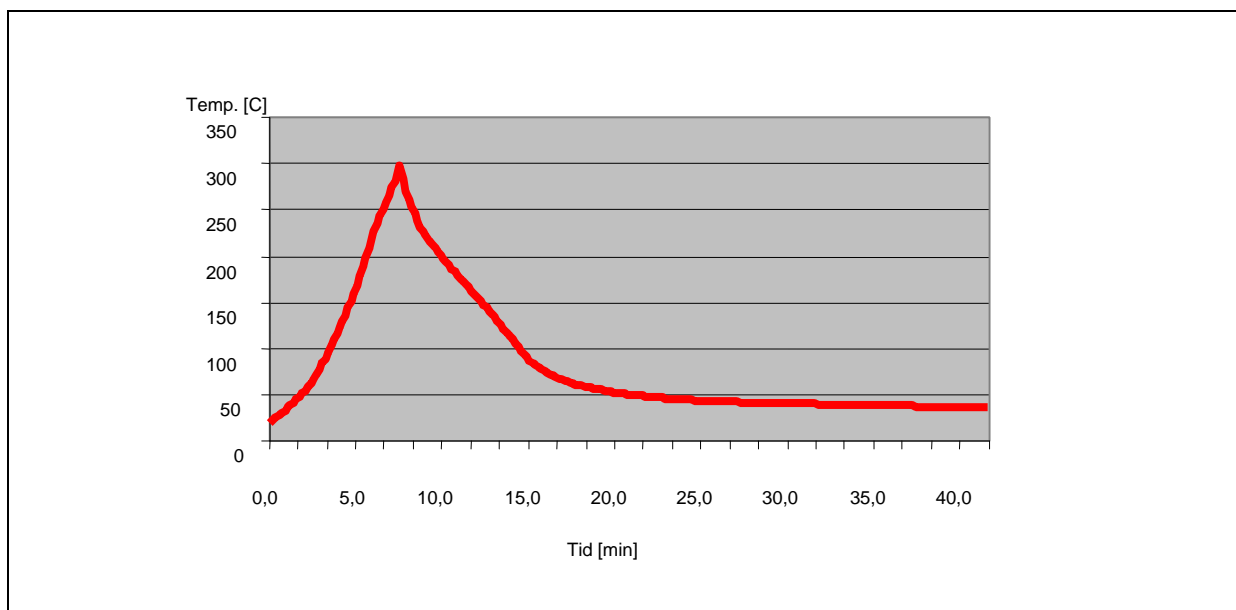
Luftflödesmätningarna visar att de projekterade frånluftsflödena ej erhöles vid injusteringen (ca 10 % för låga). En beräkning har därför utförts för att bestämma ett högre varvtal för fläkten och därmed ett högre frånluftsflöde som stämmer med det projekterade. Det framräknade varvtalet blev 995 r/min vid ett mintryckfall för det längst bort belägna donet av 35 Pa, (min tryckfall för den dontypen för att ligga inom arbetsområdet för donet) att jämföra med den installerade fläktens varvtal 920 r/min.

Därefter har en injusteringsberäkning utförts för att beräkna donens tryckfall och därigenom erhålla de projekterade luftflödena för respektive rum. Vid beräkningar med konverterat system har TA06 ersatts med en frånluftsfläkt lika FF06, fläkten monteras parallellt med TA06 och med ett spjäll som öppnar mot den nya frånluftsfläkten vid brand. Frånluftsfläktens varvtal har därför anpassats så att de bägge frånluftssystemen erhåller ungefär lika flöden. Gränsfallet inträffar för den brandcell där flödet i tilluftskanalen först blir noll vilket visar sig vara undercentral för värme.

### **Brandscenario**

Brand i kylcentral och sprinkler ur funktion har i huvudsak analyserats. Kylcentralen är det teknikrum som har den största volymen samt mest brännbart material i form av elinstallationer för vätskekylaggregat (kylmaskiner), köldmedier och glykol för kylinstallationen.

Brandförloppet för denna typ av verksamhet är osäker, mängden brännbart material är begränsad och syretillgången ringa varför brandförloppet "medium" valts. Simulering av brand med programmet CFAST och "brandförlopp "medium" med läckageareor enligt tabell 14.1 ger en temperaturkurva enligt figur 14.3.



Figur 14.3; Temperatur i brandrummet med brandförlopp medium

Brandflöde för ett rum med ett visst brandförlopp beräknas enligt avsnitt 9, uttryck 9.1. För kylcentralen med "medium brandförlopp" erhålles brandflödet:

$$q_{b \text{ medium}} = 0,28 V^{0,53} \alpha^{0,43} = 0,28 \cdot 351^{0,53} \cdot 0,01172^{0,43} = 0,92 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (920 l/s)}$$

som jämförelse erhålles följande:

$$q_{b \text{ slow}} = 509 \text{ l/s}$$

$$q_{b \text{ fast}} = 1678 \text{ l/s}$$

### **Överslagsberäkning**

Överslagsberäkning beskrivs i avsnitt 10.

Som en första kontroll av risken för brandgasspridning utförs en handberäkning i form av en överslagsberäkning.

Metoden är konservativ och med god säkerhetsmarginal. Om aktuellt brandflöde är lägre än vad en överslagsberäkning ger finns ingen risk för brandgasspridning.

Vid en överslagsberäkning bedöms brandgasspridning kunna ske när brandgasflödet är större än det normala tilluftsflödet för aktuellt rum. Brandtrycket sätts lika med tryckfallet i anslutningskanalen.

#### Beteckningar

$q_{bi}$  Kanalbrandflöde, det flöde som pressas in i frånluftskanalen vid brand (l/s)

$p_b$  Brandtryck (Pa)

$q_n$  Normalt flöde i rummet (l/s)

$q_{bl}$  Läckflöde genom klimatskal (l/s)

$p_{tk}$  Tryckfall i anslutningskanal för tilluft inklusive don (Pa)

$p_{fk}$  Tryckfall i anslutningskanal för frånluft inklusive don (Pa)

#### Förutsättningar:

Normalt tilluftsflöde  $q_n = 130$  l/s

Brandtryck  $p_{b\ k} = p_t = 80$  Pa

Tryckfall i anslutningskanal för tilluft inklusive don  $p_{tk} = 64$  Pa

Tryckfall i anslutningskanal för frånluft inklusive don  $p_{fk} = 45$  Pa

Läckflöde genom klimatskal  $q_{bl} = 102$  l/s enligt tabell 14.1

Brandflödet som branden förorsakar kan i gränsfallet (flödet i tilluftskanalen är noll) läcka ut genom fasad eller transporteras bort i frånluftskanalen som kanalbrandflöde.

Kanalbrandflöde i frånluftskanalen beräknas enligt

$$q_{bi} = q_n (1 + p_{tk}/p_{fk})^{0.5} = 130 (1 + 64/45)^{0.5} = 202 \text{ l/s}$$

Brandtrycket förorsakar läckage enligt tabell 14.1.

$$q_{bl} = (p_b/p_t)^{0.5} q_{bl\ 50\ Pa} = (64/50)^{0.5} 102 = 115 \text{ l/s}$$

Totalt brandflöde

$$q_b = q_{bi} + q_{bl} = 202 + 115 = 317 \text{ l/s}$$

Enligt en överslagsberäkning med fläktar i drift inträffar gränsfallet vid 317 l/s, det vill säga brandgasspridning sker om brandflödet överskrider 317 l/s. Det framräknade brandflödet enligt tidigare är betydligt större, 920 l/s, och därmed krävs mer noggranna analysmetoder och eventuellt en annan metod än fläktar i drift för att klara skyddet mot brandgasspridning med ”medium brandförlopp”.

#### **Alexanderberäkning**

Alexanderberäkning för T - och F - system beskrivs i avsnitt 10.

*Tryckfallsberäkning vid normal drift*

Först redovisas tryckfallsberäkning vid normal drift, beräkningarna redovisas i tabeller 14.2, 14.3

Tabell 14.2; Tryckfall vid normal drift system TA06

Sträcka/ Kom- ponent	Mängd (m/st)	Kanal - tryckfall (Pa/m)	Engångs - motstånd (Pa)	Totalt Tryckfall (Pa)	Systemtryck (Pa)	Anm
Tele- Värme						
Don	1		67	67		
T-125	2	1		2		
Böj 90	1		2	2		
T-stycke	1		2	2	73	
Värme- kyla						
T-200	3	1,1		3,3		
T-stycke	1		3	3	79,3	Knutpunkt batteri
Kyla batteri	-					
T-200	5	1,4		7		
Böj 90	3		2	6		
T-stycke	1		2	2	94,3	
Batteri TA06	-					
T 250	38	1,8		68,4		
Böj 90	6		7,7	46,2		
TA06	1		300	300	508,9	Fläktens tryckupp- Sättning

Tabell 14.3; Tryckfall vid normal drift system FF06

Sträcka/ Kom- ponent	Mängd (m/st)	Kanal - tryckfall (Pa/m)	Engångs - motstånd (Pa)	Totalt Tryckfall (Pa)	Systemtryck (Pa)	Anm
Tele- Värme						
Don	1		35	35		
T-125	2	0,9		1,8		
Böj 90	1		2	2		
T stycke	1		2	2	40,8	
Värme- kyla						
T-200	3	1		3		
T-stycke	1		4	4	47,8	Knutpunkt batteri
Kyla batteri	-					
T-200	2	1,3		2,6		
Böj 90	1		2	2		
T-stycke	1		2	4	56,4	
Batteri	-					
TA06						
T-250	113	1,8		203,4		
Böj 90	12		7,7	92,4		
FA06	1				352,2	Fläktens tryckupp- Sättning

Alexandermetoden utgör den mest noggranna av handberäkningsmetoderna och nedan redovisas en Alexanderberäkning för tilluftssystemet med dimensionerande tryckfall vid normaldrift enligt tabell 14.2 och figur 14.4.

Beräkningsgången följer /6/. Alla kanaldelars egenskaper anges vid normaldrift. Följande beteckningar användes:

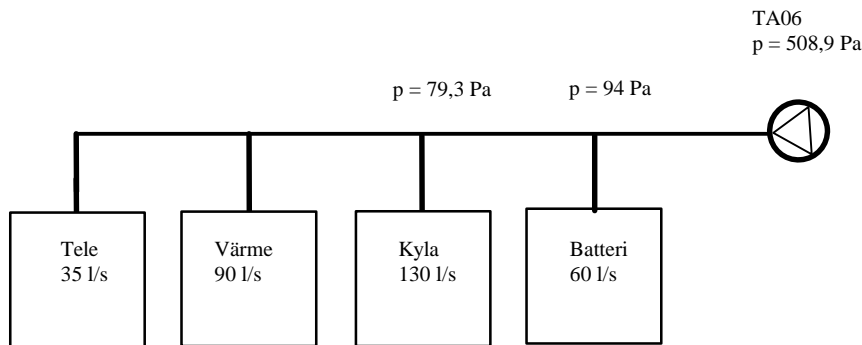
$q_t$	totalflöde (l/s)
$p_t$	totaltryckfall (Pa)
$p_n$	normalt tryckfall (Pa)
$q_n$	normalt flöde (l/s)
$p_{fk}$	tryckfall frånluftskanal fram till anslutningspunkt (Pa)
$p_{tk}$	tryckfall tilluftskanal fram till anslutningspunkt (Pa)



Tryckfallet  $p$  för flödet  $q$  och flödet  $q$  för tryckfallet beräknas enligt.

$$p = p_n (q / q_n)^2 \quad (\text{Pa})$$

$$q = q_n (p / p_n)^{0.5} \quad (\text{l/s})$$



Figur 14.4; Princip för system teknik med flöden och tryck i anslutningspunkter

Startansatsen görs med ett antaget brandtryck  $p_s$  lika med det normala trycket i knutpunkten och det normala övriga flödet  $q_s$  nerströms knutpunkten och blir som följer.

$$q_t = q_s = 125 \text{ l/s} \quad (\text{l/s}) \quad (14.1)$$

$$p_t = p_s = 79,3 \text{ Pa} \quad (\text{Pa}) \quad (14.2)$$

Totaltryckfallet  $p_t$  uppdateras för varje tillkommande stamkandels tryckfall  $p$  genom vilket det hitintills framräknade totalflödet går.

$$p = p_n (q_t / q_n)^2 \quad (\text{Pa}) \quad (14.3)$$

$$p_t = p_t + p \quad (\text{Pa}) \quad (14.4)$$

Totalflödet  $q_t$  uppdateras för varje tillkommande grenkandels flöde  $q$  över vilken det hitintills framräknade totaltryckfallet råder.

$$q = q_n (p_t / p_n)^{0.5} \quad (\text{l/s}) \quad (14.5)$$

$$q_t = q_t + q \quad (\text{l/s}) \quad (14.6)$$

Ovanstående fyra beräkningsteg upprepas fram till fläkten.

Första knutpunkt vid batteri

$$p = p_n (q_t / q_n)^2 = (94,3 - 79,3) (125/255)^2 = 3,604 \quad (\text{Pa})$$

$$p_t = p_t + p = 79,3 + 3,60 = 82,904 \quad (\text{Pa})$$

$$q = q_n (p_t / p_n)^{0,5} = 60 (82,90/94,3)^{0,5} = 56,258 \quad (\text{l/s})$$

$$q_t = q_t + q = 125 + 56,258 = 181,258 \quad (\text{l/s})$$

Andra knutpunkt vid TA06

$$p = p_n (q_t / q_n)^2 = (508,9 - 94,3) (181,258/315)^2 = 137,279 \quad (\text{Pa})$$

$$p_t = p_t + p = 82,904 + 137,279 = 220,182 \quad (\text{Pa})$$

Omskalning av det lägre erforderliga totaltrycket vid stympat system ger ett högre tryck i brandrummets anslutningspunkt enligt

$$p_b = p_s (p_f / p_t) = 79,3 (508,9/220,182) = 183,283 \quad (\text{Pa})$$

Kanalbrandflöde i frånluftskanalen

$$q_{bi} = q_n (1 + p_{tk}/p_{fk})^{0,5} = 130 (1 + 183,3/56,4)^{0,5} = 268,0 \quad (\text{l/s})$$

Totalt brandflöde

$$q_b = q_{bi} + q_{bl} = 268,0 + (183,283/50)^{0,5} 102 = 463,3 \quad (\text{l/s})$$

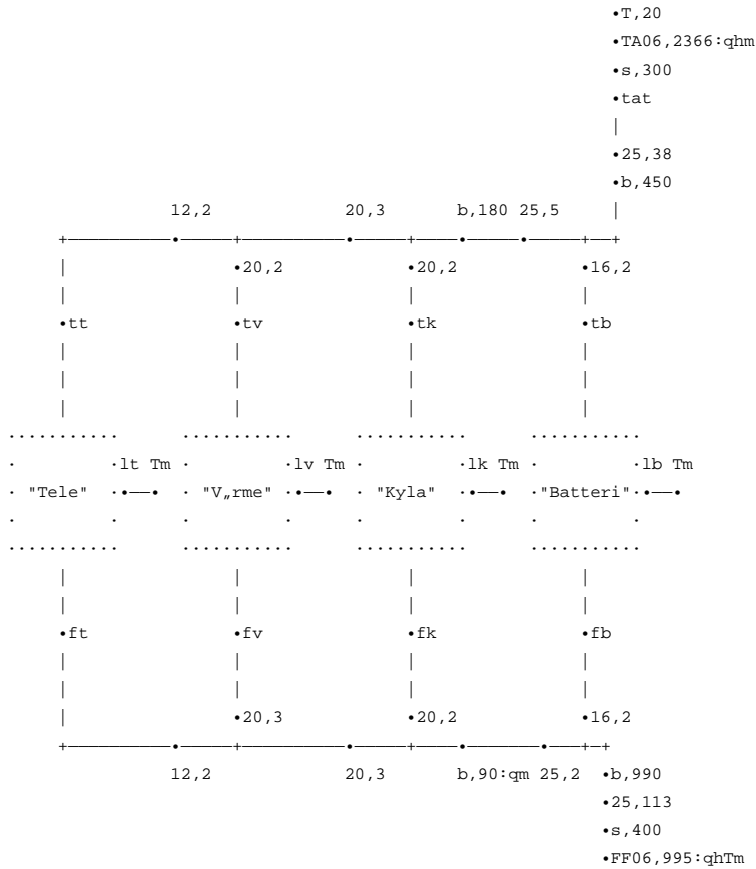
### ***Datorberäkningar***

Datorberäkningar har utförts med programmet PFS beskrivet i avsnitt 12, samtliga metoder har analyserats, resultaten redovisas i tabeller 14.2, 3.

```

pressure Pa
control bend=1 con=1 duct=1 dencase=1
fan FF06 300 100 250 900 100 1400 920
fan TA06 550 300 620 500 600 700 2500
set lb=t,50,127:qhT lk=t,50,102:qhT lv=t,50,95:qhT lt=t,50,57:qhT "L,,ckage"
set tb=t,75,60:qhT tk=t,64,130:qh tv=t,67,90:qhT tt=t,72,35:qhT "Tilluft"
set fb=t,74,60:qhT fk=t,45,130:qhT fv=t,40,90:qhT ft=t,35,35:qhT "Frånluft"
set l2=d,125 l6=d,160 l20=d,200 l25=d,250 "Kanaldimensioner"
set tat=t,300,315 Tm=T,20:< "Aggregat, temp"
    
```

"Normalventilation"



end

Figur 14.5; Indatafil för system teknik, normaldrift

```
figt c:\program\pfs 02/28/00 08:59:44

begin
flow l/s
pressure Pa
control bend=1 con=1 duct=1 dencase=1
fan FF06 300 100 250 900 100 1400 920
fan TA06 550 300 620 500 600 700 2500
set lb=t,50,127:qhT lk=t,50,102:qhT lv=t,50,95:qhT lt=t,50,57:qhT "L,ckage"
set tb=t,75,60:qhT tk=t,64,130:qh tv=t,67,90:qhT tt=t,72,35:qhT "Tilluft"
set fb=t,74,60:qhT fk=t,45,130:qhT fv=t,40,90:qhT ft=t,35,35:qhT "Frinluft"
set l2=d,125 16=d,160 20=d,200 25=d,250 "Kanaldimensioner"
set tat=t,300,315 Tm=T,20:< "Aggregat, temp"
```

```
"Normalventilation"

•T,20
•TA06,2366:qhm
• 508.5 Pa
•315.05 l/s
| 0.378 kg/s
•25,38
•b,450

+-----+-----+-----+-----+
| 12,2 | 20,3 | b,180 25,5 | |
+-----+-----+-----+-----+
| | •20,2 | •20,2 | •16,2 | |
| | | | | |
| •tt | •tv | •tk | •tb |
| -72.2 Pa | -67.2 Pa | -63.9 Pa | -74.7 Pa |
| 35.057 l/s | 90.161 l/s | 129.94 l/s | 59.888 l/s |
| 20.0 C | 20.0 C | | 20.0 C |
.....
• .lt Tm • .lv Tm • .lk Tm • .lb Tm
• "Tele" • "V,me" • "Kyla" • "Batteri"
• 0.0 Pa • 0.0 Pa • 0.0 Pa • 0.0 Pa
..... 0.052 l/s..... 0.446 l/s.....-0.433 l/s.....-0.123 l/s
| 20.0 C | 20.0 C | 20.0 C | 20.0 C |
| | | |
| •ft | •fv | •fk | •fb |
| -35.0 Pa | -39.7 Pa | -45.3 Pa | -74.0 Pa |
| 35.005 l/s | 89.715 l/s | 130.38 l/s | 60.011 l/s |
| 20.0 C | 20.0 C | 20.0 C | 20.0 C |
+-----+-----+-----+-----+
| 12,2 | 20,3 | b,90:qm 25,2 | •b,990 |
| | | 255.10 l/s | •25,113 |
| | | 0.306 kg/s | •s,400 |
| | | | •FF06,995:qhTm |
| | | | 361.8 Pa |
| | | | 315.11 l/s |
| | | | 0.378 kg/s |
| | | | 20.0 C |
```

end 1 1 problem 62 elements 0 errors 0 warnings 2000-02-28 08:58:40

Figur14.6; Utdatafil för system teknik, normaldrift

```
begin
flow l/s
pressure Pa
control bend=1 con=1 duct=1 dencase=1
fan FF06 300 100 250 900 100 1400 920
fan TA06 550 300 620 500 600 700 2500
```

```

set lb=t,50,127:qhT lk=t,50,102:qhT lv=t,50,95:qhT lt=t,50,57:qhT "L,,ckage"
set tb=t,75,60:qhT tv=t,67,90:qhT tt=t,72,35:qhT "Tilluft"
set fb=t,74,60:qhT fk=t,45,130:qhT fv=t,40,90:qhT ft=t,35,35:qhT "Frånluft"
set l2=d,125 l6=d,160 l20=d,200 l25=d,250 "Kanaldimensioner"
set tat=t,300,315 Tm=T,20:< "Aggregat, temp"

```

"Brand i kyla gr,,nsfallet, temperatur 20"

```

•T,20
•TA06,2366:qhm
173.9 PaT,20 1
•-----•
422.06 l/s | 0.316 kg/s
0.506 kg/s •25,38
•b,450
12,2 20,3 b,180 25,5 |
+-----+-----+-----+-----+
| •20,2 •20,2 •16,2
| | |
•tt •tv •q,0 •tb
|-146.1 Pa |-128.4 Pa | |-166.0 Pa
|49.849 l/s |124.59 l/s | |89.252 l/s
| 20.0 C | 20.0 C •1 | | 20.0 C
.....
• .lt Tm • .lv Tm • .lk Tm • .lb Tm
• "Tele" • "V,,rme" • "Kyla" • "Batteri"•
• -21.1 Pa • -29.1 Pa • -173.9 Pa • -6.1 Pa
•.....36.999 l/s.....72.469 l/s.....190.25 l/s.....44.406 l/s
| 20.0 C | 20.0 C | 20.0 C | 20.0 C
| | | |
•ft •fv •fk •fb
| -4.7 Pa | -13.4 Pa | -143.1 Pa | -41.3 Pa
|12.850 l/s |52.117 l/s |231.81 l/s |44.846 l/s
| 20.0 C • 20.0 C • 20.0 C • 20.0 C
+-----+-----+-----+-----+
12,2 20,3 b,90:qm 25,2 •b,990
296.77 l/s •25,113
0.356 kg/s •s,400
•FF06,995:qhTm
362.1 Pa
341.62 l/s
0.410 kg/s
20.0 C

```

end 2 1 problem 64 elements 0 errors 0 warnings 2000-03-30 10.34.17

Figur14.7; Utdatafil för system teknik, "fläktar i drift" gränsfallet

```

begin
flow l/s
pressure Pa
control bend=1 con=1 duct=1 dencase=1
fan FF06 300 100 250 900 100 1400 920
set lb=t,50,127:qhT lk=t,50,102:qhT lv=t,50,95:qhT lt=t,50,57:qhT "L,,ckage"
set tb=t,75,60:qhT tv=t,67,90:qhT tk=t,64,130:qh tt=t,72,35:qhT
set fb=t,74,60:qhT fk=t,45,130:qhT ft=t,35,35:qhT "Frånluft"
set l2=d,125 l6=d,160 l20=d,200 l25=d,250 "Kanaldimensioner"
set tat=t,300,315 Tm=T,20:< "Aggregat, temp"

"Brand i kyla gr,,nsfallet konverterat system, temperatur 20"
      •T,20
      •FF06,1175:qhm<
      244.4 PaT,20 1
      •-----•
      758.22 l/s
      |-----0.395 kg/s
      •25,38
      •b,450
      |
      12,2      20,3      b,180 25,5
      +-----+-----+-----+-----+
      |          •20,2      •20,2      •16,2
      |          |          |          |
      •tt          •tv          •tk          •tb
      |  5.8 Pa    |  5.6 Pa    | 232.2 Pa  |  43.8 Pa
      | -9.964 l/s | -26.11 l/s | -247.6 l/s | -45.84 l/s
      | 20.0 C    | 20.0 C    | •1      | 20.0 C
      |-----|-----|-----|-----|
      •          •          •          •
      •  .lt Tm •      •lv Tm •      •lk Tm •      •lb Tm
      • "Tele" •-----• "V,,rme" •-----• "Kyla" •-----• "Batteri" •-----•
      •          •          •          •
      •          3.1 Pa    •          3.8 Pa    • -244.4 Pa •          23.1 Pa
      •-----• -14.23 l/s •-----• -26.11 l/s •-----• 225.50 l/s •-----• -86.26 l/s
      |          20.0 C  |          20.0 C  |          20.0 C  |          20.0 C
      |          |          |          |
      •ft          •q,0          •fk          •fb
      | -0.5 Pa    |          | -216.5 Pa  | -33.6 Pa
      | 4.264 l/s  |          | 285.12 l/s | 40.421 l/s
      | 20.0 C    | •20,3      • 20.0 C    • 20.0 C
      |-----|-----|-----|-----|
      12,2      20,3      b,90:qm 25,2 •b,990
      289.39 l/s •25,113
      0.347 kg/s •s,400
      •FF06,995:qhTm
      362.0 Pa
      329.81 l/s
      0.396 kg/s
      20.0 C

end 3 1 problem 64 elements 0 errors 0 warnings 2000-02-28 08.58.41

```

Figur 14.8; Utdatafil för system teknik, "konverterat system" gränsfallet

Tabell 14.4; Resultat av beräkningar av gränsfallet för brand i kyla med olika metoder

Metod	Gränsfallet (l/s)	Brandtryck (Pa)	Brandförlopp	Anm
Fläktar ej i drift	13	0,1		
Fläktar i drift	422	174	< Slow	Se fig 14.7
Max varvtal för TA06	690	320	Slow	
Konverterat system	758	244	Slow/medium	Se fig 14.8
Konverterat system ökad fläktkapacitet	920		medium	Se fig 14.9
Brandgasspjäll	144	100		0,016 l/s till batteri

Beräkning av brandförlopp se avsnitt 14.7

#### Kontroll av öppningskraft för dörr

Vid konverterat system kan problem med stora undertryck uppkomma. Batterirum och tele har utåtgående dörrar, vilket innebär att dörren kan vara svår att öppna vid höga undertryck i rummet. Det rum som har det största undertrycket vid konverterat system är batterirum, 23,1 Pa, se figur 14.8. Enligt /7/ får öppningskraften för dörren ej överskrida 130 N.

Öppningskraften beräknas enligt /7/.

$$F = (K_d W A \Delta p) / 2(W - d)$$

där

F	Öppningskraft (N)	
K <sub>d</sub>	Konstant = 1 (-)	
W	Dörrens bredd (m)	
A	Dörrens area (m <sup>2</sup> )	
Δp	Tryckskillnad	(Pa)
d	Avstånd mellan dörrkant och trycke (m)	

För metoden konverterat system erhålles öppningskraften i batterirummet enligt  $F = (1 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 23,1) / 2(1 - 0,08) = 24,8 \text{ N}$ , tillåten öppningskraft klaras alltså med god marginal.

#### 14.6 Jämförelse mellan beräkningsmetoder

De beräkningsmetoder som är tillämpbara för bedömning av risken för brandgasspridning beskrivs i avsnitt 11.

I tabell 14.5 jämförs de tidigare beräkningsmetoderna för brandgasspridning för system teknik med metod ”fläktar i drift”.

Tabell 14.5; Jämförelse mellan olika beräkningsmetoder för brandgasspridning

Metod	Brandtryck (Pa)	Brandflöde (l/s)
PFS beräkning	174	422
Alexanderhugget	183	463

Som framgår av tabell 14.5 ger en handberäkning med Alexandermetoden för detta system det största tillåtna brandflödet innan brandgasspridning sker, i princip ger dock en datorberäkning ett likvärdigt resultat. Resultaten visar god överensstämmelse mellan datorberäkning och handberäkning. Metoden med ett enkelt överslag ger naturligtvis ett konservativt resultat med ett tillåtet brandflöde långt under de övriga metoderna. De förfinade metoderna, datorberäkning och Alexandermetoden ger det största tillåtna brandflödet och den enklaste, överslagsberäkning, ger det lägsta tillåtna brandflödet som väntat.

### 14.7 Brandförlopp - brandeffekt

Enligt avsnitt 9 kan ett beräknat brandflöde på ett enkelt sätt omräknas till ett brandförlopp.

Det tidigare uttrycket för brandflöde, uttryck 9.1, kan enkelt skrivas om för att beräkna brandförloppet enligt:

$$\alpha = (q_b / 0,28 V^{0,53})^{1/0,43} \quad (\text{kW/s}^2)$$

Där

$q_b$  Brandflöde ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$V$  Rumsvolym ( $\text{m}^3$ )

$\alpha$  Tillväxtfaktor enligt NFPA204 som karakteriserar den hastighet med vilken branden utvecklas

Värden för  $\alpha$  enligt tabell 9.2.

Tabell 14.6; Beräkning av tillväxtfaktor  $\alpha$  vid olika metoder innan brandgasspridning sker

Metod	$\alpha$ (-)	Anm
Fläktar i drift	0,0016	
Max varvtal	0,0059	
Konverterat system	0,0089	Motsvarar nästan brandförloppet "medium" (0,01172)

Resultaten i tabell 14.6 redovisar att med ett konverterat system enligt avsnitt 14.5 klaras ett brandförlopp nära "medium". Metoden "Fläktar i drift" kan ej användas då inget standardiserat brandförlopp klaras.

För att klara brandförloppet medium, brandflöde 920 l/s, (avsnitt 14.4) krävs att kapaciteten för ordinarie frånluftsfläkt FF06 och fläkten för det konverterade systemet ökas.

frånluftsfläktarnas kapacitet ökad för att klara brandflödet eller brand/brandgaspjäll.



Ett konverterat system som klarar brandflödet 920 l/s kräver exempelvis att flätkapaciteten för ordinarie frånluftssystem ökas genom att fläktens varvtal ökas till 1190 rpm (995) och flätkapaciteten för det konverterade tilluftssystemet ökas genom att fläktens varvtal ökas till 1350 rpm (1175).

Ett konverterat system som klarar brandflödet 920 l/s redovisas i figur 14.9. Brandflödet 920 l/s, vid +20°C motsvaras av 957 l/s vid +300°C.

```

begin
flow l/s
pressure Pa
control bend=1 con=1 duct=1 dencase=1
fan FF06 300 100 250 900 100 1400 920
set lb=t,50,127:qhT lk=t,50,102:qhT lv=t,50,95:qhT lt=t,50,57:qhT "L,ckage"
set tb=t,75,60:qhT tv=t,67,90:qhT tk=t,64,130:qh tt=t,72,35:qhT
set fb=t,74,60:qhT fk=t,45,130:qhT ft=t,35,35:qhT "Frinluft"
set l2=d,125 l6=d,160 l20=d,200 l25=d,250 "Kanaldimensioner"
set tat=t,300,315 Tm=T,20:< "Aggregat, temp"

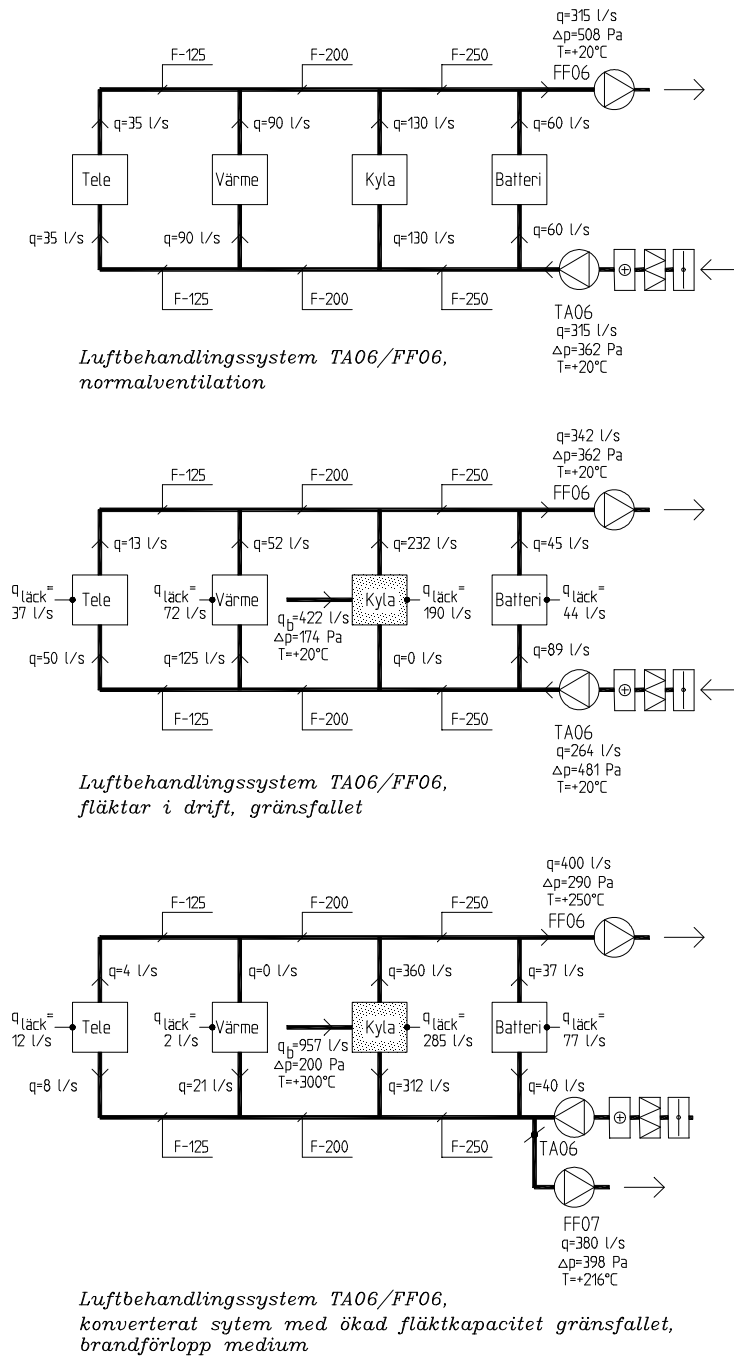
"Brand i kyla gr„nsfallet konverterat system f„r brandfl„de 920 l/s (medium), temp 300 C"
    •T,20
    •FF06,1350:qhm<
    200.0 PaT,300 1
    •-398.4 Pa
    •-380.4 l/s
    957.51 l/s | -0.274 kg/s
    •25,38
    •b,450

    12,2 20,3 b,180 25,5 |
+-----+-----+-----+-----+
| •20,2 •20,2 •16,2
|
| •tt •tv •tk •tb
| 3.6 Pa | 3.5 Pa | 188.4 Pa | 33.5 Pa
| -7.839 l/s | -20.55 l/s | -311.9 l/s | -40.13 l/s
| 20.0 C | 20.0 C •1 | 20.0 C
.....
• lt Tm • lv Tm • lk Tm • lb Tm
• "Tele" • "V„rme" • "Kyla" • "Batteri"
• 1.9 Pa • 2.3 Pa • -200.0 Pa • 18.2 Pa
.....-11.19 l/s.....-20.55 l/s.....285.28 l/s.....-76.64 l/s
| 20.0 C | 20.0 C | 300.0 C | 20.0 C
|
| •ft •q,0 •fk •fb
| -0.3 Pa | | -176.8 Pa | -27.4 Pa
| 3.355 l/s | | 360.31 l/s | 36.516 l/s
| 20.0 C | •20,3 | 300.0 C | 20.0 C
+-----+-----+-----+-----+
12,2 20,3 b,90:qm 25,2 •b,990
363.67 l/s •25,113
0.225 kg/s •s,400
•FF06,1190:qhTm
290.0 Pa
400.19 l/s
0.269 kg/s
250.2 C

end 3 1 problem 64 elements 0 errors 0 warnings 2000-03-30 10.34.18

```

*Figur 14.9; Utdatafil för system teknisk, "konverterat system" med ökad fläktkapacitet, brandförlopp medium*



Figur 14.10; Sammanfattning av driftfall i form av schematiska figurer

## 14.8 Skydd mot brandspridning - beräkningar

### Överslagsberäkning av temperatur

Följande överslagsberäkning för luftens temperatur följer principerna enligt avsnitt 13, metoden gäller i första hand för frånluftssystem, men kan även tillämpas vid F-, T-system. Det varma fallet beräknas genom att anta att den relativa densiteten i brandrummet är lika med parametern  $r$  alltid mindre än 1.0, figur 14.11.

Beteckningar enligt följande:

Flöde från brandrum	$q_b$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
Flöde från övriga rum	$q_n$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
Flöde i samlingskanalen	$q_s$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
Tryckfall i anslutningskanal till brandrum	$\Delta p_b$ (Pa)
Tryckfall i anslutningskanal till övriga rum	$\Delta p_n$ (Pa)
Tryckfall i samlingskanal	$\Delta p_s$ (Pa)
Luftens relativa densitet i samlingskanal	$r = \rho_b / \rho_n$ (-)
Luftens relativa densitet i samlingskanal	$s = \rho_s / \rho_n$ (-)
Beräkningsuttryck	$f = (r R_b / R_n)^{0.5}$
Motstånd för anslutningskanalen till rum utan brand	$R_n$ ( $\text{Pa s}^2/\text{m}^6$ )
Motstånd för anslutningskanalen till brandrummet	$R_b$ ( $\text{Pa s}^2/\text{m}^6$ )
Motstånd för samlingskanalen	$R_s$ ( $\text{Pa s}^2/\text{m}^6$ )
Fläktens tryckuppsättning vid normal temperatur 20 °C	$\Delta p_{fl}$ (Pa)

Beräkningarna nedan följer beräkningsgången enligt avsnitt 11.

System teknik förenklas till två grenar brandrum och övriga rum, se figur 11.1, enligt följande:

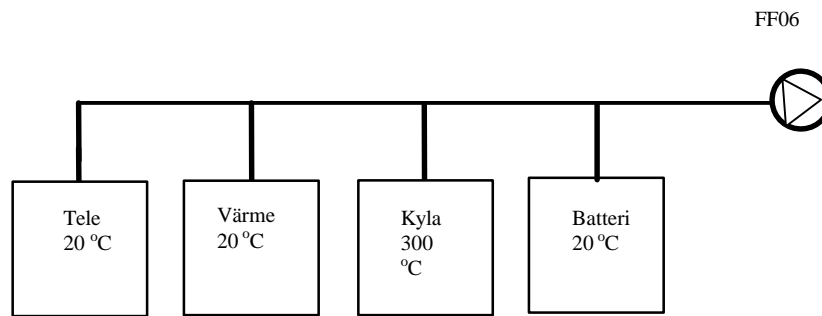
$$q_b = 0,13 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_n = 0,185 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta p_b = 40 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_n = 40 \text{ Pa}$$

$$\Delta p_s = 340 \text{ Pa}$$



Figur 14.11; Temperaturer i systemet vid brand

Antag att brandtemperaturen i brandrummet är 300°C vilket ger

$$r = \rho_b / \rho_n = 0,616 / 1,2 = 0,5$$

$$R_b = \Delta p_b / q_b^2 = 40 / 0,13^2 = 2367$$

$$R_s = \Delta p_s / q_s^2 = 340 / 0,315^2 = 3427$$

$$R_n = \Delta p_n / q_n^2 = 40 / 0,185^2 = 1169$$

$$f = (rR_b / R_n)^{0,5} = (0,5 \cdot 2367 / 1169)^{0,5} = 1,01$$

$$s = (r + f) / (1 + f) = (0,5 + 1,01) / (1 + 1,01) = 0,75$$

$s = 0,75$  motsvarar en temperatur i samlingskanalen av ca 130°C ( $\rho_s = 0,90$ )

Enkel massbalans utan hänsyn till fläktens ändrade tryckuppsättning med ändrad densitet ger

$$\rho_b q_b + \rho_n q_n = \rho_s q_s$$

$$0,185 \cdot 1,2 + 0,13 \cdot 0,616 = 0,315 \rho_s$$

$$\rho_s = 0,96$$

Datorberäkning nedan ger en temperatur av 225 °C skillnaden beror till viss del av att flödet från brandrummet "tränger undan" övriga flöden.

### Datorberäkningar

Temperaturberäkning har utförts med PFS för gränsfallet vid "fläktar i drift" resultaten redovisas i tabell 14.7

Tabell 14.7; Resultat av temperaturberäkningar

Temperatur i brandrum	Temperatur i samlingskanal (°C)	Brandtryck (Pa)	Brandflöde (l/s)	Massflöde (kg/s)
20	20	174	422	0,506
280	185	180	553	0,465
300	209	181	568	0,462
400	225	182	578	0,459
500	381	185	666	0,441

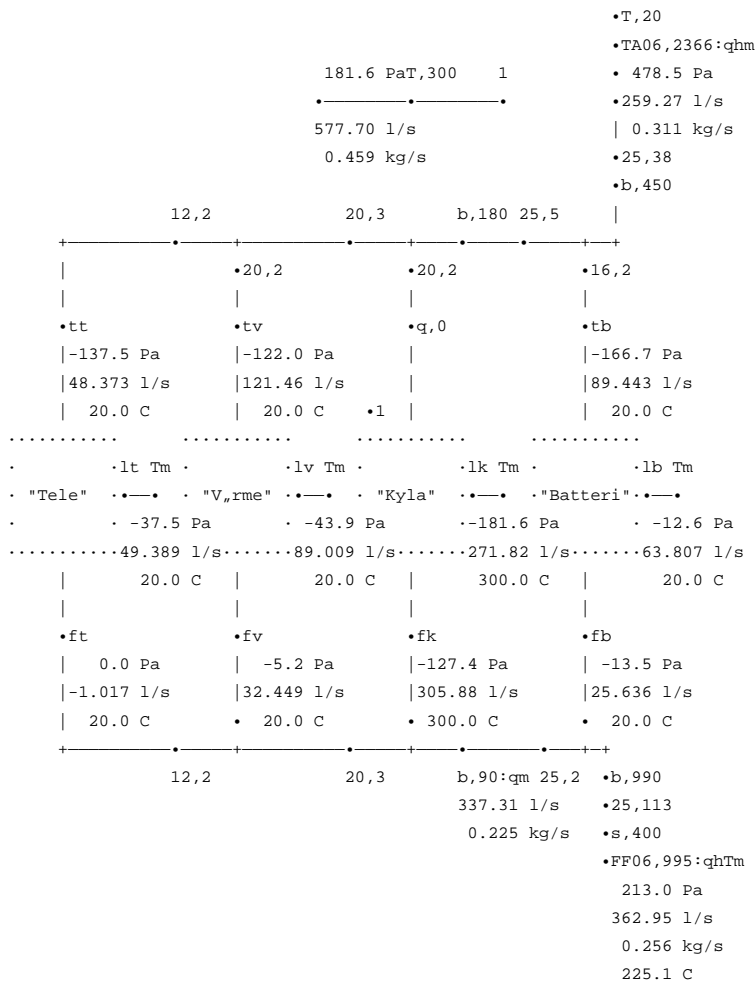
Som framgår av resultaten så når temperaturen vid fläkten redan vid måttliga temperaturer i brandrummet 200°C, det beror delvis på att utspädning av rumstempererad luft från övriga brandceller blir låg då flödet från kyla ”tränger undan” övriga flöden. Vidare framgår att med ökad temperatur krävs ett ökat brandflöde för att erhålla brandgasspridning.

```

egin
flow l/s
pressure Pa
control bend=1 con=1 duct=1 dencase=1
fan FF06 300 100 250 900 100 1400 920
fan TA06 550 300 620 500 600 700 2500
set lb=t,50,127:qhT lk=t,50,102:qhT lv=t,50,95:qhT lt=t,50,57:qhT "L,ckage"
set tb=t,75,60:qhT tv=t,67,90:qhT tt=t,72,35:qhT "Tilluft"
set fb=t,74,60:qhT fk=t,45,130:qhT fv=t,40,90:qhT ft=t,35,35:qhT "Frånluft"
set l2=d,125 l6=d,160 l20=d,200 l25=d,250 "Kanaldimensioner"
set tat=t,300,315 Tm=T,20:< "Aggregat, temp"

```

"Brand i kyla gr,nsfallet, temperatur 300"



end 4 1 problem 64 elements 0 errors 0 warnings 2000-02-28 08.58.42

Figur 14.12; Utdatafil för system teknik, ”fläktar i drift” gränsfallet, temperaturberäkning, 300°C i brandrummet

### Beräkning av ytemperatur

Enligt avsnitt 14.7, figur 14.9, erhöles en högsta temperatur (i ordinarie frånluftssystem) av cirka +250°C och massflöde  $m = 0,27$  kg/s vid samlingskanalens början med konverterat system och ökad kapacitet för brandflödet 920 l/s.

Vid beräkningarna försummas värmeavgivningen från anslutningskanalen och gemensam kanal mellan kylcentral och batterirum, totalt 4 m kanal.

Temperaturberäkningar med Gullfibers program ger att temperaturen vid fläkten uppgår till cirka +170°C på grund av värmeavgivning från samlingskanalen. Ytemperaturen understiger grupp 1 kravet +160°C enligt avsnitt 6 med god marginal (cirka +75°C) trots att enbart isolering i brandteknisk klass EI 15 utnyttjas för en brandcell i brandteknisk klass EI 60.

PFS tar ej hänsyn till värmeavgivning via kanalväggar utan räknar ut luftens temperatur i blandningspunkten.

En funktionsbaserad dimensionering enligt detta avsnitt innebär en billigare lösning då dimensionerande temperatur och brandtryck är betydligt lägre än vid en schablondimensionering.

Standardbrandkurvan enligt ISO834 ger en temperatur av 945 °C och /30/ anger ett schablonvärde för brandtryck av 1000 Pa.



Tabell 14.8; Beräkning av yttemperatur

Massflöde (kg/s)	Temp, brandgaser (°C)	Yttemperatur efter x m med 30 mm isolering brandteknisk klass EI 15					
		Lufttemperatur i kanalen inom parentes (°C)					
		10	20	50	100	113	Anm
0,27	250	74	72	65	57	56	
		(240)	(232)	(208)	(176)	(170)	

Om ej en bedömning av brandförloppet görs blir man hänvisad till att följa standardbrandkurvan enligt ISO834 efter tiden 60 minuter (brandteknisk klass EI 60). Standardbrandkurvan ger en temperatur av +945°C efter 60 minuter, detta medför att en isolertjocklek av 130 mm krävs för att klara yttemperaturkravet +160°C (isolertjocklek 130 mm ger en yttemperatur av ca +156°C).

I normalfallet sker den största tryckuppbyggnaden i brandens initialskede och de högsta temperaturerna i brandrummet erhålles efter att branden utvecklats. Detta medför att risken för brandspridning minskas då när risken för brandgasspridning är störst vid högst brandeffekt.

#### 14.9 Känslighetsanalys

Systemet är befintligt och därmed är geometri och tryckfall bestämda inom ett begränsat intervall.

Den parameter som är osäker och betyder mycket för vilket brandflöde som systemet klarar är läckageareor. Variation av läckageareorna ger resultat enligt tabell 14.9.

Tabell 14.9; Känslighetsanalys av läckageareor vid metod "Fläktar i drift"

Läckageflöde (l/s)	Förändring	Brandflöde (l/s)
51	0,5 * normalflöde	327
102	normalflöde	422
153	1,5 * normalflöde	517
204	2 * normalflöde	612

Läckageareorna är svåra att bedöma och en 50 % ökning av läckageareorna ger en cirka 25 % ökning av brandflödet, ett ökat brandförlopp från medium till "fast" ger en ökning av brandflödet av cirka 50%.

#### 14.10 Sammanfattning

- Nuvarande lösning med fläktar stoppade vid brand ger praktiskt taget inget skydd mot brandgasspridning, tryckfallet till övriga brandceller är betydligt lägre än ut till det fria, dessutom stänger intagsspjället för TA06 vilket ytterligare försvårar utvädring av brandgaser då systemet är blockerat och fylls med brandgaser.
- Krav för skyddsnivån för detta system saknas, personriskerna är ringa men egendomsskyddet för batteri och telerum bör vara högt.
- Fläktar i drift ger en betydande förbättring av skyddet mot brandgasspridning jämfört med nuvarande lösning. Denna lösning är också relativt billig då den endast medför smärre mjukvaruförändringar i styr- och övervakningssystemet. En lösning

med fläktar i drift klarar ett brandflöde av ca 422 l/s, vilket motsvarar ett mycket långsamt brandförlopp.

- Fläktar i drift medför en ökad risk för brandspridning vilket ska beaktas, kanalerna ligger dock till stora delar förlagda i kulvert under golv eller i brandtekniskt klassade schakt vilket gör att en lösning med fläktar i drift är genomförbar.
- För att ytterligare stärka skyddet kan tilluftsfläkten förses med frekvensomformare för varvtalsreglering och större motor. Fläkten kan varvas upp vid brand och kapaciteten öka. Detta medger att ett långsamt (slow) brandförlopp klaras ifall sprinkler ej fungerar.
- För att klara skyddsnivån ”förhindra brandgasspridning” och brandförlopp ”medium” med brandflödet 920 l/s enligt avsnitt 14.5 är endast två metoder aktuella:
  - brandgasspjäll eller
  - konverterat system med större temperaturlåga fläktarVid konverterat system kan flätkapaciteterna väljas enligt avsnitt 14.7. Fläktarna ska klara en temperatur av ca +170°C, standardfläktar räcker ej.
- Skydd mot brandspridning erhålles med isolering i brandteknisk klass EI 15, isolertjocklek 30 mm där kanalerna ej är förlagda i kulvert eller brandtekniskt klassade schakt.
- Minskad isolering från brandteknisk klass EI 60 till EI 15 ger en besparing av ca 100 kr/m för kanaldimension 200.

## **15. Tillämpning på luftbehandlingssystemet som försörjer kontor i husdel D (TA01/FA01)**

### **15.1 Systembeskrivning**

Luftbehandlingssystemet som betjänar kontor består av 7 kontorsplan i hus D samt biutrymmen i plan -2 och -1. Biutrymmena redovisas i modellen som ett gemensamt plan. Gavelfasader är delvis sammanbyggda med angränsande byggnader, endast fasad mot norr (spårvagnshallen), plan 3-7, vetter mot det fria.

Östra långsidan är belägen mot den inglasade gården, västra vetter mot Birger Jarlsgatan.

Fasaderna är glasade mot Birger Jarlsgatan.

Varje våningsplan består av ca 15 möjliga kontorsrum med arean ca 10 m<sup>2</sup> (storkontor är den vanligaste lösningen) och konferensrum, total area ca 280 m<sup>2</sup>.

Kontoren med biutrymmen för hus B - E försörjs med ett gemensamt aggregat TA01/FA01 placerat i centralt beläget fläktrum, plan -2

Till- och frånluftskanaler för hus D passerar under garagegolv och vidare i gemensamt schakt vid hus D:s gavel mot hus A. Kanaldimensionerna varierar mellan Ø630 i bottenplan och Ø315 i plan 7.

Till- och frånluftskanaler sammanbinds med en gemensam, spjällförsedd, avluftning med dimension Ø400. Avluftningen redovisas i modellen som separat avluftning för till- och frånluft med samma tryckfall som den gemensamma.

Kontorsrummen är utförda med en kylbaffel med tilluft, frånluften tas som överluft via öppning runt tilluftskanalen vidare till frånluftsdon i korridor och vid toaletter se bilaga 2.

Tryckfallen för en tilluftskanalgren på ett våningsplan består av kylbaffel med spjäll, kanal och spjäll med ljuddämpare för kanalgrenen, totalt ca 160 Pa. Frånluftsdelens har ett likvärdigt tryckfall.

### **15.2 Komponentbeskrivning**

Installationen är utförd 1993/94 och injusterad enligt protokoll 1994 07 11

Tilluft- och frånluftaggregatet är av fabrikat ABB, se även bilaga 1.

#### *Tilluftaggregat TA01*

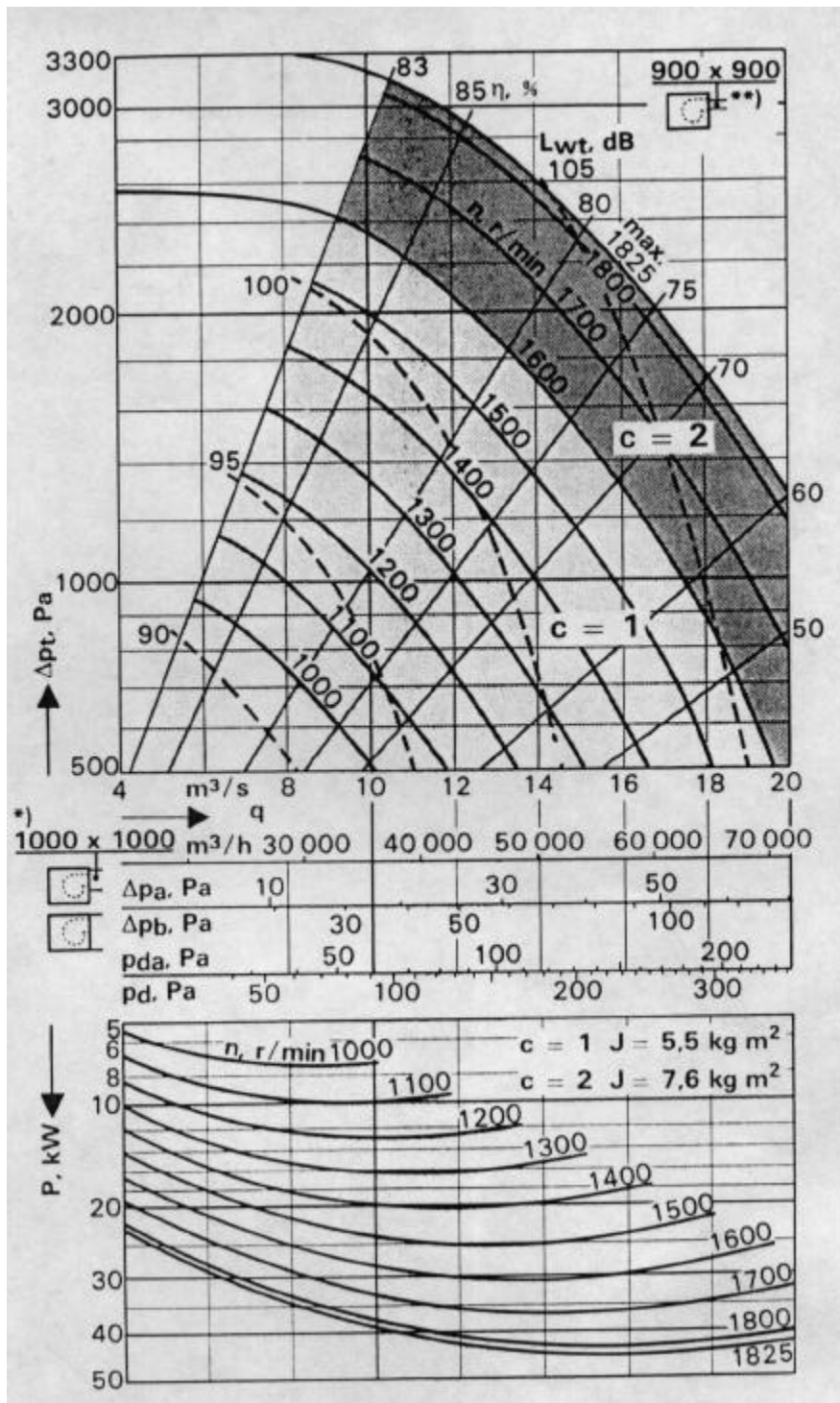
Luftbehandlingsaggregat typ VLA med fläktdel VLLB-09-2  
varvtal 1117 r/min, max varvtal 1825 r/min.

Motor: ABB typ MBT 180 L, effekt 22 kW, n= 1475 r/m, märkström 44 A

Spjäll med täthetsklass 3.

$$q = 11 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tryckfall aggregat: ca 300 Pa



Figur 15.1; Fläktkurva för TA01

### Frånluftsfläkt FA01

Luftbehandlingsaggregat typ VLA med fläkt VLLB-09-3

varvtal 843 r/min, max varvtal 1350 r/min.

Motor: ABB typ MTB 180 M, effekt 18,5 kW,  $n = 1475$  r/m, märkström 39 A

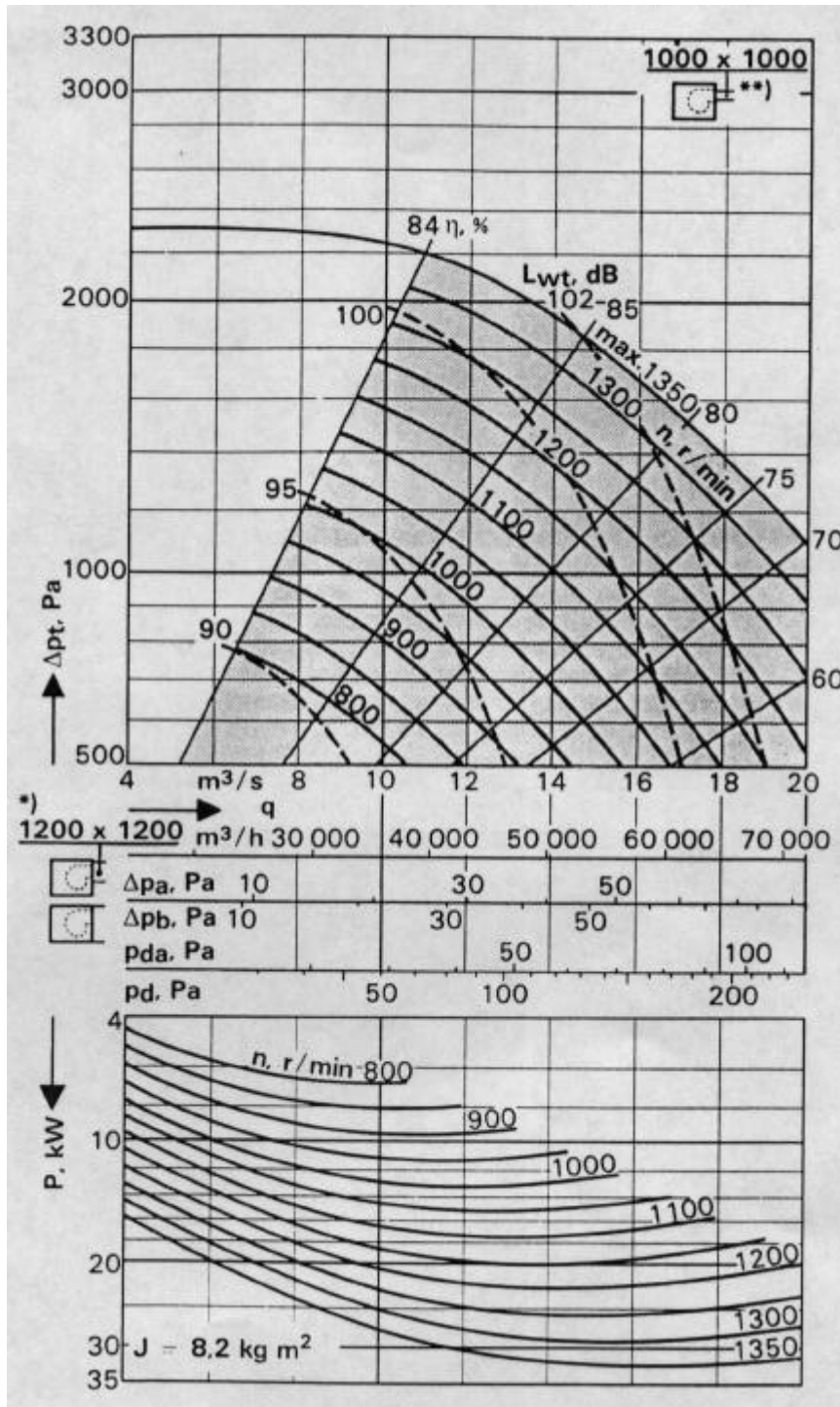
Isolationsklass F

Spjäll med täthetsklass 3.

Filter typ EU8

$$q = 11 \text{ m}^3/\text{s}$$

aggregat tryckfall: ca 250 Pa



Figur 15.2; Fläktkurva för FA01

### Läckage

Läckage för kontorsdelarna hus B – E har bedöms enligt en schablon i BBR, 1,6 l/s m<sup>2</sup> fasadyta.

Tabell 15.1; Läckageareor för system kontor

Hus	Total läckarea $A_{\text{läck}} \text{ (m}^2\text{)}$	Läckflöde Schablon $q_{\text{schablon}} \text{ (l/s)}$
B	1270	2000
C	1960	3100
D		
E	2800	4500
Kontorsplan Hus D	290	450

### 15.3 Styr- och övervakning

Systemuppbyggnad framgår av principschema, bilaga 2 och 3:3.

Brandgaser detekteras via rökdetektor, GX21, placerad i huvudkanal, aktiverad detektor stoppar TA01 och FA01 samt öppnar evakueringspjäll i schakttopp och stänger spjäll vid aggregat (Det stängda spjället vid aggregatet ska antagligen förhindra utifrån kommande brandgaser att tränga in i systemet).

### 15.4 Skydd mot brandgasspridning - beräkningar

Brandgasspridning mellan våningsplan vid brand i kontor har analyserats.

Handberäkning har utförts för metod ”fläktar i drift” med två metoder överslagsberäkning och Alexanderberäkning. Dessutom har en handberäkning utförts för evakuering av brandgaser ovan yttertak enligt /8/.

Beräkning av gränsfallet för kalla brandgaser samt varma brandgaser med varierande temperatur har utförts med PFS.

Följande metoder har analyserats:

- Fläktar i drift med evakueringspjäll stängda (inget läckage genom spjäll har förutsatts)
- Fläktar ej i drift med och utan termik och evakueringspjäll ovan yttertak öppna

En injusteringsberäkning har utförts för att beräkna tryckfall för varje våning och hus för att därigenom erhålla de projekterade luftflödena.

### Brandscenario

Brand på ett godtyckligt kontorsplan, plan 3, i hus D med sprinkler ur funktion har studerats. Den största risken är brand på ett plan med kontorslandskap. Den största möjliga ytan för storkontor med avdrag för WC allmänna ytor och konferens är ca 210 m<sup>2</sup>, volym ca 570 m<sup>3</sup>.

Brandflöde för ett rum med ett visst brandförlopp beräknas enligt uttryck 9.1.

För ett kontorsvåningsplan med ”varierande brandförlopp” erhålles brandflöden enligt tabell 15.2

Tabell 15.2; Brandflöden vid varierande brandförlopp

Brandförlopp	Brandflöde (l/s)
Slow	658
Medium	1195
Fast	2170
Ultra fast	3932

Enligt tabell 9.1 är rekommenderat brandförlopp för kontor ”fast”. För detta kontor är möbleringen gles och ett brandförlopp ”medium” är möjligt.

### Överslagsberäkning

Metoden beskrivs i avsnitt 10. Som en första kontroll av risken för brandgasspridning utförs en överslagsberäkning. Metoden är konservativ och med god säkerhetsmarginal. Om aktuellt brandflöde är lägre än vad en överslagsberäkning ger finns ingen risk för brandgasspridning. Vid en överslagsberäkning bedöms brandgasspridning kunna ske när brandgasflödet överskrider det normala tilluftsflödet för aktuellt plan. Brandtrycket sätts lika med tryckfallet i anslutningskanalen.

### Beteckningar

$q_{bi}$	Kanalbrandflöde, det flöde som pressas in i frånluftskanalen vid brand (l/s)
$p_b$	Brandtryck (Pa)
$q_n$	Normalt flöde för planet (l/s)
$q_{bl}$	Läckflöde genom fasad (l/s)
$p_{tk}$	Tryckfall i anslutningskanal för tilluft inklusive don (Pa)
$p_{fk}$	Tryckfall i anslutningskanal för frånluft inklusive don (Pa)

### Förutsättningar:

Normalt flöde för planet  $q_n = 258$  l/s

Brandtryck  $p_b = p_{tk} = 158$  Pa

Tryckfall i anslutningskanal för frånluft inklusive don  $p_{fk} = 167$  Pa

Läckflöde genom fasad  $q_{bl\ 50\ Pa} = 450$  l/s vid 50 Pa

Brandflödet som branden förorsakar kan i gränsfallet (flödet i tilluftskanalen är noll) läcka ut genom fasad eller transporteras bort i frånluftskanalen som kanalbrandflöde.

Brandtrycket förorsakar läckage enligt

$$q_{bl} = (p_b/p_t)^{0,5} q_{bl\ 50\ Pa} = (158/50)^{0,5} 450 = 800 \text{ l/s}$$

Kanalbrandflöde beräknas enligt

$$q_{bi} = q_n (1 + p_{tk}/p_{fk})^{0,5} = 370 \text{ l/s}$$

Totalt brandflöde

$$q_b = q_{bi} + q_{bl} = 370 + 800 = 1170 \text{ l/s}$$

Enligt en överslagsberäkning med fläktar i drift inträffar gränsfallet vid 1170 l/s, det vill säga brandgasspridning sker om brandflödet överskrider 1170 l/s. Det framräknade brandflödet för brandförlopp ”medium” är något större, 1195 l/s. Chanserna att klara

skyddet mot brandgasspridning med metoden ”fläktar i drift” och brandförlopp ”medium” verkar goda. En noggrannare analysmetod ger mindre marginal och därmed ett större brandflöde för att brandgasspridning ska ske. En noggrannare handberäkningsmetod är Alexandermetoden, beräkningar redovisas i nästa avsnitt.

### **Alexanderberäkning**

Alexanderberäkning för T - och F - system beskrivs i avsnitt 10.

Alexanderberäkning är den mest noggranna handberäkningsmetoden.

Tryckfallsberäkning vid normal drift har utförts på samma sätt som för ”system teknik”.

Resultaten redovisas i figur 15.3.

Resultaten används sedan vid Alexanderberäkning.

Alexandermetoden utgör den mest noggranna av handberäkningsmetoderna och nedan redovisas en Alexanderberäkning för tilluftssystemet med dimensionerande tryckfall vid normaldrift enligt figur 15.3.

Beräkningsgången följer /6/. Alla kanaldelars egenskaper anges vid normaldrift.

Följande beteckningar användes:

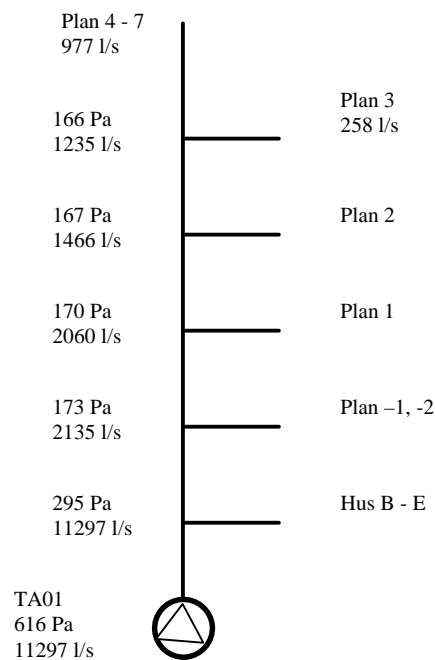
$q_t$	totalflöde (l/s)
$p_t$	totaltryckfall (Pa)
$p_n$	normalt tryckfall (Pa)
$q_n$	normalt flöde (l/s)
$p_{fk}$	tryckfall frånluftskanal fram till anslutningspunkt (Pa)
$p_{tk}$	tryckfall tilluftskanal fram till anslutningspunkt (Pa)

Tryckfallet  $p$  för flödet  $q$  och flödet  $q$  för tryckfallet beräknas enligt.

$$p = p_n \left( q / q_n \right)^2 \quad (\text{Pa})$$

$$q = q_n \left( p / p_n \right)^{0.5} \quad (\text{l/s})$$





Figur 15.3; Princip för system kontor med flöden och tryck i anslutningspunkter

Startansatsen görs med ett antaget brandtryck  $p_s$  lika med det normala trycket i knutpunkten och det normala övriga flödet  $q_s$  nerströms knutpunkten och blir som följer.

$$q_t = q_s = 977 \text{ l/s} \quad (\text{l/s}) \quad (15.1)$$

$$p_t = p_s = 166 \text{ Pa} \quad (\text{Pa}) \quad (15.2)$$

Totaltryckfallet  $p_t$  uppdateras för varje tillkommande stamkandels tryckfall  $p$  genom vilket det hitintills framräknade totalflödet går.

$$p = p_n \left( q_t / q_n \right)^2 \quad (\text{Pa}) \quad (15.3)$$

$$p_t = p_t + p \quad (\text{Pa}) \quad (15.4)$$

Totalflödet  $q_t$  uppdateras för varje tillkommande grenkandels flöde  $q$  över vilken det hitintills framräknade totaltryckfallet råder.

$$q = q_n \left( p_t / p_n \right)^{0.5} \quad (\text{l/s}) \quad (15.5)$$

$$q_t = q_t + q \quad (\text{l/s}) \quad (15.6)$$

Ovanstående fyra beräkningsteg upprepas fram till fläkten.

Första knutpunkt vid plan 2

$$p = p_n (q_t / q_n)^2 = (167 - 166) (977/1233)^2 = 0,625 \quad (\text{Pa})$$

$$p_t = p_t + p = 166 + 0,625 = 166,625 \quad (\text{Pa})$$

$$q = q_n (p_t / p_n)^{0,5} = 214 (166,625/167)^{0,5} = 213,7596 \quad (\text{l/s})$$

$$q_t = q_t + q = 977 + 213,760 = 1190,76 \quad (\text{l/s})$$

Andra knutpunkt

$$p = p_n (q_t / q_n)^2 = (170 - 167) (1190,76/1446)^2 = 2,034 \quad (\text{Pa})$$

$$p_t = p_t + p = 166,625 + 2,034 = 168,659 \quad (\text{Pa})$$

$$q = q_n (p_t / p_n)^{0,5} = 615 (168,659/170)^{0,5} = 612,57 \quad (\text{l/s})$$

$$q_t = q_t + q = 1190,76 + 612,57 = 1803,33 \quad (\text{l/s})$$

Tredje knutpunkt

$$p = p_n (q_t / q_n)^2 = (173 - 170) (1803,33/2060)^2 = 2,299 \quad (\text{Pa})$$

$$p_t = p_t + p = 168,659 + 2,299 = 170,958 \quad (\text{Pa})$$

$$q = q_n (p_t / p_n)^{0,5} = 75 (170,958/173)^{0,5} = 74,556 \quad (\text{l/s})$$

$$q_t = q_t + q = 1803,33 + 74,556 = 1877,886 \quad (\text{l/s})$$

Fjärde knutpunkt

$$p = p_n (q_t / q_n)^2 = (295 - 173) (1877,886/2135)^2 = 94,384 \quad (\text{Pa})$$

$$p_t = p_t + p = 170,958 + 94,384 = 265,343 \quad (\text{Pa})$$

$$q = q_n (p_t / p_n)^{0,5} = 9162 (265,343/295)^{0,5} = 8689,26 \quad (\text{l/s})$$

$$q_t = q_t + q = 1877,880 + 8689,26 = 10567,14 \quad (\text{l/s})$$

$$p = p_n (q_t / q_n)^2 = (616 - 295) (10567,14/11297)^2 = 280,862 \quad (\text{Pa})$$

$$p_t = p_t + p = 265,343 + 280,862 = 546,205 \quad (\text{Pa})$$

Omskalning av det lägre erforderliga totaltrycket vid stympat system ger ett högre tryck i brandrummets anslutningspunkt enligt

$$p_b = p_s (p_f / p_t) = 166 (616/542,6) = 187,2 \quad (\text{Pa})$$

Brandflöde i frånluftskanalen

$$q_{bf} = q_n (1 + p_{tk}/p_{fk})^{0,5} = 258 (1 + 187,5/171)^{0,5} = 373,3 \quad (\text{l/s})$$

Totalt brandflöde

$$q_b = q_{bf} + q_{läck} = 373,3 + (187,5/50)^{0,5} 450 = 1244,7 \quad (\text{l/s})$$

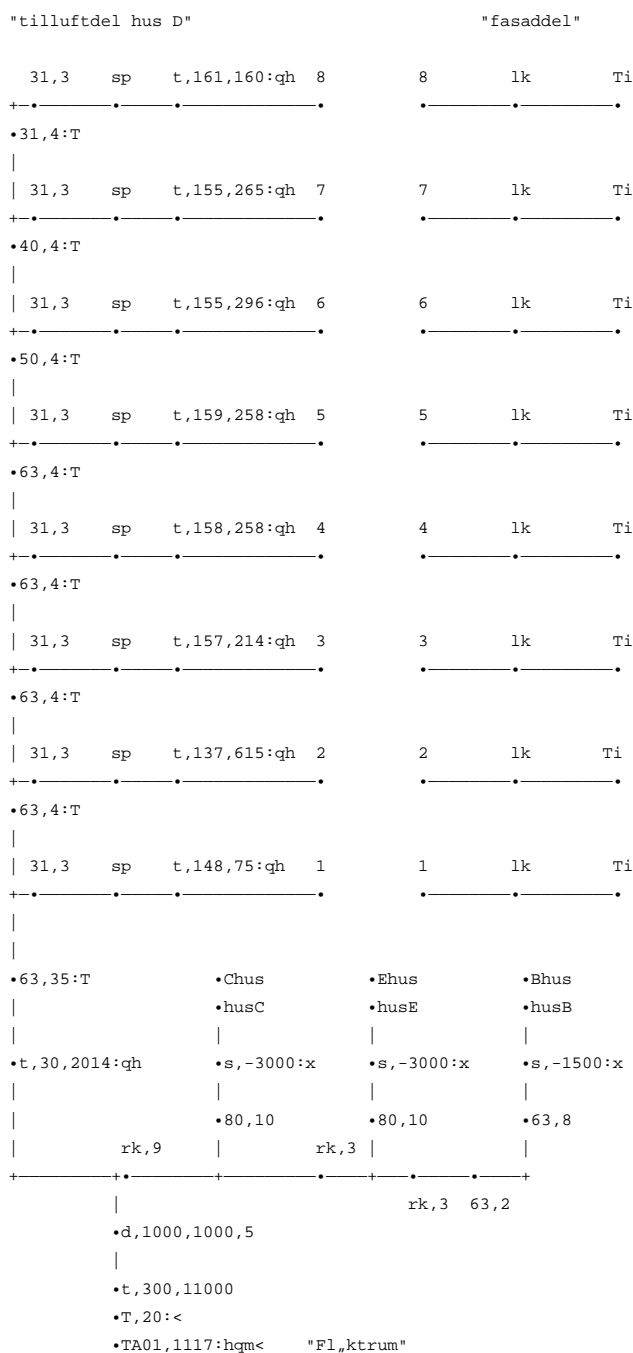
Alexanderberäkning ger att metoden ”fläktar i drift” och brandförlopp ”medium” klarar att förhindra brandgasspridning. Det framräknade brandflödet enligt tabell 15.2 (1195 l/s) är lägre än vad Alexanderberäkningen ger (1245 l/s).

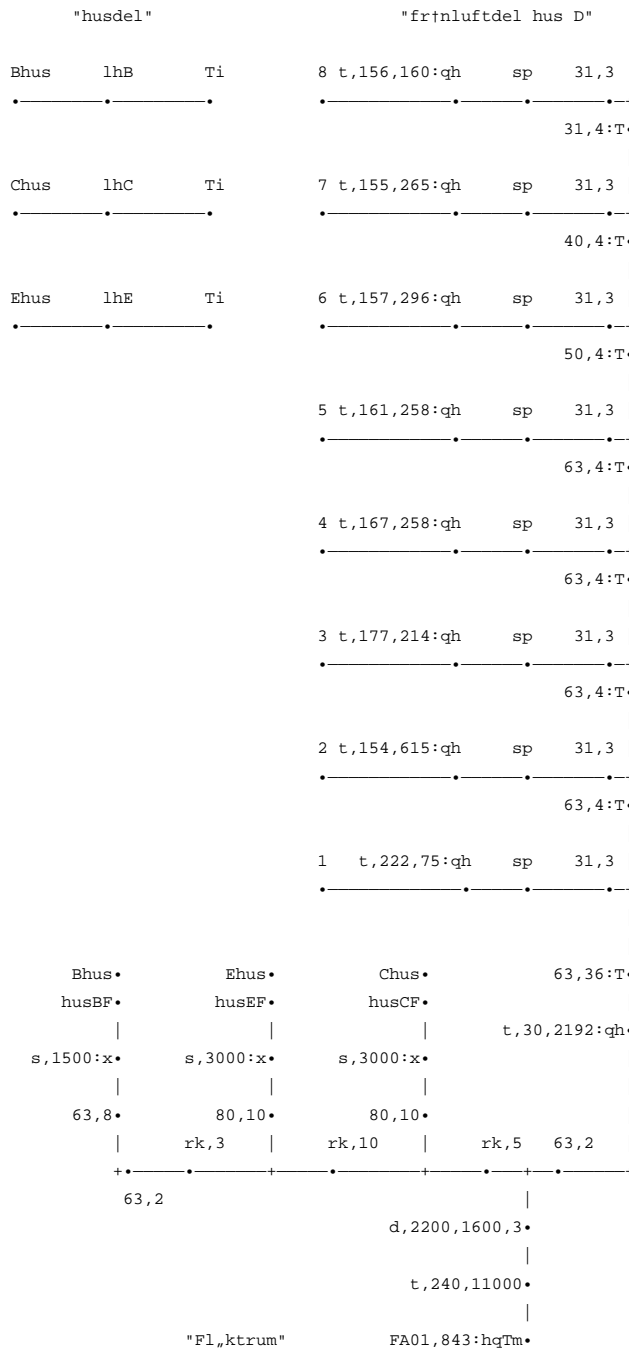
### ***Datorberäkningar***

Datorberäkningar har utförts med programmet PFS beskrivet i avsnitt 12, samtliga driftfall enligt 15.4 har analyserats, resultaten redovisas i tabeller 15.3, 4.

```
begin
flow      1/s
pressure  Pa
control   bend=1 con=1 duct=1 dencase=1 table=12
fan       TA01 1360:6900 1000:10200 600:12800 1200
fan       FA01 1200:8000 900:12000 600:14800 1000
set       31=d,315 40=d,400 50=d,500 63=d,630 80=d,800 rk=d,1000,1000
set       lk=t,50,450:hq lhB=t,50,2000:qh lhC=t,50,3100:qh lhE=50,4500:qh
set       sp=s,300 Ti=T,20:<
set       husCF=t,224,4000:qh husEF=t,191,3668:qh husBF=t,205,1500:qh
set       husC=t,159,4000:qh husE=t,179,3668:qh husB=t,210,1500:qh
connection Bhus Chus Ehus
```

"2. Normal ventilation"





end  
**Figur 15.4; Indatafil för system kontor, normal ventilation**

```

begin
flow      1/s
pressure  Pa
control   bend=1 con=1 duct=1 dencase=1 table=12
fan       TA01 1360:6900 1000:10200 600:12800 1200
fan       FA01 1200:8000 900:12000 600:14800 1000
set       31=d,315 40=d,400 50=d,500 63=d,630 80=d,800 rk=d,1000,1000
set       lk=t,50,450:hq lhB=t,50,2000:qh lhC=t,50,3100:qh lhE=50,4500:qh
set       sp=s,300 Ti=T,20:<
set       husCF=t,224,4000:qh husEF=t,191,3668:qh husBF=t,205,1500:qh
set       husC=t,159,4000:qh husE=t,179,3668:qh husB=t,210,1500:qh
connection Bhus Chus Ehus

```

"2. Normal ventilation"

"tilluftdel hus D"				"fasaddel"			
31,3	sp	t,161,160:qh	8	8	lk	Ti	
+-----+-----+				+-----+-----+			
•31,4:T		-159.8 Pa				0.0 Pa	
	20.0 C	159.38 l/s				-0.825 l/s	
	31,3	sp	t,155,265:qh	7	lk	Ti	
+-----+-----+				+-----+-----+			
•40,4:T		-154.5 Pa				0.0 Pa	
	20.0 C	264.58 l/s				-1.011 l/s	
	31,3	sp	t,155,296:qh	6	lk	Ti	
+-----+-----+				+-----+-----+			
•50,4:T		-154.3 Pa				0.0 Pa	
	20.0 C	295.36 l/s				-1.358 l/s	
	31,3	sp	t,159,258:qh	5	lk	Ti	
+-----+-----+				+-----+-----+			
•63,4:T		-158.1 Pa				0.0 Pa	
	20.0 C	257.24 l/s				-1.397 l/s	
	31,3	sp	t,158,258:qh	4	lk	Ti	
+-----+-----+				+-----+-----+			
•63,4:T		-156.7 Pa				0.0 Pa	
	20.0 C	256.90 l/s				-1.515 l/s	
	31,3	sp	t,157,214:qh	3	lk	Ti	
+-----+-----+				+-----+-----+			
•63,4:T		-156.2 Pa				0.0 Pa	
	20.0 C	213.47 l/s				-1.112 l/s	
	31,3	sp	t,137,615:qh	2	lk	Ti	
+-----+-----+				+-----+-----+			
•63,4:T		-136.3 Pa				0.0 Pa	
	20.0 C	613.46 l/s				-1.812 l/s	
	31,3	sp	t,148,75:qh	1	lk	Ti	
+-----+-----+				+-----+-----+			
		-146.9 Pa				0.0 Pa	
		74.714 l/s				-0.421 l/s	
•63,35:T		•Chus	•Ehus	•Bhus			
	20.0 C	•husC	•husE	•husB			
		161.1 Pa	180.6 Pa	196.7 Pa			
•t,30,2014:qh		• -4026 l/s	• -3684 l/s	• -1452 l/s			
	33.7 Pa						
	-2135 l/s	•80,10	•80,10	•63,8			
	rk,9		rk,3				
+-----+-----+				+-----+-----+			
			rk,3	63,2			
	•d,1000,1000,5						
	•t,300,11000						
	•T,20:<						
	•TA01,1117:hqm<	"Fl„ktrum"					
	-616.8 Pa						
	-11297 l/s						
	-13.56 kg/s						
"husdel"				"frinluftdel hus D"			
Bhus	lhB	Ti	8 t,156,160:qh	sp	31,3		
+-----+-----+				+-----+-----+			
			•--156.4 Pa				
		0.0 Pa	160.21 l/s		31,4:T		
		-45.32 l/s			20.0 C		
Chus	lhC	Ti	7 t,155,265:qh	sp	31,3		
+-----+-----+				+-----+-----+			
			•--155.7 Pa				
		0.0 Pa	265.59 l/s		40,4:T		
		24.206 l/s			20.0 C		
Ehus	lhE	Ti	6 t,157,296:qh	sp	31,3		
+-----+-----+				+-----+-----+			
			•--157.8 Pa				
		-1.0 Pa	296.72 l/s		50,4:T		
		14.625 l/s			20.0 C		

```

5 t,161,258:qh      sp  31,3 |
•--161.8 Pa-----•-----•--+
258.63 l/s          63,4:T•
20.0 C

4 t,167,258:qh      sp  31,3 |
•--167.5 Pa-----•-----•--+
258.41 l/s          63,4:T•
20.0 C

3 t,177,214:qh      sp  31,3 |
•--178.0 Pa-----•-----•--+
214.58 l/s          63,4:T•
20.0 C

2 t,154,615:qh      sp  31,3 |
•--154.1 Pa-----•-----•--+
615.28 l/s          63,4:T•
20.0 C

1 t,222,75:qh       sp  31,3 |
•--222.8 Pa-----•-----•--+
75.135 l/s          |
|
|
Bhus•              Ehus•              Chus•              63,36:T•
husBF•            husEF•            husCF•            20.0 C
-204.2 Pa         -191.1 Pa         -224.2 Pa         t,30,2192:qh•
s,11497.1 l/s     s,33669.4 l/s     s,34002.0 l/s     -28.7 Pa
|                |                |                2144.6 l/s
63,8•            80,10•            80,10•            |
|                |                |                |
|                rk,3      |                rk,10      |                rk,5      63,2
+-----+-----+-----+-----+-----+
63,2
|
|
d,2200,1600,3•
|
t,240,11000•
|
"Fl„ktrum"       FA01,843:hqTm•
538.0 Pa
11313 l/s
13.576 kg/s
20.0 C

```

end 2 1 problem 182 elements 0 errors 0 warnings 2000-03-22 12.56.24

Figur 15.5; Utdatafil för system kontor, normal ventilation, se även figur 15.8

figk3

c:\program\pfs 03/22/00 13:01:37

```

begin
flow      l/s
pressure  Pa
control   bend=1 con=1 duct=1 dencase=1 table=12
fan       TA01 1360:6900 1000:10200 600:12800 1200
fan       FA01 1200:8000 900:12000 600:14800 1000
set       31=d,315 40=d,400 50=d,500 63=d,630 80=d,800 rk=d,1000,1000
set       lk=t,50,450:hq lhB=t,50,2000:qh lhC=t,50,3100:qh lhE=50,4500:qh
set       sp=s,300 Ti=T,20:<
set       husCF=t,224,4000:qh husEF=t,191,3668:qh husBF=t,205,1500:qh
set       husC=t,159,4000:qh husE=t,179,3668:qh husB=t,210,1500:qh
connection Bhus Chus Ehus
    
```

"3. Brand på vtningssplan"

		171.1 Pa	T,300	4		
		-----				
		1662.2 l/s				
		1.868 kg/s				
"tilluftdel hus D"				"fasaddel"		
31,3	sp	t,161,160:qh	8	8	lk	Ti
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+						
•31,4:T		-171.0 Pa			0.0 Pa	
	20.0 C	164.91 l/s			11.714 l/s	
	31,3	sp	t,155,265:qh	7	lk	Ti
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+						
•40,4:T		-165.3 Pa			-0.1 Pa	
	20.0 C	273.70 l/s			19.680 l/s	
	31,3	sp	t,155,296:qh	6	lk	Ti
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+						
•50,4:T		-165.1 Pa			-0.1 Pa	
	20.0 C	305.51 l/s			21.701 l/s	
	31,3	sp	t,159,258:qh	5	lk	Ti
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+						
•63,4:T		-169.1 Pa			-0.1 Pa	
	20.0 C	266.10 l/s			18.727 l/s	
	31,3	q,0	4	4	lk	Ti
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+						
•63,4:T					-171.1 Pa	
	20.0 C				1164.3 l/s	
	31,3	sp	t,157,214:qh	3	lk	Ti
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+						
•63,4:T		-169.7 Pa			-0.1 Pa	
	20.0 C	222.45 l/s			15.142 l/s	
	31,3	sp	t,137,615:qh	2	lk	Ti
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+						
•63,4:T		-148.3 Pa			-0.5 Pa	
	20.0 C	639.93 l/s			43.464 l/s	
	31,3	sp	t,148,75:qh	1	lk	Ti
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+						
		-161.7 Pa			0.0 Pa	
		78.388 l/s			5.175 l/s	
•63,35:T		•Chus	•Ehus		•Bhus	
	20.0 C	•husC	•husE		•husB	
		161.7 Pa	178.2 Pa		197.3 Pa	
•t,30,2014:qh		• -4033 l/s	• -3660 l/s		• -1454 l/s	
	28.2 Pa					
	-1951 l/s	•80,10	•80,10		•63,8	
	rk,9		rk,3			
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+						



```

|
|                                     rk,3 63,2
|
•d,1000,1000,5
|
•t,300,11000
•T,20:<
•TA01,1117:hqm< "Fl„ktrum"
-605.6 Pa
-11098 l/s
-12.47 kg/s
"husdel"                                     "frinluftdel hus D"

Bhus lhB Ti 8 t,156,160:qh sp 31,3
•-----•-----•-----•-----•-----•-----+
|
| 0.0 Pa | 153.19 l/s | 31,4:T• |
| -15.08 l/s | | | 20.0 C |
Chus lhC Ti 7 t,155,265:qh sp 31,3 |
•-----•-----•-----•-----•-----•-----+
|
| -0.1 Pa | 254.02 l/s | 40,4:T• |
| 102.90 l/s | | | 20.0 C |
Ehus lhE Ti 6 t,157,296:qh sp 31,3 |
•-----•-----•-----•-----•-----•-----+
|
| -4.3 Pa | 283.81 l/s | 50,4:T• |
| 31.399 l/s | | | 20.0 C |
|
| 5 t,161,258:qh sp 31,3 |
| -148.0 Pa | | | 63,4:T• |
| 247.37 l/s | | | 20.0 C |
|
| 4 t,167,258:qh sp 31,3 |
| -318.1 Pa | | | 63,4:T• |
| 497.98 l/s | | | 79.8 C |
|
| 3 t,177,214:qh sp 31,3 |
| -166.1 Pa | | | 63,4:T• |
| 207.31 l/s | | | 70.9 C |
|
| 2 t,154,615:qh sp 31,3 |
| -144.9 Pa | | | 63,4:T• |
| 596.47 l/s | | | 55.7 C |
|
| 1 t,222,75:qh sp 31,3 |
| -211.6 Pa | | | 63,36:T• |
| 73.214 l/s | | | 54.4 C |
|
| Bhus• Ehus• Chus• | 63,36:T• | | |
| husBF• husEF• husCF• | 54.4 C |
| -196.6 Pa | -186.9 Pa | -216.3 Pa | t,30,2192:qh• |
| s1469.0 l/s | s3628.5 l/s | s3930.6 l/s | -29.9 Pa |
| | | | 2313.4 l/s |
| 63,8• | 80,10• | 80,10• | |
| | rk,3 | rk,10 | rk,5 63,2 |
+-----+-----+-----+-----+
63,2
|
| d,2200,1600,3•
|
| t,240,11000•
|
| "Fl„ktrum" FA01,843:hqTm•
| 524.0 Pa
| 11341 l/s
| 13.318 kg/s
| 26.4 C

```

end 1 1 problem 189 elements 0 errors 0 warnings 2000-03-22 13.01.22

Figur15.6; Utdatafil för system kontor, "fläktar i drift", brand på plan 3, gränsfallet, brandgastemperatur 300°C, se även figur 15.9

fig157

c:\program\pfs 04/19/00 16:50:08

```

begin
flow      l/s
pressure  Pa
control   bend=1 con=1 duct=1 dencase=1
control   dxs=10 table=12 itmax=20 eeps=1e-12
parameter Tu=0 g=9.81
compute   uT=-1.2*293/(273+Tu)*g*3           =      -37.903255
compute   huT=-1.2*293/(273+Tu)*g*24         =      -303.226044
set       31=d,315 40=d,400 50=d,500 63=d,630 80=d,800 rk=d,1000,1000
set       lk=t,50,450:qhT  huv=t,50,500:qhTv  suv=s,-100
set       st=s,1 sf=s,-1:T Tin=T,20:< Ti=T,20 dT=z,-3 uT=h,uT
set       husBCEf=t,218,9168:qh             hdT=z,-24 huT=h,huT
set       lhBCE=t,50,9600:qh  husBCEt=t,175,9168:qh
connection BCEhus
    
```

"3. Brand pt vtningssplan, f"rbigtng"

			h?1195:qm	T,300	4				
			-----						
			63.4 Pa						
		"tilluftdel hus D"	1195.0 l/s			"fasaddel"			
			1.275 kg/s						
		•T,Tu							
	huv•								
		27.4 Pa							
		-423.4 l/s							
		-3.4 m/s							
		111.1 C							
40,3•	31,3	st	t,161,160:qhT	8	8	lk	Tin	Ti	
			-----						
		•31,4:T	-3.3 Pa				-0.5 Pa		
		• 111.1 C	26.280 l/s				52.496 l/s		
		•uT	111.1 C				110.1 C		
		31,3	st	t,155,265:qhT	7	7	lk	Tin	Ti
			-----						
		•40,4:T	1.8 Pa				0.8 Pa		
		• 119.3 C	-28.46 l/s				-57.07 l/s		
		•uT	20.0 C				20.0 C		
		31,3	st	t,155,296:qhT	6	6	lk	Tin	Ti
			-----						
		•50,4:T	-3.9 Pa				-2.1 Pa		
		• 119.3 C	54.406 l/s				107.73 l/s		
		•uT	119.3 C				118.3 C		
		31,3	st	t,159,258:qhT	5	5	lk	Tin	Ti
			-----						
		•63,4:T	3.2 Pa				1.3 Pa		
		• 130.8 C	-36.76 l/s				-73.61 l/s		
		•uT	20.0 C				20.0 C		
		31,3	st	t,158,258:qhT	4	4	lk	Tin	Ti
			-----						
		•63,4:T	73.7 Pa				-63.4 Pa		
		• 20.0 C	-246.4 l/s				708.66 l/s		
		•uT	300.0 C				300.0 C		
		31,3	st	t,157,214:qhT	3	3	lk	Tin	Ti
			-----						
		•63,4:T	12.1 Pa				3.3 Pa		

```

• 20.0 C      -59.34 l/s      -115.4 l/s
•uT          20.0 C          20.0 C
|
| 31,3 st    t,137,615:qhT 2      2      lk Tin Ti
+-----+-----+
•63,4:T      4.6 Pa          12.0 Pa
• 20.0 C      -112.6 l/s      -220.7 l/s
•uT          20.0 C          20.0 C
|
| 31,3 st    t,148,75:qhT 1      1      lk Tin Ti
+-----+-----+
|          20.0 Pa          0.6 Pa
|          -27.55 l/s      -50.07 l/s
|          20.0 C          20.0 C
|
|
|
|
|          BCEhus   lhBCE Tin Ti
+-----+-----+
•63,35:T      •BCEhus          0.0 Pa
| 20.0 C      •husBCEt          70.805 l/s
|          • 0.0 Pa
•t,30,2141:q  •-42.21 l/s
| 6.974 l/s   |
|          •80,10
|          rk,9 |
+-----+-----+
|          80,2
•d,1000,1000,5
•s,5
•t,60,60
•Ti
•Tin:q      "Fl„ktrum"
-35.23 l/s

"frinluftdel hus D" •T,Tu
•huv
• 26.9 Pa
dT•-419.1 l/s
uT• -3.3 m/s
| 109.2 C
8 t,156,160:qh sf 31,3 •40,3
•- 3.2 Pa----- 109.2 C---+
-26.22 l/s      31,4:T•
109.2 C
uT•
|
7 t,155,265:qh sf 31,3 |
•- 1.8 Pa----- 20.0 C---+
28.607 l/s      40,4:T•
117.4 C
uT•
|
6 t,153,296:qh sf 31,3 |
•- 3.7 Pa----- 117.4 C---+
-53.32 l/s      50,4:T•
117.4 C
uT•
|
5 t,161,258:qh sf 31,3 |
•- 3.3 Pa----- 20.0 C---+
36.853 l/s      63,4:T•
128.7 C
uT•
|
4 t,167,258:qh sf 31,3 |
•- 73.9 Pa----- 300.0 C---+
239.95 l/s      63,4:T•

```

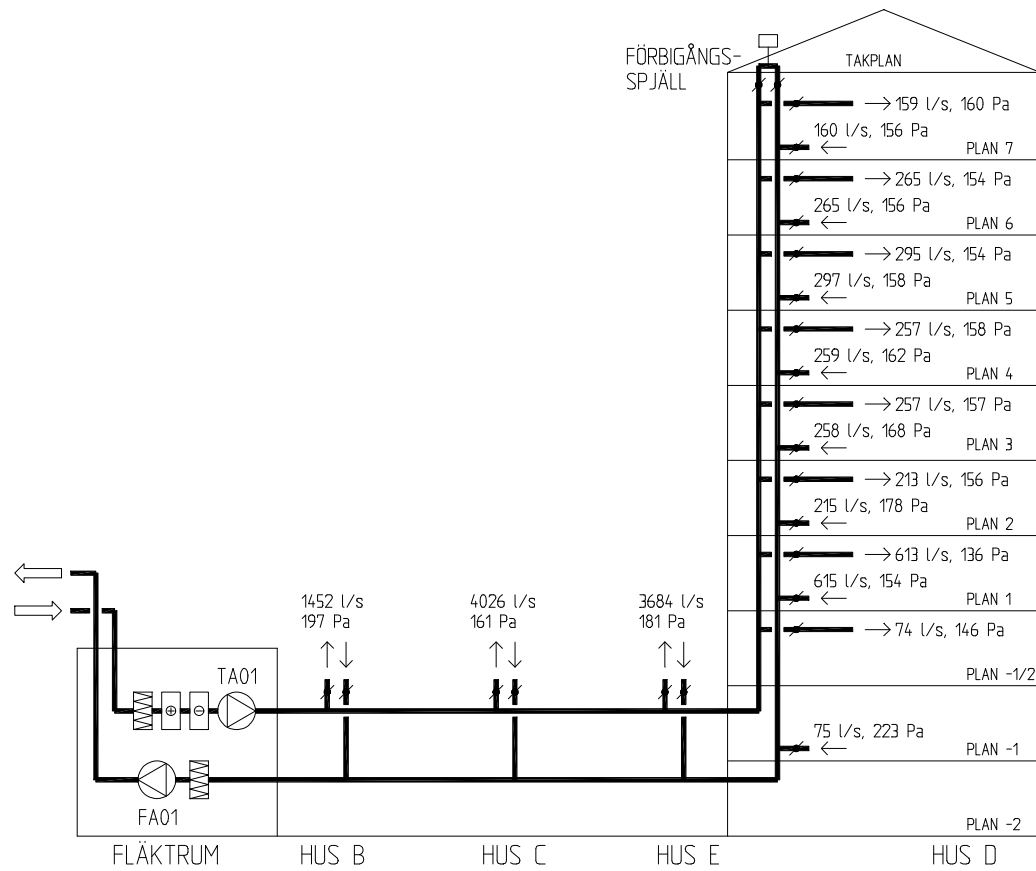
```

          20.0 C
          uT•
          |
3 t,177,214:qh   sf   31,3 |
•- -12.1 Pa•----- 20.0 C-•-+
          56.016 l/s          63,4:T•
          20.0 C
          uT•
          |
2 t,154,615:qh   sf   31,3 |
•- -4.8 Pa•----- 20.0 C-•-+
          108.10 l/s          63,4:T•
          20.0 C
          uT•
          |
1 t,222,75:qh   sf   31,3 |
•----- -20.0 Pa•----- 20.0 C-•-+
          22.519 l/s          |
          |
          |
          |
          |
          BCEhus•          63,36:T•
          husBCEf•          20.0 C
          0.0 Pa          t,30,2141:g•
          -28.60 l/s          -6.635 l/s |
          |          |
          80,10•          |
          |          rk,5   63,2 |
          +-----+-----+
          80,2 |
          d,2200,1600,3•
          s,5•
          t,60,60•
          Ti•
          Tin•
"Fl„ktrum"

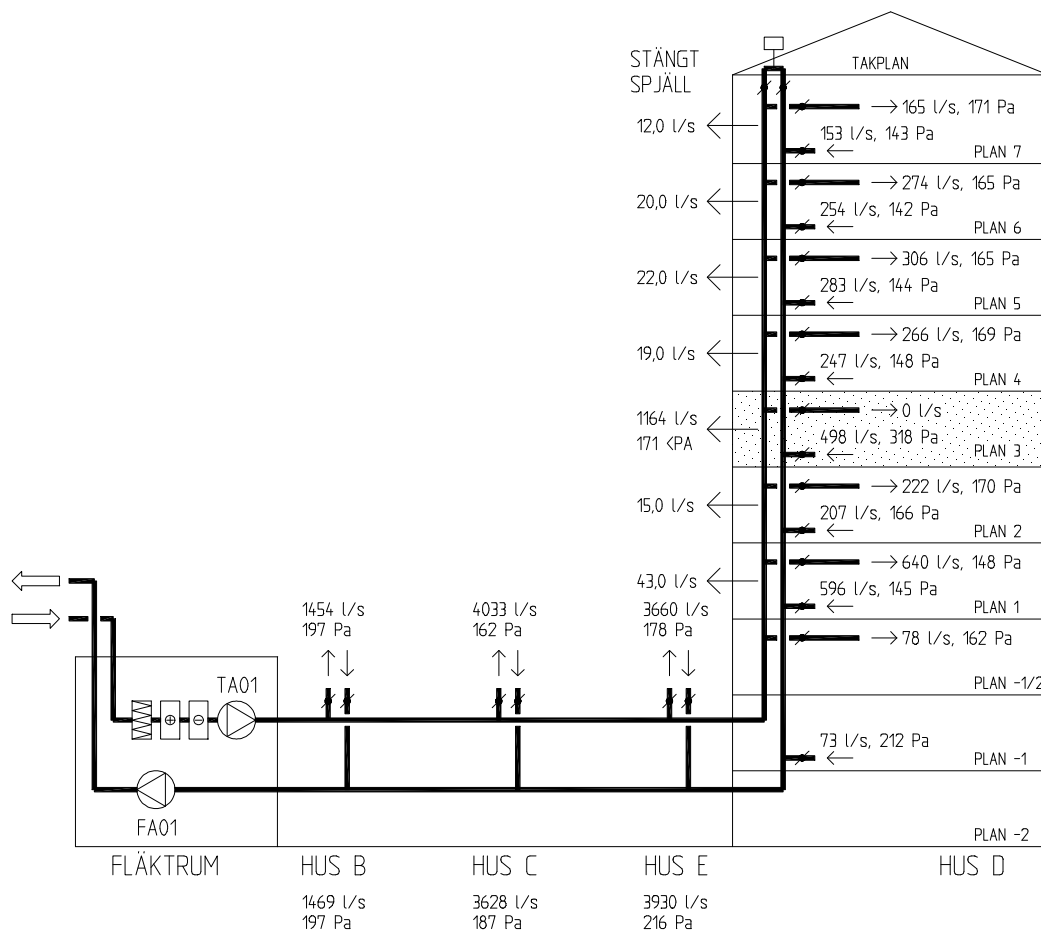
```

end 1 1 problem 216 elements 0 errors 0 warnings 2000-04-19 16.49.54

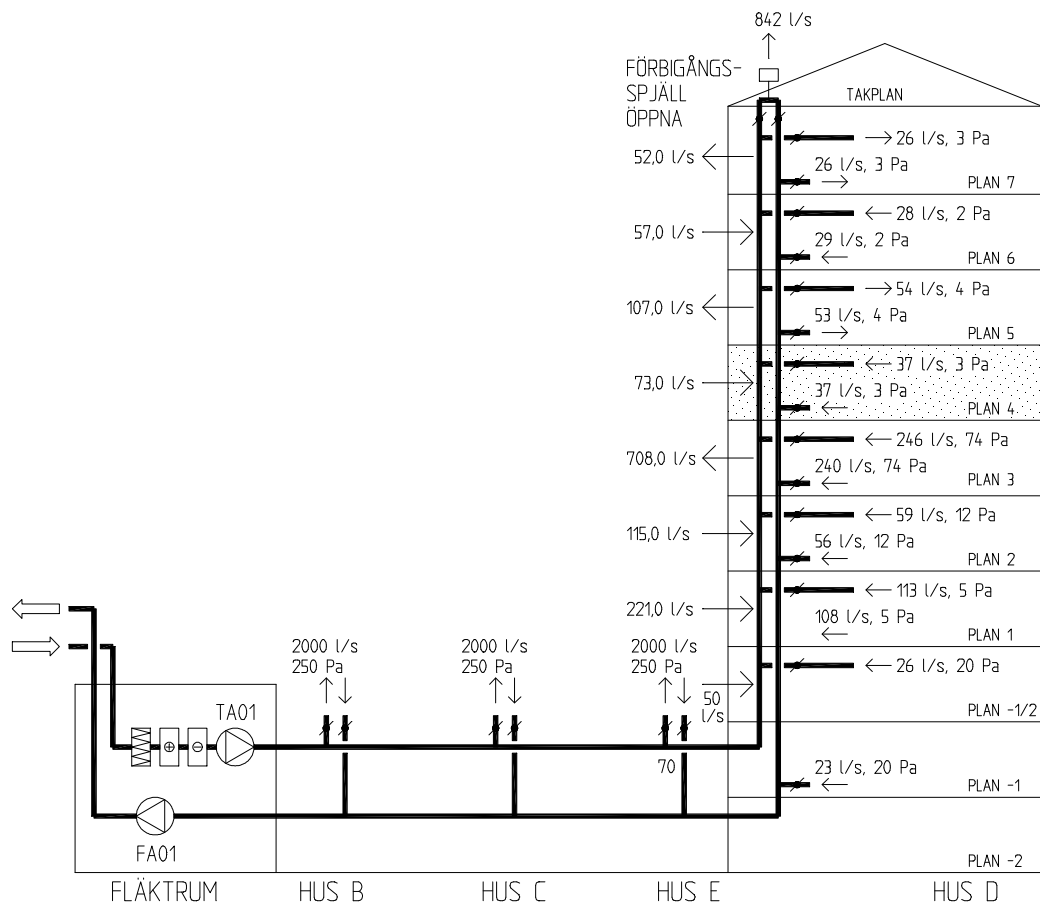
Figur 15.7; Utdatafil för system kontor, "tryckfallsmetoden" (fläktar ej i drift och evakueringspjäll öppna) brand på plan 3, brandflöde 1195 l/s, se även figur 15.10



Figur15.8; Schematisk figur för system kontor, normalventilation



Figur15.9; Schematisk figur för system kontor, "fläktar i drift", brand på plan 3, gränsfallet, brandgastemperatur 300°C



Figur15.10; Schematisk figur för system kontor, "tryckfallsmetoden" ( fläktar ej i drift och evakueringspjäll öppna) brand på plan 3, brandflöde 1195 l/s

Tabell 15.3, "Fläktar i drift", brand plan 3, gränsfallet vid varierande brandgastemperatur

Brandgastemp (°C)	Brandtryck (Pa)	Brandflöde (l/s)	Massflöde (kg/s)	Anm
20	176	1206	1,447	
100	174	1354	1,281	
200	173	1517	1,132	
300	171	1662	1,024	
400	170	1795	0,941	
500	169	1917	0,874	
600	168	2031	0,836	
700	167	2138	0,785	
800	166	2239	0,742	
900	165	2335	0,710	
945	165	2377	0,640	ISO Brand 60 min

Tabell 15.4, "Tryckfallsmetoden" (Fläktar ej i drift evakueringspjäll öppna), brand plan 3, varierande brandflöde och brandtemperatur

Tem p (°C)	Brand- Tryck (Pa)	Brand- Flöde (l/s)	Mass- Flöde (kg/s)	Brandgasflöde till övriga plan (l/s)								Avluft- ning (l/s)
				-2, -1	1	2	3	4	5	6	7	
20	133	1206	1,447	46	198	98	735	82	71	57	7	242
100	101	1195	1,356	49	215	111	721	73	8	58	-35	646
200	78	1195	1,310	50	220	114	714	76	91	57	-46	767
300	63	1195	1,275	50	221	115	709	74	-107	57	-52	842
400	53	1195	1,228	50	222	116	703	74	-26	-23	-59	920
500	46	1195	1,231	50	222	116	698	73	55	-118	-64	950
600	40	1195	1,219	50	223	117	693	74	54	-123	-67	980
700	35	1195	1,208	50	223	117	687	73	53	-127	-69	1004
800	31	1195	1,199	50	224	118	682	72	52	-130	-71	1024
900	28	1195	1,171	51	224	118	676	71	-41	-33	-69	1049
945	27	1195	1,188	51	224	118	674	71	52	-134	-72	1049

- innebär att brandgaser sprids till aktuellt våningsplan, + innebär att luft strömmar ut från aktuellt våningsplan.

Evakueringsflödets storlek beror av medejektering från övriga plan.



**Handberäkning av gränsfallet för brand på plan 3 med förbigång ovan yttertak öppen**

Beräkningsgången följer /8/ följande beteckningar används:

$g$	Termisk stigningskraft från översta våningsplan till takhuv (Pa)
$p$	Termisk stigningskraft mellan två våningsplan (Pa)
$R_v$	Våningsmotstånd ( $\text{Pa}/\text{m}^3$ )
$p_f$	Fasadmotstånd (Pa)
$p_g$	Grenkanalmotstånd (Pa)
$q_t$	Totalt stamkanalflöde ( $\text{l/s}$ )

Till- och frånluftskanal behandlas i princip på samma sätt, tryckfallen är i princip lika. Beräkningarna som följer redovisar enbart brandgasspridning vis tilluftssystemet, vilket innebär att det verkliga gränsfallet för våningsplanet är ca dubbelt så stort då även ett ungefär lika stort flöde passerar via frånluftssystemet ut ovan yttertak.

Flödet i stamkanalen för tilluft (frånluft) är en summa av alla de underliggande våningsplanens flöden. Varje delflöde kan beräknas som följer

$$q_i = ((n - i) p / R_v)^{0.5} \quad (i=1,n) \quad (15.7)$$

där  $p$  är den termiska tryckskillnaden per våningsplan och våningsmotståndet  $R_v$  fås genom seriekoppling av grenkanalmotståndet och fasadmotståndet.

$$R_v = p_g / q^2 + p_f / q^2 \quad (15.8)$$

Totalflödet  $q_t$  kan enkelt summeras som

$$q_t = (p / R_v)^{0.5} s(n) \quad (15.9)$$

där

$$s(n) = \sum_{i=1}^n (n-i)^{0.5} \quad (15.10)$$

Summationen kan uppskattas genom att integrera  $x^{0.5}$  över intervallet  $(0, n-0.5)$ , vilket ger approximationen

$$f(n) = 2 (n - 0.5)^{1.5} / 3 \quad (15.11)$$

Approximationen  $f(n)$  överskattar summationen  $s(n)$  något. Avvikelsen är mindre än 10% för tre eller fler våningsplan.

Detta framräknade kritiska stamkanalflöde måste förbigången klara av med den resterande tryckskillnaden produkten  $g_p$  som verkar över förbigången. Tryckfallet måste vara mindre än drivkraften för att undvika brandgasspridning. Detta ger kravet

$$g_p > p_b (q_t / q)^2 \quad (15.12)$$

Insättning av det tidigare framräknade kritiska stamkanalflödet ger efter förenkling att

$$gp > p_b p s(n)^2 / q^2 R_v$$

$$g > p_b s(n)^2 / (p_k + p_f) \quad \text{där } q^2 R_v = p_k + p_f$$

$$p_b / (p_k + p_f) < g / s(n)^2 \approx 9 h / 4 (n - 0.5)^3 \quad (15.13)$$

Notera att den termiska drivkraften per våning  $p$  har förkortats bort och kvar är bara faktorn  $g$  för själva förbigången i förhållande till en våning.

Den totala infiltrationen för stängd förbigång och avstängd ventilation kan uppskattas genom att halvera byggnaden, vilket ger  $n = 3.5$  och  $f(3.5) = 3.46$ . Totalflödet beräknas enligt (15.9) som

$$q_t = (3 / 150)^{0.5} 3.46 = 0,49 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vid brand på plan 3 erhålles tillåtet tryckfall och kritiskt stamkanalflöde enligt följande  $n = 5$  (plan 3- 7),  $p_k = 158 \text{ Pa}$  vid  $258 \text{ l/s}$  och  $p_f = 50 \text{ Pa}$  vid  $450 \text{ l/s}$  vilket motsvarar  $16 \text{ Pa}$  vid  $258 \text{ l/s}$ .

Vid en brandgastemperatur av  $100^\circ\text{C}$  erhålles en termisk stigkraft av  $p = g = 9,81 \text{ v}$  ( $\rho_n - \rho_b$ ) =  $9,82 (1,20 - 0,946) = 5 \text{ Pa}$  där  $v$  är avståndet från översta våningsplan till takhuv och mellan våningsplan.

Omskrivning av (15.13) ger att

$$p_b < g (p_k + p_f) / s(n)^2 \approx 9 g (p_k + p_f) / 4 (n - 0.5)^3 = 9 \cdot 5 (158 + 16) / (4 (5 - 0.5)^3) = 21,4 \text{ Pa}$$

(approximativt)

$$p_b < 5 (158 + 16) / (6,15)^2 = 23,0 \text{ Pa (exakt)}$$

Vilket ger ett tryckfallsförhållande av  $23:158$   $1:6,9$

Det kritiska stamkanalflödet när brandgasspridning sker på grund av termiska stigkrafter (ej brandtryck) beräknas enligt (15.9) som

$$q_t = (p / R_v)^{0.5} s(n) \quad \text{där } R_v = p_g / q^2 + p_f / q^2 = 158 / 0,258^2 + 16 / 0,258^2 = 2614,0$$

$$q_t = (5 / 2614)^{0.5} 6,15 = 0,27 \text{ m}^3/\text{s}$$

Överslaget visar naturligtvis att brandgasspridning sker i ett tidigt skede.



*Bild 15.1; Takhuv för gemensam brandgasavluftning för hus D*

### **Beräkning av toxicitet**

Enligt /18/ anges att produktionen av kolmonoxid, CO, vid kontorsbränder och övertänd brand är ca 0,2 g/g brunnet material. Vid denna brand är syreförbrukningen 1,8 g/g brunnet material.

Vid brand frigörs ca 13 kJ för varje gram förbrukat syre.

Den här beskrivna kontorsbranden med "medium" brandförlopp avger ca  $1,8 \cdot 13 = 23$  kJ per g brunnet material och därmed även 0,2 g CO per av branden avgiven 23 kJ. Detta ger 0,0087 g CO per kJ.

Den största brandgasspridningen sker i början av branden när tryckuppbygganden i rummet sker. En brand med brandförloppet "medium" utvecklar ca 1050 kW (kJ/s) efter 5 minuter.

Detta motsvarar en CO produktion av  $1050 \cdot 0,0087$  g/s = 9,1 g/s.

Med "tryckfallsmetoden", brandflöde 1195 l/s, "medium", brandförlopp och brandgastemperatur 300 °C, se tabell 15.5, läcker ca 709 l/s ut genom klimatskalet och resterande sprids via kanalsystemet. Det plan som drabbas värst är plan 5 med totalt 108 l/s, det vill säga ca 10 % av brandflödet och därmed cirka 1 g/s CO tränger in på våningsplanet (eventuell utspädning av annan luft ej medräknad).

Med metoden fläktar i drift och motsvarande brandgasspridning krävs ett betydligt högre brandflöde och därmed ett hastigare brandförlopp för att erhålla motsvarande mängd brandgaser in på våningsplanet. Brandgaserna späds dessutom ut av den ordinarie tilluften innan de når nästa brandcell.

*Beräkning av rumskoncentrationen med brand på plan 3 med "tryckfallsmetoden" (fläktar ej i drift och evakueringspjäll öppna), fall 1 enligt avsnitt 12.*

Förutsättningar:

$$m = 0,001 \text{ kg/s}$$

$$C_0 = 0,01 \text{ volym \% (antaget)}$$

$$\tau = 60 \text{ minuter (3600 s)}$$

$$V = 570 \text{ m}^3$$

$$C_0 = 0,01 \text{ volym \% molvikt CO/molvikt luft} = \text{mass \%} = 0,01 \cdot 28/28,9 = 0,01038 \text{ mass \%} \\ = 0,01038 \cdot 1,2 \cdot 0,01 = 0,000125 \text{ kg/m}^3$$

Acceptanskrav för personsäkerhet är enligt /9/ 2000 ppm under 60 minuter och enligt /18/ 0,08 volym %, 0,001 kg/m<sup>3</sup>, under 60 minuter.

2000 ppm motsvarar: konc i ppm/24,1 molvikt (µg/m<sup>3</sup>) enligt /16/ =  $2000/24,1 \cdot 28 = 2324$  µg/m<sup>3</sup> (0,000002324 kg/m<sup>3</sup>)

Ekvation 8.2 ger

$$C(t) = \frac{\dot{m}}{V} t + C_0 = 0,001/(570 \cdot 3600) + 0,000125 = 0,0064 \text{ kg/m}^3$$

Denna enkla beräkning visar att acceptanskraven för personsäkerhet ligger i närheten av acceptanskraven enligt /18/ men klaras ej (0,0064 > 0,001).

*Beräkning av rumskoncentrationen med brand på plan 3 med ”fläktar i drift”, fall 2 enligt avsnitt 8.*

För att erhålla en jämförande beräkning nyttjas samma förutsättningar som för fall 1 med den skillnaden att  $C_u = 0,001$  kg/s och  $q = 0,108 \cdot 1,2 = 0,13$  kg/s

Ekvation 8.4 ger

$$C(t) = C_u - (C_u - C_0)e^{-\frac{q}{V}t} = 0,001 - (0,001 - 0,000125)e^{-\frac{0,13}{570} \cdot 3600} = 0,00062 \text{ kg/m}^3$$

Denna enkla beräkning visar att acceptanskraven för personsäkerhet enligt /18/ klaras ( $0,00062 < 0,001$ ).

*Enkel bedömning av toxicitet enligt avsnitt 8.*

Uttryck 8.5 ger

$$q_{\text{till}} = V \cdot 10^{-4} = 570 \cdot 10^{-4} = 57 \text{ l/s}$$

$q_{\text{till}}$  Tillåtet inläckande brandgasflöde ( $\text{m}^3/\text{s}$ )  
 $V$  Rumsvolym ( $\text{m}^3$ )

Vilket ungefär motsvarar det flöde som tränger in på ett våningsplan via ett system.

Vid nyproduktion är enbart metoden ”fläktar i drift” intressant då tryckfallsmetoden ej är aktuell, se avsnitt 6.5. Metoden ger även ett gott skydd om skyddsnivån ”avsevärt försvåra” brandgasspridning gäller. Brandceller dit brandgasspridning sker ventileras kontinuerligt vilket gör att halten av farliga ämnen stiger långsamt.

### ***Igensättning av aggregatdelar vid brand***

Vid brand sker transport av bland annat sotpartiklar vilket kan ge upphov till igensättning av olika aggregatdelar som batteri och i huvudsak filter. Filtertilverkare anger att filtret knappast sätts igen helt vid en brand, dock ökar tryckfallet. Ett filter för kontor byts cirka varje halvår, byte bör ske när filtertryckfallet ökat med ca 50 %. För filtret i FA01 innebär det ett ökat tryckfall av ca 70 Pa. En beräkning av gränsfallet med ”fläktar i drift” och ett ökat tryckfall över FA01 ger att brandflödet minskar några procent. Ett ökat tryckfall med 50 % över filtret ger för detta system ingen påtaglig förändring av tillåtet brandflöde.

### ***15.5 Jämförelse mellan beräkningsmetoder***

De beräkningsmetoder som är tillämpliga för bedömning av risken för brandgasspridning beskrivs i avsnitt 10.

I tabell 15.6 jämförs de tidigare beräkningsmetoderna för brandgasspridning för system kontor.

*Tabell 15.6; Jämförelse mellan olika beräkningsmetoder att bedöma risken för brandgasspridning*

Metod	Brandtryck (Pa)	Brandflöde (l/s)	Anm
PFS beräkning	176	1206	

Alexanderhugget	187	1245	Ej korrigerat mht fläktkurva
Enkelt överslag	158	1170	

Som framgår av tabell 15.6 ger en handberäkning i form av Alexandermetoden för detta system det största tillåtna brandflödet (marginellt) innan brandgasspridning sker, i princip ger dock en datorberäkning med PFS och Alexandermetoden likvärdiga resultat. Metoden med ett enkelt överslag ger naturligtvis ett konservativt resultat med ett tillåtet brandflöde långt under de övriga metoderna.

### 15.6 Skydd mot brandspridning - beräkningar

Samtliga kanaler är förlagda i betongkulvert under garage eller i brandteknisk klassade schakt.

Temperatur vid frånluftsfläkt för brandgastemperatur 300°C framgår av figur 15.6. Temperaturen vid frånluftsaggregatet är +26°C utan hänsyn tagen till avsvälning. En standardfläkt kan användas på grund av stor inblandning av rumstempererad luft.

### 15.7 Sammanfattning

- Nuvarande lösning med förbigångsspjäll och avluftning ovan yttertak så kallad tryckfallsmetod ger ett dåligt skydd mot brandgasspridning. Vidare saknas krav för skyddsnivån för detta system, skyddsnivån avsevärt försvåra bör vara rimlig då verksamheten utgörs av kontor, se avsnitt 6 och 8.
- Temperaturen vid frånluftsfläkten är i detta fall ca +26°C vilket enkelt klaras av en standardfläkt.
- Fläktar i drift klara rätt exakt att förhindra brandgasspridning vid dimensionerandebrand och kallt fall, detta är dock en överstandard då ett rimligt krav i kontor är ”avsevärt försvåra”.
- Vid det dimensionerande brandflödet, brandgastemperatur 300°C och tryckfallsmetoden sker en brandgasspridning till plan 7, som mest är brandgasflödet in till plan 7 ca 52 l/s.
- För detta system bör en metod med ”fläktar i drift” väljas för att erhålla ett bra skydd mot brandgasspridning. Denna lösning är också relativt billig då den endast medför smärre mjukvaruförändringar i styr- och övervakningssystemet.
- Fläktar i drift medför en ökad risk för brandspridning vilket ska beaktas, kanalerna ligger dock till stora delar förlagda i kulvert under golv eller i brandtekniskt klassade schakt vilket gör att en lösning med fläktar i drift är genomförbar.
- Med metoderna ”fläktar i drift” och ”konverterat system” sker transport av brandgaser i luftbehandlingssystemet. Denna transport kan ge problem med höga yttemperaturer på kanaler (dock inte för detta system) och problem med igensättning av aggregatdelar som filter, batterier mm.

## **16. Tillämpning på hissar som försörjer hus B**

### ***16.1 Systembeskrivning***

Ett system med linhiss och hissmaskinrum i plan -2, nedersta plan, har analyserats, hisschaktet och hissmaskinrummet utgör egen brandcell och brandventileras med en lucka om 1 m<sup>2</sup> i schakttopp, automatisk brandventilation. Hissmaskinrum och hisschakt har separata fläktar, FF1 respektive FF2.

### ***16.2 Komponentdata***

*FF1*

$$q = 0,15 \text{ m}^3/\text{s}$$

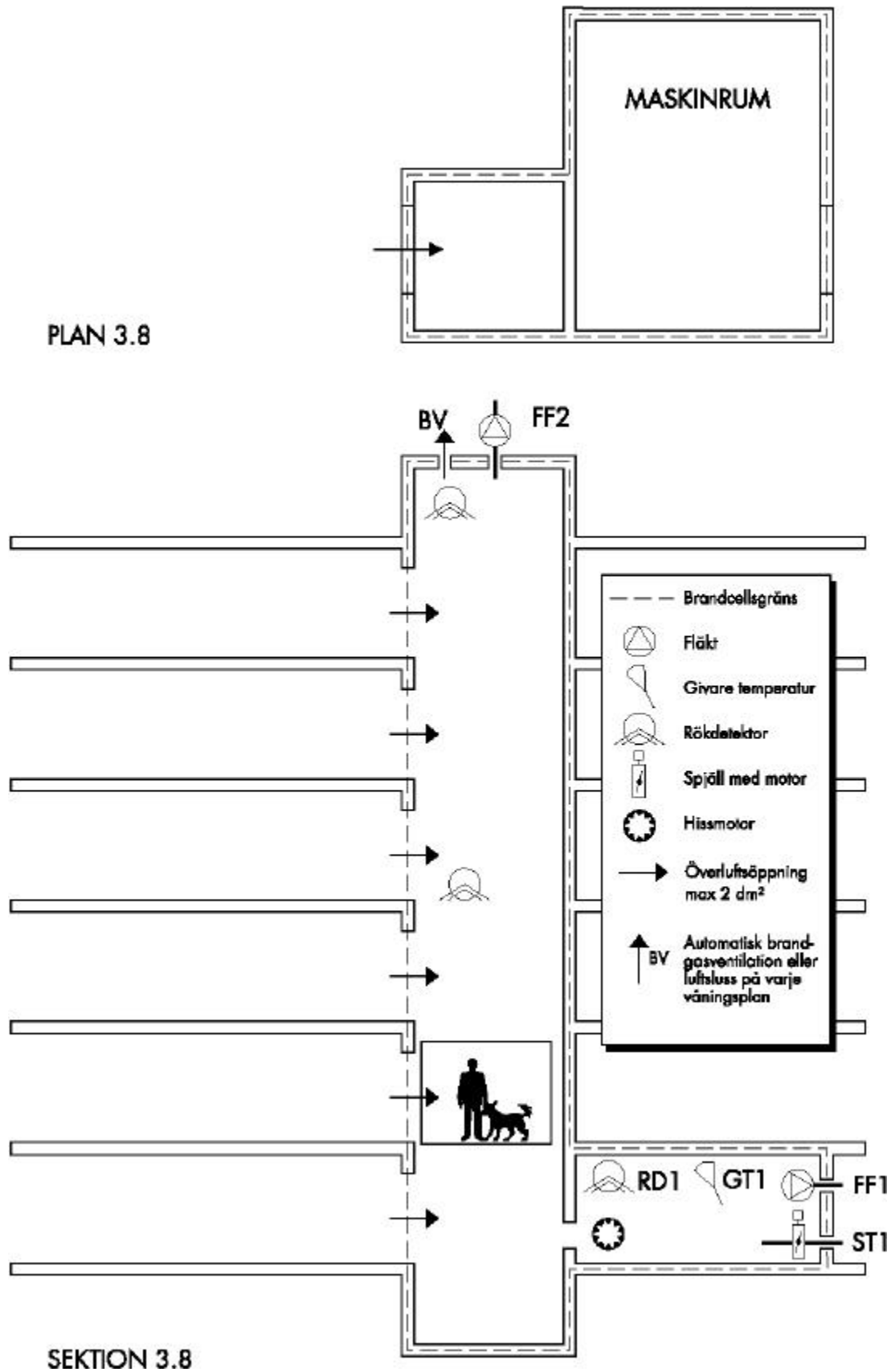
*FF2*

$$q = 0,032 \text{ m}^3/\text{s} \text{ (8 l/s m}^2\text{)}$$

Fläktkurvorna är konstruerade men följer i princip en standardfläktkurva för en kanalfläkt, dock med en lägre tryckuppsättning vilket gör att beräkningarna är på den säkra sidan. Fläktkurvor framgår av PFS filer.

### ***16.3 Styr- och övervakning***

Brand detekteras av rökdetektor i hissmaskinrum och FF1 startar och FF2 (fastighetens allmänventilationssystem) stoppar.



Figur 16.1; Hisschakt med maskinrum på bottenplan



#### **16.4 Skydd mot brandgasspridning - beräkningar**

Beräkningar har utförts för totalt 19 driftfall varav 13 avser brand i hissmaskinrum och 5 brand på våningsplan.

Spridning av brandgaser ska om möjligt förhindras mellan maskinrum/våningsplan och övriga våningsplan. Tre olika ventilationssystem ska samverka för att uppnå bästa resultat. Analyserna avser att bedöma vilka driftfall som ger bäst resultat för att förhindra brandgasspridning förutsatt brand i hissmaskinrum/våningsplan.

Förutsatt brand i maskinrum/våningsplan har följande driftfall studerats.

1. Normalventilation
2. Brand i maskinrum FF2 och FF1 i drift
3. Brand på våningsplan FF2 och FF1 i drift
4. Brand i maskinrum FF2 i drift FF1 utslagen
5. Brand i maskinrum FF2 i drift FF1 utslagen och automatisk brandventilation aktiverad
6. Brand i maskinrum FF2 utslagen FF1 i drift
7. Brand i maskinrum FF2 och FF1 i drift, ST1 stängd
8. Brand i maskinrum FF2 utslagen FF1 i drift och automatisk brandventilation aktiverad, termik
9. Brand i maskinrum FF2 utslagen och FF1 i drift, ST1 stängd
10. Brand i maskinrum FF2 utslagen FF1 i drift och automatisk brandventilation aktiverad
11. Brand i hissmaskinrum FF2 och FF1 utslagna
12. Brand i maskinrum FF2 och FF1 i drift och automatisk brandventilation aktiverad, termik
13. Brand i hissmaskinrum FF2 och FF1 i drift och automatisk brandventilation aktiverad, termik
14. Brand i maskinrum FF2 i drift och FF1 utslagen, ST1 stängd
15. Brand på våningsplan FF2 utslagen FF1 i drift och automatisk brandventilation aktiverad
16. Brand på våningsplan FF2 och FF1 i drift och automatisk brandventilation aktiverad
17. Brand i maskinrum FF2 och FF1 i drift, termik
18. Brand på våningsplan FF2 och FF1 utslagna och automatisk brandventilation aktiverad
19. Brand på våningsplan FF1 i drift och FF2 utslagen och automatisk brandventilation aktiverad, termik

Vid beräkningarna har följande indata använts:

- Fri area mellan hissmaskinrum och hisschakt  $3 \text{ dm}^2$
- Hisschakt fritt mått  $L*B*H = 2*2*20 \text{ m}^3$
- Fri spalt mellan hisskorg och hisschakt ca 0,2 m vilket ej påverkar beräkningarna
- Fri spalt runt hisschaktdörr (skjutdörr) 2 mm, vilket ger en total läckarea av ca  $0,02 \text{ m}^2$
- Överluftsdon på plan -2, nedersta plan

#### **Brandscenario**

En brand i apparatskåp där ca 5 kg plast brinner är det scenario som har analyserats.

Brandens bedöms utveckla ett brandflöde av ca 0,15 m<sup>3</sup>/s enligt /10/.

Det är i första hand driftstrategin som har analyserats, frånluftsfläkten FF1:s kapacitet är tänkt att matcha brandflödet.

### Datorberäkningar

Datorberäkningar har utförts med programmet PFS beskrivet i avsnitt 12, driftfall 7 redovisas i figurer 16.2, 3.

```

begin
flow l/s
pressure Pa
control duct=1
fan FF1 20 50 9 150 5 180 "Frånluftsflykt från hissmaskinrum"
set ST1=t,50,0.8:q "Utluftsspjäll stängt"
fan FF2 40 10 30 30 10 40 "Frånluftsflykt från hisschakt"
set dorr=t,0.6,20:q "Hissdörr med lågkageöppning 0,02 m2"
set OD=t,35,30:q "Överluftsdon"

"7. Brand i hissmaskinrum FF1 och FF2 i drift ST1 stängt"

    •t,20,30 "Takhuv"
    •FF2:<q
    |
    .
    . "Schakttopp" .
    .
    .....
    |
    •d,2000,2000,2:q
"Plan 4" •-----+
    dorr |
    |
    •d,2000,2000,3:q
    |
    |
"Plan 3" •-----+
    dorr |
    |
    •d,2000,2000,3:q
    |
    |
"Plan 2" •-----+ "Hisschakt"
    dorr |
    |
    •d,2000,2000,3:q
    |
    |
"Plan 1" •-----+
    dorr |
    •d,2000,2000,3:q
    |
    |
"Plan -1" •-----+
    dorr |
    |
    •d,2000,2000,3:q •h?150:q
    | |
    | .....
    •-----+ . FF1:q
    dorr | .
    |
"Plan -2" •d,2000,2000,1:q .
    •-----+ •"Maskinrum" .
    OD | .
    | .
    | .
    d,2000,2000,1• d,200,1 . ST1
    +-----+ .
    t,10,100:q .

end

```

Figur 16.2; Indatafil driftfall 7, FF2 i drift och FF1 i drift med ST1 stängd

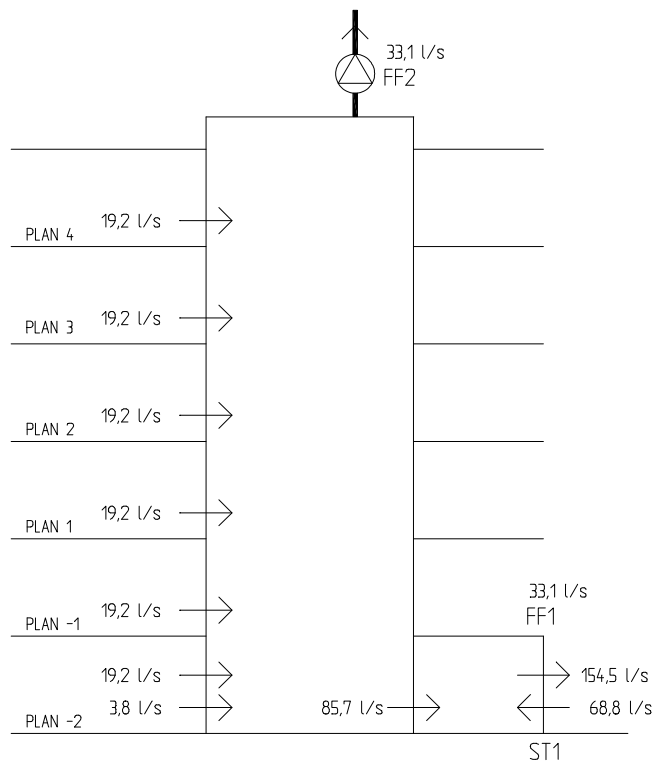
```

begin
flow l/s
pressure Pa
control duct=1
fan FF1 20 50 9 150 5 180 "Fr+nlufstf+l,kt f+r hissmaskinrum"
set ST1=t,50,0.8:q "Uteluftsspj,ll st,ngt"
fan FF2 40 10 30 30 10 40 "Fr+nlufstf+l,kt f+r hisschakt"
set dorr=t,0.6,20:q "Hissd"rr med l,ckage"ppning 0,02 m2"
set OD=t,35,30:q ""verluftsdon"

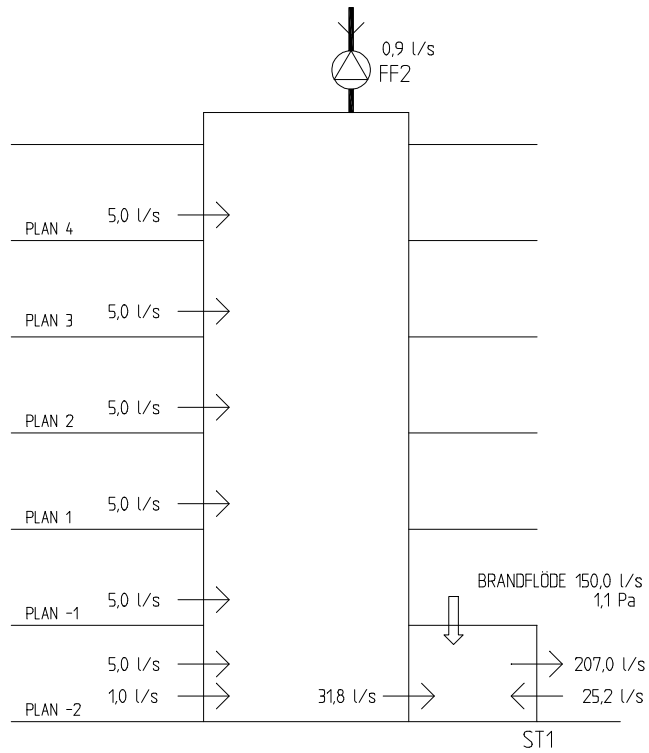
"7. Brand i hissmaskinrum FF1 och FF2 i drift ST1 st,ngd"
    •t,20,30 "Takhuv"
    •FF2:<q
    |-33.18 l/s
    .....
    .
    . "Schakttopp" .
    .
    .
    .....
    |
    •d,2000,2000,2:q
"Plan 4" •-----+33.18 l/s
    dorr |
    12.898 l/s
    •d,2000,2000,3:q
    |-20.29 l/s
    |
"Plan 3" •-----+
    dorr |
    12.898 l/s
    •d,2000,2000,3:q
    |-7.388 l/s
    |
"Plan 2" •-----+ "Hisschakt"
    dorr |
    12.898 l/s
    •d,2000,2000,3:q
    | 5.510 l/s
    |
"Plan 1" •-----+
    dorr |
    12.898 l/s
    •d,2000,2000,3:q
    |18.407 l/s
    |
"Plan -1"•-----+
    dorr |
    12.898 l/s
    •d,2000,2000,3:q           •h?150:q
    |31.305 l/s               | -2.6 Pa
    | .....150.00 l/s
    •-----+ . FF1:q
    dorr | .
    "Plan -2"12.898 l/s00,2000,1:q . 196.92 l/s
    •-----+44.202 l/s . "Maskinrum" .
    OD | .
    2.533 l/s .
    d,2000,2000,1 • d,200,1 . ST1
    +-----+
    t,10,100:q . -0.182 l/s
    46.735 l/s.....
end 2 1 problem 22 elements 0 errors 0 warnings 2000-05-19 11.09.20

```

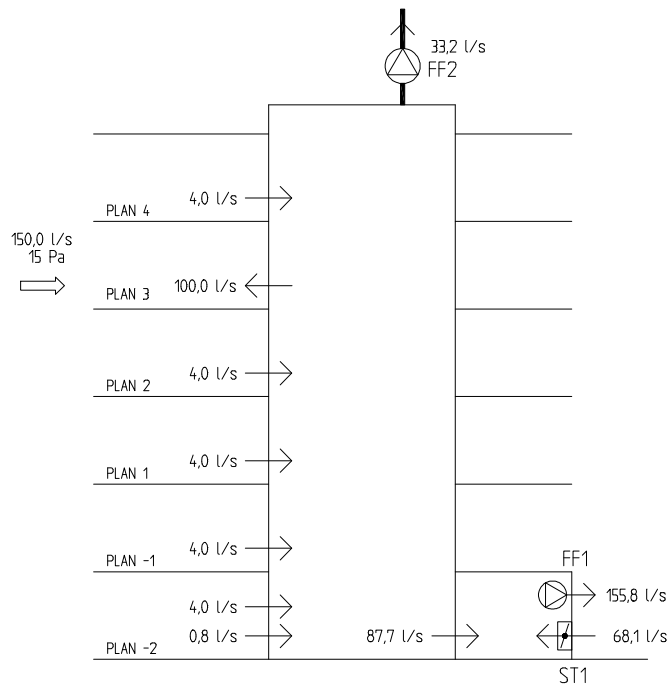
Figur 16.3; Utdatafil driftfall 7, FF2 i drift och FF1 i drift med ST1 stängd



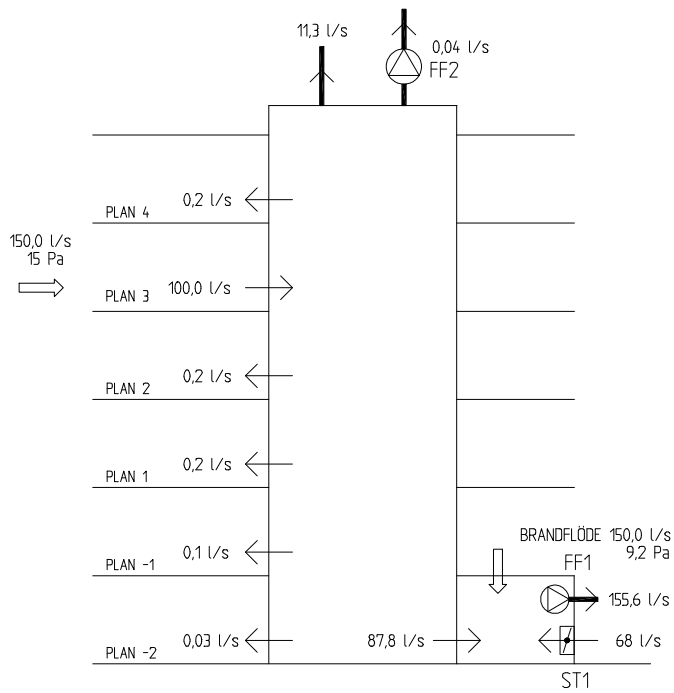
Figur16.3; Schematisk figur, normal ventilation



Figur16.4; Schematisk figur, driftfall 6, brand i hissmaskinrum, FF1 i drift och FF2 utslagen



Figur16.5; Schematisk figur, driftfall 3, brand på plan 3, FF1 och FF2 drift



Figur16.6; Schematisk figur, driftfall 15, brand på plan 3, FF1 i drift och FF2 utslagen, Brandventilation aktiverad



Beräkningarna visar att minst risk för brandgasspridning till brandcellen på plan 1 erhålles med driftfall 7, brand i maskinrum FF2 och FF1 i drift, ST1 stängd.

Tabell 16.1; Luftflöden till olika rum, flöden anges i l/s

Drift Fall	Brand placering	Brand Flöde	Dörr	Över Luftdon	Maskin rum	Schakt topp	FF1	Brand Vent	Anm
1	Ingen	0	19,2	3,8	85,7	-33,1	154,5		
2	Maskin	150	10,3	2,0	30,8	-33,2	206,6		
3	Våning	150	-4,0	-0,8	87,7	-33,2	155,8		
4	Maskin	150	-5,4	-1,1	-66,8	-33,2	31,1		
5	Maskin	150	-0,6	-0,2	-67,0	-63,1	31,0	-29,8	
6	Maskin	150	5,0	1,0	31,8	0,9	207,0		
7	Maskin	150	12,9	2,5	46,7	-33,2	196,9		
9	Maskin	150	7,4	1,5	47,4	1,4	197,6		
10	Maskin	150	0,7	-0,1	32,1	-0,16	207,1	28,0	
8	Maskin	150	-9,1 99,6	19,6	-73,0	-455,4	148,8	-453,7	Pl 4 Plan -2
11	Maskin	150	-10,4	-2,0	-66,3	-1,9	31,3		
12									
13	Maskin	150	-8,5 99,6	19,6	-73,1	-456,4	148,7	-423,2	Pl 4 Plan -2
14	Maskin	150	-11,1	-2,2	-102,1	-33,3	47,6		A
15	Våning	150	-0,3	-0,2	87,8	-10,6	155,9	-10,4	A
16	Våning	150	-0,8	-0,3	87,8	-7,8	155,9	-41,1	
17	Maskin	150		13,6	-34,4	-35,5	173,3		
18	Våning	150	-1,8	-0,4	1,7	-89,3	0,7	-88,9	
19	Våning	150	-8,7	19,6 V	8,2	-434,3	99,9	-432,7	

- i kolumnen ”dörr 2 och ”överluftsdon” innebär att brandgaser sprids till aktuellt våningsplan, + innebär att luft strömmar ut från aktuellt våningsplan.

Tabell 16.2; Brand i hissmaskinrum

Driftfall	Brand Flöde (l/s)	AK FF1	TI FF2	VE BV	RA ST1	T Termik	Plan -2 Överluft	Plan -2 Dörr	Plan -1 Dörr	Plan 1 Dörr	Plan 2 Dörr	Plan 3 Dörr	Plan 4 Dörr
2	150	X	X				2,0	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3	10,3
4	150		X				-1,1	-5,4	-5,4	-5,4	-5,4	-5,4	-5,4
11	150						-2,0	-10,4	-10,4	-10,4	-10,4	-10,4	-10,4
6	150	X					1,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
7	150	X	X		X		2,5	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9
9	150	X			X		1,5	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
14	150		X		X		-2,2	-11,1	-11,1	-11,1	-11,1	-11,1	-11,1
12	150	X	X	X		X							
5	150		X	X			-0,2	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6	-0,6
10	150	X		X			-0,1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
17	150	X	X			X	13,6	69,3	53,0	28,3	-34,6	-56,5	-72,1
8	150	X		X		X	19,6	99,6	89,0	76,9	62,6	43,8	-9,1
13	150	X	X	X		X	19,6	99,6	89,0	77,0	62,7	43,9	-8,5

- i kolumnerna "plan" innebär att brandgaser sprids till aktuellt våningsplan, + innebär att luft strömmar ut från aktuellt våningsplan.

Tabell 16.3; Brand på våningsplan

Driftfall	Brand Flöde (l/s)	AK FF1	TI FF2	VE BV	RA ST 1	T Termik	Plan -2 Överluft	Plan -2 Dörr	Plan -1 Dörr	Plan 1 Dörr	Plan 2 Dörr	Plan 3 Dörr	Plan 4 Dörr
3	150	X	X				0,8	4,0	4,0	4,0	4,0	100	4,0
15	150	X		X			-0,0	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	100	-0,2
16	150	X	X	X			-0,2	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	100	-0,8
18	150			X			0,1	-0,4	-1,8	-1,8	-1,8	100	-1,8
19	150	X		X		X	19,6	99,6	89,0	77,0	62,6	103,3	-8,7

- i kolumnerna ”plan” innebär att brandgaser sprids till aktuellt våningsplan, + innebär att luft strömmar ut från aktuellt våningsplan.

### **16.5 Sammanfattning**

Driftstrategin går ut på att försöka förhindra brandgasspridning in till övriga brandceller (våningsplan). Risken för brandgasspridning beror dels av var branden placeras, på våningsplan eller i fläktrum dels vilka fläktar som är i drift, dels om automatiskt brandventilation är aktiverad eller att termiska stigkrafter påverkar. Brand på våningsplan medför störst risk för brandgasspridning. Med fungerande automatisk brandventilation i schakttopp och termiska stigkrafter kan brandgasspridning i vissa fall förhindras. Även vid en brand med mindre tryckuppbyggnad kan brandgaser spridas framförallt vintertid då ett självdrag utvecklas pga termiska stigkrafter. Tryckfallen över dörrarna förutsätter att luften tillförs våningsplanet utan förluster t ex genom allmänventilationssystemet. Vid avstängt ventilationssystem tillförs luften via läckage i fasad och därmed blir tryckfallet högre samt resultaten på den säkra sidan. Frånluftsfläkten FF2 i schakttopp är i flertalet fall utförd som frånluftsdon anslutet till allmänventilationssystemet. Utspädningen av brandgaserna blir därmed större och temperaturpåverkan på frånluftsfläkten lägre, drifttider för allmänventilationen bör dock beaktas då aggregatet kan vara avstängt nattetid. Observera att termiska stigkrafter kan pressa in brandgaser på andra våningsplan vid en brand i hissmaskinrum eller på något av de lägre planen.

#### *Brand på våningsplan*

Vid brand på våningsplan är risken för brandgasspridning stor.

- Viktigt att FF2 är i drift
- För att säkert förhindra brandgasspridning till övriga våningsplan krävs en sluss på varje våningsplan före hissen med t ex en magnetuppställd dörr som aktiveras via en rökdetektor.

För den undersökta hissen som betjänar hus B finns slussar på våningsplan 1-5.

#### *Brand i hissmaskinrum*

Vid brand i hissmaskinrum är det av största vikt att FF1 är i drift

- Vid brand i hissmaskinrum erhålles det bästa skyddet mot brandgasspridning med FF1 och FF2 i drift samt ST1 stängd
- För att uppnå ett bättre skydd ifall FF1 ej fungerar bör ST1 öppna vid brand och i övrigt lika ovan. Detta ger ett marginellt sämre skydd mot brandgasspridning

Vid varma brandgaser medför den termiska stigkraften risk för brandgasspridning till de övre våningsplanen.

Brandgasspridning från hissmaskinrum till schakt sker i PFS modellen momentant, så är troligen ej fallet i verkligheten. Brandgaserna stiger troligtvis som en ”plym” i schaktet vilket gör att risken för spridning av brandgaser till övriga plan minskar.

## 17. Jämförelse med äldre dimensionering

Fastigheten är projekterad enligt NR /38/ och sprinklad förutom i plan 8 - 10.

### *Skyddsnivå för luftbehandlingsinstallationer*

Anvisningar för skyddsnivån för skydd mot brandgasspridning vid luftbehandlingssystemet saknas. Detta gör det svårt att jämföra den schablondimensionering som är utförd med den funktionsbaserade analys som är utförd för tre system. Beträffande skyddsnivån för skydd mot brandspridning tillämpas schablondimensionering enligt NR med halverad isolertjocklek på grund av automatisk vattensprinkler enligt anvisningar från byggnadsnämnden. I och med att fastigheten är sprinklad är skyddet mot brandspridning tillfyller. Skyddet mot brandgasspridning är svårare att bedöma, även här gäller att sprinkler ger en förbättring. Kontorsdelarnas skydd mot brandgasspridning kan anses godtagbara då kravet ”avsevärt försvåra ”är tillämpligt. För systemet som försörjer teknikrummen med nuvarande utformning kommer en viss del brandgaser att spridas oavsett om sprinklern fungerar. Beroende av hur känslig el - och teleutrustningen är kan en liten del brandgaser förorsaka störningar och utformningen av systemet kan därmed ifrågasättas. Med en funktionsbaserad lösning hade antagligen skyddsnivån för system teknik satts högre till ”förhindra brandgasspridning” beroende av riskerna för driftstörning. Detta hade i sin tur medfört en merkostnad för det systemet beroende av vald lösning (konverterat system eller brandgasspjäll). Vidare saknar evakueringspjällen, för brandgaser som betjänar kontorssystemet, totalt 5, funktionsövervakning.

Dessa två åtgärder medför grovt räknat en merkostnad av ca 60 kkr.

## 18. Återstående arbeten

Följande områden bör studeras djupare:

- Definition av begreppet ”avsevärt försvåra brandgasspridning” i avsnitt 8 redovisas en del metoder för att kunna bedöma detta, mer underlag beträffande analysmetoder, tidsberoende och underlag för indata krävs
- Temperaturtålighet för aggregathölje, tillverkare anger 70°C som en övre gräns, aggregatets täthet och därmed kapacitet påverkas vid högre temperaturer
- Igensättning av komponenter i frånluftsaggregat som filter batterier mm, problemet kommenteras i avsnitt 15
- Läckageareor, praktiskt tillämpbara värden för olika typer av byggnader och verksamheter
- Brandgasspridning i schakt, lämpligast med en CFD beräkning
- Studie av vilken temperatur som brandgaserna har när risken för brandgasspridning är som störst, det vill säga en samtidig analys av tryck och temperatur under brandförloppet
- Varaktighet för den trycknivå som innebär risk för brandgasspridning

## 19. Litteraturstudier

Sökning har skett för åren 1996 – 1998 i nedanstående databaser, med sökbegreppen ”Smoke control” och ”brandventilation”

- Compendex
- Byggdok
- SCISEARCH
- Article

### *Kort om databaserna*

#### Compendex

Engineering Index är en stor amerikansk (New York) index- och referatpublikation som bevakar ca 2000 tidskrifter, konferenstryck och rapporter från hela världen i praktisk teknologi, databasen på CD går under namnet Compendex. Sökningen gav sex träffar inom ämnesområdet.

#### Byggdok

Byggdok utges av institutet för byggdokumentation i Stockholm. Databasen täcker tidskriftsartiklar, monografier, rapporter och konferenser inom de stora ingenjörsområdena.

Sökningen gav nitton träffar inom ämnesområdet.

#### SCISEARCH

Databasen produceras av Institute for Scientific Information (ISI), Philadelphia, USA. Databasen täcker i huvudsak tidskrifter inom det naturvetenskapliga området.

Sökningen gav nitton träffar inom ämnesområdet.

De viktigaste sökningarna redovisas bland referenserna.

## 20. Referenser

- /1/ Jensen L. Rapport TAK—96/7033, Arbetsbänk för PFS, LTH 1996
- /2/ Jensen L. Rapport TABK—95/7020, Beskrivningspråk för PFS, LTH 1995
- /3/ Jensen L. Rapport TABK—99/7051, Temperaturberäkning PFS, LTH 1999
- /4/ Jensen L. Rapport TABK—98/7046, Ventilationssystemers uthållighet vid brand, LTH 1998
- /5/ Jensen L. Rapport TABK—99/7056, Elmotorers uthållighet vid höga temperaturer, LTH 1999
- /6/ Jensen L. Rapport TABK—98/7050, Brandgasspridning via ventilationssystem.
- /7/ Backvik, Jensen, Bengtson, Fagergren m fl. En handbok om brandskydd för ventilationssystem. Stockholm 1996
- /8/ Backvik. Ventilation – brandskydd – typlösningar ISBN 91-630-7381-1.
- /9/ Gordonova P. Spread of Smoke and Fire Gases via the Ventilation System. Institutionen för byggnadskonstruktionslära, LTH, Lund 1997.
- /10/ Fallqvist, Ståleker, Stenlund, Fors. Brandskydd hissar. Svenska Brandförsvärsföreningen 2000.
- /11/ Ventilationsbehov, Kompendium II:2. Institutionen för uppvärmnings- och ventilationsteknik, KTH, Stockholm 1984.
- /12/ Grimvall G, Lindgren O. Risker och riskbedömningar. Studentlitteratur 1995.
- /13/ N Olsson. Brandgasspridning via ventilationssystem. Lund 1999 report 5038
- /14/ Stenlund H. Brand- och brandgasspridning via luftbehandlingssystem. AMA nytt nr 1 2000. Svensk Byggtjänst.
- /15/ Stenlund H. Beräkning av brand- och brandgasspridning via luftbehandlingssystem. AMA nytt nr 2 2000. Svensk Byggtjänst.
- /16/ P Håkansson, M Petersson. Brandgasspridning via ventilationssystem. Lund 1998
- /17/ Klassindelade klimatsystem,. R1. VVS tekniska föreningen. Stockholm 2000
- /18/ Magnusson, Karlsson, Bengtson m fl. Brandskydd teori och praktik. Lund och Stockholm 1994
- /19/ Karlsson, Quintere. Enclosure fire dynamics. CRC Press 1999



- 
- /20/ BBR94, BFS 1993:57 med ändringar tom BFS 1995:17, Boverket, Karlskrona 1995
- /21/ BBR, BFS 1993:57 med ändringar tom BFS 1998:38, Boverket, Karlskrona 1999
- /22/ Hägglund B. Simulating Fires in Natural and Forced Ventilated Enclosures. FOA 1986, rapport C 20637-2.4.
- /23/ Hägglund. Nireus, Werling. Pressure rise due to fire growth in a closed room. FOA 1996, rapport FOA-R-96-00347-2.4-SE.
- /24/ Jensen L. Rökspridning via ventilationssystem. Bygg och Teknik nr 6, 7 1997.
- /25/ Thor J, Fagergren T. Spridning av brandgas via ventilationssystem. Bygg och Teknik nr 6 1997.
- /26/ Bröderna Rasch AB. Luftbehandlingssystem, Skydd mot brand- och brandgasspridning. 1992.
- /27/ Särdaqvist S. Initial Fires, RHR, Smoke Production and Generation from Single Items and Room Fire Tests. Institutionen för brandteknik, LTH, Lund 1993.
- /28/ Drysdale D. An Introduction to Fire Dynamics.
- /29/ SFPE Handbook.
- /30/ Klote John H. Overview of smoke control research. ASHRAE nr 1 1995. ISSN 0001- 2505
- /31/ Skydd mot brandgasspridning via ventilationssystemet med fläktar i drift. Boverket 1994.
- /32/ Kör ventilationssystemet baklänges för att ventileras brandgaserna. Energi och miljö 1996 nr 3
- /33/ Ingason H. Samtidig användning av sprinkler och brandventilation. Bygg och Teknik 1992 nr 6.
- /34/ Istad O E. Sprinkler og ventilasjon - et konfliktområde. Norsk VVS nr 5 1993.
- /35/ Madsen C N. Ventilasjonssystemer har en viktig innflytelse. Norsk VVS nr 9 1993.
- /36/ Stensaas J P. Ventilasjonsanlegget kan redde menneskeliv. Norsk VVS nr 8 1994.
- /37/ Istad O E. Sprinkler og ventilasjon, ett konfliktområde. Norsk VVS nr 5 1993
- /38/ Nybyggnadsregler, BFS 1988:18 mm. Boverket.

- /39/ Svensk Byggnorm, SBN80.
- /40/ Ventilation Brandskydd Nybyggnadsreglerna.
- /41/ VVS AMA83
- /42/ Rydberg J. Självdrag. KTH, Stockholm 1963.
- /43/ Anderberg L. Informationsteknik - rapportskrivning. LTH, Lund, Studentlitteratur 1992.
- /44/ Incropra de Witt. Fundamentals of heat and mass transfer.
- /45/ Massey. Mechanics of Fluids
- /46/ Grimvall mfl. Risker i tekniska system. Utbildningsradion1998.
- /47/ M Rausand. Risikoanalyse. Tapir förlag 1991.
- /48/ Lag om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk mm, BVL, SFS 1994:847.
- /49/ Förordning om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk mm, BVF, SFS 1994:1215.

---

**BILAGA 1**

## Komponentförteckning

*Tilluftsdon*

TD3	Väggdon fabrikat Farex typ ABK
TD7	Galler fabrikat STIFAB typ GTH med anslutningslåda TRG

*Frånluftsdon*

FD1	Kontrollventil fabrikat Farex typ EBB
FD3	Trådnätsgaller i ram

*Överluftsdon*

ÖD5	Öppning i vägg
ÖD5	Brandventil med smältsäkring, fabrikat Stratos typ GPD
ÖD3	Öppning i vägg ljuddämpad med isolermaterial

*Spjäll*

SD1	Irisspjäll med mätuttag, fabrikat Halton typ PRA typ 1
SD8	Vridspjäll med helt blad för kylbafflar

*Ljuddämpare*

LD1	Cirkulär ljuddämpare, Fabrikat Stifab typ LCA/LCC
LD2	Rektangulär ljuddämpare, Fabrikat Farex typ PZG

*Takhuv*

Huv 2	Takhuv för brandgasevakuering fabrikat Stratos Typ EEH
-------	--

*Luftbehandlingsaggregat / fläktar (Utdrag ur tekniska beskrivningar)*

T APPARATER, KANALER, DON M M I  
LUFTBEHANDLINGSSYSTEM

För under kod T och U föreskrivna fabrikat gäller ”eller likvärdigt”.

Ytbehandling

För luftbehandlingsanläggning skall miljöklasserna M0 t o m M2 tillämpas enligt tabell T/1.

T0 ANORDNINGAR MED SAMMANSATT FUNKTION I  
LUFTBEHANDLINGSSYSTEM

Allmänt

Angivet luftflöde q fläkt för fläktar och aggregat definieras enligt VVS AMA kap T6, Flöde och Verkningsgrad.

T0.1 Luftbehandlingsaggregat

För respektive aggregatdel gäller föreskrifterna under aktuell kod i AMA.

T1 Ljuddämpare

T3 Luftrenare

T5 Luftvärmväxlare

T6 Fläktar

Sektionsbyggt luftbehandlingsaggregat för inomhusplacering

Förutsättningar vid dimensionering:

Kanalmotstånd omfattar tryckfall i enbart kanaler och kanaldetaljer.

TA06 – Sekundärutrymme plan –1

Inomhusaggregat lika Fläkts typ KLA, storlek 01, kombination 5, bestående av:

Hölje:	Värmeisolering
Tilluftspjäll:	Typ 3
Tilluftsfiler:	EU5 (F45), långt
Luftvärmare:	Värmevatten
Tilluftsfäkt:	Framåtböjda skovlar Enhastighetsdrift Fläktstorlek 1
Inspektionssida:	Höger
Utblåsning:	Framåt

Dimensionerande data:

Tilluftflöde:	300 l/s
tgi/tgu	-20/+20°C
Externt tryckfall:	250 Pa

Tillbehör:

Automatisk luftningsventil QLAZ-03-1

Filtervakt KLPZ-08

Tryckmätare KLPZ-05

T6.11

Takfläktar

FF06 – U-central, kylcentral

Fabrikat:	Fläkt
Typ:	SSSH med takgenomföring typ
Storlek:	3

BOGA

Dimensionerande data:

Flöde:	0,32 m <sup>3</sup> /s
Externt tryckfall:	180 Pa

TA01/FA01 – Kontor hus B, C, D och E

Inomhusaggregat lika Fläkts typ VLA, kombination 7, storlek 09, bestående av:

Hölje:	Värmeisolering
Tilluftspjäll:	Typ 3
Frånluftspjäll:	Typ 3
Tilluftfilter: mm	EU8/EU9 (F95) långt. L = 640
Frånluftfilter: mm	EU8/EU9 (F95) långt. L = 640
Värmeväxlare:	Icke hygroskopisk rotor. Stor rotor, sektoriserad. Drivanordning för reglerbart varvtal vid avfrostning. Reglercentral för varvtalsreglering.
Luftvärmare:	Värmevatten
Byggsdelar:	L = 640  L = 320
Luftkylare:	Kylvatten
Tilluftfläkt:	Bakåtböjda skovlar. Fläktstorlek 2. Enhastighetsdrift.
Frånluftfläkt:	Bakåtböjda skovlar. Fläktstorlek 2. Enhastighetsdrift.
Inspektionssida:	TA01/FA01 – höger/vänster sida
Utblåsning:	TA01/FA01 – framåt

Batteriansl: TA01 - kyla, vänster  
värm, vänster

Dimensionerande data:

Luftflöde: TA01/FA01

Tilluft 12,2 m<sup>3</sup>/s  
Frånluft 12,2 m<sup>3</sup>/s

Tillufttemperatur tgi  
efter växlare: +5°C

Delta entalpi: 12 kJ/kg

Kylvatten in/ut: +10/+15°C

Värmevatten in/ut: +55/+30°C

tgu: +20°C

Max tryckfall  
Vattensida, kylbatteri 30 kPa

Kyleffekt: 147 kW

Externt tryckfall:

TA01 500 Pa  
FA01 500 Pa

Max ljudeffekt till  
tilluftkanal: 95 dB(A)

Max internt totaltryckfall: 670 Pa

Tillbehör

Balkram VLRZ

Vattenlås VLAX-07

Tryckmätare VLPZ-03

Automatiska avluftsventiler för värme och kylbatteri  
QLAZ-03-01

Filtervakt VLPZ-07

Rotationsvakt VLRZ-02



R8 KOMPONENTER M M I KYL- OCH VÄRMEPUMPSYSTEM

R8.361 Egenkonventionskylare

Kylbaffel för kylning och ventilation av fabrikat Farex KLA eller likvärdig.

Kylbaffel med rör av koppar, lameller och luftkanal av aluminium samt långsidor och undersida av vitmålad stålplåt.

Kylbaffel skall ej förses med kondensatoruppsamlare.

Följande skall ingå:

- Strypspjäll på luftsidan, SD7.
- Självverkande termostatventil med lös känselkropp och yttre börvärdesomställare, SV71
- Reglerventil med erforderliga klämringskopplingar, RV6.
- Demonterbar anslutningskåpa.
- Eventuell passbit.
- Erforderliga upphängningsanordningar.

Kylbaffel levereras med spjäll, ventiler, kåpa (med plats för spjäll och ventiler) och eventuell passbit (om lämpligt) monterade från fabrik. Reglerventil förinställd på Kv-värde enligt teknisk specifikation.

I kyleffekter enligt teknisk specifikation inräknas inte eventuellt tillskott från tilluften (primärluften), uppgift avser ENDAST tillförd kyleffekt via köldbärarsystemet.

Mått och tekniska uppgifter enligt teknisk specifikation.

Högsta tillåtna ljudnivå i kontorsrum, kontorslandskap och konferensrum: 35 dB(A).

KT1-KT10

Typ:	KLA 2525 (b=250 mm)
Termostatventil, SV71: CEK	Danfoss RAV-15,8 med
Reglerventil, RV6:	Wermo S.O.S.

Max tryckfall på KB-sidan: 5 kPa

Erforderliga anslutningskåpor med typ av anslutning och eventuella passbitar för att uppnå längder enligt tekniska specifikation.

Vid kontorslandskap skall erforderliga passbitar ingå (gäller i 1:a hand hus D plan 2, 3 och 4).

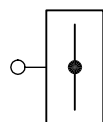
## TEKNISK SPECIFIKATION

Beteck- ning	Längd inkl ev kåpa m m	Anslut- nings- kåpa	Placering i hus	Kyl- effekt W	vid luft flöde l/s	KB-flöde totalt, del	RV6 K <sub>v</sub> -värde
KT1	2 600	90°	A,D	380	140,035		0,32
KT4B	3 700	Rak	B,C,D	420	14 0,035		0,32
KT5	3 500	90°	A,D	485	14 0,039		0,37
KT9	4 300	90°	A,D	570	18 0,045		0,45

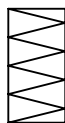
### Anm

Vid upphandlingen av kylbafflar byttes föreskrivet fabrikat mot en likvärdig baffel av fabrikat ABB typ QFC – Flexicool.

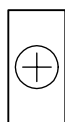




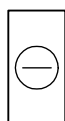
SPJÄLL MED STÄLLDON



FILTER



VÄRMEBATTERI



KYLBATTERI



CIRKULATIONS PUMP



FLÄKT



GIVARE



RÖKDETEKTOR

GT GIVARE TEMPERATUR

GP GIVARE TRYCK

GX RÖKDETEKTOR

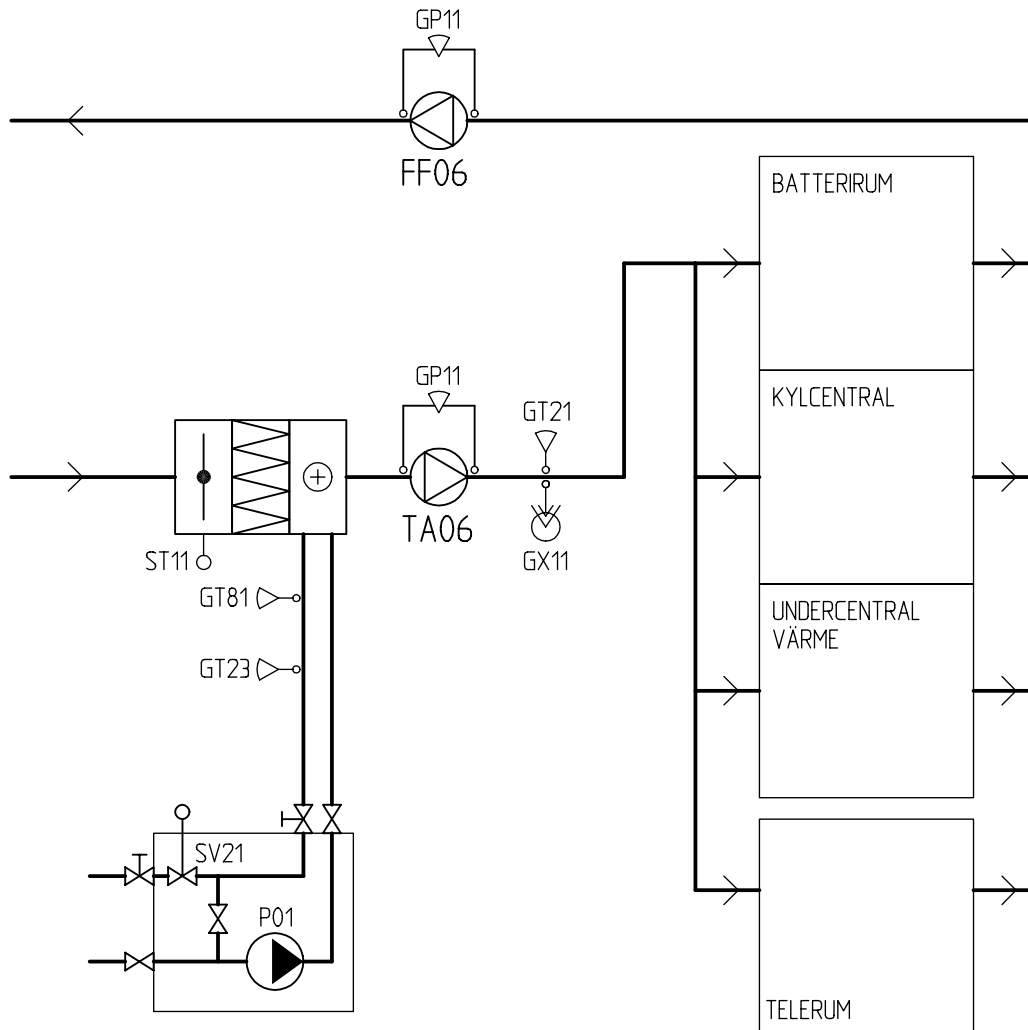
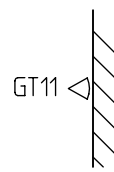
ST STÄLLDON

SV STYRVENTIL

KV SPÅRVAGNEN, STOCKHOLM

STYR- OCH ÖVERVAKNING  
FÖRKLARINGAR

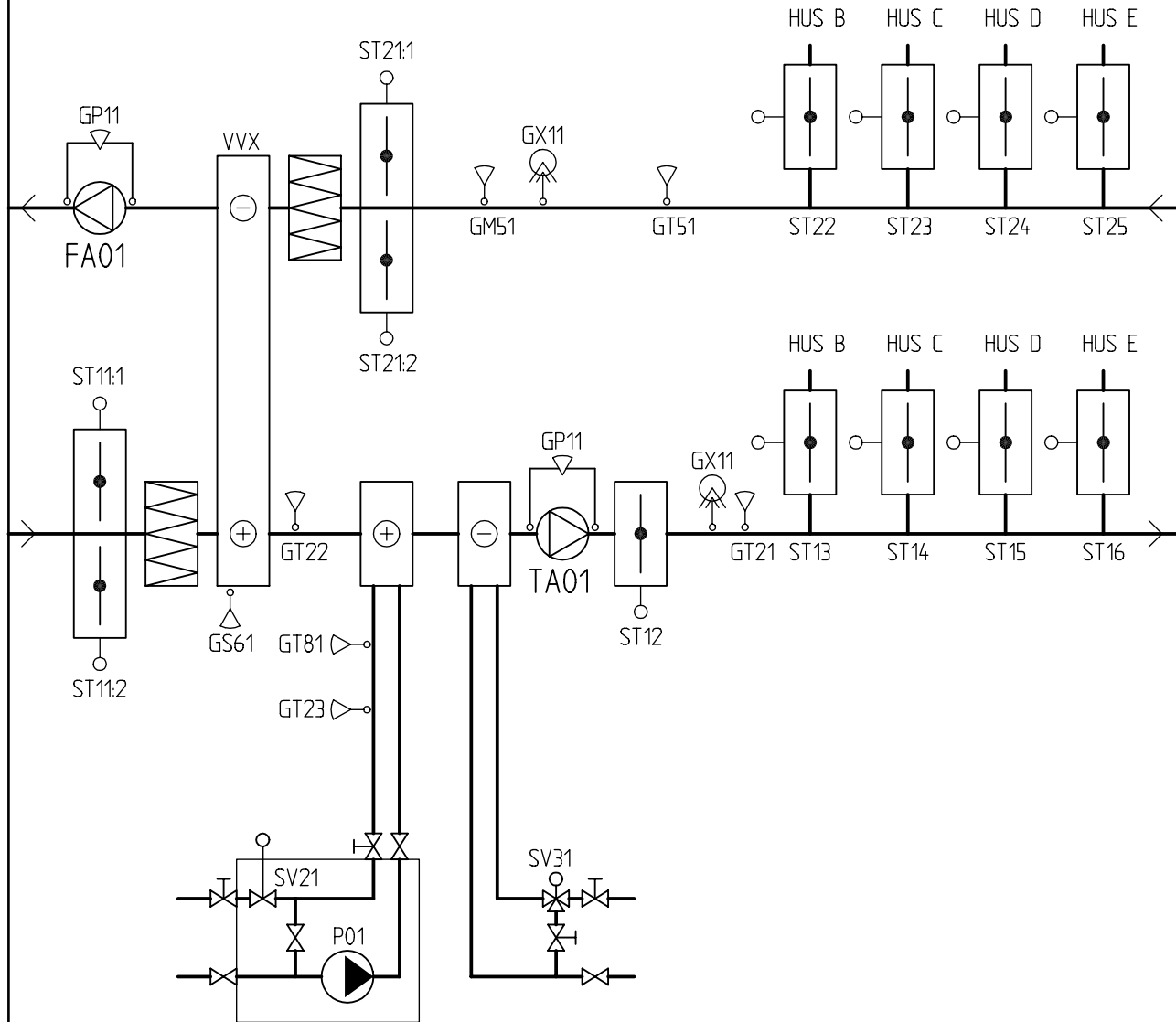
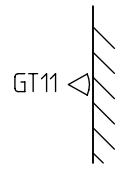
2001-06-27



KV SPÅRVAGNEN, STOCKHOLM

STYR- OCH ÖVERVAKNING  
PRINCIPSCHEMA TA06/FF06

2001-06-27



KV SPÅRVAGNEN, STOCKHOLM

STYR- OCH ÖVERVAKNING  
PRINCIPSCHEMA TA01/FA01

2001-06-27