

Brandgasspridning via ventilationssystem

Beräkningsteori

och

**Beräkningsexempel för olika typer av
lokaler och verksamheter**

Nils Olsson

**Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden**

**Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet**

Report 5038, Lund 1999

Brandgasspridning via ventilationssystem

**Beräkningsteori och beräkningsexempel för olika typer
av lokaler och verksamheter**

Nils Olsson

Lund 1999

Brandgasspridning via ventilationssystem
Beräkningsteori och beräkningsexempel för olika typer av lokaler och verksamheter

Nils Olsson

Report 5038
ISSN: 1402-3504
ISRN: LUTVDG/TVBB--5038-SE

Number of pages: 35 + Appendices
Illustrations: Nils Olsson

Keywords

Ventilation system, smoke spread, calculation methods, simulations, full-scale fire tests.

Abstract

Smoke spread via ventilation systems relying on running fans or bypasses can be calculated with performance based fire safety analyses tools. The focus of this thesis work was to review existing methods for treating this problem and to further develop current analysis methods. Suggestions are also made for setting up guidelines as to what are tolerable amounts of smoke spread depending on building type and the activity in the building. With the methods developed a number of practical systems have been assessed. Parametric studies have been performed to study how different system changes affect the possibility to prevent smoke spread via ventilation ducts. The work presented in this thesis is of relevance for selecting and optimising ventilation systems in practical situations. Calculations have been compared with results from full-scale fire tests. (Swedish)

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

1. BAKGRUND	1
1.1. INLEDNING.....	1
1.2. SYFTE	1
1.3. METOD	1
1.4. AVGRÄNSNINGAR	2
1.5. TIDIGARE UTFÖRDA STUDIER.....	2
2. SPRIDNINGSTEORI	3
2.1. BRANDFLÖDE	3
2.2. KANALBRANDGASFLÖDE	3
2.3. BRANDGASSPRIDNING INOM BYGGNADEN	3
3. FÖRUTSÄTTNINGAR	5
3.1. MYNDIGHETSKRAV	5
3.2. VAD INNEBÄR ATT AVSEVÄRT FÖRSVÅRA / FÖRHINDRA BRANDGASSPRIDNING	5
3.2.1. Avsevärt försvåra brandgasspridning	5
3.2.2. Förhindra brandgasspridning	8
3.3. TILLÄMPNING AV ACCEPTANSKRITERIUM.....	10
3.4. KÄNSLIGHETSANALYS AV FÖRFARANDE/ ACCEPTANSKRITERIUM	10
3.5. ATT TÄNKA PÅ.....	10
4. BERÄKNINGSGÅNG SAMT BERÄKNINGSFORMLER	11
4.1. BERÄKNING AV KANALBRANDGASFLÖDET	11
4.1.1. Dimensionerande brand	11
4.1.2. Brandflöde	11
4.1.3. Temperaturberoende av tryckfall	12
4.1.4. Tryckfall.....	12
4.1.5. Flöde genom läckageöppningar	14
4.1.6. Flöde genom fönsterventiler	15
4.1.7. Kanalbrandgasflöde	15
4.1.8. Tryck i brandrummet	16
4.2. OMHÄNDERTAGANDE AV KANALBRANDGASFLÖDET	16
4.2.1. Temperatur i brandgaser som strömmar i kanaler.....	16
4.2.2. Stigkraft i varma gaser	17
4.2.3. Ejektorverkan	18
4.2.4. Flätkapacitet.....	18
4.3. OMHÄNDERTAGANDE AV KANALBRANDGASFLÖDE GENOM RÖKAVLUFTNING.....	19
4.4. OMHÄNDERTAGANDE AV KANALBRANDGASFLÖDE MED FLÄKT I DRIFT	20
4.4.1. Frånluftssystem	20
4.4.2. Till- och frånluftssystem.....	21
5. BERÄKNINGAR PÅ NÅGRA TYPFALL	22
5.1. RESULTAT PER BYGGNADSTYP.....	23
5.2. RESULTAT AV PARAMETERSTUDIEN.....	24
5.3. JÄMFÖRELSE MED ENKEL SPRIDNINGSANALYS	27
5.3.1. Rökavluftning - jämförelse med kallt fall utan brandflöde	27
5.3.2. Fläktar i drift - FT system.....	27
5.4. KRAV PÅ FLÄKTAR	28
6. INSTALLATIONER	29
6.1. INVERKAN AV SPRINKLER	29
6.1.1. Brandflödet	29
6.1.2. Brandgastemperaturer.....	29
6.1.3. Sprinklersystems tillförlitlighet.....	29
6.2. INVERKAN AV BRANDVENTILER.....	29
6.2.1. Brandflöde	29

6.2.2. Brandgastemperaturer.....	30
6.2.3. Begränsningar	30
6.3. INVERKAN AV TRYCKAVLASTNING	30
6.4. BACKSPJÄLL	30
6.5. SVÄLLANDE BRANDSKYDDSFÄRG.....	30
6.6. KOMBINATION AV BACKSPJÄLL OCH SYSTEM MED BRANDSKYDDSMÅLADE PLÅTAR/BRANDVENTILER	30
7. STUDIE AV UTFÖRDA FÖRSÖK	31
8. SAMMANFATTNING	33
9. REFERENSER	35
Appendix 1 Kontrollberäkning avseende acceptanskriterium	
Appendix 2 Beräkningar på några typfall	
Appendix 2 Resultat av typfallsberäkningar i tabellform	

1. Bakgrund

1.1. Inledning

Vid en brand kommer luften i brandrummet värmas upp och därmed volymutvidgas, vilket leder till en tryckökning i rummet. Denna tryckökning leder till att brandgaser trycks ut genom byggnadens klimatskal samt in i ventilationssystemet. I frånluftssystem kan normalt en begränsad mängd brandgas tryckas in utan att brandgasspridning sker till andra brandceller. Om brandgaser trycks in i tilluftssystemet kommer dessa, beroende på systemets utformning, att spridas till intilliggande lokaler inom aktuell brandcell eller till andra brandceller. Brandgasspridning via ventilationssystem kan ske både inom betjänad brandcell samt mellan brandceller. Inom betjänad brandcell finns inga restriktioner för hur stor mängd brandgas som får spridas via ventilationssystemet.

För ventilationssystem som betjänar flera brandceller måste brandgasspridning mellan dessa via ventilationssystemet beaktas. Eftersom brandgaser är giftiga måste brandgasspridning förhindras, i vissa fall kan det räcka om brandgasspridning avsevärt försvåras. För att förhindra eller avsevärt försvåra brandgasspridning kan exempelvis varje brandcell ventileras med separata ventilationssystem eller brandgasspjäll installeras. Normalt erfordras inga beräkningar avseende brandgasspridning för dessa system.

Andra metoder att hindra eller avsevärt försvåra brandgasspridning mellan brandceller via ventilationssystem är genom fläktar i drift, rökavluftning eller tryckavlastning. Ny kunskap har resulterat i nya dimensioneringsmetoder baserade på brandförlopp, lokalens geometri och utformning av ventilationssystemet. Den tidigare välanvända 5:1 metoden för rökavluftning är numera inte tillåten. Lika så anses inte röklås fungera i rökfyllda rum. I dagsläget råder en utbredd osäkerhet bland ventilationsprojektörer hur ventilationssystemen skall uppföras för att uppfylla kraven i byggreglerna. Beräkningar avseende risk för spridning av brandgaser via ventilationssystem kan normalt inte utföras innan ventilationssystemet är projekterat. Risken är då stor att den typ av ventilationssystem som projekteras inte alls är lämplig för den aktuella byggnaden/verksamheten.

1.2. Syfte

I detta projektarbete redovisas beräkningsmetoder för system med rökavluftning och fläktar i drift. Beräkningar utförs för ett antal typfall. För att typfallen skall vara så verklighetsanpassade som möjligt har hjälp erhållits från ventilationsprojektör Ingvar Engström, IT-Konsult AB. Syftet är att typfallen i ett tidigt skede skall kunna ge vägledning om vilka system som ur brandgasspridningssynpunkt är lämpliga för olika typer av byggnader och verksamheter samt att se vilka parametrar som har störst betydelse för dimensioneringen. Det bör poängteras att beräkningar normalt ändå måste utföras för varje specifikt ventilationssystem.

1.3. Metod

Arbetet har utförts genom litteraturstudie och beräkningar. Litteraturstudien sammanfattas i rapporten i form av myndighetskrav, beräkningsformler, beräkningsgång samt ett förslag till acceptanskriterium avseende mängd brandgas som tillåts spridas via ventilationssystemet. Utifrån i rapporten redovisade beräkningsformler har beräkningar utförts för ett flertal typfall. Beräkningarna utfördes med en modell i datorprogrammet Excel. Beräkningarna har sammanställts i tabeller och resultaten beskrivs även i rapporten. Införande av olika installationer t.ex. sprinkler har också studerats. Beräkningar med datormodellen har även jämförts med resultat från fullskaleförsök. Handledare i projektet har varit professor Lars Jensen, avdelningen för Installations och Klimatiseringslära, vid Lunds Tekniska Högskola. Värdefull hjälp och goda idéer har även erhållits från Ulf Göransson, tidigare FSD, numera Institutionen för Brandteknik.

1.4. Avgränsningar

Arbetet är koncentrerat kring spridning av brandgaser via ventilationssystem. Vid dimensionering av ventilationssystem måste även andra delar beaktas vilka inte behandlas i denna rapport. Exempel på sådant som måste beaktas är:

- Igensättning av filter mm
- Montering av samt upphängningsanordningar för kanalsystem
- Material i ventilationssystem
- Brandspridning orsakat av höga temperatur i kanaler där varma brandgaser transporteras

Ett stort antal (ca 800) brandgasspridningsberäkningar har utförts för olika ventilationssystem. Syftet med dessa är att visa hur olika parametrar påverkar resultatet av beräkningarna. Inom ramen för arbetet har inte funnits möjlighet att studera alla tänkbara/möjliga utformningar. Till exempel har inte typfallsberäkningar utförts för system med konverterat tillufts-system, eftersom dessa kräver mycket noggrann design för varje enskilt fall för att inte orsaka för stora undertryck i lokalerna.

1.5. Tidigare utförda studier

Inom området brandgasspridning via ventilationssystem har ett antal studier utförts. Av dessa kan följande nämnas:

”Enkel systemanalys av rökspridning via ventilationssystem”, rapport BKL 1988:15, Lars Jensen, Lunds Tekniska Högskola.

Rapporten utgör ursprungligt undervisningsmaterial för studier vid brandingenjörslinjen.

”Spridning av rök och brandgaser i ventilationssystem”, rapport TABK--93/3011, Lars Jensen, Lunds Tekniska Högskola.

Rapporten utgör förstudie för ett forskningsprogram som bl.a. resulterade i nedanstående rapport av Polina Gordonova.

”Spread of Smoke and Fire Gases via the Ventilation System”, TABK-97/1011, Polina Gordonova, Lund Institute of Technology, Department of Building Science, 1998

Rapporten behandlar teoretiska samband för brandgasspridning via ventilationssystem. Begreppet brandflöde introduceras.

”Brandgasspridning via ventilationssystem”, rapport TABK--98/7050, Lars Jensen, Lunds Tekniska Högskola.

Rapporten används som undervisningsmaterial för studier vid brandingenjörslinjen och behandlar bl.a. tumregler och Alexanderberäkningar.

Design of Smoke Management Systems, J. Klote, J. Mike, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, ISBN 0-910110-88-3

Rapporten behandlar främst trycksättning av trapphus men värdefull information finns även för generella beräkningar avseende brandgasspridning via ventilationssystem.

”En handbok för brandskyddsteknik för ventilationssystem”, B. Backvik m.fl., Ventilationsbrandskydd i Stockholm AB, 1996.

Denna handbok redovisar beräkningsgång för förenklade beräkningar avseende brandgasspridning via ventilationssystem. Handboken redovisar även hur skydd mot brandspridning skall utformas.

2. Spridningsteori

2.1. Brandflöde

Vid en brand kommer luften i brandrummet att värmas upp och därmed volymutvidgas. Denna volymökning, som kallas brandflöde, orsakar tryckuppbyggnad i brandrummet. Brandflödets storlek är direkt proportionellt mot effekten som tillförs luftvolymen. Det dimensionerande brandflödet kan uttryckas som en funktion av brandförloppets tillväxthastighet och lokalens volym.

Brandflödet orsakar en tryckuppbyggnad i lokalen. Storleken på tryckuppbyggnaden beror på brandflödets storlek, lokalens volym, lokalens täthet (läckage), tryckfall (framför allt över don) i ventilationssystemet och normalflöden i ventilationssystemet. Trycket i brandrummet kan uppgå till i storleksordningen 1000-2000 Pa, under en kortare tid (sannolikt ca 5-10 minuter).

Brandflödet antas fortsätta att öka fram till dess att syret i brandrummet har förbrukats i så stor omfattning att branden avtar (sker normalt då syrehalten i rummet sjunkit till ca 10%) eller till dess att fönster i lokalen går sönder (p.g.a. temperaturskillnader mellan glasets kanter och centrala delar) vilket normalt sker då temperaturen i brandgaslagret är ca 350°C /5/. Då fönstren går sönder tryckavlastas brandrummet och risken för brandgasspridning via ventilationssystemet försummas vid fläktar i drift och minskar för övrigt.

2.2. Kanalbrandgasflöde

Trycket i brandrummet medför att brandgaser dels kommer att tryckas ut genom otätheter, fönsterventiler mm i byggnaden och dels kommer att tryckas in i ventilationssystemet. Den del av brandgasflödet som trycks in i ventilationssystemet benämns här kanalbrandgasflöde.

Kanalbrandgasflödets storlek beror på normalflöde, normala tryckfall (främst över don) i ventilationssystemet samt läckageytornas storlek. Om lokalerna t.ex. förses med tilluft via ventiler i fasad kommer en del av brandflödet att transporteras ut den vägen vilket resulterar i ett lägre kanalbrandgasflöde.

2.3. Brandgasspridning inom byggnaden

För att förhindra brandgasspridning via ventilationssystemet måste ventilationssystemet kunna ta hand om kanalbrandgasflödet som trycks in i systemet.

I till- och frånluftsystem sker brandgasspridning normalt lättast via tilluften. För att sprida brandgaser via tilluftssystemet erfordras att trycket i brandrummet överstiger normalt tryck vid förgrening från samlingskanal i tilluftssystemet. Detta tryck är normalt i storleksordningen 20-100 Pa. Då brandgaser trycks in i tilluftssystemet kommer dessa omedelbart att spridas till brandceller nedströms i systemet. Om den brandutsatta lokalen är den sista brandcellen nedströms på kanalen kommer brandgasspridning främst att ske till den närmaste brandcellen uppströms i systemet. Som tidigare nämnts kan tryck i brandrummet uppgå till ca 1000-2000 Pa, att jämföra med de 20-100 Pa tryckfall som normalt ligger över don (vilka ofta står för en stor del av tryckfallet i systemet). Det är normalt inte möjligt att utan åtgärder hindra brandgasspridning via tilluftssystemet. Möjliga åtgärder för att hindra brandgasspridning via tilluftssystemet kan vara att rökavlufta ventilationssystemet, varva upp fläktar vid brand (för att öka tryckfall i systemet), tryckavlasta rummet eller konvertera tilluftssystemet till frånluftssystem vid brand. Man bör dock vara försiktig med det sistnämnda för att inte skapa så stora undertryck i övriga lokaler att t.ex. dörrar i utrymningsväg inte kan öppnas eller att dörrstängare inte orkar stänga dörr i brandcellsgräns.

Frånluftssystem kan hantera att en viss mängd brandgas trycks in i systemet utan att spridning sker till intilliggande brandceller. I frånluftssystemet är undertryck i normaldrift i storleksordningen 50-200 Pa. Spridning av brandgaser via frånluftssystemet sker då kanalbrandgasflödet blir så stort att det uppstår ett övertryck i grenkanal som leder till annan brandcell. Omhändertagandet av kanalbrandgasflödet kan ske genom att fläktarna fortsätter att gå vid en brand eller genom att rökavluftning anordnas.

För att hindra brandgasspridning med system med fläktar som fortsätter att gå vid brand eller med rökavluftning skall dessa ha en sådan kapacitet att kanalbrandgasflödet kan transporteras ut utan att övertryck uppstår i samlingskanal vid gren till annan brandcell. Det är viktigt att fläkten dimensioneras för de temperaturer som den utsätts för då varma brandgaser transporteras i systemet.

3. Förutsättningar

3.1. Myndighetskrav

Den bygglagstiftning som är gällande när detta projektarbete utförs är Boverkets Byggregler (BBR 7) BFS 1993:57 med ändringar t.o.m. BFS 1998:38 /1/. I BBR 7 står att ”luftbehandlingsinstallationer skall utformas så att ett tillfredställande skydd mot spridning av brandgas mellan brandceller erhålls”.

I rådtext anges sedan att tillfredställande 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 7 anges inga riktlinjer om vad det innebär att avsevärt försvåra. Klart är dock att personsäkerheten inte får äventyras.

I nedanstående kapitel ges förslag på när brandgasspridning bör förhindras och när är det tillräckligt om brandgasspridning avsevärt försvåras.

I tidigare bygglagstiftning (fram till och med BBR 94, BFS 1993:57 med ändringar 1995:17, som gällde för bygglov sökta t.o.m. 981231) stod i rådtext att det var tillfyllest att brandgaser tillåts komma in i ventilationssystemet men systemet utformas så att brandgasspridning mellan brandceller förhindras eller avsevärt försvåras. Inga ytterligare råd angavs när det krävdes att brandgasspridning skulle förhindras eller när det var tillfyllest om brandgasspridning avsevärt försvårades. Som metod för att avsevärt försvåra brandgasspridning angavs att förhållandet mellan tryckfallet i den del av kanalsystemet som betjänar endast en brandcell och den del av systemet som utgör gemensam samlingskanal bör vara större än 5:1. Denna metod anses numera inte tillförlitlig och har även strukits ur BBR 7.

3.2. Vad innebär att avsevärt försvåra / förhindra brandgasspridning

Brandgasspridning mellan brandceller inom en byggnad kan ske på flera sätt. Exempelvis är typgodkända brandcellsskiljande konstruktioner som dörrar, lättväggar mm inte helt täta mot brandgasspridning. Det bör således anses rimligt att krav avseende brandgasspridning via ventilationssystemet skall vara i nivå med de krav som ställs på övriga byggnadsdelar, i alla fall för intilliggande brandcell.

3.2.1. Avsevärt försvåra brandgasspridning

I de fall då det kan anses tillfyllest att brandgaser sprids i en viss omfattning är det framför allt viktigt att beakta personsäkerheten. Personsäkerheten får inte under några omständigheter äventyras. Ur personskyddssynpunkt är det framför allt toxiciteten i brandgaser som är betydande. Även siktförhållanden samt temperaturer i brandgaser kan behöva studeras.

Toxicitet i brandgaser

Kolmonoxid, CO, är normalt det dimensionerande giftiga ämnet i brandgaser. Produktionen av kolmonoxid är starkt beroende av syretillgången vid branden. Vid fullständig förbränning av enkla bränslen (extremt välventilerade bränder) bildas nästan ingen kolmonoxid. I normala bränder inomhus finns dock inte obegränsad tillgång till syre och kolmonoxid kommer därmed att bildas vid förbränning. Ju mindre syre branden har att tillgå desto större mängd kolmonoxid bildas.

I brandens tidiga skede kommer branden att vara välventilerad med låg kolmonoxidproduktion som följd. Då branden övergår i övertändning kommer produktionen av kolmonoxid att öka kraftigt. Den viktigaste åtgärden för att hålla nere mängden kolmonoxid i brandrummet är att minska brandeffekten. Notera dock att en glödbland ger relativt hög kolmonoxidproduktion.

Produktionen av kolmonoxid varierar mycket med bränslet. Med kännedom om vilken produkt som brinner samt massflödet från branden kan koncentrationen kolmonoxid i brandgaserna uppskattas. Dessa beräkningar är förhållandevis besvärliga och data finns inte alltid tillgängliga.

I "Enclosure Fire Dynamics" /3/ refereras till utlåtande från Mulholland m.fl. /4/ som anger att kolmonoxidproduktionen vid en rumsbrand där bränslet i huvudsak är material som är vanliga i kontor (datormonitor, stoppad stol, elkablar, mm) kan antas vara 0,2 g/g brunnat material. Vid denna brand antas enligt /4/ även att syreåtgången vid förbränning är 1,8 g/g brunnat material.

Det är känt att ca 13 kJ frigörs för varje gram syre som förbrukas vid en brand. Med kännedom om detta samt med data från /4/ kan man uppskatta att ovan nämnda kontorsbrand avger ca 23 kJ/g brunnat material. (Detta är ett ganska högt värde, och kan därmed antas vara på säkra sidan för flera typer av lokaler. För t.ex. träprodukter är avgiven effekt ca 16 kJ/g brunnat material.) Således avger kontorsbranden i storleksordningen 0,2 g CO per av branden avgiven 23 kJ, eller 0,0085 g per av branden avgiven kJ.

För att kunna beräkna hur mycket energi som har avgivits från branden erfordras kunskap om brandförloppet. Som tidigare nämnts är det brandens tidiga förlopp som är av speciellt intresse att studera, dvs då det pga övertryck i brandrummet trycks in brandgaser i kanalsystemet. Detta antas ske tills fönster i lokalen gått sönder eller tills syrehalten i brandrummet sjunkit till ca 10% och brandtillväxten därav dämpas. Således är det brandutvecklingen till denna tidpunkt som skall bestämmas. Baserat på brandutvecklingskurvor i "En handbok för brandskyddsteknik för ventilationssystem" /5/ har (genom regressionsanalys) tiden beräknats tills fönster gått sönder / syrehalten i rummet sjunkit till 10%. Detta sker enligt ekvation 3.1 nedan. (Detta uttryck stämmer väl överens med teoretiskt samband som redovisas i kapitel 4.1 i "Spread of Smoke and Fire Gases via the Ventilation System" /6/ där de förväntade potenserna för volym och α -värde är 1/3 respektive -1/3 för en kvadratisk växande brandeffekt.)

$$t_{stop} = 20 \cdot V^{0,313} \cdot \alpha^{-0,33} \quad [\text{ekv. 3.1}]$$

där:

t_{stop} är tiden tills fönster går sönder / syrehalten i rummet sjunkit till 10%, i sekunder (s)

V är rummets volym (m^3)

α är tillväxtfaktorn (kW/s^2)

Då t är känt kan brandeffekten beräknas enligt sambandet /7/:

$$Q = \alpha \cdot t^2 \quad [\text{ekv. 3.2}]$$

där:

Q är brandeffekten (kW)

α är en tillväxtfaktor (kW/s^2)

t är tiden (s)

Med kännedom om tiden, brandtillväxthastigheten samt brandeffekten kan således koncentrationen CO i brandrummet uppskattas. Med vetskap om hur brandgaserna transporteras (ut genom läckageöppningar och fönsterventiler, in i kanalsystemet och till annan brandcell) samt om hur lång tid som branden pågår innan fönster går sönder / syrehalten i brandrummet sjunkit till 10% kan mängden CO som sprids till annan brandcell uppskattas.

Volymen CO som sprids beräknas med utgångspunkt från allmänna gaslagen:

$$V_{CO} = \frac{m \cdot R \cdot T}{M \cdot p} \quad [\text{ekv. 3.3}]$$

där:

V_{CO} är volymen CO som spridits (m^3)
 m är massan CO (g)
 R är allmänna gaskonstanten ($8,31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$)
 T är temperaturen (K)
 M är molmassan (för CO = 28 g/mol)
 P är trycket i Pa (normalt 101300 Pa)

Koncentrationen i den för brandgasspridning utsatta brandcellen beräknas sedan enligt:

$$c = \frac{V_{CO}}{V_{rum}} \quad [\text{ekv. 3.4}]$$

där:

c är koncentrationen
 V_{CO} är volymen CO som spridits (m^3)
 V_{rum} är volymen i den för brandgasspridning utsatta lokalen (m^3)

Beroende på graden av fysiskt arbete är upptagningen av kolmonoxid i blodet olika. Vid koncentrationer om ca 0,08 % kolmonoxid kan man vistas i lokalen ca 60 minuter vid lättare arbete, innan medvetlöshet uppkommer /8/. I denna rapport har 0,08 % använts som dimensionerande värde för de lokaler där viss brandgasspridning kan tillåtas (se förslag i kapitel 3.3).

Siktförhållanden

Vid bränder där mycket sot produceras måste förutom toxicitet i brandgaser 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:

$$\frac{D}{L} = \frac{D_0 \cdot W_L}{V} \quad [\text{ekv. 3.5}]$$

där:

D/L är ett värde på siktbarheten i enheten obscura /9/. 1 obscura innebär att sikten i rummet är ca 10 meter. Detta värde används ofta som gränsvärde för kritiska förhållanden för utrymning och bör kunna användas i beräkningarna.
 D_0 är det brinnande ämnet rökpotential ($\text{ob} \cdot \text{m}^3/\text{g}$)
 W_L är massan av det förbrända bränslet (g)
 V är volymen i vilken röken ansamlats (m^3)

Temperaturer i brandgaser

Temperaturen i de brandgaser som sprids till intilliggande brandceller får inte vara så varma att de kan antända brännbart material eller försvåra utrymning. Exempel när temperaturer i brandgaser kan försvåra utrymning kan vara om don är placerade så att luft/brandgaser blåses direkt mot utrymmande i en passage.

Enligt BBR 7 accepteras en högsta lufttemperatur på 80°C vid utrymning. Luft-/brandgasströmmar mot utrymmande får således inte vara varmare än 80°C. (Naturligtvis accepteras ej heller att temperaturer i brandgaser är så höga att brandgasspridning medför risk för antändning av närbelägna byggnadsdelar. Detta har dock inte studerats inom ramen för detta projekt.)

3.2.2. Förhindra brandgasspridning

Som tidigare nämnts är brandcellsskiljande byggnadsdelar som lättväggar och dörrar inte täta mot brandgasspridning. Det samma gäller för brandgasspjäll. Kraven på ventilationssystem utförda med fläktar i drift eller rökavluftning bör inte vara högre än för andra brandcellsskiljande system/komponenter. Även för de fall då det förespråkas att brandgasspridning skall förhindras bör därmed en viss (liten) mängd brandgas kunna tillåtas att spridas via ventilationssystemet. För att kunna avgöra hur stor mängd som kan tillåtas spridas görs jämförelser nedan.

Brandgasspjäll

Högsta tillåtna läckflöde enligt BBR 7 /1/ är 40 l/(s*m²) spjällarea vid trycket 100 Pa.

Brandgasspjäll typ 3 har ett tillåtet läckflöde på ca 40 l/(s*m²) spjällarea vid trycket 100Pa, enligt /2/. Vid tryck på ca 1000 Pa är tillåtet läckflöde ca 160 l/s*m² spjällarea /2/. För en förhållandevis stor kanaldimension, ϕ 500 mm, kan läckflödena således uppgå till ca 8 l/s vid 100 Pa tryckskillnad och ca 32 l/s vid 1000 Pa tryckskillnad.

Brandgasspjäll typ 4 har ett tillåtet läckflöde på ca 8 l/(s*m²) spjällarea vid trycket 100Pa, enligt /2/. Vid tryck på ca 1000 Pa är tillåtet läckflöde ca 30 l/(s*m²) spjällarea /2/. För motsvarande kanaldimension, ϕ 500 mm, kan läckflödena således uppgå till ca 1,6 l/s vid 100 Pa tryckskillnad och ca 6 l/s vid 1000 Pa tryckskillnad.

(Notera att sambanden mellan läckflöde och tryck är ej kvadratiska i tabellen i /2/)

Dörr

En typgodkänd brandcellsskiljande dörr är inte helt röktät i dörrkarmarna. Dessutom tillåts en springa i dörrens underkant på högst 10 mm, (utom i dörrar till trapphus) enligt /1/.

Om man antar att dörren är 90 cm bred och att det är 1 cm springa i underkant men att dörren är tät i dörrkarm och att den luft som strömmar under dörren håller temperaturen 20°C, kommer en tryckskillnad på 100 Pa att orsaka ett läckflöde på ca 80 l/s. En tryckskillnad på 1000 Pa kommer att orsaka ett läckflöde på ca 250 l/s.

Det bör dock poängteras att det läckflöde som p.g.a. tryckskillnad passerar under en dörr i brandens tidiga skede inte förväntas innehålla lika stor andel toxiska gaser som det flöde som passerar genom läckageöppningar i ett brandgasspjäll. Detta eftersom de toxiska ämnena, i brandens inledande skede, främst finns i rummets övre del.

Lättvägg

Vid tryckupbyggnad i en lokal kan läckage ske genom lokalens klimatskal men även genom övriga väggar inom byggnaden. En lättvägg är alltså inte helt tät mot rökspridning.

Läckflödet genom lättvägg antas vara lika stort som det normenliga läckflödet genom en fasad i ett bostadshus. (Läckflödet i bostäder antas normenligt vara hälften så stort som i lokaler andra än bostäder). För en tryckskillnad på 100 Pa beräknas då läckflödet till ca 1,25 l/s*m². För en tryckskillnad på 1000 Pa beräknas läckflödet till ca 6 l/s*m².

Om man antar att en väggyta mellan två brandceller är 20 m² blir läckflödet genom lättväggen ca 25 l/s då tryckskillnaden är 100 Pa och ca 120 l/s då tryckskillnaden är 1000 Pa.

Förslag till acceptanskriterium

Brandgasspridning till andra brandceller måste begränsas eftersom brandgaserna är giftiga. Det är framför allt koncentrationen av giftiga ämnen som måste hållas låg. Den mängd brandgas som kan tillåtas spridas till en annan brandcell beror därmed på volymen i den för brandgasspridning utsatta lokalen. Det föreslås därför att acceptanskriterier kopplas till lokalens volym.

Baserat på läckage genom ovan beskrivna system/konstruktioner föreslås att tillåten mängd brandgas som får spridas till en annan brandcell via ventilationssystemet (då det fortfarande anses att brandgasspridning har förhindrats) är enligt ekvation 3.1 nedan. För exempelvis en lägenhet med 70 m² golvyta och 2,5 m takhöjd innebär ovanstående att som mest 0,0175 m³/s (dvs. 17,5 l/s) brandgas tillåts spridas till lägenheten vid brand i annan brandcell. (Kontrollberäkningar har utförts som visar att detta motsvarar ca 10% av acceptabel spridning innan kritiska förhållanden uppstår. Se appendix 1)

$$q_{\text{tillåten}} = V \cdot 10^{-4} \quad [\text{ekv. 3.6}]$$

där:

$q_{\text{tillåten}}$ är tillåten mängd brandgas som får spridas till en brandcell via ventilationssystemet (m³/s)
 V är volymen (m³) i de av ventilationssystemet betjänade lokalerna i den för brandgasspridning utsatta brandcellen. (Om brandcellen servas av flera system och lokalerna är åtskilda av väggar/dörrar skall endast volymen som betjänas av det aktuella systemet beaktas)

3.3. Tillämpning av acceptanskriterium

Nedan visas ett förslag till när brandgasspridning via ventilationssystem skall förhindras och när det är tillfyllest om brandgasspridning avsevärt försvåras. Förslaget baseras på att brandspridning skall förhindras till lokaler där sovande samt rörelsehindrade personer vistas samt till lokaler som ur utrymningssynpunkt är känsliga. För mindre känsliga lokaler accepteras att brandgasspridning avsevärt försvåras.

Förhindra brandgasspridning:

- Bostäder
- Hotell
- Vårdanläggningar
- Utrymningsvägar
- Byggnader över åtta våningsplan (eller andra lokaler där räddningstjänsten saknar möjlighet att hjälpa till med fönsterutrymning)
- Lokaler speciellt avsedda för rörelsehindrade personer
- Skolor, ovan markplan
- Samlingslokaler, ovan markplan
- Butikslokaler, ovan markplan
- Lokaler för brandfarlig verksamhet

Avsevärt försvåra brandgasspridning:

- Kontorslokaler där räddningstjänsten har möjlighet att hjälpa till med fönsterutrymning (begränsas normalt av körbarhet vid byggnaden samt höjd på stegar)
- Butikslokaler i markplan
- Samlingslokaler i markplan
- Skolor i markplan, med möjlighet till fönsterutrymning

3.4. Känslighetsanalys av förfarande/ acceptanskriterium

Eftersom brandförlopp endast kan uppskattas och inte beräknas exakt är det viktigt att utföra känslighetsanalyser av utförda beräkningar. I denna rapport har inverkan av ett flertal parametrar studerats för några olika typer av system. Dessa finns i kapitel 5, beräkningar på några typfall.

3.5. Att tänka på

I byggnader som t.ex. bostäder och vårdlokaler accepteras (enligt föreslagna acceptanskriterier) inte brandgasspridning via ventilationssystemet medan det i t.ex. kontorshus accepteras en viss brandgasspridning. För att erhålla en flexibilitet att i framtiden kunna bygga om ett kontorshus till bostad eller vårdlokal kan det vara lämpligt att utföra ventilationssystemet så att brandgasspridning förhindras, om åtgärderna för detta inte är för stora.

4. Beräkningsgång samt beräkningsformler

4.1. Beräkning av kanalbrandgasflödet

4.1.1. Dimensionerande brand

Ur brandgasspridningssynpunkt är det främst brandtillväxthastigheten som är av intresse. Brandtillväxthastigheten skall inte förväxlas med brandbelastning som är ett mått på mängden brännbart material i brandcellen och beskriver hur länge en brand kan fortgå.

Brandtillväxthastigheten har i brandens inledande skede ofta visat sig öka kvadratisk med tiden. Ett ofta använt uttryck är att branden växer enligt :

$$Q = \alpha \cdot t^2 \quad \text{[ekv. 4.1]}$$

där:

Q är brandeffekten (kW)

α är en tillväxtfaktor (kW/s²)

t är tiden (s)

NFPA /7/ har delat in tillväxtfaktorn α enligt följande (baserat på tiden för branden att nå effekten 1055 kW. 1055 kW=1 Btu/s (British thermal unit)):

långsamt brandförlopp	$\alpha \approx 0,003 \text{ kW/s}^2$ (1055 kW efter 600 sek.) (ex brand i ostoppad stol)
medelsnabbt brandförlopp	$\alpha \approx 0,012 \text{ kW/s}^2$ (1055 kW efter 300 sek) (ex brand i stoppad kontorsstol)
snabbt brandförlopp	$\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$ (1055 kW efter 150 sek) (ex brand i stoppad fåtölj)
ultrasnabbt brandförlopp	$\alpha \approx 0,19 \text{ kW/s}^2$ (1055 kW efter 75 sek.) (ex. brand i brännbara vätskor)

Om man inte känner till innehållet i en lokal kan ofta α antas följa ett snabbt brandförlopp för exempelvis kontorslokaler och bostäder.

4.1.2. Brandflöde

När man har antagit ett värde för α kan sedan brandflödet beräknas enligt /10/:

$$q_b = 0,28 \cdot V^{0,53} \cdot \alpha^{0,43} \quad \text{[ekv. 4.2]}$$

där:

q_b är brandflödet (m³/s)

V är rummets volym (m³)

α är tillväxtfaktorn (kW/s²)

Ovanstående uttryck är en förenklad beräkningsformel framtagen av Lars Jensen vid Lunds Tekniska Högskola, baserad på resultat från beräkningar utförda av Bengt Hägglund, FOA.

4.1.3. Temperaturberoende av tryckfall

Tryckfall i system beror på densitet i det strömmande mediet och strömningshastigheten enligt sambandet:

$$\Delta p = \rho \cdot R \cdot q^n \quad [\text{ekv. 4.3}]$$

där:

Δp är tryckfall (Pa)

ρ är densitet på luften/brandgaserna som strömmar (kg/m^3)

R är en konstant

q är flödet (m^3/s)

n är en konstant 1-2, beroende på om strömningen genom läckan är laminär ($n=1$) eller turbulent ($n=2$).

Eftersom densiteten är direkt beroende av temperaturen påverkar således temperaturen i de strömmande brandgaserna tryckfall i kanalsystem, över don samt genom fönsterventiler mm. Detta måste beaktas i beräkningarna.

4.1.4. Tryckfall

Don

Flöden över don antas vara turbulenta dvs $n=2$ i ekv 4.3. Således blir tryckfall över don vid brandfallet enligt:

$$\Delta p_{\text{don,brand}} = \Delta p_{\text{don,normal}} \cdot \frac{\rho_{\text{brand}}}{\rho_{\text{normal}}} \left(\frac{q_{\text{kanal,brand}}}{q_{\text{kanal,normal}}} \right)^2 \quad [\text{ekv. 4.4}]$$

där:

$\Delta p_{\text{don,brand}}$ är brandtryckfall över don och fram till samlingskanal \approx tryck i brandrummet (Pa)

$\Delta p_{\text{don,normal}}$ är normaltryckfall över don och fram till samlingskanal (Pa)

ρ_{brand} är densitet på brandgaserna som strömmar i brandfallet (kg/m^3)

ρ_{normal} är densitet på luften som strömmar i normalfallet (kg/m^3)

$q_{\text{kanal,normal}}$ är normalflödet i kanalen (m^3/s)

$q_{\text{kanal,brand}}$ är kanalbrandgasflödet i kanalen (m^3/s) (okänt).

Fönsterventiler

I normalfallet (ej brand) antas flödet över fönsterventiler vara ett mellanting mellan laminärt och turbulent. I brandfallet antas dock detta flöde, pga de stora tryckskillnaderna mellan brandrummet och utomhus, vara turbulent. Detta medför att tryckfall över fönsterventiler i brandfallet kan beräknas på samma sätt som för don dvs med $n=2$. Detta antagande är på säkra sidan eftersom det leder till ett lägre flöde genom fönsterventiler vilket i sin tur resulterar i att en större mängd brandgas kommer att tryckas in i kanalsystemet.

Tryckfall i kanal

Tryckfall i samlingskanal vid lufttemperatur på 20°C är beräknat med regressionsanalys från tryckfallsdiagram publicerade av Fläkt Evaporator AB. /11/.

Resultaten av dessa är:

$$\text{Rak kanal: } \Delta p_1 = 0,0088 \cdot \rho \cdot v^{1,83} \cdot d^{-1,2} \quad [\text{ekv. 4.5}]$$

$$\text{Böj (90°): } \Delta p_2 = 0,14 \cdot \rho \cdot v^{1,77} \cdot d^{-0,25} \quad [\text{ekv. 4.6}]$$

där:

Δp_1 är tryckfall per meter rak kanal (Pa)

Δp_2 är tryckfall per böj (Pa)

ρ är densiteten (kg/m³)

v är strömningshastigheten (m/s)

d är kanaldiametern (m)

Ovanstående uttryck är beräknade från ca 60 mätdata (per uttryck) i intervallet från 63 mm till 1250 mm. Felmarginalen mellan beräknat värdet och tabellvärde är i genomsnitt ca 3%. Största fel är ca 7%.

Ändring av kanalstorlek

För system med många förgreningar ökar kanaldimensionen normalt närmare fläkten. Då kanalstorleken ökar uppstår ett motstånd:

$$\Delta p = \frac{\rho}{2} (v_{\text{före}} - v_{\text{efter}})^2 \quad [\text{ekv. 4.7}]$$

Δp är utflödesmotståndet (Pa)

ρ är densiteten (kg/m³)

$v_{\text{före}}$ är hastigheten före kanalstorleksändringen (m/s)

v_{efter} är hastigheten efter kanalstorleksändringen (m/s)

Fri utströmning

På samma sätt som vid kanalstorleksändring uppstår ett utflödesmotstånd vid fri utströmning från kanal till det fria. Detta motstånd är det samma som det dynamiska trycket i kanalen dvs. v_{efter} är noll i ekvation 4.7 ovan. Utflödesmotståndet är av särskild betydelse vid system med rökavluftning.

Notera att Δp ändras med temperaturen i det strömmande mediet, enligt kapitel 4.1.3 ovan.

4.1.5. Flöde genom läckageöppningar

Normenligt läckflöde enligt BBR beräknas enligt /5/ som följande:

$$\Delta p_d = R \cdot \rho \cdot q_d^n \quad [\text{ekv. 4.8}]$$

där:

Δp_d är dimensionerande läcktryckfall, normenligt 50 Pa

R är en konstant

ρ är densiteten (kg/m^3)

q_d är dimensionerande läckflöde i klimatskalet, normenligt $0,8 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ vid bostäder och $1,6 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ vid lokaler. Ytan avser i första hand klimatskalet.

n är en konstant 1-2, beroende på om strömningen genom läckan är laminär ($n=1$) eller turbulent ($n=2$). För att underlätta beräkningar och vara på säkra sidan sätts $n=2$ i samtliga beräkningar.

Läckflöde kan förutom via lokalens klimatskal ske via andra ytor i brandrummet, ex lättväggar, dörrar mm. Som beräkningsförutsättning föreslås i /5/ att man antar att läckage sker genom hälften av brandrummets omgivande väggytor. Detta har använts i kommande beräkningar.

Läckflödet kan då beräknas enligt:

$$q_{\text{läckage}} = q_d \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_{\text{brand}} \cdot \rho_{\text{normal}}}{\Delta p_d \cdot \rho_{\text{brand}}}} \quad [\text{ekv. 4.9}]$$

där:

$q_{\text{läckage}}$ är läckflödet (m^3/s)

q_d är normenligt läckflöde (l/s)

ρ_{brand} är densitet på brandgaserna/luften som strömmar i brandfallet (kg/m^3)

ρ_{normal} är densitet på luften som strömmar i normalfallet (kg/m^3)

Δp_{brand} är brandtryckfall över klimatskalet \approx tryck i brandrummet, (vilket är okänt.)

Δp_d är dimensionerande läcktryckfall, normenligt 50 Pa

I denna ekvation är således trycket i brandrummet, Δp_{brand} , okänt.

För att underlätta beräkningarna antas att brandgas/luft som strömmar ut som läckage genom byggnadens klimatskal håller rumstemperatur. Detta antagande ger beräkningsresultat på säkra sidan.

4.1.6. Flöde genom fönsterventiler

Eftersom flödet genom fönsterventiler antas vara turbulent i brandfallet ($n=2$) beräknas detta flöde på motsvarande sätt som för läckageöppningar.

$$q_{\text{fönsterventil}} = q_n \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_{\text{brand}} \cdot \rho_{\text{normal}}}{\Delta p_n \cdot \rho_{\text{brand}}}} \quad [\text{ekv. 4.10}]$$

där:

- $q_{\text{fönsterventil}}$ är flödet genom fönsterventilen (m^3/s)
- Δp_n är tryckfall vid normalflöde över fönsterventilen (Pa)
- ρ_{brand} är densitet på brandgaserna/luften som strömmar i brandfallet (kg/m^3)
- ρ_{normal} är densitet på luften som strömmar i normalfallet (kg/m^3)
- Δp_n är tryckfall vid normalflöde över fönsterventilen (Pa)
- ΔP_{brand} är brandtryckfall över fönsterventilen \approx tryck i brandrummet (Pa), (vilket är okänt.)
- q_n är normalt flöde över fönsterventilen. (m^3/s)

I denna ekvation är således trycket i brandrummet, Δp_{brand} , okänt.

Fönsterventiler antas vara förhållandevis lågt placerade i rummet. Detta medför att luft/brandgas som i brandfallet strömmar ut genom fönsterventilen kommer att vara förhållandevis svala. I kommande beräkningar antas därför att den genom fönsterventiler utströmmande volymen är i rumstemperatur. Detta antagande ger beräkningsresultat på säkra sidan eftersom det leder till att en mindre volym strömmar ut genom fönsterventilen vilket resulterar i att en större volym trycks in i kanalsystemet.

4.1.7. Kanalbrandgasflöde

Flödet in i ett ventilationssystemet beräknas med kännedom om normalflöde, läckageflöden samt tryckfall över don och fram till samlingskanal enligt:

$$q_{\text{kanal,brand}} = \sqrt{\frac{\Delta p_{\text{don,brand}} \cdot \rho_{\text{normal}}}{\Delta p_{\text{don,normal}} \cdot \rho_{\text{brand}}}} \cdot q_{\text{kanal,normal}} \quad [\text{ekv. 4.11}]$$

där:

- $\Delta p_{\text{don,normal}}$ är normaltryckfall över don och fram till samlingskanal (Pa)
- $\Delta P_{\text{don,brand}}$ är brandtryckfall över don \approx tryck i brandrummet (Pa), vilket är okänt.
- ρ_{brand} är densitet på brandgaserna som strömmar i brandfallet (kg/m^3)
- ρ_{normal} är densitet på luften som strömmar i normalfallet (kg/m^3)
- $q_{\text{kanal,normal}}$ är normalflödet i kanalen (m^3/s)

I ovanstående ekvation är n satt till 2 eftersom flödet över donet antas vara turbulent.

4.1.8. Tryck i brandrummet

För frånluftssystem finns nu ett uttryck där läckflöde, kanalbrandgasflöde samt brandtryck ingår, d.v.s.:

Brandflödet = läckflöde + läckage genom ev. fönsterventiler etc + kanalbrandgasflöde

$$q_b = q_d \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_{brand} \cdot \rho_{normal}}{\Delta p_d \cdot \rho_{brand}}} + q_n \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_{brand} \cdot \rho_{normal}}{\Delta p_n \cdot \rho_{brand}}} + \sqrt{\frac{\Delta p_{don,brand} \cdot \rho_{normal}}{\Delta p_{don,normal} \cdot \rho_{brand}}} \cdot q_{kanal,normal}$$

[ekv. 4.12]

Brandflödet är beräknat sedan tidigare. Av faktorerna i ovanstående uttryck är endast Δp_{brand} okänt. När brandtrycket har beräknats kan läckflöde, flöde genom fönsterventiler samt kanalbrandgasflöde beräknas.

Ovanstående ekvation är ett förenklat uttryck för att beräkna tryck i lokalen. Ekvationen tar inte hänsyn till över/undertryck i kanal efter donet vilket bl.a. beror på tryck utomhus, temperatur i brandgaserna, strömningshastighet, kanaldimensioner, våningshöjd, höjd på eventuell avluftningshuv mm. I typfallsberäkningar utförda i detta examensarbete har en modell som tar hänsyn till dessa faktorer använts, se kapitel 4.3.

För att beräkna hur mycket som sprids via tilluftssystem kan tilluftskanalen simuleras som en fönsterventil med ett mottryck utifrån som motsvarar tryckfall över don och fram till samlingskanal.

4.2. Omhändertagande av kanalbrandgasflödet

För att spridning av brandgaser till intilliggande brandceller skall förhindras eller avsevärt försvåras krävs att ventilationssystemet kan hantera det kanalbrandgasflöde som trycks in i systemet. Vid förgrening till annan brandcell får trycket i kanalsystemet således inte vara så högt att brandgaser trycks ut till brandcellen. Faktorer som medverkar till att hindra brandgasspridning är bl.a. de förhöjda temperaturerna i brandgaserna vilka därmed får en stigningskraft som medför att stiger mot avluftningshuv. En annan viktig parameter är ejektorverkan, dvs den sugkraft som erhålls i en förgrening till en kanal då luft strömmar i huvudkanalen.

4.2.1. Temperatur i brandgaser som strömmar i kanaler

Vid transport i kanalsystemet kommer de varma brandgaserna att spädas med rumstempererad luft från andra lokaler som servas av systemet. Temperaturen i brandgaserna beräknas utifrån massbalansen vilket ger:

$$T_{efter} = \left(\frac{q_{efter}}{\frac{q_{brandgas}}{T_{brandgas}} + \frac{q_{inblandning}}{T_{inblandning}}} \right) \quad \text{[ekv. 4.13]}$$

där:

T_{efter} är temperaturen efter inblandning med rumstempererad luft (K)

q_{efter} är flödet i kanalen efter inblandning med rumstempererad luft (m^3/s)

$q_{brandgas}$ är flödet med varma strömmande (brand)gaser (m^3/s)

$q_{inblandning}$ är inblandningsflödet (m^3/s)

$T_{brandgas}$ är temperaturen i det varma strömmande brandgasflödet (K)

$T_{inblandning}$ är temperaturen i inblandningsluften (K)

Energibalansen övergår i en volymbalans vilket ger att q_{efter} kan beräknas enligt ekvation 4.14 nedan (eftersom $\rho \cdot T$ är lika för alla ingående termer).

$$q_{\text{efter}} = q_{\text{brandgas}} + q_{\text{inblandning}} \quad [\text{ekv. 4.14}]$$

Temperaturförluster vid strömning genom oisolerade kanaler kan beräknas genom energibalans:

$$\Delta T_{\text{förlust}} = \frac{L \cdot \Delta T_{\text{kanal}} \cdot h \cdot \pi \cdot d}{\rho \cdot q \cdot C_p} \quad [\text{ekv. 4.15}]$$

där:

$\Delta T_{\text{förlust}}$ är temperaturförlusten på en given sträcka (K)

L är sträckan vald att studera (m).

ΔT_{kanal} är medeltemperaturskillnaden mellan de strömmande brandgaserna i ventilationskanalen och luften som omger ventilationskanalen (K)

h är värmeövergångstalet ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)

d är diametern (m)

ρ är densiteten (kg/m^3)

q är flödet (m^3/s)

C_p är specifik värmekapacitet ($\text{J}/\text{kg} \cdot \text{K}$) (för luft = $1010 \text{ J}/\text{kg} \cdot \text{K}$)

Då temperaturen i kanalen sjunker minskar stigkraften i brandgaserna, se kapitel 4.2.2. Då temperaturen sjunker minskar dock volymen vilket leder till lägre strömningshastighet, vilket i sin tur framför allt har betydelse för utströmningsförluster (se kapitel 4.1.4) samt ejektorverkan (se kapitel 4.2.3).

4.2.2. Stigkraft i varma gaser

Lufttrycket minskar med ökad höjd över marken. Tryckökning (räknat uppifrån och mot marken) sker enligt sambandet:

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot h \quad [\text{ekv. 4.16}]$$

Stigkraften i brandgaserna (undertryck orsakat av skorstensverkan) beräknas enligt sambandet:

$$\Delta p = (\rho_{\text{ute}} - \rho_{\text{kanal}}) \cdot g \cdot h \quad [\text{ekv. 4.17}]$$

där:

Δp är tryckskillnaden (Pa)

ρ_{ute} är densiteten hos luften utomhus (kg/m^3)

ρ_{kanal} är densiteten hos brandgas/luftblandningen i kanalen (kg/m^3)

g är gravitationskonstanten, ($9,82 \text{ m}/\text{s}^2$)

h är höjdskillnaden (m)

Stigkraften är av särskild betydelse för system med rökavluftning.

4.2.3. Ejektorverkan

Ejektorverkan innebär att ett sug uppstår i förgrening då ett medie strömmar i huvudkanalen. En förutsättning för att ejektorverkan skall kunna påräknas är att strömningshastigheten i förgreningen är förhållandevis liten i relation till strömningshastigheten i huvudkanalen.

Ejektorverkan motsvarar det dynamiska trycket i kanalen vid förgreningen:

$$\Delta p = \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad [\text{ekv. 4.18}]$$

där:

Δp är tryckskillnaden (Pa)

ρ är densiteten (kg/m^3)

v är hastigheten (m/s)

Genom ejektorverkans inverkan kan således totaltrycket i kanalen vid förgrening till en lokal överstiga lokalens tryck något utan att spridning av brandgaser sker till lokalen. Spridning sker först då tryckskillnaden överstiger det dynamiska trycket.

4.2.4. Flätkapacitet

Tryckstegring i en fläkt är direkt proportionell mot densiteten, dvs:

$$\Delta p_{\text{fläkt}} = \rho \cdot f(q) \quad [\text{ekv. 4.19}]$$

där:

$\Delta p_{\text{fläkt}}$ är tryckstegring i fläkten (Pa)

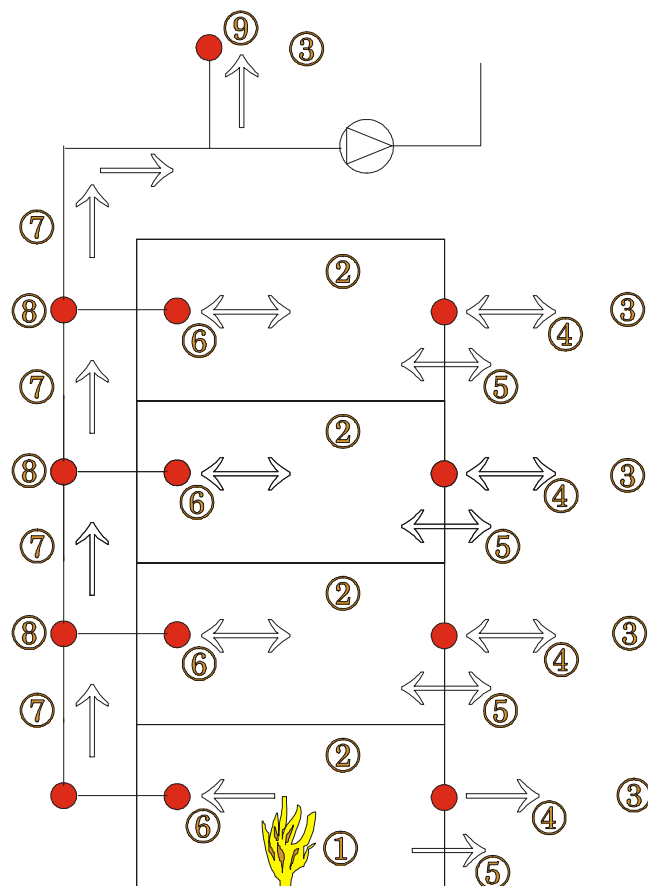
ρ är densiteten (kg/m^3)

q är flödet (m^3/s)

Som tidigare visat (ekv. 4.3) är även tryckfall över don och i kanaler direkt proportionell mot densiteten. Effekter av stigkraft, hänsyn till placering av don/fönsterventiler samt utflödesmotstånd efter fläkten medför densitetsberoendet i fläkten och densitetsberoendet i kanalsystemet inte tar ut varandra.

4.3. Omhändertagande av kanalbrandgasflöde genom rökavluftning

För system med rökavluftning beräknas flöden, temperaturer mm genom att för varje del av systemet lösa ekvationerna i kapitel 4.1 och 4.2. Detta har utförts genom en modell i datorprogrammet Excel som baseras på ett iterationsförfarande. Ekvationerna löses för knutpunkterna i figur 4.1 nedan. För FT-system med symmetriska till- och frånluftsystem kan beräkningarna utföras för halva byggnaden (halva brandflödet och halva väggytan)



Figur 4.1 Omhändertagande av kanalbrandgasflöde genom rökavluftning

Beräkning sker enligt:

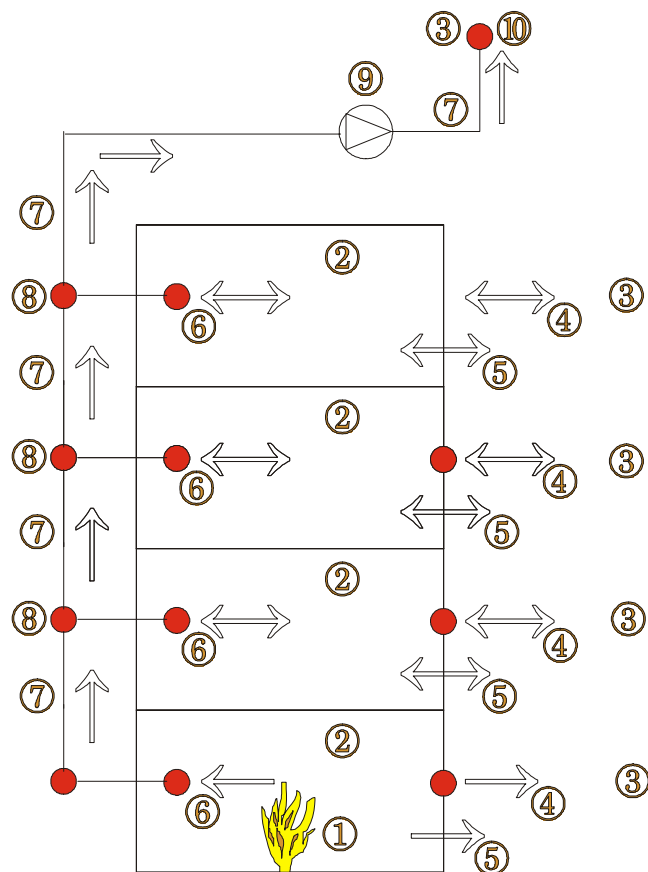
1. Maximalt brandflöde beräknas. (ekv. 4.1 och 4.2)
2. Tryck i lokalen (i förhållande till tryck utomhus) itereras fram så att flöden in respektive ut genom kanal, vägg samt fönsterventiler (3 - 9) stämmer överens.
3. Tryck utomhus beräknas (i förhållande till tryck vid rökavluftningsshuven). (ekv. 4.16)
4. Flöde ut genom ev. fönsterventiler beräknas. (ekv. 4.10 samt ev 4.3)
5. Läckage genom lokalens klimatskal beräknas. (ekv. 4.9 samt ev 4.3)
6. Kanalbrandgasflöde (för brandrum) samt inströmmande luft/utströmmande brandgas från/till övriga rum beräknas. (ekv. 4.11 samt 4.3)
7. Tryck, flöde och temperatur i kanal beräknas. (ekv. 4.5, 4.6, 4.15 samt 4.17)
8. Ejektorverkan samt ev. utspädning (temperatursänkning samt ökat flöde) beräknas. (ekv. 4.18, 4.13 samt 4.14)
9. Utflödesmotstånd beräknas. (ekv. 4.7)

Iterering av tryck sker tills flöden in respektive ut ur kanalsystem och lokaler överensstämmer.

4.4. Omhändertagande av kanalbrandgasflöde med fläkt i drift

4.4.1. Frånluftssystem

För frånluftssystem med fläktar i drift beräknas flöden, temperaturer mm genom att för varje del av systemet lösa ekvationerna i kapitel 4.1 och 4.2. Detta har utförts genom en modell i datorprogrammet Excel som baseras på ett iterationsförfarande. Ekvationerna löses för knutpunkterna i figur 4.2 nedan:



Figur 4.2 Omhändertagande av kanalbrandgasflöde med fläktar i drift

Beräkning sker enligt:

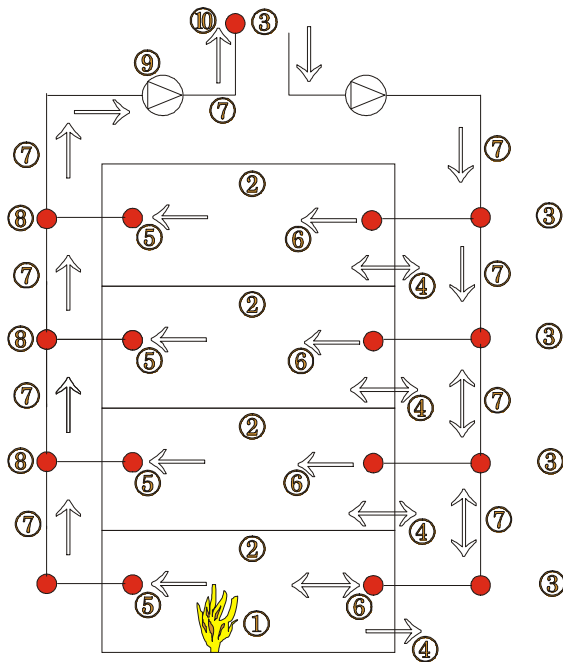
1. Maximalt brandflöde beräknas. (ekv. 4.1 och 4.2)
2. Tryck i lokalen (i förhållande till tryck utomhus) itereras fram så att flöden in respektive ut genom kanal, vägg samt fönsterventiler (3 -10) stämmer överens.
3. Tryck utomhus beräknas (i förhållande till tryck vid utflöde). (ekv. 4.16)
4. Flöde ut genom ev. fönsterventiler beräknas. (ekv. 4.10 samt ev 4.3)
5. Läckage genom lokalens klimatskal beräknas. (ekv. 4.9 samt ev 4.3)
6. Kanalbrandgasflöde (för brandrum) samt inströmmande luft/utströmmande brandgas från/till övriga rum beräknas. (ekv. 4.11 samt 4.3)
7. Tryck, flöde och temperatur i kanal beräknas. (ekv. 4.5, 4.6, 4.15 samt 4.17)
8. Ejektorverkan samt ev. utspädning (temperatursänkning samt ökat flöde) beräknas. (ekv. 4.18, 4.13 samt 4.14)
9. Fläktens kapacitet definieras (i form av ett undertryck som är densitetsberoende.) (ekv. 4.19)
10. Utflödesmotstånd beräknas. (ekv. 4.7)

Iterering av tryck sker tills flöden in respektive ut ur kanalsystem och lokaler överensstämmer.

4.4.2. Till- och frånluftssystem

För till- och frånluftssystem med fläktar i drift beräknas flöden, temperaturer mm genom att för varje del av systemet lösa ekvationerna i kapitel 4.1 och 4.2. Detta har utförts genom en modell i datorprogrammet Excel som baseras på ett iterationsförfarande. Ekvationerna löses således för knutpunkterna i figur 4.3 nedan.

För att beräkna hur mycket som sprids via tilluftssystem kan tilluftskanalen simuleras som en fönsterventil med ett mottryck utifrån som motsvarar tryckfall över don och fram till samlingskanal. Resultatet visar då endast hur mycket som trycks ut i tilluftssystemet (dvs beräkningsmässigt ut genom fönsterventilen) från aktuellt brandrum. Hur detta sedan sprids i tilluftssystemet studeras separat.



Figur 4.3 Omhändertagande av kanalbrandgasflöde med till- och frånluftssystem med fläktar i drift

Beräkning sker enligt:

1. Maximalt brandflöde beräknas. (ekv. 4.1 och 4.2)
2. Tryck i lokalen (i förhållande till tryck utomhus) itereras fram så att flöden in respektive ut genom kanal, vägg samt fönsterventiler (3 - 10) stämmer överens.
3. Tryck utomhus beräknas (i förhållande till tryck vid utflöde). (ekv. 4.16)
4. Läckage genom lokalens klimatskal beräknas. (ekv. 4.9 samt ev 4.3)
5. Kanalbrandgasflöde för (för brandrum) samt inströmmande luft från övriga rum beräknas för frånluftssystemet. (ekv. 4.11 samt 4.3)
6. Brandgasspridning via tilluftssystemet beräknas som för fönsterventiler med ett mottryck utifrån som motsvarar tryckfall över don och fram till samlingskanal. Beräkningarna sker med ekvation 4.10 samt ev. 4.3. Dock skall ΔP_{brand} i ekvation 4.10 subtraheras med mottrycket.
7. Tryck, flöde och temperatur i kanal beräknas. (ekv. 4.5, 4.6, 4.15 samt 4.17)
8. Ejektorverkan samt ev. utspädning (temperatursänkning samt ökat flöde) beräknas. (ekv. 4.18, 4.13 samt 4.14)
9. Fläktens kapacitet definieras (i form av ett undertryck som är densitetsberoende.) (ekv. 4.19)
10. Utflödesmotstånd beräknas. (ekv. 4.7)

Iterering av tryck sker tills flöden in respektive ut ur kanalsystem och lokaler överensstämmer.

5. Beräkningar på några typfall

Beräkningar utförts för ett flertal fall. För varje fall har beräkningar utförts för ett valt (representativt) system. Med utgångspunkt från detta system har olika parametrar varierats (en i taget) för att se vilken inverkan dessa har att hindra brandgasspridning via ventilationssystemet. För vissa fall har en stor mängd parametrar studerats. Parametrar som visat sig sakna nämnvärd betydelse har inte studerats i samtliga övriga fall. De fall som har studerats är:

Rökavluftning	<i>Frånluftssystem</i>	Fall 1	Bostadshus 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 2	Bostadshus 3 våningar, 3 vertikala stammar per system
		Fall 3	Bostadshus 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 4	Bostadshus 6 våningar, 3 vertikala stammar per system
	<i>Till- och Frånluftssystem</i>	Fall 5	Bostadshus 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 6	Bostadshus 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 7	Kontorshus 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 8	Kontorshus 3 våningar, 15 vertikala stammar per system
		Fall 9	Kontorshus (stor lokal) 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 10	Kontorshus 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 11	Kontorshus 6 våningar, 15 vertikala stammar per system
		Fall 12	Kontorshus (stor lokal) 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 13	Hotell 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 14	Hotell 3 våningar, 3 vertikala stammar per system
		Fall 15	Hotell 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 16	Hotell 6 våningar, 3 vertikala stammar per system
		Fall 17	Butiker i samma plan, 3 st. per horisontellt system
Fläktar i drift	<i>Frånluftssystem</i>	Fall 18	Bostadshus 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 19	Bostadshus 3 våningar, 3 vertikala stammar per system
		Fall 20	Bostadshus 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 21	Bostadshus 6 våningar, 3 vertikala stammar per system
	<i>Till- och frånluftssystem</i>	Fall 22	Bostadshus 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 23	Bostadshus 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 24	Kontorshus 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 25	Kontorshus (stor lokal) 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 26	Kontorshus 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 27	Kontorshus (stor lokal) 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 28	Hotell 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 29	Hotell 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 30	Butiker i samma plan, 3 st. per horisontellt system

I följande kapitel redovisas en sammanfattning av beräkningsresultaten som helhet.

I Appendix 2 redovisas beräkningsförutsättningar för varje fall för det valda systemet. Efter beräkningsförutsättningarna redovisas vilka parametrar som studerats för det aktuella fallet och en sammanfattning av resultaten.

I Appendix 3 redovisas beräkningsresultat i tabellform för varje typfall.

5.1. Resultat per byggnadstyp

Bostadshus

För valda ursprungsfall (beskrivna i Appendix 2) kunde brandgasspridning förhindras för:

- Fläkt i drift för byggnad med 6 våningsplan med frånluftssystem både med 1 stam samt 3 stammar per system (samt injusteringspjäll vid tre stammar)

Med valda ursprungsfall (beskrivna i Appendix 2) kunde brandgasspridning inte förhindras för:

- Fläkt i drift för byggnad med 3 våningsplan. (Gäller för både frånluftssystem samt till- och frånluftssystem för både 1 och 3 stammar per system).
- Fläkt i drift för byggnad med 6 våningsplan med till- och frånluftssystem.
- Rökavluftning för byggnad med 3 samt 6 våningsplan. (Gäller både frånluftssystem och till- och frånluftssystem samt 1 respektive 3 stammar per system)

Kontorshus

För valda ursprungsfall (beskrivna i Appendix 2) kunde brandgasspridning försvåras i tillräcklig omfattning för:

- Rökavluftning för byggnad med 3 respektive 6 våningsplan (till- och frånluftssystem)
- Rökavluftning för byggnad med 3 respektive 6 våningsplan med större lokalyta (till- och frånluftssystem)
- Fläkt i drift för byggnad med 6 våningsplan med större lokalyta (till- och frånluftssystem)

Med valda ursprungsfall (beskrivna i Appendix 2) kunde brandgasspridning inte försvåras i tillräcklig omfattning för:

- Fläkt i drift för byggnad med 3 respektive 6 våningsplan (till- och frånluftssystem)
- Fläkt i drift för byggnad med 3 våningsplan med större lokalyta (till- och frånluftssystem)
- Rökavluftning för 3 respektive 6 våningsplan med 15 stammar per system (en till varje kontorsrum) (till- och frånluftssystem samt injusteringspjäll på samlingskanal)

Hotell

Med valda ursprungsfall (beskrivna i Appendix 2) kunde brandgasspridning inte förhindras för något av fallen, dvs:

- Rökavluftning för byggnad med 3 respektive 6 våningsplan. (Gäller för både 1 och 3 stammar per system) (till- och frånluftssystem).
- Fläkt i drift för byggnad med 3 respektive 6 våningsplan. (till- och frånluftssystem)

Butiker

För valda ursprungsfall (beskrivna i Appendix 2) kunde brandgasspridning försvåras i tillräcklig omfattning för:

- Rökavluftning (till- och frånluftssystem)

Med valda ursprungsfall (beskrivna i Appendix 2) kunde brandgasspridning inte försvåras i tillräcklig omfattning för:

- Fläkt i drift (till- och frånluftssystem)

5.2. Resultat av parameterstudien

Kanaldiameter på samlingskanal

För rökavluftning samt frånluftsystem med fläktar i drift visade sig samlingskanalens diameter ha en mycket stor betydelse för systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Detta beror på att motståndet i kanalsystemet ut till det fria sjunker kraftigt med ökad kanalstorlek vilket medför att brandgaserna lättare transporteras ut än in till andra brandceller.

Bibehållen storlek på vertikal samlingskanal till lägenheter men ökad storlek på kanaler på vind och ut till det fria inkl. utflödeshuv

System med "normal" storlek på vertikal på samlingskanal till våningsplanen men ökad storlek på kanaler på vind och ut till det fria inkl. huv gav resultat som var mycket snarlika de då samlingskanaler utfördes stora i hela dess längd. Systemet med mindre vertikala kanaler ned genom byggnaden och större på vind innebär dock stora platsbesparingar i schakt.

Tryckfall över injusteringspjäll i vertikal samlingskanal

Injusteringspjäll i samlingskanal påverkar generellt systemets förmåga att hindra brandgasspridning mycket negativt. Injusteringspjäll är särskilt besvärliga i byggnader med små brandceller och med få våningsplan eftersom detta medför låga normalflöden genom spjället i förhållande till kanalbrandgasflödet vilket leder till att detta svårare kan tas om hand.

Tryckfall över don och kanal fram till vertikal samlingskanal vid normalflöde

För frånluftsystem visade sig tryckfall över don och kanal fram till vertikal samlingskanal vid normalflöde ha en relativt stor betydelse för systemets förmåga att hindra brandgasspridning. För till- och frånluftsystem, där fönsterventiler inte finns, visade sig tryckfall över don och kanal fram till vertikal samlingskanal ha en relativt liten betydelse.

Tryckfall över fönsterventiler

Genom minskat motstånd över fönsterventiler kommer en större mängd brandgaser att tryckas ut genom fönsterventilen i stället för in i kanalsystemet. För frånluftsystem visade sig tryckfall över fönsterventiler ha en medelstor betydelse för systemets förmåga att hindra brandgasspridning. För till- och frånluftsystem där fönsterventiler finns installerade (som tryckavlastare i brandfallet) visade sig dessa kunna orsaka både nytta men även skada. Nyttan är att de tryckavlastar rummet vid brand vilket minskar kanalbrandgasflödet. Skadan är att de minskar tryckfallet mellan kanal och icke brandutsatta rum i förhållande till tryckfall ut ur systemet via rökavluftningshuv eller fläkt i drift, vilket kan leda till brandgasspridning. Detta måste beaktas särskilt vid dimensionering.

Temperatur på brandgaser som passerar ut genom fönsterventil

Temperaturen i brandgaser/luft som passerar fönsterventiler visade sig ha en måttlig betydelse för systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Högre temperatur leder till mindre tryckfall och därmed större flöde. En temperaturökning från 20 °C till ca 300°C innebär halverat motstånd över fönsterventilen. Jämför även med fönsterventiler.

Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet

Ju varmare brandgaser desto mindre är motståndet över don samt i kanaler. Detta innebär att en större volym brandgas trycks in i systemet om brandgaserna är varma än om de är kalla, förutsatt att flödet ut genom fönsterventiler och vägg är av lägre temperatur. Ökat kanalbrandgasflöde leder till större hastighet vilket leder till ökat utflödesmotstånd. Dock har varma brandgaser en större stigkraft än kalla brandgaser. För system med rökavluftning visade sig temperaturen i brandgaserna som trycks in i systemet ha en liten betydelse för systemets förmåga att hindra brandgasspridning. För mindre system med fläktar i drift visade sig dock att temperaturen i brandgaserna som trycks in i kanalsystemet ha en medelstor betydelse eftersom en större intryckt volym brandgaser minskar fläktens kapacitet till tryckökning i systemet.

Temperaturförluster i ventilationskanaler

Temperaturförluster i kanalsystemet visade sig ha en liten betydelse för systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Då brandgaser kyls minskar stigkraften. Vid kylning minskar dock brandgasernas volym vilket medför att hastigheten sjunker. Därmed minskar motstånd i kanaler och vid utflöde genom avluftningshuv.

Temperatur utomhus

Temperaturen utomhus visade sig ha en liten betydelse för systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Detta beror främst på att temperaturen i brandgaserna som trycks in i systemet antogs hålla 300°C vilket är mycket i förhållande till utomhustemperaturen.

Öppet fönster på icke brandutsatt våningsplan

För frånluftssystem (med tilluft via fönsterventiler) visade det sig att ett öppnat fönster på något av våningsplanen ovan brandrummet har en liten betydelse för systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Detta beror på att trycken i de icke brandutsatta rummen är nära trycket utomhus eftersom fönsterventilerna tryckutjämnar. För till- och frånluftssystem, där denna tryckutjämning mellan utomhus och inomhus ej finns, kan ett öppet fönster medföra att stora mängder brandgas sprids till lokalen med det öppna fönstret. Detta måste beaktas särskilt vid dimensionering.

Höjd mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv

Höjd mellan förgrening till översta våningsplanet och utlopp på avluftningshuv visade sig ha allt från en liten till en stor betydelse. Utifrån utförda beräkningar kan inte sägas generellt när höjden har liten respektive stor betydelse. Generellt kan dock sägas att den har en måttlig betydelse för system med rökavluftning via frånluftssystem (tilluft via fönsterventiler)

Antal böjar mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv

Antalet böjar mellan förgrening till översta våningsplanet och utlopp på avluftningshuv visade sig generellt ha en medelstor till stor betydelse för systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Genom att minska antalet böjar minskar motståndet i kanalsystemet ut till det fria vilket innebär att brandgaser lättare transporteras ut den vägen. För system med stora kanaler på vind har antalet böjar relativt liten betydelse.

Antal meter horisontell kanal mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv

På samma sätt som för böjar visade sig kanalängd mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv ha en medelstor betydelse. Inverkan av horisontella kanaler är dock något mindre än för böjar. På samma sätt som för böjar har horisontell kanal på vind mindre inverkan vid stora kanaldimensioner.

Brandtillväxtfaktor enligt NFPA (α)

Tillväxtfaktorn α , vilken påverkar brandflödet, visade sig ha en medelstor betydelse för systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Brandförloppet är dock ofta svårt att bestämma eftersom det styrs av vad som finns i lokalen just vid brandtillfället. Det kan därför vara klokt att använda ett värde på säkra sidan. För bostäder och kontor torde snabbt brandförlopp enligt NFPA ha en rimlig säkerhet.

Brandförloppets tidiga fas

Beräkningar visade att värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt alltid inträffar i brandflödets högsta nivå, dvs. precis innan fönster gått sönder eller då syrehalten sjunkit till ca 10% vilket leder till att branden avtar.

Rumshöjd (påverkar brandflödet)

Högre rumshöjd innebär ökad syretillgång och därmed ett större brandflöde. Med ökad rumshöjd tillåts dock även större spridning (förutsatt att den för brandgasspridning utsatta lokalen också har hög rumshöjd). Rumshöjden visade sig ha en liten till medelstor betydelse för systemets förmåga att hindra brandgasspridning.

Våningshöjd (rumshöjd + bjälklag etc.)

Våningshöjden visade sig ha en liten betydelse för systemets förmåga att hindra brandgasspridning

Normalflöde (med bibehållet kanalsystem)

I detta fall innebär minskat normalflöde med bibehållet kanalsystem i praktiken ökat motstånd från rum över don och kanal till samlingskanal. Minskat normalflöde, med bibehållet kanalsystem, är således positivt ur brandgasspridningssynpunkt. Detta visade sig ha en medelstor betydelse. I de fall då ökat normalflöde även innebär större kanalsystem innebär detta att systemets möjlighet att hindra brandgasspridning påverkas positivt.

Tryck i fläkt

Fläktens tryckstegring visade sig ha en medelstor till stor betydelse för fläktar som servar ett fåtal små brandceller. Detta eftersom flödet från dessa normalt är litet i förhållande till kanalbrandgasflödet, vilket leder till att fläkten ej kan upprätthålla trycket i brandfallet. Som tidigare nämnts innebär högre temperaturer i brandgaser att en större mängd brandgaser strömmar i systemet vilket påverkar fläktens förmåga till tryckökning. Vid större system med stora normalflöden kan fläkten lättare upprätthålla trycket i brandfallet.

5.3. Jämförelse med enkel spridningsanalys

5.3.1. Rökavluftning - jämförelse med kallt fall utan brandflöde

Beräkningar har även utförts för att se om det finns någon korrelation mellan systemets brandegenskaper vid rökavluftning och systemets egenskaper för kallt fall utan brandflöde (dvs vid självdrag).

Beräkningar utfördes för fall 1-6 dvs:

<i>Frånlufts</i> system	Fall 1	Bostadshus 3 våningar, 1 vertikal stam per system
	Fall 2	Bostadshus 3 våningar, 3 vertikala stammar per system
	Fall 3	Bostadshus 6 våningar, 1 vertikal stam per system
	Fall 4	Bostadshus 6 våningar, 3 vertikala stammar per system
<i>Till- och</i>	Fall 5	Bostadshus 3 våningar, 1 vertikal stam per system
<i>Frånlufts</i> system	Fall 6	Bostadshus 6 våningar, 1 vertikal stam per system

Beräkningsresultatet visade att spridning av luft kommer att ske mellan brandceller vid självdrag för fall 3 och 4. I övriga fall kommer spridning av luft ej att ske.

I brandfallet skedde spridning av brandgas i samtliga av dessa fall. Det finns således ingen korrelation mellan systemets brandegenskaper vid rökavluftning och systemets egenskaper för kallt fall utan brandflöde (dvs självdrag).

5.3.2. Fläktar i drift - FT system

Som tidigare nämnt sker brandgasspridning via ventilationssystem i lokaler med mekanisk till och frånluft då trycket i brandrummet är lika stort som mottrycket i tilluftssystemet. Det tryck som uppstår i en brandutsatt lokal är normalt mycket större än mottrycket i tilluftssystemet vilket visas följande beräkningsexempel:

Antag att brand uppstår i en lägenhet med ytan 70 m^2 och höjden $2,5 \text{ m}$.

Antag att lägenheten är kvadratisk, dvs omslutande väggytor är 84 m^2 .

Normalflöde antas vara 50 l/s .

Tryckfall i tilluftssystemet mellan rummet och fram till samlingskanal antas vara 80 Pa , vilket innebär att brandgasspridning sker om trycket i brandrummet överstiger 80 Pa .

Läckage via klimatskal vid 80 Pa beräknas enligt ekv. 4.9 till $42,5 \text{ l/s}$.
(temperaturen i brandgaserna/luften antas vara 20°C .)

Flödet in i frånluftskanalen vid 80 Pa övertryck i lokalen beräknas enligt ekv. 4.11 till ca 98 l/s .
(temperaturen i brandgaserna antas vara 300°C .)

Vid 80 Pa övertryck i lokalen kan systemet således hantera ca 140 l/s utan att spridning sker via tilluftssystemet. Detta skall jämföras med det maximala brandflöde som kan uppkomma i den aktuella lokalen vilket med ekv. 4.2 beräknas till 1160 l/s .

Exemplet visar att det flöde som lokalen kan hantera (140 l/s) är mycket mindre än det brandflöde som kan uppkomma (1160 l/s). För det aktuella fallet kan brandgasspridning således ske via tilluftssystemet.

5.4. Krav på fläktar

Då fläktar i drift används är det måste fläktens driftsäkerhet vid brand säkerställas. Fläkten måste tåla de temperaturer som den kan utsättas för och strömförsörjningen måste säkerställas.

Igensotning av filter mm måste också studeras. Detta har dock inte studerats inom ramen för detta projekt.

Temperaturkrav på fläkten

Frånluftsfläkten skall dimensioneras för att tåla två fall:

1. Under brandens inledande fas då högt tryck råder i brandrummet kommer brandgaser med temperaturer på upp till ca 350°C att kunna tryckas in i systemet.
2. Efter brandens inledande när fönster i lokalen gått sönder riskerar lokalen att övertändas. Temperaturer på upp till ca 1000°C kan uppstå i brandrummet. I detta fall kommer brandgaser endast sugas (ej tryckas) in i systemet.

Temperaturlighet hos fläktar har studerats av Lars Jensen och beskrivs i rapporten "Ventilationssystemets uthållighet vid brand" /12/.

Strömförsörjning

Strömförsörjning av fläktar i drift bör säkerställas genom matning direkt från ställverk. Elkablage till fläkten placerade inom lokaler som betjänas av systemet bör utföras med brandklassad kabel eller brandsäkert förlagt.

6. Installationer

6.1. Inverkan av sprinkler

6.1.1. Brandflödet

I osprinklade lokaler kommer som tidigare nämnts brandflödet att växa och orsaka ett övertryck i lokalerna fram till att syrehalten i lokalerna sjunkit till ca 10% eller fönster gått sönder och därmed tryckavlastar rummet. Dessa båda händelser kan förväntas ske vid samma tidpunkt i brandförloppet, dvs då temperaturen i brandgaserna har stigit till ca 350°C.

Ett modernt sprinklersystem utlöser normalt då temperaturen i brandgaserna är ca 100°C. (Noggrannare analys av utlösningstid kan utföras med genom datorsimuleringar, t.ex. med "FastLite"/13/). Då sprinklern utlöser dämpas brandflödet. Således kan brandflödet i sprinklade lokaler beräknas enligt:

$$q_{b,sprinkler} = q_b \cdot \frac{T_{utlöstsprinkler}}{350} \quad [\text{ekv. 6.1}]$$

där:

$q_{b,sprinkler}$ är brandflödet i det sprinklade fallet i m³/s

q_b är brandflödet för osprinklat fall i m³/s

$T_{utlöst\ sprinkler}$ är temperaturen i brandgaserna då sprinklern utlöser i °C

6.1.2. Brandgastemperaturer

I det sprinklade fallet kommer temperaturen i de brandgaser som trycks/sugs in i ventilationssystemet inte att vara varmare än de är då sprinkern utlöser. Detta innebär att fläktar som betjänar sprinklade brandceller normalt ej behöver utföras med hög temperaturtålighet.

6.1.3. Sprinklersystems tillförlitlighet

Sprinklersystem har visat sig ha en tillförlitlighet på ca 95%. Ett sprinklersystem är således inte ett 100% säkert system. Om ventilationssystem i en sprinklad byggnad betjänar flera brandceller bör detta utformas så att det inte sker en katastrof om sprinklern inte fungerar. Detta är av särskild vikt för byggnader som är känsliga ur utrymningssynpunkt, t.ex sjukhus.

6.2. Inverkan av brandventiler

En brandventil är en kontrollventil försedd med smältsäkring. När smältsäkringen utlöser stänger ventilen. Brandventiler finns i klass E 30. Smältsäkringen utlöser normalt då temperaturen i brandgaserna är ca 100°C. (Variationer förekommer)

6.2.1. Brandflöde

Brandventiler påverkar inte brandflödet men då smältsäkringen har utlöst och ventilen stängt hindras brandflödet att tränga in i ventilationssystemet. Om brandventiler används i kombination med fläktar i drift eller rökavluftning kan därmed en liknande funktion erhållas som vid sprinklade byggnader. En viktig förutsättning för att brandventilen skall fungera är att de brandgaser som når brandventilen är varma. Om brandventilen är placerad långt från brandhärden eller i annat rum kommer brandgaser att kylas på väg mot brandventilen och därmed riskerar den att inte fungera som avsett. Brandventiler kan dock fungera mycket väl i små lokaler.

6.2.2. Brandgastemperaturer

Om brandventiler installeras på hela frånluftssystemet kommer de brandgaser som trycks/sugs ej att ha högre temperatur än brandventilens utlösningstemperatur. Detta innebär att fläktar normalt ej behöver utföras med hög temperaturlåghet.

6.2.3. Begränsningar

Brandventiler fungerar normalt endast på frånluftssystem.

6.3. Inverkan av tryckavlastning

Genom att tryckavlasta brandutsatta lokaler hindras tryckuppbyggnad och därmed att brandgaser trycks in i ventilationssystemet. Erforderlig tryckavlastning beror på lokalens geometri, brandtillväxt samt systemets uppbyggnad. Även tryckavlastning i kombination med system med fläktar i drift eller rökavluftning kan fungera, (t.ex. med fönsterventiler). Automatisk öppning av exempelvis fönster eller rökluckor kan vara ett kostnadseffektivt sätt att slippa brandgasspjäll.

6.4. Backspjäll

Backspjäll som medger flöde i en riktning men inte i en annan hade ur brandgasspridningssynpunkt varit en optimal lösning. Speciellt stor nytta kan det göra om tilluftskanaler förses med backspjäll och frånluften (rätt dimensionerad) fortsätter att gå.

Backspjäll anses dock för närvarande inte vara tillräckligt tillförlitliga. De flesta backspjäll som finns på marknaden har dessutom låg temperaturlåghet och riskerar att gå sönder/smälta om de utsätts för varma brandgaser.

6.5. Svällande brandskyddsfärg

Brandskyddsmålade parallella plåtar kan placeras i ventilationskanaler. Då varma brandgaser passerar genom de parallella plåtarna sväller färgen och täpper till utrymmet mellan plåtarna så att flödet stoppas. Detta system kan i vissa avseende jämföras med brandventiler.

När det gäller att hindra brandgasspridning är det viktigt att beakta eventuell inblandning av kallare luft/brandgaser i systemet som kan medföra att brandskyddsfärgen inte sväller som avsett.

För att skydda mot uppkommande av höga temperaturer i kanalsystemet eller i fläkt kan dock systemet fungera mycket väl.

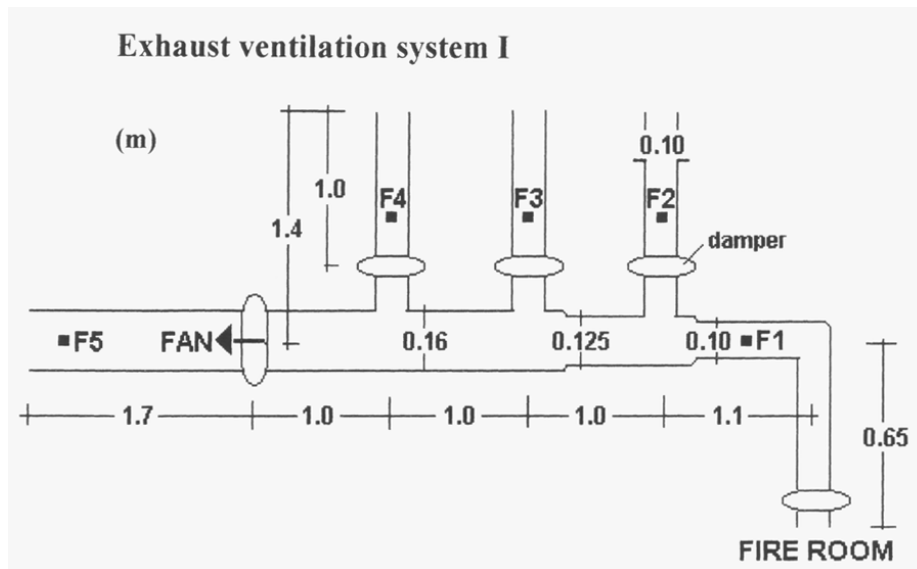
6.6. Kombination av backspjäll och system med brandskyddsmålade plåtar/brandventiler

En kombination av backspjäll och system med brandskyddsmålade vertikala plåtar eller brandventiler kan vara mycket intressant. Vid låga temperaturer kan backventilen fungera med avsedd verkan. Vid högre temperaturer då backventilen riskerar att gå sönder/smälta träder systemet med brandskyddsmålade vertikala plåtar eller brandventiler in och stoppar flödet.

7. Studie av utförda försök

För att kontrollera beräkningsmodellen har beräkning utförts för ett fall där testdata finns tillgängligt. Testdata hämtades från rapporten "An experimental study of the smoke spread via ventilation ducts", Bengt Hägglund m.fl., FOA, Stockholm 1998. /14/.

Beräkningar utfördes för test 21 (enligt rapporten) som är ett frånluftssystem med fyra rum anknutet till en fläkt enligt nedanstående principskiss hämtad från /14/:



Figur 7.1 Principskiss för försök utförda vid FOA

Lokalen var ett tätt skyddsrum. Öppning till det fria fanns i form av ett cirkulärt hål med en diameter på 200 mm. Förutom frånluftskanal med kanaldiameter på 100 mm fanns inga andra öppningar till det fria.

I försöket anordnades en brandtillväxthastighet α på ca $0,085 \text{ kW/s}^2$. Branden fick växa upp till ca 120 sekunder för att sedan plana ut på konstant effekt.

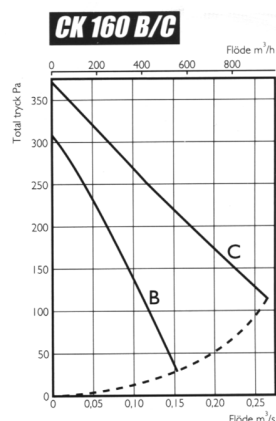
För den aktuella brandtillväxthastigheten blir maximalt brandflöde ca 795 l/s enligt *ekvation 4.2*. Det maximala brandflödet uppkommer strax innan syret sjunkit till ca 10% vilket enligt *ekvation 3.1* inträffar efter 156 sekunder. Detta innebär att maximalt brandflöde inte har uppnåtts vid tiden 120 sekunder (då brandtillväxten avtog i försöken).

Brandflödet antas växa med tiden i kvadrat vilket medför att brandflödet efter 120 sekunder är ca 470 l/s .

Då maximalt brandflöde uppkommit är temperaturen i brandrummet ca 350°C . Temperaturen i brandrummet antas växa med tiden i kvadrat. Därmed blir temperaturen i brandrummet ca 205°C efter 120 sekunder.

Temperaturen i de brandgaser som strömmar ut genom hålet i väggen är 120°C enligt rapporten vilket används i beräkningarna.

Fläkt som användes i försöken är enligt fläktkurva B nedan: (Fläktkurva angiven i rapporten är fel enligt författarna)



Figur 7.2 Fläktkurva för fläkt som användes vid försöken vid FOA

Beräkningsresultat:

Tryck i brandrummet (efter 120 s)

Tryck i brandrummet beräknades till ca 310 Pa.

Tryck i brandrummet uppmättes till ca 200 Pa, med en pik på 300 Pa. (tryckkurva i rapporten är fel enligt författarna.)

Kanalbrandgasflödet (efter 120 s)

Kanalbrandgasflödet beräknades till 60 l/s.

Kanalbrandgasflödet uppmättes till ca 50 l/s. (se även tryck ovan)

Flöde ut genom öppningen till det fria (efter 120 s)

Flöde ut genom öppningen till det fria beräknades till ca 410 l/s

Flödet ut genom öppningen till det fria uppmättes till ca 250 l/s

Flöden från övriga rum (efter 120 s)

Flöden från övriga rum beräknades till ca 19 l/s

Flöden från övriga rum uppmättes till ca 22 l/s.

Temperatur i kanalbrandgasflödet från brandrummet (efter 120 s)

Temperatur i kanalbrandgasflödet från brandrummet beräknades till 205°C

Temperatur i kanalbrandgasflödet från brandrummet uppmättes till 200°C

Temperatur vid fläkten (efter 120s)

Temperatur vid fläkten beräknades till ca 90 °C.

Temperatur vid fläkten uppmättes till ca 65°C.

Slutsatser av jämförelsen

Av jämförelsen framkommer att beräkningsresultaten är snarlika men något på den säkra sidan jämfört med resultaten från försöken. Detta ger ett stöd för modellens giltighet.

Skillnaderna mellan beräkningarna och uppmätta resultat kan främst förklaras med att brandflödet visade sig vara lägre i försöket än vid beräkningarna, (beräknat brandflöde är 470 l/s och uppmätt brandflöde är 300 l/s). Beräkningar visar dock att ett brandflöde på 300 l/s inte ger ett högre tryck än ca 130 Pa i rummet (mot uppmätta 200-300 Pa). Detta kan tyda på att det vid försöket trots att detta utfördes i ett tätt rum ändå förekom läckage genom andra ytor än hålet till det fria och ventilationskanalen.

8. Sammanfattning

Brandgasspridning via ventilationssystem orsakas av att luften i brandrummet värms upp och därmed volymutvidgas. Denna volymutvidgning, som kallas brandflöde, orsakar en tryckuppbyggnad i rummet. Brandflödet förutsätts fortgå tills fönster i rummet går sönder (främst pga. temperaturspänningar i glaset) och därmed tryckavlastar lokalen eller till dess att syrehalten i brandrummet har sjunkit till ca 10% vilket leder till att branden avtar. Det maximala brandflöde som kan uppkomma i en lokal är främst beroende av brandtillväxthastigheten samt lokalens volym.

Brandflödet kommer delvis att tryckas ut genom läckageöppningar i byggnadens klimatskal samt genom eventuella fönsterventiler. Resterande kommer att tryckas in i ventilationssystemet. Ventilationssystemet måste utformas så att det kan ta om hand de brandgaser som trycks in i systemet. Detta kan ske genom exempelvis brandgasspjäll eller genom att ventileras varje brandcell med separata system. Normalt erfordras inga beräkningar för dessa system. Andra system att hindra eller avsevärt försvåra brandgasspridning är med rökavluftning eller fläktar i drift.

I denna utredning sammanställs beräkningsteori för ventilationssystem där brandgasspridning mellan brandceller hindras eller avsevärt försvåras rökavluftning samt med fläktar i drift.

Enligt BBR 7 skall brandgasspridning mellan brandceller antingen förhindras eller avsevärt försvåras. Dock anges inte när brandgasspridning måste förhindras eller när det är tillfyllest att avsevärt försvåra brandgasspridning. Det föreslås att brandspridning skall förhindras till lokaler där sovande samt rörelsehindrade personer vistas samt till lokaler som ur utrymningssynpunkt är känsliga. För mindre känsliga lokaler accepteras att brandgasspridning avsevärt försvåras.

Eftersom andra typgodkända system som exempelvis brandgasspjäll, dörrar, lättväggar tillåter ett visst läckage anses det vara rimligt att tillåta viss (liten) spridning av brandgas via ventilationssystemet även i de fall där brandgasspridning skall förhindrats. I de fall då brandgasspridning skall avsevärt försvåras måste framför allt kolmonoxidhalten i brandgaserna beräknas eftersom kolmonoxiden normalt är den dimensionerande giftiga faktorn.

För att studera hur olika system fungerar i praktiken samt hur olika parametrar påverkar resultatet har beräkningar utförts för ett antal typfall. Beräkningar har utförts för bostäder, kontor, hotell samt butikslokaler. För att erhålla så verklighetsanpassade typfall som möjligt har hjälp erhållits från ventilationsprojektör Ingvar Engström, IT-Konsult AB.

För varje fall har beräkningar utförts för ett valt (representativt) system. Med utgångspunkt från detta system har olika parametrar varierats (en i taget) för att se vilken inverkan dessa har då det gäller att hindra brandgasspridning via ventilationssystemet. För vissa fall har en stor mängd parametrar studerats.

För de studerade typfallen visade det sig att brandgasspridning mellan brandceller skedde i de flesta fall för bostadshus och i samtliga fall för hotell. För studerade kontorslokaler kunde brandgasspridning hindras med rökavluftning. Om injusteringspjäll installerades på samlingskanal kunde brandgasspridning dock inte förhindras. För system med fläktar i drift kunde brandgasspridning endast hindras för stora kontorslokaler i 6 våningsplan. För studerade butikslokaler kunde brandgasspridning mellan brandceller hindras med rökavluftning men inte med fläktar i drift.

Parameterstudien visade att dimension på samlingskanal påverkade risk för spridning avsevärt. Ju större samlingskanal desto mindre risk för spridning. En kombination av en "normal" storlek på vertikala samlingskanaler ned genom byggnaden och en större samlingskanal på vinden gav också stora fördelar ur brandgasspridningssynpunkt. Generellt kan också sägas att ju större normalflöde som systemet hanterar desto bättre är förutsättningarna att hindra brandgasspridning. Injusteringspjäll placerade i samlingskanaler visade sig ha en mycket negativ inverkan på systemets möjligheter att

hindra brandgasspridning. Andra parametrar som visade sig ha betydelse är tryckfall över don, antal böjar samt kanallängd på vind, öppna fönster (på icke brandutsatta våningsplan), tryckfall över fönsterventiler, fläktens utformning mm

Med installation av sprinkler kan brandflödet dämpas i ett tidigt skede vilket leder till minskad risk för brandgasspridning. Fläktar behöver normalt inte utföras med hög temperaturlåghet.

Med installation av brandventiler kan höga temperaturer i fläktar elimineras. I vissa fall kan brandventiler i kombination med fläktar i drift eller rökavluftning ge stora fördelar.

Genom att tryckavlasta brandrummet minskar/hindras tryckuppbyggnad i rummet och brandgaser kommer därmed inte att tryckas in i ventilationssystemet.

Försök utförda vid FOA har studerats samt kontrollberäknats med den beräkningsmodell som har använts i detta arbete. Studien visar att beräkningarna och försöksresultaten stämmer relativt väl överens. Detta ger ett stöd för modellens giltighet.

9. Referenser

- /1/ "Boverkets Byggregler (BBR 7) BFS 1993:57 med ändringar t.o.m. BFS 1998:38", Boverket, Karlskrona, 1998
- /2/ "Luftläckage förbi spjäll", Nybyggnadsregler BFS 1988:18, Boverket, Stockholm, 1989.
- /3/ "Enclosure Fire Dynamics", B. Karlsson, J.G. Quintiere, Dept. of Fire Safety Engineering, Lund University, 1998
- /4/ "Position Paper Regarding CO Yield", G.W. Mulholland, Gaithersburg, MD, 1990
- /5/ "En handbok för brandskyddsteknik för ventilationssystem", B. Backvik m.fl., Ventilationsbrandskydd i Stockholm AB, 1996
- /6/ "Spread of Smoke and Fire Gases via the Ventilation System", TABK-97/1011, Polina Gordonova, Lund Institute of Technology, Department of Building Science, 1998
- /7/ National Fire Codes, NFPA 72, Appendix B, 1996.
- /8/ "Toxicity Assessment of Combustion Products", D. A. Perser, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, NFPA, 1988
- /9/ An Introduction to Fire Dynamics, D. Drysdale, 1992
- /10/ Ventilation Brandskydd, Backvik m.fl. Ventilationsbrandskydd AB
- /11/ "Tryckfallsdiagram för kanaler", Fläkt Evaporator AB, Järna
- /12/ Ventilationssystemens uthållighet vid brand, , TABK-98/7046 Lars Jensen, Lunds tekniska högskola, Institutionen för byggnadskonstruktionslära, Lund, 1998,
- /13/ FastLite, NIST, 1998 (<http://fast.nist.gov/>)
- /14/ "An experimental study of the smoke spread via ventilation ducts", Bengt Hägglund m.fl., FOA, Stockholm 1998

Appendix 1

Kontrollberäkning avseende acceptanskriterium

Kontrollberäkningar av valt acceptanskriterium avseende spridning av CO till annan brandcell enligt ekvation 3.6 har utförts för fall 1, (lägenheter, 3 plan, frånluftsystem, rökavluftning, brand på nedersta våningsplanet).

Lägenhetsstorleken är 70 m² golvyta och 2,5 m rumshöjd. Föreslaget acceptanskriterium enligt ekvation 3.6 är $V \cdot 10^{-4}$. För detta fall innebär detta att 17 l/s tillåts spridas enligt acceptanskriteriet.

Maximalt brandflöde är ca 1160 l/s enligt ekvation 4.2.

Beräkningar utförs med iterationsmodellen i Excel för att se vid vilket brandflöde brandspridning till den översta brandcellen precis hindras och vid vilket brandflöde som spridningen blir 17,5 l/s. Resultatet blev att:

- Spridning till översta våningsplanet hindras precis då brandflödet är ca 350 l/s.
- Spridning till översta våningsplanet uppgår till 17,5 l/s då brandflödet är ca 630 l/s.

Med ekvation 3.1 beräknas tiden till brandflödet uppnått 1160 l/s vilket sker efter ca 274 sekunder.

Brandflödet antas öka kvadratisk med tiden:

- Brandflödet uppgår därmed till 350 l/s efter 150 sekunder.
- Brandflödet uppgår till 630 l/s efter 202 sekunder.

Med hjälp av ekvation 3.2 beräknas effekten vid de aktuella tiderna:

- Efter 150 sekunder är brandeffekten 1055 kW (kJ/s)
- Efter 202 sekunder är brandeffekten 1910 kW (kJ/s)

Med kännedom om brandeffekten uppskattas kolmonoxidproduktionen som 0,0085 g CO per av branden avgiven kJ, (se kapitel 3.2.1). Detta ger:

- 9,0 g CO/s vid tiden 150 sek och
- 16,2 g CO/s vid tiden 202 sek.

För att underlätta kommande beräkningar antas att:

- CO avgivelsen till brandgaserna ökar linjärt (från 9,0 till 16,2 g CO/s) från 150 till 202 sekunder
- Brandflödet ökar linjärt (från 350 till 630 l/s) från 150 till 202 sekunder.
- Spridningen av brandgaser till översta våningsplanet ökar linjärt (från 0 till 17,5 l/s) från 150 till 202 sekunder.

(Kontrollberäkningar av ovanstående förenklingar visar att resultatet är på säkra sidan.)

Detta medför att:

- Den totala CO avgivelsen i gram (mellan 150 och 202 sek) ca 865 g.
- det totala brandflödet i liter (mellan 150 och 202 sek) är ca 25000 l
- Den totala mängden som spridits till översta våningsplanet (mellan 150 och 202 sek) är ca 455 l.

Således har ca 1,8 % av det totala brandflödet spridits till översta våningsplanet. Av de producerade 865 g sprids således ca 16 g till översta våningsplanet.

Med *ekvation 3.3* beräknas volymen av den spridda mängden CO till ca 0,014 m³.

Med *ekvation 3.4* beräknas koncentrationen till 0,000078 dvs 0,0078%.

Detta är ca 10% av kritisk koncentration vid vistelse i lokalen under 60 minuter (se kap. 3.2.1).

Beräkningarna visar således att föreslaget acceptanskriterium är väl på den säkra sidan.

Appendix 2

Beräkningar på några typfall

Beräkningar utförts för ett flertal fall. För varje fall har beräkningar utförts för ett valt (representativt) system. Med utgångspunkt från detta system har olika parametrar varierats (en i taget) för att se vilken inverkan dessa har då det gäller att hindra brandgasspridning via ventilationssystemet. För vissa fall har en stor mängd parametrar studerats. Parametrar som visat sig sakna nämnvärd betydelse har inte studerat i samtliga övriga fall. De fall som har studerats är:

Rökavluftning	<i>Frånluftsystem</i>	Fall 1	Bostadshus 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 2	Bostadshus 3 våningar, 3 vertikala stammar per system
		Fall 3	Bostadshus 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 4	Bostadshus 6 våningar, 3 vertikala stammar per system
	<i>Till- och frånluftsystem</i>	Fall 5	Bostadshus 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 6	Bostadshus 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 7	Kontorshus 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 8	Kontorshus 3 våningar, 15 vertikala stammar per system
		Fall 9	Kontorshus (stor lokal) 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 10	Kontorshus 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 11	Kontorshus 6 våningar, 15 vertikala stammar per system
		Fall 12	Kontorshus (stor lokal) 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 13	Hotell 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 14	Hotell 3 våningar, 3 vertikala stammar per system
		Fall 15	Hotell 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 16	Hotell 6 våningar, 3 vertikala stammar per system
		Fall 17	Butiker i samma plan, 3 st. per horisontellt system
Fläktar i drift	<i>Frånluftsystem</i>	Fall 18	Bostadshus 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 19	Bostadshus 3 våningar, 3 vertikala stammar per system
		Fall 20	Bostadshus 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 21	Bostadshus 6 våningar, 3 vertikala stammar per system
		Fall 22	Bostadshus 3 våningar, 1 vertikal stam per system
	<i>Till- och frånluftsystem</i>	Fall 23	Bostadshus 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 24	Kontorshus 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 25	Kontorshus (stor lokal) 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 26	Kontorshus 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 27	Kontorshus (stor lokal) 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 28	Hotell 3 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 29	Hotell 6 våningar, 1 vertikal stam per system
		Fall 30	Butiker i samma plan, 3 st. per horisontellt system

För varje fall redovisas beräkningsförutsättningar för det valda systemet. Efter beräkningsförutsättningarna redovisas vilka parametrar som studerats och en sammanfattning av resultaten i parameterstudien. Beräkningsresultat i tabellform för samtliga fall finns i Appendix 3. Beräkningsresultaten som en helhet betraktat sammanfattas i kapitel 5 i rapporten.

För typfallsberäkningarna har valts lokaler med 3 respektive 6 våningsplan. För byggnader med fler än 6 våningsplan utförs ventilationssystem normalt sektionerade för grupper om ca 4 våningsplan nere i byggnaden för att kopplas samman på vindsplanet till gemensamt ventilationsaggregat.

För att underlätta läsningen av indata för typfallen har dessa delats upp i två grupper. Den första är lika för en grupp av typfall (t.ex. bostadslägenhet). I den andra varierar indata inom gruppen.

Vid maximalt brandflöde antas temperaturerna i brandgaserna i brandrummet vara ca 350°C. Frånluftsdon är normalt placerade i badrum samt i kök. Don i kök är ofta placerade i anslutning till spiskåpa vilka normalt är placerade drygt en meter under taket. Därmed är brandgaserna som trycks in i donet vid spiskåpan något svalare än brandgaserna uppe vid taket. Brand antas sällan uppkomma i badrum. På väg från brandrummet till donet i badrummet antas brandgaserna kylas en aning. I beräkningar utförda i denna rapport har antagits att temperaturen i de brandgaser som trycks ut i kanalsystemet är ca 300°C vid maximalt brandflöde.

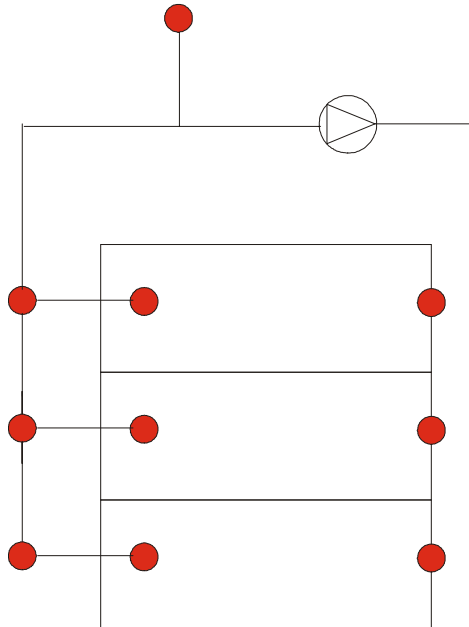
Branden förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet vilket är brandgasspridningssynpunkt är det värsta fallet. Kritisk spridning är framför allt till översta våningsplanet vilket normalt orsakas av höga motstånd mellan översta våningsplanet och ut genom kanalsystemet i relation till motstånd i kanal mellan våningsplanen. (Kontrollberäkningar har utförts för att verifiera detta.)

1 Rökavluftning

1.1 Frånluftssystem (tilluft via fönsterventiler mm)

Fall 1

Bostadshus, 3 våningar, 3 lägenheter, 1 vertikal stam per system
(Rökavluftning, frånluftssystem)



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 1-6

- Lägenhetsstorlek 70 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 50 l/s per lägenhet.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för mittersta våningsplanet och 90 Pa för nedersta våningsplanet.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 6 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- 7 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom fönsterventiler samt vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 1160 l/s.

Indata som varierar

- Normalt tryckfall över fönsterventil är 15 Pa vid normalflöde.
- Inga injusteringspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 200 mm.

Parameterstudie samt beräkningsresultat**Fall 1, Bostadshus, 3 våningar, 3 lägenheter, 1 vertikal stam per system**

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske med ca 36 l/s till det översta våningsplanet och ca 26 l/s till det näst översta. Detta överstiger acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel i kapitel 3.3 samt ekvation 3.1. (Acceptanskriterium är ca 17 l/s för lägenhet med aktuell storlek).

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över fönsterventiler
2. Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet
3. Temperaturförluster i ventilationskanaler
4. Temperatur utomhus
5. Öppet fönster på icke brandutsatt våningsplan
6. Temperatur på brandgaser som passerar ut genom fönsterventil
7. Tryckfall över don och kanal fram till vertikal samlingskanal vid normalflöde
8. Kanaldiameter på samlingskanal
9. Höjd mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
10. Antal böjar mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
11. Antal meter horisontell kanal mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
12. Brandtillväxtfaktor enligt NFPA (α)
13. Brandförloppets tidiga fas*
14. Rumshöjd (påverkar brandflödet)
15. Våningshöjd (rumshöjd + bjälklag etc.)
16. Normalflöde (med bibehållet kanalsystem)
17. Bibehållen storlek på vertikal samlingskanal till lägenheter men ökad storlek på kanaler på vind och ut till det fria inkl. huv

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1-17).

Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
(2) Temperatur i brandgaser	(1) Tryckfall över fönsterventiler	(8) Kanaldiameter samlingskanal
(3) Temperaturförluster i kanal	(6) Brandgastemp. fönsterventil	(17) Ökad kanalstorlek på vind
(4) Temperatur utomhus	(7) Tryckfall över don + kanal	
(5) Öppet fönster	(9) Huvhöjd	
(13) Brandförloppets tidiga fas*	(10) Böjar	
(15) Våningshöjd	(11) Horisontell kanal	
	(12) Brandtillväxthastighet**	
	(14) Rumshöjd	
	(16) Normalflöde	

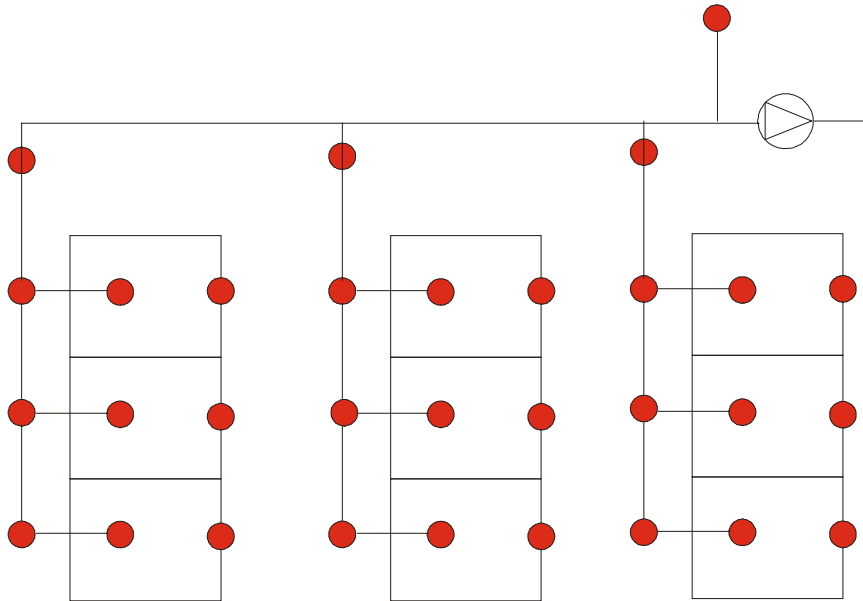
* Beräkningarna avseende brandförloppets tidiga fas visade att det värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt inträffar i då brandflödet är som störst (brandflöde och temperaturer under brandförloppet inräknade).

** Brandtillväxthastigheten visade sig ha en medelstor inverkan på brandgasspridningen. Denna parameter är dock svår att påverka eftersom den styrs av innehållet i brandrummet (ej av systemet).

I parameterstudien skedde brandgasspridning till andra brandceller i samtliga fall utom då kanaldiametern (8 och 17) ökades till minst 315 mm.

Fall 2

Bostadshus, 3 våningar, 9 lägenheter, 3 vertikala stammar per system
(Rökavluftning, frånluftssystem)



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 1-6

- Lägenhetsstorlek 70 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 50 l/s per lägenhet.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för mittersta våningsplanet och 90 Pa för nedersta våningsplanet.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 6 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- 7 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom fönsterventiler samt vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 1160 l/s.

Indata som varierar

- Normalt tryckfall över fönsterventil är 15 Pa vid normalflöde.
- Tryckfall över injusteringspjäll överst på vertikal samlingskanal 50 Pa vid normalflöde (150 l/s per samlingskanal).
- Kanaldiameter 200 mm för vertikal samlingskanal.
- Kanaldiameter 315 mm för horisontell samlingskanal på vind.

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 2, Bostadshus, 3 våningar, 9 lägenheter, 3 vertikala stammar per system

Syftet med detta fall är att jämföra ett system försett med injusteringspjäll på vertikal samlingskanal med föregående fall (fall 1).

Beräkningarna visar att trots att systemet är försett med stora kanaler på vind (vilket visades vara mycket positivt i fall 1) kommer stora mängder brandgas att spridas till andra brandceller. Acceptanskriterium i kapitel 3.3 och enligt ekvation 3.1 uppfylls ej.

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över injusteringspjäll
2. Bibehållen storlek på vertikal samlingskanal till lägenheter men ökad storlek på kanaler på vind och ut till det fria inkl. huv

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

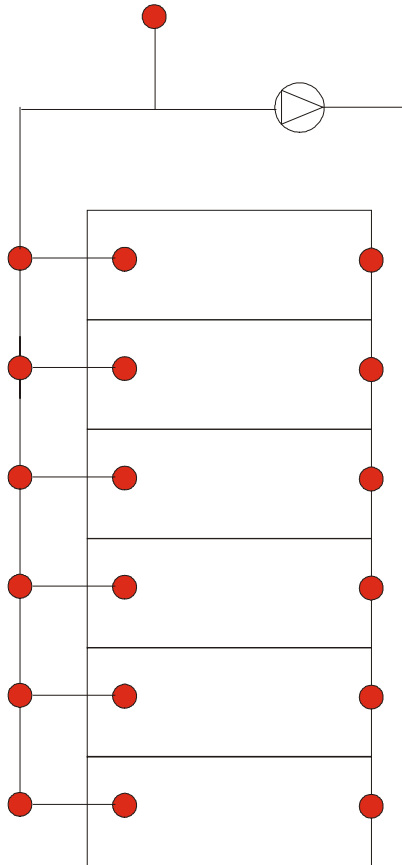
För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1-2).

Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
(2) Ökad kanalstorlek på vind		(1) Tryckfall över injusteringspjäll

I parameterstudien skedde brandgasspridning till andra brandceller i samtliga fall.

Fall 3

Bostadshus, 6 våningar, 6 lägenheter, 1 vertikal stam per system (Rökavluftning, frånluftssystem)



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 1-6

- Lägenhetsstorlek 70 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 50 l/s per lägenhet.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för näst översta våningsplanet, 90 Pa för tredje översta våningsplanet osv.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 6 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- 7 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom fönsterventiler samt vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 1160 l/s.

Indata som varierar

- Normalt tryckfall över fönsterventil är 15 Pa vid normalflöde.
- Inga injusteringspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 250 mm.

Parameterstudie samt beräkningsresultat**Fall 3, Bostadshus, 6 våningar, 6 lägenheter, 1 vertikal stam per system**

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske med ca 29 l/s till det översta våningsplanet och ca 18 l/s till det näst översta. Detta överstiger acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel 3.3 samt ekvation 3.1. (Acceptanskriterium är ca 17 l/s för lägenhet med aktuell storlek).

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över fönsterventiler
2. Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet
3. Temperaturförluster i ventilationskanaler
4. Temperatur utomhus
5. Öppet fönster på icke brandutsatt våningsplan
6. Temperatur på brandgaser som passerar ut genom fönsterventil
7. Tryckfall över don och kanal fram till vertikal samlingskanal vid normalflöde
8. Kanaldiameter på samlingskanal
9. Höjd mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
10. Antal böjar mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
11. Antal meter horisontell kanal mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
12. Brandtillväxtfaktor enligt NFPA (α)
13. Brandförloppets tidiga fas
14. Rumshöjd (påverkar brandflödet)
15. Våningshöjd (rumshöjd + bjälklag etc.)
16. Normalflöde (med bibehållet kanalsystem)
17. Bibehållen storlek på vertikal samlingskanal till lägenheter men ökad storlek på kanaler på vind och ut till det fria inkl. huv

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1-17).

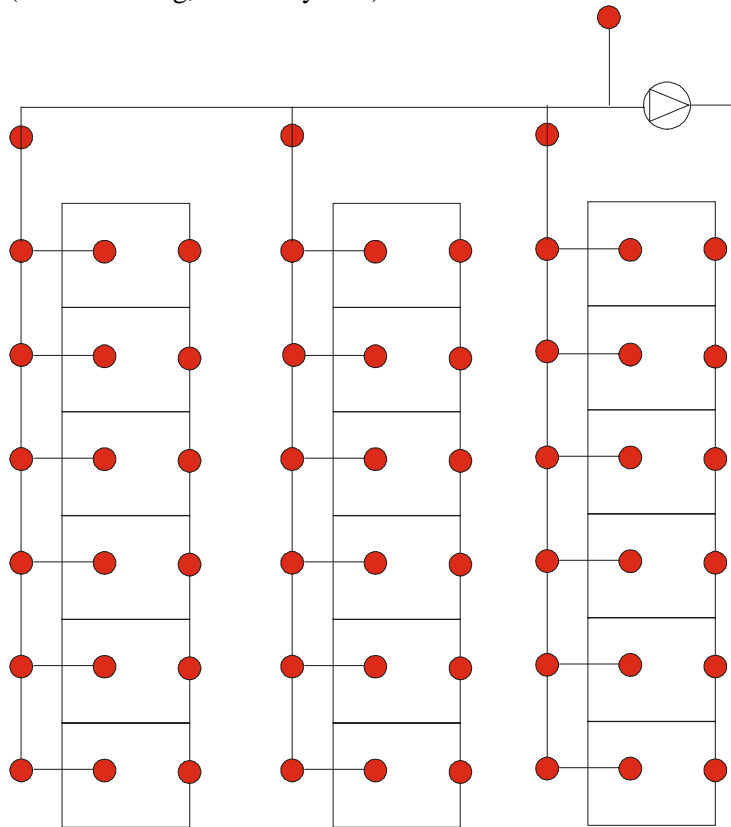
Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
(3) Temperaturförluster i kanal (4) Temperatur utomhus (5) Öppet fönster (13) Brandförloppets tidiga fas* (15) Våningshöjd	(1) Tryckfall över fönsterventiler (2) Temperatur i brandgaser (6) Brandgastemp. fönsterventil (7) Tryckfall över don + kanal (9) Huvhöjd (10) Böjar (11) Horisontell kanal (12) Brandtillväxthastighet (14) Rumshöjd (16) Normalflöde	(8) Kanaldiameter samlingskanal (17) Ökad kanalstorlek på vind

* Beräkningarna avseende brandförloppets tidiga fas visade att det värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt inträffar i då brandflödet är som störst (brandflöde och temperaturer under brandförloppet inräknade).

I parameterstudien skedde brandgasspridning till andra brandceller i samtliga fall utom då kanaldiametern (8 och 17) ökades till minst 315 mm. Notera dock att spridningen är mindre än för motsvarande fall med 3 våningsplan (fall 1) vilket förklaras av att systemet är dimensionerat för större normalflöde och har därmed lättare att ta om hand kanalbrandgasflödet.

Fall 4

Bostadshus, 6 våningar, 18 lägenheter, 3 vertikala stammar per system
(Rökavluftning, frånluftsystem)



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 1-6

- Lägenhetsstorlek 70 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 50 l/s per lägenhet.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för näst översta våningsplanet, 90 Pa för tredje översta våningsplanet osv.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 6 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- 7 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom fönsterventiler samt vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 1160 l/s.

Indata som varierar

- Normalt tryckfall över fönsterventil är 15 Pa vid normalflöde.
- Tryckfall över injusteringspjäll överst på vertikal samlingskanal 50 Pa vid normalflöde (300 l/s per samlingskanal).
- Kanaldiameter 250 mm för vertikal samlingskanal.
- Kanaldiameter 400 mm för horisontell samlingskanal på vind.

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 4, Bostadshus, 6 våningar, 18 lägenheter, 3 vertikala stammar per system

Syftet med detta fall är att jämföra ett system försett med injusteringspjäll på samlingskanal med föregående fall (fall 3).

Beräkningarna visar att trots att systemet är försett med stora kanaler på vind (vilket visades vara mycket positivt i fall 3) kommer stora mängder brandgas att spridas till andra brandceller. Acceptanskriterium i kapitel 3.3 och enligt ekvation 3.1 uppfylls ej.

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över injusteringspjäll
2. Bibehållen storlek på vertikal samlingskanal till lägenheter men ökad storlek på kanaler på vind och ut till det fria inkl. huv

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1-2).

Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
(2) Ökad kanalstorlek på vind		(1) Tryckfall över injusteringspjäll

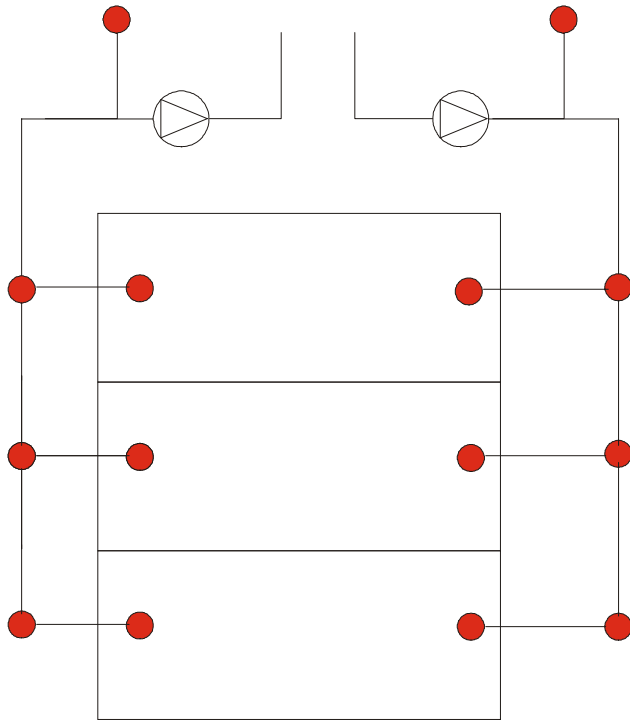
I parameterstudien skedde brandgasspridning till andra brandceller i samtliga fall.

1.2 Till och frånluftsystem

Både till- och frånluftsystemet stängs av vid brand och spjäll till rökavluftning öppnar.

Fall 5

Bostadshus, 3 våningar, 3 lägenheter, 1 vertikal stam per system
(Rökavluftning, till- och frånluftsystem)



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 1-6

- Lägenhetsstorlek 70 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 50 l/s per lägenhet.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för mittersta våningsplanet och 90 Pa för nedersta våningsplanet, (gäller både till- och frånluft).
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 6 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- 7 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 1160 l/s.

Indata som varierar

- Inga injusteringsspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 200 mm.

Parameterstudie samt beräkningsresultat**Fall 5, Bostadshus, 3 våningar, 3 lägenheter, 1 vertikal stam per system**

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske med ca 41 l/s till det översta våningsplanet och ca 39 l/s till det näst översta. (Spridning via till och frånluften är sammanräknad) Detta överstiger acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel 3.3 samt ekvation 3.1. (Acceptanskriterium är ca 17 l/s för lägenhet med aktuell storlek).

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över fönsterventiler
2. Tryckfall över don och kanal fram till vertikal samlingskanal vid normalflöde
3. Kanaldiameter på samlingskanal
4. Höjd mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
5. Antal böjar mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
6. Antal meter horisontell kanal mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
7. Rumshöjd (påverkar brandflödet)
8. Normalflöde (med bibehållet kanalsystem)
9. Bibehållen storlek på vertikal samlingskanal till lägenheter men ökad storlek på kanaler på vind och ut till det fria inkl. huv
10. Öppet fönster på icke brandutsatt våningsplan

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

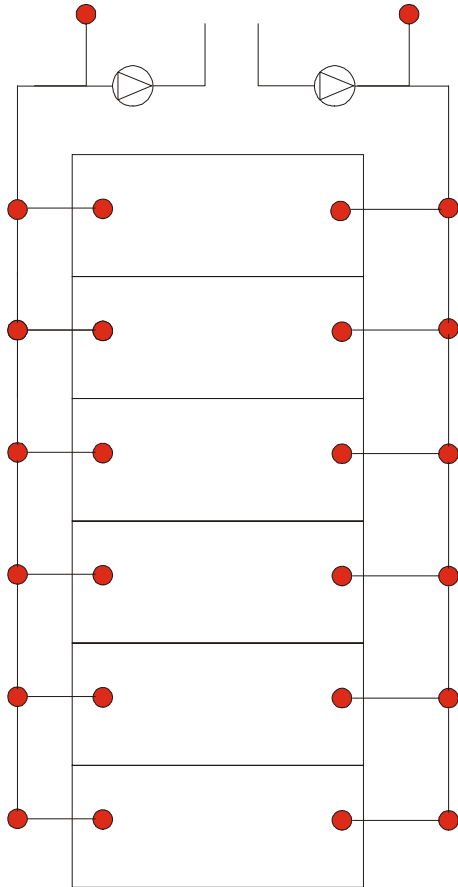
För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1-10).

Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
(4) Huvhöjd	(1) Tryckfall över fönsterventiler (2) Tryckfall över don + kanal (6) Horisontell kanal (7) Rumshöjd (8) Normalflöde	(3) Kanaldiameter samlingskanal (5) Böjar (9) Ökad kanalstorlek på vind (10) Öppet fönster

I parameterstudien skedde brandgasspridning till andra brandceller i samtliga fall utom då kanaldiametern (3 och 9) ökades till minst 400 mm.

Fall 6

Bostadshus, 6 våningar, 6 lägenheter, 1 vertikal stam per system (Rökavluftning, till- och frånluftsystem)



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 1-6

- Lägenhetsstorlek 70 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 50 l/s per lägenhet.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för näst översta våningsplanet, 90 Pa för tredje översta våningsplanet osv., (gäller både till- och frånluft).
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 6 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- 7 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 1160 l/s.

Indata som varierar

- Inga injusteringspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 250 mm.

Parameterstudie samt beräkningsresultat**Fall 6, Bostadshus, 6 våningar, 6 lägenheter, 1 vertikal stam per system**

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske med ca 30 l/s till det översta våningsplanet och ca 23 l/s till det näst översta. (Spridning via till och frånluften är sammanräknad) Detta överstiger acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel 3.3 samt ekvation 3.1. (Acceptanskriterium är ca 17 l/s för lägenhet med aktuell storlek).

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över fönsterventiler
2. Tryckfall över don och kanal fram till vertikal samlingskanal vid normalflöde
3. Kanaldiameter på samlingskanal
4. Höjd mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
5. Antal böjar mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
6. Antal meter horisontell kanal mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
7. Rumshöjd (påverkar brandflödet)
8. Normalflöde (med bibehållet kanalsystem)
9. Bibehållen storlek på vertikal samlingskanal till lägenheter men ökad storlek på kanaler på vind och ut till det fria inkl. huv
10. Öppet fönster på icke brandutsatt våningsplan

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

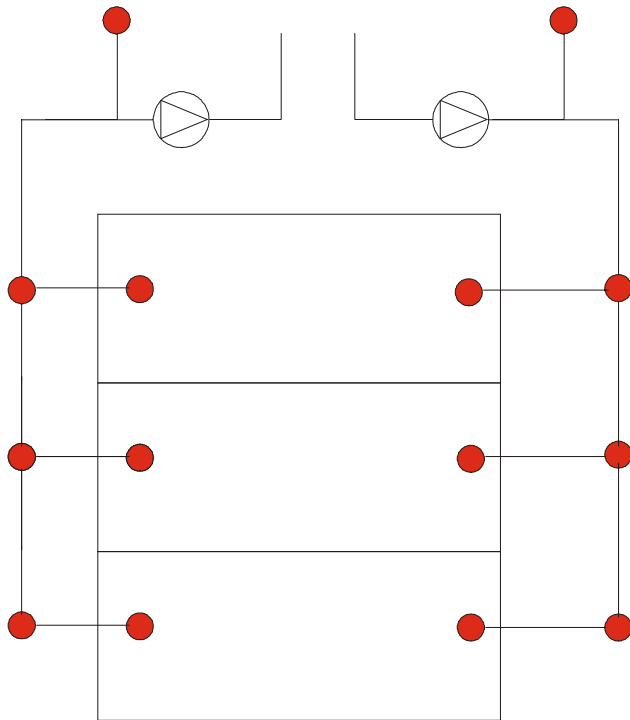
För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1-10).

Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
	(1) Tryckfall över fönsterventiler (2) Tryckfall över don + kanal (4) Huvhöjd (5) Böjar (6) Horisontell kanal (7) Rumshöjd (8) Normalflöde	(3) Kanaldiameter samlingskanal (9) Ökad kanalstorlek på vind (10) Öppet fönster

I parameterstudien skedde brandgasspridning till andra brandceller i samtliga fall utom då kanaldiametern (3 och 9) ökades till minst 400 mm. Notera dock att spridningen är mindre än för motsvarande fall med 3 våningsplan (fall 5) vilket förklaras av att systemet är dimensionerat för större normalflöde och har därmed lättare att ta om hand kanalbrandgasflödet.

Fall 7

Kontorshus, 3 våningar, 3 kontorslägenheter, 1 vertikal stam per system
(Rökavluftning, till- och frånluftsystem)



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 7-12

- Rumshöjd 2,5 m.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 6 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C .
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C .
- Temperatur ute 10°C .
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).

Indata som varierar

- Kontorsstorlek 200 m^2 .
- Normalflöde 400 l/s per kontorslägenhet.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 90 Pa för mittersta våningsplanet och 80 Pa för nedersta våningsplanet, (gäller både till- och frånluft).
- Inga injusteringspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 400 mm .
- 7 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 2025 l/s .

Parameterstudie samt beräkningsresultat**Fall 7, Kontorshus, 3 våningar, 3 kontorslägenheter, 1 vertikal stam per system**

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske med ca 68 l/s till det översta våningsplanet. Från det näst översta våningsplanet kommer det dock att sugas ca 58 l/s. (Spridning/utflöde via till och frånluften är sammanräknad). Spridningen till det översta våningsplanet överstiger. Detta motsvarar en koncentration av ca 0,01% CO i översta rummet vilket understiger acceptabel nivå på 0,08%.

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Temperatur i brandgaser som trycks in i systemet
2. Tryckfall över fönsterventiler*
3. Tryckfall över don och kanal fram till vertikal samlingskanal vid normalflöde
4. Kanaldiameter på samlingskanal
5. Höjd mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
6. Antal böjar mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
7. Antal meter horisontell kanal mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
8. Rumshöjd (påverkar brandflödet)
9. Normalflöde (med bibehållet kanalsystem)
10. Bibehållen storlek på vertikal samlingskanal till lägenheter men ökad storlek på kanaler på vind och ut till det fria inkl. huv
11. Öppet fönster på icke brandutsatt våningsplan

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1-11).

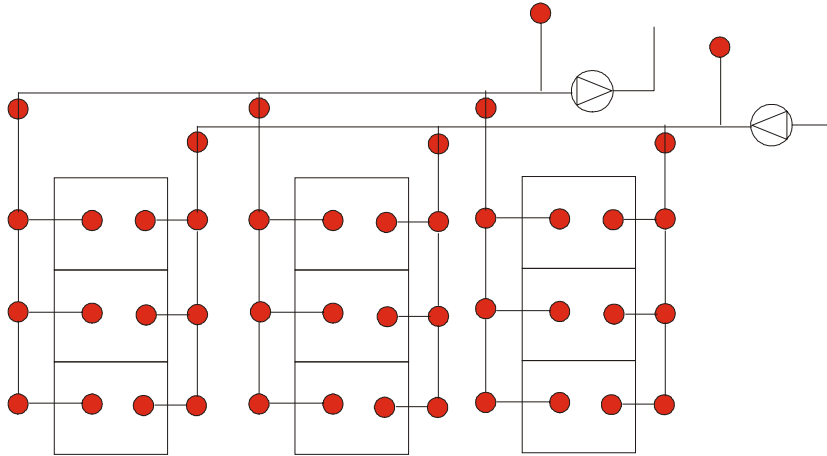
Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
(3) Tryckfall över don + kanal	(1) Temperatur i brandgaser (7) Horisontell kanal (8) Rumshöjd (9) Normalflöde (10) Ökad kanalstorlek på vind	(2) Tryckfall över fönsterventiler (4) Kanaldiameter samlingskanal (5) Huvhöjd (6) Böjar (11) Öppet fönster

* I detta fall studerades hur installation av fönsterventiler som tryckavlastare i brandfallet fungerar. För det aktuella beräkningsfallet visade det sig att fönsterventilen ledde till att mer brandgaser spreds till annan brandcell än om dessa ej hade funnits. Detta beror på att motståndet mellan ventilationskanal och lokaler ovan brandrummet minskar i förhållande till motståndet mellan ventilationskanal och ut till det fria via avluftningshuv.

Fall 8

Kontorshus, 3 våningar, 3 kontorslägenheter, 15 vertikala stammar per system (Rökavluftning, till- och frånluftsystem)

(OBS, av platsskäl visas system med 3 stammar i stället för 15 i principskissen nedan).



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 7-12

- Rumshöjd 2,5 m.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 6 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C .
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C .
- Temperatur ute 10°C .
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).

Indata som varierar

- Kontorsstorlek 200 m^2 .
- Normalflöde ca 400 l/s per kontorslägenhet. Detta fördelas på 15 stammar med vardera 25 l/s.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för mittersta våningsplanet och 90 Pa för nedersta våningsplanet, (gäller både till- och frånluft).
- Tryckfall över injusteringspjäll överst på vertikal samlingskanal 50 Pa vid normalflöde (75 l/s per samlingskanal).
- Kanaldiameter 160 mm för vertikal samlingskanal.
- Kanaldiameter 400 mm för horisontell samlingskanal på vind.
- 20 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 2025 l/s.

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 8, Kontorshus, 3 våningar, 3 kontorslägenheter, 15 vertikala stammar per system

Syftet med detta fall är att jämföra ett system med 15 vertikala samlingskanaler (en till varje kontorsrum) med system med gemensam matning för hela planet från ett schakt (fall 7). Systemet med 15 vertikala kanaler är även försett med injusteringspjäll överst på varje vertikal samlingskanal.

Följande fall studeras:

1. Brand i stängt kontorsrum (15 m²). Dörr förutsätts vara tät.
2. Brand i hela brandcellen. Dörrar mellan kontorsrum/korridor förutsätts vara öppna.

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

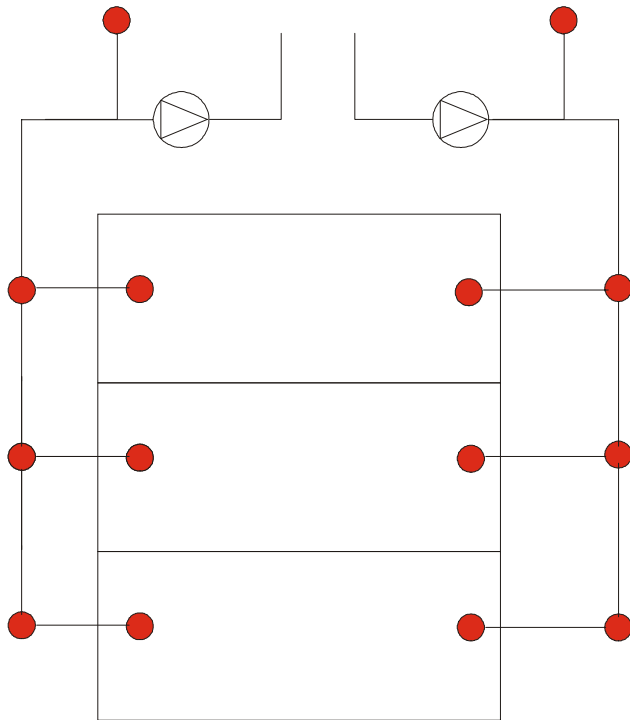
Resultatet av beräkningarna visar att betydligt större mängd brandgas kommer att spridas till ovanliggande brandceller i det första fallet än i det andra. I det andra fallet understiger den spridna mängden de föreslagna acceptanskriterierna i kapitel 3.3 och ekvation 3.1. I det första fallet överskrids detta värde med en faktor 6.

Fall 9

Kontorshus, 3 våningar, 3 kontorslägenheter, 1 vertikal stam per system

(samma som fall 7 fast större lokal)

(Rökavluftning, till- och frånluftssystem)



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 7-12

- Rumshöjd 2,5 m.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 6 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C .
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C .
- Temperatur ute 10°C .
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).

Indata som varierar

- Kontorsstorlek 1000 m^2 .
- Normalflöde 2000 l/s per kontorslägenhet.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för mittersta våningsplanet och 90 Pa för nedersta våningsplanet, (gäller både till- och frånluft).
- Inga injusteringspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 1000 mm .
- 7 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 4755 l/s .

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 9, Kontorshus, 3 våningar, 3 kontorslägenheter, 1 vertikal stam per system

(Samma som fall 7 fast större lokal)

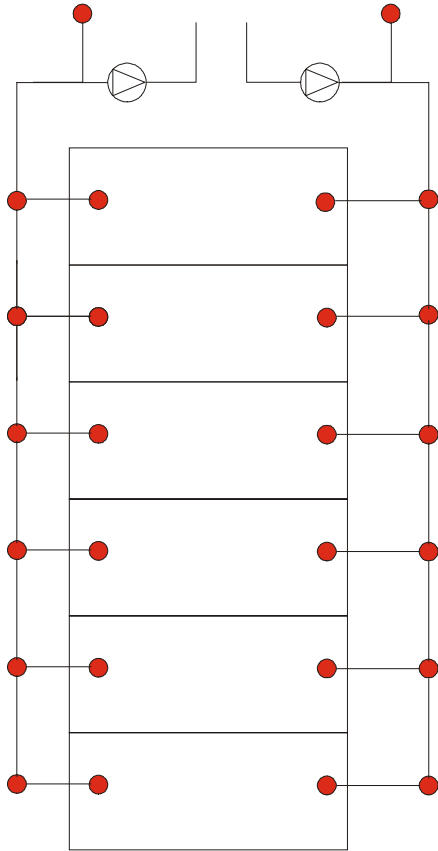
Syftet med detta fall är att jämföra ett system som betjänar en större kontorslokal (1000 m²) med kontorslokalen i fall 7 (200 m²).

Beräkningsresultat finns i tabellform i Appendix 3.

Resultatet av beräkningarna visar att spridning inte kommer att ske mellan brandceller för den större brandcellen (1000 m²), vilket kan jämföras med en viss brandgasspridning i fall 7.

Fall 10

Kontorshus, 6 våningar, 6 kontorslägenheter, 1 vertikal stam per system
(Rökavluftning, till- och frånluftssystem)



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 7-12

- Rumshöjd 2,5 m.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 6 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C .
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C .
- Temperatur ute 10°C .
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).

Indata som varierar

- Kontorsstorlek 200 m^2 .
- Normalflöde 400 l/s per kontorslägenhet.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för näst översta våningsplanet, 90 Pa för tredje översta våningsplanet osv., (gäller både till- och frånluft).
- Inga injusteringsspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 630 mm .
- 7 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 2025 l/s .

Parameterstudie samt beräkningsresultat**Fall 10, Kontorshus, 6 våningar, 6 kontorslägenheter, 1 vertikal stam per system**

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning ej kommer att ske. Snarare kommer det att sugas ca 42 l/s från det översta våningsplanet och 75 l/s från det näst översta våningsplanet. (Spridning/utflöde via till- och frånluften är sammanräknad). Detta kan jämföras med fall 7 (kontorshus 3 våningsplan) där brandgasspridning skedde.

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Temperatur i brandgaser som trycks in i systemet
2. Tryckfall över fönsterventiler*
3. Tryckfall över don och kanal fram till vertikal samlingskanal vid normalflöde
4. Kanaldiameter på samlingskanal
5. Höjd mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
6. Antal böjar mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
7. Antal meter horisontell kanal mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
8. Rumshöjd (påverkar brandflödet)
9. Normalflöde (med bibehållet kanalsystem)
10. Bibehållen storlek på vertikal samlingskanal till lägenheter men ökad storlek på kanaler på vind och ut till det fria inkl. huv
11. Öppet fönster på icke brandutsatt våningsplan

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1-11).

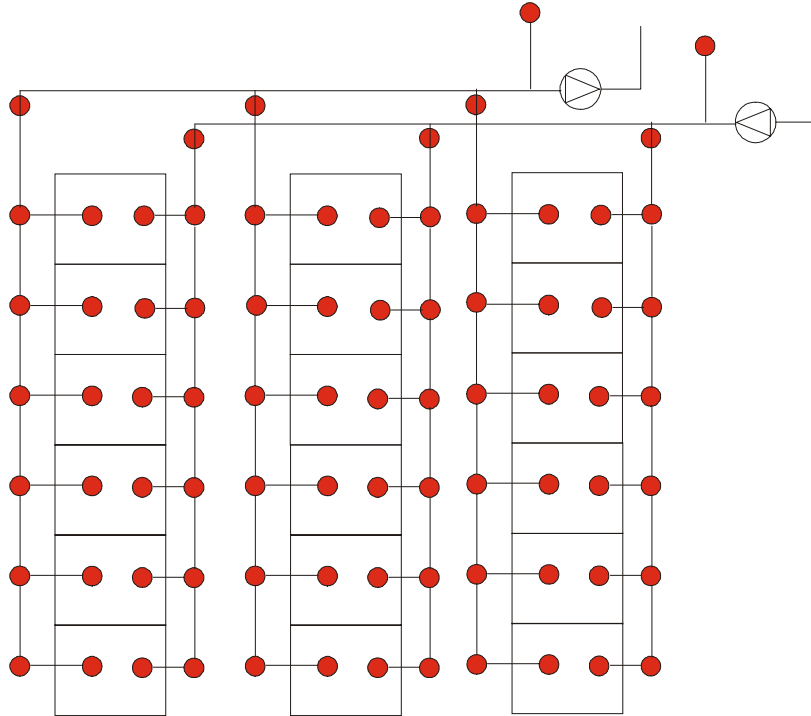
Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
(3) Tryckfall över don + kanal (8) Rumshöjd (9) Normalflöde (10) Ökad kanalstorlek på vind	(7) Horisontell kanal	(1) Temperatur i brandgaser (2) Tryckfall över fönsterventiler (4) Kanaldiameter samlingskanal (5) Huvhöjd (6) Böjar (11) Öppet fönster

* I detta fall studerades hur installation av fönsterventiler som tryckavlastare i brandfallet fungerar. För det aktuella beräkningsfallet visade det sig att fönsterventilen ledde till att mer brandgaser spreds till annan brandcell än om dessa ej hade funnits. Detta beror på att motståndet mellan ventilationskanal och lokaler ovan brandrummet minskar i förhållande till motståndet mellan ventilationskanal och ut till det fria via avluftningshuv.

Fall 11

Kontorshus, 6 våningar, 6 kontorslägenheter, 15 vertikala stammar per system (Rökavluftning, till- och frånluftsystem)

(OBS, av platsskäl visas system med 3 stammar i stället för 15 i principskissen nedan).



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 7-12

- Rumshöjd 2,5 m.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 6 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C .
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C .
- Temperatur ute 10°C .
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).

Indata som varierar

- Kontorsstorlek 200 m^2 .
- Normalflöde ca 400 l/s per kontorslägenhet. Detta fördelas på 15 stammar med ca 25 l/s.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för näst översta våningsplanet, 90 Pa för tredje översta våningsplanet osv., (gäller både till- och frånluft).
- Tryckfall över injusteringspjäll överst på vertikal samlingskanal 50 Pa vid normalflöde (150 l/s per samlingskanal).
- Kanaldiameter 200 mm för vertikal samlingskanal.
- Kanaldiameter 630 mm för horisontell samlingskanal på vind.
- 20 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 2025 l/s.

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 11, Kontorshus, 6 våningar, 6 kontorslägenheter, 15 vertikala stammar per system

Syftet med detta fall är att jämföra ett system med 15 vertikala samlingskanaler (en till varje kontorsrum) med system med gemensam matning för hela planet från ett schakt (fall 10). Systemet med 15 vertikala kanaler är även försett med injusteringspjäll överst på varje vertikal samlingskanal.

Följande fall studeras:

1. Brand i stängt kontorsrum (15 m²). Dörr förutsätts vara tät.
2. Brand i hela brandcellen. Dörrar mellan kontorsrum/korridor förutsätts vara öppna.

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

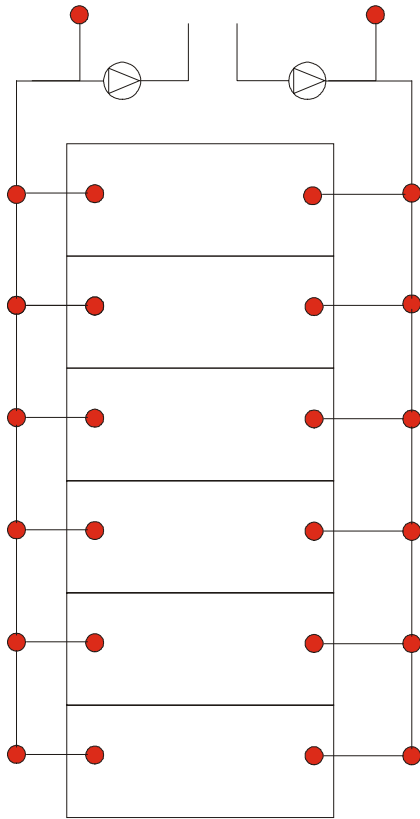
Resultatet av beräkningarna visar brandgas kommer att spridas till ovanliggande brandceller i det första fallet men inte i det andra.

Fall 12

Kontorshus, 6 våningar, 6 kontorslägenheter, 1 vertikal stam per system

(Samma som fall 10 fast större lokal)

(Rökavluftning, till- och frånluftsystem)



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 7-12

- Rumshöjd 2,5 m.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 6 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C .
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C .
- Temperatur ute 10°C .
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).

Indata som varierar

- Kontorsstorlek 1000 m^2 .
- Normalflöde 2000 l/s per kontorslägenhet.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för näst översta våningsplanet, 90 Pa för tredje översta våningsplanet osv., (gäller både till- och frånluft).
- Inga injusteringsspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 1250 mm .
- 7 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 4755 l/s .

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 12, Kontorshus, 6 våningar, 6 kontorslägenheter, 1 vertikal stam per system

(Samma som fall 7 fast större lokal)

Syftet med detta fall är att jämföra ett system som betjänar en större kontorslokal (1000 m²) med kontorslokalen ifall 10 (200 m²).

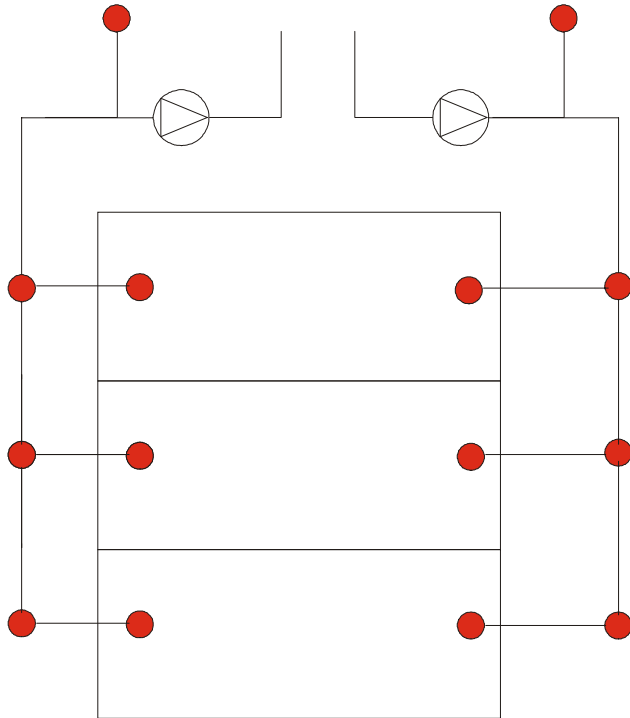
Beräkningsresultat finns i tabellform i Appendix 3.

Resultatet av beräkningarna visar att spridning inte kommer att ske mellan brandceller i den för den större brandcellen (1000 m²). Detta skedde ej heller för fall 10.

Det kan poängteras att spridning/utsugning från större kontorslokaler ej varierar lika mycket med antalet våningsplan som i fallet med kontorsbrandcellen på 200 m².

Fall 13

Hotell, 3 våningar, 3 hotellrum, 1 vertikal stam per system
(Rökavluftning, till- och frånluftssystem)



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 13-16

- Hotellrumsstorlek 20 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 20 l/s per hotellrum.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för mittersta våningsplanet och 90 Pa för nedersta våningsplanet, (gäller både till- och frånluft).
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 6 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 600 l/s.

Indata som varierar

- Inga injusteringspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 160 mm.
- 7 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.

Parameterstudie samt beräkningsresultat**Fall 13, Hotell, 3 våningar, 3 hotellrum, 1 vertikal stam per system**

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske med ca 17 l/s till det översta våningsplanet och ca 15 l/s till det näst översta. Detta överstiger acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel 3.3 samt ekvation 3.1. (Acceptanskriterium är ca 5 l/s för hotellrum med aktuell storlek).

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Temperatur i brandgaser som trycks in i systemet
2. Tryckfall över fönsterventiler (som tryckavlastare, ingen funktion i normalfallet).
3. Tryckfall över don och kanal fram till vertikal samlingskanal vid normalflöde
4. Kanaldiameter på samlingskanal
5. Höjd mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
6. Antal böjar mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
7. Antal meter horisontell kanal mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
8. Rumshöjd (påverkar brandflödet)
9. Normalflöde (med bibehållet kanalsystem)
10. Bibehållen storlek på vertikal samlingskanal till lägenheter men ökad storlek på kanaler på vind och ut till det fria inkl. huv
11. Öppet fönster på icke brandutsatt våningsplan

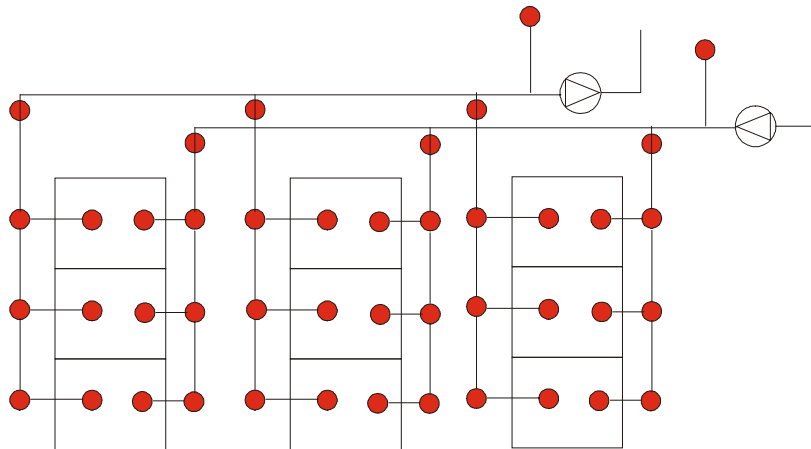
Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1-11).

Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
(1) Temperatur i brandgaser (3) Tryckfall över don + kanal (5) Huvhöjd	(2) Tryckfall över fönsterventiler (6) Böjar (7) Horisontell kanal (8) Rumshöjd (9) Normalflöde	(4) Kanaldiameter samlingskanal (10) Ökad kanalstorlek på vind (11) Öppet fönster

Fall 14

Hotell, 3 våningar, 9 hotellrum, 3 vertikala stammar per system
(Rökavluftning, till- och frånluftsystem)



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 13-16

- Hotellrumsstorlek 20 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 20 l/s per hotellrum.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för mittersta våningsplanet och 90 Pa för nedersta våningsplanet, (gäller både till- och frånluft).
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 6 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 600 l/s.

Indata som varierar

- Tryckfall över injusteringspjäll överst på vertikal samlingskanal 50 Pa vid normalflöde (60 l/s per samlingskanal).
- Kanaldiameter 160 mm för vertikal samlingskanal.
- Kanaldiameter 315 mm för horisontell samlingskanal på vind.
- 20 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 14, Hotell, 3 våningar, 9 hotellrum, 3 vertikala stammar per system

Syftet med detta fall är att jämföra ett system försett med injusteringspjäll på vertikal samlingskanal med föregående fall (fall 13).

Beräkningarna visar att stora mängder brandgas kommer att spridas till andra brandceller. Acceptanskriterium i kapitel 3.3 och enligt ekvation 3.1 uppfylls ej.

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över injusteringspjäll

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1).

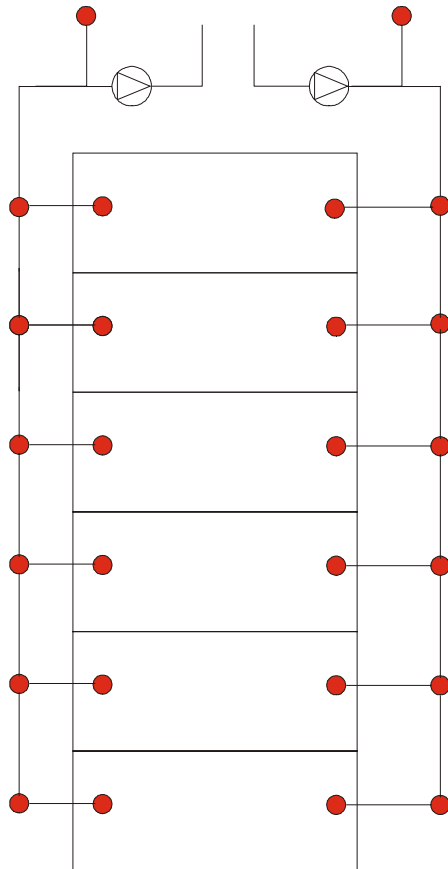
Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
		(1) Tryckfall över injusteringspjäll

I parameterstudien skedde brandgasspridning till andra brandceller i samtliga fall.

Fall 15

Hotell, 6 våningar, 6 hotellrum, 1 vertikal stam per system

(Rökavluftning, till- och frånluftssystem)



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 13-16

- Hotellrumstorlek 20 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 20 l/s per hotellrum.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för näst översta våningsplanet, 90 Pa för tredje översta våningsplanet osv., (gäller både till- och frånluft).
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 6 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 600 l/s.

Indata som varierar

- Inga injusteringsspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 160 mm.
- 7 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.

Parameterstudie samt beräkningsresultat**Fall 15, Hotell, 6 våningar, 6 hotellrum, 1 vertikal stam per system**

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske med ca 17 l/s till det översta våningsplanet och ca 15 l/s till det näst översta. Detta överstiger acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel 3.3 samt ekvation 3.1. (Acceptanskriterium är ca 5 l/s för hotellrum med aktuell storlek).

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Temperatur i brandgaser som trycks in i systemet
2. Tryckfall över fönsterventiler (som tryckavlastare, ingen funktion i normalfallet).
3. Tryckfall över don och kanal fram till vertikal samlingskanal vid normalflöde
4. Kanaldiameter på samlingskanal
5. Höjd mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
6. Antal böjar mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
7. Antal meter horisontell kanal mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
8. Rumshöjd (påverkar brandflödet)
9. Normalflöde (med bibehållet kanalsystem)
10. Bibehållen storlek på vertikal samlingskanal till lägenheter men ökad storlek på kanaler på vind och ut till det fria inkl. huv
11. Öppet fönster på icke brandutsatt våningsplan

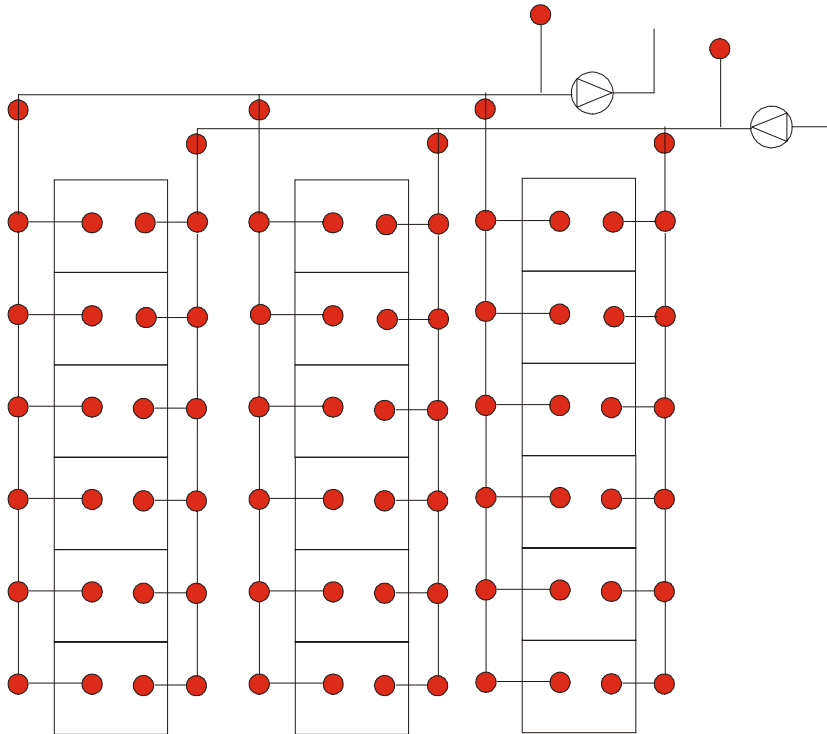
Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1-11).

Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
(1) Temperatur i brandgaser	(2) Tryckfall över fönsterventiler	(4) Kanaldiameter samlingskanal
(3) Tryckfall över don + kanal	(6) Böjar	(10) Ökad kanalstorlek på vind
(5) Huvhöjd	(7) Horisontell kanal	(11) Öppet fönster
(9) Normalflöde	(8) Rumshöjd	

Fall 16

Hotell, 6 våningar, 6 hotellrum, 3 vertikala stammar per system
(Rökavluftning, till- och frånluftsystem)



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 13-16

- Hotellrumstorlek 20 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 20 l/s per hotellrum.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för näst översta våningsplanet, 90 Pa för tredje översta våningsplanet osv., (gäller både till- och frånluft).
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 6 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 600 l/s.

Indata som varierar

- Tryckfall över injusteringspjäll överst på vertikal samlingskanal 50 Pa vid normalflöde (60 l/s per samlingskanal).
- Kanaldiameter 160 mm för vertikal samlingskanal.
- Kanaldiameter 315 mm för horisontell samlingskanal på vind.
- 20 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 16, Hotell, 6 våningar, 18 hotellrum, 3 vertikala stammar per system

Syftet med detta fall är att jämföra ett system försett med injusteringspjäll på vertikal samlingskanal med föregående fall (fall 15).

Beräkningarna visar att stora mängder brandgas kommer att spridas till andra brandceller. Acceptanskriterium i kapitel 3.3 och enligt ekvation 3.1 uppfylls ej.

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över injusteringspjäll

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

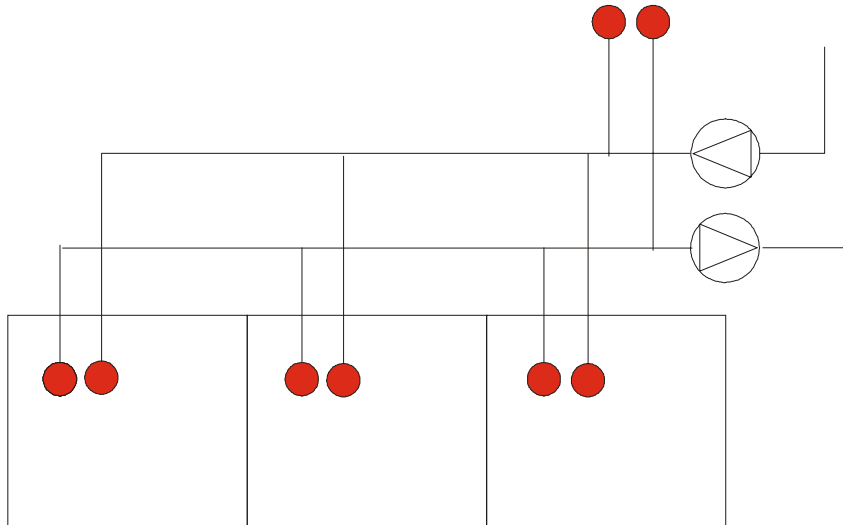
För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1).

Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
		(1) Tryckfall över injusteringspjäll

I parameterstudien skedde brandgasspridning till andra brandceller i samtliga fall.

Fall 17

Butiker i ett våningsplan, 3 stycken, 1 horisontell stam per system (Rökavluftning, till- och frånluftsystem)



Indata för typberäkning:

- Butiksstorlek 300 m².
- Rumshöjd 3,5 m.
- Normalflöde 600 l/s per butik.
- Normalt tryckfall mellan don och horisontell samlingskanal är 160 Pa för butik längst bort från fläktrum, 170 Pa för den mittersta butiken och 180 för butiken närmast fläktrummet., (gäller både till- och frånluft).
- Inga injusteringspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 0,63 från fläkt till och med mittbutiken och 0,5 mellan mittbutiken och butiken längst bort från fläktrummet.
- Horisontell kanallängd mellan butiker 20 m.
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta butiker och huvens utflödespunkt).
- 20 böjar mellan butik närmast fläkten och huvens utflödespunkt.
- 30 meter horisontell kanal mellan butik närmast fläkten och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa i butiken längst bort från fläkten (värsta fallet ur brandgasspridnings-synpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 2420 l/s.

Parameterstudie samt beräkningsresultat**Fall 17, Butiker i ett våningsplan, 3 stycken, 1 horisontell stam per system**

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske med ca 27 l/s till mittersta butiken. Till butiken närmast fläktrummet kommer ingen spridning att ske. Spridningen till mittersta butiken överstiger inte acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel 3.3 samt ekvation 3.1. (Acceptanskriterium för lokal där ingen brandgasspridning accepteras är ca 70 l/s för aktuell lokalstorlek. För butiker accepteras dock viss brandgasspridning enligt föreslaget acceptanskriterium varför resultatet är på säkra sidan).

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Temperatur i brandgaser som trycks in i systemet
2. Tryckfall över don och kanal fram till vertikal samlingskanal vid normalflöde
3. Höjd mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
4. Antal böjar mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
5. Rumshöjd (påverkar brandflödet)
6. Antal meter horisontell kanal mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
7. Normalflöde (med bibehållet kanalsystem)
8. Öppen dörr i icke brandutsatt butik

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1-8).

Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
(6) Horisontell kanal (8) Öppen dörr	(2) Tryckfall över don + kanal (7) Normalflöde	(1) Temperatur i brandgaser (3) Huvhöjd (4) Böjar (5) Rumshöjd

2 Fläktar i drift

Följande exempel avser system med fläktar i drift. För varje fall redovisas vilken fläktkurva som använts i beräkningarna. Fläktkurvan är fiktiv och ansatt för varje enskilt fall. Fläktkurvan är framtagen genom att först beräkna vilken tryckökning i fläkten som erfordras för att erhålla de normalflöden som ansatts. Sedan har fläktkurva ansatts baserat på att fläkten i normal drift är utnyttjad till ca 2/3 av det maximala flödet vid 0 Pa tryckfall.

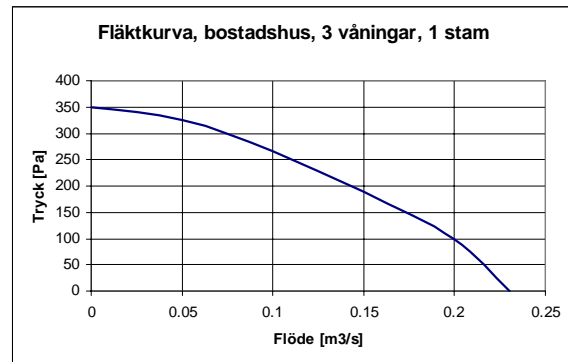
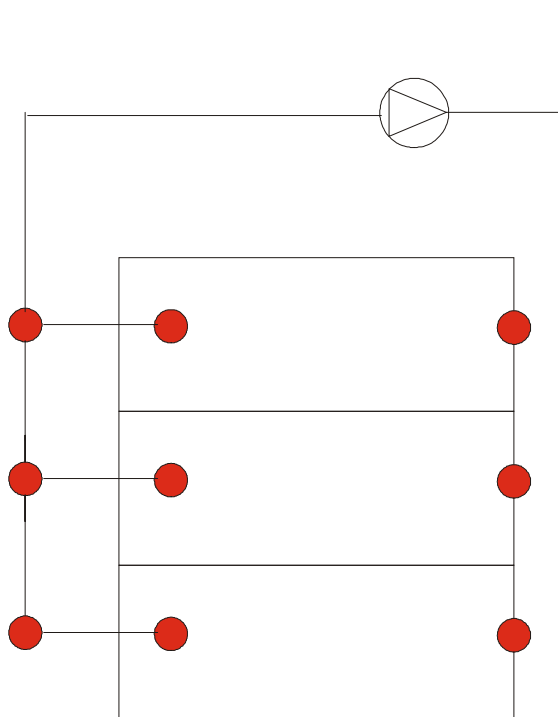
Den fiktiva fläktkurvan för fläktar avsedda för stora normalflöden kan skilja sig något från verkliga fläktkurvor, framför allt då de utnyttjas för små flöden dvs till vänster i fläktkurvan. Vid de flöden som fläkten utnyttjas i beräkningsfallet bedöms dock fläktkurvan vara rimlig.

Den fiktiva fläktkurvan avser tryckökningen i systemet vid olika flöden vid passage genom hela ”fläktpaketet”. I de fall filter, värmeväxlare mm är installerade avser således fläktkurvan tryckökningen i fläkten subtraherat med motstånd i filter, värmeväxlare mm.

2.1 Frånluftsystem (tilluft via fönsterventiler mm)

Fall 18

Bostadshus, 3 våningar, 3 lägenheter, 1 vertikal stam per system
(Fläktar i drift, frånluftssystem)



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 18-23

- Lägenhetsstorlek 70 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 50 l/s per lägenhet.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för mittersta våningsplanet och 90 Pa för nedersta våningsplanet.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 10 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- 15 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom fönsterventiler samt vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 1160 l/s.

Indata som varierar

- Fläktkurva enligt figur ovan.
- Normalt tryckfall över fönsterventil är 15 Pa vid normalflöde.
- Inga injusteringsspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 200 mm.

Parameterstudie samt beräkningsresultat**Fall 18, Bostadshus, 3 våningar, 3 lägenheter, 1 vertikal stam per system**

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske med ca 48 l/s till det översta våningsplanet och ca 39 l/s till det näst översta. Detta överstiger acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel 3.3 samt ekvation 3.1. (Acceptanskriterium är ca 17 l/s för lägenhet med aktuell storlek).

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över fönsterventiler
2. Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet
3. Öppet fönster på icke brandutsatt våningsplan
4. Temperatur på brandgaser som passerar ut genom fönsterventil
5. Tryckfall över don och kanal fram till vertikal samlingskanal vid normalflöde
6. Kanaldiameter på samlingskanal
7. Höjd mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
8. Rumshöjd (påverkar brandflödet)
9. Normalflöde (med bibehållet kanalsystem)
10. Tryckökning i fläkten för aktuellt flöde

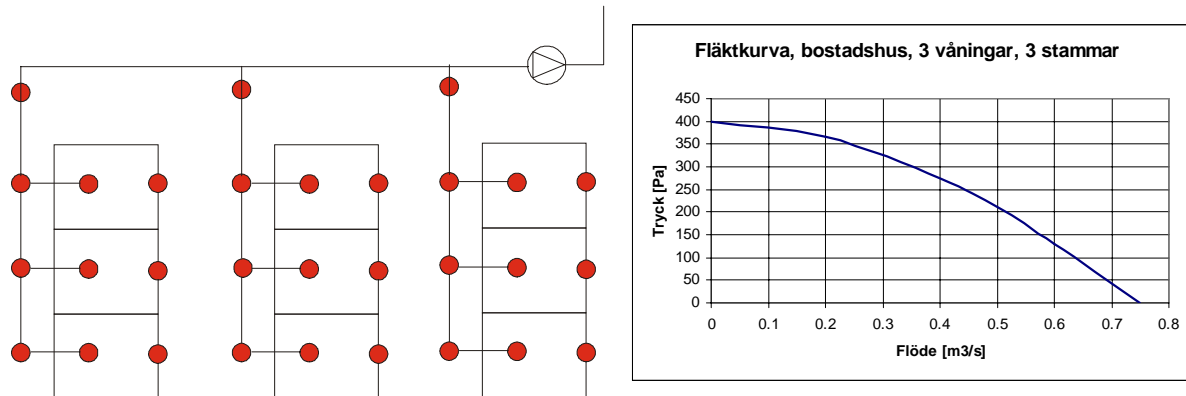
Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1-10).

Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
(3) Öppet fönster	(2) Temperatur i brandgaser	(1) Tryckfall över fönsterventiler
(7) Huvhöjd	(4) Brandgastemp. fönsterventil	(5) Tryckfall över don + kanal
	(8) Rumshöjd	(6) Kanaldiameter samlingskanal
	(10) Tryckökning i fläkt	(9) Normalflöde

Fall 19**Bostadshus, 3 våningar, 9 lägenheter, 3 vertikala stammar per system**

(Fläktar i drift, frånluftssystem)

**Indata för typberäkning:***Indata som är samma för fall 18-23*

- Lägenhetsstorlek 70 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 50 l/s per lägenhet.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för mittersta våningsplanet och 90 Pa för nedersta våningsplanet.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 10 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- 15 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom fönsterventiler samt vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 1160 l/s.

Indata som varierar

- Fläktkurva enligt figur ovan.
- Normalt tryckfall över fönsterventil är 15 Pa vid normalflöde.
- Tryckfall över injusteringspjäll överst på vertikal samlingskanal 50 Pa vid normalflöde (150 l/s per samlingskanal).
- Kanaldiameter 200 mm för vertikal samlingskanal.
- Kanaldiameter 315 mm för horisontell samlingskanal på vind.

Parameterstudie samt beräkningsresultat**Fall 19, Bostadshus, 3 våningar, 3 lägenheter, 3 vertikala stammar per system**

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske med ca 36 l/s till det översta våningsplanet och 25 till näst översta. Detta överstiger acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel 3.3 samt ekvation 3.1. (Acceptanskriterium är ca 17 l/s för lägenhet med aktuell storlek).

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över fönsterventiler
2. Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet
3. Öppet fönster på icke brandutsatt våningsplan
4. Temperatur på brandgaser som passerar ut genom fönsterventil
5. Tryckfall över don och kanal fram till vertikal samlingskanal vid normalflöde
6. Kanaldiameter på vertikal samlingskanal upp till samlingskanal (horisontell samlingskanal på vind oförändrad)
7. Normalflöde (med bibehållet kanalsystem och fläktkurva)
8. Normalflöde (med bibehållet kanalsystem men konstant tryck över fläkt)
9. Tryckfall över injusteringspjäll vid normalflöde

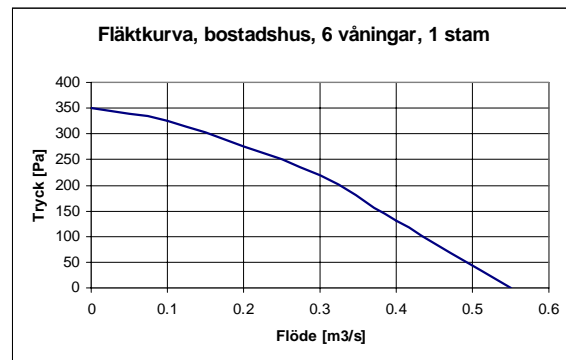
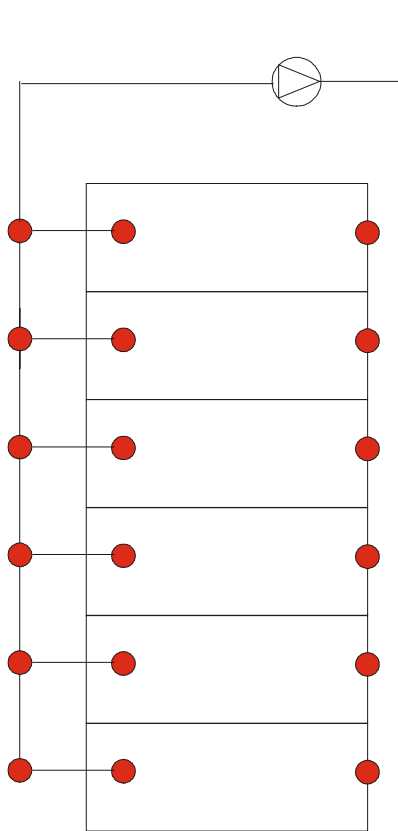
Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1-9).

Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
(3) Öppet fönster (7) Normalflöde,(fläktkurva)	(2) Temperatur i brandgaser (4) Brandgastemp. fönsterventil (6) Kanaldiameter samlingskanal (8) Normalflöde, (konstant fläkt)	(1) Tryckfall över fönsterventiler (5) Tryckfall över don + kanal (9) Injusteringspjäll

Fall 20**Bostadshus, 6 våningar, 6 lägenheter, 1 vertikal stam per system**

(Fläktar i drift, frånluftssystem)

**Indata för typeräkning:***Indata som är samma för fall 18-23*

- Lägenhetsstorlek 70 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 50 l/s per lägenhet.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för näst översta våningsplanet, 90 Pa för tredje översta våningsplanet osv.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 10 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- 15 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom fönsterventiler samt vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 1160 l/s.

Indata som varierar

- Fläktkurva enligt figur ovan.
- Normalt tryckfall över fönsterventil är 15 Pa vid normalflöde.
- Inga injusteringspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 250 mm.

Parameterstudie samt beräkningsresultat**Fall 20, Bostadshus, 6 våningar, 6 lägenheter, 1 vertikal stam per system**

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske med ca 16 l/s till det översta våningsplanet. Ingen spridning sker till det näst översta våningsplanet. Detta överstiger ej acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel i kapitel 3.3 samt ekvation 3.1. (Acceptanskriterium är ca 17 l/s för lägenhet med aktuell storlek).

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över fönsterventiler
2. Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet
3. Öppet fönster på icke brandutsatt våningsplan
4. Temperatur på brandgaser som passerar ut genom fönsterventil
5. Tryckfall över don och kanal fram till vertikal samlingskanal vid normalflöde
6. Kanaldiameter på samlingskanal
7. Höjd mellan förgrening till översta våningsplan och utlopp på avluftningshuv
8. Rumshöjd (påverkar brandflödet)
9. Normalflöde (med bibehållet kanalsystem)
10. Tryckökning i fläkten för aktuellt flöde

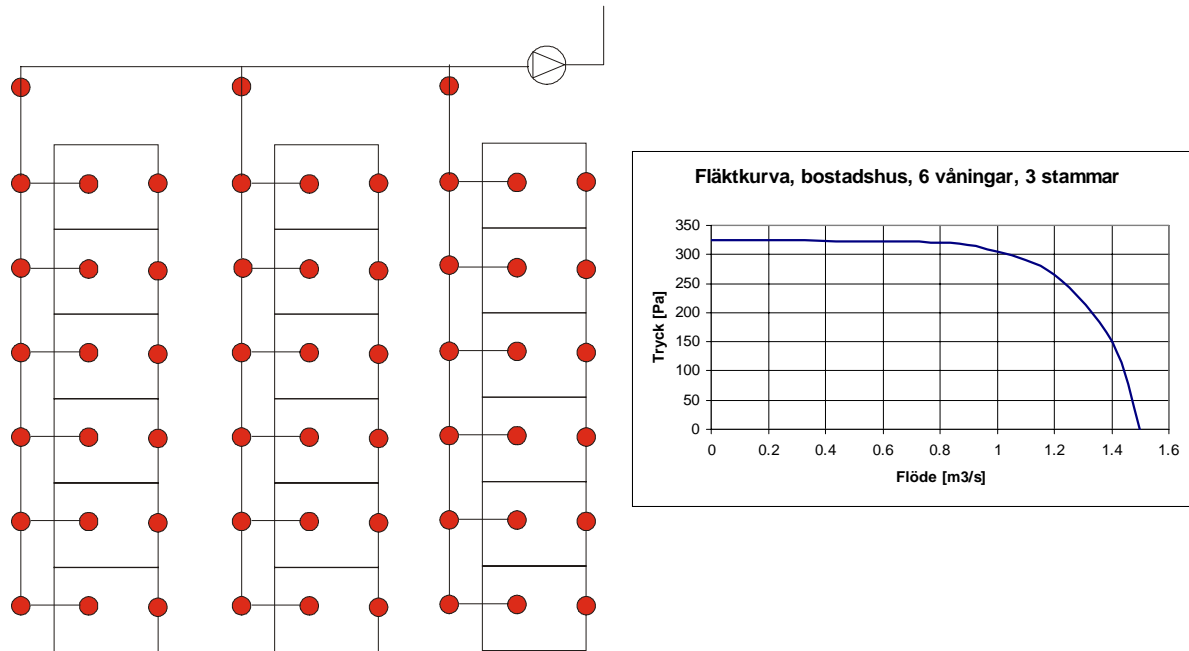
Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1-10).

Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
(3) Öppet fönster (7) Huvhöjd	(2) Temperatur i brandgaser (4) Brandgastemp. fönsterventil (8) Rumshöjd	(1) Tryckfall över fönsterventiler (5) Tryckfall över don + kanal (6) Kanaldiameter samlingskanal (9) Normalflöde (10) Tryckökning i fläkten

Fall 21**Bostadshus, 6 våningar, 18 lägenheter, 3 vertikala stammar per system**

(Fläktar i drift, frånluftssystem)

**Indata för typberäkning:***Indata som är samma för fall 18-23*

- Lägenhetsstorlek 70 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 50 l/s per lägenhet
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för näst översta våningsplanet, 90 Pa för tredje översta våningsplanet osv.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 10 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- 15 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom fönsterventiler samt vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 1160 l/s.

Indata som varierar

- Fläktkurva enligt figur ovan.
- Normalt tryckfall över fönsterventil är 15 Pa vid normalflöde
- Tryckfall över injusteringspjäll överst på vertikal samlingskanal 50 Pa vid normalflöde (300 l/s per samlingskanal).
- Kanaldiameter 250 mm för vertikal samlingskanal.
- Kanaldiameter 400 mm för horisontell samlingskanal på vind.

Parameterstudie samt beräkningsresultat**Fall 21, Bostadshus, 6 våningar, 18 lägenheter, 3 vertikala stammar per system**

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning ej kommer att ske.

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över fönsterventiler
2. Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet
3. Öppet fönster på icke brandutsatt våningsplan
4. Temperatur på brandgaser som passerar ut genom fönsterventil
5. Tryckfall över don och kanal fram till vertikal samlingskanal vid normalflöde
6. Kanaldiameter på vertikal samlingskanal upp till samlingskanal (horisontell samlingskanal på vind oförändrad)
7. Normalflöde (med bibehållet kanalsystem och fläktkurva)
8. Normalflöde (med bibehållet kanalsystem men konstant tryck över fläkt)
9. Tryckfall över injusteringspjäll vid normalflöde

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

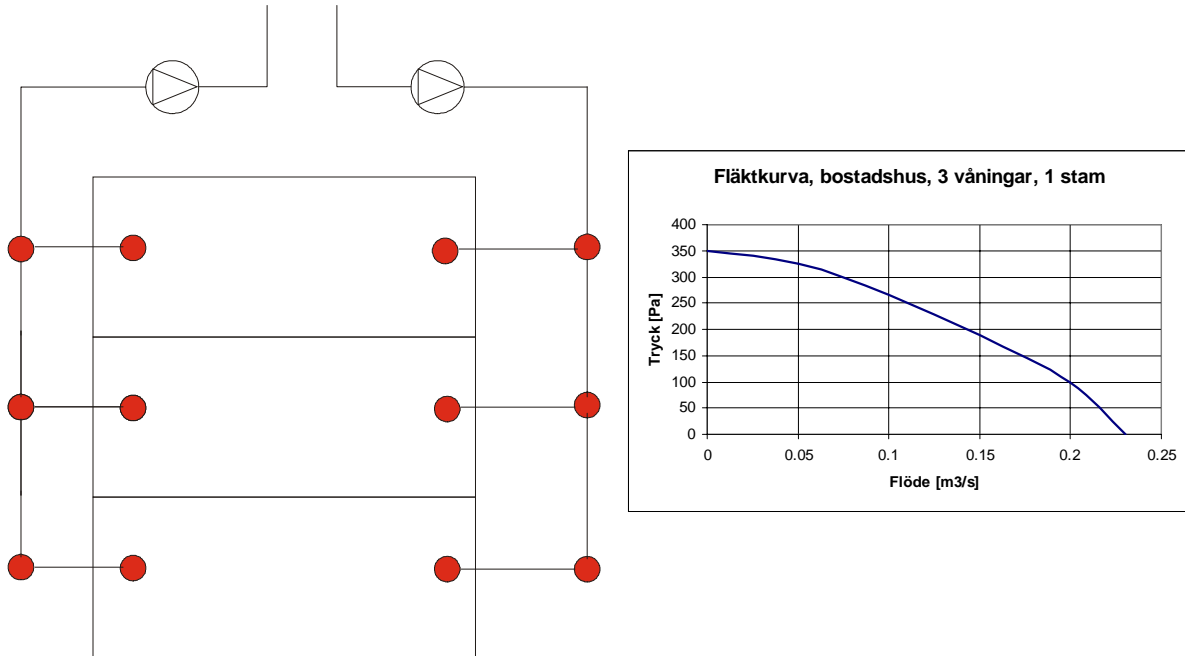
För det aktuella beräkningsfallet kan parameterstudien sammanfattas med följande tabell som visar hur stor inverkan de olika parametrarna har på systemets förmåga att hindra brandgasspridning. Siffran inom parantes syftar till parameternumreringen ovan (1-9).

Liten inverkan	Medelstor inverkan	Stor inverkan
(3) Öppet fönster	(2) Temperatur i brandgaser (4) Brandgastemp. fönsterventil (7) Normalflöde,(fläktkurva) (8) Normalflöde, (konstant fläkt)	(1) Tryckfall över fönsterventiler (5) Tryckfall över don + kanal (6) Kanaldiameter samlingskanal (9) Injusteringspjäll

2.2 Till och frånluftsystem

Fall 22

Bostadshus, 3 våningar, 3 lägenheter, 1 vertikal stam per system
(Fläktar i drift, till- och frånluftsystem)



Indata för typberäkning:

Indata som är samma för fall 18-23

- Lägenhetsstorlek 70 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 50 l/s per lägenhet.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för mittersta våningsplanet och 90 Pa för nedersta våningsplanet, (gäller både till- och frånluft).
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 10 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- 15 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 1160 l/s.

Indata som varierar

- Fläktkurva enligt figur ovan.
- Inga injusteringsspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 200 mm.

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 22, Bostadshus, 3 våningar, 3 lägenheter, 1 vertikal stam per system

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske genom tilluftskanal med ca 352 l/s till andra våningsplan. Detta överstiger acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel 3.3 samt ekvation 3.1. (Acceptanskriterium är ca 17 l/s för lägenhet med aktuell storlek).

För detta fall har följande parametrar studerats:

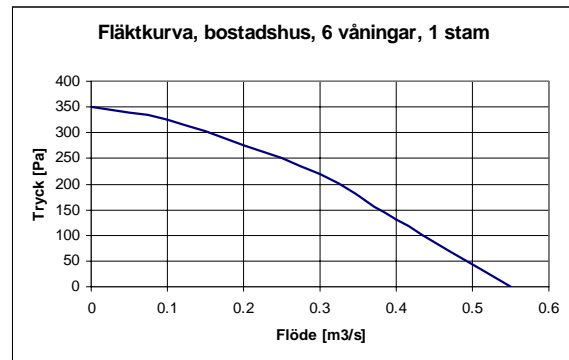
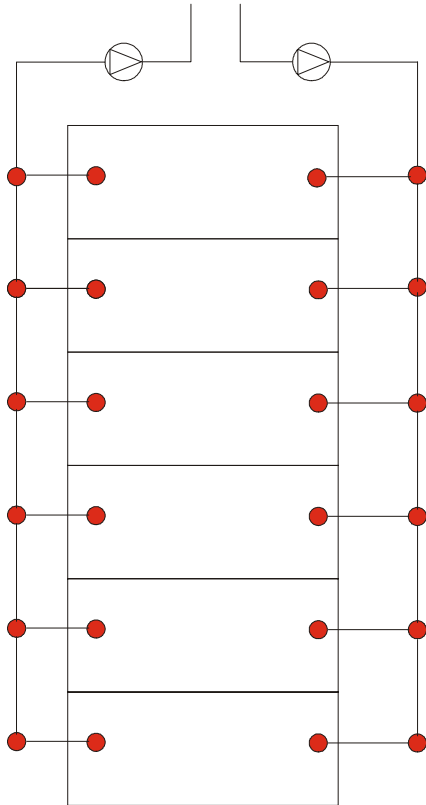
1. Tryckfall över fönsterventiler (tryckavlastare i brandfallet)

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För att hindra brandgasspridning via tilluftssystemet krävs i detta fall att fönsterventilerna medger ett flöde på 50 l/s (normalflöde) vid 0,213 Pa. Detta anses ej vara möjligt att uppfylla i praktiken.

Fall 23**Bostadshus, 6 våningar, 6 lägenheter, 1 vertikal stam per system**

(Fläktar i drift, till- och frånluftsystem)

**Indata för typberäkning:***Indata som är samma för fall 18-23*

- Lägenhetsstorlek 70 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 50 l/s per lägenhet.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för näst översta våningsplanet, 90 Pa för tredje översta våningsplanet osv., (gäller både till- och frånluft).
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 10 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- 15 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 1160 l/s.

Indata som varierar

- Fläktkurva enligt figur ovan.
- Inga injusteringspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 250 mm.

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 23, Bostadshus, 6 våningar, 6 lägenheter, 1 vertikal stam per system

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske genom tilluftskanal med ca 358 l/s till andra våningsplan. Detta överstiger acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel 3.3 samt ekvation 3.1. (Acceptanskriterium är ca 17 l/s för lägenhet med aktuell storlek).

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över fönsterventiler (tryckavlastare i brandfallet)
2. Ökning av trycket i fläktarna i brandfallet (varva upp fläkten)
3. Vändning av tilluften i brandfallet

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

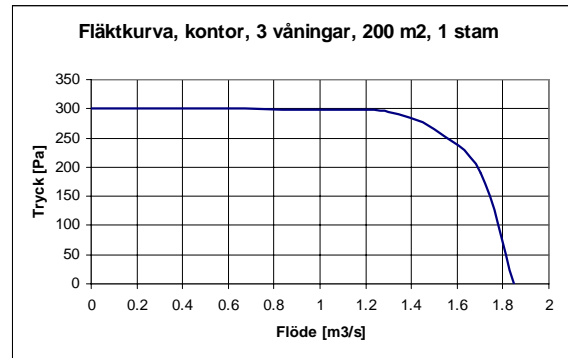
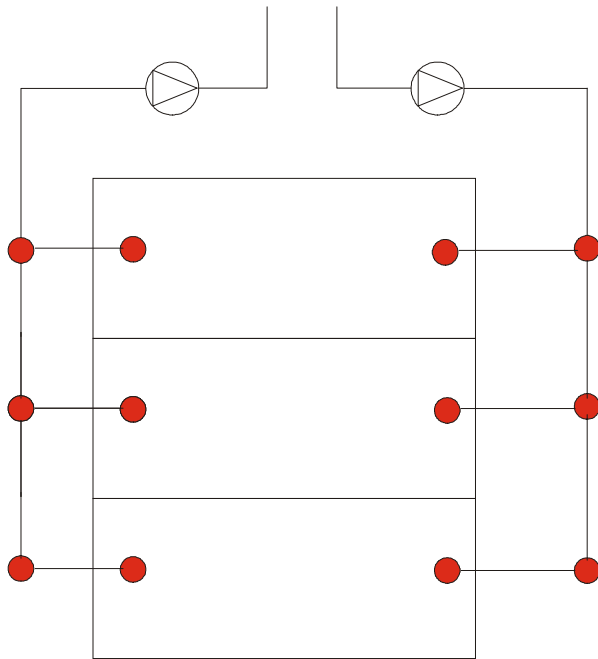
För att hindra brandgasspridning via tilluftssystemet krävs i detta fall att fönsterventilerna medger ett flöde på 50 l/s (normalflöde) vid 0,175 Pa. Detta anses ej vara möjligt att uppfylla i praktiken.

En tredubbling av trycket i fläktarna i brandfallet ledde endast till att spridningen genom tilluftssystemet sjönk till 351 l/s, och hade således mycket liten inverkan.

Vändning av tilluften orsakade stora undertryck i lokalerna. Vändning av tilluften fungerade således inte för detta fall.

Fall 24

Kontorshus, 3 våningar, 3 kontorslägenheter, 1 vertikal stam per system
(Fläktar i drift, till- och frånluftsystem)

**Indata för typberäkning:**

Indata som är samma för fall 24-27

- Rumshöjd 2,5 m.
- Inga injusteringsspjäll på samlingskanal.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 10 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- 15 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).

Indata som varierar

- Kontorsstorlek 200 m².
- Normalflöde 400 l/s per kontorslägenhet.
- Fläktkurva enligt figur ovan.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 90 Pa för mittersta våningsplanet och 80 Pa för nedersta våningsplanet, (gäller både till- och frånluft).
- Kanaldiameter 400 mm.
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 2025 l/s.

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 24, Kontorshus, 3 våningar, 3 kontorslägenheter, 1 vertikal stam per system

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske genom tilluftskanal med ca 665 l/s till andra våningsplan. Detta överstiger acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel i kapitel 3.3.

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över fönsterventiler (tryckavlastare i brandfallet)

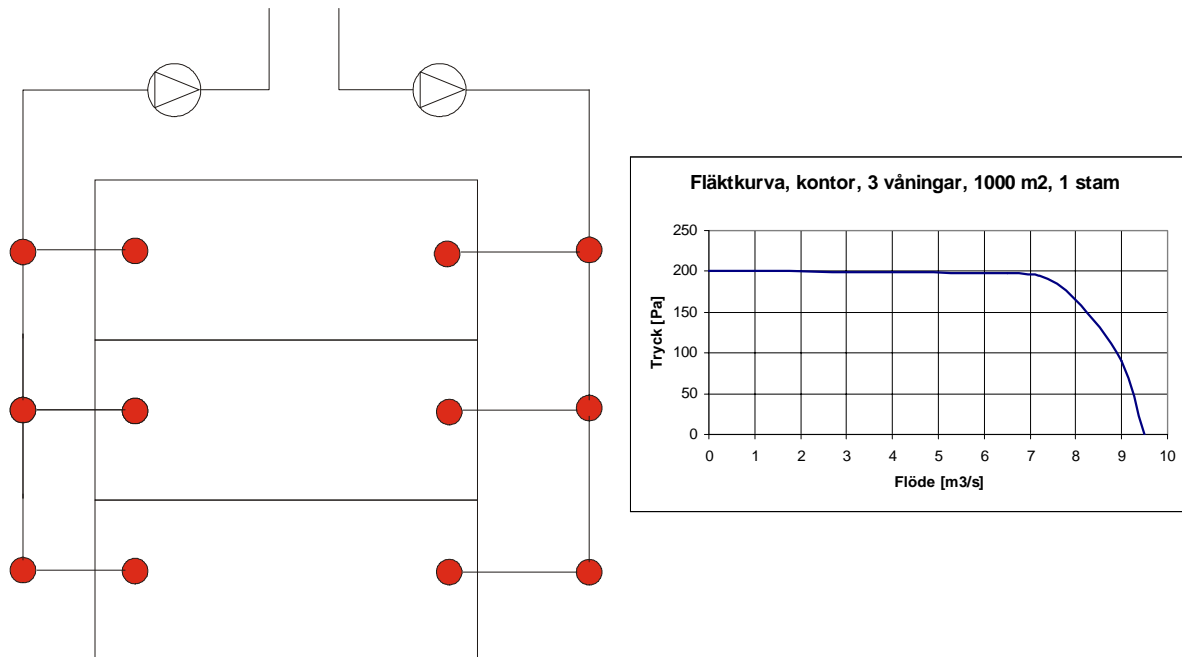
Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För att hindra brandgasspridning via tilluftssystemet krävs i detta fall att fönsterventilerna medger ett flöde på 400 l/s (normalflöde) vid 11 Pa.

Fall 25**Kontorshus, 3 våningar, 3 kontorslägenheter, 1 vertikal stam per system**

(Samma som fall 24 fast större lokal)

(Fläktar i drift, till- och frånluftsystem)

**Indata för typberäkning:***Indata som är samma för fall 24-27*

- Rumshöjd 2,5 m.
- Inga injusteringsspjäll på samlingskanal.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 10 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- 15 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).

Indata som varierar

- Kontorsstorlek 1000 m².
- Normalflöde 2000 l/s per kontorslägenhet.
- Flätkurva enligt figur ovan.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för mittersta våningsplanet och 90 Pa för nedersta våningsplanet, (gäller både till- och frånluft).
- Kanaldiameter 1000 mm.
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 4755 l/s.

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 25, Kontorshus, 3 våningar, 3 kontorslägenheter, 1 vertikal stam per system

(Samma som fall 24 fast större lokal)

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske genom tilluftskanal med ca 495 l/s till andra våningsplan.

Detta överstiger acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel 3.3.

För detta fall har följande parametrar studerats:

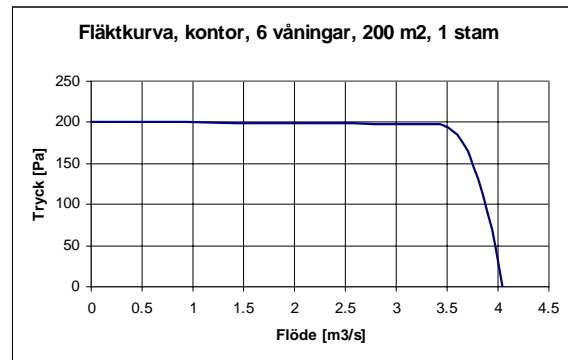
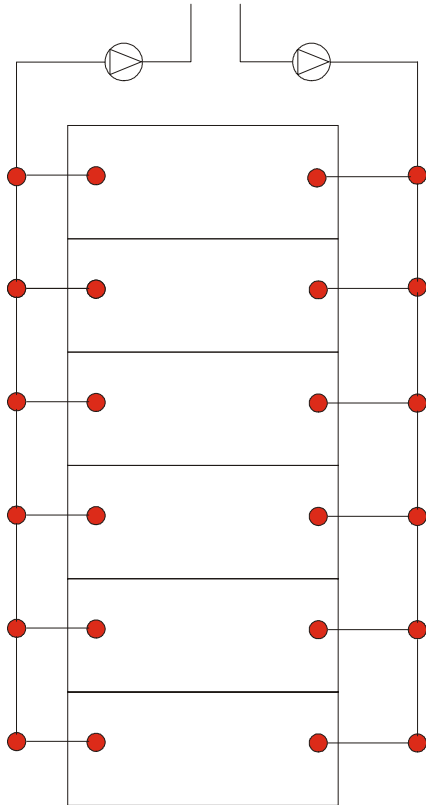
1. Tryckfall över fönsterventiler (tryckavlastare i brandfallet)

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För att hindra brandgasspridning via tilluftssystemet krävs i detta fall att fönsterventilerna medger ett flöde på 2000 l/s (normalflöde) vid 1250 Pa.

Fall 26**Kontorshus, 6 våningar, 6 kontorslägenheter, 1 vertikal stam per system**

(Fläktar i drift, till- och frånluftsystem)

**Indata för typberäkning:***Indata som är samma för fall 24-27*

- Rumshöjd 2,5 m.
- Inga injusteringspjäll på samlingskanal.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 10 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt
- 15 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$)
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).

Indata som varierar

- Kontorsstorlek 200 m².
- Normalflöde 400 l/s per kontorslägenhet
- Fläktkurva enligt figur ovan.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för näst översta våningsplanet, 90 Pa för tredje översta våningsplanet osv., (gäller både till- och frånluft).
- Kanaldiameter 630 mm.
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 2025 l/s.

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 26, Kontorshus, 6 våningar, 6 kontorslägenheter, 1 vertikal stam per system

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske genom tilluftskanal med ca 601 l/s till andra våningsplan. Detta överstiger acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel i kapitel 3.3.

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över fönsterventiler (tryckavlastare i brandfallet)

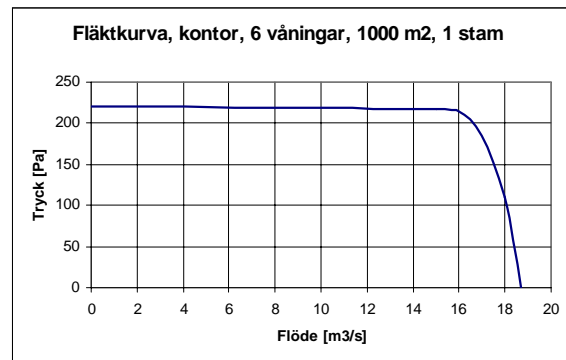
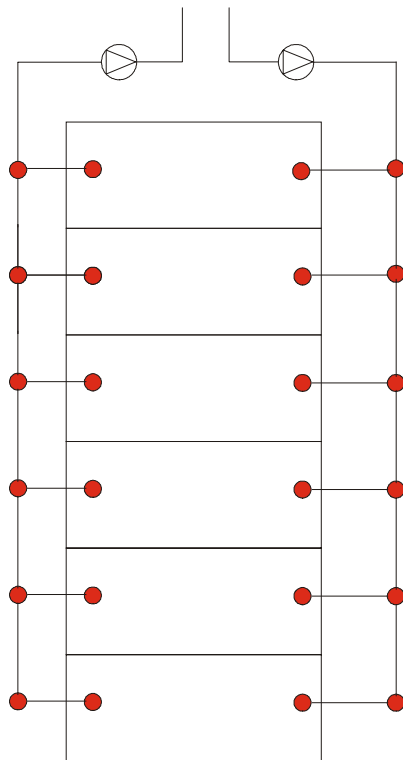
Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För att hindra brandgasspridning via tilluftssystemet krävs i detta fall att fönsterventilerna medger ett flöde på 400 l/s (normalflöde) vid 11,5 Pa.

Fall 27**Kontorshus, 6 våningar, 6 kontorslägenheter, 1 vertikal stam per system**

(Samma som fall 26 fast större lokal)

(Fläktar i drift, till- och frånluftsystem)

**Indata för typberäkning:***Indata som är samma för fall 24-27*

- Rumshöjd 2,5 m.
- Inga injusteringspjäll på samlingskanal.
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 10 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt
- 15 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$)
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).

Indata som varierar

- Kontorsstorlek 1000 m².
- Normalflöde 2000 l/s per kontorslägenhet
- Fläktkurva enligt figur ovan.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för näst översta våningsplanet, 90 Pa för tredje översta våningsplanet osv., (gäller både till- och frånluft).
- Kanaldiameter 1250 mm (Normalt används rektangulära kanaler (ej cirkulära) i dessa dimensioner)
- Rumsvolymer och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 4755 l/s.

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 27, Kontorshus, 6 våningar, 6 kontorslägenheter, 1 vertikal stam per system

(Samma som fall 26 fast större lokal)

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske genom tilluftskanal med ca 310 l/s till andra våningsplan.

Detta understiger precis acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel i kapitel 3.3. (CO halten koncentrationen i lokal ovan beräknades till 0,076%, vilket understiger accepterade 0,08%).

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över fönsterventiler (tryckavlastare i brandfallet)
2. Ökat normalflöde samt kanalstorleksökning till ϕ 1600 mm. (Denna kanaldiameter finns ej i verkligheten. Rektangulära kanaler används)

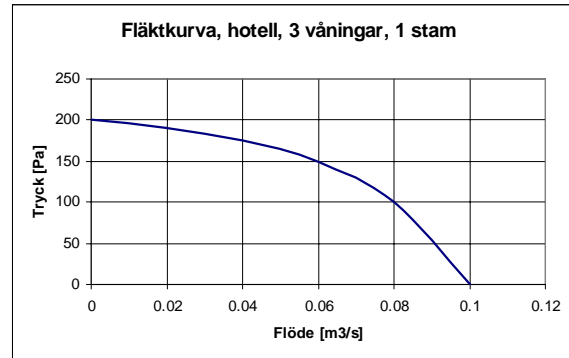
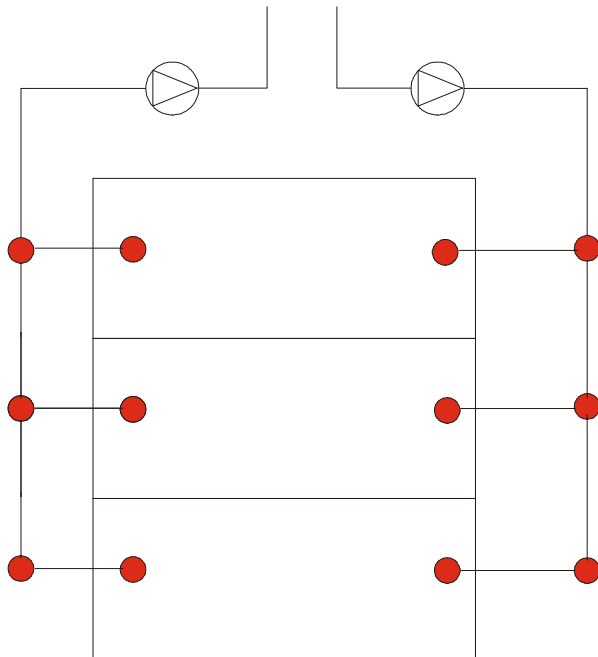
Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För att hindra brandgasspridning via tilluftssystemet krävs i detta fall att fönsterventilerna medger ett flöde på 2000 l/s (normalflöde) vid 1950 Pa.

För att hindra brandgasspridning via tilluften kan även kanalstorleken ändras till 1600 mm.

Fall 28

Hotell, 3 våningar, 3 hotellrum, 1 vertikal stam per system
(Fläktar i drift, till- och frånluftsystem)

**Indata för typberäkning:**

Indata som är samma för fall 28-29

- Hotellrumstorlek 20 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 20 l/s per hotellrum
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för mittersta våningsplanet och 90 Pa för nedersta våningsplanet, (gäller både till- och frånluft).
- Inga injusteringspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 160 mm
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 10 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt
- 15 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$)
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 600 l/s.

Indata som varierar

- Fläktkurva enligt figur ovan.

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 28, Hotell, 3 våningar, 3 hotellrum, 1 vertikal stam per system

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske genom tilluftskanal med ca 167 l/s till andra våningsplan. Detta överstiger acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel 3.3 och ekvation 3.1. (Acceptanskriterium är ca 5 l/s för hotellrum med aktuell storlek)

För detta fall har följande parametrar studerats:

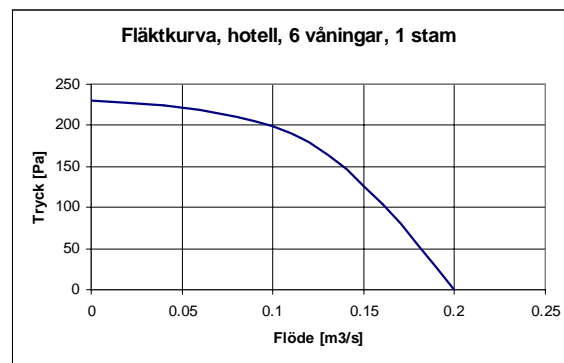
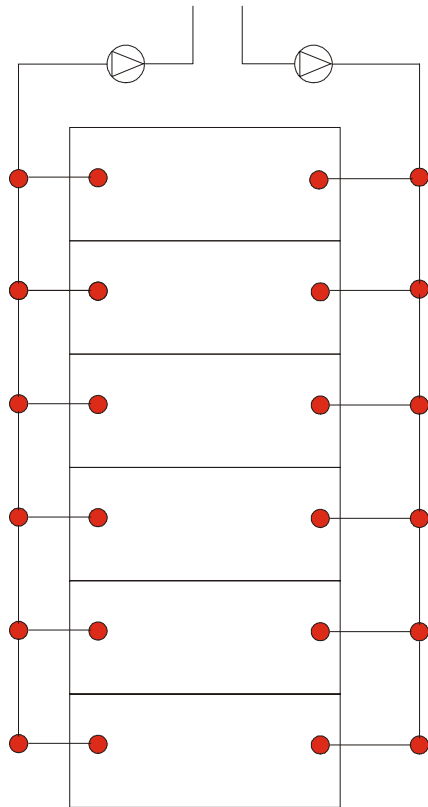
1. Tryckfall över fönsterventiler (tryckavlastare i brandfallet)

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För att hindra brandgasspridning via tilluftssystemet krävs i detta fall att fönsterventilerna medger ett flöde på 20 l/s (normalflöde) vid 0,12 Pa. Detta anses ej vara möjligt att uppfylla i praktiken.

Fall 29**Hotell, 6 våningar, hotellrum, 1 vertikal stam per system**

(Fläktar i drift, till- och frånluftsystem)

**Indata för typberäkning:***Indata som är samma för fall 28-29*

- Hotellrumstorlek 20 m².
- Rumshöjd 2,5 m.
- Normalflöde 20 l/s per hotellrum.
- Normalt tryckfall mellan don och vertikal samlingskanal är 100 Pa för översta våningsplanet, 95 Pa för näst översta våningsplanet, 90 Pa för tredje översta våningsplanet osv., (gäller både till- och frånluft).
- Inga injusteringsspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 160 mm
- Höjd mellan förgreningar till våningsplan 3 meter, (rumshöjd + bjälklag + undertak etc.)
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta brandcell och huvens utflödespunkt).
- 10 böjar mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt
- 15 meter horisontell kanal mellan vertikal samlingskanal (rak) och huvens utflödespunkt
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$)
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa på nedersta våningsplanet (värsta fallet ur brandgasspridningssynpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 600 l/s.

Indata som varierar

- Fläktkurva enligt figur ovan.

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 29, Hotell, 6 våningar, 6 hotellrum, 1 vertikal stam per system

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske genom tilluftskanal med ca 172 l/s till andra våningsplan. Detta överstiger acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel 3.3 och ekvation 3.1. (Acceptanskriterium är ca 5 l/s för hotellrum med aktuell storlek)

För detta fall har följande parametrar studerats:

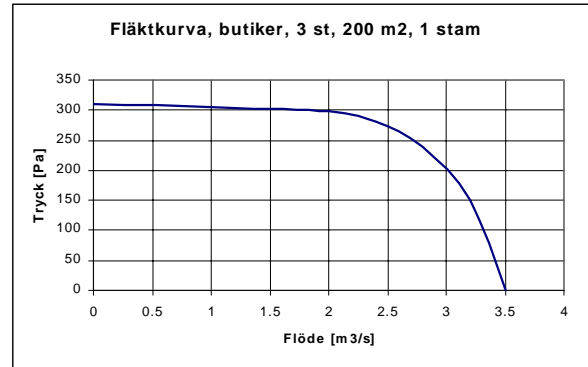
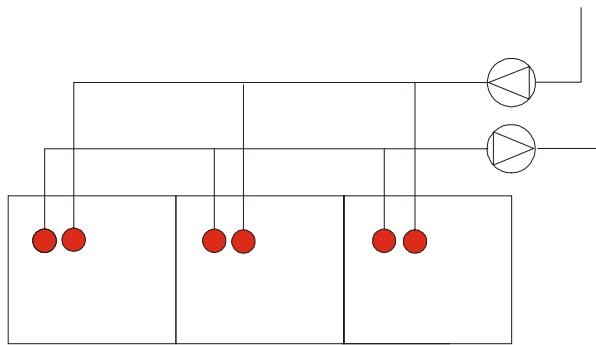
1. Tryckfall över fönsterventiler (tryckavlastare i brandfallet)

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För att hindra brandgasspridning via tilluftssystemet krävs i detta fall att fönsterventilerna medger ett flöde på 20 l/s (normalflöde) vid 0,10 Pa. Detta anses ej vara möjligt att uppfylla i praktiken.

Fall 30**Butiker i ett våningsplan, 3 stycken, 1 horisontell stam per system**

(Fläktar i drift, till- och frånluftsystem)

**Indata för typberäkning:**

- Butiksstorlek 300 m².
- Rumshöjd 3,5 m.
- Normalflöde 600 l/s per butik.
- Fläktkurva enligt figur ovan.
- Normalt tryckfall mellan don och horisontell samlingskanal är 160 Pa för butik längst bort från fläktrum, 170 Pa för den mittersta butiken och 180 Pa för butiken närmast fläktrummet., (gäller både till- och frånluft).
- Inga injusteringspjäll på samlingskanal.
- Kanaldiameter 0,63 från fläkt till och med mittbutiken och 0,5 mellan mittbutiken och butiken längst bort från fläktrummet.
- Horisontell kanallängd mellan butiker 20 m.
- Huvhöjd 3 meter (höjd mellan förgrening till översta butiker och huvens utflödespunkt).
- 20 böjar mellan butik närmast fläkten och huvens utflödespunkt.
- 30 meter horisontell kanal mellan butik närmast fläkten och huvens utflödespunkt.
- Brandtillväxthastighet: snabbt brandförlopp enligt NFPA ($\alpha \approx 0,047 \text{ kW/s}^2$).
- Temperatur i brandgaser som trycks in i ventilationssystemet 300°C.
- Temperatur brandgaser/luft som trycks ut genom vägg 20°C.
- Temperatur ute 10°C.
- Brand förutsätts inträffa längst i butiken bort från fläkten (värsta fallet ur brandgasspridnings-synpunkt).
- Rumsvolym och brandtillväxthastighet ger maximalt brandflöde 2420 l/s.

Parameterstudie samt beräkningsresultat

Fall 30, Butiker i ett våningsplan, 3 stycken, 1 horisontell stam per system

Beräkningarna för det valda systemet (beskrivet på föregående sida) visar att brandgasspridning kommer att ske genom tilluftskanal med ca 655 l/s till andra våningsplan. Detta överstiger acceptabel nivå enligt förslag till acceptanskriterium i kapitel i kapitel 3.3.

För detta fall har följande parametrar studerats:

1. Tryckfall över fönsterventiler (tryckavlastare i brandfallet)
2. Normalflöde (vid behov med ökad kanastorlek)

Beräkningsresultat av parameterstudien finns i tabellform i Appendix 3.

För att hindra brandgasspridning via tilluftssystemet krävs i detta fall att fönsterventilerna medger ett flöde på 600 l/s (normalflöde) vid 50 Pa.

Genom att dubbla normalflödet blev spridningen via tilluften ca 305 l/s.

Appendix 3

Resultat av typfallsberäkningar i tabellform

I detta appendix är resultaten för de två översta våningsplanen (de mest utsatta) för varje beräkning listade i tabellform. Första fallet är ursprungsfallet (se beskrivning av varje fall) är listat först. Sedan följer studien där olika parametrar har varierats (en och en). Parametrarna är listade i samma ordning som de är beskrivna för varje typfall i rapporten.

Förklaringar:

”Översta”	Översta våningsplanet
”Näst översta”	Näst översta våningsplanet
”-”	Spridning till planet (l/s)
”+”	Utsug från planet (l/s)

Fall 1, Bostadshus, 3 våningsplan, 1 stam, f-system, avluftning

1(2)

Ursprungsfall	Översta	-36,3
	Näst översta	-25,7
Springventil 3 Pa	Översta	-21,7
	Näst översta	+7,6
Springventil 5 Pa	Översta	-25,8
	Näst översta	-3,4
Springventil 10 Pa	Översta	-32,4
	Näst översta	-19,3
Temp brandrum 100 C	Översta	-34,7
	Näst översta	-31,5
Temp brandrum 200 C	Översta	-35,7
	Näst översta	-28,7
Temp brandrum 350 C	Översta	-36,6
	Näst översta	-24,1
Värmeförlust, h=2	Översta	-37,2
	Näst översta	-27,3
Värmeförlust, h=4	Översta	-38,2
	Näst översta	-28,9
Värmeförlust, h=6	Översta	-38,9
	Näst översta	-30,4
Värmeförlust, h=8	Översta	-39,7
	Näst översta	-31,8
Värmeförlust, h=10	Översta	-40,4
	Näst översta	-33,4
Värmeförlust, h=15	Översta	-42,0
	Näst översta	-36,2
Temp ute, -20 C	Översta	-35,2
	Näst översta	-20,9
Temp ute, -10 C	Översta	-35,6
	Näst översta	-22,7
Temp ute, 0 C	Översta	-36,0
	Näst översta	-24,3
Temp ute, 20 C	Översta	-36,7
	Näst översta	-27,0
Temp ute, 30 C	Översta	-37,0
	Näst översta	-28,1
Temp ute, 40 C	Översta	-37,3
	Näst översta	-29,2
Fönster öppet överst	Översta	-38,5
	Näst översta	-25,0
Fönster öppet underst (ovan brandrummet)	Översta	-36,1
	Näst översta	-27,1
Temp. springventil 50 C	Översta	-35,3
	Näst översta	-24,2
Temp. springventil 100 C	Översta	-33,7
	Näst översta	-21,9
Temp. springventil 150 C	Översta	-32,3
	Näst översta	-19,9
Temp. springventil 200 C	Översta	-31,1
	Näst översta	-17,9
Temp. springventil 250 C	Översta	-30,2
	Näst översta	-16,1
Temp. springventil 300 C	Översta	-29,1
	Näst översta	-14,4

Tryckfall översta don 40 Pa	Översta	-67,9
	Näst översta	-55,1
Tryckfall översta don 50 Pa	Översta	-59,0
	Näst översta	-47,0
Tryckfall översta don 60 Pa	Översta	--52,3
	Näst översta	-40,8
Tryckfall översta don 70 Pa	Översta	-47,1
	Näst översta	-35,9
Tryckfall översta don 80 Pa	Översta	-42,8
	Näst översta	-31,9
Tryckfall översta don 90 Pa	Översta	-39,3
	Näst översta	-28,6
Tryckfall översta don 110 Pa	Översta	-33,8
	Näst översta	-23,2
Tryckfall översta don 120 Pa	Översta	-31,5
	Näst översta	-21,0
Tryckfall översta don 130 Pa	Översta	-29,6
	Näst översta	-19,0
Tryckfall översta don 140 Pa	Översta	-27,8
	Näst översta	-17,2
Tryckfall översta don 150 Pa	Översta	-26,3
	Näst översta	-15,6
Tryckfall översta don 170 Pa	Översta	-23,6
	Näst översta	-12,7
Tryckfall översta don 200 Pa	Översta	-20,5
	Näst översta	-8,9

Kanaldiameter 125 mm	Översta	-71,8
	Näst översta	-60,9
Kanaldiameter 160 mm	Översta	-53,4
	Näst översta	-45,3
Kanaldiameter 250 mm	Översta	-21,8
	Näst översta	+8,3
Kanaldiameter 315 mm	Översta	+5,9
	Näst översta	+20,2
Kanaldiameter 400 mm	Översta	+15,2
	Näst översta	+25,3
Kanaldiameter 500 mm	Översta	+17,8
	Näst översta	+27,2

Huvhöjd 1 m	Översta	-39,4
	Näst översta	-29,4
Huvhöjd 2 m	Översta	-37,9
	Näst översta	-27,6
Huvhöjd 4 m	Översta	-34,8
	Näst översta	-23,8
Huvhöjd 5 m	Översta	-33,2
	Näst översta	-21,9
Huvhöjd 6 m	Översta	-31,7
	Näst översta	-19,9
Huvhöjd 7 m	Översta	-30,2
	Näst översta	-17,8
Huvhöjd 8 m	Översta	-28,7
	Näst översta	-15,8

2 böjar	Översta	-25,0
	Näst översta	-10,1
3 böjar	Översta	--28,4
	Näst översta	-15,3
4 böjar	Översta	-31,3
	Näst översta	-19,4
8 böjar	Översta	-40,4
	Näst översta	-30,6
10 böjar	Översta	-43,9
	Näst översta	-34,7
12 böjar	Översta	-47,0
	Näst översta	-38,2
14 böjar	Översta	-49,7
	Näst översta	-41,3

2 meter horisontell kanal	Översta	-32,3
	Näst översta	-20,6
4 meter horisontell kanal	Översta	-34,0
	Näst översta	-22,8
8 meter horisontell kanal	Översta	-37,1
	Näst översta	-26,6
10 meter horisontell kanal	Översta	-38,5
	Näst översta	-28,3
15 meter horisontell kanal	Översta	-41,6
	Näst översta	-32,0
20 meter horisontell kanal	Översta	-44,4
	Näst översta	-35,2
25 meter horisontell kanal	Översta	-46,9
	Näst översta	-38,1

$\alpha = 0,005$	Översta	-7,5
	Näst översta	+16,3
$\alpha = 0,010$	Översta	-16,0
	Näst översta	+12,0
$\alpha = 0,015$	Översta	-20,8
	Näst översta	+7,2
$\alpha = 0,030$	Översta	-28,9
	Näst översta	-13,9
$\alpha = 0,080$	Översta	-46,9
	Näst översta	-39,1
$\alpha = 0,100$	Översta	-52,0
	Näst översta	-45,0
$\alpha = 0,150$	Översta	-62,2
	Näst översta	-56,4
$\alpha = 0,200$	Översta	-70,4
	Näst översta	-65,3

Tidigare i brandfasen	Översta	-8,8
	Näst översta	+7,7
Tidigare i brandfasen	Översta	-17,3
	Näst översta	+1,3
Tidigare i brandfasen	Översta	-28,6
	Näst översta	-16,7

Rumshöjd 2 m (brandflöde)	Översta	-31,6
	Näst översta	-18,7
Rumshöjd 3m (brandflöde)	Översta	-40,6
	Näst översta	-31,3
Rumshöjd 3,5 m (brandflöde)	Översta	-44,4
	Näst översta	-36,1
Rumshöjd 4 m (brandflöde)	Översta	-48,0
	Näst översta	-40,4
Rumshöjd 4,5 m (brandflöde)	Översta	-51,3
	Näst översta	-41,2
Rumshöjd 5 m (brandflöde)	Översta	-54,3
	Näst översta	-47,7
Våningshöjd 4 m (kanal)	Översta	-36,7
	Näst översta	-23,5
Våningshöjd 5 m (kanal)	Översta	-37,1
	Näst översta	-21,2
Våningshöjd 6 m (kanal)	Översta	-37,5
	Näst översta	-18,8

Normalflöde 20 l/s	Översta	-13,2
	Näst översta	-8,4
Normalflöde 30 l/s	Översta	-21,7
	Näst översta	-15,6
Normalflöde 40 l/s	Översta	-29,4
	Näst översta	-21,3
Normalflöde 60 l/s	Översta	-42,6
	Näst översta	-29,0
Normalflöde 70 l/s	Översta	-48,3
	Näst översta	-31,4
Normalflöde 80 l/s	Översta	-53,6
	Näst översta	-33

Kanal på vind 250 mm	Översta	-18,2
	Näst översta	+3,3
Kanal på vind 315 mm	Översta	+5,7
	Näst översta	+12,0
Kanal på vind 400 mm	Översta	+12,7
	Näst översta	+15,5
Kanal på vind 500 mm	Översta	+14,8
	Näst översta	+16,9

Injusteringsspjäll 50 Pa Kanal vind fi 315 mm	Översta Näst översta	-52,6 -44,4
Injusteringsspjäll 50 Pa Kanal vind fi 400 mm	Översta Näst översta	-52,4 -44,2
Injusteringsspjäll 50 Pa Kanal vind fi 500 mm	Översta Näst översta	-52,2 -44,1

Injusteringsspjäll 20 Pa Kanal vind fi 315 mm	Översta Näst översta	-36,6 -26,1
Injusteringsspjäll 20 Pa Kanal vind fi 400 mm	Översta Näst översta	-35,8 -25,0
Injusteringsspjäll 20 Pa Kanal vind fi 500 mm	Översta Näst översta	-35,2 -24,3

Injusteringsspjäll 10 Pa Kanal vind fi 315 mm	Översta Näst översta	-27,2 -13,7
Injusteringsspjäll 10 Pa Kanal vind fi 400 mm	Översta Näst översta	-25,5 -11,1
Injusteringsspjäll 10 Pa Kanal vind fi 500 mm	Översta Näst översta	-24,4 -9,2

Fall 3, Bostadshus, 6 våningsplan, 1 stam, f-system, avluftning

1(2)

Ursprungsfall	Översta Näst översta	-29,1 -17,9
Springventil 5 Pa	Översta Näst översta	-23,5 -8,1
Springventil 3 Pa	Översta Näst översta	-21,1 0,2
Springventil 10 Pa	Översta Näst översta	-27,2 -14,2
Temp brandrum 100 C	Översta Näst översta	-23,8 -19,2
Temp brandrum 200 C	Översta Näst översta	-27,1 -18,7
Temp brandrum 350 C	Översta Näst översta	-29,8 -17,1
Värmeförlust, h=2	Översta Näst översta	-29,6 -19,3
Värmeförlust, h=4	Översta Näst översta	-29,9 -20,5
Värmeförlust, h=6	Översta Näst översta	-30,0 -21,4
Värmeförlust, h=8	Översta Näst översta	-30,2 -22,4
Värmeförlust, h=10	Översta Näst översta	-30,4 -23,4
Värmeförlust, h=15	Översta Näst översta	-30,7 -25,2
Temp ute, -20 C	Översta Näst översta	-29,4 -15,2
Temp ute, -10 C	Översta Näst översta	-29,4 -16,2
Temp ute, 0 C	Översta Näst översta	-29,2 -17,1
Temp ute, 20 C	Översta Näst översta	-29,0 -18,5
Temp ute, 30 C	Översta Näst översta	-28,8 -19,0
Temp ute, 40 C	Översta Näst översta	-28,6 -19,3
Fönster öppet överst	Översta Näst översta	-30,8 -17,6
Fönster öppet underst (ovan brandrummet)	Översta Näst översta	-29,2 -18,0
Temp. springventil 50 C	Översta Näst översta	-28,6 -17,1
Temp. springventil 100 C	Översta Näst översta	-27,7 -16,0
Temp. springventil 150 C	Översta Näst översta	-27,0 -14,9
Temp. springventil 200 C	Översta Näst översta	-26,3 -13,9
Temp. springventil 250 C	Översta Näst översta	-25,8 -13,0
Temp. springventil 300 C	Översta Näst översta	-25,2 -12,2

Tryckfall översta don 40 Pa	Översta Näst översta	-56,7 -43,9
Tryckfall översta don 50 Pa	Översta Näst översta	-48,2 -35,8
Tryckfall översta don 60 Pa	Översta Näst översta	-42,3 -30,1
Tryckfall översta don 70 Pa	Översta Näst översta	-37,9 -26,0
Tryckfall översta don 80 Pa	Översta Näst översta	-34,5 -22,9
Tryckfall översta don 90 Pa	Översta Näst översta	-31,6 -20,2
Tryckfall översta don 110 Pa	Översta Näst översta	-27,0 -15,8
Tryckfall översta don 120 Pa	Översta Näst översta	-25,1 -13,9
Tryckfall översta don 130 Pa	Översta Näst översta	-23,5 -12,2
Tryckfall översta don 140 Pa	Översta Näst översta	-22,1 -10,6
Tryckfall översta don 150 Pa	Översta Näst översta	-20,8 -9,1
Tryckfall översta don 170 Pa	Översta Näst översta	-18,6 -6,2
Tryckfall översta don 200 Pa	Översta Näst översta	-16,0 -1,1

Kanaldiameter 125 mm	Översta Näst översta	-52,7 -42,3
Kanaldiameter 160 mm	Översta Näst översta	-45,6 -36,6
Kanaldiameter 200 mm	Översta Näst översta	-38,6 -29,3
Kanaldiameter 315 mm	Översta Näst översta	-17,1 +10,2
Kanaldiameter 400 mm	Översta Näst översta	+7,1 +19,2
Kanaldiameter 500 mm	Översta Näst översta	+13,8 +22,9

Huvhöjd 1 m	Översta Näst översta	-32,3 -21,8
Huvhöjd 2 m	Översta Näst översta	-30,7 -19,9
Huvhöjd 4 m	Översta Näst översta	-27,5 -15,7
Huvhöjd 5 m	Översta Näst översta	-26,0 -13,4
Huvhöjd 6 m	Översta Näst översta	-24,4 -10,9
Huvhöjd 7 m	Översta Näst översta	-22,8 -8,0
Huvhöjd 8 m	Översta Näst översta	-21,3 -4,4

2 böjar	Översta Näst översta	-19,3 +2,7
3 böjar	Översta Näst översta	-22,3 -6,8
4 böjar	Översta Näst översta	-24,9 -11,7
8 böjar	Översta Näst översta	-32,3 -21,8
10 böjar	Översta Näst översta	-34,6 -24,6
12 böjar	Översta Näst översta	-36,7 -27,2
14 böjar	Översta Näst översta	-38,6 -29,4

2 meter horisontell kanal	Översta Näst översta	-26,5 -14,2
4 meter horisontell kanal	Översta Näst översta	-27,6 -15,8
8 meter horisontell kanal	Översta Näst översta	-29,6 -18,5
10 meter horisontell kanal	Översta Näst översta	-30,5 -19,6
15 meter horisontell kanal	Översta Näst översta	-32,4 -22,0
20 meter horisontell kanal	Översta Näst översta	-33,9 -23,8
25 meter horisontell kanal	Översta Näst översta	-35,4 -25,6

$\alpha = 0,005$	Översta Näst översta	-14,1 +9,1
$\alpha = 0,010$	Översta Näst översta	-17,7 +5,7
$\alpha = 0,015$	Översta Näst översta	-20,0 +1,3
$\alpha = 0,030$	Översta Näst översta	-25,0 +11,8
$\alpha = 0,080$	Översta Näst översta	-34,4 -24,6
$\alpha = 0,100$	Översta Näst översta	-37,0 -27,9
$\alpha = 0,150$	Översta Näst översta	-42,0 -33,8
$\alpha = 0,200$	Översta Näst översta	-46,0 -38,5

Tidigare i brandfasen	Översta Näst översta	-10,3 +3,0
Tidigare i brandfasen	Översta Näst översta	-16,3 -4,6
Tidigare i brandfasen	Översta Näst översta	-24,2 -13,0

Rumshöjd 2 m (brandflöde)	Översta Näst översta	-26,5 -14,2
Rumshöjd 3m (brandflöde)	Översta Näst översta	-31,4 -20,8
Rumshöjd 3,5 m (brandflöde)	Översta Näst översta	-33,0 -22,8
Rumshöjd 4 m (brandflöde)	Översta Näst översta	-34,9 -25,3
Rumshöjd 4,5 m (brandflöde)	Översta Näst översta	-36,7 -27,5
Rumshöjd 5 m (brandflöde)	Översta Näst översta	-38,3 -29,4

Våningshöjd 4 m (kanal)	Översta Näst översta	-30,8 -17,7
Våningshöjd 5 m (kanal)	Översta Näst översta	-32,2 -17,3
Våningshöjd 6 m (kanal)	Översta Näst översta	-33,3 -16,9

Normalflöde 20 l/s	Översta Näst översta	-9,2 +1,8
Normalflöde 30 l/s	Översta Näst översta	-16,0 -7,7
Normalflöde 40 l/s	Översta Näst översta	-22,7 -13,2
Normalflöde 60 l/s	Översta Näst översta	-35,2 -21,9
Normalflöde 70 l/s	Översta Näst översta	-41,1 -25,5
Normalflöde 80 l/s	Översta Näst översta	-47,7 -28,7

Kanal på vind 315 mm	Översta Näst översta	-13,5 +9,1
Kanal på vind 400 mm	Översta Näst översta	+8,6 +15,2
Kanal på vind 500 mm	Översta Näst översta	+13,3 +17,8
Kanal på vind 630 mm	Översta Näst översta	+15,0 +18,9

Injusteringsspjäll 50 Pa Kanal vind fi 315 mm	Översta Näst översta	-36,9 -27,1
Injusteringsspjäll 50 Pa Kanal vind fi 400 mm	Översta Näst översta	-36,7 -27,2
Injusteringsspjäll 50 Pa Kanal vind fi 500 mm	Översta Näst översta	-36,6 -27,0

Injusteringsspjäll 20 Pa Kanal vind fi 315 mm	Översta Näst översta	-27,5 -15,6
Injusteringsspjäll 20 Pa Kanal vind fi 400 mm	Översta Näst översta	-26,9 -14,9
Injusteringsspjäll 20 Pa Kanal vind fi 500 mm	Översta Näst översta	-26,6 -14,3

Injusteringsspjäll 10 Pa Kanal vind fi 315 mm	Översta Näst översta	-21,7 -5,5
Injusteringsspjäll 10 Pa Kanal vind fi 400 mm	Översta Näst översta	-20,9 -3,0
Injusteringsspjäll 10 Pa Kanal vind fi 500 mm	Översta Näst översta	-20,3 -0,6

Fall 5, bostadshus, 3 våningsplan, 1 stam, ft-system, avluftning (OBS Spridning är sammanräknat för både till och frånluft)

1(2)

Ursprungsfall	Översta	-41,4
	Näst översta	-38,8

Springventiler 50 Pa (tryckavlastning)	Översta	-45,8
	Näst översta	-15,0
Springventil 40 Pa (tryckavlastning)	Översta	-44,4
	Näst översta	-6,4
Springventil 30 Pa (tryckavlastning)	Översta	-43,0
	Näst översta	+5,8
Springventil 20 Pa (tryckavlastning)	Översta	-39,0
	Näst översta	+15,2
Springventil 10 Pa (tryckavlastning)	Översta	-29,6
	Näst översta	+25,8

Tryckfall översta don 40 Pa	Översta	-47,2
	Näst översta	-45,0
Tryckfall översta don 50 Pa	Översta	-46,2
	Näst översta	-44,0
Tryckfall översta don 60 Pa	Översta	-45,0
	Näst översta	-42,6
Tryckfall översta don 70 Pa	Översta	-44,0
	Näst översta	-41,6
Tryckfall översta don 80 Pa	Översta	-43,0
	Näst översta	-40,6
Tryckfall översta don 90 Pa	Översta	-42,2
	Näst översta	-39,6
Tryckfall översta don 110 Pa	Översta	-40,6
	Näst översta	-37,8
Tryckfall översta don 120 Pa	Översta	-40,0
	Näst översta	-37,2
Tryckfall översta don 130 Pa	Översta	-39,6
	Näst översta	-36,4
Tryckfall översta don 140 Pa	Översta	-38,6
	Näst översta	-35,8
Tryckfall översta don 150 Pa	Översta	-38,0
	Näst översta	-35,2
Tryckfall översta don 170 Pa	Översta	-37,0
	Näst översta	-34,0
Tryckfall översta don 200 Pa	Översta	-35,4
	Näst översta	-32,2

Kanaldiameter 125 mm	Översta	-97,8
	Näst översta	-98,6
Kanaldiameter 160 mm	Översta	-64,6
	Näst översta	-64,2
Kanaldiameter 250 mm	Översta	-23,8
	Näst översta	-15,8
Kanaldiameter 315 mm	Översta	-6,6
	Näst översta	+16,2
Kanaldiameter 400 mm	Översta	+13,2
	Näst översta	+22,4
Kanaldiameter 500 mm	Översta	+16,2
	Näst översta	+24,6

Huvhöjd 1 m	Översta	-42,4
	Näst översta	-39,8
Huvhöjd 2 m	Översta	-42,0
	Näst översta	-39,2
Huvhöjd 4 m	Översta	-41,0
	Näst översta	-38,2
Huvhöjd 5 m	Översta	-40,4
	Näst översta	-37,6
Huvhöjd 6 m	Översta	-40,0
	Näst översta	-37,2
Huvhöjd 7 m	Översta	-39,4
	Näst översta	-36,6
Huvhöjd 8 m	Översta	-39,0
	Näst översta	-36,2

2 böjar	Översta	-29,6
	Näst översta	-26,4
3 böjar	Översta	-33,0
	Näst översta	-30,0
4 böjar	Översta	-36,2
	Näst översta	-33,2
8 böjar	Översta	-46,0
	Näst översta	-43,4
10 böjar	Översta	-50,0
	Näst översta	-47,6
12 böjar	Översta	-53,8
	Näst översta	-51,4
14 böjar	Översta	-57,0
	Näst översta	-54,8

2 meter horisontell kanal	Översta	-37,0
	Näst översta	-34,2
4 meter horisontell kanal	Översta	-38,8
	Näst översta	-36,0
8 meter horisontell kanal	Översta	-42,2
	Näst översta	-39,6
10 meter horisontell kanal	Översta	-43,8
	Näst översta	-41,2
15 meter horisontell kanal	Översta	-47,2
	Näst översta	-45,0
20 meter horisontell kanal	Översta	-50,8
	Näst översta	-48,4
25 meter horisontell kanal	Översta	-53,8
	Näst översta	-51,4

Rumshöjd 2 m (brandflöde)	Översta	-32,2
	Näst översta	-29,8
Rumshöjd 3m (brandflöde)	Översta	-50,0
	Näst översta	-47,0
Rumshöjd 3,5 m (brandflöde)	Översta	-58,0
	Näst översta	-54,4
Rumshöjd 4 m (brandflöde)	Översta	-65,0
	Näst översta	-60,8
Rumshöjd 4,5 m (brandflöde)	Översta	-71,4
	Näst översta	-66,8
Rumshöjd 5 m (brandflöde)	Översta	-77,0
	Näst översta	-71,8

Fall 5, bostadshus, 3 våningsplan, 1 stam, ft-system, avluftning
(OBS Spridning är sammanräknat för både till och frånluft)

2(2)

Normalflöde 20 l/s	Översta	-24,0
	Näst översta	-20,4
Normalflöde 30 l/s	Översta	-32,6
	Näst översta	-29,4
Normalflöde 40 l/s	Översta	-38,0
	Näst översta	-35,0
Normalflöde 60 l/s	Översta	-43,8
	Näst översta	-41,4
Normalflöde 70 l/s	Översta	-45,8
	Näst översta	-43,2
Normalflöde 80 l/s	Översta	-47,2
	Näst översta	-44,8

Kanal på vind 250 mm	Översta	-26,4
	Näst översta	-18,4
Kanal på vind 315 mm	Översta	-4,6
	Näst översta	+6,2
Kanal på vind 400 mm	Översta	+11,8
	Näst översta	+12,8
Kanal på vind 500 mm	Översta	+14,6
	Näst översta	+15,0

Fönster öppet överst	Översta	-109,4
	Näst översta	-32,4
Fönster öppet ovan brandrum	Översta	-38,0
	Näst översta	-101,4

Fall 6, Bostadshus, 6 våningsplan, 1 stam, ft-system, avluftning (OBS Spridning är sammanräknat för både till och frånluft)

1(2)

Ursprungsfall	Översta	-30,2
	Näst översta	-22,8

Springventiler 50 Pa (tryckavlastning)	Översta	-40,0
	Näst översta	-12,6
Springventil 40 Pa (tryckavlastning)	Översta	-39,6
	Näst översta	-9,4
Springventil 30 Pa (tryckavlastning)	Översta	-39,0
	Näst översta	-3,6
Springventil 20 Pa (tryckavlastning)	Översta	-37,8
	Näst översta	+5,4
Springventil 10 Pa (tryckavlastning)	Översta	-34,2
	Näst översta	-12,8

Tryckfall översta don 40 Pa	Översta	-35,6
	Näst översta	-23,2
Tryckfall översta don 50 Pa	Översta	-30,8
	Näst översta	-21,6
Tryckfall översta don 60 Pa	Översta	-33,2
	Näst översta	-23,6
Tryckfall översta don 70 Pa	Översta	-32,4
	Näst översta	-25,2
Tryckfall översta don 80 Pa	Översta	-31,6
	Näst översta	-24,4
Tryckfall översta don 90 Pa	Översta	-31,0
	Näst översta	-23,4
Tryckfall översta don 110 Pa	Översta	-30,0
	Näst översta	-22,6
Tryckfall översta don 120 Pa	Översta	-29,0
	Näst översta	-21,4
Tryckfall översta don 130 Pa	Översta	-28,6
	Näst översta	-20,6
Tryckfall översta don 140 Pa	Översta	-28,0
	Näst översta	-20,0
Tryckfall översta don 150 Pa	Översta	-27,6
	Näst översta	-19,6
Tryckfall översta don 170 Pa	Översta	-26,6
	Näst översta	-18,6
Tryckfall översta don 200 Pa	Översta	-25,6
	Näst översta	-17,4

Kanaldiameter 125 mm	Översta	-83,0
	Näst översta	-80,8
Kanaldiameter 160 mm	Översta	-61,2
	Näst översta	-59,2
Kanaldiameter 200 mm	Översta	-43,6
	Näst översta	-39,4
Kanaldiameter 315 mm	Översta	-16,2
	Näst översta	+11,4
Kanaldiameter 400 mm	Översta	+10,6
	Näst översta	+22,4
Kanaldiameter 500 mm	Översta	+16,6
	Näst översta	+26,0

Huvhöjd 1 m	Översta	-33,2
	Näst översta	-26,2
Huvhöjd 2 m	Översta	-31,8
	Näst översta	-24,4
Huvhöjd 4 m	Översta	-28,8
	Näst översta	-21,0
Huvhöjd 5 m	Översta	-27,4
	Näst översta	-19,2
Huvhöjd 6 m	Översta	-26,2
	Näst översta	-17,6
Huvhöjd 7 m	Översta	-24,8
	Näst översta	-15,6
Huvhöjd 8 m	Översta	-23,4
	Näst översta	-13,4

2 böjar	Översta	-20,0
	Näst översta	-7,6
3 böjar	Översta	-23,4
	Näst översta	-13,6
4 böjar	Översta	-26,0
	Näst översta	-17,4
8 böjar	Översta	-33,8
	Näst översta	-26,8
10 böjar	Översta	-36,4
	Näst översta	-29,8
12 böjar	Översta	-39,0
	Näst översta	-32,8
14 böjar	Översta	-41,2
	Näst översta	-35,2

2 meter horisontell kanal	Översta	-27,4
	Näst översta	-19,2
4 meter horisontell kanal	Översta	-28,6
	Näst översta	-20,6
8 meter horisontell kanal	Översta	-30,8
	Näst översta	-23,4
10 meter horisontell kanal	Översta	-31,8
	Näst översta	-24,6
15 meter horisontell kanal	Översta	-34,0
	Näst översta	-27,2
20 meter horisontell kanal	Översta	-35,8
	Näst översta	-29,0
25 meter horisontell kanal	Översta	-37,4
	Näst översta	-31,0

Rumshöjd 2 m (brandflöde)	Översta	-24,4
	Näst översta	-17,2
Rumshöjd 3m (brandflöde)	Översta	-35,8
	Näst översta	-27,6
Rumshöjd 3,5 m (brandflöde)	Översta	-40,8
	Näst översta	-32,0
Rumshöjd 4 m (brandflöde)	Översta	-45,2
	Näst översta	-35,8
Rumshöjd 4,5 m (brandflöde)	Översta	-49,0
	Näst översta	-39,0
Rumshöjd 5 m (brandflöde)	Översta	-52,6
	Näst översta	-41,8

Fall 6, Bostadshus, 6 våningsplan, 1 stam, ft-system, avluftning
(OBS Spridning är sammanräknat för både till och frånluft)

2(2)

Normalflöde 20 l/s	Översta	-15,6
	Näst översta	-6,8
Normalflöde 30 l/s	Översta	-22,6
	Näst översta	-15,0
Normalflöde 40 l/s	Översta	-26,8
	Näst översta	-19,2
Normalflöde 60 l/s	Översta	-31,0
	Näst översta	-25,4
Normalflöde 70 l/s	Översta	-35,4
	Näst översta	-27,6
Normalflöde 80 l/s	Översta	-37,4
	Näst översta	-29,4

Kanal på vind 315 mm	Översta	-14,2
	Näst översta	+8,6
Kanal på vind 400 mm	Översta	+11,0
	Näst översta	+18,4
Kanal på vind 500 mm	Översta	+16,0
	Näst översta	+21,4
Kanal på vind 630 mm	Översta	+17,8
	Näst översta	+22,8

Fönster öppet överst	Översta	-71,4
	Näst översta	-19,6
Fönster öppet ovan brandrum	Översta	-31,2
	Näst översta	-24,0

Fall 7, Kontorshus, 3 våningsplan, 200 m², 1 stam, ft-system, avluftning 1(1)

(OBS Spridning är sammanräknat för både till och frånluft)

Ursprungsfall	Översta	-68,4
	Näst översta	+57,6

Temp brandrum 20 C	Översta	-129,0
	Näst översta	-124,6

Temp brandrum 100 C	Översta	-106,2
	Näst översta	-81,4

Temp brandrum 200 C	Översta	-84,4
	Näst översta	-4,6

Springventiler 50 Pa (tryckavlastning)	Översta	-50,4
	Näst översta	+224,0

Springventil 40 Pa (tryckavlastning)	Översta	-41,8
	Näst översta	+230,4

Springventil 30 Pa (tryckavlastning)	Översta	-29,2
	Näst översta	+237,8

Springventil 20 Pa (tryckavlastning)	Översta	-9,2
	Näst översta	+245,8

Springventil 10 Pa (tryckavlastning)	Översta	+15,4
	Näst översta	+254,6

Tryckfall översta don 50 Pa	Översta	-75,6
	Näst översta	+51,4

Tryckfall översta don 70 Pa	Översta	-72,4
	Näst översta	+54,6

Tryckfall översta don 130 Pa	Översta	-35,4
	Näst översta	+60,0

Tryckfall översta don 160 Pa	Översta	-62,6
	Näst översta	+61,8

Tryckfall översta don 200 Pa	Översta	-59,6
	Näst översta	+63,4

Kanaldiameter 315 mm	Översta	-132,2
	Näst översta	-88,2

Kanaldiameter 500 mm	Översta	+40,8
	Näst översta	+101,4

Kanaldiameter 615 mm	Översta	+73,4
	Näst översta	+120,4

Huvhöjd 1 m	Översta	-95,2
	Näst översta	+11,2

Huvhöjd 5 m	Översta	-25,4
	Näst översta	+82,2

Huvhöjd 7 m	Översta	+41,8
	Näst översta	+94,2

Huvhöjd 9 m	Översta	+70,4
	Näst översta	+108,6

2 böjar	Översta	+26,6
	Näst översta	+89,2

4 böjar	Översta	+41,2
	Näst översta	+76,6

10 böjar	Översta	-97,4
	Näst översta	-4,0

15 böjar	Översta	-123,6
	Näst översta	-71,2

3 meter horisontell kanal	Översta	-61,0
	Näst översta	+64,6

10 meter horisontell kanal	Översta	-73,8
	Näst översta	+52,6

15 meter horisontell kanal	Översta	-41,2
	Näst översta	+43,0

20 meter horisontell kanal	Översta	-87,6
	Näst översta	+32,0

25 meter horisontell kanal	Översta	-93,0
	Näst översta	+19,0

Rumshöjd 2 m (brandflöde)	Översta	-48,2
	Näst översta	+62,6

Rumshöjd 3m (brandflöde)	Översta	-87,4
	Näst översta	+50,4

Rumshöjd 4 m (brandflöde)	Översta	-121,4
	Näst översta	+27,8

Normalflöde 200 l/s	Översta	+41,8
	Näst översta	+57,4

Normalflöde 300 l/s	Översta	-57,4
	Näst översta	+57,4

Normalflöde 500 l/s	Översta	-78,0
	Näst översta	+59,0

Normalflöde 600 l/s	Översta	-86,6
	Näst översta	+60,6

Kanal på vind 500 mm	Översta	+38,8
	Näst översta	+93,2

Kanal på vind 615 mm	Översta	+70,4
	Näst översta	+108,8

Kanal på vind 800 mm	Översta	+81,2
	Näst översta	+115,4

Fönster öppet överst	Översta	-201,0
	Näst översta	+75,6

Fönster öppet ovan brandrum	Översta	-77,2
	Näst översta	+112,8

Fall 8, Kontor, 3 våningsplan, 200 m², 15 stammar, ft-system, avluftning

(OBS Spridning är sammanräknat för både till och frånluft)

1(1)

Brand i ett stängt rum 15 m ² .	Översta Näst översta	-23,6 -22,4	OBS till ett specifikt kontorsrum, 15 m ² , ovan brandrummet
Brand i hela brandcellen	Översta Näst översta	-2,6 (-19,5) +8,0 (+120)	OBS till ett specifikt kontorsrum, 15 m ² Siffra inom parantes avser hela kontorsbrand-cellen (200 m ²)

Fall 9, Kontor 3 våningsplan, 1000 m², 1 stam, ft-system, avluftning

(OBS Spridning är sammanräknat för både till och frånluft)

1(1)

Ursprungsfall	Översta	+140
	Näst översta	+216,6

Fall 10, Kontorshus, 6 våningsplan, 200 m², 1 stam, ft-system, avluftning

(OBS Spridning är sammanräknat för både till och frånluft)

1(1)

Ursprungsfall	Översta	+41,8
	Näst översta	+75,0

Temp brandrum 20 C	Översta	-38,0
	Näst översta	-33,8

Temp brandrum 100 C	Översta	-14,0
	Näst översta	+41,6

Temp brandrum 200 C	Översta	+30,4
	Näst översta	+63,8

Springventiler 50 Pa (tryckavlastning)	Översta	-76,0
	Näst översta	+183,6

Springventil 40 Pa (tryckavlastning)	Översta	-81,0
	Näst översta	+185,0

Springventil 30 Pa (tryckavlastning)	Översta	-86,2
	Näst översta	+186,4

Springventil 20 Pa (tryckavlastning)	Översta	-91,2
	Näst översta	+187,8

Springventil 10 Pa (tryckavlastning)	Översta	-95,6
	Näst översta	+189,0

Tryckfall översta don 50 Pa	Översta	+39,2
	Näst översta	+74,6

Tryckfall översta don 70 Pa	Översta	+41,0
	Näst översta	+75,0

Tryckfall översta don 130 Pa	Översta	+42,2
	Näst översta	+75,0

Tryckfall översta don 160 Pa	Översta	+42,4
	Näst översta	+74,8

Tryckfall översta don 200 Pa	Översta	+42,6
	Näst översta	+74,4

Kanaldiameter 400 mm	Översta	-49,8
	Näst översta	+33,2

Kanaldiameter 500 mm	Översta	-24,0
	Näst översta	+56,2

Kanaldiameter 800 mm	Översta	+55,0
	Näst översta	+83,6

Huvhöjd 1 m	Översta	-22,6
	Näst översta	+59,0

Huvhöjd 5 m	Översta	+63,4
	Näst översta	+88,4

Huvhöjd 7 m	Översta	+78,8
	Näst översta	+99,8

Huvhöjd 9 m	Översta	+91,6
	Näst översta	+109,8

2 böjar	Översta	+53,8
	Näst översta	+82,0

4 böjar	Översta	+48,0
	Näst översta	+78,6

10 böjar	Översta	+26,4
	Näst översta	+68,0

15 böjar	Översta	-18,8
	Näst översta	+60,2

3 meter horisontell kanal	Översta	+43,2
	Näst översta	+75,8

10 meter horisontell kanal	Översta	+40,8
	Näst översta	+74,4

15 meter horisontell kanal	Översta	+38,8
	Näst översta	+73,6

20 meter horisontell kanal	Översta	+37,0
	Näst översta	+72,6

25 meter horisontell kanal	Översta	+35,2
	Näst översta	+71,8

Rumshöjd 2 m (brandflöde)	Översta	+38,4
	Näst översta	+64,2

Rumshöjd 3m (brandflöde)	Översta	+42,8
	Näst översta	+84,4

Rumshöjd 4 m (brandflöde)	Översta	+37,2
	Näst översta	+99,4

Normalflöde 200 l/s	Översta	+41,8
	Näst översta	+71,2

Normalflöde 300 l/s	Översta	+42,0
	Näst översta	+73,8

Normalflöde 500 l/s	Översta	+41,4
	Näst översta	+76,0

Normalflöde 600 l/s	Översta	+40,8
	Näst översta	+76,6

Kanal på vind 800 mm	Översta	+54,6
	Näst översta	+82,6

Kanal på vind 1000 mm	Översta	+59,0
	Näst översta	+85,4

Kanal på vind 1250 mm	Översta	+60,6
	Näst översta	+86,6

Fönster öppet överst	Översta	+184,0
	Näst översta	+71,0

Fönster öppet ovan brandrum	Översta	+14,8
	Näst översta	+58,4

Fall 11, Kontor, 6 våningsplan, 200 m², 15 stammar, ft-system, avluftning

(OBS Spridning är sammanräknat för både till och frånluft)

1(1)

Brand i ett stängt rum 20 m ² .	Översta Näst översta	-10,2 -6,2	OBS till ett specifikt kontorsrum, 15 m ² , ovan brandrummet
Brand i hela brandcellen	Översta Näst översta	+6,8 (+102) +10,0 (+150)	OBS till ett specifikt kontorsrum, 15 m ² Siffror inom parentes avser hela kontorsbrand-cellen (200 m ²)

Fall 12, Kontor 6 våningsplan, 1000 m², 1 stam, ft-system, avluftning **1(1)**
(OBS Spridning är sammanräknat för både till och frånluft)

Ursprungsfall	Översta	+140,4
	Näst översta	+205,4

Fall 13, Hotell, 3 våningsplan, 20 m², 1 stam, ft-system, avluftning

1(1)

(OBS Spridning är sammanräknat för både till och frånluft)

Ursprungsfall	Översta	-17,0
	Näst översta	-15,2

Temp brandrum 20 C	Översta	-21,8
	Näst översta	-22,6

Temp brandrum 100 C	Översta	-20,2
	Näst översta	-20,2

Temp brandrum 200 C	Översta	-18,4
	Näst översta	-17,6

Temp brandrum 350 C	Översta	-16,2
	Näst översta	-14,0

Springventiler 50 Pa (tryckavlastning)	Översta	-16,2
	Näst översta	+3,6

Springventil 40 Pa (tryckavlastning)	Översta	-15,4
	Näst översta	+5,8

Springventil 30 Pa (tryckavlastning)	Översta	-14,4
	Näst översta	+7,8

Springventil 20 Pa (tryckavlastning)	Översta	-12,2
	Näst översta	+10,4

Springventil 10 Pa (tryckavlastning)	Översta	-7,0
	Näst översta	+13,4

Tryckfall översta don 50 Pa	Översta	-19,8
	Näst översta	-18,2

Tryckfall översta don 70 Pa	Översta	-18,6
	Näst översta	-17,0

Tryckfall översta don 130 Pa	Översta	-15,8
	Näst översta	-13,8

Tryckfall översta don 160 Pa	Översta	-14,8
	Näst översta	-12,6

Tryckfall översta don 200 Pa	Översta	-15,6
	Näst översta	-11,4

Kanaldiameter 125 mm	Översta	-31,4
	Näst översta	-31,8

Kanaldiameter 200 mm	Översta	-8,6
	Näst översta	+1,6

Kanaldiameter 250 mm	Översta	+3,8
	Näst översta	+9,6

Kanaldiameter 315 mm	Översta	+7,4
	Näst översta	+11,6

Huvhöjd 1 m	Översta	-17,8
	Näst översta	-16,2

Huvhöjd 5 m	Översta	-16,0
	Näst översta	-14,2

Huvhöjd 7 m	Översta	-15,2
	Näst översta	-13,2

Huvhöjd 9 m	Översta	-14,2
	Näst översta	-12,2

2 böjar	Översta	-12,0
	Näst översta	-9,6

4 böjar	Översta	-14,8
	Näst översta	-12,8

10 böjar	Översta	-20,6
	Näst översta	-19,0

15 böjar	Översta	-24,2
	Näst översta	-22,8

3 meter horisontell kanal	Översta	-15,2
	Näst översta	-13,2

10 meter horisontell kanal	Översta	-18,2
	Näst översta	-16,6

15 meter horisontell kanal	Översta	-20,0
	Näst översta	-19,4

20 meter horisontell kanal	Översta	-21,6
	Näst översta	-20,2

25 meter horisontell kanal	Översta	-23,2
	Näst översta	-21,8

Rumshöjd 2 m (brandflöde)	Översta	-13,6
	Näst översta	-12,0

Rumshöjd 3m (brandflöde)	Översta	-20,0
	Näst översta	-18,2

Rumshöjd 4 m (brandflöde)	Översta	-25,4
	Näst översta	-23,2

Normalflöde 15 l/s	Översta	-14,4
	Näst översta	-12,4

Normalflöde 25 l/s	Översta	-18,8
	Näst översta	-17,2

Normalflöde 30 l/s	Översta	-20,0
	Näst översta	-18,6

Normalflöde 40 l/s	Översta	-21,8
	Näst översta	-20,4

Kanal på vind 200 mm	Översta	-8,2
	Näst översta	-4,4

Kanal på vind 250 mm	Översta	+3,6
	Näst översta	+6,2

Kanal på vind 315 mm	Översta	+7,0
	Näst översta	+8,4

Kanal på vind 400 mm	Översta	+8,0
	Näst översta	+9,2

Fönster öppet överst	Översta	-37,4
	Näst översta	-15,6

Fönster öppet ovan brandrum	Översta	-33,4
	Näst översta	-16,0

Fall 14, Hotell, 3 våningsplan, 20 m², 3 stammar, ft-system, avluftning 1(1)
(OBS Spridning är sammanräknat för både till och frånluft)

Injusteringsspjäll 50 Pa	Översta	-32,6
	Näst översta	-31,6
Injusteringsspjäll 40 Pa	Översta	-29,6
	Näst översta	-28,4
Injusteringsspjäll 30 Pa	Översta	-25,8
	Näst översta	-24,6
Injusteringsspjäll 20 Pa	Översta	-21,2
	Näst översta	-19,8
Injusteringsspjäll 10 Pa	Översta	-14,4
	Näst översta	-12,4

Fall 15, Hotell, 6 våningsplan, 20 m², 1 stam, ft-system, avluftning

(OBS Spridning är sammanräknat för både till och frånluft)

1(1)

Ursprungsfall	Översta	-16,2
	Näst översta	-14,2

Temp brandrum 20 C	Översta	-19,0
	Näst översta	-19,8

Temp brandrum 100 C	Översta	-18,0
	Näst översta	-17,8

Temp brandrum 200 C	Översta	-17,0
	Näst översta	-15,8

Temp brandrum 350 C	Översta	-15,8
	Näst översta	-13,6

Springventiler 50 Pa (tryckavlastning)	Översta	-21,0
	Näst översta	-14,0

Springventil 40 Pa (tryckavlastning)	Översta	-20,8
	Näst översta	-13,4

Springventil 30 Pa (tryckavlastning)	Översta	-20,4
	Näst översta	-12,4

Springventil 20 Pa (tryckavlastning)	Översta	-19,6
	Näst översta	-10,8

Springventil 10 Pa (tryckavlastning)	Översta	-17,6
	Näst översta	-6,8

Tryckfall översta don 50 Pa	Översta	-19,0
	Näst översta	-17,4

Tryckfall översta don 70 Pa	Översta	-17,6
	Näst översta	-15,8

Tryckfall översta don 130 Pa	Översta	-15,2
	Näst översta	-13,0

Tryckfall översta don 160 Pa	Översta	-14,4
	Näst översta	-12,2

Tryckfall översta don 200 Pa	Översta	-13,4
	Näst översta	-11,2

Kanaldiameter 120 mm	Översta	-26,2
	Näst översta	-26,0

Kanaldiameter 200 mm	Översta	-10,6
	Näst översta	-6,2

Kanaldiameter 250 mm	Översta	-3,6
	Näst översta	+7,6

Kanaldiameter 315 mm	Översta	+6,0
	Näst översta	+10,6

Huvhöjd 1 m	Översta	-17,0
	Näst översta	-15,0

Huvhöjd 5 m	Översta	-15,4
	Näst översta	-13,4

Huvhöjd 7 m	Översta	-14,6
	Näst översta	-12,6

Huvhöjd 9 m	Översta	-14,0
	Näst översta	-11,8

2 böjar	Översta	-12,4
	Näst översta	-10,2

4 böjar	Översta	-14,4
	Näst översta	-12,2

10 böjar	Översta	-19,0
	Näst översta	-17,2

15 böjar	Översta	-21,8
	Näst översta	-20,2

3 meter horisontell kanal	Översta	-14,8
	Näst översta	-12,6

10 meter horisontell kanal	Översta	-17,2
	Näst översta	-15,2

15 meter horisontell kanal	Översta	-18,6
	Näst översta	-16,8

20 meter horisontell kanal	Översta	-19,8
	Näst översta	-18,2

25 meter horisontell kanal	Översta	-21,0
	Näst översta	-19,4

Rumshöjd 2 m (brandflöde)	Översta	-13,2
	Näst översta	-11,4

Rumshöjd 3m (brandflöde)	Översta	-18,8
	Näst översta	-16,8

Rumshöjd 4 m (brandflöde)	Översta	-23,6
	Näst översta	-21,0

Normalflöde 15 l/s	Översta	-14,2
	Näst översta	-12,0

Normalflöde 25 l/s	Översta	-17,6
	Näst översta	-15,8

Normalflöde 30 l/s	Översta	-18,6
	Näst översta	-16,8

Normalflöde 40 l/s	Översta	-19,6
	Näst översta	-18,2

Kanal på vind 200 mm	Översta	-9,2
	Näst översta	-6,6

Kanal på vind 250 mm	Översta	+1,4
	Näst översta	+4,2

Kanal på vind 315 mm	Översta	+6,2
	Näst översta	+6,8

Kanal på vind 400 mm	Översta	+7,4
	Näst översta	+7,8

Fönster öppet överst	Översta	-36,2
	Näst översta	-12,8

Fönster öppet ovan brandrum	Översta	-15,8
	Näst översta	-13,8

Fall 16, Hotell, 6 våningsplan, 20 m², 3 stammar, ft-system, avluftning **1(1)**
(OBS Spridning är sammanräknat för både till och frånluft)

Injusteringsspjäll 50 Pa	Översta	-15,8
	Näst översta	-13,8
Injusteringsspjäll 40 Pa	Översta	-14,2
	Näst översta	-12,0
Injusteringsspjäll 30 Pa	Översta	-12,4
	Näst översta	-10,2
Injusteringsspjäll 20 Pa	Översta	-9,8
	Näst översta	-7,4
Injusteringsspjäll 10 Pa	Översta	-5,8
	Näst översta	-1,8

Fall 17, Butiker, 3 st på ett system, 200 m², 1 stam, ft-system, avluftning 1(2)

(OBS Spridning är sammanräknat för både till och frånluft)

Ursprungsfall	Längst bort från brandrum	+8,2
	Närmast brandrum	-26,6

Temp brandrum 20 C	Närmast utflöde	-132,8
	Närmast brandrum	-115,2
Temp brandrum 100 C	Längst bort från brandrum	-84,8
	Närmast brandrum	-88,4
Temp brandrum 200 C	Längst bort från brandrum	-51,4
	Närmast brandrum	-57,8

Tryckfall don längst bort på syst. 70 Pa	Längst bort från brandrum	-25,2
	Närmast brandrum	-38,2
Tryckfall don längst bort på syst. 100 Pa	Längst bort från brandrum	-18,0
	Närmast brandrum	-33,8
Tryckfall don längst bort på syst. 150 Pa	Längst bort från brandrum	-1,8
	Närmast brandrum	-28,2
Tryckfall don längst bort på syst. 250 Pa	Längst bort från brandrum	+17,6
	Närmast brandrum	-20,6

Huvhöjd 1 m	Längst bort från brandrum	-72,6
	Närmast brandrum	-76,2
Huvhöjd 2 m	Längst bort från brandrum	-48,6
	Närmast brandrum	-56,6
Huvhöjd 5 m	Längst bort från brandrum	+62,6
	Närmast brandrum	+51,4
Huvhöjd 7 m	Längst bort från brandrum	+92,2
	Närmast brandrum	+83,6

5 böjar	Längst bort från brandrum	+70,2
	Närmast brandrum	+58,8
10 böjar	Längst bort från brandrum	+56,0
	Närmast brandrum	+41,4
15 böjar	Längst bort från brandrum	+35,4
	Närmast brandrum	+15,6
30 böjar	Längst bort från brandrum	-53,2
	Närmast brandrum	-58,6

Rumshöjd 2,5 m (brandflöde)	Längst bort från brandrum	+26,6
	Närmast brandrumrum	+16,6
Rumshöjd 5m (brandflöde)	Längst bort från brandrum	-51,4
	Närmast brandrum	-62,2
Rumshöjd 7 m (brandflöde)	Längst bort från brandrum	-97,6
	Närmast brandrum	-109,2

10 meter horisontell kanal	Längst bort från brandrum	-23,6
	Närmast brandrum	-16,0
20 meter horisontell kanal	Längst bort från brandrum	-17,2
	Närmast brandrum	-22,2
50 meter horisontell kanal	Längst bort från brandrum	-19,0
	Närmast brandrum	-33,2

Normalflöde 400 l/s	Längst bort från brandrum	+25,0
	Närmast brandrum	-7,2
Normalflöde 500 l/s	Längst bort från brandrum	+17,2
	Närmast brandrum	-20,8
Normalflöde 700 l/s	Längst bort från brandrum	-6,0
	Närmast brandrum	-29,2

Fall 17, Butiker, 3 st på ett system, 200 m², 1 stam, ft-system, avluftning 2(2)
(OBS Spridning är sammanräknat för både till och frånluft)

Dörr öppen i butik närmast rökutluftning	Längst bort från brandrum Närmast brandrum	+13,6 -27,6
Dörr öppen i butik närmast brandbutik	Längst bort från brandrum Närmast brandrum	+17,4 -77,0

Ursprungsfall	Översta	-47,9
	Näst översta	-39,2

Springventil 3 Pa	Översta	-13,7
	Näst översta	+12,9

Springventil 5 Pa	Översta	-26,0
	Näst översta	-4,1

Springventil 10 Pa	Översta	-41,6
	Näst översta	-31,1

Temp brandrum 100 C	Översta	-35,3
	Näst översta	-32,1

Temp brandrum 200 C	Översta	-44,6
	Näst översta	-38,5

Temp brandrum 20 C	Översta	-20,8
	Näst översta	-22,0

Fönster öppet Översta plan	Översta	-50,7
	Näst översta	-38,5

Fönster öppet underst (ovan brandrummet)	Översta	-47,5
	Näst översta	-41,4

Temp. springventil 100 C	Översta	-44,8
	Näst översta	-35,4

Temp. springventil 200 C	Översta	-39,3
	Näst översta	-28,7

Temp. springventil 300 C	Översta	-34,3
	Näst översta	-21,9

Tryckfall översta don 50 Pa	Översta	-75,2
	Näst översta	-64,4

Tryckfall översta don 70 Pa	Översta	-60,9
	Näst översta	-51,3

Tryckfall översta don 130 Pa	Översta	-39,7
	Näst översta	-31,5

Tryckfall översta don 160 Pa	Översta	-31,1
	Näst översta	-22,6

Tryckfall översta don 200 Pa	Översta	-25,7
	Näst översta	-17,0

Kanaldiameter 125 mm	Översta	-78,9
	Näst översta	-66,7

Kanaldiameter 160 mm	Översta	-62,2
	Näst översta	-54,0

Kanaldiameter 250 mm	Översta	-30,5
	Näst översta	-14,8

Kanaldiameter 315 mm	Översta	-13,8
	Näst översta	+16,5

Kanaldiameter 400 mm	Översta	+11,8
	Näst översta	+23,4

Kanaldiameter 500 mm	Översta	+16,6
	Näst översta	+26,5

Huvhöjd 1 m	Översta	-50,4
	Näst översta	-42,0

Huvhöjd 6 m	Översta	-44,4
	Näst översta	-35,0

Huvhöjd 8 m	Översta	-41,8
	Näst översta	-32,2

Rumshöjd 2 m (brandflöde)	Översta	-42,3
	Näst översta	-32,3

Rumshöjd 4 m (brandflöde)	Översta	-61,9
	Näst översta	-55,1

Rumshöjd 5 m (brandflöde)	Översta	-69,6
	Näst översta	-63,4

Normalflöde 20 l/s	Översta	-17,1
	Näst översta	-13,6

Normalflöde 30 l/s	Översta	-29,6
	Näst översta	-25,1

Normalflöde 40 l/s	Översta	-39,3
	Näst översta	-33,0

Normalflöde 60 l/s	Översta	-55,6
	Näst översta	-44,1

Normalflöde 70 l/s	Översta	-62,5
	Näst översta	-47,8

Normalflöde 80 l/s	Översta	-68,8
	Näst översta	-50,6

Flätkapacitet 20 Pa	Översta	-45,1
	Näst översta	-36,0

Flätkapacitet 40 Pa	Översta	-42,2
	Näst översta	-32,7

Flätkapacitet 60 Pa	Översta	-39,2
	Näst översta	-29,2

Flätkapacitet 80 Pa	Översta	-36,1
	Näst översta	-25,5

Flätkapacitet 100 Pa	Översta	-33,0
	Näst översta	-21,5

Flätkapacitet 120 Pa	Översta	-29,8
	Näst översta	-17,3

Flätkapacitet 140 Pa	Översta	-26,5
	Näst översta	-12,6

Flätkapacitet 160 Pa	Översta	-23,3
	Näst översta	-7,2

Fall 19, Bostadshus, 3 våningsplan, 3 stammar, f-system, fläkt i drift**1(2)**

Ursprungsfall	Översta Näst översta	-35,7 -24,9
Springventil 3 Pa	Översta Näst översta	+8,6 +17,7
Springventil 5 Pa	Översta Näst översta	-12,2 +12,2
Springventil 10 Pa	Översta Näst översta	-27,5 -12,0
Springventil 20 Pa	Översta Näst översta	-41,6 -32,6
Temp brandrum 100 C	Översta Näst översta	-21,0 -17,9
Temp brandrum 200 C	Översta Näst översta	-29,1 -21,4
Temp brandrum 20 C	Översta Näst översta	-12,3 -15,6
Fönster öppet Översta plan	Översta Näst översta	-37,6 -24,0
Fönster öppet underst (ovan brandrummet)	Översta Näst översta	-35,3 -26,0
Temp. springventil 100 C	Översta Näst översta	-30,7 -17,9
Temp. springventil 200 C	Översta Näst översta	-25,4 -8,6
Temp. springventil 300 C	Översta Näst översta	-22,5 +0,7
Tryckfall översta don 50 Pa	Översta Näst översta	-72,0 -61,0
Tryckfall översta don 70 Pa	Översta Näst översta	-54,0 -43,7
Tryckfall översta don 130 Pa	Översta Näst översta	-24,2 -11,2
Tryckfall översta don 160 Pa	Översta Näst översta	-16,9 +3,3
Tryckfall översta don 200 Pa	Översta Näst översta	-3,0 +10,5
Kanaldiameter 160 mm (upp till stam)	Översta Näst översta	-31,3 -25,1
Kanaldiameter 250 mm (upp till stam)	Översta Näst översta	-37,9 -26,4
Kanaldiameter 315 mm (upp till stam)	Översta Näst översta	-38,5 -27,0
Normalflöde 30 l/s	Översta Näst översta	-36,1 -32,5
Normalflöde 40 l/s	Översta Näst översta	-35,7 -28,8
Normalflöde 60 l/s	Översta Näst översta	-34,3 -18,4
Normalflöde 70 l/s	Översta Näst översta	-37,2 -17,2
Normalflöde 80 l/s	Översta Näst översta	-37,9 -12,9

Normalflöde 30 l/s	Översta Näst översta	-39,4 -36,1	Obs konstant tryck i fläkt
Normalflöde 40 l/s	Översta Näst översta	-37,9 -31,4	Obs konstant tryck i fläkt
Normalflöde 60 l/s	Översta Näst översta	-33,6 -17,5	Obs konstant tryck i fläkt
Normalflöde 70 l/s	Översta Näst översta	-32,0 -9,6	Obs konstant tryck i fläkt
Normalflöde 80 l/s	Översta Näst översta	-31,0 -1,6	Obs konstant tryck i fläkt

Injusteringsspjäll 10 Pa	Översta Näst översta	+7,3 +12,6
Injusteringsspjäll 20 Pa	Översta Näst översta	-16,0 +5,5
Injusteringsspjäll 30 Pa	Översta Näst översta	-24,0 -8,4
Injusteringsspjäll 40 Pa	Översta Näst översta	-30,5 -18,2
Injusteringsspjäll 70 Pa	Översta Näst översta	-47,1 -38,4
Injusteringsspjäll 100 Pa	Översta Näst översta	-52,4 -44,3

Ursprungsfall	Översta	-16,1
	Näst översta	+6,5

Springventil 3 Pa	Översta	+22,6
	Näst översta	+25,5

Springventil 5 Pa	Översta	+14,2
	Näst översta	+19,2

Springventil 10 Pa	Översta	-8,2
	Näst översta	+12,2

Temp brandrum 100 C	Översta	+13,7
	Näst översta	+13,8

Temp brandrum 200 C	Översta	-6,5
	Näst översta	+9,8

Temp brandrum 20 C	Översta	+24,9
	Näst översta	+21,2

Fönster öppet Översta plan	Översta	-18,8
	Näst översta	+5,1

Fönster öppet underst (ovan brandrummet)	Översta	-18,1
	Näst översta	+4,6

Temp. springventil 100 C	Översta	-12,1
	Näst översta	+10,2

Temp. springventil 200 C	Översta	-5,2
	Näst översta	+13,0

Temp. springventil 300 C	Översta	+4,3
	Näst översta	+14,2

Tryckfall översta don 50 Pa	Översta	-47,9
	Näst översta	-35,4

Tryckfall översta don 70 Pa	Översta	-33,1
	Näst översta	-20,2

Tryckfall översta don 130 Pa	Översta	-0,4
	Näst översta	+12,5

Tryckfall översta don 160 Pa	Översta	+10,6
	Näst översta	+15,4

Tryckfall översta don 200 Pa	Översta	+16,6
	Näst översta	+19,2

Kanaldiameter 125 mm	Översta	-46,5
	Näst översta	-37,5

Kanaldiameter 160 mm	Översta	-35,8
	Näst översta	-27,6

Kanaldiameter 200 mm	Översta	-27,8
	Näst översta	-17,8

Kanaldiameter 315 mm	Översta	-4,1
	Näst översta	+16,2

Kanaldiameter 400 mm	Översta	+11,3
	Näst översta	+21,1

Kanaldiameter 500 mm	Översta	+14,9
	Näst översta	+23,6

Huvhöjd 1 m	Översta	-18,6
	Näst översta	+4,0

Huvhöjd 6 m	Översta	-15,5
	Näst översta	+7,6

Huvhöjd 8 m	Översta	-13,4
	Näst översta	+9,2

Rumshöjd 2 m (brandflöde)	Översta	-5,8
	Näst översta	+12,8

Rumshöjd 4 m (brandflöde)	Översta	-32,6
	Näst översta	-22,5

Rumshöjd 5 m (brandflöde)	Översta	-39,2
	Näst översta	-30,5

Normalflöde 20 l/s	Översta	+12,3
	Näst översta	+14,0

Normalflöde 30 l/s	Översta	+6,4
	Näst översta	+11,3

Normalflöde 40 l/s	Översta	-8,0
	Näst översta	+9,9

Normalflöde 60 l/s	Översta	-24,5
	Näst översta	-4,4

Normalflöde 70 l/s	Översta	-30,4
	Näst översta	-10,4

Normalflöde 80 l/s	Översta	-35,4
	Näst översta	-13,6

Flätkapacitet 20 Pa	Översta	-33,9
	Näst översta	-23,7

Flätkapacitet 40 Pa	Översta	-31,1
	Näst översta	-20,4

Flätkapacitet 60 Pa	Översta	-27,6
	Näst översta	-15,9

Flätkapacitet 80 Pa	Översta	-23,9
	Näst översta	-10,0

Flätkapacitet 100 Pa	Översta	-20,1
	Näst översta	+0,3

Flätkapacitet 120 Pa	Översta	-15,4
	Näst översta	+7,7

Flätkapacitet 140 Pa	Översta	-8,5
	Näst översta	+11,6

Flätkapacitet 160 Pa	Översta	+3,8
	Näst översta	+13,6

Flätkapacitet 180 Pa	Översta	+10,7
	Näst översta	+16,3

Flätkapacitet 200 Pa	Översta	+15,4
	Näst översta	+19,2

Fall 21, Bostadshus, 6 våningsplan, 3 stammar, f-system, fläkt i drift 1(2)

Ursprungsfall	Översta Näst översta	+7,1 +14,6
Springventil 3 Pa	Översta Näst översta	+27,0 +29,1
Springventil 5 Pa	Översta Näst översta	+22,3 +25,0
Springventil 10 Pa	Översta Näst översta	+13,9 +18,6
Springventil 20 Pa	Översta Näst översta	-2,0 +12,7
Temp brandrum 100 C	Översta Näst översta	+21,5 +20,5
Temp brandrum 200 C	Översta Näst översta	+14,5 +17,0
Temp brandrum 20 C	Översta Näst översta	+28,0 +24,4
Fönster öppet Översta plan	Översta Näst översta	+7,3 +14,5
Fönster öppet underst (ovan brandrummet)	Översta Näst översta	+6,8 +14,4
Temp. springventil 100 C	Översta Näst översta	+11,8 +17,1
Temp. springventil 200 C	Översta Näst översta	+15,5 +19,6
Temp. springventil 300 C	Översta Näst översta	+18,0 +21,5
Tryckfall översta don 50 Pa	Översta Näst översta	-41,3 -27,6
Tryckfall översta don 70 Pa	Översta Näst översta	-22,9 -2,8
Tryckfall översta don 130 Pa	Översta Näst översta	+18,2 +21,0
Tryckfall översta don 160 Pa	Översta Näst översta	+22,8 +24,6
Tryckfall översta don 200 Pa	Översta Näst översta	+25,9 +27,1
Kanaldiameter 160 mm (upp till stam)	Översta Näst översta	+26,0 +13,8
Kanaldiameter 200 mm (upp till stam)	Översta Näst översta	+16,7 +14,1
Kanaldiameter 315 mm (upp till stam)	Översta Näst översta	-5,0 +16,1
Normalflöde 30 l/s	Översta Näst översta	-6,4 +8,2
Normalflöde 40 l/s	Översta Näst översta	+6,9 +13,2
Normalflöde 60 l/s	Översta Näst översta	+9,7 +16,7
Normalflöde 70 l/s	Översta Näst översta	+5,3 +16,1
Normalflöde 80 l/s	Översta Näst översta	+4,7 +16,8

Fall 21, Bostadshus, 6 våningsplan, 3 stammar, f-system, fläkt i drift 2(2)

Normalflöde 30 l/s	Översta Näst översta	-5,0 +16,1	Obs konstant tryck i fläkt
Normalflöde 40 l/s	Översta Näst översta	-6,4 +8,2	Obs konstant tryck i fläkt
Normalflöde 60 l/s	Översta Näst översta	+6,9 +13,2	Obs konstant tryck i fläkt
Normalflöde 70 l/s	Översta Näst översta	+9,7 +16,7	Obs konstant tryck i fläkt
Normalflöde 80 l/s	Översta Näst översta	+5,3 +16,1	Obs konstant tryck i fläkt

Injusteringsspjäll 10 Pa	Översta Näst översta	+4,7 +16,8
Injusteringsspjäll 20 Pa	Översta Näst översta	+25,3 +26,8
Injusteringsspjäll 30 Pa	Översta Näst översta	+19,8 +22,3
Injusteringsspjäll 40 Pa	Översta Näst översta	+14,0 +18,2
Injusteringsspjäll 70 Pa	Översta Näst översta	-12,8 +9,6
Injusteringsspjäll 100 Pa	Översta Näst översta	-22,4 -7,1

Inga åtgärder	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-351,6
---------------	--	--------

Springventiler (tryckavlastning) 1025 l/s vid 89,6 Pa =50 l/s vid 0,213 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	+3,4
Springventiler (tryckavlastning) 1005 l/s vid 106,0 Pa =50 l/s vid 0,262 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-12,9
Springventiler (tryckavlastning) 993 l/s vid 105,0 Pa =50 l/s vid 0,266 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-20,4
Springventiler (tryckavlastning) 982 l/s vid 115,7 Pa =50 l/s vid 0,300 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-26,7

Inga åtgärder	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-357,9	
Springventiler (tryckavlastning) 1020 l/s vid 72,8 Pa =50 l/s vid 0,175 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	+8,6	
Springventiler (tryckavlastning) 1001 l/s vid 77,2 Pa =50 l/s vid 0,193 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-8,5	
Springventiler (tryckavlastning) 989 l/s vid 103,4 Pa =50 l/s vid 0,264 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-16,8	
Dubbla trycket i fläkten	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-354,6	
Tredubbla trycket i fläkten	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-351,4	
Vänd tilluften (brandfallet)	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-21,8 (överst) -14,4 (näst överst)	Tryckskillnad i rum andra än brandrummet är max ca 20 Pa vilket ej medför problem att öppna dörrar etc.
Vänd tilluften (ej brand)	Spridning via tilluften (minus = spridning)		Tryckskillnad rum är max ca 230 Pa vilket medför problem att öppna dörrar etc. (Stor försiktighet måste vidtas vid vändning av fläktar, vilket exemplet visar)

Fall 24, Kontor, 3 våningsplan, 200 m², 1 stam, ft-system, fläkt i drift 1(1)

Inga åtgärder	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-664,5
---------------	--	--------

Springventiler (tryckavlastning) 1083 l/s vid 81,6 Pa =400 l/s vid 11,1 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-55,8
Springventiler (tryckavlastning) 1010 l/s vid 86,5 Pa =400 l/s vid 13,5 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-114,4
Springventiler (tryckavlastning) 941 l/s vid 93,5 Pa =400 l/s vid 16,9 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	- 164,5

Fall 25, Kontor, 3 våningsplan, 1000 m², 1 stam, ft-system, fläkt i drift 1(1)

Inga åtgärder	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-494,0
---------------	--	--------

Springventiler (tryckavlastning) 506 l/s vid 80,0 Pa =2000 l/s vid 1250 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-38,3
Springventiler (tryckavlastning) 405 l/s vid 80,4 Pa =2000 l/s vid 1960 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-139,1
Springventiler (tryckavlastning) 306 l/s vid 81,1 Pa =2000 l/s vid 3464 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	- 234,5

Fall 26, Kontor, 6 våningsplan, 200 m², 1 stam, ft-system, fläkt i drift 1(1)

Inga åtgärder	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-601,5
---------------	--	--------

Springventiler (tryckavlastning) 1018 l/s vid 75,0 Pa =400 l/s vid 11,6 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	+7,6
Springventiler (tryckavlastning) 983 l/s vid 75,6 Pa =400 l/s vid 12,5 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-35,5
Springventiler (tryckavlastning) 945 l/s vid 77,2 Pa =400 l/s vid 13,8 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-69,2
Springventiler (tryckavlastning) 908 l/s vid 79,5 Pa =400 l/s vid 15,4 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-98,4

Normalflöde 800 samt fi 1000 mm	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-6,1
Normalflöde 700 samt fi 1000 mm	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-164,9
Normalflöde 600 samt fi 1000 mm	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-304,8

Fall 27, Kontor, 6 våningsplan, 1000 m², 1 stam, ft-system, fläkt i drift 1(1)

Inga åtgärder	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-310,4
---------------	--	--------

Springventiler (tryckavlastning) 392 l/s vid 74,9 Pa =2000 l/s vid 1949 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	+61,9
Springventiler (tryckavlastning) 294 l/s vid 75,0 Pa =2000 l/s vid 3470 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-37,9
Springventiler (tryckavlastning) 196,4 l/s vid 75,3 Pa =2000 l/s vid 7816 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	- 136,4
Springventiler (tryckavlastning) 98,5 l/s vid 76 Pa =2000 l/s vid 31333 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	- 231,8
Springventiler (tryckavlastning) 98,5 l/s vid 76 Pa =2000 l/s vid 31333 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	- 231,8
Springventiler (tryckavlastning) 98,5 l/s vid 76 Pa =2000 l/s vid 31333 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	- 231,8

Normalflöde 3000 l/s samt kanal fi 1600 mm	Spridning via tilluften (minus = spridning)	+1615
Normalflöde 2500 l/s samt kanal fi 1600 mm	Spridning via tilluften (minus = spridning)	+1104
Normalflöde 2200 l/s samt kanal fi 1600 mm	Spridning via tilluften (minus = spridning)	+736
Normalflöde 2000 l/s samt kanal fi 1600 mm	Spridning via tilluften (minus = spridning)	+736

Inga åtgärder	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-166,9
---------------	--	--------

Springventiler (tryckavlastning) 539 l/s vid 82,5 Pa =20 l/s vid 0,114 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	+5,8
Springventiler (tryckavlastning) 525 l/s vid 95,5 Pa =20 l/s vid 0,139 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-5,0
Springventiler (tryckavlastning) 515 l/s vid 114,8 Pa =20 l/s vid 0,173 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-10,5

Inga åtgärder	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-171,8
---------------	--	--------

Springventiler (tryckavlastning) 539 l/s vid 68,9 Pa =20 l/s vid 0,095 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	+5,7
Springventiler (tryckavlastning) 527 l/s vid 78,7 Pa =20 l/s vid 0,113 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-4,4
Springventiler (tryckavlastning) 514 l/s vid 92,8 Pa =20 l/s vid 0,140 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-9,8
Springventiler (tryckavlastning) 508,8 l/s vid 112,0 Pa =20 l/s vid 0,173 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-14,0

Inga åtgärder	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-654,8
---------------	--	--------

Springventiler (tryckavlastning) 1139 l/s vid 158,4 Pa =600 l/s vid 44,0 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	+60,0
Springventiler (tryckavlastning) 1007 l/s vid 161,7 Pa =600 l/s vid 57,4 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-62,6
Springventiler (tryckavlastning) 770 l/s vid 185,5 Pa =600 l/s vid 112,6 Pa	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-239,7

Normalflöde 800 l/s Samma kanalstorlek	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-609,8
Normalflöde 1200 l/s Kanal fi 0,8 (sista delen)	Spridning via tilluften (minus = spridning)	-306,5