



LUND UNIVERSITY

Ventilationsbrandskydd med och utan spjäll

Jensen, Lars

2007

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Jensen, L. (2007). *Ventilationsbrandskydd med och utan spjäll*. (TVIT; Vol. TVIT-7016). Avd Installationsteknik, LTH, Lunds universitet.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

Ventilationsbrandskydd med och utan spjäll

Uppdragsforskning för NBSG,
Nationella BrandSäkerhetsGruppen

Lars Jensen

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet, 2007
Rapport TVIT--07/7016



Lunds Universitet

Lunds Universitet, med nio fakulteter samt ett antal forskningscentra och specialhögskolor, är Skandinaviens största enhet för forskning och högre utbildning. Huvuddelen av universitetet ligger i Lund, som har 100 400 invånare. En del forsknings- och utbildningsinstitutioner är dock belägna i Malmö, Helsingborg och Ljungbyhed. Lunds Universitet grundades 1666 och har idag totalt 6 000 anställda och 41 000 studerande som deltar i ett 90-tal utbildningsprogram och ca 1000 fristående kurser erbjudna av 88 institutioner.

Avdelningen för installationsteknik

Avdelningen för Installationsteknik tillhör institutionen för Bygg- och miljöteknologi på Lunds Tekniska Högskola, som utgör den tekniska fakulteten vid Lunds Universitet. Installationsteknik omfattar installationernas funktion vid påverkan av människor, verksamhet, byggnad och klimat. Forskningen har en systemanalytisk och metodutvecklande inriktning med syfte att utforma energieffektiva och funktionssäkra installationssystem och byggnader som ger bra inneklimat.

Nuvarande forskning innefattar bl a utveckling av metoder för utveckling av beräkningsmetoder för godtyckliga flödessystem, konvertering av direktelvärmda hus till alternativa värmesystem, vädring och ventilation i skolor, system för brandsäkerhet, alternativa sätt att förhindra rök-spridning vid brand, installationernas belastning på yttre miljön, att betrakta byggnad och installationer som ett byggnadstekniskt system, analysera och beräkna inneklimatet i olika typer av byggnader, effekter av brukarnas beteende för energianvändning, reglering av golvvärmsystem, bestämning av luftflöden i byggnader med hjälp av spårgasmetod. Vi utvecklar även användbara projekteringsverktyg för energi och inomhusklimat, system för individuell energimätning i flerbostadshus samt olika analysverktyg för optimering av ventilationsanläggningar hos industrin.

Ventilationsbrandskydd med och utan spjäll

Uppdragsforskning för NBSG,
Nationella BrandSäkerhetsGruppen

Lars Jensen

© Lars Jensen, 2007

ISRN LUTVDG/TVIT--07/7016--SE(48)

Avdelningen för installationsteknik
Institutionen för bygg- och miljöteknologi
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
22100 LUND

Innehållsförteckning

1	Problemställning och arbetsmetod	5
	Steg 1 - jämförelse med ventilationsflödet	5
	Steg 2 - jämförelse med brandkanalflödet	5
	Steg 3 - jämförelse med brandkanal- och läckflödet	5
2	Genomgång av åtgärder	7
	Forcerad ventilation vid brand	7
	Ändrade tryckfall	8
	Konvertering av tilluftssystem till frånluftssystem	8
	Deplacerande ventilation	8
	Ombyggnad av omblandande ventilation	8
	Passiv tryckavlastning	9
	Aktiv tryckavlastning utan mekanisk brandgasventilation	9
	Aktiv tryckavlastning med mekanisk brandgasventilation	9
	Brandgasspjäll i enbart tilluftssystem	10
	Bacspjäll	10
	Samordnade brandgasspjäll	10
3	Enkla beräkningsmodeller	11
4	Gränsfall för normal drift	13
	Sammanfattning	20
5	Gränsfall för tilluftspjäll och normal drift	13
	Sammanfattning	28
6	Inventering av bacspjäll	29
	Bacspjäll Basic - Hagab	29
	Bacspjäll RSK - Systemair	29
	Bacspjäll KIBS - LTH	29
	Invertering med Google 070613	30
	Sammanfattning	30
7	Sammanfattning och slutsatser	31
	Bilaga A Jämförelse mellan olika ventilationsprinciper	33
	Bilaga B Fall 1 med utvändiga kanalsystem	41
	Bilaga C Fall 2 med invändiga kanalsystem	43
	Bilaga D Fall 3 med överluft och överluftspjäll	45

1 Problemställning och arbetsmetodik

Befintlig anläggnings skydd mot brandgasspridning skall undersökas för olika lösningar. Ett viktigt moment är att kartlägga förutsättningarna och det gäller tre områden, brandens, byggnadens och ventilationssystemets egenskaper, vilka tillsammans avgör om det blir brandgasspridning eller inte för ett fall med ventilationen i normal drift.

Hur stort brandflöde kan uppstå i lokalen/brandcellen?

Hur stort är lokalens läckflöde?

Hur stort är lokalens ventilationsflöde?

För att kunna göra en grov bedömning och sortering bör följande uppgifter för varje lokal/brandcell bestämmas:

brandbelastning, brandförlopp och sprinklersystem

lokalens volym, rumshöjd, golvyta och omslutande lokalyta

antal och typ för dörrar, fönster och genomföringar

läckflöde vid provtryckning tejpad don eller med stängda spjäll

ventilationsprincip och ventilationsflöde

tryckfall för lokalens tilluftsdel och frånluftsdel

ventilationssystemets totala tilluftflöde och totala frånluftflöde

ventilationssystemets totala tryckfall tilluftsdel och frånluftsdel

Det går att göra en bedömning med ovanstående uppgifter om brandgasspridning kan ske eller inte med hjälp av tre enkla teststeg, vilka beskrivs på sidan 6 som följer. Om brandgasspridning kommer att ske enligt de tre teststegen kan gränsen för möjligt brandflöde ökas med en del åtgärder beskrivna i avsnitt 2.

En genomräkning görs också för att bestämma gränsvärdet för tre olika enkla modeller som redovisas i avsnitt 3 med olika brandtemperaturer. Fallet utan spjäll redovisas i avsnitt 4 och med spjäll i tilluftsystemet avsnitt 5. Spjäll i tilluftsystemet är inte ett heltäckande skydd utan ett stort brandflöde kan mätta både frånluft- och tilluftsystemet. Brandtrycket kan dock bli mycket högt för att detta skall kunna inträffa.

En invertering av backspjäll görs i avsnitt 6. Det saknas backspjäll för stora luftflöden.

Hur dimensionerande brandflöde beror på omblandande eller deplacerande ventilation undersöks i Bilaga A som funktion av golvyta och brandtillväxt med en enkel tvåzonsmodell. Deplacerande ventilation med golvnära don ger ett något mindre dimensionerande brandflöde än omblandande ventilation och inte enbart brandgaser sprids, eftersom brandgaslagret inte alltid täcker hela tilluftsdonet.

En enklare genomgång görs i Bilaga B, C och D av tre ventilationssystem med olika spjällplacering och utformning av kanalsystem eller luftförling.

Det finns en enkel teststege för FT-system med fläktar i drift för att avgöra om det blir brandgasspridning eller inte och den är som följer:

Steg 1 - jämförelse med ventilationsflödet

Är brandens största brandflöde mindre än det normala ventilationsflödet q_n ?

Om svaret är ja sker ingen brandgasspridning via ventilationssystemet i drift.

Steg 2 - jämförelse med brandkanalflödet

Är brandens största brandflöde mindre än kanalbrandflöde q_{bi} ? Kanalbrandflödet q_{bi} beräknas som följer under förutsättning att brandtrycket antas vara lika med tilluftsgrenens tryckfall Δp_t :

$$q_{bi} = q_n (1 + \Delta p_t / \Delta p_f)^{0.5} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (1.1)$$

där

q_n	normalt ventilationsflöde
Δp_t	tryckfall tilluftsgren
Δp_f	tryckfall frånluftsgren

Om svaret är ja sker ingen brandgasspridning via ventilationssystemet i drift.

Steg 3 - jämförelse med brandkanal- och läckflödet

Är brandens största brandflöde mindre än summan av kanalbrandflödet q_{bi} och läckbrandflödet q_{bl} ?

Läckbrandflödet q_{bl} beräknas under förutsättning att brandtrycket antas vara lika med tilluftsgrenens tryckfall Δp_t och att tryckförlusterna är kvadratiska i flödet:

$$q_{bl} = q_l (\Delta p_t / \Delta p_l)^{0.5} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (1.2)$$

där

q_l	läckflöde vid given tryckskillnad
Δp_t	tryckfall tilluftsgren
Δp_l	tryckskillnad vid givet läckflöde

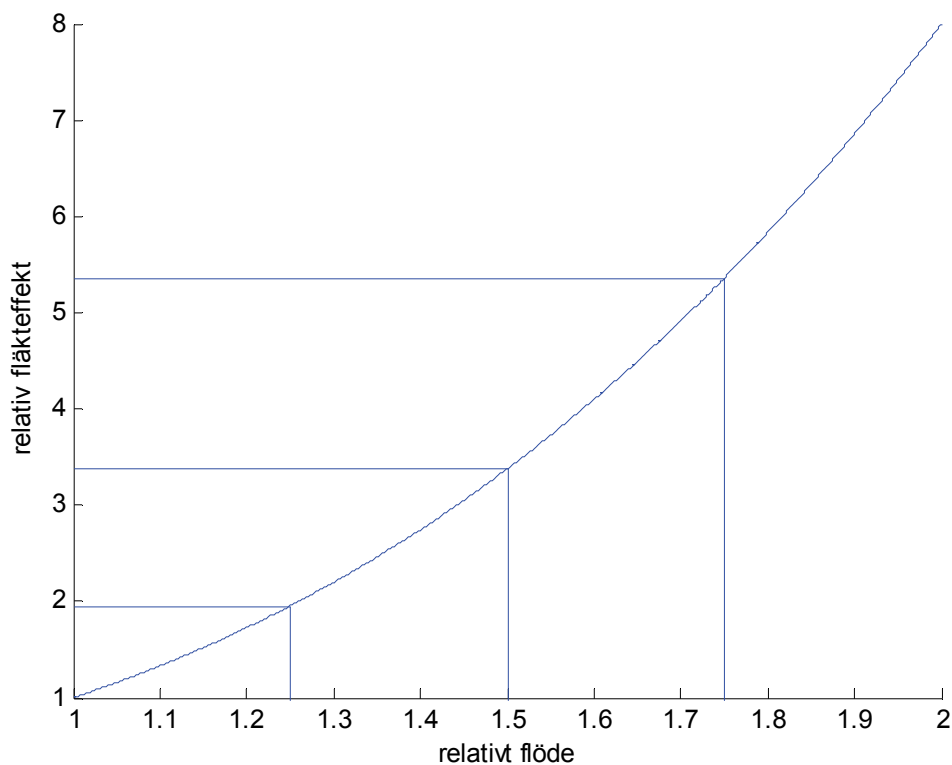
Om svaret är ja sker ingen brandgasspridning via ventilationssystemet i drift.

2 Genomgång av åtgärder

Om svaret är att brandgasspridning inträffar enligt teststegen i avsnitt 1 kan olika åtgärder tillämpas. Några lösningar kan vara följande:

Forcerad ventilation vid brand

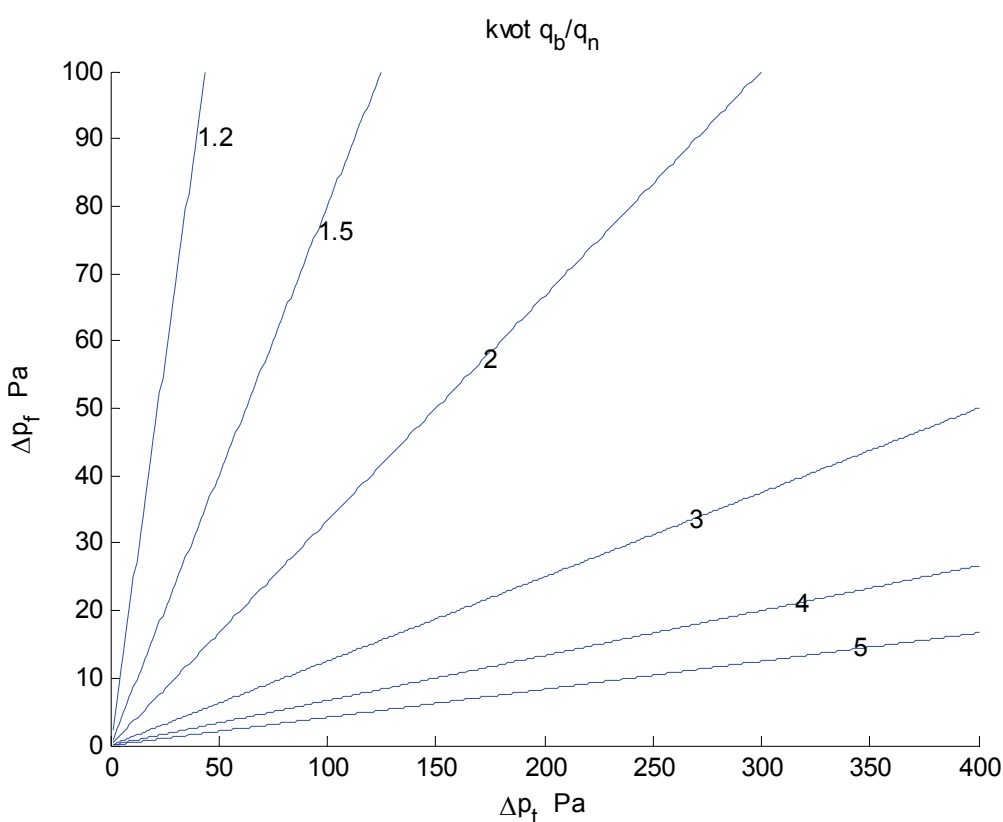
Om det normala ventilationsflödet ökas en faktor, ändras alla teststegens flöden med samma faktor. Ett viktigt påpekande är att ventilationen inte kan forceras nämnvärt om ventilationssystemet inte har utformats för forcering. Ett enkelt samband är den nödvändiga fläktmotoreffekten är proportionellt mot ventilationsflödet upphöjt till tre eller i kubik, vilket visas i Figur 2.1 nedan. Ett fördubblat ventilationsflöde kräver därför en åtta gånger högre motoreffekt. En fläktmotor som är överdimensionerad en faktor åtta kommer att ha en dålig verkningsgrad vid normal drift med en låg motoreffekt. Måttliga flödesökningar kräver betydande fläkteffektändringar. Flödeskvoterna 1.25, 1.5 och 1.75 motsvaras av fläkteffektkvoterna 1.95, 3.38 respektive 5.34.



Figur 2.1 Samband mellan relativt ventilationsflöde och relativ fläkteffekt.

Ändrade tryckfall

Det går att öka kanalbrandflödet genom att öka tryckfall över tilluftsgrenen och att minska tryckfall över frånluftsgrenen för en lokal. Kanalbrandflödet är i det kalla fallet 1.4 ($2^{0.5}$) gånger det normala ventilationsflödet om tilluftstryckfall är lika med frånluftstryckfall. Faktorn blir 2 och 3 om kvoten mellan tilluftstryckfall och frånluftstryckfall är 3 respektive 8. Notera att dessa siffror är överslag och hela ventilationssystemets egenskaper måste beaktas om lokalens normala ventilationsflöde är betydande i förhållande till ventilationssystemets totalflöde. Sambandet mellan kanalbrandflödet, ventilationsflödet och det två tryckfallen för tilluftsgren och frånluftsgren redovisas nedan i ett isodiagram för kvoten mellan kanalbrandflödet och ventilationsflödet Figur 2.2. En rimlig slutsats är att kanalbrandflödet kan ökas högst en faktor 2 från ett fall med lika tryckfall för tilluft och frånluft.



Figur 2.2 Isodiagram för kvoten mellan kanalbrandflöde och ventilationsflöde med tryckfall tilluftsgren Δp_t som x-axel och tryckfall tilluftsgren Δp_f som y-axel.

Konvertering av tilluftssystem till frånluftssystem

Risken är stor för brandgasspridning genom tvärströmning särskilt för mycket lufttäta lokaler. Extremfallet utan något läckage innebär fullständig brandgasspridning till samtliga lokaler, eftersom tilluftssystem och frånluftssystem sällan är identiska eller symmetriska. Tilluftssystemet kontamineras. Problem med höga inre undertryck och dörröppning.

Deplacerande ventilation

Denna ventilationsprincip har två fördelar när det gäller brandgasspridning. Det första är att brandgaslagret inte blandas ut i hela lokalen och försvårar utrymning genom siktförsämring. Den andra fördelen är att brandgaslagret måste nå till golvdonsnivå för att brandgaser skall spridas via tilluftkanalsystemet. Om det finns ett sprinklersystem som löser ut innan brandgaslagret når ner till tilluftsdonens nivå behövs inget skydd mot brandgasspridning.

Ombyggnad av omblandande ventilation

Omblandande ventilation har normalt tilluftsdon placerad nära eller i tak. Detta innebär att tilluftdonen kommer att befinna sig i brandgaslagret så snart branden börjar och brandgasspridning kan ske om brandflödet är tillräckligt stort. Ett första steg är att flytta ner donen till golvnivå, vilket kan tillämpas i obemannade lokaler. Ett andra steg är att minska utloppshastigheten för att minska den normala omblandningen. En tredje variant kan vara att byta till textildon med höga tryckfall, vilket ger låga inblåsningshastigheter och ett förbättrat skydd.

Passiv tryckavlastning

Ökat läckage kan i princip vara ett sätt att minska risken för brandgasspridning, men ett ökat yttre läckage kan under normal drift öka driftkostnaderna betydligt. Ett ökat inre läckage är ytterst olämpligt även om det inte finns några direkta täthetskrav i form av flöde per skiljande yta. Det finns täthetskrav, men de avser brandspridning och inte brandgasspridning.

Aktiv tryckavlastning utan mekanisk brandgasventilation

Dimensioneringskrav för tryckavlastning innebär att tryckfallet för det dimensionerande brandflödet skall vara lägre tryckfallet över lokalens tilluftsgren. Utluftningen utåt måste vara oberoende av vindstyrka och vindriktning. En vindhastighet på 20 m/s kan skapa ett övertryck på 240 Pa på lovartsidan på en byggnad, vilket i de flesta fall är betydligt mer än det normala tryckfallet för en lokals tilluftsgren. Det måttliga tillgängliga och tillåtna brandtrycket lika med tilluftsgrenens tryckfall gör också att utluftningens dimensioner kan vara betydande och därmed platskrävande. En vertikal utluftning uppåt med hög utluftningstemperatur kan skapa måttliga termiska driftkrafter. En utluftningstemperatur på omkring 300, 600 och 900 °C ger en termiska gradient på 6, 8 respektive 9 Pa/m.

Aktiv tryckavlastning med mekanisk brandgasventilation

Problemen med utrymmesbehov, måttligt drivtryck och vindens inverkan kan lösas genom att använda sig av mekanisk brandgasventilation. Brandgasfläkten dimensioneras för ett lämpligt kanalsystem och vindens påverkan. Ventilationssystemets måttliga drivtryck skall inte medräknas, eftersom ventilationssystemets fläkt kan vara ur drift.

Brandgasspjäll i enbart tilluftssystem

Detta kan vara en bättre åtgärd än med brandgasspjäll i både tilluftssystem och frånluftssystem, som i princip leder till ett dock litet men lika stort läckage till både tilluftssystem och frånluftssystem. Slopade frånluftspjäll är dock inte ett säkert skydd mot brandgasspridning, om brandflödet är flera gånger större än det normala ventilationsflödet. Det kan i extrema fall medföra att brandgaser även sprids baklänges genom tilluftssystemet. Detta kan inträffa för ett ventilationssystem med en stor brandutsatt lokal och några mindre lokaler. Detta kommer att redas ut med en del enkla modeller enligt avsnitt 3 och med beräkningar i avsnitt 5.

Brandgasspridning sker begränsat via läckande tilluftspjäll i tilluftkanalsystemet och mindre begränsat baklänges genom frånluftskanalsystemet till närmsta anslutna lokal. Risken för denna baklängesspridning via frånluften kan minskas genom att förse frånluftskanalsystemet med en samlingslåda. Om brandgasspridning skall inträffa, måste kanalbrandflödet slå ut hela tilluftssystemet till övriga lokaler som via dessa lokaler går till samlingslådan.

Backspjäll

Backspjäll placerade i enbart tilluftssystem är en lösning. Samma funktion som ovan för brandgasspjäll i enbart tilluftssystem.

Samordnade brandgasspjäll

Denna metod bygger på att bygga upp mottryck i tilluftssystemet och alla icke brandutsatta lokaler. Detta underlättar brandgasevakuering för frånluftssystemet och minskar risken för brandgasspridningen genom läckor mellan brandutsatt lokal och övriga lokaler.

Tryckuppbyggnaden fås genom att stänga alla icke brandutsatta lokalers brandgasspjäll i frånluften. Om ventilationen är av omblandande typ kan det var lämpligt för att underlätta utrymning att även stänga av tilluften till den brandutsatta lokalen. Brandgaslagret blandas inte ut aktivt av ventilationen i lokalen. Om ventilationen är av deplacerande typ behöver tilluften inte stängas, eftersom brandgaslagret inte påverkas. Notera att detta inte är ett säkert skydd mot brandgasspridning. Om brandflödet är större än ventilationssystemets totalflöde börjar metoden att bli tveksam. Det kan ske brandgasspridning till övriga lokaler förbi ett stängt tilluftspjäll till övriga lokaler med ett mindre läckage utåt, inåt eller förbi läckande frånluftspjäll.

Notera att om alla övriga lokalers brandgasspjäll i frånluften stängs kommer brandgastemperatur att råda i hela frånluftssystemet. Ett sätt att kyla frånluftssystemet kan vara att inte stänga samtliga spjäll ovan.

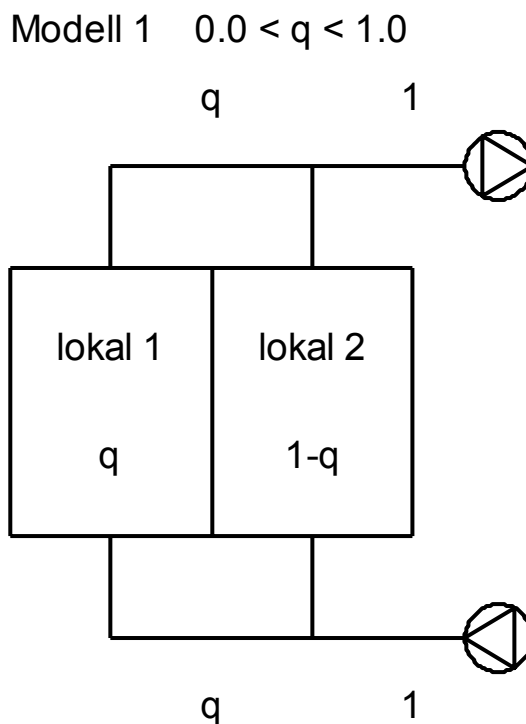
3 Enkla beräkningsmodeller

Dimensionerande brandflöde för ett ventilationssystem i drift utan och med brandgasspjäll eller backspjäll skall beräknas för olika ventilationsflöde i förhållande till totalflöde och brandtemperatur. Den yttersta och brandutsatta lokalens ventilationsflöde kommer att varieras tillsammans med brandtemperaturen. Detta görs med tre olika modeller med två eller tre lokaler, vilka redovisas i Figur 3.1-3. Hur de olika flödena varierar för de olika modeller som funktion av den yttersta lokalens flöde visas också i Figur 3.1-3. Modell 1 och 2 blir identiska är när det yttersta ventilationsflödet är större än halva det totala ventilationsflödet.

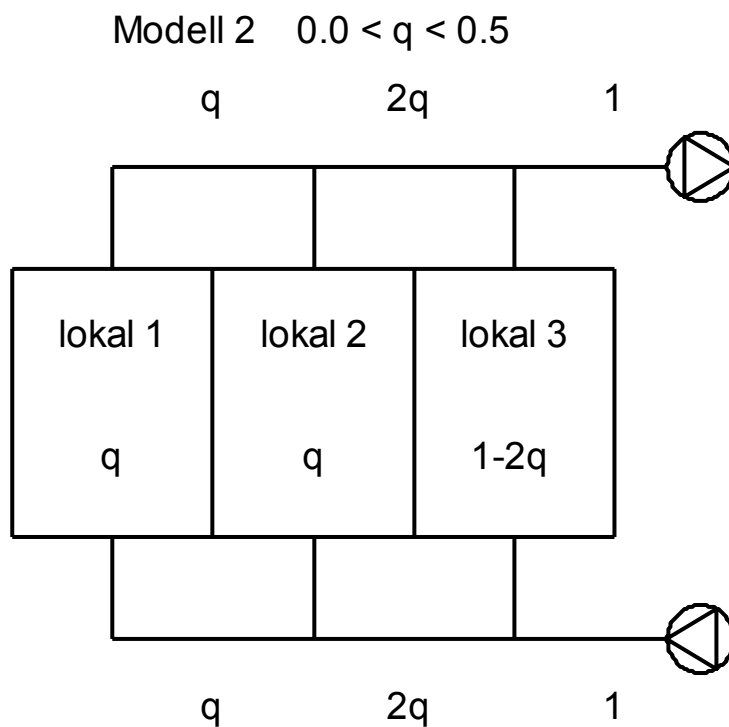
Det totala normala ventilationsflödet är normerat till $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Tryckfall för T-system och F-system är lika. Modellerna beskrivs tryckfallmässigt med ett grentryckfall för de två yttersta lokalerna, ett stamtryckfall mellan lokal 1-2 och lokal 3 och tilluft- och frånluftsystemets totala tryckfall. Fläktarnas tryckstegring är proportionellt mot luftens densitet. Alla tryckfall Δp är proportionella mot volymflödet q i kvadrat och mot densiteten ρ , vilket kan skrivas med ett känt fall Δp_n , q_n och ρ_n som:

$$\Delta p / \Delta p_n = (\rho / \rho_n) (q / q_n)^2 \quad (-) \quad (3.1)$$

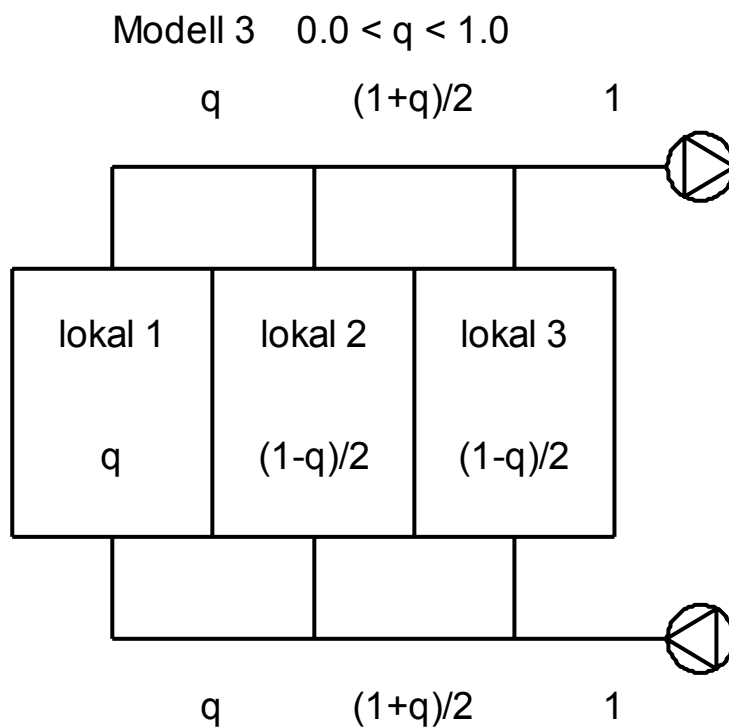
Gränsfallet för normal drift utan och med spjäll redovisas i avsnitt 4 respektive 5.



Figur 3.1 Modell 1.



Figur 3.2 Modell 2.



Figur 3.3 Modell 3.

4 Gränsfall för normal drift

Gränsfallet för brandgasspridning för normal drift har beräknats för tidigare redovisade förenklade modeller. Brandtryck, brandflöde och avluftstemperatur redovisas gruppvis i Figur 4.1-9. Redovisning görs med samma isodiagram med normalt ventilationsflöde q för brandrummet som x-axel och brandtemperaturen T_b som y-axel.

Några siffervärden redovisas i Tabell 4.1.

Indata för de tre modellerna har varit följande:

tryckfall för tilluftsgren för lokal 1, 2 och 3	100, 100 och 125 Pa
tryckfall för frånluftsgren för lokal 1, 2 och 3	100, 100 och 125 Pa
tryckstegring tilluftsfläkt vid nollflöde	400 Pa
tryckstegring frånluftsfläkt vid nollflöde	400 Pa
totalflöde tilluft	1 m ³ /s
totalflöde frånluft	1 m ³ /s

Tabell 4.1 Data för fyra gränsfall för modell 1-3 för normal drift och stängt tilluftspjäll

modell	q m ³ /s	T_b °C	p_b Pa	q_b m ³ /s	q_t m ³ /s	q_f m ³ /s	T_f °C
1	0.2	20	193	0.293	0.830	1.123	20
1	0.2	500	221	0.444	0.773	1.217	106
1	0.5	20	316	0.749	0.530	1.279	20
1	0.5	500	336	1.059	0.461	1.520	243
2	0.2	20	205	0.296	0.827	1.123	20
2	0.2	500	231	0.446	0.771	1.217	106
2	0.5	20	316	0.749	0.530	1.279	20
2	0.5	500	336	1.059	0.461	1.520	243
3	0.2	20	199	0.295	0.828	1.123	20
3	0.2	500	226	0.445	0.772	1.217	106
3	0.5	20	320	0.751	0.527	1.278	20
3	0.5	500	340	1.060	0.459	1.519	244

Några kommentarer till de tre modellernas brandtryck för gränsfallet är följande:

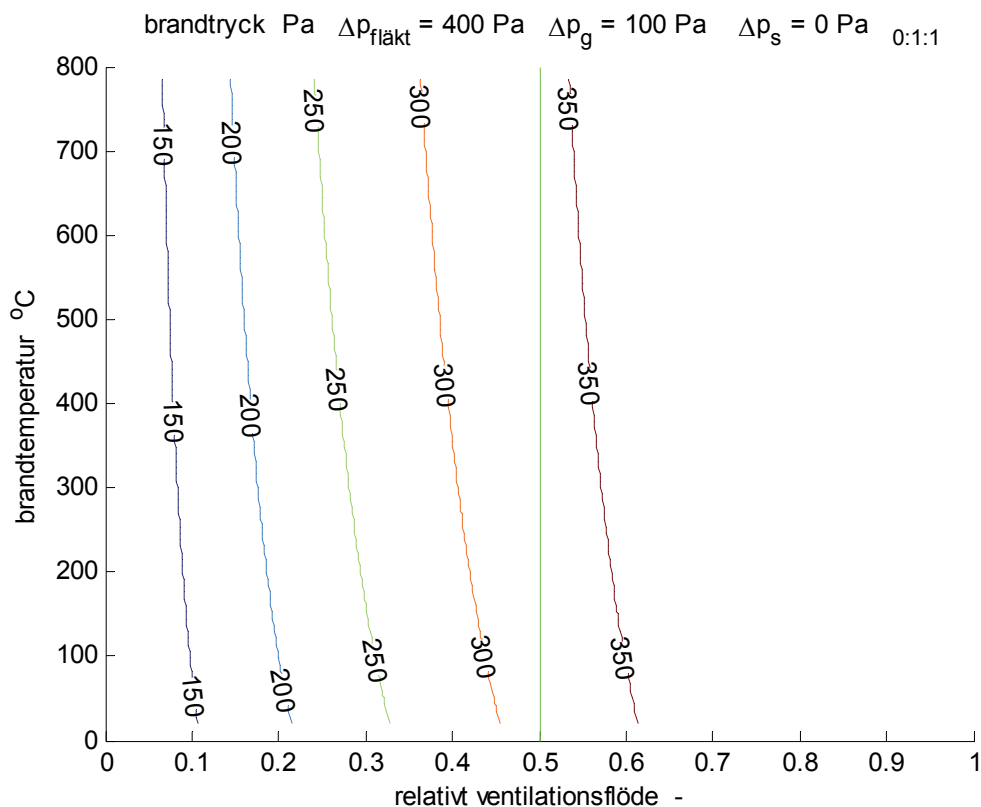
Isolinjerna antyder att brandtrycket skall vara 100 Pa för modell 1 och 3 för små ventilationsflöden för lokal 1 (nära origo). Gränsfallet för modell 2 innebär att flödet genom lokal 2 upphör och därmed blir brandtrycket lika gentryckfallet för lokal 3 som är 125 Pa.

Ökningen av brandtrycket som funktion av den brandutsatta lokalens ventilationsflöde beror på att tilluftsflödet minskar och därmed ökar trycket i tilluftssystemet. Om tilluftsflödet minskar till $0.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ändras det nominella stamtryckfallet på 300 Pa relativt med en faktor $0.19 (1-0.9^2)$, vilket ger 57 Pa och därmed en höjning av brandtrycket från 100 Pa till 157 Pa, vilket stämmer till en del. Ventilationsflödet 0.2 och $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ ger för gränsfallet ett uppskattat brandtryck på $208 (100+300(1-0.8^2))$ respektive $325 (100+300(1-0.5^2))$ Pa, vilket även stämmer till en del.

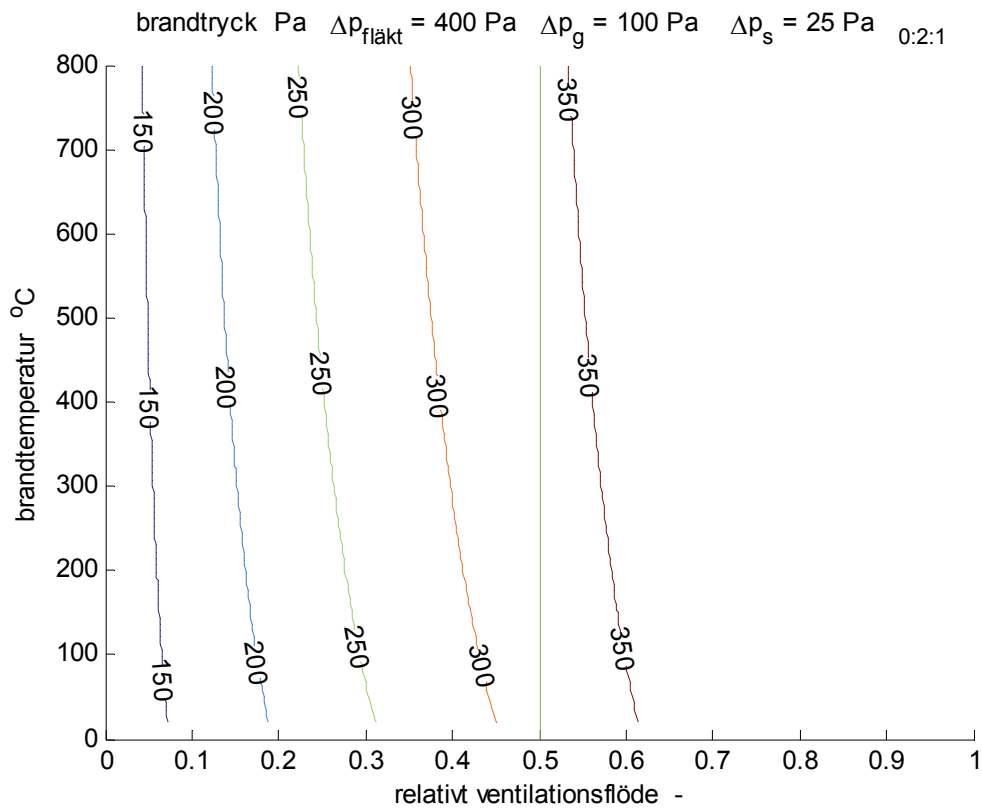
Isolinjerna visar också att brandtrycket inte kan bli högre än tilluftsfläkten tryckstegring på 400 Pa.

Ökande brandtemperatur medför att brandtrycket ökar något, vilket beror på att frånluftsfläktens tryckstegring är densitetsberoende och därmed också temperaturberoende.

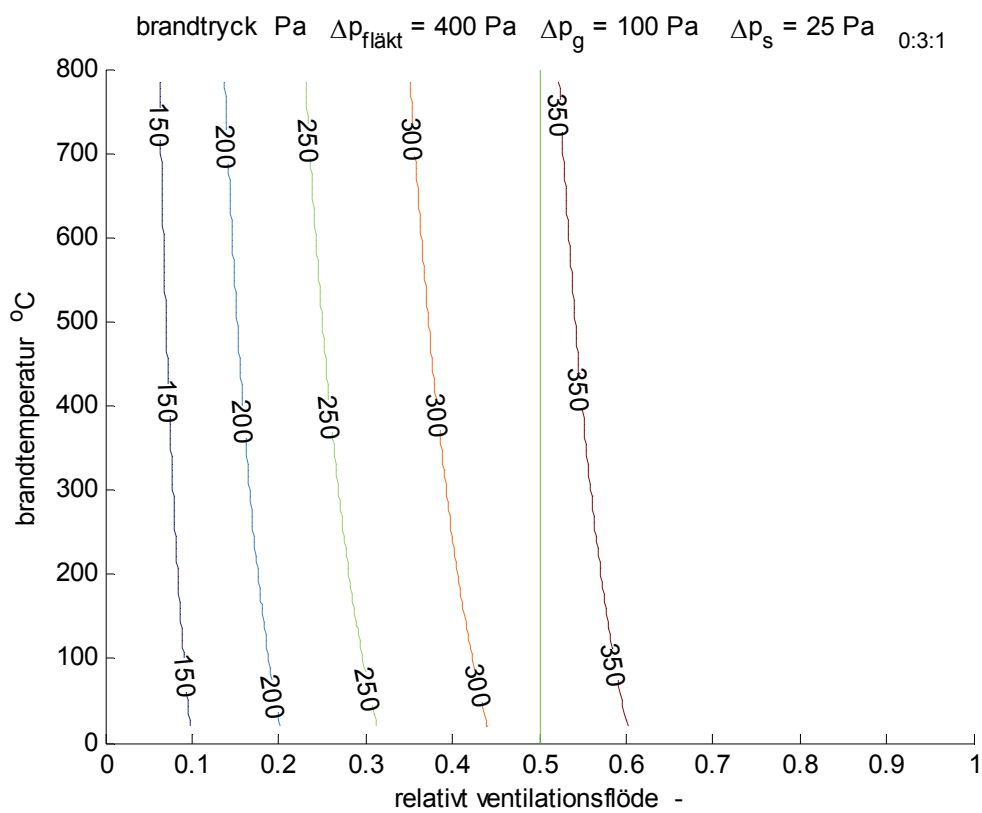
Skillnaden mellan de tre modellernas brandtryck är inte stor.



Figur 4.1 Brandtryck för gränsfall för normal drift för modell 1.



Figur 4.2 Brandtryck för gränssfall för normal drift för modell 2.



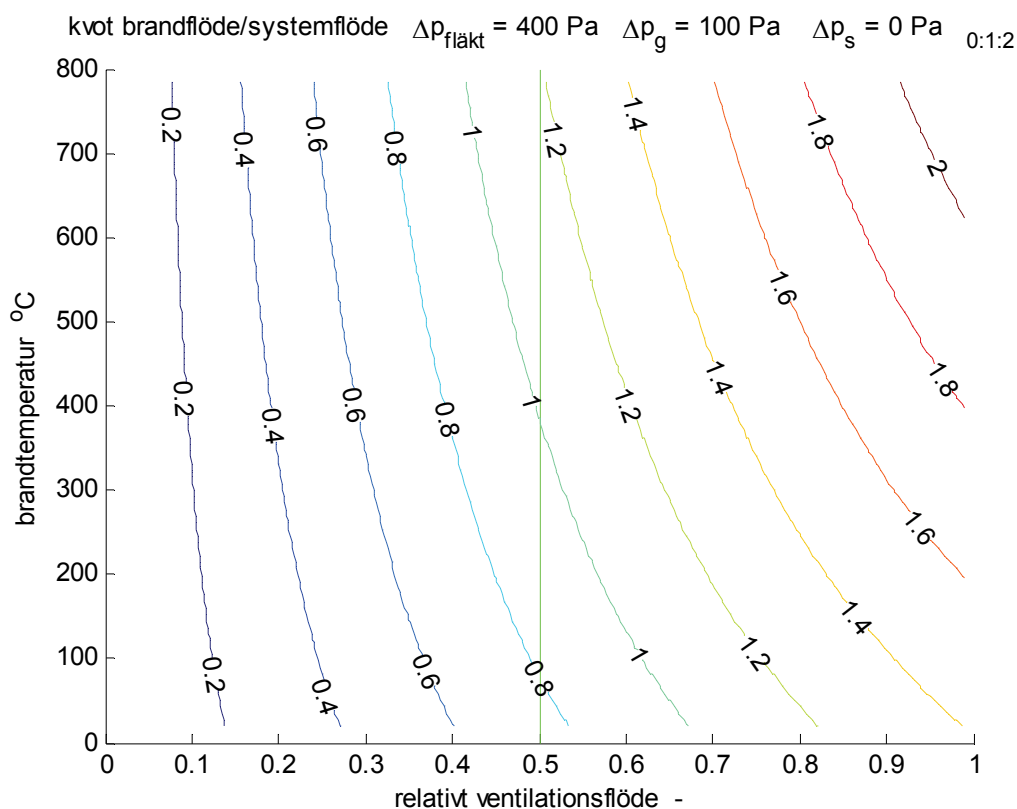
Figur 4.3 Brandtryck för gränssfall för normal drift för modell 3.

Några kommentarer till de tre modellernas brandflöde för gränsfallet är följande:

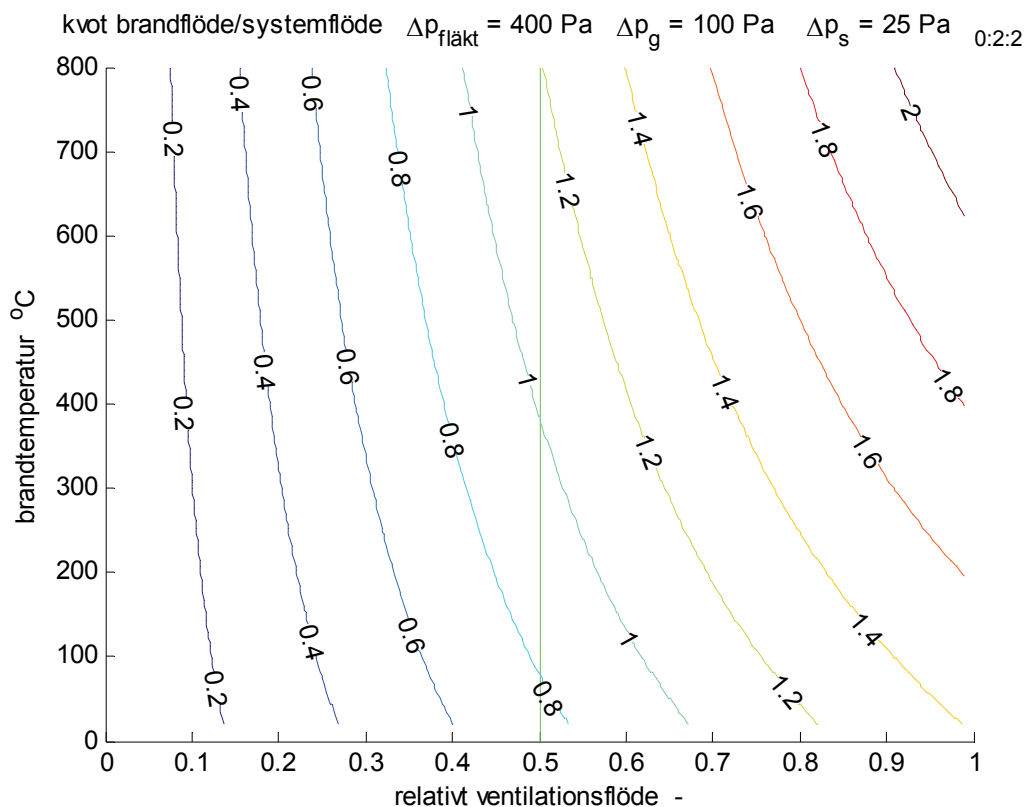
Brandflödet skall för ett kallt fall med lika tryckfall för tilluftgren och frånluftgren vara lika med $1.4 (2^{0.5})$ gånger det normala ventilationsflödet. Det framgår väl i Figur 4.4 för ventilationsflödet $1 \text{ m}^3/\text{s}$ som motsvaras av ett brandflöde på $1.4 \text{ m}^3/\text{s}$.

Skillnaden mellan de tre modellerna är obetydlig när det gäller brandflödet. Den tidigare redovisade Tabell 4.1 visar på små skillnader. Det skiljer i den tredje siffran.

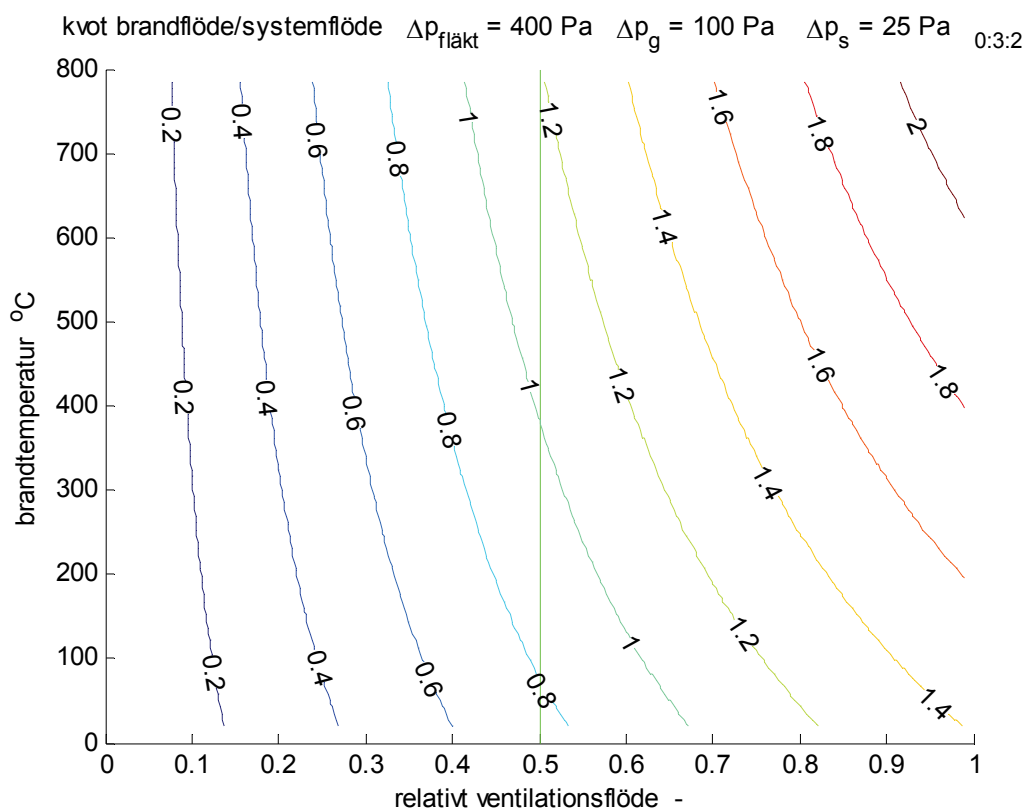
Ökande brandtemperatur ökar brandflödet, vilket beror på att högre temperatur medför lägre densitet och därmed också lägre tryckförluster i frånluftsystemet. Detta motverkas dock till en del av att frånluftsläkten tryckstegring är densitetsberoende.



Figur 4.4 Brandflöde för gränsfall för normal drift för modell 1.



Figur 4.5 Brandflöde för grännsfall för normal drift för modell 2.

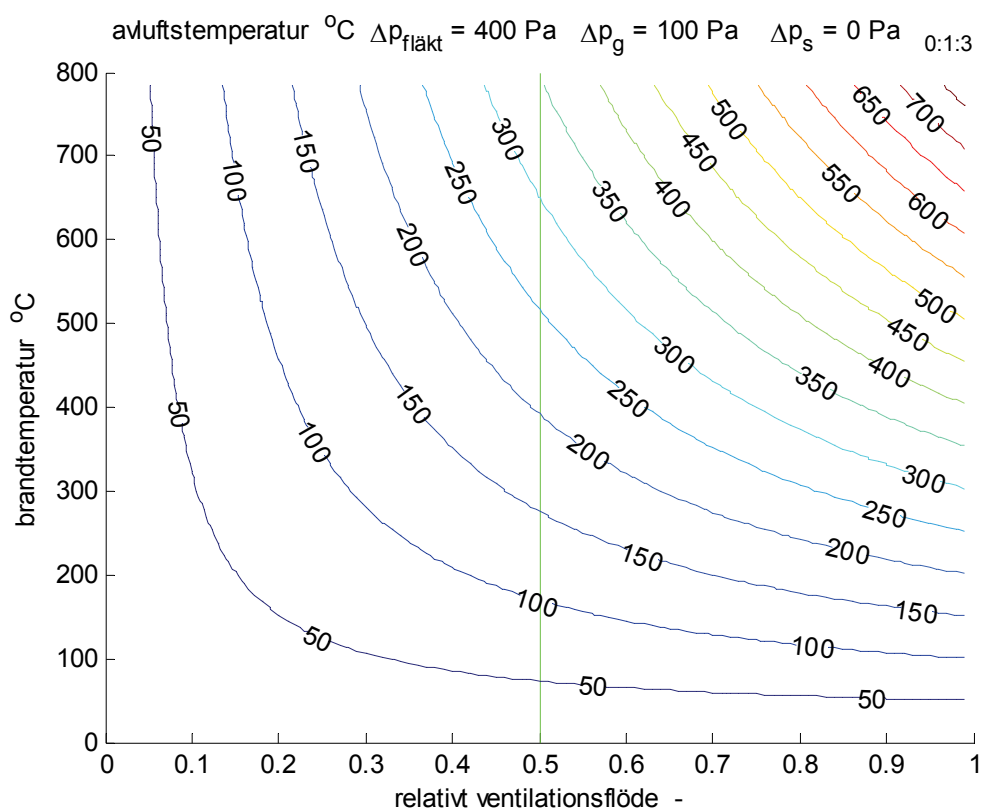


Figur 4.6 Brandflöde för grännsfall för normal drift för modell 3.

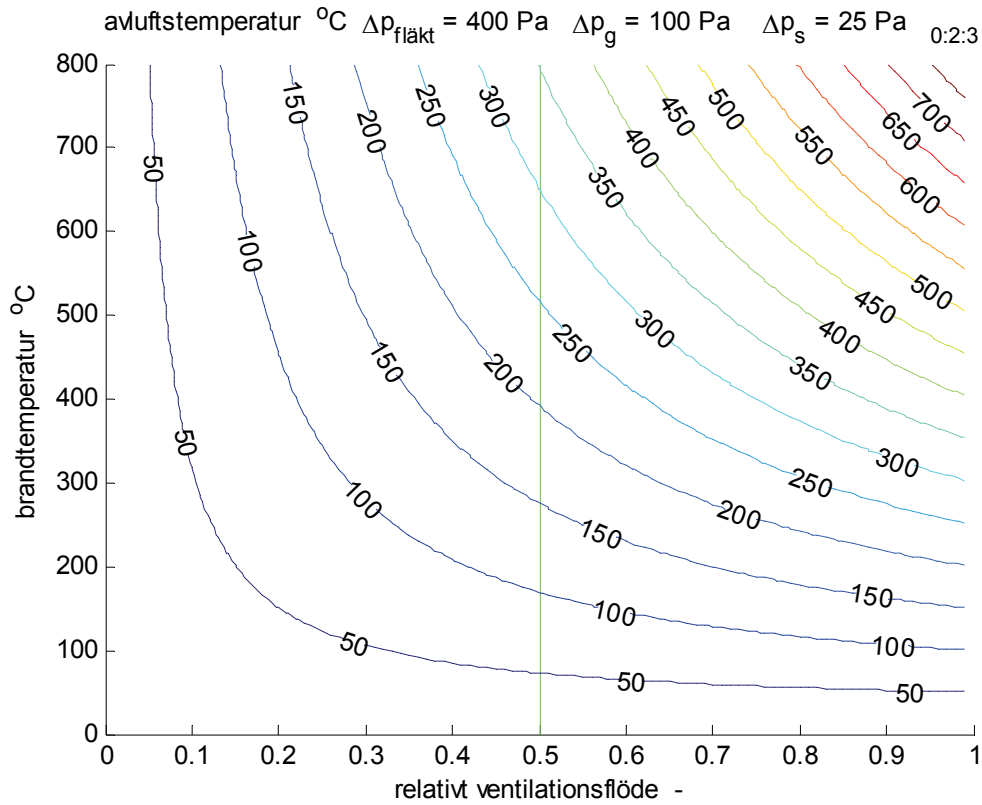
Några kommentarer till de tre modellernas avluftstemperatur för gränsfallet är följande:

Skillnaderna är mycket små, vilket beror på att brandflöde, tilluftsflöde och frånluftsflöde är proportionella, vilket framgår av siffervärden i Tabell 4.1.

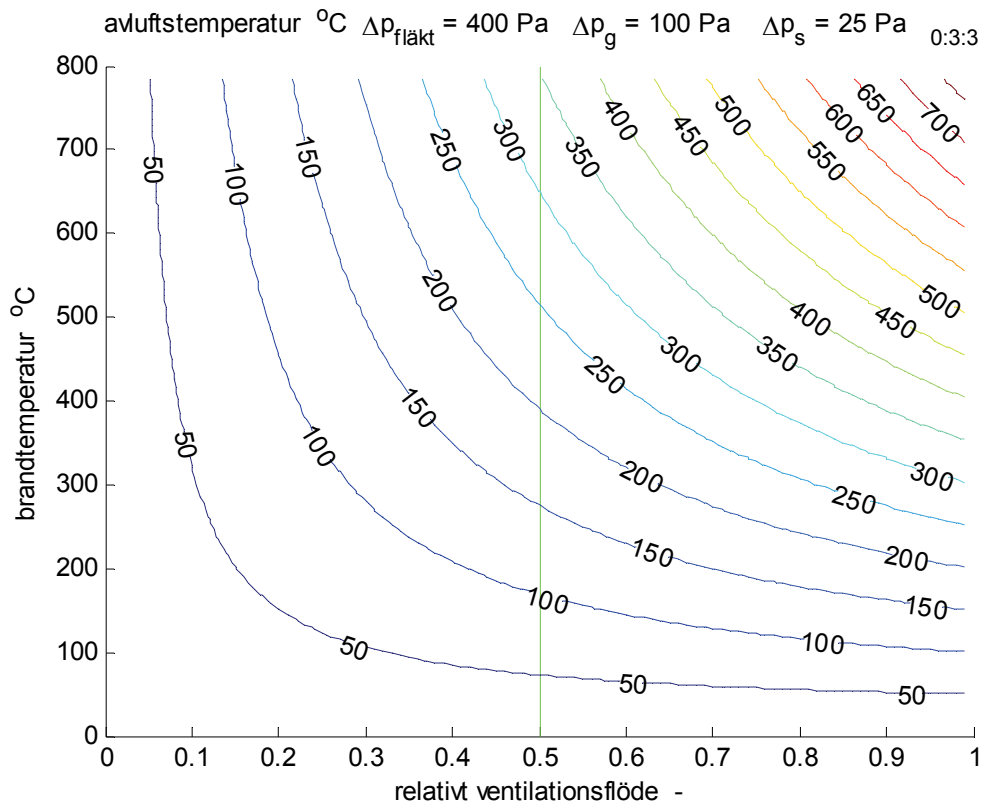
En slutsats som kan dras av de tre isodiagrammen är att avluftstemperaturen blir mycket lägre än brandtemperaturen för en brandutsatt lokal med ett mindre relativt ventilationsflöde. Den relativa temperaturökningen är mindre än det relativa ventilationsflödet. Detta kan exemplifieras med siffervärden i Tabell 4.1, där det relativa ventilationsflödet 0.2 och 0.5 m³/s för 500 °C ger för de tre modellerna avluftstemperaturen 106 respektive 243 °C. Ren proportionering av intervallet 20 till 500 °C ger 116 (20+0.2(500-20)) respektive 260 (20+0.5(500-20)) °C.



Figur 4.7 Avluftstemperatur för gränsfall för normal drift för modell 1.



Figur 4.8 Avluftstemperatur för gränsvfall för normal drift för modell 2.



Figur 4.9 Avluftstemperatur för gränsvfall för normal drift för modell 3.

Sammanfattning

Brandtrycket är lågt för gränsfallet och ligger mellan tryckfallet för den brandutsatta lokalens gren och tilluftfläktens högsta tryckstegring. En tumregel anger brandtrycket som minst tryckfallet för den brandutsatta lokalens tilluftsgren. Ju högre den brandutsatta lokalens ventilationsflöde är relativt totalflödet ju mer närmar sig brandtrycket tilluftfläktens tryckstegring.

Brandtrycket för gränsfallet påverkas något av brandtemperaturen och ökar något med stigande temperatur för ett givet relativt ventilationsflöde.

Brandkanalflödet för gränsfallet kan uppskattas väl med en tumregel och för lika tryckfall för tilluftsgren och frånluftsgren blir brandflödet en faktor $2^{0.5}$ det normala ventilationsflödet.

Brandkanalflödet för gränsfallet påverkas något av brandtemperaturen och ökar något med stigande temperatur för ett givet relativt ventilationsflöde.

Avluftens temperaturen för gränsfallet är alltid något lägre än den relativa temperaturökningen i förhållande till det relativa ventilationsflödet. Denna enkla skattning kan dock användas som en övre gräns för avluftstemperaturen.

5 Gränsfall för stängt tilluftsspjäll och normal drift

Gränsfallet för brandgasspridning för stängt tilluftsspjäll och normal drift har beräknats för tidigare redovisade förenklade modeller. Brandtryck, brandflöde och frånluftstemperatur redovisas gruppvis i Figur 5.1-9. Redovisning görs med samma isodiagram med normal ventilationsflöde för brandrummet som x-axel och brandtemperaturen som y-axel.

Det enda som skiljer är att brandtrycket redovisas i kPa mot tidigare i avsnitt 4 i Pa.

Några sifferexempel för brandtryck, brandflöde, tilluftsflöde, frånluftsflöde (avluftsflöde) och avluftstemperatur redovisas nedan i Tabell 5.1.

Indata för de tre modellerna samma som i avsnitt 4 har varit följande:

tryckfall för tilluftsgren för lokal 1, 2 och 3	100, 100 och 125 Pa
tryckfall för frånluftsgren för lokal 1, 2 och 3	100, 100 och 125 Pa
tryckstegring tilluftsfläkt vid nollflöde	400 Pa
tryckstegring frånluftsfläkt vid nollflöde	400 Pa
totalflöde tilluft	1 m ³ /s
totalflöde frånluft	1 m ³ /s

Tabell 5.1 Data för fyra gränsfall för modell 1-3 och normal drift utan spjäll

modell	q m ³ /s	T_b °C	p_b kPa	q_b m ³ /s	q_t m ³ /s	q_f m ³ /s	T_f °C
1	0.2	20	7.067	1.633	0	1.633	20
1	0.2	500	4.997	2.202	0	2.202	500
1	0.5	20	1.467	1.633	0	1.633	20
1	0.5	500	1.135	2.202	0	2.202	500
2	0.2	20	2.791	0.990	0.470	1.460	20
2	0.2	500	2.149	1.376	0.402	1.777	291
2	0.5	20	1.467	1.633	0	1.633	20
2	0.5	500	1.135	2.202	0	2.202	500
3	0.2	20	4.505	1.285	0.271	1.555	20
3	0.2	500	3.294	1.752	0.227	1.979	378
3	0.5	20	1.228	1.444	0.152	1.596	20
3	0.5	500	0.976	1.957	0.127	2.084	430

Några kommentarer till de tre modellernas brandtryck för gränsfallet är följande:

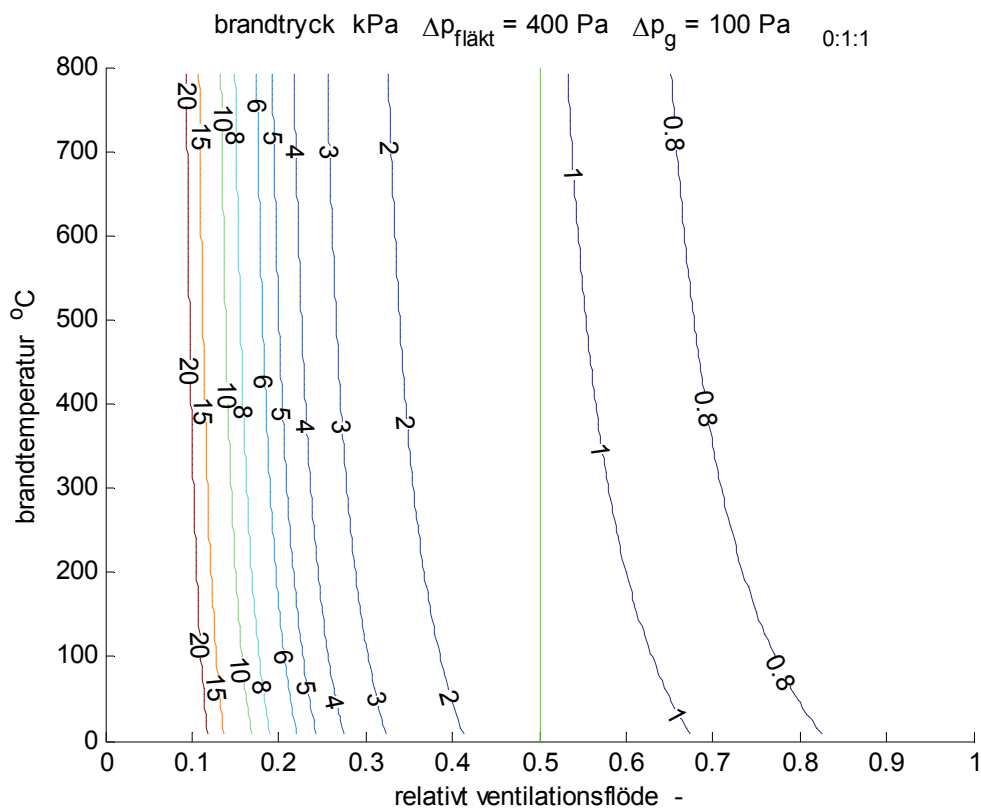
Brandtrycket är mycket högre än för fallet utan spjäll. Brandtrycket ökar betydligt med minskande ventilationsflöde. Det krävs orimligt höga tryck vad avser hållfasthet för kanalsystem, dörrar, fönster och lättregelkonstruktioner.

De tre modeller skiljer sig åt en del. Förklaringen till skillnaden är att slå ut ventilationsflödet för lokal 2 kräver olika stora brandflöden eller egentligen brandkanalflöden. Utgående från ett ventilationsflöde på $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ för lokal 1 blir ventilationsflödet för lokal 2 för modell 1, 2 och 3 är 0.8, 0.2 respektive $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$. Siffrorna visar att brandflödet från lokal 1 skall vara minst en faktor 5, 2 och 3 för modell 1, 2 respektive 3 för att vara lika med det normala summaflödet i spridningspunkten för lokal 2. Brandtrycken för de tre kalla modellfallen och ventilationsflöde $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ är enligt Tabell 5.1 7.1, 2.8 respektive 4.5 kPa.

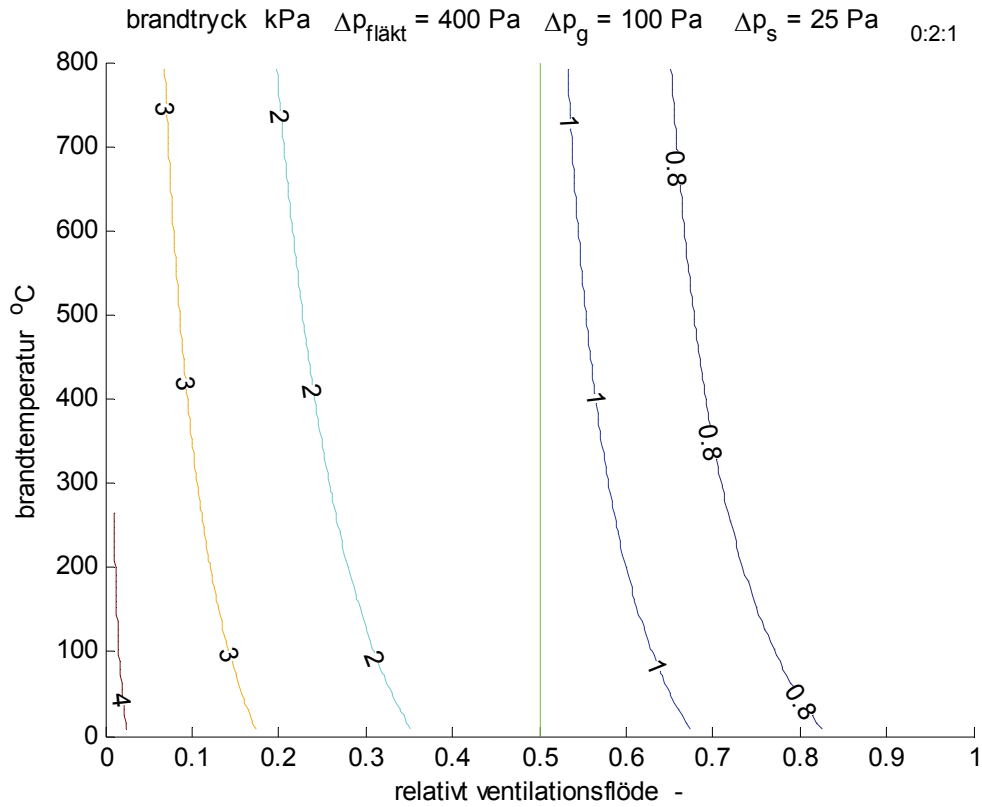
De redovisade värdena gäller för en nominell fläkttryckstegring på 400 Pa., men det är möjligt att proportionellt skala om det redovisade resultatet till andra högre eller lägre tryckstegringar.

En slutsats är att om en lokal har ett relativt litet ventilationsflöde blir brandtrycket orimligt högt för att nå gränsfallet, vilket kan orsaka sprängning av dörrar, fönster, lättregelkonstruktioner och kanalsystem.

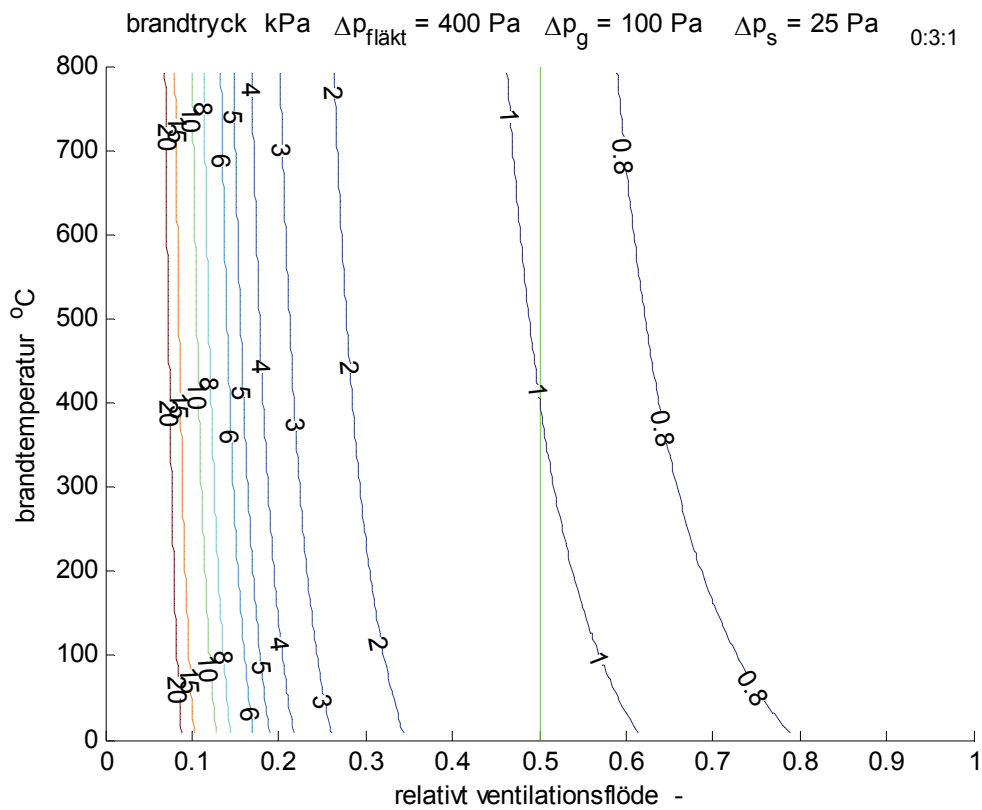
En annan motsatt slutsats är att om ett ventilationssystem endast försörjer två lokaler med lika stora flöden krävs det endast måttliga brandtryck.



Figur 5.1 Brandtryck för gränsfall för stängt tilluftsspjäll och normal drift för modell 1.



Figur 5.2 Brandtryck för gränsvall för stängt tilluftsspjäll och normal drift för modell 2.



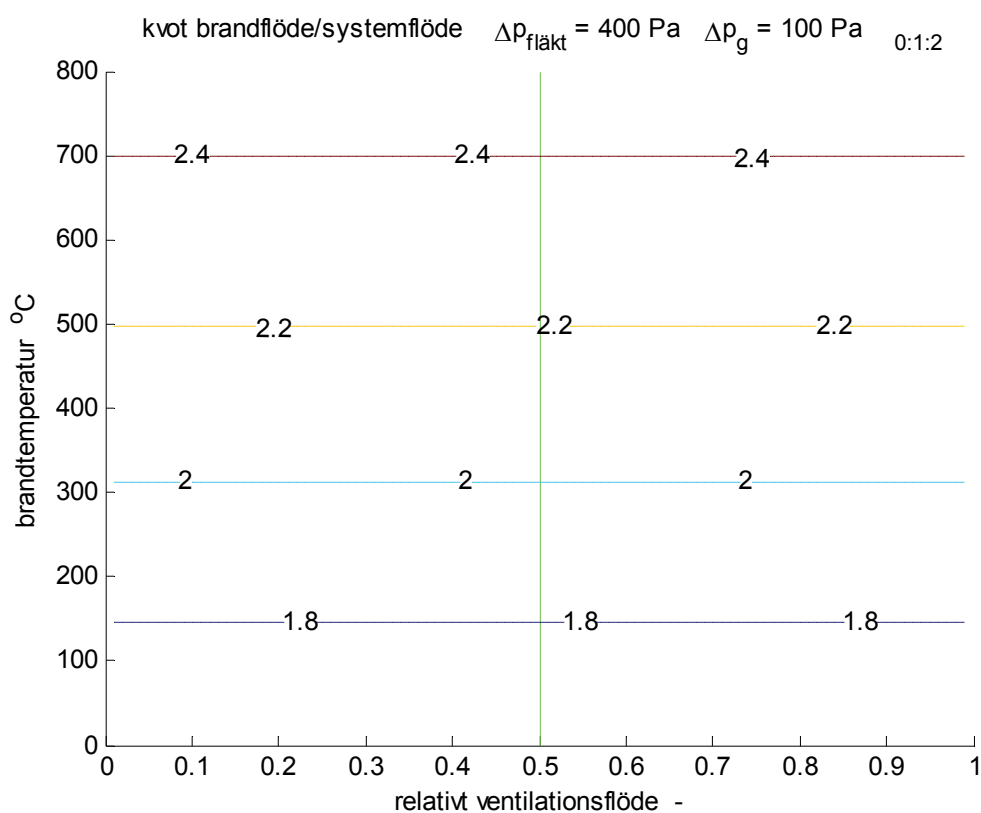
Figur 5.3 Brandtryck för gränsvall för stängt tilluftsspjäll och normal drift för modell 3.

Några kommentarer till de tre modellernas brandflöde för gränsfallet är följande:

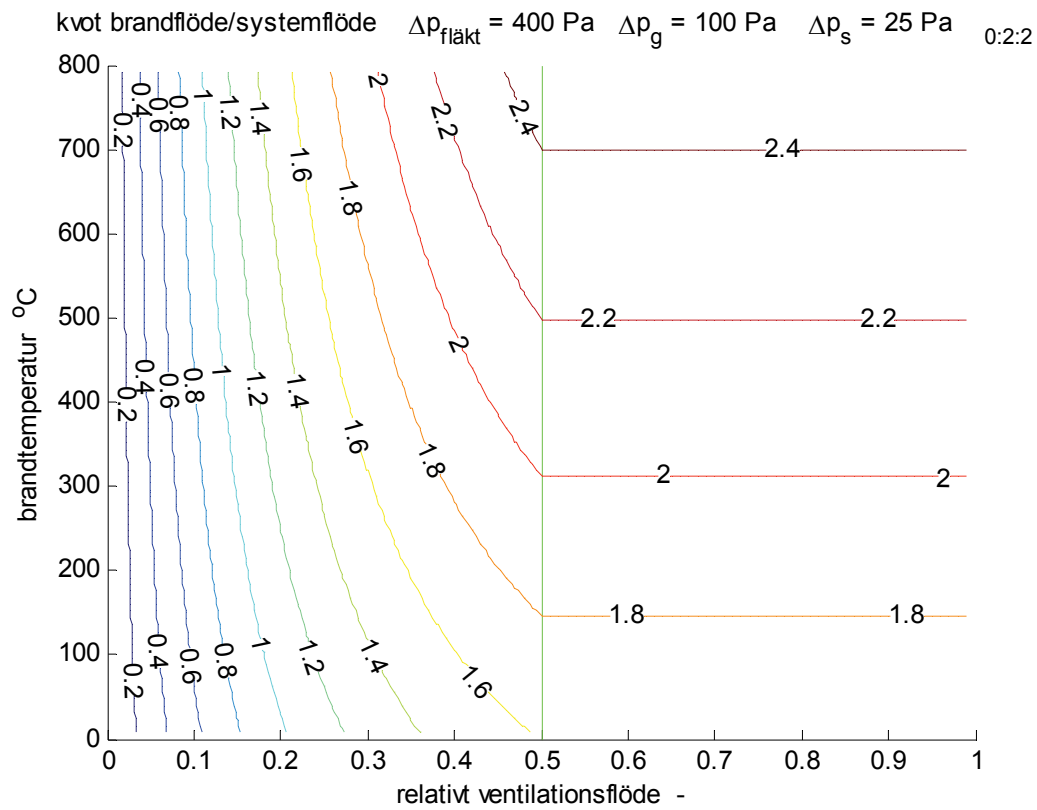
De förhållandevis höga brandflödena för modell 1 och 3 i Figur 5.4 respektive 5.6 resulterar som tidigare redovisat höga brandtryck. Brandflödet för modell 1 med endast två lokaler skall minst ersätta totalflödet. Brandflödet blir konstant eftersom trycket i spridningspunkten på frånluftsidan är lika med tilluftfläktens tryckstegring 400 Pa, eftersom det råder nollflöde i lokal 2. Frånluftsystemets kalla tryckfall är 300 Pa vid 1 m³/s och den möjliga kalla drivande tryckskillnaden är alltså högst 800 Pa.

Ett detaljerat sifferexempel är att utgå från brandtemperaturen 313 °C som halverar densiteten. Detta innebär att den drivande tryckskillnaden över frånluftsystemets standel är 600 (400+400/2) Pa. Avluftsflödet och samtidigt också brandflödet blir 2 m³/s, eftersom den drivande tryckskillnaden är två gånger det nominella kalla tryckfallet och densitet är halverad, vilket ger ett fördubblat flöde. Isolinjen 2 m³/s i Figur 5.4 sammanfaller med temperaturnivån 313 °C. Både tryckfallet och fläkttryckstegring är direkt proportionella mot densiteten.

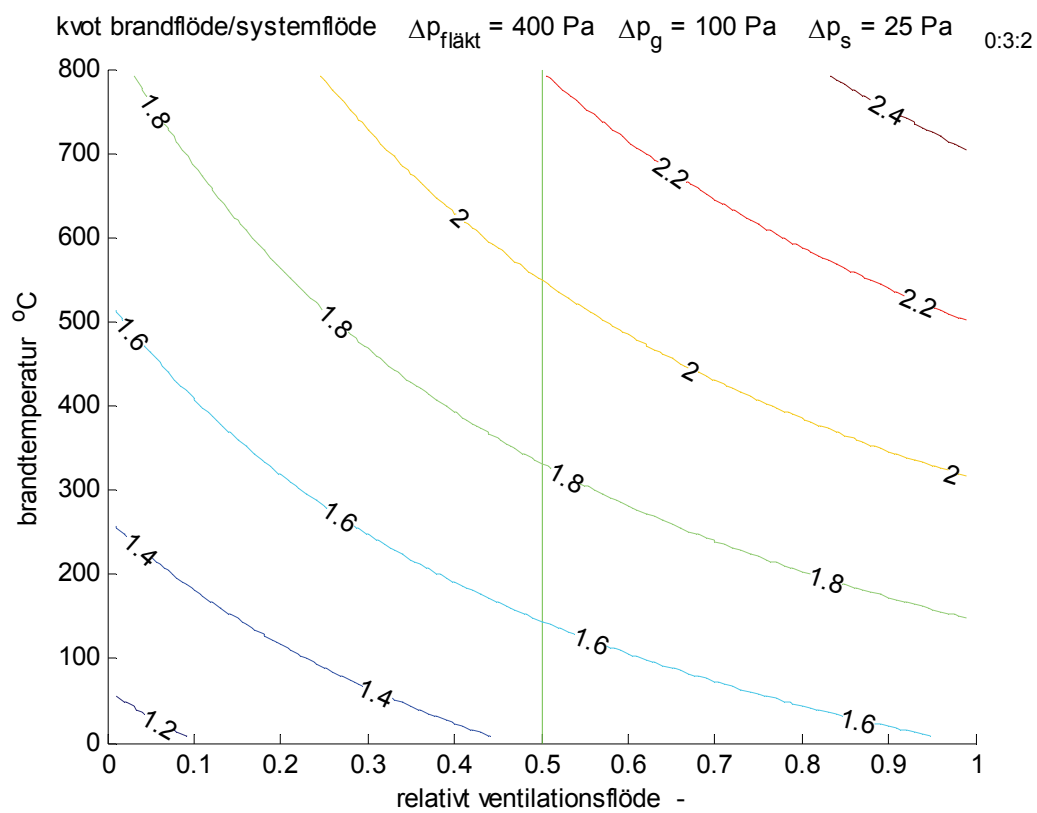
Brandflödet är störst för modell 1. Alla modellerna sammanfaller för ventilationsflödet 1 m³/s, vilket är ett urartat fall med en enda lokal. Modell 1 och 2 sammanfaller för alla ventilationsflöden större än 0.5 m³/s. Modell 2 kräver minst brandflöde, eftersom ventilationsflödet för lokal 1 och 2 är lika för ventilationsflöden mindre än 0.5 m³/s. Både modell 1 och 3 har för små ventilationsflöden för lokal 1 betydligt större ventilationsflöden för lokal 2, vilket kräver större brandflöden för att uppnå gränsfallet.



Figur 5.4 Brandflöde för gränsfall för stängt tilluftsspjäll och normal drift för modell 1.



Figur 5.5 Brandflöde för gränsvall för stängt tilluftsspjäll och normal drift för modell 2.

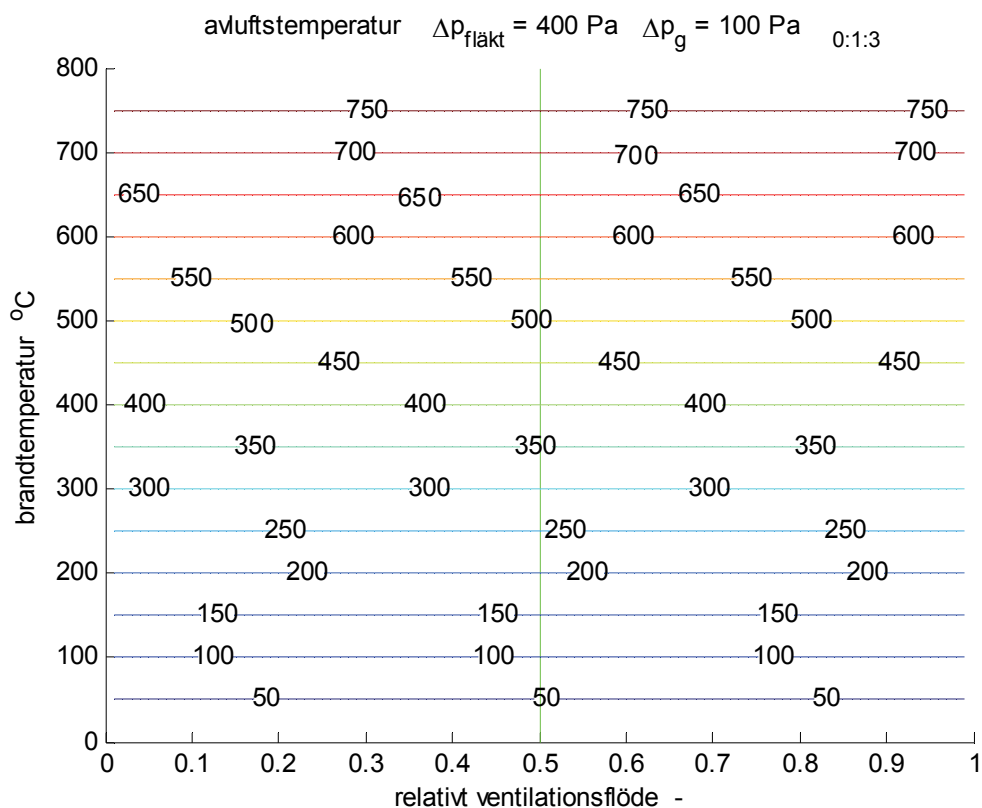


Figur 5.6 Brandflöde för gränsvall för stängt tilluftsspjäll och normal drift för modell 3.

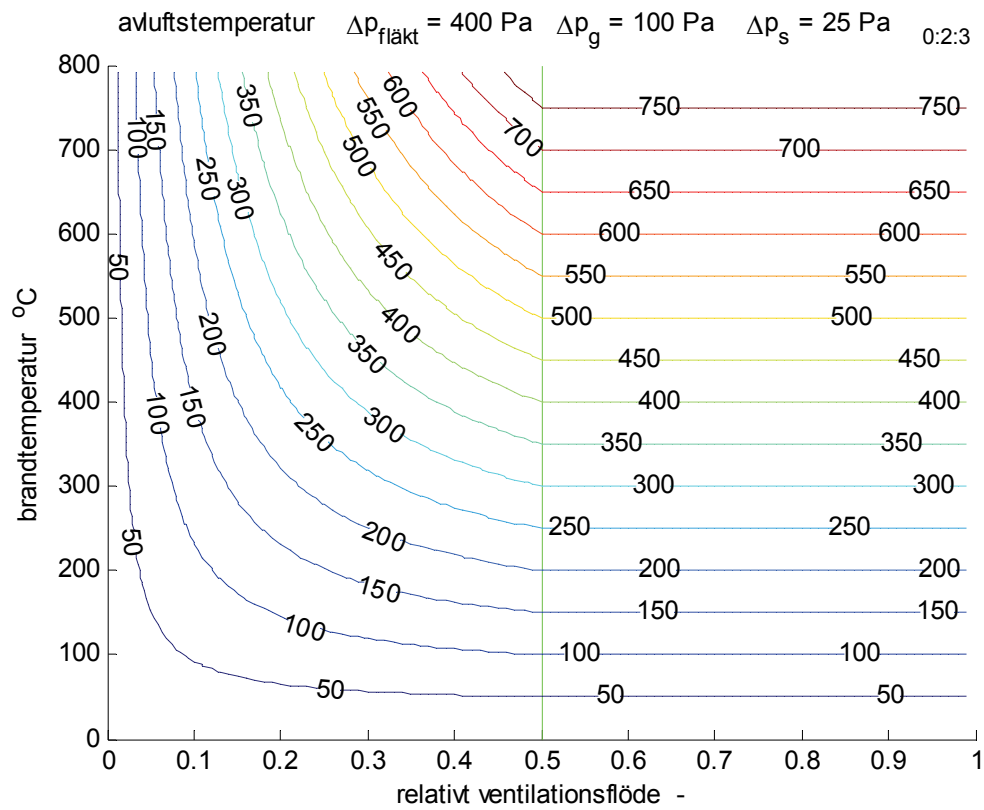
Några kommentarer till de tre modellernas avluftstemperatur för gränsfallet är följande:

Alla de tre modellens avluftstemperatur sammanfaller för sår-fallet med ventilationsflödet 1 m³/s.

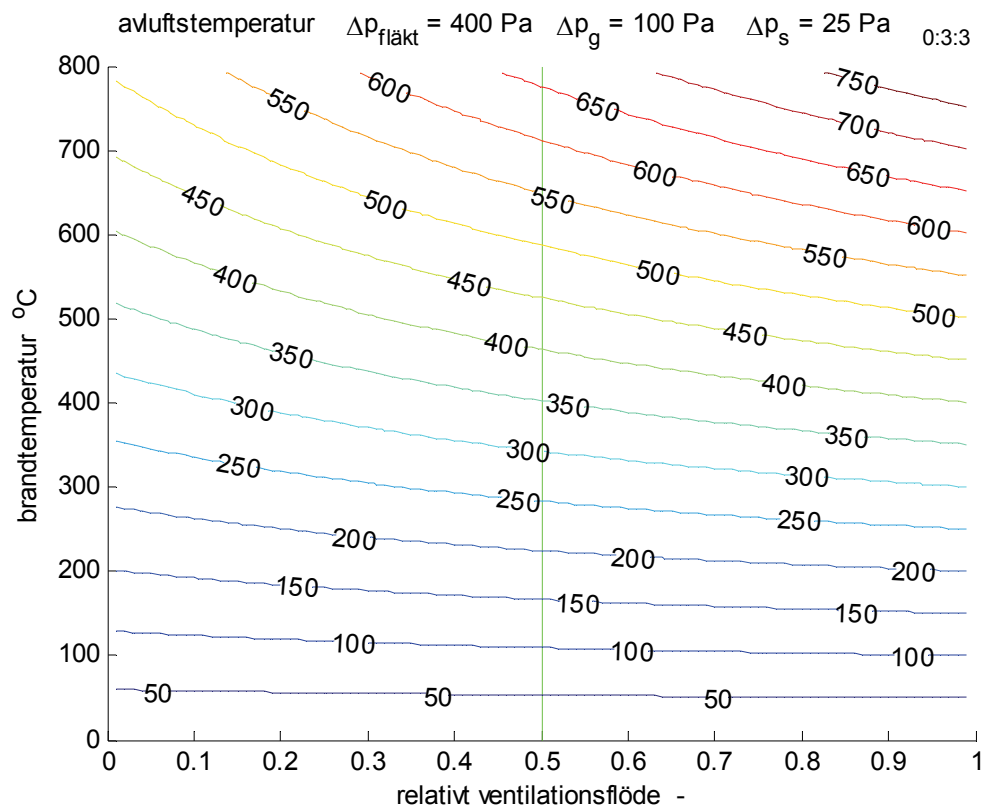
Avluftstemperaturen för modell 1 visas i Figur 5.7 och är lika med brandtemperaturen, eftersom det inte sker inblandning av tilluft. Detta gäller även modell 2 som blir identisk med modell 1 för ventilationsflöde större än 0.5 m³/s.



Figur 5.7 Avluftstemperatur för gränsfall för stängt tilluftsspjäll och normal drift för modell 1.



Figur 5.8 Avluftstemperatur för gränfall för stängt tilluftsspjäll och normal drift för modell 2.



Figur 5.9 Avluftstemperatur för gränfall för stängt tilluftsspjäll och normal drift för modell 3.

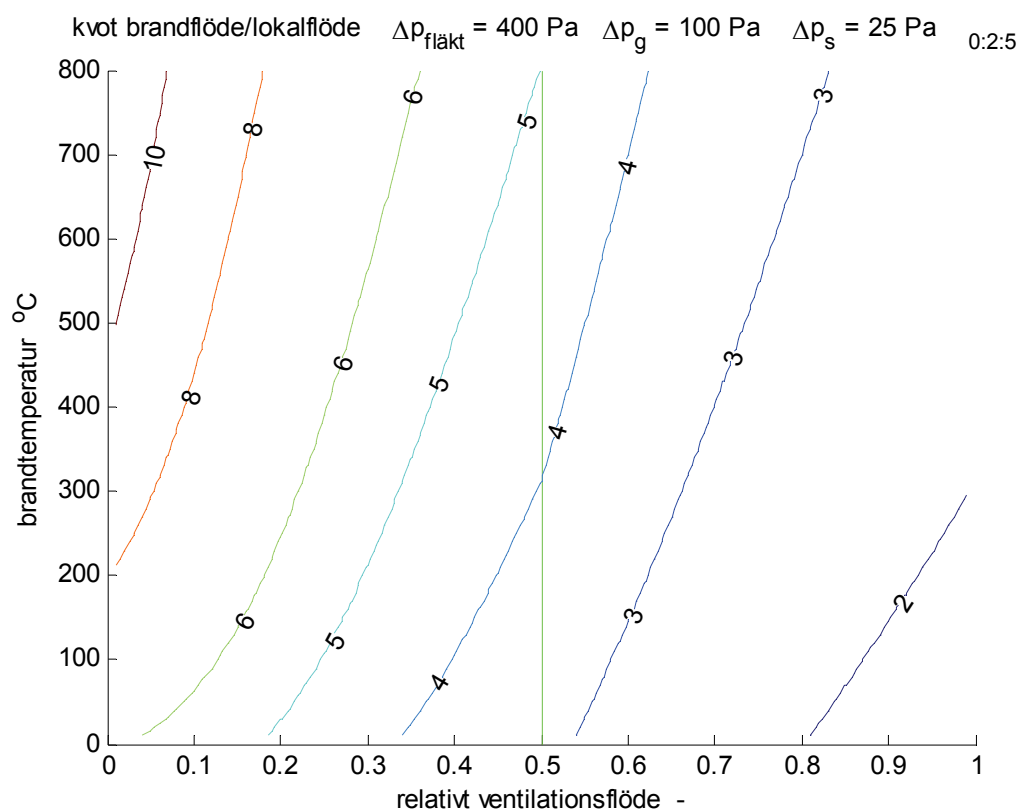
Sammanfattning

Slutsatsen är att brandgasspridning kan inträffa, men det kräver betydligt högre brandflöden än för fallet med normal drift och därmed också högre brandtryck och för vissa fall orimligt höga brandtryck. Modell 2 med två lika stora lokaler ytterst är känsligast, vilket kan åtgärdas genom att införa en samlingslåda och därmed omvandla modell 2 till modell 1.

Brandtrycket som krävs för att nå gränsfallet är för vissa fall orimligt högt. Detta gäller särskilt modell 1 och 3 för fallet med ett mindre relativt ventilationsflöde. Den intilliggande lokalens ventilationsflöde är betydligt större. Detta kräver ett betydligt större brandkanalflöde eller brandflöde än det normala ventilationsflödet för att uppnå gränsfallet, medan det för modell 2 med lika stora lokaler 1 och 2 i princip endast kräver en fördubbling enligt tumregeln för brandgasspridning i F-system.

Ett högt brandtryck kräver att brandkanalflödet eller brandflödet måste vara högt. Det är för modell 1 och 3 alltid högre än totalflödet. Modell 2 med lika stor lokal 1 som lokal 2 kräver betydligt lägre brandflöde. Brandflödet är dock flera gånger större än det normala flödet för den brandutsatta lokalen, vilket framgår av den i Figur 5.10 redovisade kvoten mellan brandflöde och ventilationsflöde för modell 2. Ett relativt ventilationsflöde på 0.2 och 20 °C kräver ett relativt brandflöde på 1 (5 0.2) enligt Figur 5.10 och även Tabell 5.1 som 0.990.

Gränsfallets brandflöde ökar med ökande brandtemperatur. Gränsfallet bestäms av att trycket i spridningspunkten blir tillräckligt högt (bestämt av T-systemet), vilket en hög brandtemperatur motverkar med sin lägre densitet.



Figur 5.10 Kvoten mellan brandflöde och ventilationsflöde för gränfall för stängt tilluftsspjäll och normal drift för modell 2.

6 Inventering av backspjäll

I en arbetsrapport TVIT--06/3004 med titeln Backspjäll för brandgasspridningskydd – utveckling och försök görs även en genomgång av andra backspjäll och tilluftsdon med backspjällsliknande funktion.

Backspjäll Basic - Hagab

Detta backspjäll är godkänt och uppfyller täthetsklass 2. Backspjället består av två textilrör med olika egenskaper vad gäller värmetålighet och täthet, vilka i backriktningen viks ihop och tätar mot ett grovt trådgaller.

Backspjället är avsett att placeras i tilluftkanalsystem. Det finns för kanalmontage i storlekarna 10, 12 och 16 (100, 125 respektive 160 mm). Storlekarna 10 och 12 finns även för montage i en fördelningslåda. Det finns inga krav på monteringsriktning såsom lodrätt eller vågrätt.

Ett problem är att det finns endast små storlekar. Det största backspjället, storlek 16, klarar högst ett flöde på 0.1 m³/s vid en lufthastighet på 5 m/s.

Backspjäll RSK – Systemair

Detta backspjäll är inte godkänt, men uppskattas att uppfylla täthetsklass 1.

Backspjället är avsett för att begränsa backströmning i avstängda ventilationssystem. Backspjället är avsett för cirkulära kanaler och består av två fjäderbelastade halvcirkelformade lameller. De fjäderbelastade lamellerna försvårar den normala genomströmningen och orsakar därmed ett visst tryckfall omkring 50 Pa. Fjädrarna är anpassade för att klara alla montagefall.

Backspjällen finns i storlekarna 10 upptill 31, vilket med lufthastigheten 5 m/s klarar endast flöden upptill 0.4 m³/s.

En vanlig tillämpning är att separata köksfläktar förses med backspjäll som kallrasskydd. Detta gäller särskilt för småhus med frånluftsventilation. Det normala undertrycket inne resulterar annars i stora inflöden ner genom spiskåpan ut över köksspisen.

Backspjäll KIBS - LTH

Detta backspjäll är ingen produkt utan ett förslag på ett kombinerat injusterings- och backspjäll avsett för att placeras i en anslutningslåda för ett tilluftsdon. Själva backspjällsfunktionen fås av ett lock som överlappar ett cirkulärt hål för den anslutande horisontella luftkanalen. Trycket i ventilationssystemet öppnar locket och tyngdkraften stänger locket. Injusteringsfunktionen fås genom att lockets öppningsvinkel begränsas. Montagekravet är att locket skall vara lodrätt i stängt läge.

Täthetstest vid normal rumstemperatur med enkel prototyp i 4 mm aluminium för storlek 10 med luftkanaldimension 100 mm, lockdiameter 120 mm och därmed ett överlapp på 10 mm visade att täthetsklass 3 kan uppnås.

En enklare tillämpning kan vara inblåsning av ventilationsluft utan något don.

Inventering med Google 070613

Sökning har genomförts med Google för sökorden backspjäll, brandgasspridning och kallrasskydd. Antalet träffar redovisas enligt sammanställning nedan.

backspjäll	1160
brandgasspridning	678
kallrasskydd	1240
backspjäll - brandgasspridning	9
backspjäll - kallrasskydd	74
brandgasspridning - kallrasskydd	0
brandgasspridning - backspjäll - kallrasskydd	0

Den mest intressanta gruppen backspjäll - brandgasspridning med nio träffar fördelar sig som följer. De fyra första träffarna härrör från undertecknad i form av två forskningsrapporter, ett fördrag och en synpunkt i en tidskrift. Tre andra träffar är en allmän byggkatalog och två företagsspecifika kataloger. De backspjäll som redovisas i katalogerna är inte brandklassade. Resterande två träffar är en lägesrapport från FOI och tidskriften Brandposten.

Sammanfattning

Det finns ett backspjäll som är en godkänd produkt, men endast i små storlekar upptill storlek 16, vilket motsvarar ett högsta flöde på 0.1 m³/s.

Det finns ett backspjäll avsett för att begränsa strömning i avstängda ventilationssystem och inte i brandutsatta ventilationssystem. Största storlek är 31 och ett rimligt största flöde är 0.4 m³/s.

Den sammanfattande slutsatsen är att det inte finns backspjäll för stora ventilationsflöden för att förhindra brandgasspridning. En förklaring till att det inte finns backspjäll för stora luftflöden är att ventilationsaggregat över en viss storlek normalt förses med motorstyrda avstängningspjäll för både uteluft och avluft. Motorstyrda spjäll användas också för att förhindra backströmning i delar av kanalsystem med stora delflöden.

7 Sammanfattning och slutsatser

När en anläggnings skydd mot brandgasspridning skall undersökas är ett viktigt moment att kartlägga förutsättningarna och det gäller brandens, byggnadens och ventilationssystemets egenskaper, vilka tillsammans avgör om det blir brandgasspridning eller inte för ett fall med ventilationen i normal drift och utan några spjäll.

Denna enkla analys kan ske efter de tre teststeg som redovisas på sidan 6. Detta kan innebära att det inte behövs några särskilda skyddsåtgärder som för väl ventilerade lokaler med endast en mindre brand. Visar de tre teststegen att brandgasspridning kommer att ske kan en del åtgärder vidtagas, vilka kan öka ventilationssystemets förmåga att förhindra brandgasspridning. Dessa åtgärder redovisas i avsnitt 2.

Brandgasspridning via ventilationssystem med både tilluft och frånluft kan förhindras genom att använda brandgaspjäll i både tilluft och frånluft. Detta leder i princip till lika stor brandgasspridning till både tilluft- och frånluftssystem. Den största brandgasspridningen sker dock till den inre och yttre omgivningen beroende på olika läckage. Det skall dock påpekas att om byggnaden är mycket tät kan i princip halva brandgasspridningen ske till tilluftssystemet. Det finns också ett funktionsfel som måste beaktas nämligen när endast frånluftspjället stänger, vilket leder omfattande brandgasspridning mycket större än för ett fall helt utan spjäll.

Något som kan minska spridningen till omgivningen och tilluftssystemet betydligt är att slopa brandgaspjäll i frånluftssystemet och säkerställa frånluftssystemets funktion vid höga temperaturer. Tilluftssystemet skall vara i drift. Ett viktigt påpekande är att brandgasspridning kan inträffa, eftersom en förhållandevis stor brand med ett stort brandflöde kan mätta frånluftssystemet och även gå baklänges ut genom tilluftssystemet. Gränsfallet för brandgasspridning utreds i avsnitt 5 för tre olika enkla modeller i sin tur redovisade i avsnitt 3. Notera att brandgasspridningen sker baklänges genom frånluftssystemet till närmsta anslutna lokal.

Beräkningsresultaten visar att det krävs ett mycket stort brandflöde och därmed i vissa fall orimligt högt brandtryck för att uppnå gränsfallet för brandgasspridning till tilluftssystemet. Brandflödet är för två modeller större än ventilationssystemets totalflöde och för en tredje modell flera gånger det normala lokalflödet. Det säkraste ventilationssystemet har ett flertal lokaler med lika stora ventilationsflöden. Ett fall med två lokaler med ett stort och ett litet ventilationsflöde med brand i den stora lokalen är det mest osäkra fallet. En förbättrande åtgärd kan vara att förse frånluftssystemet med en samlingslåda, vilket kan minska risken för brandgasspridning betydligt genom att brandkanalflödet måste slå ut hela tilluftsflödet till övriga lokaler, vilket från dessa lokaler går till samlingslådan som frånluft.

Brandgaspjäll kan slopas helt om en lokals brandfall kan klaras av enligt de tre stegen redovisade på sidan 6. Gränsfallet för brandgasspridning utreds i avsnitt 4 för tre olika enkla modeller i sin tur redovisade i avsnitt 3. Om en lokals brandfall inte kan klaras av enligt dessa tre steg, kan en del åtgärder vara möjliga, vilka redovisas i avsnitt 2. Dessa åtgärder kan öka ventilationssystemets kanalbrandflöde för gränsfallet något dock högst en faktor två.

En åtgärd kan vara forcerad ventilation, men ett fördubblat ventilationsflöde kräver i princip åtta gånger högre fläkteffekt. En drivmotor som vid normal drift regleras ner till en åttandedel av märkeffekten har en dålig verkningsgrad.

En annan åtgärd kan vara att öka tilluftdonens tryckfall och minska frånluftsdonens tryckfall. Det kan öka kanalbrandflödet högst en faktor två.

Konvertering av den svaga länken, tilluftssystemet, till frånluftssystem är lämplig för otäta lokaler och helt olämpligt i helt täta lokaler. Brandgasspridning kommer att ske till alla lokaler om det inte finns några läckage, eftersom tilluftssystem och frånluftssystem normalt inte är symmetriska och tryckfallsmässigt lika. De enda flöden som strömmar fram genom kanalsystemen i ett helt tätt fall är delar av brandflödet. Metodens tillämpning på otäta byggnader måste beakta att utrymning inte försvåras genom allt för stora undertryck i byggnaden. Den största tryckskillnaden som kan tillåtas över en dörr är omkring 80 Pa.

Ett viktigt påpekande är att ventilationsprincipen deplacerande ventilation med golvplacerade tilluftsdon kan vara tillräckligt skydd mot brandgasspridning. Brandens största brandflöde uppnås kanske innan brandgaslagret når tilluftdonen. En mindre förbättring fås, vilket redovisas i Bilaga A.

Ombyggnad av omblandande ventilation med tilluftsdon nära tak eller i tak till deplacerande ventilation kan därför vara en möjlig lösning i en del fall. Ett extremfall för obemannade industrilokaler kan vara att dra ner tilluft nära golv utan något deplacerande don, om det inte finns några krav på högsta tillåtna lufthastigheter i vistelsezonen omkring 0.2 m/s.

Golvplacerade textildon med höga tryckfall kan vara en åtgärd för att öka brandkanalflödet för gränsfallet samtidigt som brandens största brandflöde uppnås innan brandgaslagret når tilluftdonen.

Sammanfattningvis:

Det är viktigt att kartlägga varje lokals ventilationsflöde, täthet och möjliga brandflöde. Dessa egenskaper kan testas mot de tre grundstegen på sidan 6 för att avgöra om brandgasspridning kan inträffa för fallet utan några spjäll.

En viss ökning av det högsta brandflöde som en lokal och dess ventilationssystem kan klara av, kan uppnås med några av de åtgärder som redovisas i avsnitt 2.

Om det möjliga brandflödet är flera gånger det normala ventilationsflödet måste spjäll användas. Lösningen med endast spjäll i tilluftssystemet är den lämpligaste. Motorstyrda brandgasspjäll eller självverkande backspjäll kan användas. Det finns endast godkända backspjäll för mindre ventilationsflöden.

Brandgasspjäll eller backspjäll enbart i tilluftssystemet bedöms förhindra brandgasspridning med reservation för att kontroll bör göras med beräkningsmodeller redovisade i avsnitt 3 och med redovisade diagram i avsnitt 5. En viktig slutsats är att ju fler lika stora lokaler som är anslutna till samma ventilationssystem, ju mindre är risken för brandgasspridning och omvänt innebär detta att sämsta fallet har endast två lokaler.

Bilaga A Jämförelse mellan olika ventilationsprinciper

Syftet med denna bilaga är att med en tvåzonsmodell undersöka brandflödet för ett rum med omblandande och deplacerande ventilation. Det som skiljer de två ventilations-principerna är utluftningen. Brandgaslagret, den övre zonen, utluftas för fallet med omblandande ventilation, medan den rena, nedre zonen, utluftas för fallet med deplacerande ventilation. Rumshöjden är 3 m. De deplacerande donens högsta höjd över golv antas vara 0.6 m. Ventilationens till- och frånluftsflöden försummas.

En tvåzonsmodell har simulerats med olika t^2 -bränder med olika brandtillväxthastighet från slow till ultra fast (2.93-187.52 W/s² 19 fall) kombinerat med olika golvyta (10-200 m² 20 fall) och därmed totalt 380 fall. Lokalens alla omslutande ytor har alla varit betong och väggarnas yta har beräknats med antagande att lokalen är kvadratisk. Simuleringen startar med den övre zonhöjden lika med 1 mm och avbryts när den nedre zonhöjden är lika med 1 mm eller att den teoretiska brandtiden har uppnåtts beräknad efter syreatgång.

Brandflöde q_b , utluftningsflödet, bestäms tillsammans med tillhörande tidpunkt t_b och temperatur T_b för den övre zonen och redovisas för fyra beräkningsfall i tolv isodiagram i Figur A.1-4, A.5-8 och A.9-12 för brandflöde, brandtemperatur respektive brandtid med brandtillväxthastighet som x-axeln och lokalgolvyta som y-axel.

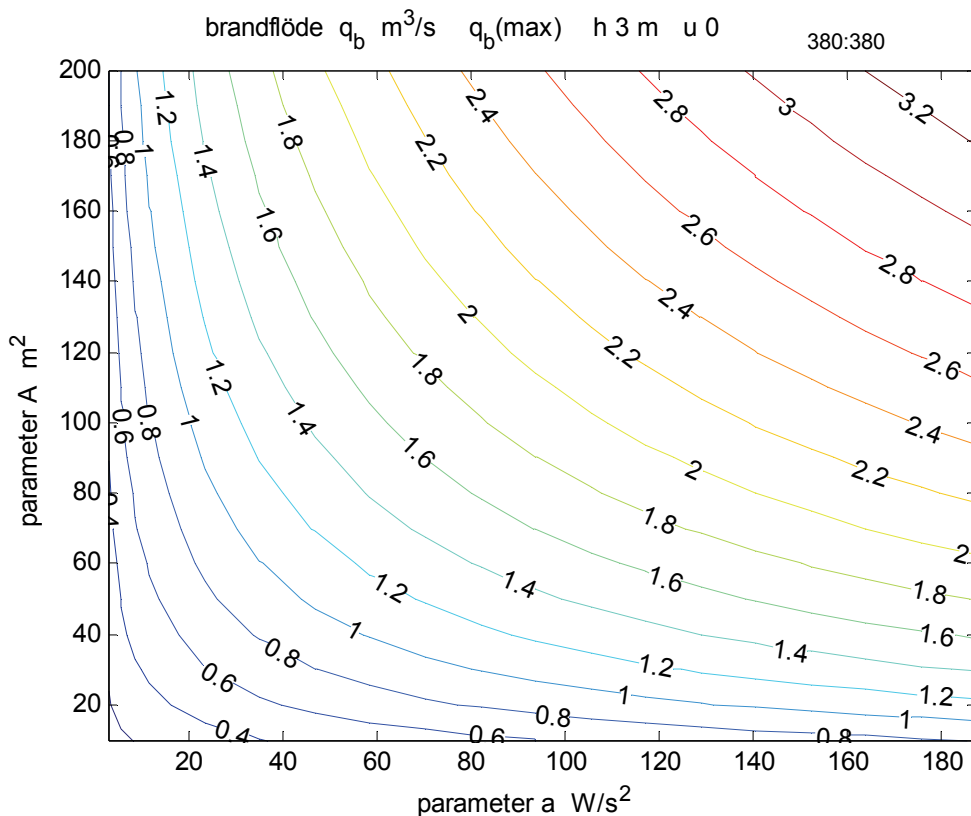
Det två första beräkningsfallen avser största brandflöde för de två ventilations-principerna med övre respektive nedre utluftning. Det två sista beräkningsfallen avser brandflöde vid brandgashöjden 0.6 m för de två ventilationsprinciperna. Fallet med deplacerande ventilation och största brandflöde och omblandande ventilation med övre utluftning och brandgashöjd 0.6 m är ointressanta, men har tagits med som jämförelse. De två fall som skall jämföras största brandflöde vid övre utluftning (omblandande ventilation) och brandflöde vid brandgashöjd 0.6 m och med nedre utluftning (deplacerande ventilation).

Brandflödet för omblandande ventilation i Figur A.1 är något större än det för deplacerande ventilation i Figur A.4. Detta visar att risken för brandgasspridning är något mindre för deplacerande ventilation än för omblandande ventilation. Skillnaden är dock inte särskilt stor.

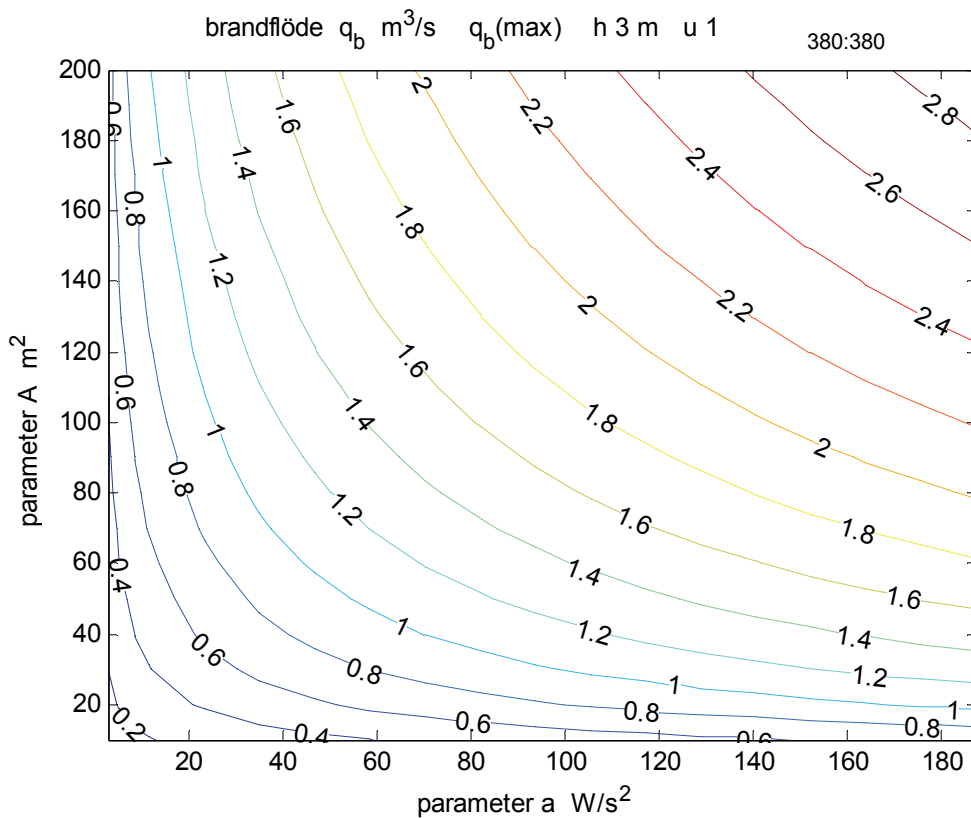
Brandtemperaturen för omblandande ventilation i Figur A.5 är något större än den för deplacerande ventilation i Figur A.8. Notera att det är stor skillnad i brandtemperatur för övre och nedre utluftning för brandgashöjden 0.6 m i Figur A.7 respektive A.8.

Brandtiden för omblandande ventilation i Figur A.9 är ganska lika den för deplacerande ventilation i Figur A.12.

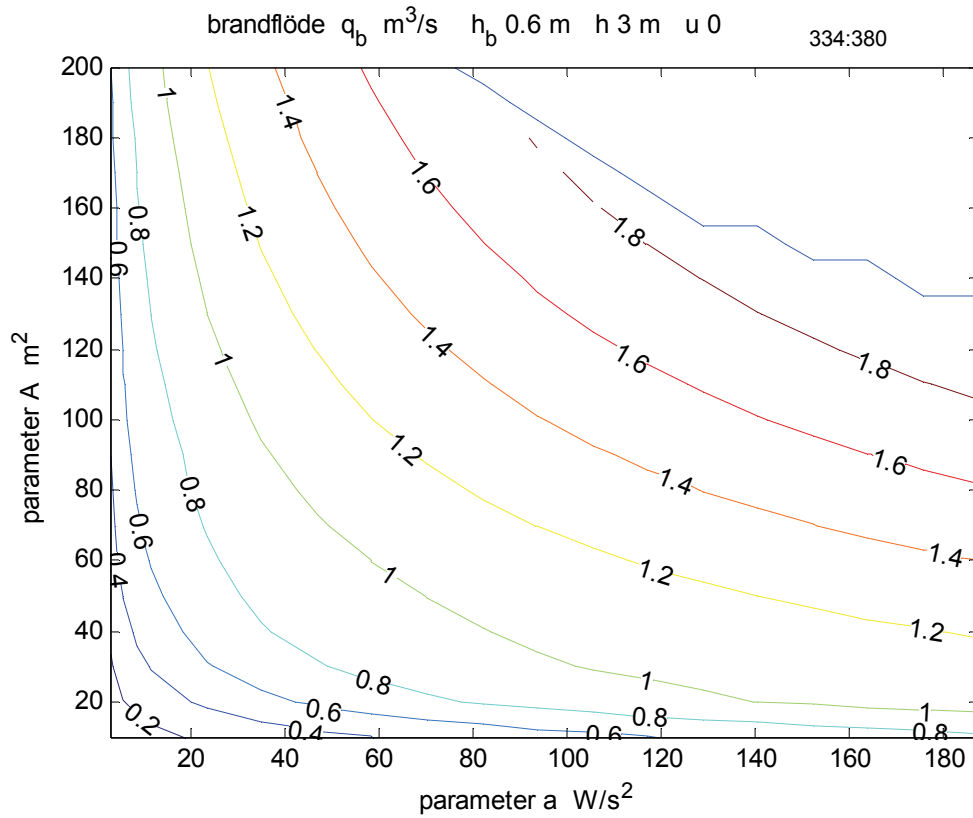
Slutsatsen från denna enkla undersökning visar att deplacerande ventilation har ett mindre dimensionerande brandflöde än omblandande ventilation. Ett tillägg är att brandflödet vid deplacerande ventilation består av både brandgaser från den övre zonen och rumsluft från den nedre zonen, när brandgaslagret befinner sig inom donytan i höjded.



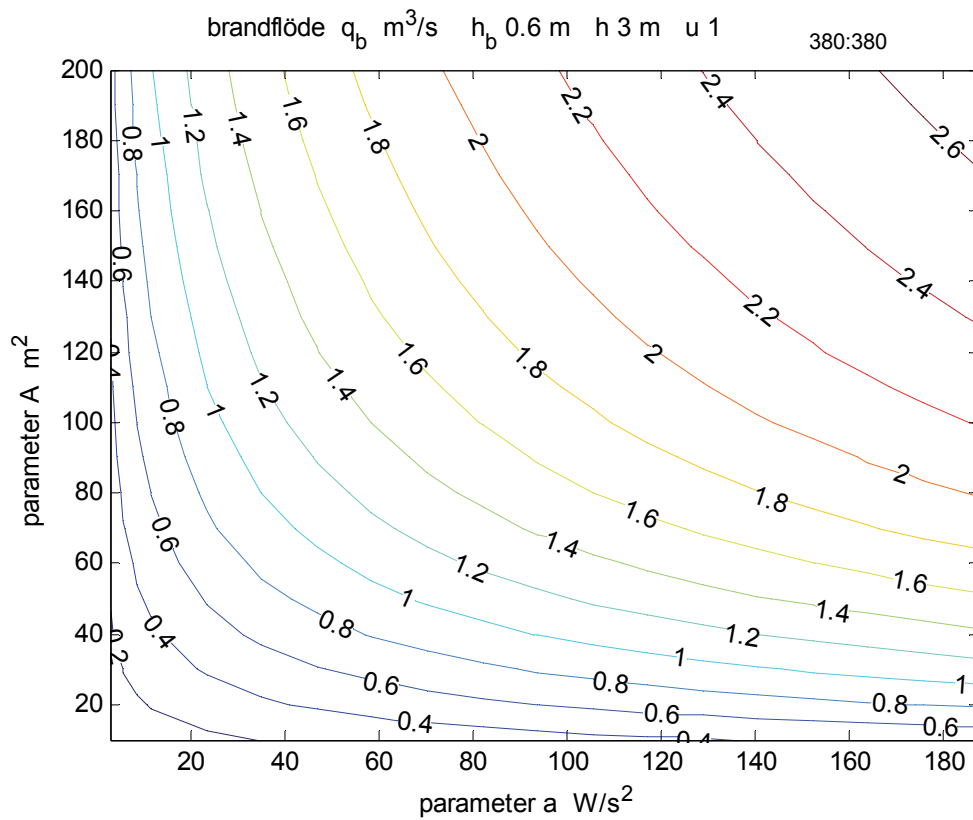
Figur A.1 Isodiagram för största brandflöde för övre utluftning.



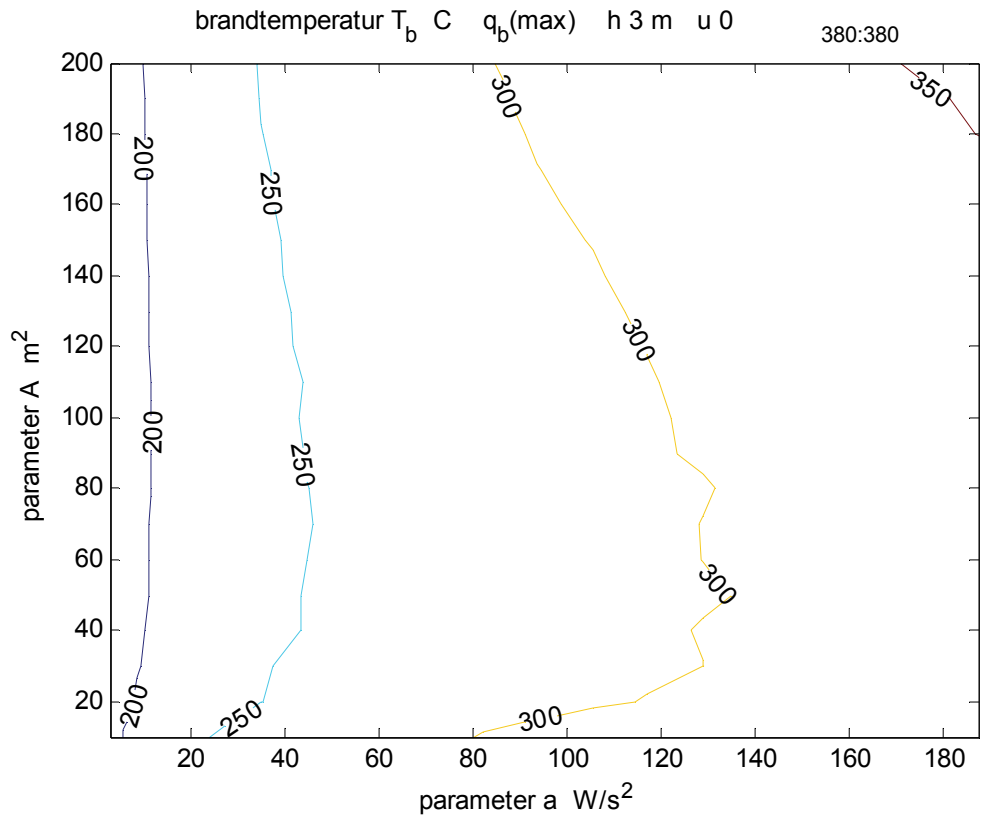
Figur A.2 Isodiagram för största brandflöde för nedre utluftning.



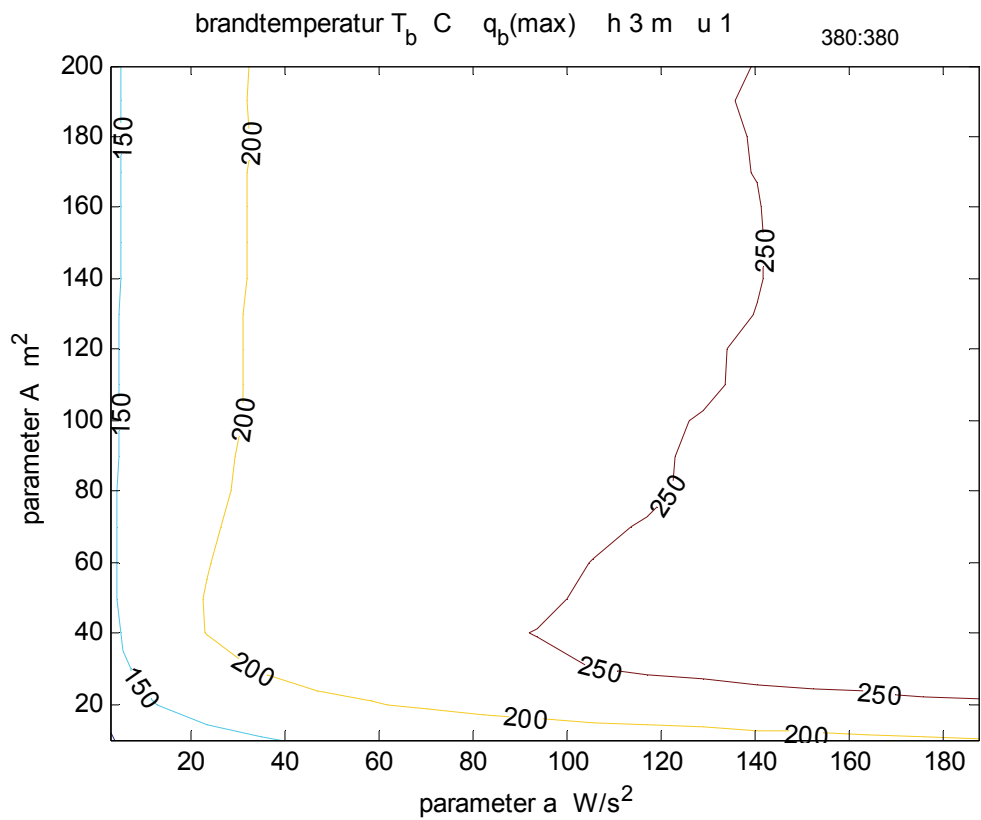
Figur A.3 Isodiagram för brandflöde för övre utluftning och brandhöjd 0.6 m.



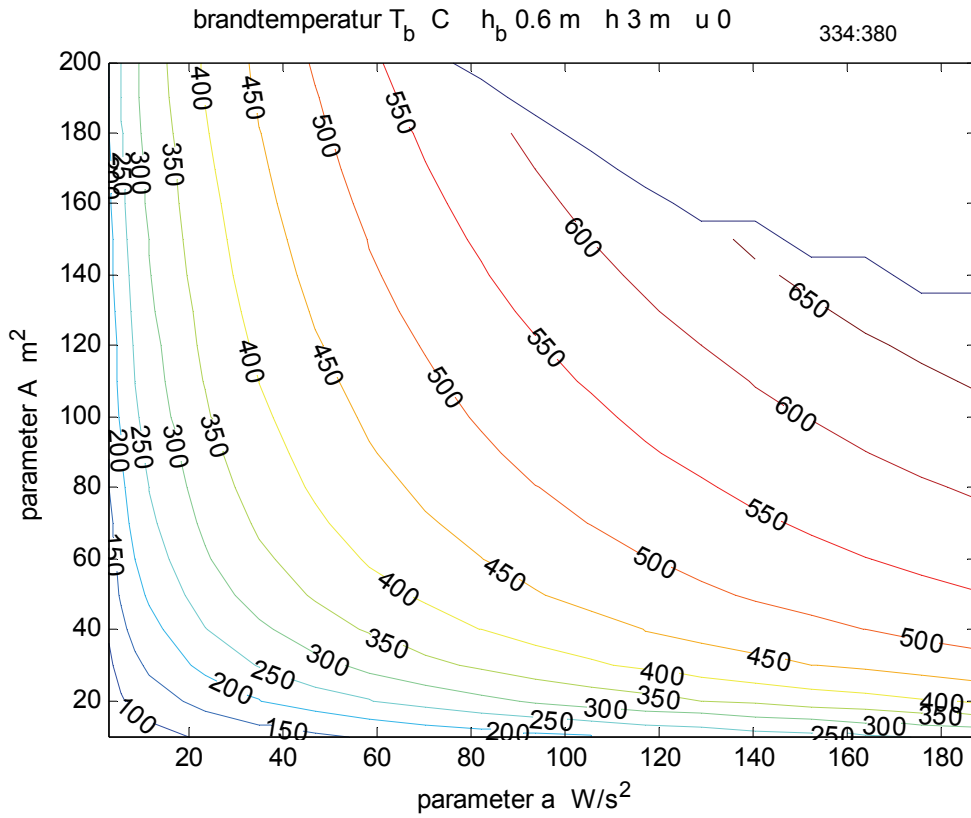
Figur A.4 Isodiagram för brandflöde för nedre utluftning och brandhöjd 0.6 m.



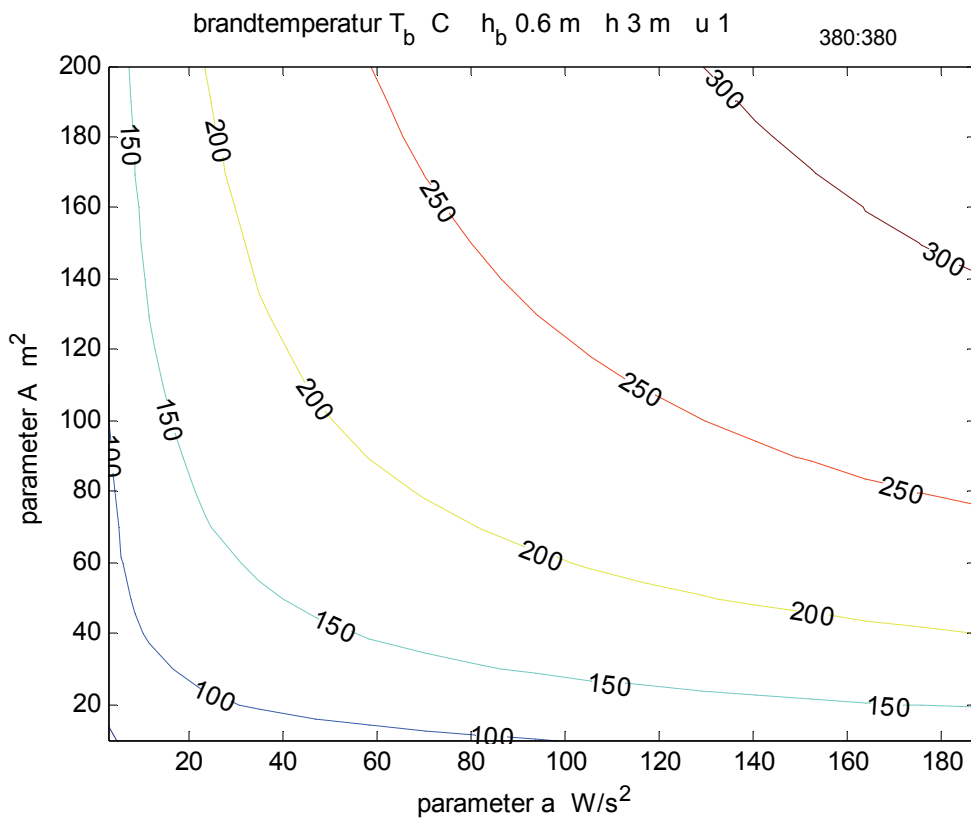
Figur A.5 Isodiagram för brandtemperatur för övre utluftning för största brandflöde.



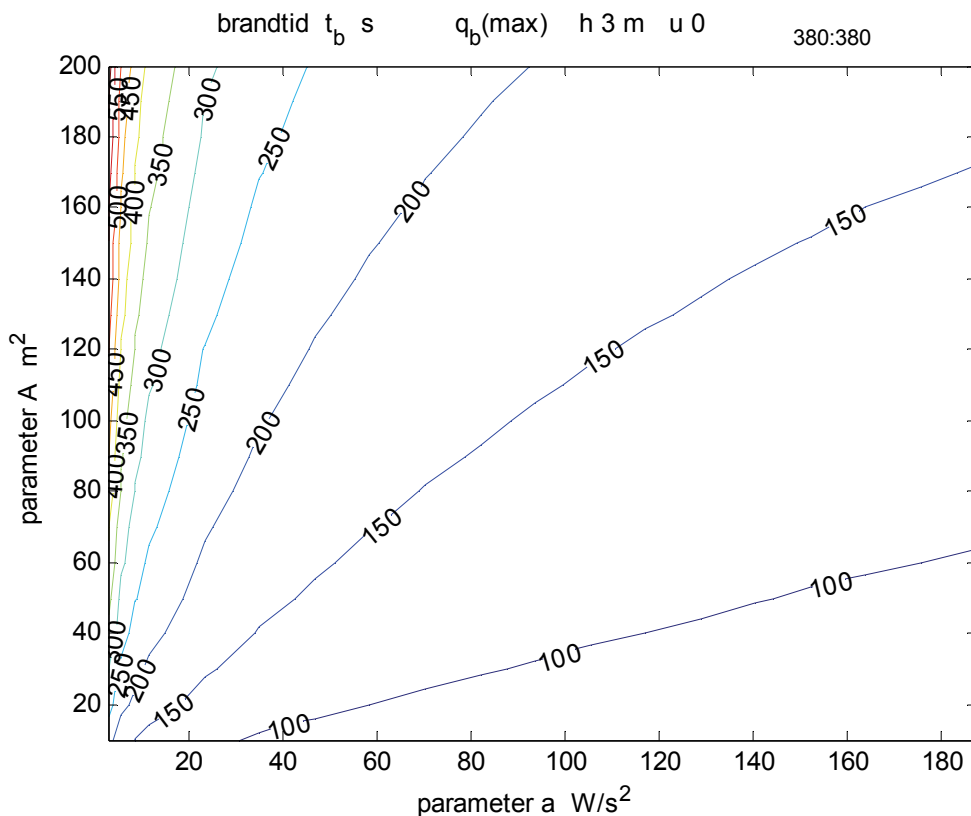
Figur A.6 Isodiagram för brandtemperatur för nedre utluftning för största brandflöde.



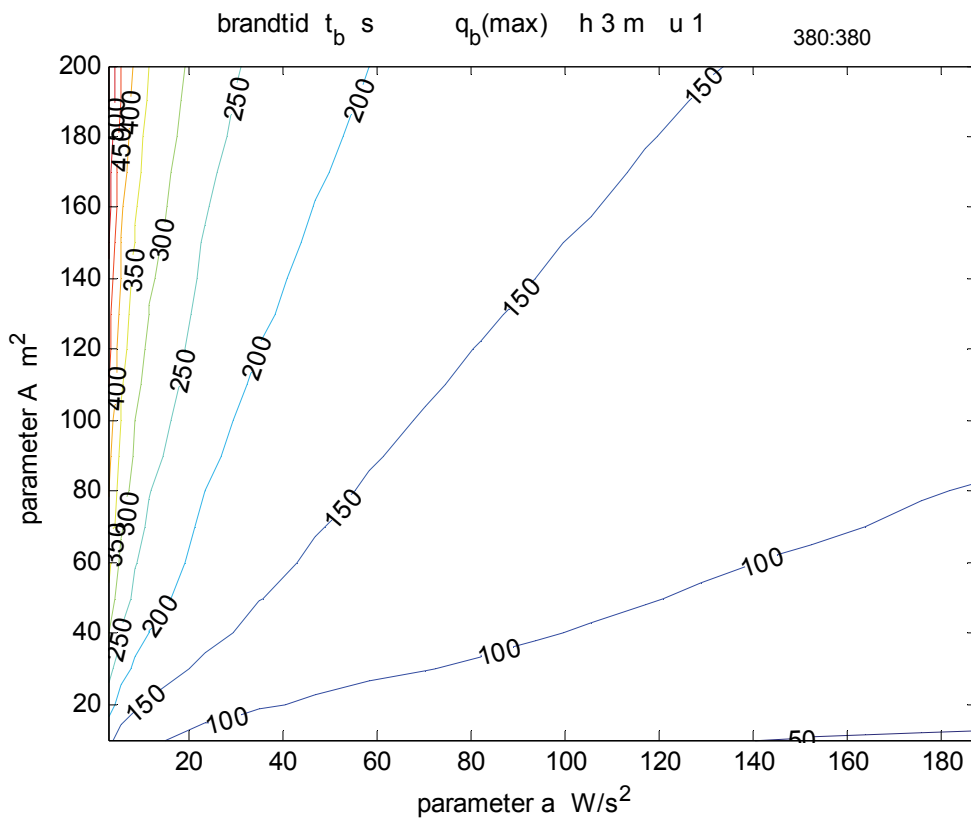
Figur A.7 Isodiagram för brandtemperatur för övre utluftning och brandhöjd 0.6 m.



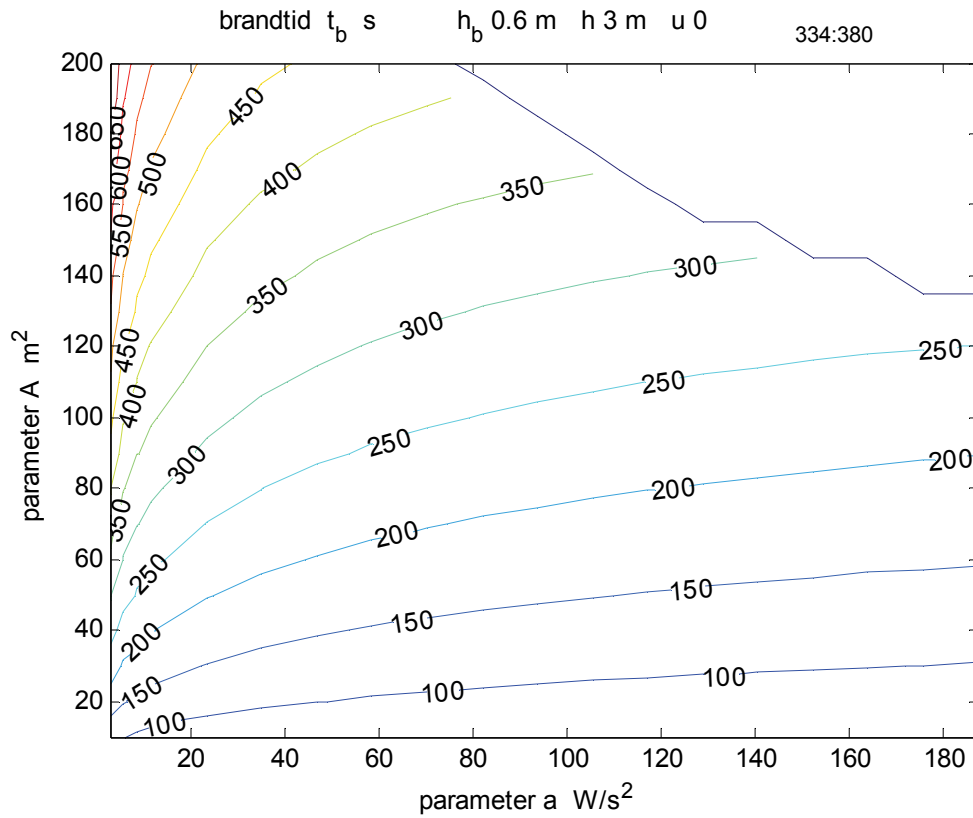
Figur A.8 Isodiagram för brandtemperatur för nedre utluftning och brandhöjd 0.6 m.



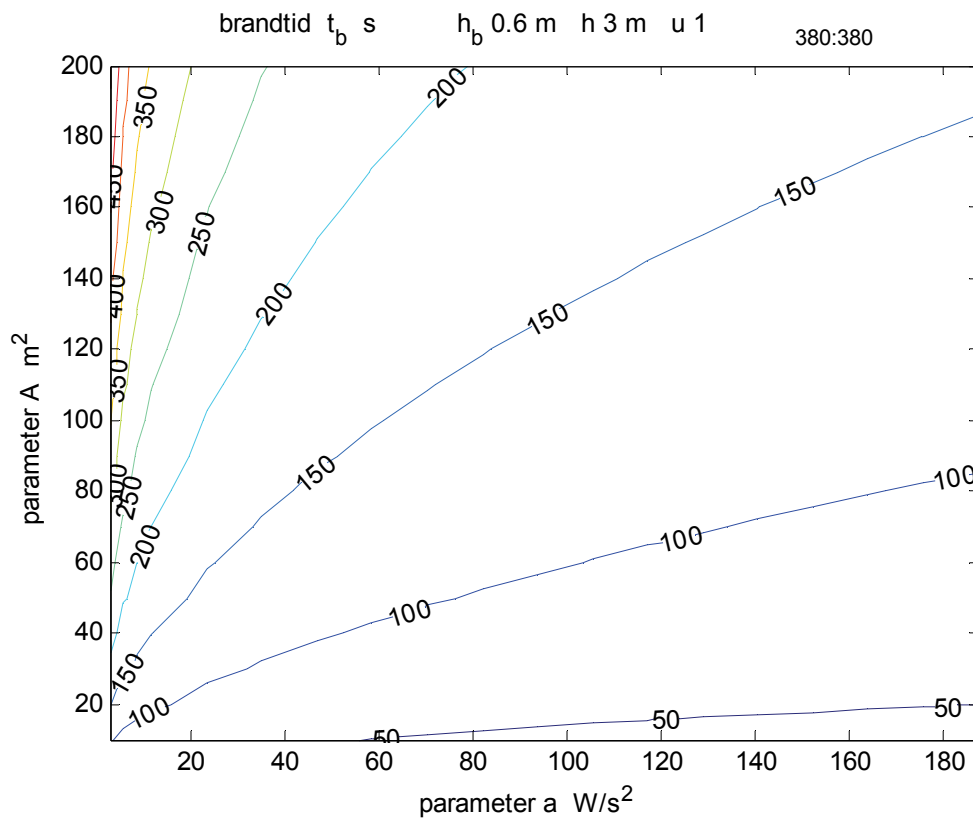
Figur A.9 Isodiagram för brandtid för övre utluftning för största brandflöde.



Figur A.10 Isodiagram för brandtid för nedre utluftning för största brandflöde.



Figur A.11 Isodiagram för brandtid för övre utluftning och brandhöjd 0.6 m.



Figur A.12 Isodiagram för brandtid för nedre utluftning och brandhöjd 0.6 m.

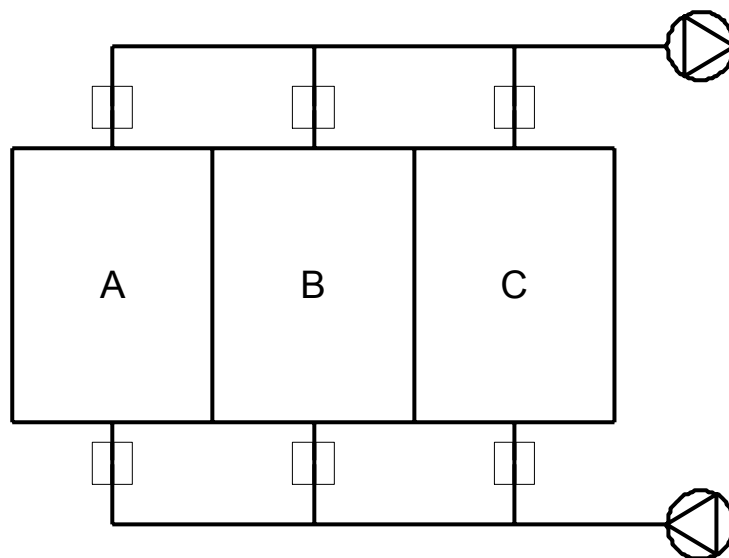
Bilaga B Fall 1 med utvändiga grenade kanalsystem

Fall 1 är ett normalt FT-system med brandgasspjäll i både tilluftskanalsystem och frånluftskanalsystem enligt Figur B.1. Detta fall har behandlats ingående i avsnitt 2, 4 och 5. Tre olika driftsfall för var av de tre lokalerna redovisas med kommentarer i Tabell B.1 nedan.

Tabell B.1

driftsfall	brandrum	stängda spjäll	kommentar
2	A	T_A F_A	standard lösning
3	A	T_A	förenklad lösning
4	A	T_A F_B F_C	samordnad lösning
5	B	T_B F_B	standard lösning
6	B	T_B	förenklad lösning
7	B	T_B F_A F_C	samordnad lösning
8	C	T_C F_C	standard lösning
9	C	T_C	förenklad lösning
10	C	T_C F_A F_B	samordnad lösning

Fall 1 Normal drift Drifttillstånd 1



Figur B.1 Fall 1 med normaldrift

Allmänna synpunkter

En sätt att minska brandgaspridningen att använda sig av tilluft vid golvnivå och icke omblandande ventilation. Brandgaslagret måste nå ner till golvnivå innan spridning sker.

Risken för brandgasspridning är i stort sett den samma för de tre lokalfallen. De tre lösningarna kommenteras kort var för sig och inte uppdelar för varje lokalfall.

Standardlösning

Standardlösning med spjäll i både tilluft och frånluft, som motsvaras av fall 2, 5 och 8, leder till okontrollerad annan brandgasspridning. Brandgasspridning kan förvärras vid felfunktion hos icke stängande frånluftspjäll.

Förenklad lösning

En förenklad lösning med endast spjäll i tilluften, som motsvaras av fall 3, 6 och 9, begränsar den okontrollerade brandgasspridningen. Risken för brandgasspridning inom ventilations-systemet har utretts i avsnitt 5.

Samordnad spjällfunktion

En samordnad spjällstyrning av ett ventilationssystemets samtliga spjäll, som motsvaras av fall 4, 7 och 10, leder till trycksättning av övriga lokaler genom tilluftssystemets ökade trycknivå om oreglerad och avlastning av frånluftssystemet från övriga lokalers frånluft. Notera att detta dock kan medföra höga frånluftstemperaturer lika med brandgaslagrets temperatur.

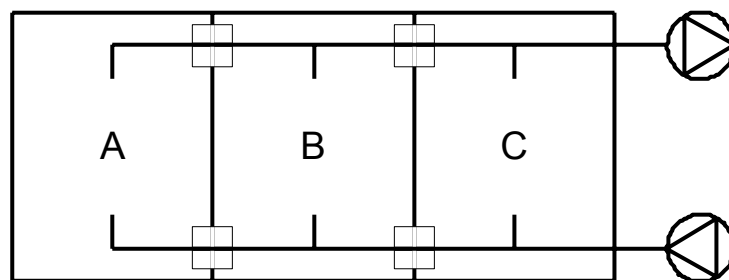
Bilaga C Fall 2 med invändiga grenade kanalsystem

Fall 2 har ett invändigt genomgående kanalsystem för både tilluft och frånluft med brandgasspjäll vid genombrott av brandcellsgränser. Det finns troligen fler än en anslutning till kanalsystemen inom varje brandcell, vilket kräver fler brandgasspjäll än den valda lösningen med två brandgasspjäll per brandcell. Oklar funktion med fläktar i drift eller inte? Det finns fyra spjäll, vilket ger sexton spjällfall, att kombinera med tre olika brandfall vilket ger 48 fall totalt. Några av dessa redovisas i Tabell C.1 nedan.

Tabell C.1

fall	brand	stängda spjäll	kommentar
2	A	T_{AB} F_{AB}	standard lösning
3	A	T_{AB}	förenklad lösning
4	B	T_{AB} F_{AB} T_{BC} F_{BC}	standard lösning
5	B	F_{AB}	avstängd frånluft lokal A
6	B	T_{AB} F_{AB}	avstängd tilluft och frånluft lokal A
7	B	T_{AB} F_{AB} T_{BC}	avstäng tilluft lokal A och B och frånluft lokal A
8	C	T_{BC} F_{BC}	avstängd tilluft och frånluft lokal A och B
9	C	F_{BC}	trycksättning lokal A och B

Fall 2 Normal drift Drifftillstånd 1



Figur C.1 Fall 2 med normal drift.

Allmänna synpunkter

En sätt att minska brandgaspridningen är att använda sig av tilluft vid golvnivå och icke omblandande ventilation. Brandgaslagret måste nå ner till golvnivå innan spridning sker.

Risken för brandgasspridning är i stort sett den samma för de tre lokalfallen utan spjäll och med fläktar i drift.

Brand i lokal A

Fall 2 ökar risken för brandgasspridning.

Fall 3 med stängt tilluftsspjäll minskar risken för brandgasspridning och har behandlats i avsnitt 5.

Brand i lokal B

Fall 4 med stängning av alla spjäll medför okontrollerad brandgasspridning.

Fall 5 med endast avstängt frånluft för lokal A ger som resultat att lokal A trycksätts, frånluftssystemet avlastas från lokal A och tilluftssystemets tryck höjs.

Fall 6 skiljer sig inte mycket från fall 5. Mottrycket i lokal A blir lägre.

Fall 7 skiljer sig inte mycket från fall 6, men minskar risken för stor brandgasspridning till lokal C.

Brand i lokal C

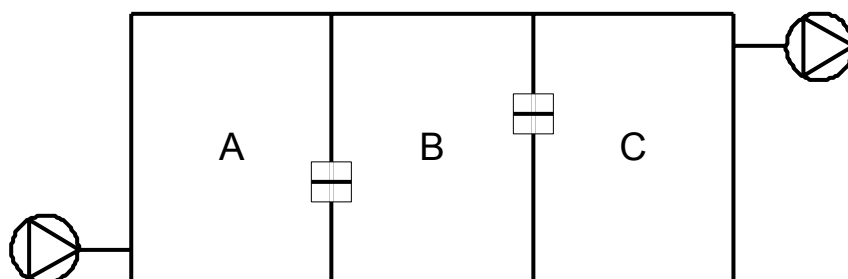
Fall 8 skapar inget mottryck i lokal A och B, men dock ett högre tryck i tilluftssystemet

Fall 9 skapar ett mottryck i lokal A och B.

Bilaga D Fall 3 med överluft med överluftspjäll

Fall 3 beskrivs med Figur D.1 och saknar kanalsystem för tilluft och frånluft och har brandgasspjäll vid genombrott av brandcellsgränser. Luftföring sker genom överluft från lokal A till B till C. Det är uppenbart att brandgasspridning till övriga lokaler endast kan undvikas för brand i lokal C.

Fall 3 Normal drift Drifttillstånd 1



Figur D.1 Fall 3 med normal drift.

Det finns fyra möjliga spjällfallskombinationer, vilka tillämpas något olika för tre brandfall i Tabell D.1 nedan. Oklar funktion med fläktar i drift eller inte?

Tabell D.1

fall	brand	stängda spjäll	kommentar
2	A	S_{AB} S_{BC}	standard lösning
3	A	S_{AB}	förenklad lösning
4	B	S_{AB} S_{BC}	standard lösning
5	B	S_{AB}	förenklad lösning
6	C	S_{AB} S_{BC}	standard lösning
7	C	S_{BC}	förenklad lösning

Allmänna synpunkter

En sätt att minska brandgaspridningen för denna ventilationstekniska lösning med endast överluft kan vara att använda sig av överluft vid golvnivå och icke omblandande ventilation. Ett nytt begrepp kan införas benämnt underluft. Brandgaslagret måste nå ner till golvnivå innan spridning sker.

Brand i lokal A

Stängning av spjäll S_{AB} och stoppade fläktar ger minst brandgasspridning till övriga lokaler. Stängning av både spjäll S_{AB} och S_{BC} och stoppade fläktar ger knappast mindre brandgasspridning utan snarare en bättre funktions säkerhet.

En annan lösning kan vara att om möjligt reversera båda fläktarna eller endast tilluftsfläkten.

Brand i lokal B

Detta är ett omöjligt fall. Brandgasspridning kan inte undvikas.

Brand i lokal C

En mindre brand behöver inte leda till brandgasspridning till övriga lokaler A och B. Stängning av endast spjället S_{BC} ger högst mottryck i lokal B. Stängning av båda spjällen S_{AB} och S_{BC} resultera i ett mindre mottryck i lokal B om det finns läckage. Stängning av både spjäll S_{AB} och S_{BC} ger mindre brandgasspridning till lokal B utan snarare en bättre funktions säkerhet.

Ombyggnad

Ventilationssystemet enligt Figur D.1 måste utökas med någon form av kanalsystem för frånluft om brandgasspridning skall kunna förhindras.

Gränsfallet för bakåtströmning

Hur stora bränder som kan klaras av utan att det uppstår backströmning för den aktuella lösningen i Figur D.1 kan utredas som följer med följande antaganden. Det två fläktsystemen i är lika.

Tryckstegring för en fläkt och tryckfall för ett kanalsystem är proportionellt mot densiteten, vilket anges med den relativa densiteten r som är lika med kvoten mellan nominell temperatur T_n och aktuell temperatur T_b angivna i K, vilket kan skrivas som:

$$r = T_n/T_b \quad (-) \quad (D.1)$$

Fläktarnas karakteristik är kvadratisk fallande från den normaliserade tryckstegring vid nollflöde. Tryckstegringen i arbetspunkten ges av parameter a för det normaliserade totalflöde. Fläktarnas tryckstegring kan skrivas som:

$$\Delta p(q) = r [1 - (1 - a) q^2] \quad (-) \quad (D.2)$$

Tryckstegringen är a för det normaliserade totalflöde. De tre relativa flöden för tilluft, frånluft och brand anges med beteckningarna q_t , q_f och q_b .

Frånluftsflödet kan beräknas som:

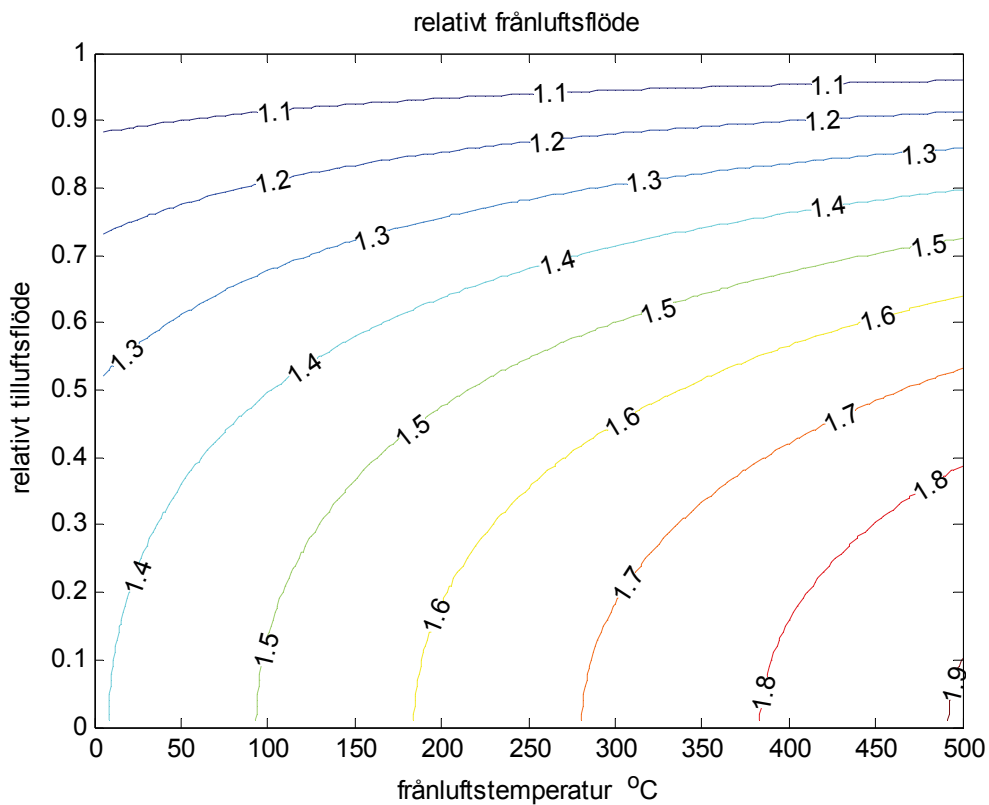
$$q_f = [(1+r - q^2) / r]^{0.5} \quad (-) \quad (D.3)$$

En kommentar till beräkningsuttrycket (D.3) är att parametern a som anger driftpunkten på fläktkurva inte har någon betydelse. Brandflöde q_b beräknas som skillnaden mellan frånluftsflöde q_f och tilluftsflöde q_t . Både frånluftsflöde och brandflöde redovisas i Figur D.2 respektive Figur D.3.

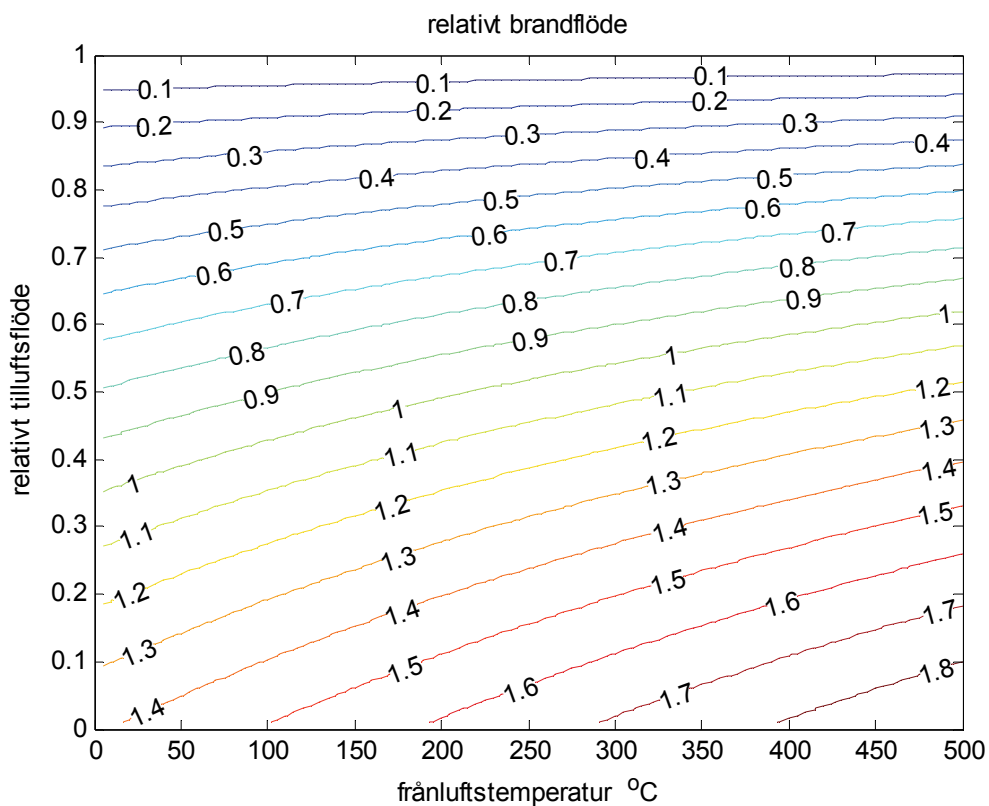
Gränsfallet för baklängesströmning fås för det relativa tilluftsflödet lika med noll och kurvorna i Figur D.3 visar att det relativa brandflödet för låga temperatur är omkring 1.4 och ökar uppemot 1.9 för höga temperaturer. Uttrycket (D.3) kan för gränsfallet förenklas till följande med utnyttjande av (D.1).

$$q_f = [1 + T_b/T_n]^{0.5} \quad (-) \quad (D.4)$$

Uttrycket (D.4) visar att en brandtemperatur lika med normaltemperaturen ger ett relativt frånluftsflöde en faktor $2^{0.5}$ det nominella totalflödet. En tre gånger högre brandtemperatur än normaltemperatur ger ett relativt frånluftsflöde och brandflöde två gånger det nominella totalflödet.



Figur D.2 Relativt frånluftsflöde som funktion av frånluftstemperatur och relativt tilluftsflöde.



Figur D.3 Relativt brandflöde som funktion av frånluftstemperatur och relativt tilluftsflöde.