



# LUND UNIVERSITY

## Installationstekniska beräkningar med PFS

Jensen, Lars

2007

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Jensen, L. (2007). *Installationstekniska beräkningar med PFS*. (TVIT; Vol. TVIT-7009). 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

# Installationstekniska beräkningar med PFS

Arbetsrapport för forskningsprojektet:  
Datorsimulering av installationstekniska system  
med stöd från Formas 2004-279 och SBUF 11223

*Lars Jensen*

---

Avdelningen för installationsteknik  
Institutionen för bygg- och miljöteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet, 2007  
Rapport TVIT--07/7009



## 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 rökspredning 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.

# Installationstekniska beräkningar med PFS

Arbetsrapport för forskningsprojektet:  
Datorsimulering av installationstekniska system  
med stöd från Formas 2004-279 och SBUF 11223

*Lars Jensen*

© Lars Jensen, 2007

ISRN LUTVDG/TVIT--07/7009--SE(192)

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

## Innehållsförteckning

1	Inledning	5
	Grundprincip - grafisk principskiss - godtycklig struktur	5
	Godtyckliga sorter och medier	7
	Grundtextelement	7
	Utskrifter	8
	Deklarerade textelement	9
	Ledningsdimensionering	11
	Ekvivalent ledningslängd	11
	Tvåstegsberäkning	12
	Multipla och tabellerande beräkningar	13
	Bedömning av beräkningsbarhet	15
	Arbetsmetodik	17
	Rimlighetskontroll	17
	Vanliga fel och problem	18
	Omöjliga problem	20
2	Tvårörsradiatorsystem	21
3	Ettrörsradiatorsystem	29
4	Golvvärmesystem	39
5	Takvärmesystem	43
6	Kylbaffelsystem	45
7	Tappvattensystem	53
8	Varmvattencirkulationssystem	55
9	Fjärrvärme	63
10	Fjärrkyla	67
11	Solfångaresystem	71
12	S-ventilationssystem	79
13	F-ventilationssystem	83
14	FT-ventilationssystem	93
15	Brandgasspridning - F-system	105
16	Brandgasspridning - FT-system	117
17	Trycksättning av trapphus	133
18	Grenrörssprinklersystem	139
19	Gridrörssprinklersystem	143
20	Spaltsprinkler	147
21	Ledningsnät för tryckluft	151
22	Ledningsnät för naturgas	155
23	Gassläcksystem och tryckavlastning	159
24	Aspirationssystem för branddetektering	163
25	Boendesprinklersystem	165
26	Krypgrundsventilation	167
27	Infiltration och exfiltration för en hallbyggnad	169
28	Olika principskisser för samma problem	171
29	Beräkning av brandgasnivåer i FT-system	173
30	Exempel dext_*.pfs	175

30	Exempel dext_*.pfs	filnamn	175
	Flödesegenskap	dext_c.pfs	176
	Massflöde	dext_m.pfs	177
	Växlande motståndselement	dext_o.pfs	178
	Referenstryck	dext_p.pfs	179
	Temperaturberoende densitet	dext_r.pfs	180
	Temperaturberoende densitet	dext_t.pfs	181
	Variabla knutpunkter	dext_varcon.pfs	182
	Kylareelement	dext_cooler.pfs	183
	Värmevinstelement	dext_heatgain.pfs	184
	Värmeförlustelement	dext_heatloss.pfs	185
	Polynom för tryckändringsfunktion	dext_polynom.pfs	186
	Regression för tryckändringsfunktion	dext_regression.pfs	186
	Diameterdimensionering	dext_diameter.pfs	187
	Tvåstegsberäkning med fläkt	dext_fan.pfs	188
	Parameterprogram	dext_testgram.pfs	189
	Parameterprogram	dext_pergram.pfs	190
	Tabellerat resultat	dext_result.pfs	191
	Reserverade parametrar	dext_reserved_data.pfs	192

# 1 Inledning

Denna arbetsrapport behandlar utformning, dimensionering, injustering och undersökning av installationstekniska flödessystem för statiska driftsfall. De statiska egenskaperna och funktionen sätter gränser för dynamiska egenskaper och funktion. Detta innebär att dynamiska driftsfall alltid begränsas av den statiska funktionen. Simulering av reglering av olika installationstekniska system kräver kunskap av statiska egenskaper som sätter gränser för arbetsområdet.

Avsikten med denna arbetsrapport är att ge en del exempel på olika beräkningar och undersökningar som kan genomföras med PFS. De här redovisade exemplen är heller inte någon fullständig katalog över alla möjliga beräkningar som kan genomföras med PFS. De siffrvärden som beskriver olika egenskaper är inte typiska utan skall mer ses som exempel än exakta tillämpningar. Detta kan gälla olika ledningsdimensioner, flöden, hastigheter, tryckfall med mera.

Många beräkningsexempel är egentligen samma typ av beräkning. Det gäller att dimensionera och injustera ett ledningsnät för en given uppgift under olika förutsättningar. En del beräkningsexempel är därför redan dimensionerade och utformade för att visa vad som händer under vissa givna förutsättningar till exempel för att visa vad resultatet blir om injusteringen slopas eller görs felaktigt.

Alla exempel i denna arbetsrapport från avsnitt 2 till 23 finns tillgängliga som PFS-filer med motsvarande namn med textsträngen *exempel* följt av avsnittsnummer och ett eventuellt extra tecken.

## Grundprincip - grafisk principskiss – godtycklig struktur

Grundprincipen för PFS är att beskriva ett flödessystem med en principskiss med enkel grafik ursprungligen i form av en enkel textfil med högst 400 rader och 160 tecken per rad. Andra begränsningar är att antalet obekanta är högst 100, att antalet beräkningselement är högst 1000 och att antalet problem i ett **begin-end**-block är högst 100. Flera små problem kan lösas samtidigt.

Utdata fås som indata utökad med de utskrifter som har efterfrågats. Både indata och utdata kan kopieras in i word-dokument. Det finns inga restriktioner vad gäller strukturen. Helt godtyckliga flödessystem kan beskrivas och beräknas. Notera att grafiken är sammankopplande och anger inget annat. Grenstycken och räta böjar beskrivs givetvis direkt med grafiken enligt exempel nedan och nödvändiga dimensioner ges av textelement för ledningars dimension och längd.



Olika flödesvägars egenskaper beskrivs genomgående med texter eller textelement i anslutning till horisontella eller vertikala ledningar enligt fyra principexempel nedan.





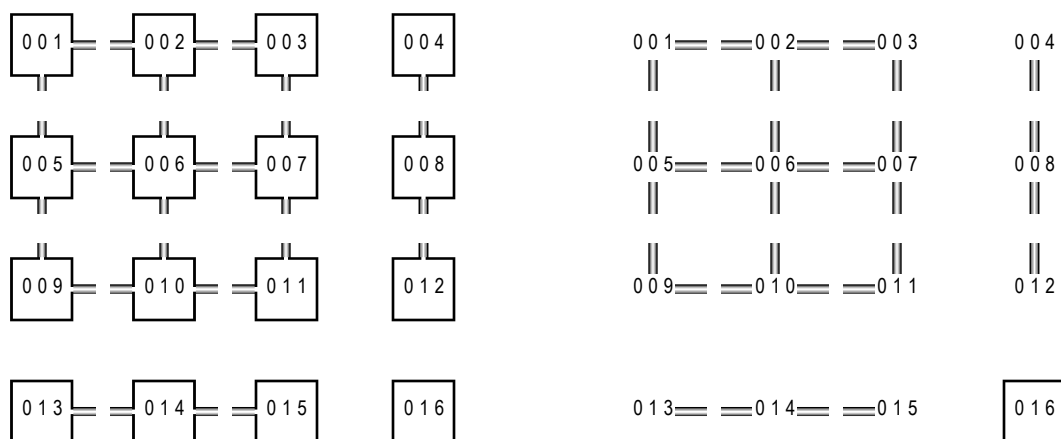
Flödessystem kan vara både öppna och slutna. Öppna flödessystem slutas alltid genom att alla fria ändrar kopplas samman i en knutpunkt. Fria ändrar definieras av det yttersta beräkningselements anslutning som följer utan någon överskjutande ledningsritning:



Större flödesystem kan inte alltid ritas sammanhängande utan kan delas upp i delar, vilka knyts samman med knutpunkter. Det finns standardknutpunkter numrerade från 1 till 999. En knutpunkt behöver inte ange en fri ände utan kan användas godtyckligt. En knutpunkt kan till exempel ange ett rum, som anslutet till ett frånluftssystem, till ett tilluftssystem och till omgivningen via läckage. Alla standardknutpunkter är adresserbara med det variabla knutpunkts-elementet #, värde. Parameterstyrda ihopkopplingar kan genomföras med detta beräkningselement.

Alla strömingsvägar uppritas med dubbla linjer. Sammankopplande volymer eller knutpunkter kan ritas helt godtyckligt med enkla linjer för att öka läsbarheten. Det finns inget krav på att den sammankopplande enkellinjen skall bilda en sluten kurva. Notera att en sammankopplande volym inte har några tryckförluster.

En sammankopplande volym kan göras till en standardknutpunkt, men kravet är att volymen omfattar tre rader med fem tecken. Detta ger ett hållrum för tre tecken, vilket passar för en standardknutpunkt. Ett krav är dock att inledande nollor skall anges. Nedan redovisas till vänster alla de sexton fall som kan förekomma och här numrerade med standardknutpunkter från 001 till 016. Det går också att utelämna ramarna med enkla linjer och drar dubbellinjer ända fram till knutpunktsnumret, vilket visas för samma sexton fall till höger. Minst en dubbellinjekontakt krävs.



## Godtyckliga sorter och medier

Användaren väljer bland ett antal vanliga sorter som skall gälla för flöde, tryck och effekt. Utgångsvärden är för flöde, tryck och effekt  $m^3/s$ , Pa och W.

Användaren väljer vilket medium som beräkningen avser. Utgångsmedium är luft med densiteten  $1.2 \text{ kg/m}^3$  och med specifikt värme  $1000 \text{ J/kgK}$ . Ett viktigt påpekande är att endast ett medium kan förekomma inom ett och samma flödesproblem. Det går därför inte att beräkna problem med både luft- och vattenkretsar.

Beräkningar kan ske med fix eller temperaturberoende densitet för både luft och vatten.

Beräkning kan även ske för kompressibel strömning till exempel tryckluft, naturgas och gassläcksystem.

Enkla numeriska beräkningar kan genomföras radvis för att beräkna någon parameter som skall ingå som ett argument i ett textelement. Ett flertal matematiska standardfunktioner finns att tillgå.

## Grundtextelement

Det finns mer än tjugo olika grundtextelement som kan beskriva konkreta beräkningselement som en lednings diameter och längd eller abstrakta egenskaper som ett givet flöde. Några exempel på konkreta beräkningselements textelement är följande:

<b>d</b> , diameter, längd	cirkulär ledning med diameter i mm och längd i m
<b>d</b> , a, b, längd	rektangulär ledning med sidorna a och b i mm och längd i m
<b>b</b> , vinkel	böj med angiven vinkel i °
<b>e</b> , värde	engångstryckfall lika med värde multiplicerat med dynamiskt tryck $e, 1$ lika med tryckförlusten vid fri utströmning
<b>l</b> , tryckfall, flöde <b>l</b> , tryckfall	linjärt motstånd med angivet tryckfall vid angivet flöde linjärt motstånd med angivet tryckfall vid en flödesenhet
<b>t</b> , tryckfall, flöde <b>t</b> , tryckfall	kvadratisk motstånd med angivet tryckfall vid angivet flöde kvadratisk motstånd med angivet tryckfall vid en flödesenhet
<b>g</b> , tryckfall, flöde, n	godtyckligt motstånd med angivet tryckfall vid angivet flöde och med angiven flödesexponent n
<b>g</b> , $\Delta p_1, q_1, \Delta p_2, q_2$	godtyckligt motstånd med tryckfall $\Delta p_1$ och $\Delta p_2$ vid flöde $q_1$ och $q_2$ flödesexponenten beräknas och kan skrivas ut med suffixet :n sist
<b>k</b> , värde	kvadratisk motstånd med angivet $k_v$ -värde i $m^3/h$
<b>z</b> , värde	tryckskillnad för nivåskillnad med angivet värde i m den yttre densiteten kan anges med styrvariabeln <b>denz</b>

Exempel på några abstrakta beräkningselement ges nedan och det finns en teckenkonvention som gäller. Alla värden räknas som positiva åt höger eller neråt och omvänt negativa åt vänster och uppåt.

<b>h</b> ,värde	given tryckskillnad enligt värde över beräkningselementet
<b>h</b> ?	sökt tryckskillnad över beräkningselementet
<b>h</b> ?värde	sökt tryckskillnad över beräkningselementet med angivet flöde
<b>h</b> ,tryckskillnad,flöde	given tryckskillnad över beräkningselementet med angivet flöde
<b>q</b> ,värde	givet volymflöde med aktuell sort
<b>m</b> ,värde	givet massflöde i kg/s
<b>s</b> ,värde	givet startvolymflöde för att underlätta lösning av beräkningsproblem
<b>v</b> ,värde	given hastighet i m/s

Temperatur och en godtycklig egenskap kan definieras med typbokstäverna **T** och **c**. Båda är inte fullvärdiga variabler utan följer med flödet. Temperatur kan definieras som följer:

<b>T</b> ,värde	given temperatur i °C för positiva flöden
<b>T</b> ,värde:>	given temperatur i °C för positiva flöden
<b>T</b> ,värde:<	given temperatur i °C för negativa flöden

## Utskrifter

Alla beräkningselement med ? resulterar i utskrifter. Kompletterande utskrifter kan fås genom att ange dessa som underargument efter : sist i elementtexten. Typbokstaven för utskrifter följer den normala grundelementbokstaven i en del fall. Några exempel är följande:

:h	utskrift tryckändring
:q	utskrift flöde
:v	utskrift hastighet
:T	utskrift temperatur
:m	utskrift masflöde
:r	utskrift densitet
:c	utskrift godtycklig egenskap
:R	utskrift tryckfall per meter
:t	utskrift totalt tryck
:s	utskrift statiskt tryck
:d	utskrift dynamiskt tryck
:p	:tsd
:f	utskrift friktionstal och Reynolds tal

Utskrift av externa variabler som tryck och temperatur avser normalt den av teckenkonventionen definierade inloppsidan av ett beräkningselement, vilket är till vänster och över. Det finns två underargument i och o för att kunna ange om inloppside eller utloppside avses. Utskrift av tryck och temperatur kan därför anges på tre sätt:

text:fT	utskrift avser inloppside
text:fTi	utskrift avser inloppside
text:fTo	utskrift avser utloppside

Två andra underargument av hjälpkaraktär är > och <, som anger hur ett textelement kopplas in. Normal inkoppling görs i positiv riktning och > behövs egentligen inte, medan en omkastad inkoppling i negativ riktning fås med <. Exempel på komponenter som kan kopplas in på två sätt är fläktar, pumpar och backventiler. Det finns därför tre sätt att koppla in riktningberoende textelement:

text	normal positiv inkoppling
text:>	normal positiv inkoppling
text:<	omkastad negativ inkoppling

Utskriftsformatet är normalt sex tecken följt av mellanslag och sort på samma rad. Antalet tecken kan anges efter styrbokstaven s. Sorten kan utelämnas, skrivas på samma rad eller under siffervärdet med 0, 1 respektive 2 efter styrbokstaven o. Antalet decimaler kan ändras för olika variabler efter motsvarande typbokstäver. Ett exempel för utskrift med åtta tecken, ingen sort och 1, 2 och 3 decimaler för tryck, flöde respektive hastighet visas nedan.

**format** s 8 o 0 p 1 q 2 v 3

## Deklarerade textelement

Det finns också ett flertal textelement som beskrivs eller deklarerar på rader före den grafiska beskrivningen av flödessystemet. Exempel på detta kan vara fläktar, pumpar, spjäll, ventiler, värmare, kylare med mera enligt nedan. En fläkt kan definieras med en rad som anger tre par med tryckändring och flöde för ett givet varvtal. Utelämnat varvtal sätts till normaliserat och nominellt ett.

**fan** namn tryckändring<sub>1</sub> flöde<sub>1</sub> tryckändring<sub>2</sub> flöde<sub>2</sub> tryckändring<sub>3</sub> flöde<sub>3</sub> varvtal

Några exempel på tillämpning ges på efterföljande fem rader.

namn	fläkt namn med normal positiv inkoppling och normalt varvtal
namn:>	fläkt namn med normal positiv inkoppling och normalt varvtal
namn:<	fläkt namn med omkastad negativ inkoppling och normalt varvtal
namn,värde	fläkt namn med angivet varvtal och positiv normal inkoppling
namn?	fläkt namn med sökt varvtal och positiv normal inkoppling

En pump deklarerar på samma sätt som en fläkt, eftersom den är beräkningsmässigt identisk.

Enkla värmare eller kylare som kan beskrivas som enströmsvärmväxling mellan ett flöde och en fix omgivningstemperatur kan behandlas i PFS som följer med deklaration på en rad enligt nedan:

**heater** namn effekt framtemperatur returtemperatur omgivningstemperatur

**cooler** namn effekt framtemperatur returtemperatur omgivningstemperatur

Tillämpning kan ske på två sätt:

namn,värde värmare eller kylare med angiven effekt

namn:P värmare eller kylare med utskrift av sökt effekt

Värme- och kylförluster från ledningar behandlas på samma sätt som en värmare eller en kylare. Ledningars tryckförluster kopplas samman med termiska förluster med följande deklaration för en meter ledning med en given diameter. Notera att alla ledningsstorlekar måste deklarerats var för sig.

**heatloss** namn effekt framtemperatur returtemperatur omgivningstemperatur diameter

**heatgain** namn effekt framtemperatur returtemperatur omgivningstemperatur diameter

Tillämpning kan endast ske som följer med:

namn,värde ledning namn med angiven längd i m

Många don, spjäll och ventiler är definierade med diagramblad med olika inritade arbetslinjer för olika inställningar. Ett enkelt sätt att införa dessa komponenters egenskaper är att använda sig av **diagram**-funktionen enligt nedan där  $p(iq)$  anger ett av många indataformat här med en gemensam tryckskillnad för ett flertal par av inställning och flöde.

**diagram** namn  $p(iq)$  tryckskillnad inställning<sub>1</sub>:flöde<sub>1</sub> inställning<sub>2</sub>:flöde<sub>2</sub> . . .

Tillämpning sker som följer och andra inställningar är de angivna kan interpoleras fram:

namn,värde diagram-komponent namn med angiven inställning

namn? diagram-komponent namn med sökt inställning

Ett backspjäll har olika egenskaper i framriktningen och i backriktningen och kan definieras med deklarationen **asymmetric**. Blandade flödesexponenter tillåts. Notera att framriktningen är den normalt positiva åt höger och neråt. En omkastad inkoppling fås med underargumentet <. Det fulla formatet med sju argument ges av:

**asymmetric** namn  $\Delta p_{>} q_{>} \Delta p_{<} q_{<} n_{>} n_{<}$

Ett siffermässigt exempel för backspjäll KIBS med tryckfall 20 Pa i framriktningen och 200 000 Pa i backriktningen för flödet 1 m<sup>3</sup>/s och kvadratiska förluster i båda riktningarna blir följande:

**asymmetric** KIBS 20:1 200000:1 2 2

## Ledningsdimensionering

Ledningsdimensionering kan ske efter ett flertal principer. Det kan ske efter något lägsta värde, något högsta värde eller kring något medelvärde. Dimensioner väljs från en angiven följd med stigande dimensioner.

Det går också att beräkna de dimensioner som ger exakt en viss egenskap till exempel tryckfall per meter eller hastighet. Det går också att dimensionera ett kanalsystem till lägsta totalkostnad enligt en förenkling av T-metoden. Totalkostnaden är summan av kanalkostnaden och driftskostnaden. Totaltryckfallet blir lika för samtliga flödesvägar genom att helt godtyckliga ledningsdimensioner används. Injustering sker genom val av kanaldimensioner.

Dimensionering av ledningar kan ske efter en angiven **design**-deklarationsrad som anger krav och valbara dimensioner enligt nedan för luftkanaler med alla tre kombinationer med högsta tryckfall per meter 1 Pa/m och högsta hastighet 6 m/s.

```

design max R(d)  1   100 125 160 200 250 315 400 500
design max v(d)   6  100 125 160 200 250 315 400 500
design max Rv(d) 1  6  100 125 160 200 250 315 400 500

```

Ledningar anges med **d**-element och för att dimensionering skall kunna ske måste flödet vara givet. Startflöde kan användas. Nödvändigt **d**-element blir:

```
d?längd          ledning med sökt diameter och given längd
```

Ovanstående textelement kan inte användas, om en stamkanals alla delsträckor skall ha samma dimension även om flödena är olika för olika delsträckor på grund av olika anslutande grenkanalers flöden. Lösningen är att beräkna den sökta diametern som en parameter namn utanför grafiken enligt deklarationsraden nedan med angivet flöde och rådande **design**-sats:

```
diameter namn flöde
```

Det finns också en något udda möjlighet att anpassa längden för en ledning med given diameter. Nödvändigt skrivsätt för textelementet blir följande:

```
d,diameter?      ledning med given diameter och sökt längd
```

Användaren kan även införa egna beteckningar eller förkortningar för vanligt förekommande textelement med **set**-deklarationsraden och nedan ges ett exempel för att ange beräkningselement för luftkanaler med storleksnummer,längd enligt nedan:

```
set 10=d,100 12=d,125 16=d,160 20=d,200 25=d,250 31=d,315 40=d,400 50=d,500
```

## Ekvivalent ledningslängd

Ekvivalent rörlängd är ett sätt att ange flödesmotstånd kopplat till en viss diameter. En del flödesmotstånd anges på detta sätt och kravet är ett det finns en **design**-sats som anger de dimensioner som kan förekomma. Om det inte finns någon aktiv dimensionering, anges aktuella dimensioner för till exempel luftkanaler med raden:

```
design non (d)      100 125 160 200 250 315 400 500
```

Antag att de ekvivalenta ledningslängderna är tio gånger diametern för en komponent namn. Följande deklaraionsrad krävs:

**losslength** namn 1.00 1.25 1.60 2.00 2.50 3.15 4.00 5.00

Infogandet av beräkningselementet namn ger en ekvivalent längd som bestäms av **losslength**-satsen för namn och den rådande dimensionen.

## Tvåstegsberäkning

Beräkning av typen undersökning bygger på att det finns ett givet flödessystem, vilket är dimensionerat och injusterat till önskade flöden. Detta givna flödessystem undersöks därefter på något sätt för olika störningar. Detta innebär i princip att först beskrivs hur flödessystemet skall dimensioneras och injusteras och därefter görs en ny beskrivning med de framräknade dimensionerna och inställningarna. Denna andra beskrivning kan omfatta inskrivning av ett stort antal dimensioner och inställningar. Alla dessa beräknade värden kan ändras om det ursprungliga systemet skall ändras något.

All manuell inskrivning av beräknade dimensioner och inställningar för det flödesproblem som skall undersökas kan undvikas genom att genomföra beräkningen som en tvåstegsberäkning. Först dimensioneras och injusteras flödessystemet i steg 1 och därefter genomförs en andra beräkning med ändrade förutsättningar i steg 2. En styrvariabel **trix** styr denna programfunktion och för normal enstegsberäkning är **trix**=0. Värdet **trix**=1 ger beräkningssteg 1 och en kontrollmöjlighet av framräknad dimensionering och injustering. Värdet **trix**=2 ger även beräkningssteg 2 med det sökta störda beräkningsfallet.

Denna tvåstegsberäkningsmöjlighet med **trix**>0 ändrar en del av beräkningselementens definition. Några exempel är följande:

<b>h</b> ,värde <sub>1</sub> ,värde <sub>2</sub>	tryckskillnad värde <sub>1</sub> för steg 1 och värde <sub>2</sub> för steg 2
<b>q</b> ,värde <sub>1</sub> ,värde <sub>2</sub>	flöde värde <sub>1</sub> för steg 1 och värde <sub>2</sub> för steg 2
<b>s</b> ,värde <sub>1</sub> ,värde <sub>2</sub>	startflöde värde <sub>1</sub> för steg 1 och värde <sub>2</sub> för steg 2
<b>v</b> ,värde <sub>1</sub> ,värde <sub>2</sub>	hastighet värde <sub>1</sub> för steg 1 och värde <sub>2</sub> för steg 2
<b>T</b> ,värde <sub>1</sub> ,värde <sub>2</sub>	temperatur värde <sub>1</sub> för steg 1 och värde <sub>2</sub> för steg 2

Notera att värde<sub>1</sub> och värde<sub>2</sub> behöver inte enbart vara normala numeriska värden utan med **fpv** (egentligen 10<sup>23</sup>) anges att värdet är sökt eller fritt och med **fix** (egentligen 10<sup>22</sup>) för värde<sub>2</sub> anges att värde<sub>2</sub> skall vara lika med det i steg 1 framräknade värdet. De två fördefinierade parametrarna **fpv** och **fix** kan användas för att injustera ett don i steg 1 och låsa det i steg 2 eller för att anpassa varvtalet för en fläkt i steg 1 och därefter låsa det i steg 2. Detta klaras av med donnamn,**fpv**,**fix** respektive fläktnamn,**fpv**,**fix**. En forcering av fläkten till normalt nominellt varvtal i steg 2 fås med fläktnamn,**fpv**,1 oberoende av varvtalet under steg 1. En avstängning av fläkten under steg 2 fås med fläktnamn,**fpv**,0.

Det finns också en möjlighet att utnyttja alla givna flöden i steg 1 som startflöden till beräkningen i steg 2. Detta fås genom att ange **trix**=3 i stället för **trix**=2.

Enkla strypningar med flödeskrav kan genomföras med följande utökade textelement:

<b>l?</b> värde	injustering till flöde med angivet värde för steg 1 omräknat till en linjär strypning för steg 2
<b>t?</b> värde	injustering till flöde med angivet värde för steg 1 omräknat till en kvadratisk strypning för steg 2

Det finns ett beräkningselement särskilt anpassat för tvåstegsberäkning och det är **o**-elementet som kan anges på ett flertal sätt. Detta element kan tolkas som ett avstängningselement och kan i sin enklaste form användas för att koppla bort och koppla samman olika delar i ett flödessystem genom att flödesmotståndet kan vara noll eller oändligt. De fyra grundformerna för **o**-elementet anges nedan:

<b>o</b> ,0,0	steg 1 öppet	steg 2 öppet	alltid öppet
<b>o</b> ,0,1	steg 1 öppet	steg 2 avstängt	växlande
<b>o</b> ,1,0	steg 1 avstängt	steg 2 öppet	växlande
<b>o</b> ,1,1	steg 1 avstängt	steg 2 avstängt	alltid stängt

Två lämpliga förklarande kortformer för de växlande varianterna är **noff**, normalt avstängd under steg 1, och **non**, normalt öppen under steg 1, vilka fås med:

**set noff=****o**,1,0 **non=****o**,0,1

En något mindre ideal växlande funktion fås med:

**o**, $\Delta p_1$ , $\Delta p_2$ , $q$  kvadratisk tryckfall  $\Delta p_1$  under steg 1 och  $\Delta p_2$  under steg 2 för flöde  $q$

Ett avstängande brandgasspjäll BGS med ett visst läckage kan beskrivas med kvadratisk tryckfall 10 Pa i öppet läge och 100 000 Pa i stängt läge för flödet 0.4 m<sup>3</sup>/s. En lämplig kortform fås med raden:

**set BGS=****o**,10,100000,0.4

Notera att alla i grafiken angivna BGS är öppna under steg 1 och stängda under steg 2. En selektiv stängning av BGS för en viss lokal kan alltid lösas på något sätt.

## Multipla och tabellerade beräkningar

Ett beräkningsproblem börjar med en **begin**-rad och avslutas med en **end**-rad. Det finns en möjlighet att beräkna samma beräkningsblock ett flertal gånger med olika parametervärden och att tabellera resultatet. Detta arbetssätt ersätter separata beräkningar med risk för felskrivningar, separata utskrifter för varje problem och manuella sammanställning i tabeller. Det här tabellerade resultatet kan exporteras till en textfil för vidare bearbetning eller för presentation med hjälp av andra program.

Begränsningar är högst tjugo indataparametrar, högst ett hundra resultatutskrifter och högst ett hundra beräkningsfall eller kombinationer. Antalet fall per rad är högst tjugo om alla 160 tecken per rad skall utnyttjas. Ritytans 400 rader och 160 tecken per rad är en övergripande begränsning, eftersom 20 indata, 100 resultat och 100 fall kräver 600 rader ((20+100)·100/20).



Ett exempel med åtta kombinationer mellan parametrarna a=1, 2, 5 och 10 och b=0 och 20 fås med **program**-raderna nedan där - 0 anger ingen sort och inga decimaler i tabellsammanställningen. Raden **table** anger att åtta kombinationer skall beräknas, åtta utskriftsfall per rad och fall åtta redovisas i grafiken. Notera att alla **w**-utskrifter i grafiken numreras efter sorten.

Alla beräkningselement märkta med underargumentet **w** resulterar i tabellerade resultatutskrifter om det finns en **result**-rad angiven. Det linjära motståndets flöde blir **result**-rad 1. Tryckskillnaden över det linjära motståndet är lika med parametern c lika med summan av parametrarna a och b enligt **compute**-satsen. Det linjära motståndets tryckfall är 1 Pa vid flödet 1 m<sup>3</sup>/s. Det beräknade flödet blir därför siffermässigt lika med den drivande tryckskillnaden c=a+b.

Det går också att beräkna resultatrader med uttryck där indata, utdata och resultat från **compute**-satser ingår, vilket visas med **result**-raderna 2 och 3, där inledande - 1 anger ingen sort och en decimal.

```

table      8 8 8 2

program    a - 0 1 2 5 10
program    b - 0 0 20

result
result    - 1 c
result    - 1 2*res(1)

begin                                           "table"
format    q 1
compute   c=a+b

          h, c          |, 1: qw

end

```

Indata redovisas ovan och motsvarande utdata nedan.

```

table      8 8 8 2
step number          1      2      3      4      5      6      7      8
pro(1)  a  -          1      2      5      10     1      2      5      10
pro(2)  b  -          0      0      0      0      20     20     20     20
step number          1      2      3      4      5      6      7      8
res(1)   m3/s        1.0    2.0    5.0    10.0   21.0   22.0   25.0   30.0
res(2)   -           1.0    2.0    5.0    10.0   21.0   22.0   25.0   30.0
res(3)   -           2.0    4.0   10.0   20.0   42.0   44.0   50.0   60.0

begin                                           "table"
format    q 1
com(1)    c=a+b                                           30.000000

          h, c          |, 1: qw

                               30.0 m3/s 1

end

```

## Bedömning av beräkningsbarhet

Det är bra att på förhand kunna bedöma antalet obekanta (högst 100) och antalet beräkningselement (högst 1000) innan ett problem börjar definieras och ritas upp. Ett flödessystem kan beskrivas av ett antal unika flödesvägar eller kedjor av beräkningselement mellan ett antal sammankopplande knutpunkter med fler än två anslutna kedjor. Kedjor som sluter sig själva kan avskiljas och kan beräknas oberoende av resten av flödesproblemet.

Varje kedja motsvarar normalt en obekant, vilket kan vara ett okänt flöde eller en okänd tryckskillnad eller strypning av något slag. En kedja kan inte ha två eller flera sökta strypningar. En kedja kan dock ha ett okänt flöde och en sökt tryckskillnad eller strypning, men kravet är då att någon annan kedja har ingen sökt tryckskillnad och har ett givet flöde.

Varje knutpunkt kan användas för att beräkna ett flöde som funktion av övriga flöden. Detta innebär att det skall alltid finnas ett fritt flöde för varje knutpunkt. En knutpunkts alla flöden kan inte vara givna.

Om alla knutpunktsekvationer adderas fås  $0=0$ , eftersom alla kedjors flöden ingår med plustecken i en knutpunktsekvation och med minustecken i en annan knutpunktsekvation. Detta innebär att alla knutpunktsekvationer utom en kan användas för att beräkna ett flöde per knutpunkt.

Om antalet kedjor är  $n$  och antalet knutpunkter är  $m$  har flödessystemet  $n-m+1$  obekanta variabler. Varje kedja har en obekant och totalt  $n$  och alla knutpunkter utom en minskar antalet obekanta med en och totalt med  $m-1$ .

Denna metod för att bestämma antalet obekanta kan mycket väl tillämpas på enskilda beräkningselement utan att bilda kedjor och på alla knutpunkter oberoende av antalet anslutna beräkningselement. En uppdelning av en kedja i  $k$  beräkningselement ändrar antalet fria variabler till  $k$ , men antalet sammankopplande knutpunkter är  $k-1$ . Detta innebär att antalet obekanta är oförändrat för den uppdelade kedjan.

Om antalet beräkningselement per obekant är mindre än tio, blir antalet obekanta begränsande för problemets storlek. Kravet på antal beräkningselement per obekant kan för ett grenat system omtolkas till högst fem beräkningselement för varje enskild flödesväg eller kedja mellan två knutpunkter. Beräkningselement är inte enbart synliga textelement utan även grenstycken och räta böjar kan ingå, om de skall tryckfallberäknas. Varje gren på ett grenstycke motsvaras av ett beräkningselement och den räta böjen av ett beräkningselement.

Ritytans storlek utgör inte någon verklig begränsning med totalt 6400 tecken, vilket blir i genomsnitt 64 tecken per beräkningselement, anslutande grafik och skiljande tomrum. Det går att rita mer kompakt.

Ett F-ventilationssystem med ett grenat kanalsystem kan högst ventilera 100 lokaler, om det skall vara lösbart med PFS, eftersom antalet obekanta i detta fallet är lika med antalet lokaler. Antalet kedjor och knutpunkter för ett F-system med  $x$  lokaler och ett helt grenat kanalsystem utan några samlingslådor är  $2x-1$  kedjor ( $x$  lokalkedjor och  $x-1$  stamkanaldelar) respektive  $x-1$  inre knutpunkter och en yttre knutpunkt. Flödessystemets antal obekanta är därför  $x(2x-1-(x-1))$ . Om F-systemet har en enda gemensam samlingslåda blir antalet kedjor  $x+1$  och antalet knutpunkter 2 (en inre och en yttre knutpunkt). Flödessystemets antal obekanta är därför även för detta fall  $x(x+1-(2-1))$ , vilket blir högst 100 F-ventilerade lokaler för PFS. Detta gäller även för ett helt godtyckligt grenat kanalsystem.

Om en lokal ventileras med fler än ett don kopplat till ett lokalt kanalsystem, bör kanalsystemet förenklas till en grenkanal med ett enda ekvivalent don med samma totalflöde. Grenkanalens diameter

skall givetvis vara lika med det lokala kanalsystemets huvuddiameter. Antalet obekanta ökar annars med ett för varje extra gren som ingår i det lokala kanalsystemet. Detta gäller givetvis för tilluft, frånluft och även läckluft.

Det är därför lika olämpligt att beskriva en lokals omslutande och läckande ytor till omgivningen med ett flertal olika parallellkopplade läckor och eventuella uteluftsdon. En omräkning till en enda ekvivalent flödesväg bör göras. Detta kan ske med en enkel PFS-beräkning genom att bestämma totalflödet för alla läckor för ett gemensamt tryckfall under förutsättning att alla läckor och uteluftsdon har samma flödesexponent.

En grov uppskattning av antalet beräkningselement för ett F-system med 100 grenar eller obekanta är att det finns högst 100 T-stycken (egentligen 99 T-stycken), 200 raka kanalsträckor, 100 böjar, 100 nivåskillnader, 100 frånluftsdon, 100 uteluftsdon inklusive övrigt läckage och 100 temperaturdefinitioner. Detta blir totalt högst 1000 beräkningselement. Nivåskillnaden krävs om termiska stigningar skall beaktas. Böjarna kan om de tillhör de enskilda grenkanalerna till varje lokal slopas, eftersom de ändå kommer att ingå som ett utökat frånluftsdontryckfall.

Samma resultat fås givetvis om flödesvägarna undersöks. Varje flödesväg genom en lokal består av sex beräkningselement nämligen en temperaturdefinition, ett uteluftsdon, ett frånluftsdon, en rak kanal, en böj och en gren av ett T-stycke. Varje av de sammanbindande stamkanalernas flödesvägar består i sin tur av fyra beräkningselement nämligen en rak kanal, en nivåskillnad och en gren för vardera av de två anslutande T-styckena. Detta ger återigen 1000 beräkningselement.

Ett FT-ventilationssystem med grenade kanalsystem och med läckande lokaler får högst omfatta 50 lokaler. Det finns i princip tre flöden som berör varje FT-ventilerade lokal, nämligen tilluft, frånluft och läckluft. Ett flöde för varje lokal kan beräknas med två övriga obekanta flödena för samma lokal. Om lokalernas läckage kan försummas kan 100 lokaler klaras av. Antalet obekanta för ett FT-system med helt grenade kanalsystem för  $x$  läckande lokaler blir  $2x$ , eftersom antalet kedjor och knutpunkter är  $2x-1$  respektive  $x-1$  för både F-systemet och T-systemet och  $x$  kedjor respektive  $x$  knutpunkter för lokalernas läckor. En yttre knutpunkt tillkommer. Det totala antalet kedjor och knutpunkter blir därför  $5x-2$  respektive  $3x-3$ . Antalet obekant är därför  $2x$ , vilket innebär att antalet FT-ventilerade lokaler begränsas till 50 för PFS. Detta gäller även för helt godtyckligt grenade kanalsystem.

Ett ytterligare bedömnings exempel är trycksättning av en byggnads trapphus, hisshallar och två hisschakt. Antalet våningsplan antas vara  $x$ . Hisshallen kopplar samman trapphus, två hisschakt och våningsplan på varje våningsplan. Trapphus och de två hisschakten har samma antal kedjor och antal inre knutpunkter, nämligen  $2x-1$  respektive  $x-1$ . Varje hisshall har en knutpunkt och en kedja genom anslutet våningsplan ut till det fria. Det finns en yttre knutpunkt. Det totala antalet kedjor och knutpunkter blir därför  $7x-3$  respektive  $4x-2$ . Antalet obekanta blir därför  $3x$ , vilket begränsar antalet våningsplan till högst 33 för PFS. Fler våningsplan kan klaras av genom att slå samman våningsplanen två och två eller tre och tre, vilket ökar antalet möjliga våningsplan till 66 respektive 100 våningsplan.

Ett grenat sprinklersystem kan beräknas för upptill 100 utlösta sprinkler. Ett sprinklersystem med gridrör minskar antalet möjliga utlösta sprinkler med antalet gridrör minus ett. Ett grenrörssystem kan tolkas som ett gridrörssystem med ett gridrör och vidare att gridrörssystem har alltid minst två gridrör.

Ett sprinklersystem kan omfatta upptill 1000 sprinkler per sprinklersektion, men endast ett fåtal beräknas lösa ut vid en brand och sällan fler än 50 sprinkler. Antalet beräkningselement kan därför bli mycket stort för ett sprinklersystem om alla detaljer ritas upp. Sprinklersystems böjar och grenstycken behandlas förenklat som ekvivalenta rörlängder och kan därför utöka befintliga rörsträckors längd utan att några extra beräkningselement krävs. En enkel uppskattning är att det finns en rörsträcka per sprinkler. Detta medför att antalet sprinkler kan högst vara 500.

Den uppskattade gränsen högst 500 sprinkler gäller inte, eftersom alla passiva sprinkler tas bort från beskrivningen, när problemet skall lösas. Detta gäller även alla rörsträckor utan något flöde. Alla

resterande rörsträckor som bildar en kedja med samma flöde kan slås samman till en enda ekvivalent rörsträcka för varje kedja. Sprinklersystem med upp till 1000 sprinkler och långt mer än 1000 uppritade beräkningselement kan därför lösas genom att endast aktiva beräkningselement tas med och slås samman så långt det är möjligt. Ett verkligt exempel med grenrör försörjda via ett överordnat gridrörssystem med 624 sprinkler varav 30 utlösta och 810 rörsträckor reducerades ner till 98 beräkningselement från ursprungliga 1434 beräkningselement.

## Arbetsmetodik

Innan ett problem ritas upp, är det viktigt att planera principskissen gärna med penna och papper och beakta ritytans begränsning med 400 rader med 160 tecken per rad. Vissa detaljer kan förenklas utan att det påverkar problemet. Uppritningen bör anpassas efter vad som skall skrivas ut för att undvika överskrivningar av andra resultat eller väsentliga delar av grafiken.

Många flödesproblem består av en sammankoppling av ett antal likartade moduler. Detta kan utnyttjas genom att göra en bra genomtänkt lösning av en modul och därefter kopiera den det antal gånger som det krävs med hjälp av normala editeringsfunktioner. Notera att mindre block på högst tjugo rader och högst fyrtio tecken per rad kan ändras på samma sätt som en vanlig finn- och ersättningsfunktion.

En god arbetsmetodik kan vara att utgå från ett passande exempel eller en egen tidigare tillämpning, därefter genomföra olika ändringar och undersöka och förstå resultatet.

Det kan vara bra att arbeta med små problem i början, eftersom det är enklare att genomföra olika ändringar och risken för fel minskar. Ett tryggt arbetssätt kan vara att göra ett eget litet exempel för att testa, undersöka och förstå ett enda särskilt beräkningselement i detalj för första gången. Det kan vara bra att testa ett beräkningselements funktion för mer än ett fall och gärna mot på ett annat sätt framräknade värden för att undvika missförstånd och feltolkningar.

Både indatabeskrivningar och utdataresultat från PFS kan kopieras in i word-dokument. En metod för att få samma storlek på text och grafik är att alltid ha en kommentar i samma yttersta högerposition på en rad eller enbart en punkt på **begin**-raden.

## Rimlighetskontroll

En ytterst viktig och enkel kontroll är att efter en beräkning kontrollera utskriften på **end**-raden, vilken anger antalet system, antalet beräkningselement, antalet fel och antalet observationer. Antalet system skall normalt vara ett om inte användaren har valt att beräkna flera parallella problem i samma **begin-end**-block. Noll system och noll beräkningselement kan erhållas för ett helt avstängt flödessystem till exempel ett inaktivt sprinklersystem av grenrörstyp. Antalet fel skall vara noll, om den siffermässiga lösningen skall vara korrekt. Observationer anger oftast parametrar eller definitioner som är överflödiga. Antalet fel och observationer begränsas till högst 100 st.

Hjälpprogramfunktionen State kan användas för att i detalj för olika beräkningselement undersöka tryck, tryckändringar, flöden och hastigheter. En underfunktion hos State gör det möjligt att kontrollera antalet obekanta och även antalet beräkningsiterationer. Det kan vara bra att göra en egen bedömning av antalet obekanta och jämföra med det verkliga antalet. Marginalen till högsta antal obekanta (100) kan vara bra att känna till om beräkningsproblemet skall utökas något.

Hjälpprogramfunktionen Flow, som ritar in flödespilar över grafiken, kan användas för enkelt kontrollera att alla flödesriktningar är de förväntade. Ett alternativ är hjälpfunktionen Video, som animerar strömningsbilden.

Ett grovt fel som en omkastad drivande tryckanslutning kan ge siffermässigt identiska resultat bortsett från tecken. Ett exempel på detta är beräkning av sprinklersystem utan några nivåskillnader och med nivåskillnader skiljer sig siffrorna åt mellan rätt och fel matning. Ett otillräckligt trycksatt sprinklersystem med flera nivåskillnader kan ha högre belägna sprinkler med inflöden och lägre belägna sprinkler med förväntade utflöden. Det är alltid viktigt att granska flödens tecken eller egentligen riktning, vilket kan ske med hjälpfunktionerna Flow och Video.

## Vanliga fel och problem

Val av sorter påverkar siffermässiga definitioner av indata och resultatutskriften. Ett sortbyte halvvägs i beskrivningen av ett problem är inte bra. En förväxling mellan flödessorterna l/s och m<sup>3</sup>/s kan resultera i stora numeriska svårigheter. Ett enkelt exempel är en komponent med ett kvadratisk tryckfall 20 Pa för flödet 1 m<sup>3</sup>/s, vilket kan anges med grundtextelementet **t,20,1**. Om flödessorten byts till l/s borde textelementet ändras till **t,20,1000**, men om det ursprungliga elementet **t,20,1** utsätts för flödet 1000 l/s blir tryckfallet inte förväntade 20 Pa utan 20 MPa. Någon numerisk lösning är inte att förvänta.

Alla numeriska värden skall anges med decimalpunkt. Komma används som skiljetecken mellan ett beräkningselements olika argument. En del beräkningselement tillåter olika antal argument och därför kan det bli något annat än tänkt.

Ett exempel är ett cirkulärt rör med innerdiametern 41.8 mm, vilket med kommatecken blir ett rektangulärt rör med sidorna 41 mm och 8 mm. Den ekvivalenta diametern blir 18.8 mm. Flödena skiljer en faktor 8 för samma tryckskillnad. Tryckfallen skiljer sig en faktor 50 för samma flöde.

Ett annat exempel är att flera flödesmotstånd kan anges med argumentparet tryckfall,flöde efter typbokstaven eller med enbart argumentet tryckfall och underförstått att flödet är en flödesenhet. Det blir därför stor skillnad på **t,1,50** och **t,1,50**. Det senare beräkningselement kan skrivas om till jämförbara **t,0.0004,1** eller **t,0.0004** att jämföra med **t,1,50**. Det skiljer en faktor 3750 i tryckfall för samma flöde för de två beräkningselementen.

Teckenkonventionen för vad som är positivt och negativt missas ibland. Flera flödesmotstånd kan anges med argumentparet tryckfall,flöde efter typbokstaven, där både tryckfall och flöde anges utan något tecken. Sökta flödesmotstånd kan anges som typbokstav följt av ? vid normal beräkning **trix=0**, men vid tvåstegsberäkning **trix>0** anges även flödet och med tecken. Det är därför stor skillnad på **t?30** och **t?-30**. Förväntade strypningar blir orimliga tryckstegringar i stället.

Ett annat vanligt och grovt fel, som orsakar något svårtolkade resultat, är när fläktar eller pumpar ansluts felaktigt. Flödesriktningen inte blir den önskade och även här kan förväntade strypningar blir omöjliga tryckstegringar.

Den numeriska lösningen underlättas alltid av att det finns startflöden och utan startflöden startar iterationerna med en del av flödena plus eller minus en flödesenhet, vilket kan vara långt från lösningens flöden.

Alla kedjor i ett flödesystem behöver inte tilldelas ett startflöde utan det räcker med alla fria ändrar i ett öppet flödesystem. Startflöden för alla gemensamma inre delar kan beräknas med hjälp av de fria ändarnas startflöden. Det finns också en automatisk programfunktion som kan fördela ett givet totalflöde till ett grenat systems alla delar. Totalflödet fördelas via den gemensamma knutpunkten med alla fria ändrar och efter deras tvärsnittsareor. Ett T-system eller ett F-system kan alltså tilldelas rimliga startvärden via ett enda totalflöde. Om tvärsnittsareor saknas, delas startflödet upp lika mellan alla anslutna fria ändrar. Detta utnyttjas för sprinklersystem, där sprinklergrenar eller dito kedjor saknar dimensioner beräkningsmässigt sett utom den yttersta sprinklern på varje gren.

Rent grenade flödesystem är lätta att tilldela startvärden, medan flödesystem med ringmatning, matning från två håll, maskor, looprör eller gridrör kan kräva extra insättning av startflöden. Ett enkelt fall är en ringmatning, vars startflöden kan fastläggas genom att i en punkt ansätta ett startflöde i själva ringen. En lämplig punkt kan vara där ringflödet är nära noll.

En fläkt med både stigande och fallande fläktkurva utan något startflöde ger ofta ingen lösning. Ett startflöde på den fallande delen av fläktkurvan är vad som krävs. En fläktkurva definieras normalt med tre par med tryckstegring och flöde för att resultera i en andragsgradsfunktion i flödet. Om de tre punkterna väljs något för snävt och något osäkert kan en fallande fläktkurva bli både stigande och fallande, vilket kan medföra problem. En fläktkurva bör definieras för att stämma väl med det aktuella arbetsområdet. Två av definitionspunkterna för fläktkurvan kan därför avgränsa det aktuella arbetsområdet. Den tredje punkten (egentligen den första) väljs med en tillräckligt hög tryckstegring för nollflöde för att fläktkurvan skall bli fallande.

Beräkning av gränsfallet för brandgasspridningen är numeriskt svårt, eftersom ett visst flöde skall vara noll i en del av flödesystemet samtidigt som en del andra flöden och tryck kan vara flera gånger de normala värdena.

Det kan vara bättre att beräkna ett fall där det önskade nollflödet sätts till en mindre del av det normala flödet och därefter prova sig fram mot allt lägre värden. Notera att båda strömningsriktningarna kan provas. Om gränsfallet leder till ur hållfasthetssynpunkt orimliga brandtryck, kan det vara omöjligt att få en lösning.

En andra lösningsmetod är att ansätta ett högsta tänkbart brandtryck eller prova en följd av stigande brandtryck och undersöka om brandgasspridning inträffar eller inte och om brandflödet är rimligt.

En tredje något osäker lösningsmetod kan vara att bara testa det brandflöde som branden förväntas prestera. Om ingen lösning erhålls, kan man prova betydligt lägre brandflöden. Det är inte heller fel att allra först prova utan något brandflöde. Detta driftsfall motsvarar i stort sett normal drift bortsett från eventuella funktioner med brandgasfläktar, brandgasspjäll och konvertering.

Öppna system med temperaturberäkning kräver att temperaturen är definierad för alla fria ändars eventuella inflöde. Temperaturen för den gemensamma yttre knutpunkten bestäms helt av utflödenas temperatur. Denna yttre temperatur blir annars de icke definierade inflödenas temperatur. Saknade temperaturdefinitioner kan också innebära att det inte går att beräkna en lösning, eftersom temperaturer inte kan beräknas. Temperaturen följer endast med strömningen och beräknas inte som en okänd variabel i varje knutpunkt. Det gäller därför att definiera temperaturen uppströms alla beräkningselement och med rätt riktning.

Notera att inflödestemperaturer måste definieras med hänsyn till strömningsriktningen. Fria ändrar som avslutas uppåt eller åt vänster innebär positiva inflöden och tvärtom för fria ändrar med avslut neråt eller åt höger.

## Omöjliga problem

Det skall också påpekas att ett problem inte behöver ha en lösning, eftersom det är oftast frågan om lösningar till olinjära ekvationssystem. Ett enkelt exempel är koppla samman en pump med en största tryckstegring som är mindre än en fast tryckskillnad som pumpen skall övervinna. Pumpen kan aldrig nå upp till den önskade tryckskillnaden om varvtalet är givet och därför erhålls heller ingen numerisk lösning.

Ejektorverkan hos ett T-grenstycke kan förhindra brandgasspridning. Det går alltid att med en förenklad beräkningsmodell för ett F-system visa att brandgasspridning kan inträffa. Resultatet kan däremot bli ingen brandgasspridning om en fullständigare beräkningsmodell används, som även behandlar tryckfall i T-grenstycken. Förklaringen är att ett stort genomloppsflöde skapar en ejektorverkan i det anslutande påsticket som förhindrar brandgasspridning till påsticket. En förutsättning är att det gemensamma systemet efter T-grenstycket har en tillräcklig kapacitet.

Ett annat olösligt problem är ett brandutsatt F-system med samlingslåda för ett antal vertikala kanaler. Samlingslådan utluftas vid brand. Om det finns ett mindre övertryck i samlingslåda kan brandgaserna tryckas ner till ett jämviktsläge på en viss nivå under samlingslådan. Om nerträngningsdjupet är mindre än nivåskillnaden fås nollflöde eller jämvikt. Ett sådant fall kan inte beräknas med ett normalt nivåskillnadselement med PFS.

Det finns dock en praktisk lösning som tillåter nästan jämviktslösning med små flöden. De nerträngande brandgaserna kyls ner till omgivningens temperatur vid små flöden. Detta utnyttjas beräkningsmässigt genom att för hastigheter under en viss gräns skala ner brandgastemperaturen mot den inre omgivande temperaturen. Detta minskar den bromsande termiska gradienten och ökar nerträngningsdjupet till nära nivåskillnadens värde.

Variablerna temperatur och godtycklig egenskap är inga äkta oberoende variabler utan följer bara med rådande flöden. Problem med dubbelströmning eller återcirkulation kan därför inte lösas med PFS. Ett enkelt exempel är en shuntgrupp. Den sekundära framtemperaturen i sekundärkretsen (cirkulationskretsen) bestäms av en blandning av den primära framtemperaturen och den sekundära returtemperaturen. Den sekundära returtemperaturen bestäms i sin tur av den sekundära framtemperaturen.

En numeriskt besvärlig komponent är backventilen som anges med typbokstaven < och > och med inget flödesmotstånd i den ena riktningen och oändligt flödesmotstånd i den andra riktningen. Det går inte att beräkna någon derivata med avseende på flödet i backriktningen, vilket PFS kräver. Lösningen är att beskriva backriktningen med ett linjärt tryckfall som ökar med antalet iterationer. Det finns styrvariabler för att ange minsta antal iterationer och startvärde och ökningsfaktor för det linjära tryckfallets derivata eller lutning. Ett asymmetriskt motstånd kan vara en bättre och säkrare lösning.

Ett exempel på ett praktiskt omöjligt problem är ett fjärrvärmenät med två pumpar som styrs med två differenstryckstyrningar. Om olämpliga värden väljs för de två differenstrycken kan det innebära att en pump tar över helt och lite till medan den andra pumpen skall gå mer eller mindre baklänges. PFS ger en beräkningsmässig lösning för vilka pumptryck och flöden som krävs. En liknande situation kan uppstå när två pumpar med olämpliga fasta varvtal och anslutna i olika punkter körs mot ett fjärrvärmenät.

## 2 Tvårörsradiatorsystem

En stam i ett tvårörsradiatorsystem skall dimensioneras för fram-, retur- och innetemperatur lika med 55, 45 respektive 20 °C. Radiatorstammen är till för fyra plan och har två radiatorer till vänster och tre till höger enligt PFS-beskrivning i Figur 2.1 och motsvarande resultat i Figur 2.2.

De fem radiatorerna räknat från vänster till höger har följande data:

radiatorstorlek	nominell effekt W	önskad effekt W
407	250	240
410	355	330
413	465	450
410	355	290
416	570	540

Alla rördimensioner inom stammen skall dimensioneras för ett högst tryckfall om 100 Pa/m och en högsta hastighet om 0.8 m/s. Förinställningsvärden för radiatorventiler skall också beräknas som  $k_v$ -värden och under förutsättning att det totala stamtryckfallet är 10 kPa.

Alla radiatorstorlekar deklarerar med en PFS-rad och för storlek 407 krävs följande:

heater 407 250 55 45 20

där radiatorn betecknas 407 följt av effekten 255 W vid fram-, retur-, och innetemperatur 55, 45 och 20 °C. Den injusterade radiatorn skall ha effekten 240 W och kan anges som 407,240.

Sortvalet är l/h för flöde, kPa för tryck och tryckfall och W för effekt.

Ledningsnätet har förenklats beskrivningsmässigt genom att fördubbla alla rörlängder i framledningsnätet och slopa alla rörlängder i returledningsnätet.

Figur 2.1-2 redovisar beskrivning och resultat för rördimensionering och injusterings med rördimensioner från 10 mm upptill 25 mm och  $k_v$ -värden från 0.04 upptill 0.11 m<sup>3</sup>/h. Stammen returtemperatur är 41.8 °C, eftersom alla radiatorer är strypta till effekter under den nominella effekten.

Figur 2.3-4 redovisar beskrivning och resultat för ett fall med alla radiatorventiler inställda med  $k_v$ -värde 1 m<sup>3</sup>/h. Resultatet blir måttliga skillnader i effekt. Stammens totaleffekt ökar från 7400 W till 8524 W. Stammens totalflöde ökar från 482 l/h till 1451 l/h, vilket delvis beror på att tillgängligt stamtryckfall är oförändrat 10 kPa.

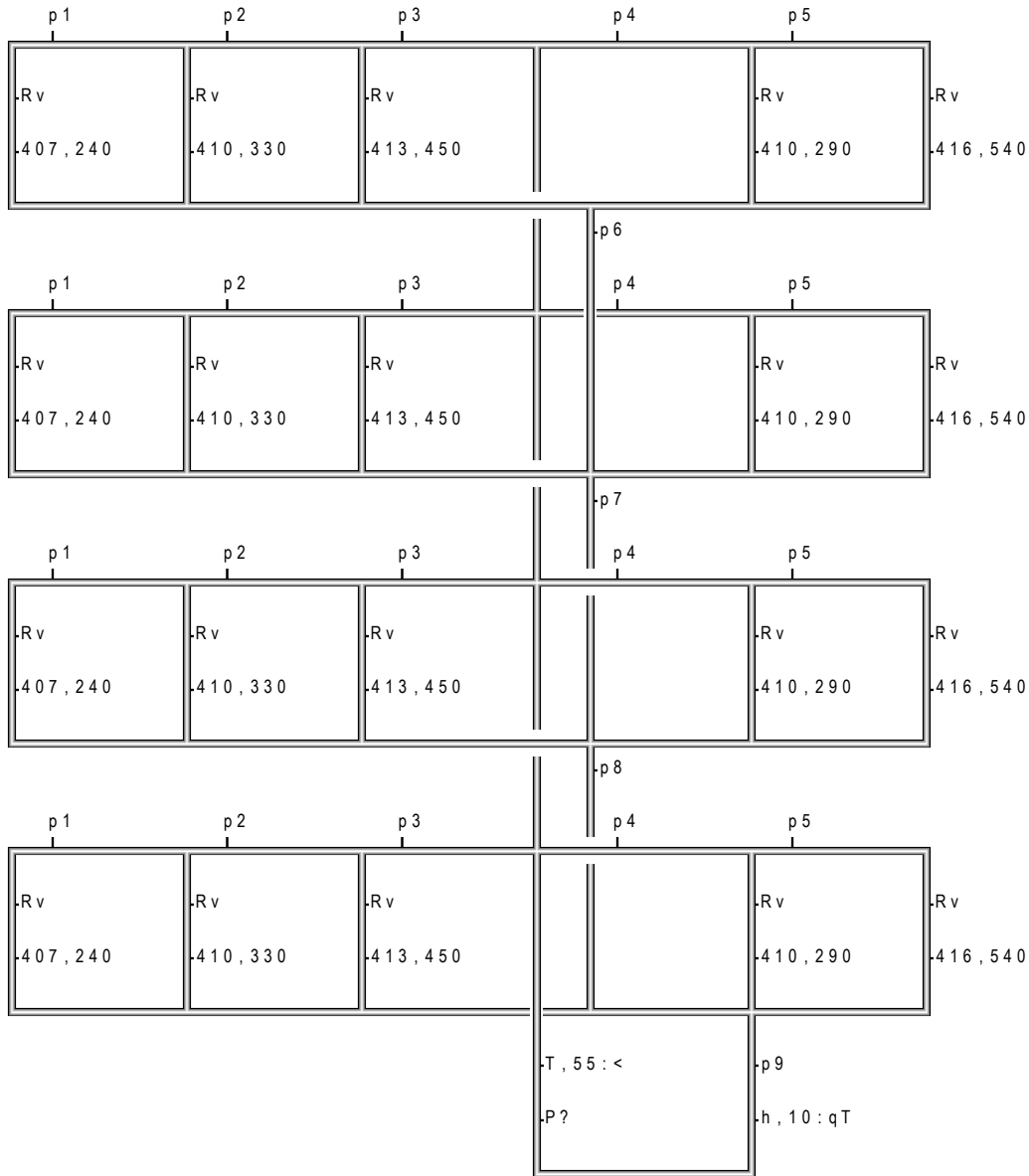
Figur 2.5-6 redovisar beskrivning och resultat för avstängda radiatorventiler på plan 2 och 3 och fullt öppna radiatorventiler med  $k_v$ -värde 1 m<sup>3</sup>/h på plan 1 och 4. Totaleffekten blir 4345 W mot nominella 3700 W. Returtemperaturen blir 50.8 °C och flödet blir 887 l/h mot nominella 241 l/h.



```

begin
flow      l/h
pressure  kPa
control   duct=8  den=1000  cp=4190
heater    407  250  55  45  20
heater    410  355  55  45  20
heater    413  465  55  45  20
heater    416  570  55  45  20
set       p1=d?6  p2=d?6  p3=d?6  p4=d?6  p5=d?6
set       p6=d?6  p7=d?6  p8=d?6  p9=d?6  Rv=k?
design    max  Rv(d)  0.1  0.8  10  12  15  20  25  32  40  50
    
```

"exempel 02x"

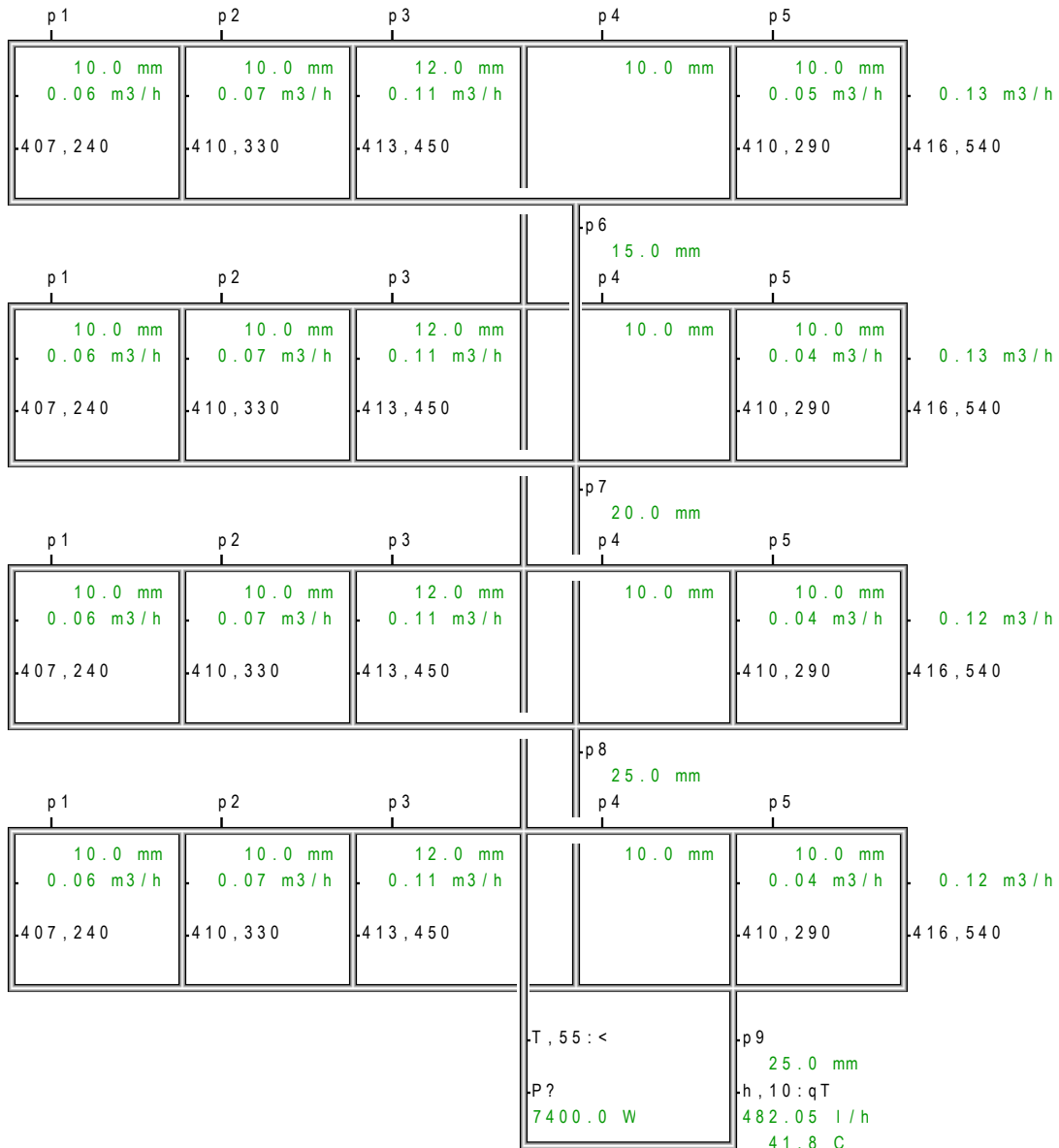


end

Figur 2.1 PFS-beskrivning av dimensionering och förinställning av en stam för fyra plan och fem radiator per plan.

```

begin
flow l/h
pressure kPa
control duct=8 den=1000 cp=4190
heater 407 250 55 45 20
heater 410 355 55 45 20
heater 413 465 55 45 20
heater 416 570 55 45 20
set p1=d?6 p2=d?6 p3=d?6 p4=d?6 p5=d?6
set p6=d?6 p7=d?6 p8=d?6 p9=d?6 Rv=k?
design max Rv(d) 0.1 0.8 10 12 15 20 25 32 40 50
    
```



```

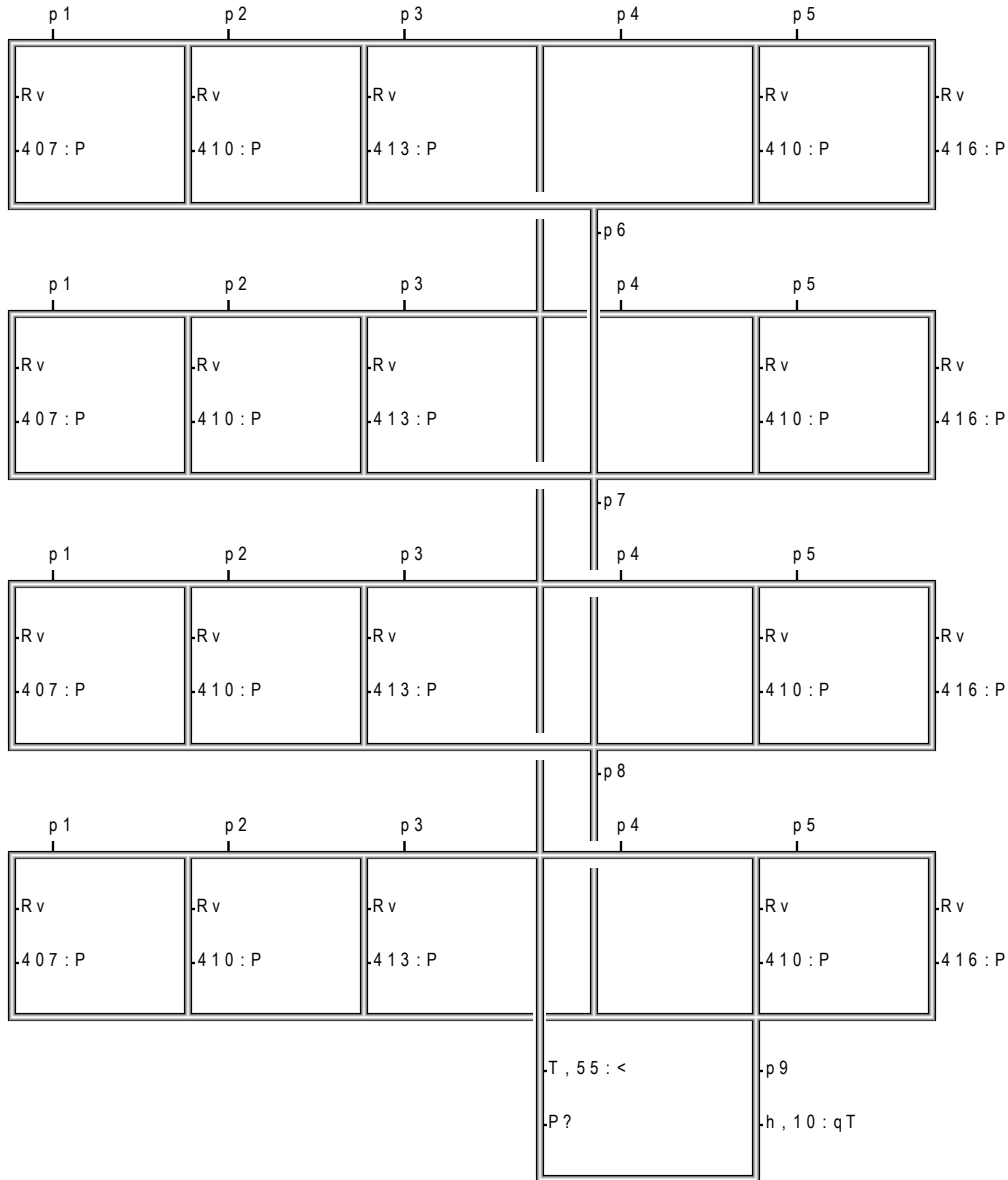
end 1 1 system 67 elements 0 errors 0 observations 2006-11-29 11.03.34
    
```

Figur 2.2 PFS-resultat av dimensionering och förinställning av en stam för fyra plan och fem radiatorer per plan.

```

begin
flow l/h
pressure kPa
control duct=8 den=1000 cp=4190
heater 407 250 55 45 20
heater 410 355 55 45 20
heater 413 465 55 45 20
heater 416 570 55 45 20
set p1=d,10,6 p2=d,10,6 p3=d,12,6 p4=d,10,6 p5=d,10,6
set p6=d,15,6 p7=d,20,6 p8=d,25,6 p9=d,25,6 Rv=k,1

```



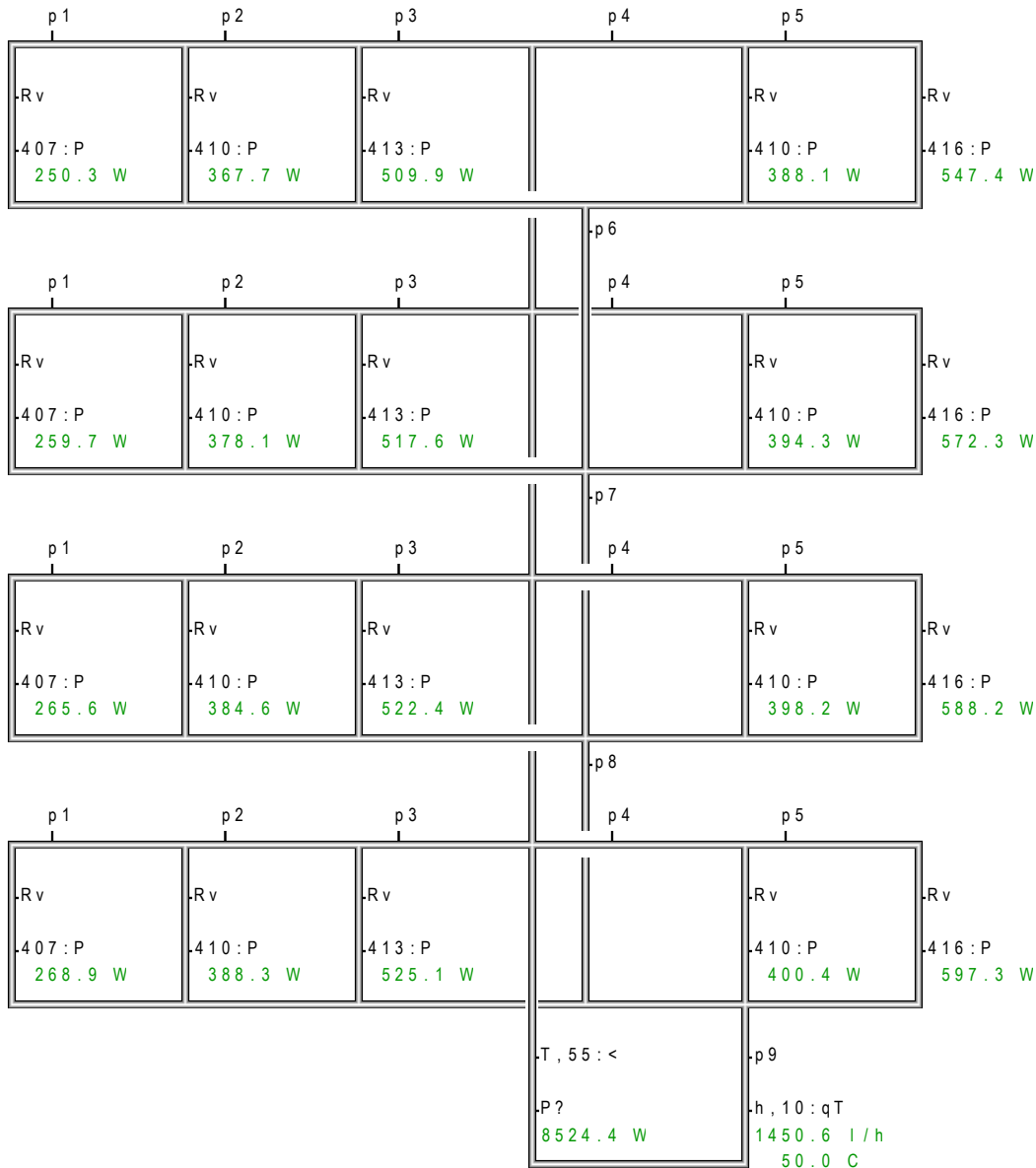
end

Figur 2.3 PFS-beskrivning av dimensionering av en stam för fyra plan och fem radiator per plan och med samma förinställning av alla radiatorventiler med  $k_v$ -värdet 1.

```

begin
flow l/h
pressure kPa
control duct=8 den=1000 cp=4190
heater 407 250 55 45 20
heater 410 355 55 45 20
heater 413 465 55 45 20
heater 416 570 55 45 20
set p1=d,10,6 p2=d,10,6 p3=d,12,6 p4=d,10,6 p5=d,10,6
set p6=d,15,6 p7=d,20,6 p8=d,25,6 p9=d,25,6 Rv=k,1

```



```

end 1 1 system 67 elements 0 errors 0 observations 2006-11-29 11.08.51

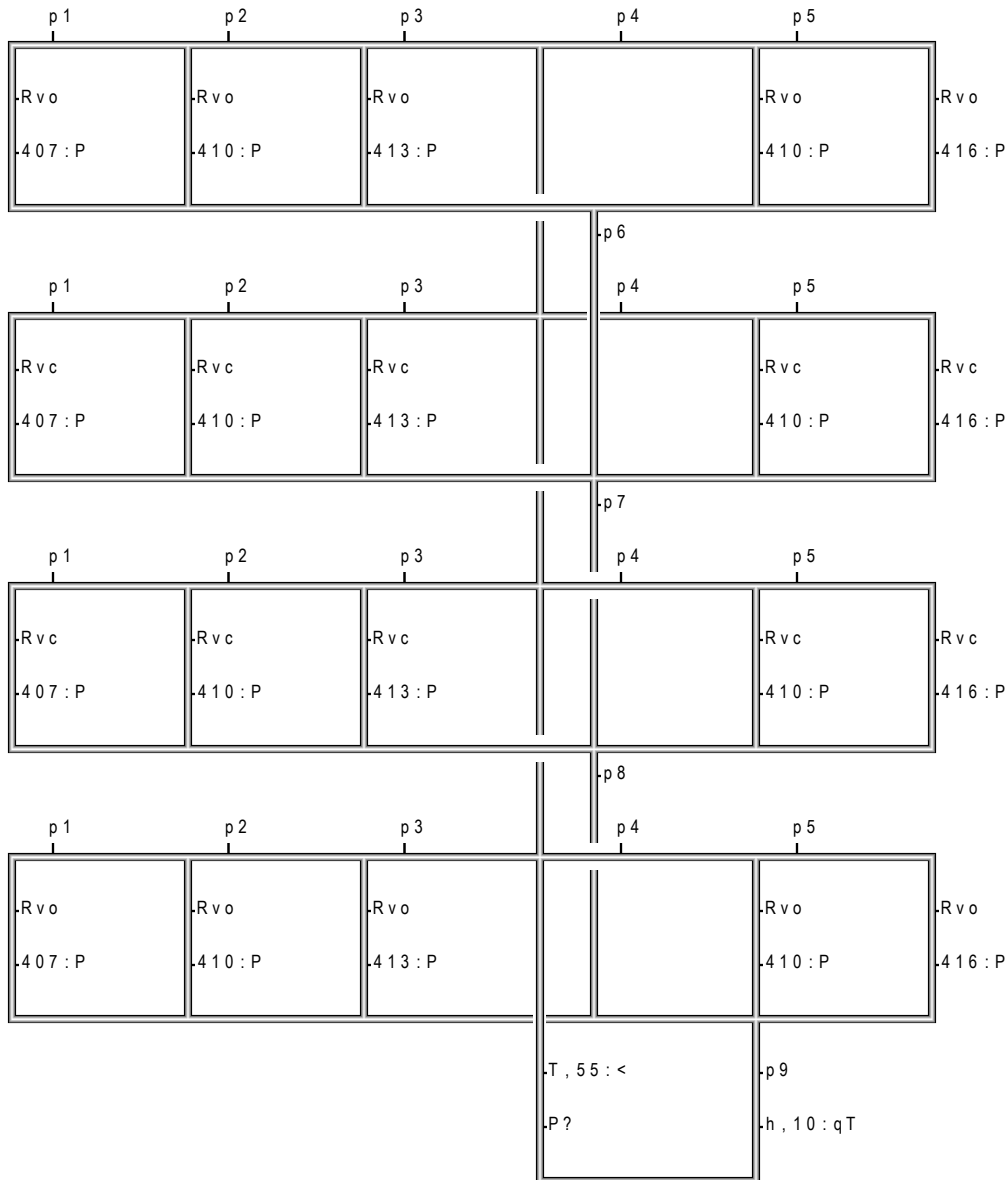
```

Figur 2.4 PFS-resultat av dimensionering av en stam för fyra plan och fem radiator per plan och med samma förinställning av alla radiatorventiler med  $k_v$ -värdet 1.

```

begin
flow l/h
pressure kPa
control duct=8 den=1000 cp=4190
heater 407 250 55 45 20
heater 410 355 55 45 20
heater 413 465 55 45 20
heater 416 570 55 45 20
set p1=d,10,6 p2=d,10,6 p3=d,12,6 p4=d,10,6 p5=d,10,6
set p6=d,15,6 p7=d,20,6 p8=d,25,6 p9=d,25,6 Rvo=k,1 Rvc=k,0

```



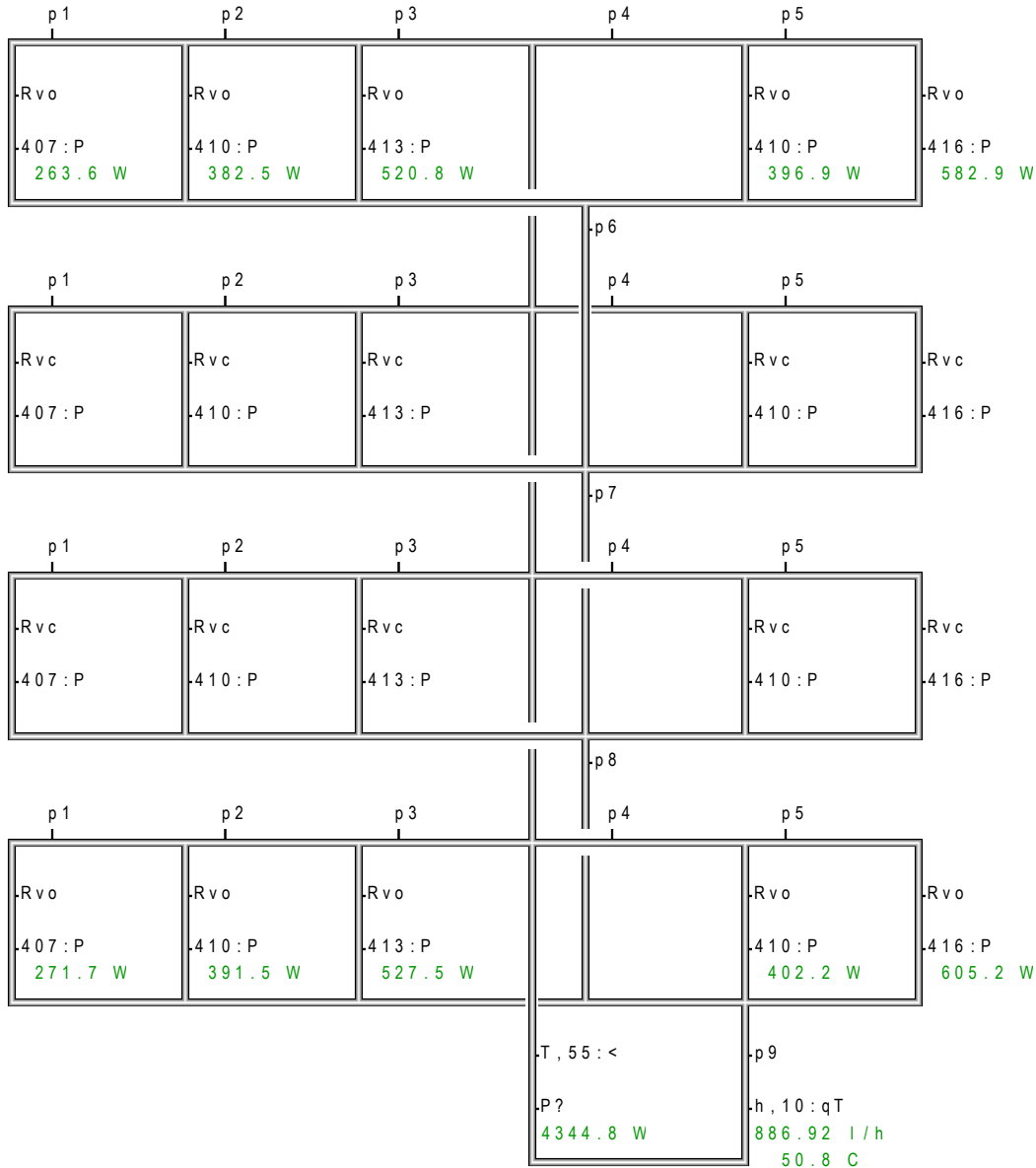
end

Figur 2.5 PFS-beskrivning av en given radiatorstam för fyra plan och fem radiator per plan med avstängda radiatorventiler på plan två och tre och övriga med  $k_v$ -värdet 1.

```

begin
flow l/h
pressure kPa
control duct=8 den=1000 cp=4190
heater 407 250 55 45 20
heater 410 355 55 45 20
heater 413 465 55 45 20
heater 416 570 55 45 20
set p1=d,10,6 p2=d,10,6 p3=d,12,6 p4=d,10,6 p5=d,10,6
set p6=d,15,6 p7=d,20,6 p8=d,25,6 p9=d,25,6 Rvo=k,1 Rvc=k,0

```



end 1 1 system 37 elements 0 errors 0 observations 2006-11-29 11.23.07

Figur 2.6 PFS-resultat för en given radiatorstam för fyra plan och fem radiator per plan med avstängda radiatorventiler på plan två och tre och övriga med  $k_v$ -värdet 1.



### 3 Ettrörsradiatorsystem

Ett ettrörssystem med fem radiatorer i en slinga med en önskad och nominell radiatoreffekt på 419 W vilket med framtemperatur 80 °C, returtemperatur 60 °C och omgivningstemperatur 20 °C kräver ett flöde på 18 l/h.

Två olika slingfall undersöks ett med en höjd framtemperatur till 90 °C och rätt slingflöde på 90 l/h för fem radiatorer och ett annat med nominell framtemperatur och ett flöde passande för tio radiatorer.

I det första fallet kyls totalflödet av 4 °C per radiator och är därför 70 °C efter den sista radiator och ytterligare en radiator kan inte kopplas till.

I det andra fallet är avkylningen hälften 2 °C efter fem radiatorer kan inte heller här en ytterligare radiator kopplas till med samma effekt.

Tryckfall och flöde skrivs ut för den fast förbigången med  $k_v$ -värde 1.0. Injusterat  $k_v$ -värde, flöde och utloppstemperatur skrivs ut för varje radiator. Ett antal redovisas enligt sammanställningen nedan.

Figur 3.1 beskrivning av fall injustering

Figur 3.2 resultat för fall injustering

Figur 3.3 beskrivning av fall utan injustering alla  $k_v$ -värden 1 m<sup>3</sup>/h

Figur 3.4 resultat för fall utan injustering alla  $k_v$ -värden 1 m<sup>3</sup>/h

Kommentar: Viss spridning i radiatoreffekt som är störst för fallet med hög temepartur och lågt flöde.

Figur 3.5 beskrivning av fall utan injustering alla  $k_v$ -värden 1 m<sup>3</sup>/h med nominellt tillgängligt tryck för injusterat fall

Figur 3.6 resultat för fall utan injustering alla  $k_v$ -värden 1 m<sup>3</sup>/h med nominellt tillgängligt tryck för injusterat fall

Kommentar: Nominellt tillgängligt tryck ger ett större flöde och högre radiatoreffekter än tidigare och också högre returtemperatur för de två ettrörslingorna

Figur 3.7 resultat för kontroll av injustering

Kommentar: den manuella injustering har skett med endast två decimalers noggrannhet.

Figur 3.8 resultat för kontroll av injustering med två första radiatorventilerna avstängda

Kommentarer: De tre sista och resterande radiatoreffekterna ökar något. Totalflödet och delflöden minskar något, men radiatorerna arbetar med högre temperaturer än i det nominella fallet.

Figur 3.9 resultat för kontroll av injustering med två sista radiatorventilerna avstängda

Kommentarer: De tre första och resterande radiatoreffekterna minskar något. Totalflödet och delflöden minskar något, men radiatorerna arbetar med samma eller obetydligt högre temperaturer än i det nominella fallet.

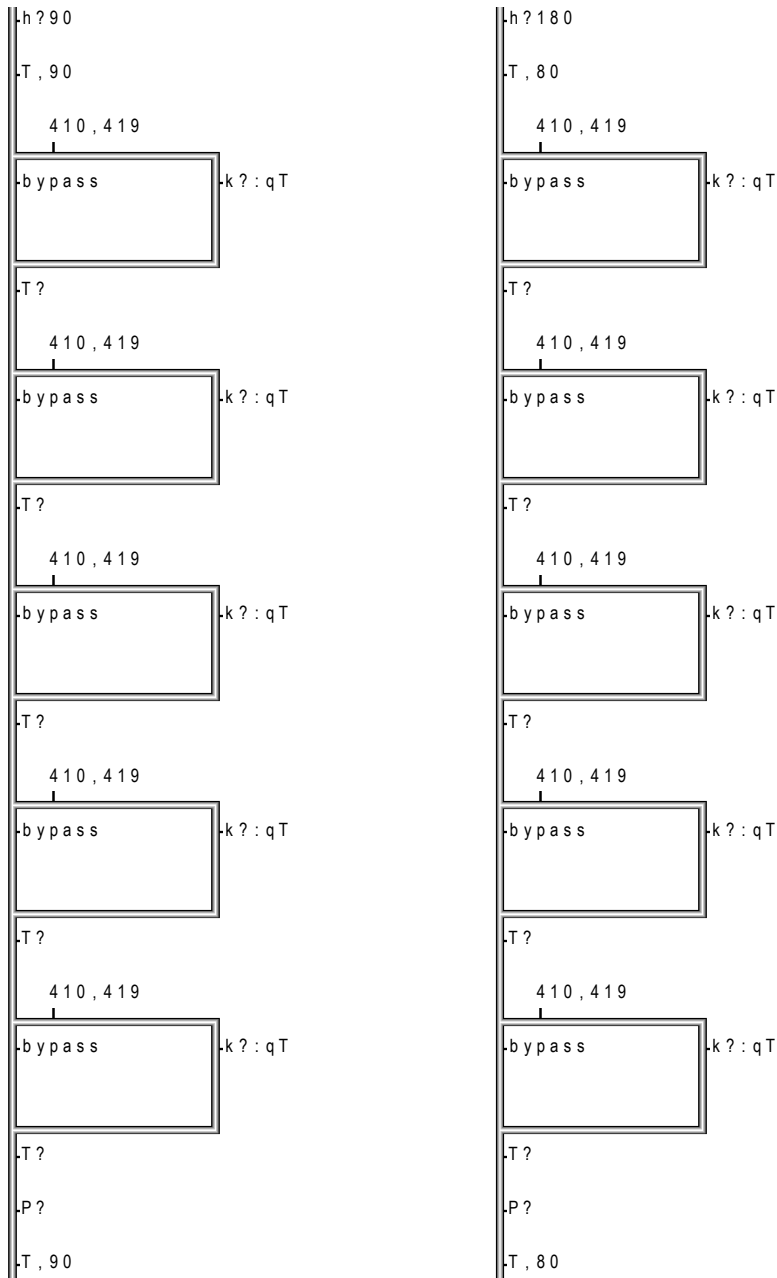


```

begin
flow      l/h
control   den=1000 cp=4190
heater    410 419 80 60 20
set       bypass=k,1:hq

```

"exempel 03"



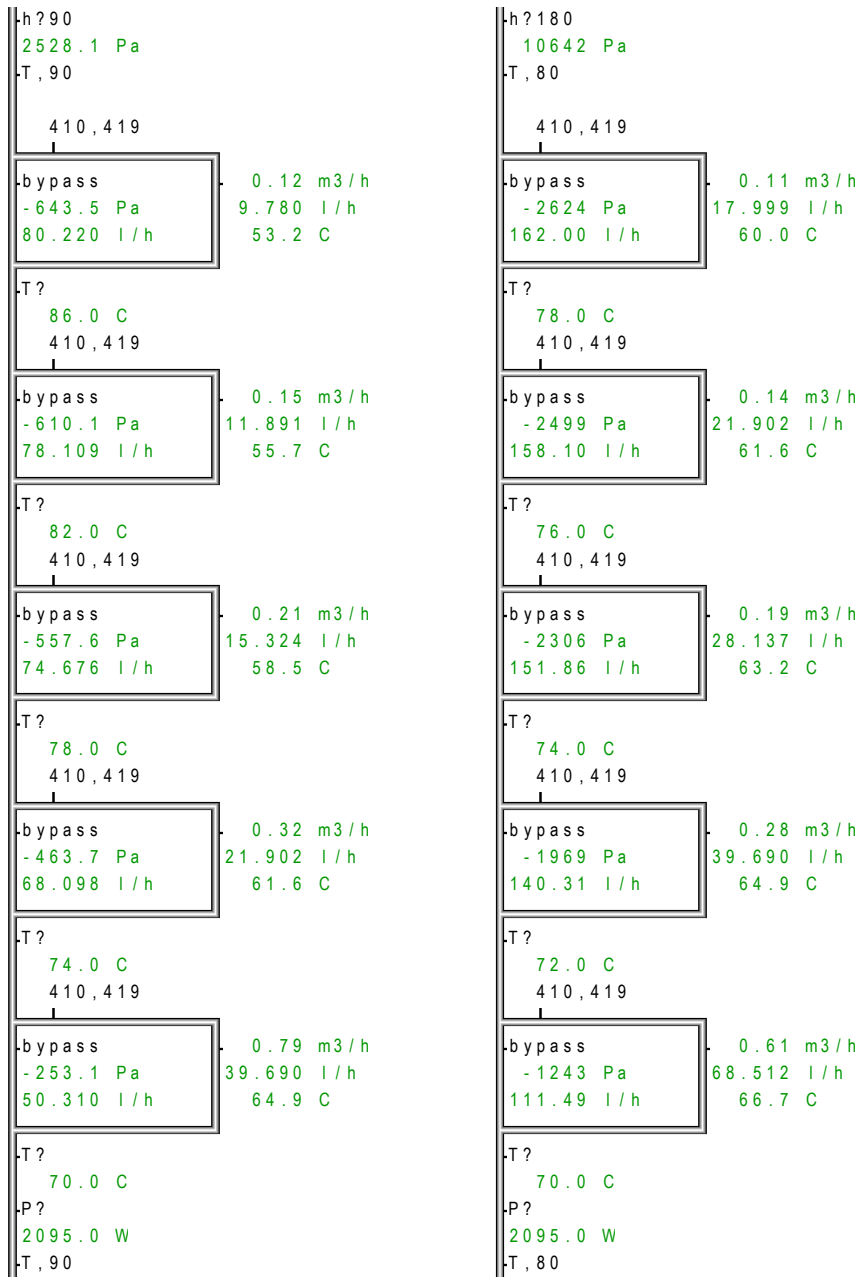
end

Figur 3.1 PFS-beskrivning av två ettrörsradiatorslingor med fem radiatorer var och olika totalflöde och framtemperatur.

```

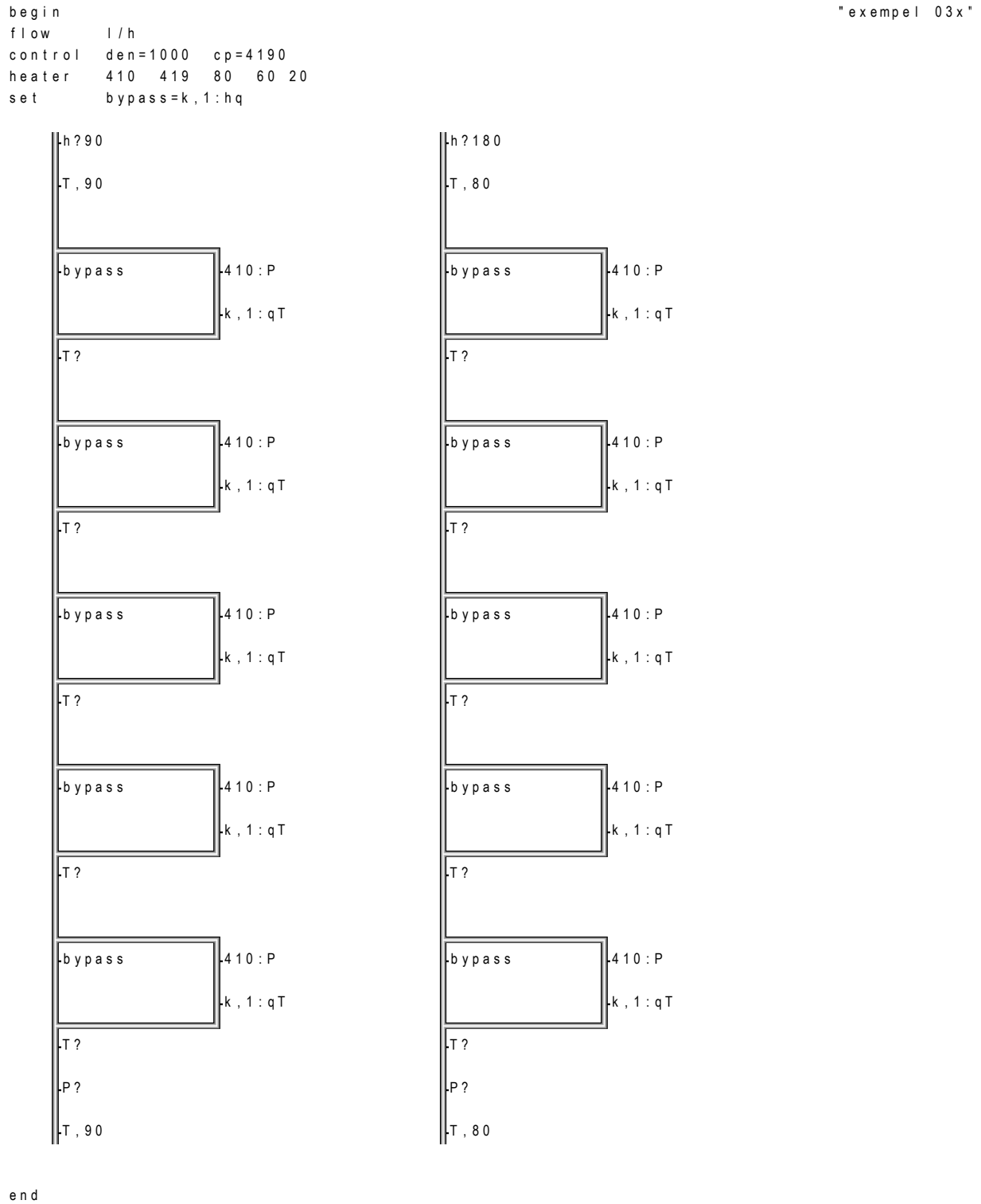
begin
flow      l/h
control   den=1000  cp=4190
heater    410 419 80 60 20
set       bypass=k,1:hq
    
```

"exempel 03"



end 1 2 systems 48 elements 0 errors 0 observations 2006-11-09 14.58.24

Figur 3.2 PFS-resultat för två ettrörsradiatorslingor med fem radiatorer var och olika totalflöde och framtemperatur.



Figur 3.3 PFS-beskrivning för två ettrörsradiatorslingor med fem radiatorer var och olika totalflöde och framtemperatur utan injustering och med nominellt flöde.

```

begin
flow      l/h
control   den=1000  cp=4190
heater    410 419 80 60 20
set       bypass=k,1:hq

|h?90
1012.5 Pa
-T,90

|bypass |410:P
|-202.5 Pa |548.9 W
|45.000 l/h |k,1:qT
|           |45.000 l/h
|T?        |79.5 C
|84.8 C

|bypass |410:P
|-202.5 Pa |507.8 W
|45.000 l/h |k,1:qT
|           |45.000 l/h
|T?        |75.1 C
|79.9 C

|bypass |410:P
|-202.5 Pa |469.8 W
|45.000 l/h |k,1:qT
|           |45.000 l/h
|T?        |70.9 C
|75.4 C

|bypass |410:P
|-202.5 Pa |434.6 W
|45.000 l/h |k,1:qT
|           |45.000 l/h
|T?        |67.1 C
|71.3 C

|bypass |410:P
|-202.5 Pa |402.1 W
|45.000 l/h |k,1:qT
|           |45.000 l/h
|T?        |63.6 C
|67.4 C
|P?
|2363.2 W
|-T,90

|h?180
4050.0 Pa
-T,80

|bypass |410:P
|-810.0 Pa |489.6 W
|90.000 l/h |k,1:qT
|           |90.000 l/h
|T?        |75.3 C
|77.7 C

|bypass |410:P
|-810.0 Pa |470.5 W
|90.000 l/h |k,1:qT
|           |90.000 l/h
|T?        |73.2 C
|75.4 C

|bypass |410:P
|-810.0 Pa |452.2 W
|90.000 l/h |k,1:qT
|           |90.000 l/h
|T?        |71.1 C
|73.3 C

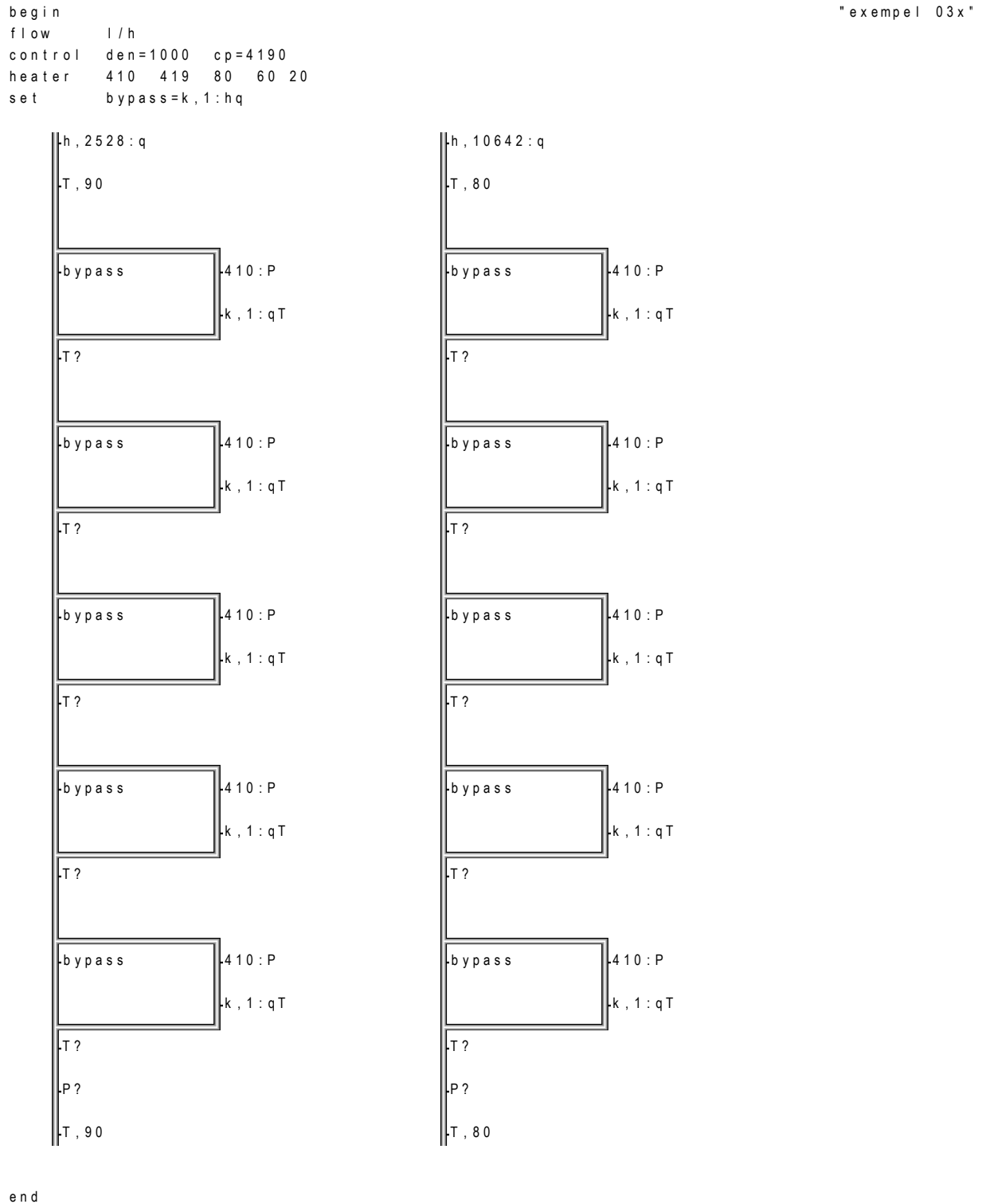
|bypass |410:P
|-810.0 Pa |434.6 W
|90.000 l/h |k,1:qT
|           |90.000 l/h
|T?        |69.1 C
|71.2 C

|bypass |410:P
|-810.0 Pa |417.6 W
|90.000 l/h |k,1:qT
|           |90.000 l/h
|T?        |67.2 C
|69.2 C
|P?
|2264.4 W
|-T,80

end 1 2 systems 48 elements 0 errors 0 observations 2006-11-10 14.05.16

```

Figur 3.4 PFS-resultat för två ettrörsradiatorslingor med fem radiatorer var och olika totalflöde och framtemperatur utan injustering och med nominellt flöde.



Figur 3.5 PFS-beskrivning två ettrörsradiatorslingor med fem radiatorslingor var och olika totalflöde och framtemperatur utan injustering och med nominellt tryck.

```

begin                                                                                               "exempel 03x"
flow      l/h
control  den=1000  cp=4190
heater    410  419  80  60  20
set      bypass=k,1:hq

|h,2528:q
|142.21 l/h
|T,90

|bypass -410:P
|-505.6 Pa      565.1 W
|71.106 l/h    -k,1:qT
|              71.105 l/h
|T?           83.2 C
|86.6 C

|bypass -410:P
|-505.6 Pa      537.6 W
|71.106 l/h    -k,1:qT
|              71.105 l/h
|T?           80.1 C
|83.3 C

|bypass -410:P
|-505.6 Pa      511.3 W
|71.106 l/h    -k,1:qT
|              71.105 l/h
|T?           77.2 C
|80.2 C

|bypass -410:P
|-505.6 Pa      486.4 W
|71.106 l/h    -k,1:qT
|              71.105 l/h
|T?           74.4 C
|77.3 C

|bypass -410:P
|-505.6 Pa      462.7 W
|71.106 l/h    -k,1:qT
|              71.105 l/h
|T?           71.7 C
|74.5 C
|P?
|2563.1 W
|T,90

|h,10642:q
|h291.78 l/h
|T,80

|bypass -410:P
|-2128 Pa      497.1 W
|145.89 l/h   -k,1:qT
|              145.89 l/h
|T?           77.1 C
|78.5 C

|bypass -410:P
|-2128 Pa      485.0 W
|145.89 l/h   -k,1:qT
|              145.89 l/h
|T?           75.7 C
|77.1 C

|bypass -410:P
|-2128 Pa      473.2 W
|145.89 l/h   -k,1:qT
|              145.89 l/h
|T?           74.3 C
|75.7 C

|bypass -410:P
|-2128 Pa      461.6 W
|145.89 l/h   -k,1:qT
|              145.89 l/h
|T?           73.0 C
|74.4 C

|bypass -410:P
|-2128 Pa      450.4 W
|145.89 l/h   -k,1:qT
|              145.89 l/h
|T?           71.7 C
|73.0 C
|P?
|2367.3 W
|T,80

end 1 2 systems 48 elements 0 errors 0 observations 2006-11-29 11.52.01

```

Figur 3.6 PFS-resultat för två ettrörsradiatorslingor med fem radiatorer var och olika totalflöde och framtemperatur utan injustering och med nominellt tryck.

```

begin
flow      l/h
control  den=1000  cp=4190
heater    410  419  80  60  20
set      bypass=k,1:hq
"exempel 03x"

h,2528:q
89.980 l/h
T,90

bypass -410:P
-645.4 Pa      417.0 W
80.339 l/h    k,0.12:qT
9.641 l/h
T?          52.8 C
86.0 C

bypass -410:P
-612.2 Pa      417.6 W
78.244 l/h    k,0.15:qT
11.737 l/h
T?          55.4 C
82.0 C

bypass -410:P
-553.0 Pa      420.9 W
74.364 l/h    k,0.21:qT
15.616 l/h
T?          58.9 C
78.0 C

bypass -410:P
-464.7 Pa      418.8 W
68.167 l/h    k,0.32:qT
21.813 l/h
T?          61.5 C
74.0 C

bypass -410:P
-252.7 Pa      419.1 W
50.268 l/h    k,0.79:qT
39.712 l/h
T?          64.9 C
70.0 C
P?
2093.5 W
T,90

h,10642:q
180.03 l/h
T,80

bypass -410:P
-2631 Pa      418.3 W
162.19 l/h    k,0.11:qT
17.841 l/h
T?          59.9 C
78.0 C

bypass -410:P
-2494 Pa      419.6 W
157.92 l/h    k,0.14:qT
22.109 l/h
T?          61.7 C
76.0 C

bypass -410:P
-2289 Pa      420.1 W
151.29 l/h    k,0.19:qT
28.745 l/h
T?          63.4 C
74.0 C

bypass -410:P
-1978 Pa      418.7 W
140.65 l/h    k,0.28:qT
39.382 l/h
T?          64.9 C
72.0 C

bypass -410:P
-1250 Pa      418.9 W
111.82 l/h    k,0.61:qT
68.211 l/h
T?          66.7 C
70.0 C
P?
2095.6 W
T,80

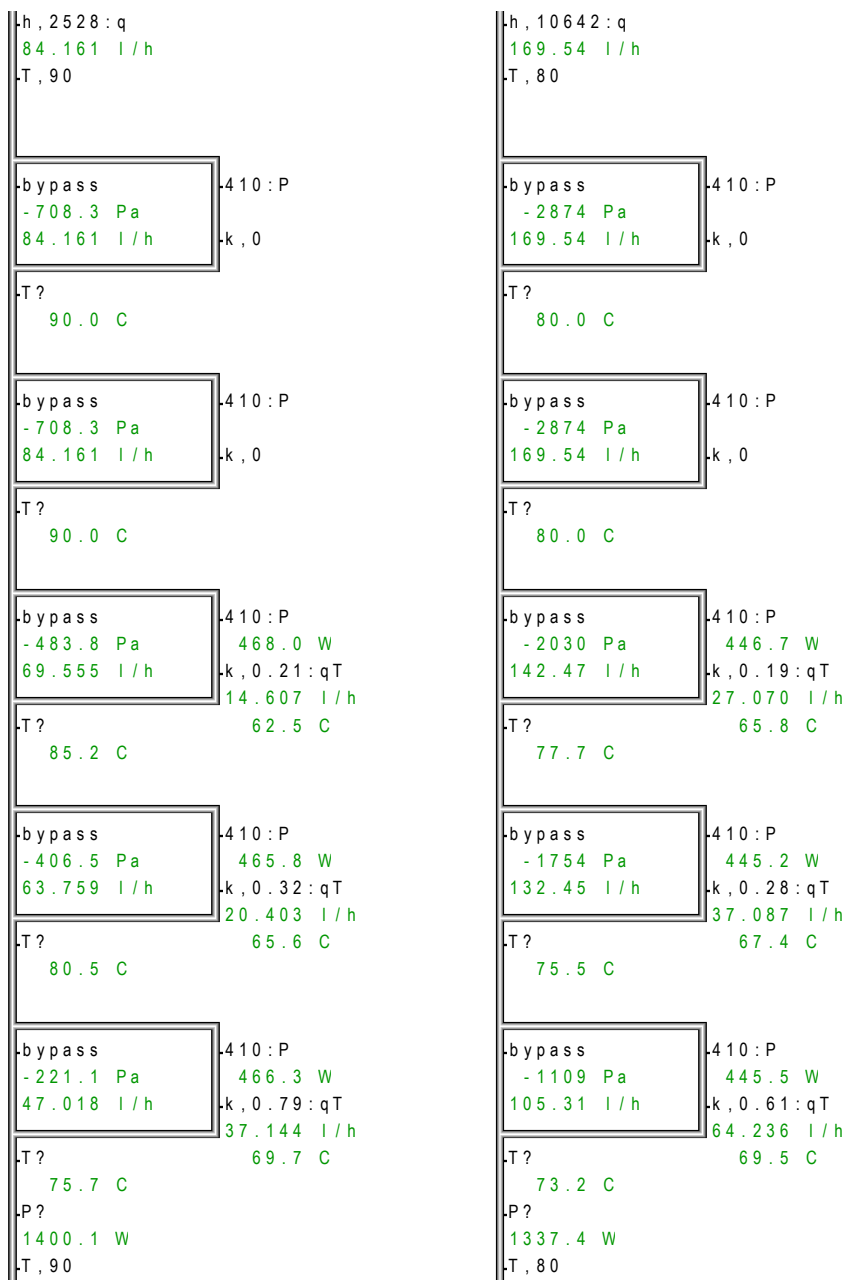
end 1 2 systems 48 elements 0 errors 0 observations 2006-11-29 14.47.50

```

Figur 3.7 PFS-resultat för kontroll av injustering av två ettrörsradiatorslingsor med fem radiatorer var och olika totalflöde och framtemperatur och med nominellt tryck.

```
begin
flow      l/h
control   den=1000 cp=4190
heater     410 419 80 60 20
set       bypass=k,1:hq
```

"exempel 03z"



end 1 2 systems 40 elements 0 errors 0 observations 2006-11-29 14.48.36

Figur 3.8 PFS-resultat för av två ettrörsradiatorslingor med fem radiatorer var enligt Figur 3.7 med två första radiatorerna avstängda.



```

begin
flow      l/h
control   den=1000  cp=4190
heater    410  419  80  60  20
set       bypass=k,1:hq
"exempel 03u"

|h,2528:q
77.249 l/h
-T,90

bypass -410:P
-475.7 Pa 395.1 W
68.972 l/h -k,0.12:qT
8.277 l/h
-T? 49.0 C
85.6 C

bypass -410:P
-451.2 Pa 396.5 W
67.173 l/h -k,0.15:qT
10.076 l/h
-T? 51.8 C
81.2 C

bypass -410:P
-407.6 Pa 400.9 W
63.842 l/h -k,0.21:qT
13.407 l/h
-T? 55.5 C
76.7 C

bypass -410:P
-596.7 Pa
77.249 l/h -k,0
-T? 76.7 C

bypass -410:P
-596.7 Pa
77.249 l/h -k,0
-T? 76.7 C
-P? 1192.5 W
-T,90

|h,10642:q
157.55 l/h
-T,80

bypass -410:P
-2015 Pa 407.1 W
141.94 l/h -k,0.11:qT
15.613 l/h
-T? 57.6 C
77.8 C

bypass -410:P
-1910 Pa 408.9 W
138.20 l/h -k,0.14:qT
19.348 l/h
-T? 59.6 C
75.6 C

bypass -410:P
-1753 Pa 409.6 W
132.40 l/h -k,0.19:qT
25.155 l/h
-T? 61.6 C
73.3 C

bypass -410:P
-2482 Pa
157.55 l/h -k,0
-T? 73.3 C

bypass -410:P
-2482 Pa
157.55 l/h -k,0
-T? 73.3 C
-P? 1225.6 W
-T,80

end 1 2 systems 40 elements 0 errors 0 observations 2006-11-29 14.49.17

```

Figur 3.9 PFS-resultat för av två ettrörsradiatorslingor med fem radiatorer var enligt Figur 3.7 med två sista radiatorerna avstängda.

## 4 Golvvärmesystem

Ett litet golvvärmesystem skall injusteras. Systemet har fyra slingor med de nominella effekterna 500, 600, 700 och 800 W för temperaturerna 34/32-21 °C och med motsvarande längder 20, 24, 28 respektive 32 m. Golvvärmerören har innerdiametern 15 mm. Tillgängligt tryck över fördelnings-systemet är 16 kPa oberoende av flödet. Beräkna nödvändiga  $k_v$ -värden för de fyra slingorna för att de skall ge nominell effekt vid nominell framtemperatur 34 °C och rumstemperatur 21 °C.

De fyra slingorna definieras termiskt som en värmare med följande PFS-rad:

```
heater namn effekt framtemperatur returtemperatur rumstemperatur
```

Slingornas tryckfall beräknas som för varmvatten och kopparrör med styrvariabeln duct=5.

Tryckfall i fördelningsystemet försummas.

PFS-beskrivningen och PFS-resultatet redovisas i Figur 4.1 respektive Figur 4.2 med utskrift av sökta  $k_v$ -värden, ventiltryckfall, slingflöde och returtemperatur.

Hur slingeffekterna blir om  $k_v$ -värdena sätt i proportion mot slingans längd, slingans nominella effekt eller slingans nominella flöderedovisas med beskrivning och resultat i Figur 4.3-4. Om hela det tillgängliga tryckfallet ligger över injusteringsventilen fås ett flöde proportionellt mot  $k_v$ -värdet.

Hur slingeffekterna blir om  $k_v$ -värdena sätts till 2 m<sup>3</sup>/h redovisas med beskrivning och resultat i Figur 4.5-6. De resulterande slingeffekterna är obetydligt över de nominella slingeffekterna och samtliga slingflöden är betydligt över de nominella flödena som redovidas i Figur 4.2. En enkel uppskattning av den högsta möjliga slingeffekten är att anta att slingtemperaturen är 34 °C vid oändligt flöde än den nominella medelslingtemperaturen 33 °C. Detta ger en effektökningsfaktor 1.083 ( $= (43-21)/(33-21)$ ). De fyra nominella slingeffekterna begränsas något avrundat uppåt med 540 W, 648 W, 756 W och 864 W.

```

begin
flow      l/h
pressure  kPa
control   den=1000 cp=4190 duct=5
heater    g500 500 34 32 21 "20 m 15 mm"
heater    g600 600 34 32 21 "24 m 15 mm"
heater    g700 700 34 32 21 "28 m 15 mm"
heater    g800 800 34 32 21 "32 m 15 mm"

|T, 34
|h, 16 k?          g 500,500:q  d, 15,20:T  :v
|-----|
|          k?          g 600,600:q  d, 15,24:T  :v
|-----|
|          k?          g 700,700:q  d, 15,28:T  :v
|-----|
|          k?          g 800,800:q  d, 15,32:T  :v
|-----|
|P?
|:T

end
    
```

Figur 4.1 PFS-beskrivning av injustering av ett golvvärmesystem med fyra olika slingor.

```

begin
flow      l/h
pressure  kPa
control   den=1000 cp=4190 duct=5
heater    g500 500 34 32 21 "20 m 15 mm"
heater    g600 600 34 32 21 "24 m 15 mm"
heater    g700 700 34 32 21 "28 m 15 mm"
heater    g800 800 34 32 21 "32 m 15 mm"

|T, 34
|h, 16 0.58 m3/h  g 500,500:q  d, 15,20:T  :v
|-----|
|          214.78 l/h  32.0 C  0.3 m/s
|          0.74 m3/h  g 600,600:q  d, 15,24:T  :v
|-----|
|          257.74 l/h  32.0 C  0.4 m/s
|          0.95 m3/h  g 700,700:q  d, 15,28:T  :v
|-----|
|          300.69 l/h  32.0 C  0.5 m/s
|          1.26 m3/h  g 800,800:q  d, 15,32:T  :v
|-----|
|          343.65 l/h  32.0 C  0.5 m/s
|P?
|:T
|2600.0 W
|32.0 C

end 1 1 system 20 elements 0 errors 0 observations 2006-12-14 12.18.58
    
```

Figur 4.2 PFS-resultat för injustering av ett golvvärmesystem med fyra olika slingor.

```

begin
flow          l/h
pressure      kPa
control       den=1000 cp=4190 duct=5
heater        g500 500 34 32 21 "20 m 15 mm"
heater        g600 600 34 32 21 "24 m 15 mm"
heater        g700 700 34 32 21 "28 m 15 mm"
heater        g800 800 34 32 21 "32 m 15 mm"

|T, 34
|h, 16 |k, 0.5:q |g 500:P |d, 15, 20:T |v
|-----|-----|-----|-----|
|k, 0.6:q |g 600:P |d, 15, 24:T |v
|-----|-----|-----|-----|
|k, 0.7:q |g 700:P |d, 15, 28:T |v
|-----|-----|-----|-----|
|k, 0.8:q |g 800:P |d, 15, 32:T |v
|-----|-----|-----|-----|
|P?
|:T

end

```

Figur 4.3 PFS-beskrivning av ett golvvärmesystem med fyra olika slingor med  $k_v$ -värden 0.5, 0.6, 0.7 och 0.8 m<sup>3</sup>/h.

```

begin
flow          l/h
pressure      kPa
control       den=1000 cp=4190 duct=5
heater        g500 500 34 32 21 "20 m 15 mm"
heater        g600 600 34 32 21 "24 m 15 mm"
heater        g700 700 34 32 21 "28 m 15 mm"
heater        g800 800 34 32 21 "32 m 15 mm"

|T, 34
|h, 16 |k, 0.5:q |g 500:P |d, 15, 20:T |v
|-----|-----|-----|-----|
|188.14 l/h |494.3 W |31.7 C |0.3 m/s
|k, 0.6:q |g 600:P |d, 15, 24:T |v
|-----|-----|-----|-----|
|217.53 l/h |591.1 W |31.7 C |0.3 m/s
|k, 0.7:q |g 700:P |d, 15, 28:T |v
|-----|-----|-----|-----|
|242.19 l/h |686.4 W |31.6 C |0.4 m/s
|k, 0.8:q |g 800:P |d, 15, 32:T |v
|-----|-----|-----|-----|
|261.85 l/h |780.0 W |31.4 C |0.4 m/s
|P?
|:T
|2551.9 W
|31.6 C

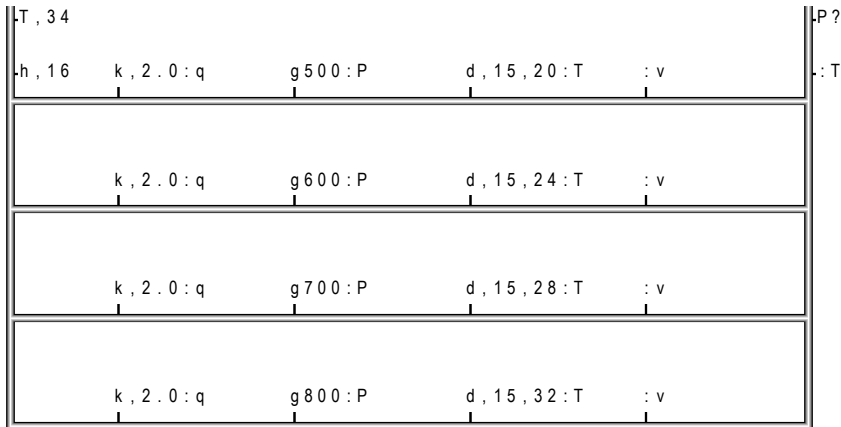
end 1 1 system 20 elements 0 errors 0 observations 2006-12-14 12.21.32

```

Figur 4.4 PFS-resultat för ett golvvärmesystem med fyra olika slingor med  $k_v$ -värden 0.5, 0.6, 0.7 och 0.8 m<sup>3</sup>/h.

```

begin
flow      l/h
pressure  kPa
control   den=1000 cp=4190 duct=5
heater    g500  500  34 32  21  "20 m 15 mm"
heater    g600  600  34 32  21  "24 m 15 mm"
heater    g700  700  34 32  21  "28 m 15 mm"
heater    g800  800  34 32  21  "32 m 15 mm"
    
```

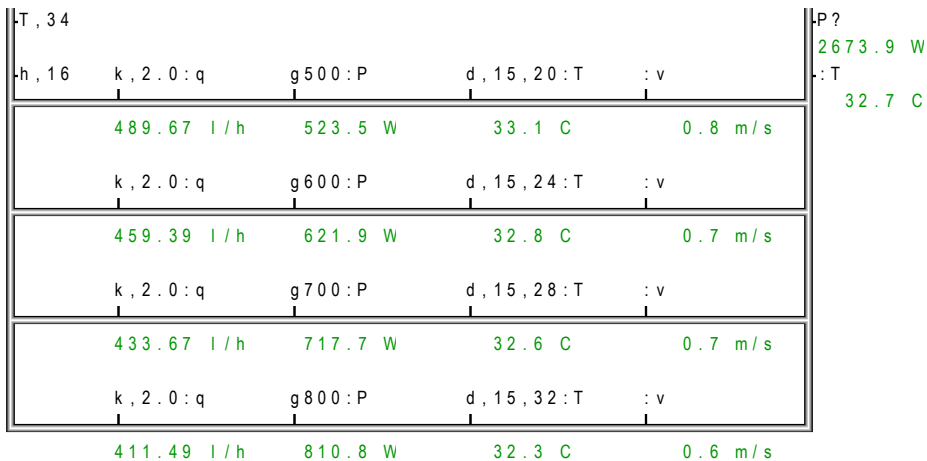


end

Figur 4.5 PFS-beskrivning av ett golvvärmsystem med fyra olika slingor alla med  $k_v$ -värden  $2.0 \text{ m}^3/\text{h}$ .

```

begin
flow      l/h
pressure  kPa
control   den=1000 cp=4190 duct=5
heater    g500  500  34 32  21  "20 m 15 mm"
heater    g600  600  34 32  21  "24 m 15 mm"
heater    g700  700  34 32  21  "28 m 15 mm"
heater    g800  800  34 32  21  "32 m 15 mm"
    
```



end 1 1 system 20 elements 0 errors 0 observations 2006-12-12 16.18.03

Figur 4.6 PFS-resultat för ett golvvärmsystem med fyra olika slingor alla med  $k_v$ -värden  $2.0 \text{ m}^3/\text{h}$ .

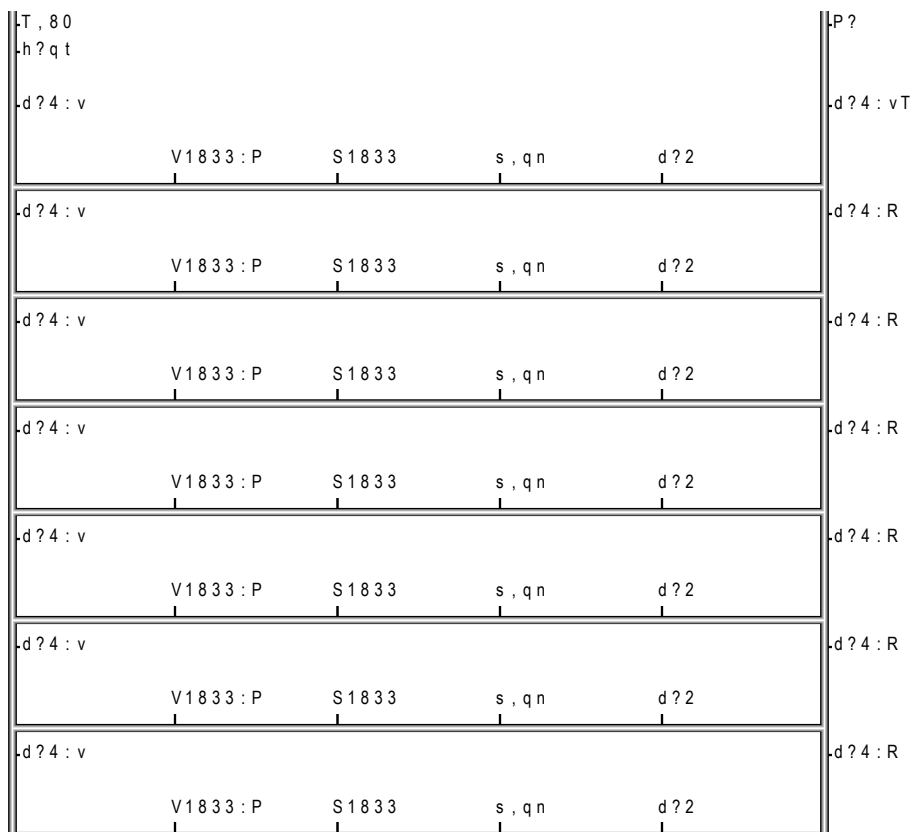
## 5 Takvärmesystem

Ett takvärmesystem med åtta strips med längden 18 m och bredden 33 cm och följande nominella värden effekt 4350 W för temperaturerna 80/60-20 °C, tryckfall 50 kPa vid flödet 0.052 l/s enligt datablad från Teknoterm. Inkoppling sker på ena sidan eftersom inkopplingsvarianten är V (vänd). Avståndet mellan de åtta stripsen är 4 m och inkopplingsrörlängden mellan strips och huvudledningen är 2 m. De åtta enheterna är sidkopplade och utan några injusteringsventiler.

Dimensionera alla rördimensioner för ett högsta tryckfall om 200 Pa/m och för rördimensionerna 10, 12, 15, 20, 25, 32 och 40 mm. Beräkna effektfördelning för de åtta enheterna vid framtemperaturen 80 °C och rumstemperaturen 20 °C och om totalflödet är nominellt rätt 0.416 l/s. PFS-beskrivningen och PFS-resultatet redovisas i Figur 5.1 respektive Figur 5.2

```
begin
flow          l / s
pressure      kPa
control       duct=5    den=1000    cp=4190
parameter     pn=50     qn=0.052   qt=0.416
heater         V1833     4350       80 60 20
set           S1833=t, pn, qn
design         max R(d)  0.2  10 12 15 20 25 32 40
```

" exempel 05 "



end

Figur 5.1 PFS-beskrivning av dimensionering av ett rörsystem för ett takvärmesystem med sju sidkopplade takstrips utan injusteringsventiler.

```

begin
flow      l / s
pressure  kPa
control   duct=5      den=1000  cp=4190
parameter pn=50      qn=0.052 qt=0.416
heater     V1833      4350     80 60 20
set       S1833=t,pn,qn
design     max R(d) 0.2 10 12 15 20 25 32 40
    
```

"exempel 05"

```

|T, 80
|h?qt
| 70.5 kPa
|d?4: v
| 32.0 mm
| 0.5 m/s V1833: P | S1833 | s, qn | d??
|-----|-----|-----|-----|
|d?4: v | 4479.4 W | 20.0 mm
| 25.0 mm
| 0.7 m/s V1833: P | S1833 | s, qn | d??
|-----|-----|-----|-----|
|d?4: v | 4468.3 W | 15.0 mm
| 25.0 mm
| 0.6 m/s V1833: P | S1833 | s, qn | d??
|-----|-----|-----|-----|
|d?4: v | 4460.8 W | 15.0 mm
| 25.0 mm
| 0.5 m/s V1833: P | S1833 | s, qn | d??
|-----|-----|-----|-----|
|d?4: v | 4455.6 W | 15.0 mm
| 20.0 mm
| 0.6 m/s V1833: P | S1833 | s, qn | d??
|-----|-----|-----|-----|
|d?4: v | 4446.4 W | 15.0 mm
| 20.0 mm
| 0.4 m/s V1833: P | S1833 | s, qn | d??
|-----|-----|-----|-----|
|d?4: v | 4441.9 W | 15.0 mm
| 15.0 mm
| 0.3 m/s V1833: P | S1833 | s, qn | d??
|-----|-----|-----|-----|
| 4436.5 W | 15.0 mm
|
end 1 1 system 45 elements 0 errors 6 observations 2006-11-29 15.00.25
    
```

Figur 5.2 PFS-resultat för dimensionering av ett rörsystem för ett takvärmesystem med sju sidkopplade takstrips utan injusteringsventiler.

## 6 Kylbaffelsystem

Ett rörsystem utan injusteringsventiler för ett kylbaffelsystem med åtta enheter skall dimensioneras och kontrollberäknas. Både sidkoppling och diagonalkoppling skall undersökas.

Bafflarna har beteckningen CPF-300-2700 med bredden 300 mm och längden 2700 mm och följande nominella värden kyleffekt 325 W för temperaturerna 15.0/16.1-24 °C och ett flöde om 0.072 l/s enligt datablad från Halton.

Varje kylbaffel definieras termiskt i detta fallet med deklaraionsraden:

```
cooler CPF327 -325 15 16.1 24
```

Avståndet mellan de åtta enheterna är 4 m och inkopplingsrörlängden mellan baffel och huvudledningen är 2 m. De åtta enheterna är sidkopplade och utan injusteringsventiler. Tryckfallet ges avtryck/flödesparen 1 kPa/0.030 l/s och 30 kPa/0.200 l/s från diagram. Varje kylbaffel definieras strömningstekniskt med ett g-element med godtycklig flödesexponent med set-deklaraionsraden:

```
set SCPF327=g,1,0.030,30,0.200
```

Dimensionera alla rördimensioner för ett högsta tryckfall om 200 Pa/m och för rördimensionerna 10, 12, 15, 20, 25, 32 och 40 mm. Beräkna effektfördelning för de åtta enheterna vid framtemperaturen 15 °C och rumstemperaturen 24 °C om totalflödet är nominellt rätt 0.576 l/s.

PFS-beskrivningen och PFS-resultatet redovisas i Figur 6.1 respektive Figur 6.2. Det åtta kyleffekterna skiljer sig något från 317.3 W ytterst till 329.3 W närmast anslutningen.

Fallet med diagonalkoppling redovisas i Figur 6.3-4. Skillnaderna i kyleffekt för de åtta bafflarna är försumbara från 325.1 W ytterst till 325.8 W innerst i mitten. Utfallet beror helt på de valda dimensionerna. Flödet kunde lika gärna ha varit större ytterst och minst innerst i mitten.

Rördragning kan förenklas genom att använda ett fåtal dimensioner. Om samma huvudrörsdimension används minskar skillnaderna i kyleffekter för fallet med sidkoppling, vilket visas med resultatet i Figur 6.5. Det sker däremot en försämring för fallet med diagonalkoppling, vilket redovisas med resultatet i Figur 6.6.

En enkel sammanställning av minsta och största kyleffekt görs för de fyra fallen nedan.

koppling	huvudrör	kyleffekt min W	kyleffekt max W
sid	15, 20, 25, 32 mm	317.3	329.3
diagonal	15, 20, 25, 32 mm	325.1	325.8
sid	32 mm	323.2	329.0
diagonal	32 mm	324.4	326.7

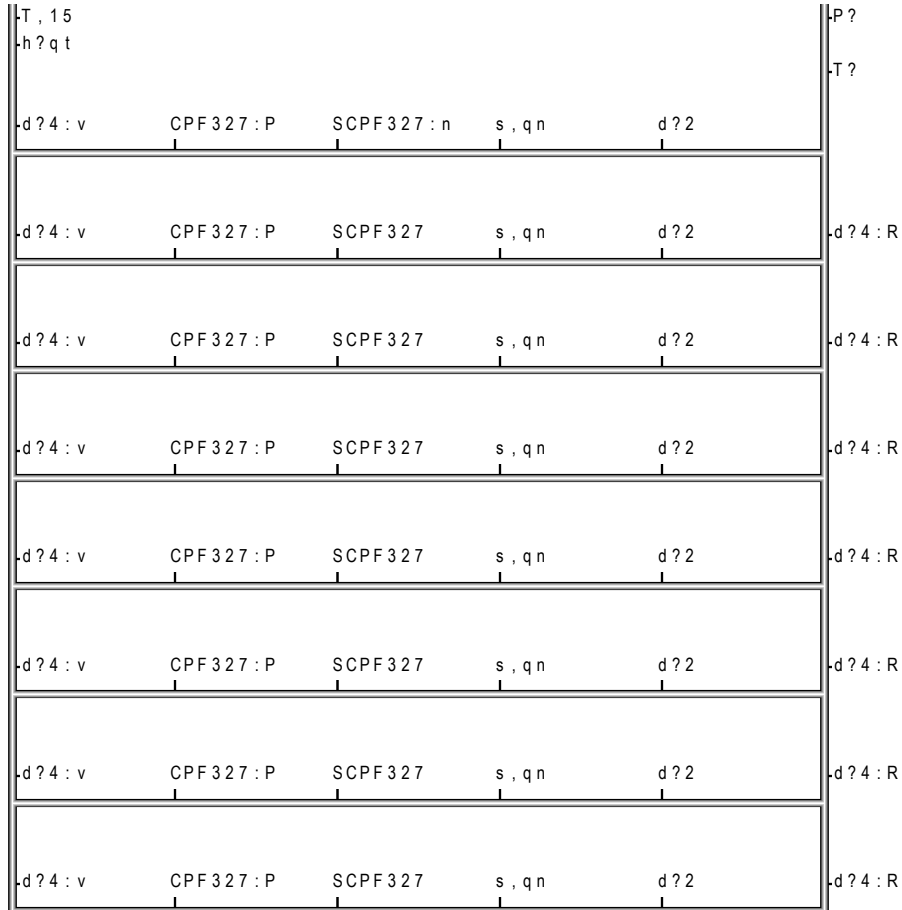
Slutsatsen är att några injusteringsventiler inte behövs. Kylbaffelns tryckfall är betydligt större än själva rörsystemets.



```

begin
flow          l/s
pressure      kPa
control       duct=5    den=1000  cp=4190
parameter     qn=0.072  qt=0.576
cooler        CPF327   -325   15.0  16.1  24.0
set           SCPF327=g,1,0.030,30,0.200
design         max  R(d) 0.2 10 12 15 20 25 32 40
    
```

"exempel 06s"



end

Figur 6.1 PFS-beskrivning av dimensionering av ett kylbaffelsystem med åtta sidkopplade enheter.

```

begin
flow          l/s
pressure      kPa
control       duct=5   den=1000  cp=4190
parameter     qn=0.072  qt=0.576
cooler        CPF327   -325   15.0  16.1  24.0
set           SCPF327=g,1,0.030,30,0.200
design         max R(d) 0.2  10 12 15 20 25 32 40
    
```

T, 15					P?
h?qt					- 2598 W
8.7 kPa					T?
					16.1 C
d?4:v	CPF327:P	SCPF327:n	s,qn	d?2	
32.0 mm					
0.7 m/s	-329.9 W	1.793	-	15.0 mm	
d?4:v	CPF327:P	SCPF327	s,qn	d?2	d?4:R
32.0 mm					32.0 mm
0.6 m/s	-328.6 W			15.0 mm	0.1 kPa/m
d?4:v	CPF327:P	SCPF327	s,qn	d?2	d?4:R
32.0 mm					32.0 mm
0.5 m/s	-327.5 W			15.0 mm	0.1 kPa/m
d?4:v	CPF327:P	SCPF327	s,qn	d?2	d?4:R
32.0 mm					32.0 mm
0.4 m/s	-326.6 W			15.0 mm	0.1 kPa/m
d?4:v	CPF327:P	SCPF327	s,qn	d?2	d?4:R
25.0 mm					25.0 mm
0.5 m/s	-324.5 W			15.0 mm	0.1 kPa/m
d?4:v	CPF327:P	SCPF327	s,qn	d?2	d?4:R
25.0 mm					25.0 mm
0.4 m/s	-323.0 W			15.0 mm	0.1 kPa/m
d?4:v	CPF327:P	SCPF327	s,qn	d?2	d?4:R
20.0 mm					20.0 mm
0.3 m/s	-320.6 W			15.0 mm	0.1 kPa/m
d?4:v	CPF327:P	SCPF327	s,qn	d?2	d?4:R
15.0 mm					15.0 mm
0.3 m/s	-317.3 W			15.0 mm	0.1 kPa/m

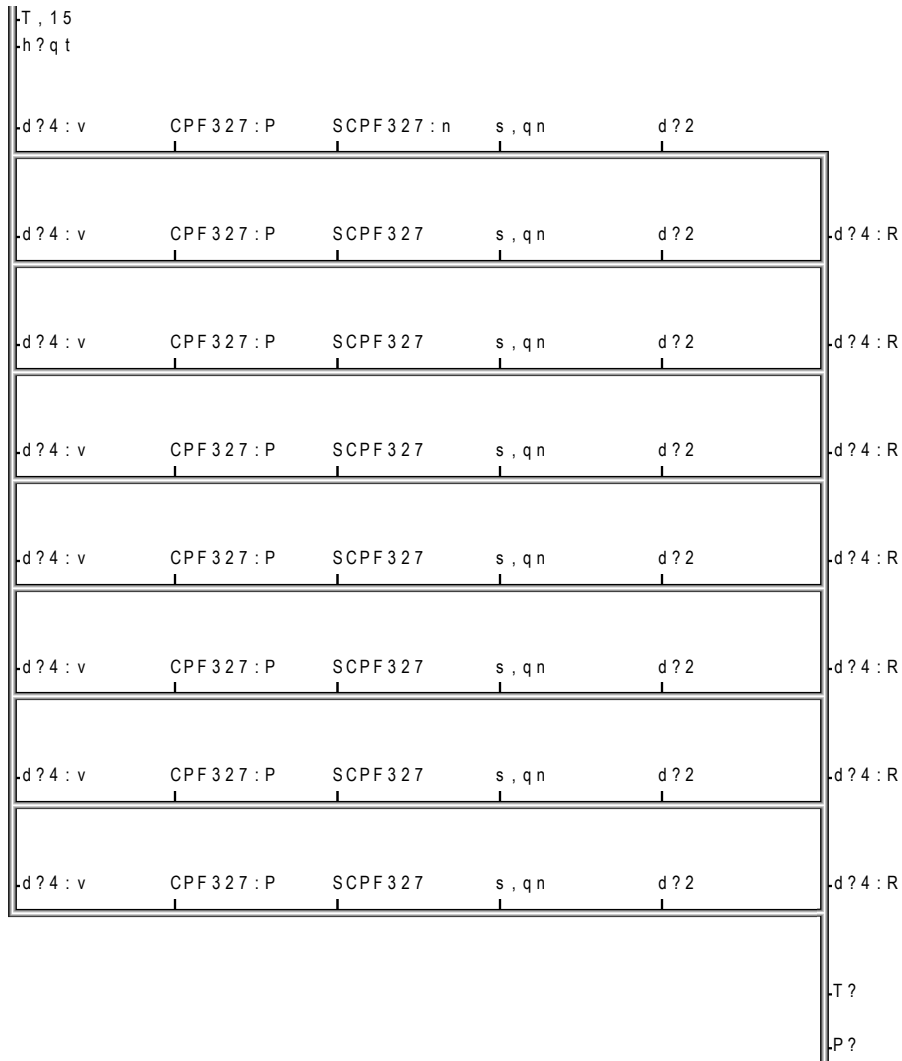
```

end 1 1 system 51 elements 0 errors 0 observations 2006-11-29 15.07.34
    
```

Figur 6.2 PFS-resultat för dimensionering av ett kylbaffelsystem med åtta sidkopplade enheter.

```

begin
flow          l/s
pressure      kPa
control       duct=5    den=1000  cp=4190
parameter     qn=0.072  qt=0.576
cooler        CPF327   -325   15.0  16.1  24.0
set           SCPF327=g,1,0.030,30,0.200
design         max  R(d) 0.2 10 12 15 20 25 32 40
    
```



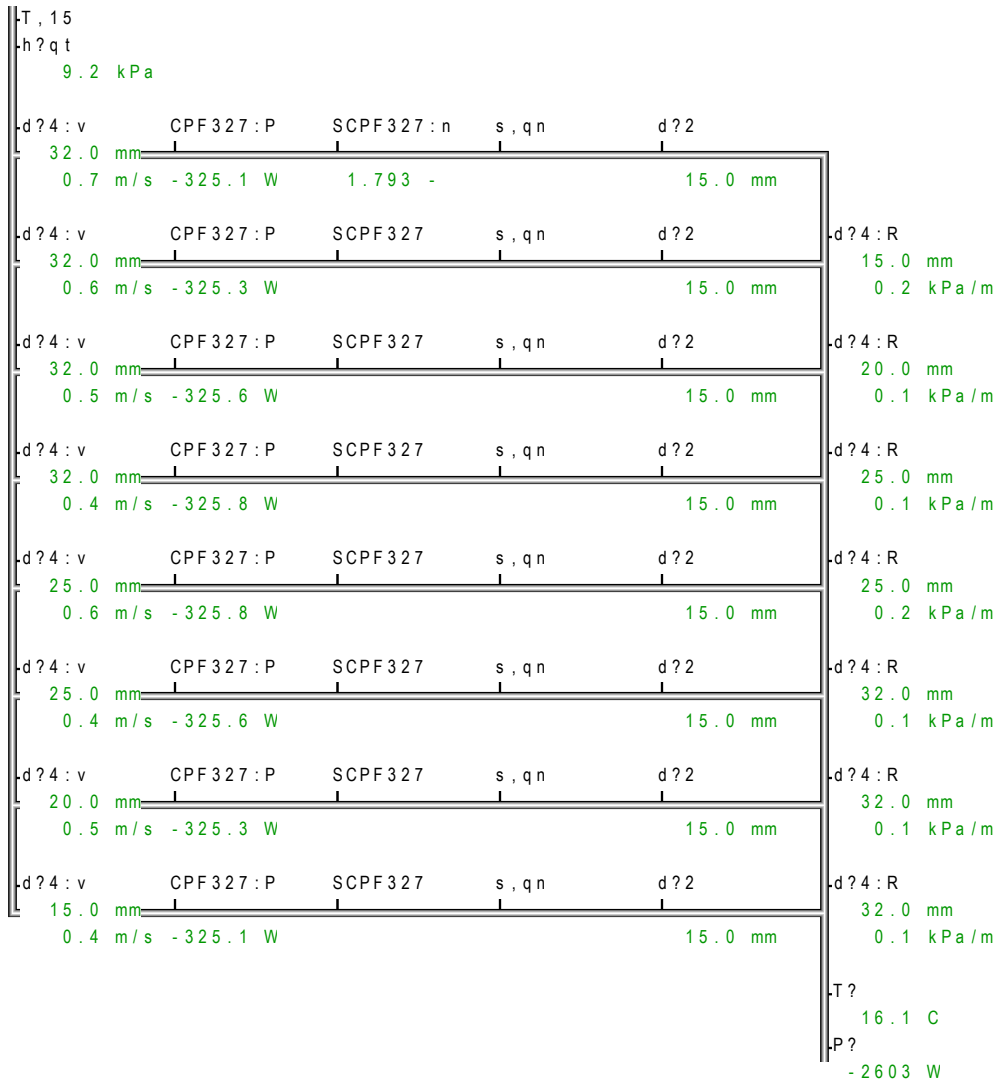
end

Figur 6.3 PFS-resultat för dimensionering av ett kylbaffelsystem med åtta diagonalkopplade enheter.

```

begin
flow          l/s
pressure      kPa
control       duct=5    den=1000  cp=4190
parameter     qn=0.072  qt=0.576
cooler        CPF327   -325   15.0  16.1  24.0
set           SCPF327=g,1,0.030,30,0.200
design         max  R(d)  0.2  10 12 15 20 25 32 40
    
```

"exempel 06d"



end 1 1 system 51 elements 0 errors 0 observations 2006-11-29 15.08.51

Figur 6.4 PFS-resultat för dimensionering av ett kylbaffelsystem med åtta diagonalkopplade enheter.

```

begin
flow      l/s
pressure  kPa
control   duct=5    den=1000  cp=4190
parameter qn=0.072  qt=0.576
cooler    CPF327   -325  15.0  16.1  24.0
set       SCPF327=g,1,0.030,30,0.200
    
```

"exempel 06de"

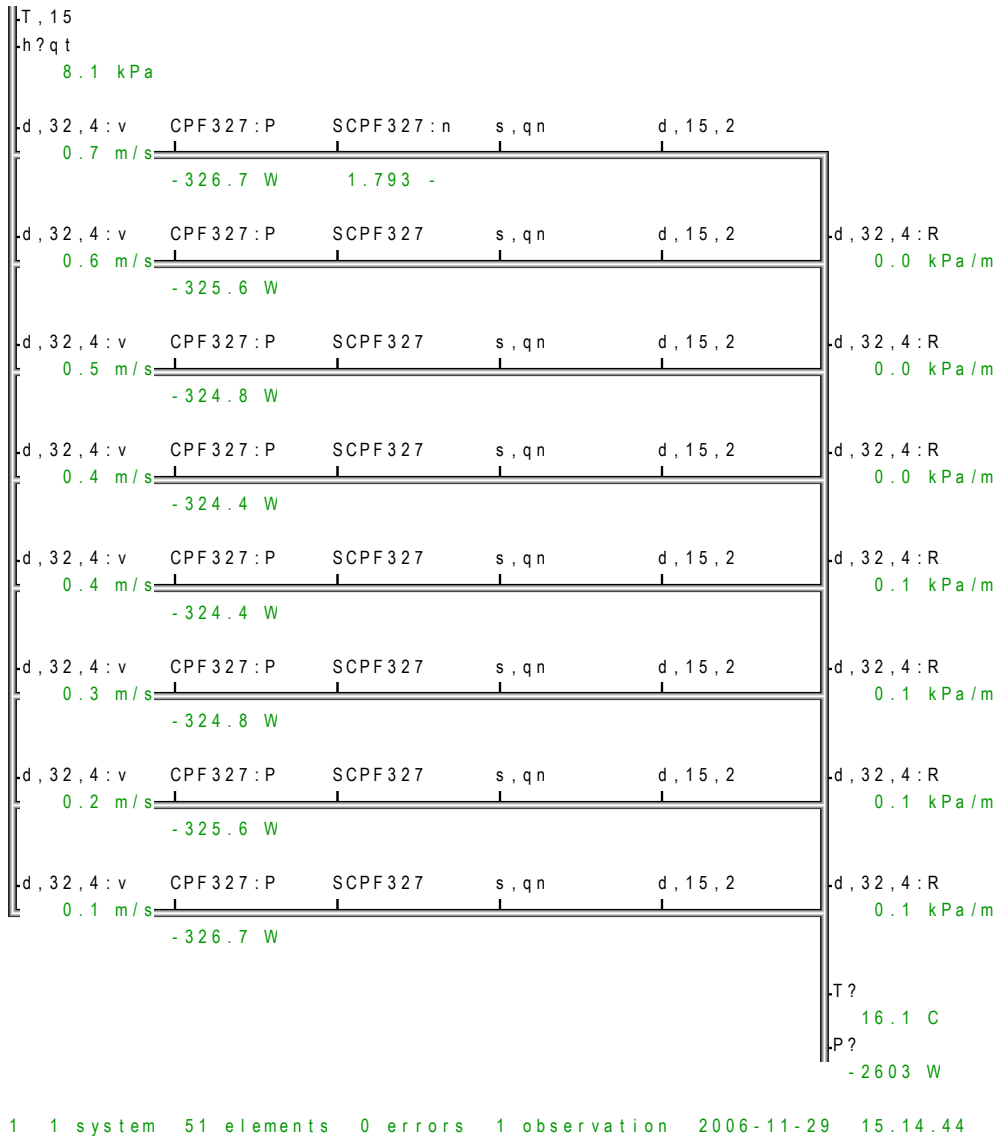
T, 15						P?
h?qt						-2602 W
8.0 kPa						
d, 32, 4 : v	CPF327:P	SCPF327:n	s, qn	d, 15, 2		: T
0.7 m/s						16.1 C
	-329.0 W	1.793	-			
d, 32, 4 : v	CPF327:P	SCPF327	s, qn	d, 15, 2		d, 32, 4 : R
0.6 m/s						0.1 kPa/m
	-327.5 W					
d, 32, 4 : v	CPF327:P	SCPF327	s, qn	d, 15, 2		d, 32, 4 : R
0.5 m/s						0.1 kPa/m
	-326.1 W					
d, 32, 4 : v	CPF327:P	SCPF327	s, qn	d, 15, 2		d, 32, 4 : R
0.4 m/s						0.1 kPa/m
	-325.0 W					
d, 32, 4 : v	CPF327:P	SCPF327	s, qn	d, 15, 2		d, 32, 4 : R
0.3 m/s						0.0 kPa/m
	-324.1 W					
d, 32, 4 : v	CPF327:P	SCPF327	s, qn	d, 15, 2		d, 32, 4 : R
0.2 m/s						0.0 kPa/m
	-323.5 W					
d, 32, 4 : v	CPF327:P	SCPF327	s, qn	d, 15, 2		d, 32, 4 : R
0.2 m/s						0.0 kPa/m
	-323.3 W					
d, 32, 4 : v	CPF327:P	SCPF327	s, qn	d, 15, 2		d, 32, 4 : R
0.1 m/s						0.0 kPa/m
	-323.2 W					

end 1 1 system 51 elements 0 errors 1 observation 2006-11-29 15.16.28

Figur 6.5 PFS-resultat för ett kylbaffelsystem med åtta sidkopplade enheter och endast två dimensioner.

```

begin
flow      l/s
pressure  kPa
control   duct=5    den=1000  cp=4190
parameter qn=0.072  qt=0.576
cooler    CPF327   -325  15.0  16.1  24.0
set       SCPF327=g,1,0.030,30,0.200
    
```



Figur 6.6 PFS-resultat för ett kylbaffelsystem med åtta diagonalkopplade enheter och endast två dimensioner.



## 7 Tappvattensystem

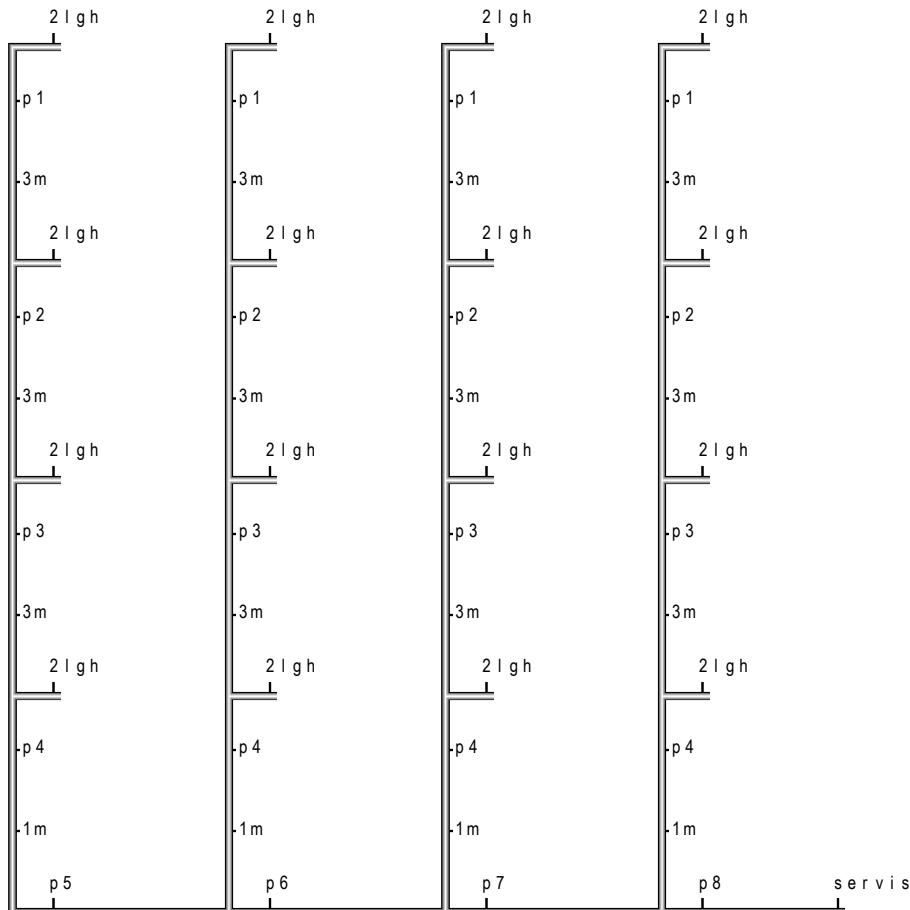
Ett tappvattensystem för ett fyra våningshus med fyra fördelningsstammar till två lägenheter per plan skall dimensioneras för ett summa normflöde på 0.8 l/s och lägenhet och en högsta hastighet om 2 m/s. Tillgängligt servistryck är 400 kPa och möjliga dimensioner har innerdiametrarna 20, 25, 32, 40 och 50 mm (vilket snarare är anslutningsnummer). Utformningen med olika längder och nivåskillnader visas med PFS-beskrivningen Figur 7.1 och motsvarande resultat Figur 7.2.

Notera att beräkning med sannolika flöden sker med styrvariabeln flowsum=1 som inte ger normal summering av flöden i knutpunkter. Notera även att varmvattencirkulationssystemet inte tas med.

```

begin                                                                 "exempel 07"
flow      l/s
pressure  kPa
control   duct=8             den=1000             flowsum=1
set       2 lgh=h?1.6       servis=h, -400:q   1m=z, -1           3m=z, -3
set       p1=d?3:qv         p2=d?3:qv          p3=d?3:qv         p4=d?1:qv
set       p5=d?20:qv        p6=d?20:qv         p7=d?20:qv        p8=d?20:qv
design     max v(d) 2.0     20 25 32 40 50

```



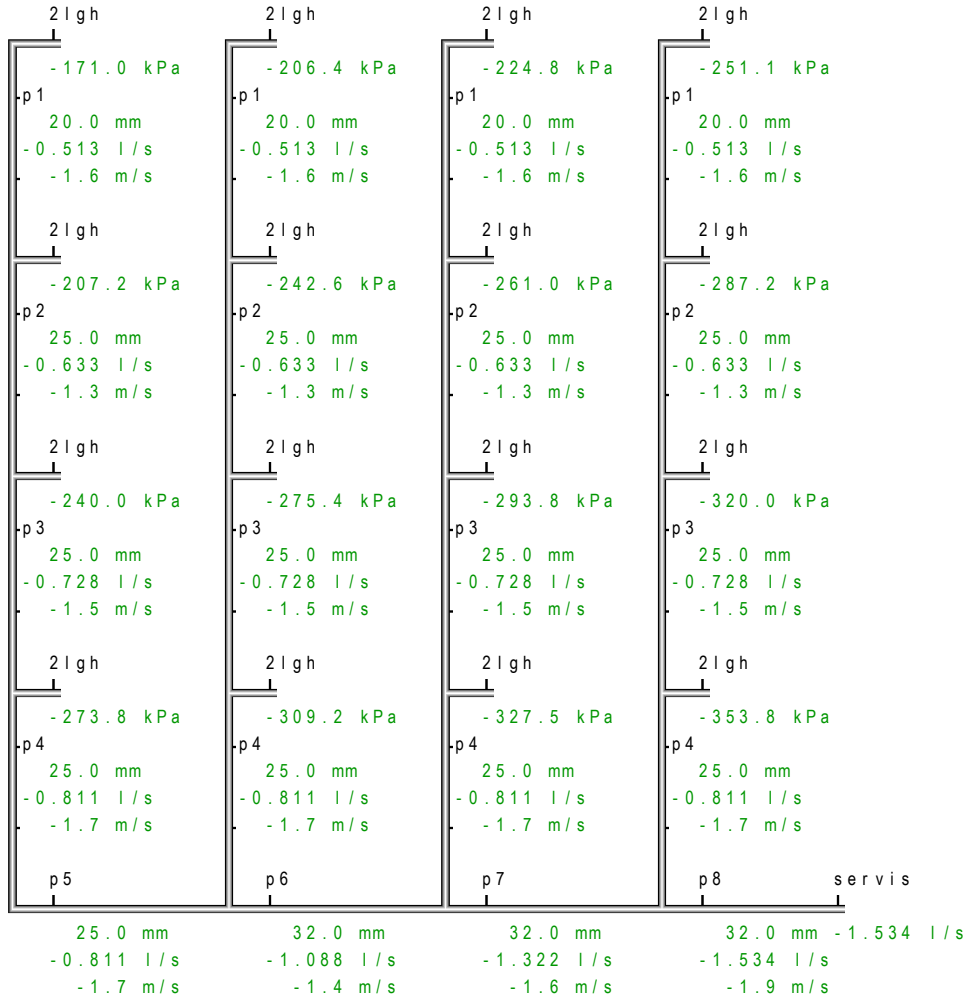
end

Figur 7.1 PFS-beskrivning av dimensionering av fördelningsrörnät för tappvattensystem.



```

begin
flow      l/s
pressure  kPa
control   duct=8          den=1000          flowsum=1
set       2lgh=h?1.6      servis=h,-400:q  1m=z,-1          3m=z,-3
set       p1=d?3:qv       p2=d?3:qv        p3=d?3:qv        p4=d?1:qv
set       p5=d?20:qv      p6=d?20:qv       p7=d?20:qv       p8=d?20:qv
design     max v(d) 2.0 20 25 32 40 50
    
```



end 1 1 system 53 elements 0 errors 0 observations 2006-11-09 15.17.00

Figur 7.2 PFS-resultat av dimensionering av fördelningsrörnät för tappvattensystem.

## 8 Varmvattencirkulationssystem

Ett varmvattencirkulationssystem för det förra exemplet skall dimensioneras och injusteras för givna cirkulationsflöden om 0.03 l/s. Framledningars dimensioner har hämtas från det förra exemplet. Returledningar börjar på det översta planet och har längden 10 m. Cirkulationspumpen har en tryckstegring på 20 kPa. Åtta olika rörsträckor skall dimensioneras varav fem har samma flöde. De aktuella rörsträckorna betecknas pc1-5. Dimensioneringskravet är att hastigheten inte får överstiga 0.5 m/s och tillgängliga dimensioner är 10, 12, 15, 20 och 25 mm.

Beskrivning och resultat redovisas i Figur 8.1-2. Dimensionerna blir 10 mm och 20 mm. De fyra injusteringsventilerna tryckfall varierar från 2.7 kPa till 15.0 kPa, vilket kan jämföras med vvc-pumpens antagna tryckstegring 20 kPa.

Värmeförlusten beräknas också för samma system, vilket redovisas i Figur 8.3-4. Notera att det går inte att dimensionera ledningar med värmeförlust som definieras med deklarasatsen heatloss. Varje rördimensionsvärmeförlust beräknas först för 1 m rör med var sin compute-sats och värdet tilldelas motsvarande parameter h10, h15, h20, h25, h32, h40 och h50. Varje rörtyp definieras med beteckningarna d10, d15, d20, d25, d32, d40 och d50 och en deklarasats av typen heatloss.

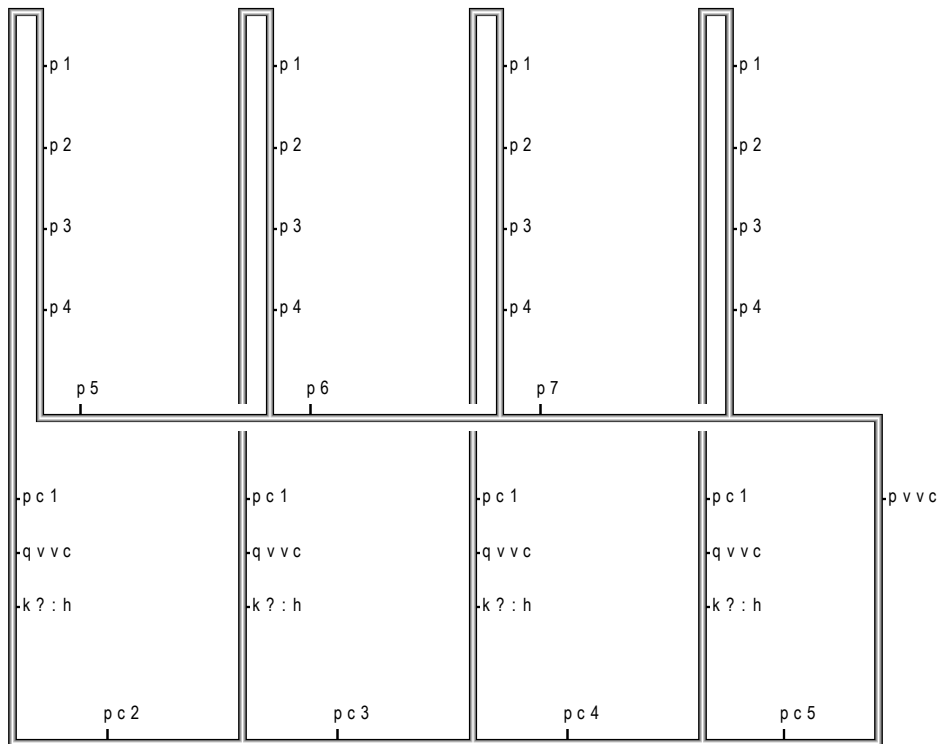
Ett förenklat vvc-system med endast cirkulation i källaren redovisas i Figur 8.5-6. Tre olika cirkulationsflöden används 0.03, 0.06 och 0.12 l/s. Värmeförlusten påverkas måttligt och motsvarande effektvärden är W. Det som skiljer betydligt är avkylningen och returtemperaturen är för de tre fallen °C. Den totala värmeförlusten blir givetvis mindre än för det mer omfattande rörsystemet i Figur 8.1-4.

```

begin
flow      l / s
pressure  kPa
control   duct=8          den=1000
set       p1=d, 20, 3 : v   p2=d, 25, 3 : v
set       p3=d, 25, 3 : v   p4=d, 32, 1 : v
set       p5=d, 32, 20 : v  p6=d, 40, 20 : v
set       p7=d, 50, 20 : v
set       pc1=d?10 : v      pc2=d?20 : v
set       pc3=d?20 : v      pc4=d?20 : v
set       pc5=d?10 : v
set       pvvc=h, -20 : q    qvvc=q, 0.03
design     max v(d) 0.5 10 12 15 20 25

```

" exempel 08 "

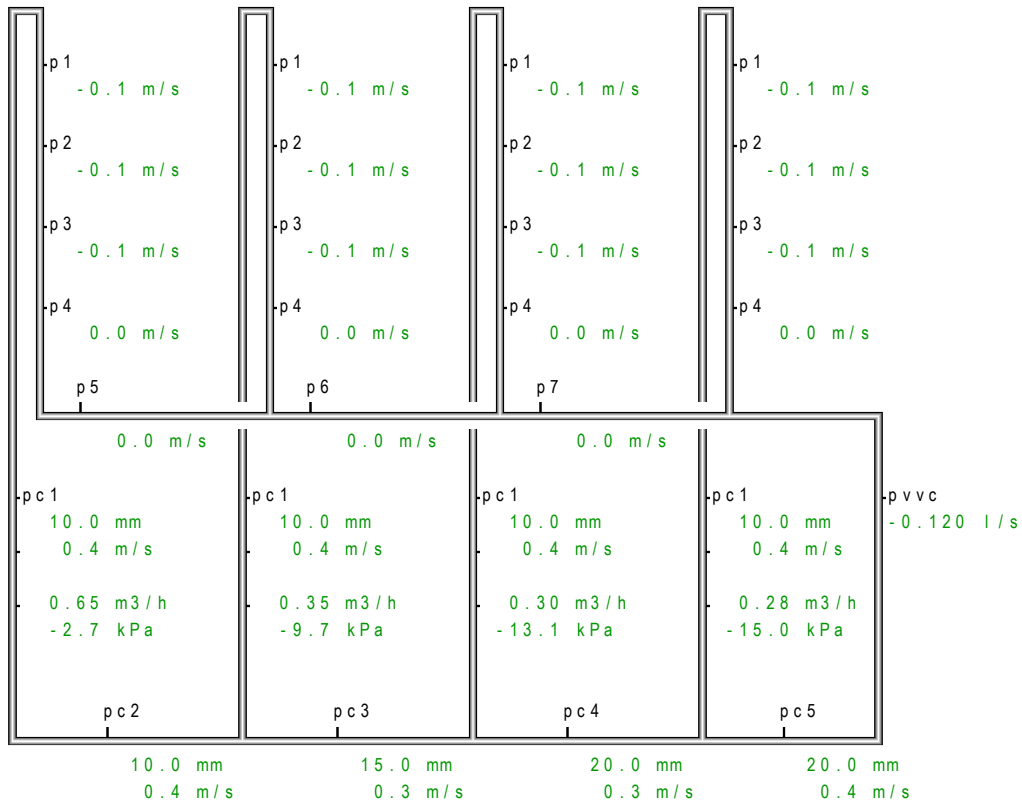


end

Figur 8.1 PFS-beskrivning av dimensionering av varmvattencirkulationsledningar och injustering av varmvattencirkulation.

```

begin
flow      l/s
pressure  kPa
control   duct=8          den=1000
set       p1=d,20,3:v     p2=d,25,3:v
set       p3=d,25,3:v     p4=d,32,1:v
set       p5=d,32,20:v    p6=d,40,20:v
set       p7=d,50,20:v
set       pc1=d?10:v      pc2=d?20:v
set       pc3=d?20:v      pc4=d?20:v
set       pc5=d?10:v
set       pvvc=h,-20:q    qvvc=q,0.03
design     max  v(d)  0.5  10 12 15 20 25
    
```



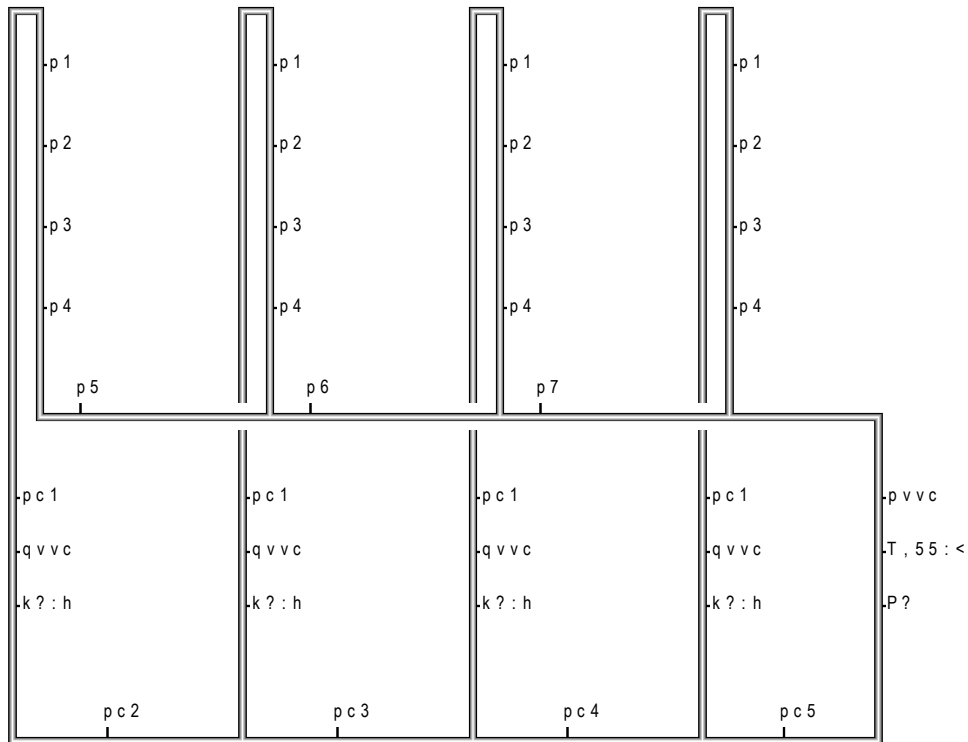
end 1 1 system 36 elements 0 errors 0 observations 2006-11-09 15.18.56

Figur 8.2 PFS-resultat av dimensionering av varmvattencirkulationsledningar och injustering av varmvattencirkulation.

```

begin
flow      l / s
pressure  kPa
control   duct=8  den=1000  cp=4190
parameter k=0.04  d=50  t=1.5  Tf=55  Tr=50  Ts=20
compute   dTm=(Tf+Tr)/2-Ts
compute   h10=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(10+2*t))
compute   h15=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(15+2*t))
compute   h20=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(20+2*t))
compute   h25=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(25+2*t))
compute   h32=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(32+2*t))
compute   h40=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(40+2*t))
compute   h50=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(50+2*t))
heatloss  d10 h10 Tf Tr Ts 10
heatloss  d15 h15 Tf Tr Ts 15
heatloss  d20 h20 Tf Tr Ts 20
heatloss  d25 h25 Tf Tr Ts 25
heatloss  d32 h32 Tf Tr Ts 32
heatloss  d40 h40 Tf Tr Ts 40
heatloss  d50 h50 Tf Tr Ts 50
set       p1=d20,3:vT  p2=d25,3:vT  p3=d25,3:vT  p4=d32,1:vT
set       p5=d32,20:vT  p6=d40,20:vT  p7=d50,20:vT
set       pc1=d10,10:vT  pc2=d10,20:vT  pc3=d15,20:vT  pc4=d20,20:vT
set       pc5=d20,10:vT
set       pvvc=h,-20:q  qvvc=q,0.03

```



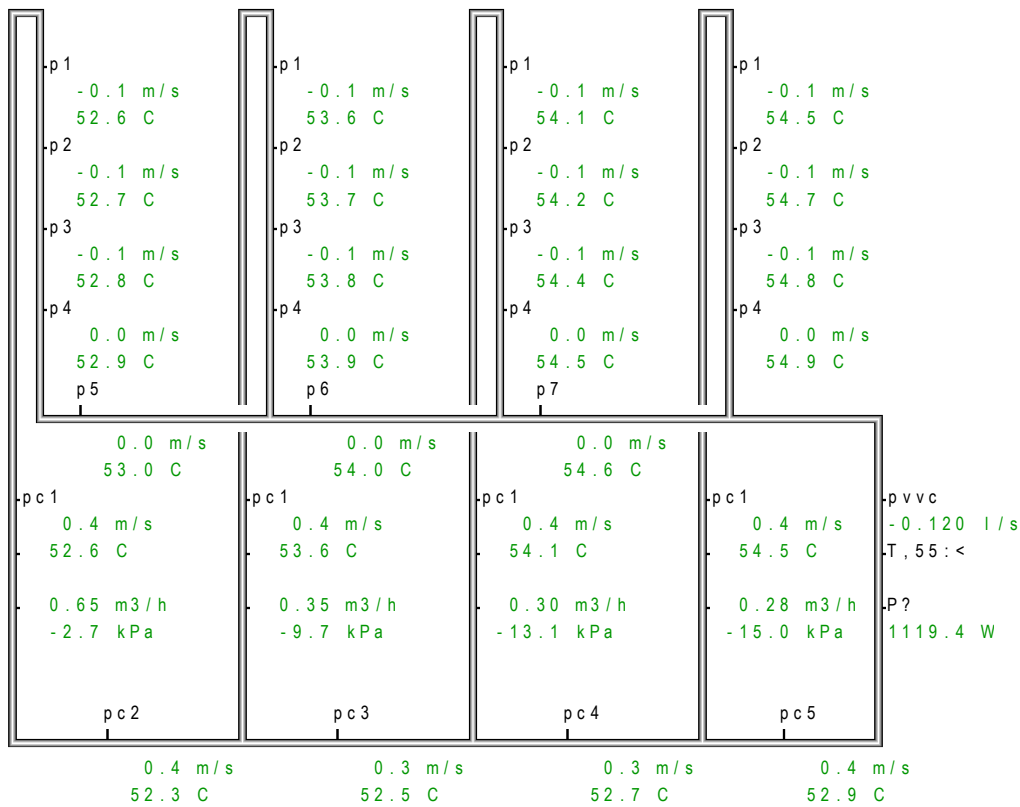
end

Figur 8.3 PFS-beskrivning av givet rörsystem för varmvattencirkulation för injustering och beräkning av temperatur och värmeförlust.

```

begin
flow          l / s
pressure      kPa
control       duct=8  den=1000  cp=4190
parameter     k=0.04  d=50  t=1.5  Tf=55  Tr=50  Ts=20
com(1)        dTm=(Tf+Tr)/2-Ts
com(2)        h10=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(10+2*t))
com(3)        h15=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(15+2*t))
com(4)        h20=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(20+2*t))
com(5)        h25=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(25+2*t))
com(6)        h32=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(32+2*t))
com(7)        h40=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(40+2*t))
com(8)        h50=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(50+2*t))
heatloss      d10 h10 Tf Tr Ts    10
heatloss      d15 h15 Tf Tr Ts    15
heatloss      d20 h20 Tf Tr Ts    20
heatloss      d25 h25 Tf Tr Ts    25
heatloss      d32 h32 Tf Tr Ts    32
heatloss      d40 h40 Tf Tr Ts    40
heatloss      d50 h50 Tf Tr Ts    50
set           p1=d20,3:vT  p2=d25,3:vT  p3=d25,3:vT  p4=d32,1:vT
set           p5=d32,20:vT  p6=d40,20:vT  p7=d50,20:vT
set           pc1=d10,10:vT  pc2=d10,20:vT  pc3=d15,20:vT  pc4=d20,20:vT
set           pc5=d20,10:vT
set           pvvc=h,-20:q  qvvc=q,0.03

```



```

end 1 1 system 38 elements 0 errors 0 observations 2006-12-14 15.17.46

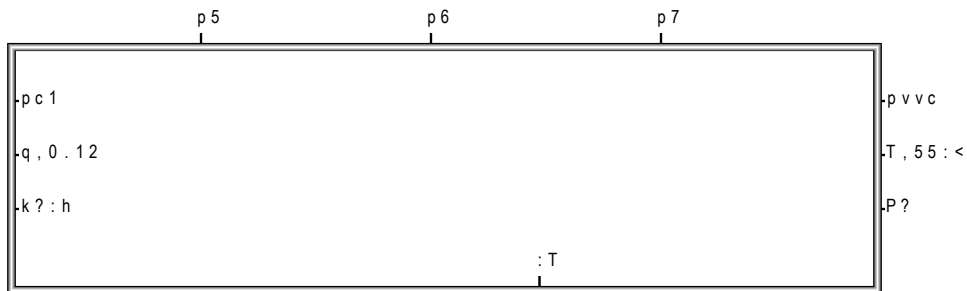
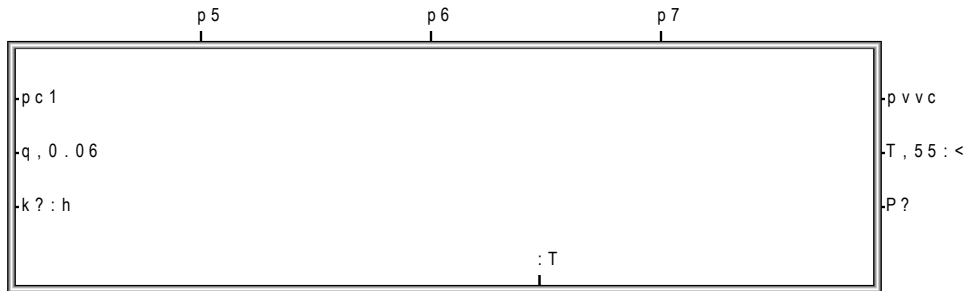
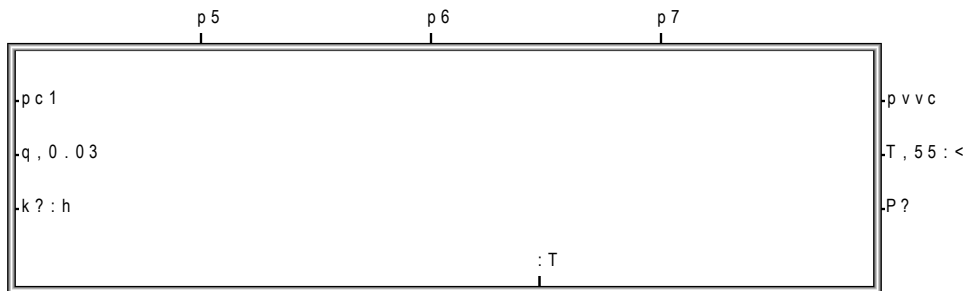
```

Figur 8.4 PFS-resultat för givet rörsystem för varmvattencirkulation för injustering och beräkning av temperatur och värmeförlust.

```

begin
flow      l / s
pressure  kPa
format    v 3
control   duct=8  den=1000  cp=4190
parameter k=0.04  d=50  t=1.5  Tf=55  Tr=50  Ts=20
compute   dTm=(Tf+Tr)/2-Ts
compute   h15=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(15+2*t))
compute   h32=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(32+2*t))
compute   h40=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(40+2*t))
compute   h50=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(50+2*t))
heatloss  d15 h15 Tf Tr Ts      15
heatloss  d32 h32 Tf Tr Ts      32
heatloss  d40 h40 Tf Tr Ts      40
heatloss  d50 h50 Tf Tr Ts      50
set        p5=d32,20:PvT  p6=d40,20:PvT  p7=d50,20:PvT
set        pvvc=h,-50:q  pc1=d15,60:PvT

```



end

Figur 8.5 PFS-beskrivning av förenklat rörsystem för varmvattencirkulation för injustering och beräkning av temperatur och värmeförlust.

```

begin
flow l/s
pressure kPa
format v 3
control duct=8 den=1000 cp=4190
parameter k=0.04 d=50 t=1.5 Tf=55 Tr=50 Ts=20
com(1) dTm=(Tf+Tr)/2-Ts 32.500000
com(2) h15=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(15+2*t)) 4.344033
com(3) h32=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(32+2*t)) 6.050803
com(4) h40=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(40+2*t)) 6.797468
com(5) h50=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(50+2*t)) 7.704732
heatloss d15 h15 Tf Tr Ts 15
heatloss d32 h32 Tf Tr Ts 32
heatloss d40 h40 Tf Tr Ts 40
heatloss d50 h50 Tf Tr Ts 50
set p5=d32,20:PvT p6=d40,20:PvT p7=d50,20:PvT
set pvvc=h,-50:q pc1=d15,60:PvT

```

	p5	p6	p7	
pc1	119.8 W	138.9 W	163.2 W	-pvvc
	-0.037 m/s	-0.024 m/s	-0.015 m/s	-0.030 l/s
246.3 W	51.6 C	52.6 C	53.7 C	T, 55: <
0.170 m/s				P?
51.6 C				668.2 W
0.16 m <sup>3</sup> /h				
-47.1 kPa				
				:T
				49.7 C

	p5	p6	p7	
pc1	125.1 W	142.8 W	164.7 W	-pvvc
	-0.075 m/s	-0.048 m/s	-0.031 m/s	-0.060 l/s
263.2 W	53.3 C	53.8 C	54.3 C	T, 55: <
0.340 m/s				P?
53.3 C				695.8 W
0.34 m <sup>3</sup> /h				
-39.5 kPa				
				:T
				52.2 C

	p5	p6	p7	
pc1	127.8 W	144.7 W	165.5 W	-pvvc
	-0.149 m/s	-0.095 m/s	-0.061 m/s	-0.120 l/s
272.1 W	54.1 C	54.4 C	54.7 C	T, 55: <
0.679 m/s				P?
54.1 C				710.1 W
1.23 m <sup>3</sup> /h				
-12.2 kPa				
				:T
				53.6 C

end 1 3 systems 30 elements 0 errors 3 observations 2006-12-14 15.20.39

Figur 8.6 PFS-resultat för förenklat rörsystem för varmvattencirkulation för injustering och beräkning av temperatur och värmeförlust.





## 9 Fjärrvärme

Ett mindre fjärrvärmenät med tio lika abonnenter med effektbehov 100 kW vid en framtemperatur av 70 °C och returtemperatur av 40 °C. Abonnenterna ligger med ett avstånd av 50 m och servisledningen är totalt 40 m fram och retur.

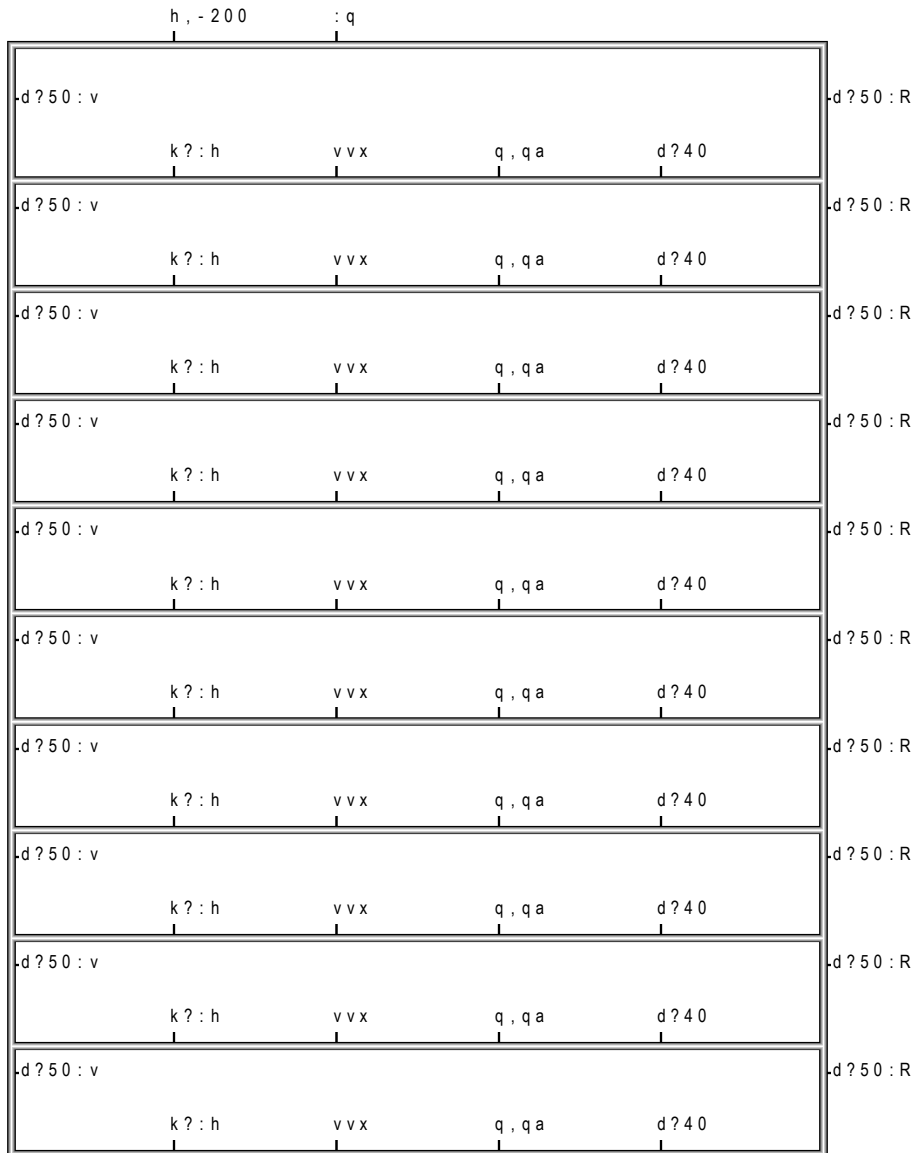
Alla rördimensioner skall dimensioneras med ett tryckfallet begränsat till 200 Pa/m och en hastighet begränsad till 1.5 m/s. Rördimensionerna skall motsvara standardstålrör. Differenstrycket över fjärrvärmenätet är begränsat till 200 kPa och abonnenttryckfallet är 40 kPa vid dimensionerande flöde.

Beskrivningen återges i Figur 9.1. Abonnentflödet beräknas med en compute-rad och värdet till delas en parameter  $q_a$  med önskad sort. Abonnentcentralens tryckfall anges med textelementet  $v_{vx}$  med tryckfall 40 kPa och abonnentflödet definierat av den beräknade parametern  $q_a$ . Alla ledningars tryckfall och hastigheter skrivs ut. Reglerventilernas tryckfall och beräknade  $k_v$ -värden skrivs också ut.

```

begin
flow      m3/h
pressure  kPa
format    - - - 3
control   duct=8  den=1000  cp=4190
parameter Tf=70  Tr=40  P=100  r=1000  c=4.190
compute   qa=3600*P/(r*c*(Tf-Tr))
set       vvx=t,40,qa
design     max  Rv(d)  0.2  1.5  35.9  41.8  53.0  70.3  82.5  107.1  125.0
    
```

"exempel 09"



end

Figur 9.1 PFS-beskrivning för dimensionering av och reglerventilval för ett fjärrvärmesystem.

```

begin
flow      m3/h
pressure  kPa
format    - - - 3
control   duct=8 den=1000 cp=4190
parameter Tf=70 Tr=40 P=100 r=1000 c=4.190
com(1)    qa=3600*P/(r*c*(Tf-Tr))
set        vvx=t,40,qa
design     max Rv(d) 0.2 1.5 35.9 41.8 53.0 70.3 82.5 107.1 125.0

```

h, -200		: q	
-28.64 m3/h			
d?50:v	107.1 mm	0.9 m/s	2.38 m3/h vvx
d?50:R	107.1 mm		0.101 kPa/m
			q, qa d?40
d?50:v	107.1 mm	0.8 m/s	2.46 m3/h vvx
d?50:R	107.1 mm		0.083 kPa/m
			q, qa d?40
d?50:v	107.1 mm	0.7 m/s	2.52 m3/h vvx
d?50:R	107.1 mm		0.067 kPa/m
			q, qa d?40
d?50:v	82.5 mm	1.0 m/s	2.72 m3/h vvx
d?50:R	82.5 mm		0.187 kPa/m
			q, qa d?40
d?50:v	82.5 mm	0.9 m/s	2.92 m3/h vvx
d?50:R	82.5 mm		0.140 kPa/m
			q, qa d?40
d?50:v	82.5 mm	0.7 m/s	3.08 m3/h vvx
d?50:R	82.5 mm		0.100 kPa/m
			q, qa d?40
d?50:v	70.3 mm	0.8 m/s	3.37 m3/h vvx
d?50:R	70.3 mm		0.145 kPa/m
			q, qa d?40
d?50:v	70.3 mm	0.6 m/s	3.59 m3/h vvx
d?50:R	70.3 mm		0.085 kPa/m
			q, qa d?40
d?50:v	53.0 mm	0.7 m/s	4.15 m3/h vvx
d?50:R	53.0 mm		0.159 kPa/m
			q, qa d?40
d?50:v	41.8 mm	0.6 m/s	4.93 m3/h vvx
d?50:R	41.8 mm		0.140 kPa/m
			q, qa d?40
			-33.7 kPa 41.8 mm

```

end 1 1 system 62 elements 0 errors 0 observations 2006-11-29 15.43.12

```

Figur 9.2 PFS-resultat av dimensionering av och reglerventilval för ett fjärrvärmesystem.



## 10 Fjärrkyla

Ett mindre kylsystem med två kylmaskiner förser tio förbrukare med kyla via ett ringformat ledningsnät med längden/omkretsen 200 m och dimensionen 200 mm. De två kylmaskinerna är inkopplade mitt emot varandra med fem förbrukare emellan.

Ringnätets utformning ritas upp som en stege vars ändar kopplas ihop med standardknutpunkterna 1 och 2. Stegpinnarna är de tio förbrukarna och de två kylmaskinerna.

Varje förbrukare definieras som en kylare eller motsatsen till en värmare. Dimensionerande data är kylbehov 400 kW vid en inlopps-, utlopps- och omgivningstemperatur på 6, 9 respektive 12 °C. Kylarkretsen tryckfall är 30 kPa vid ett flöde om 100 m<sup>3</sup>/h och för kylmaskinerna gäller 30 kPa vid 500 m<sup>3</sup>/h.

Cirkulationspumparna definieras med följande tre tryck/flödespar 120 kPa/0 m<sup>3</sup>/h, 100 kPa/800 m<sup>3</sup>/h och 40 kPa/1600 m<sup>3</sup>/h.

De sökta inställningarna för reglerventilerna och deras tryckfall erhålls med följande deklARATION med beteckningen rv på formen

$$\text{set } rv=k?:h$$

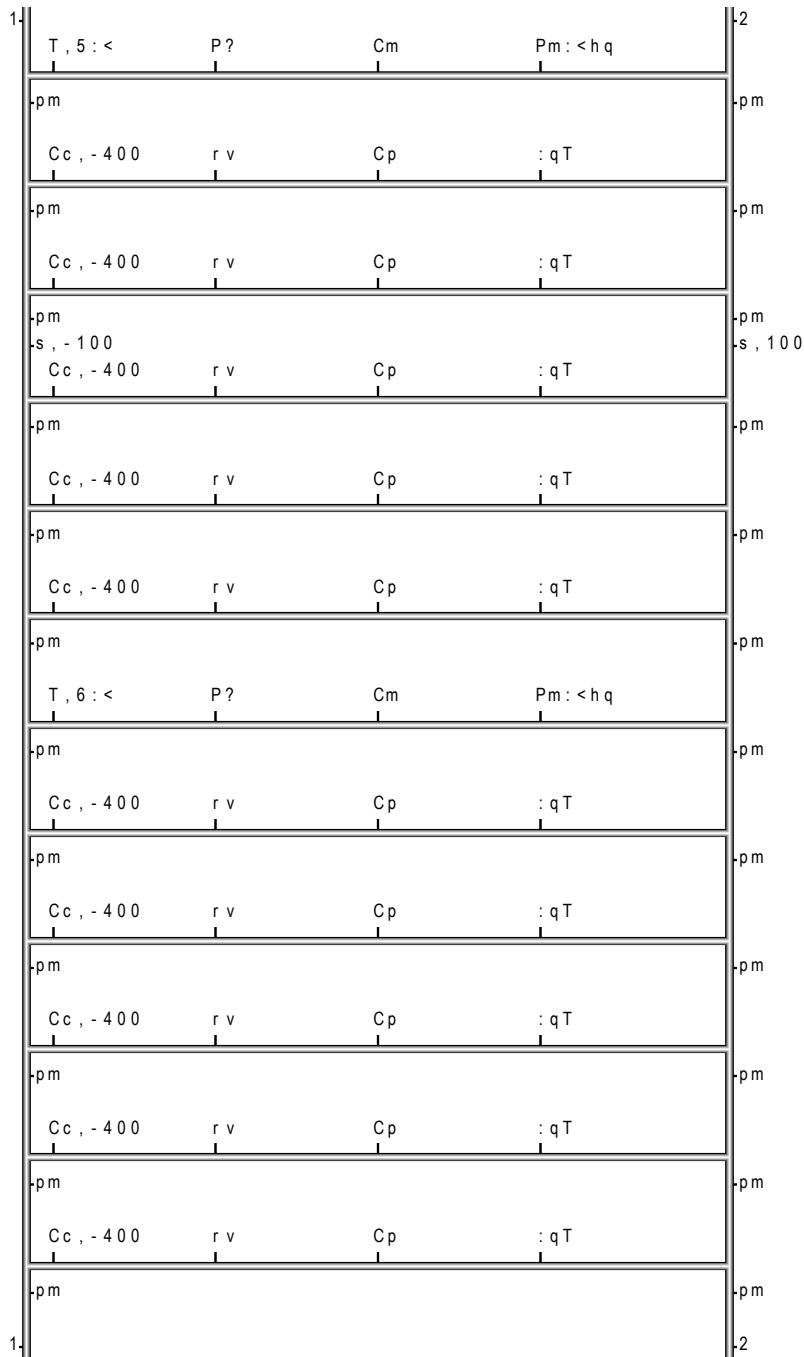
Sortval är m<sup>3</sup>/h för flöde, kPa för tryck och tryckfall och kW för effekt.

De två kylmaskinerna har olika utgående temperatur, nämligen 5 °C och 6 °C och tar därför olika mycket av lasten. Detta framgår av resultatet i Figur 10.2 med -2364 kW för 5 °C kylmaskinen och -1631 kW för 6 °C kylmaskinen.

En kommentar till de två text-elementen s,100 och s,-100, vilka anger startflöden. Ringmatade system kan vara svåra att beräkna utan några startflöden.

```

begin
flow      m3/h
pressure  kPa
effect    kW
control   duct=10  den=1000  cp=4190
set       Cp=t,30,100  Cm=t,30,500  pm=d,200,20:T  rv=k?:h
pump      Pm 120:0 100:800 40:1600
cooler    Cc -400 6 9 12
    
```



end

Figur 10.1 PFS-beskrivning av undersökning av ett mindre kylsystems reglerventiltryckfall och  $k_v$ -värden.

```

begin
flow      m3/h
pressure  kPa
effect    kW
control   duct=10 den=1000 cp=4190
set       Cp=t,30,100 Cm=t,30,500 pm=d,200,20:T rv=k?:h
pump      Pm 120:0 100:800 40:1600
cooler    Cc -400 6 9 12
rms= 0.000
    
```

" exempel 10"

1		T, 5: <	P?	Cm	Pm: <h q	2	
-pm	5.0 C	-2369 kW			113.7 kPa	-pm	9.6 C
Cc, -400		96.91 m3/h	Cp		-447.4 m3/h		
					: qT		
-pm	5.0 C	-60.5 kPa			75.394 m3/h	-pm	9.6 C
Cc, -400		101.81 m3/h	Cp		9.6 C		
					: qT		
-pm	5.0 C	-54.8 kPa			75.394 m3/h	-pm	9.5 C
Cc, -400		105.49 m3/h	Cp		9.6 C		
					: qT		
-pm	5.0 C	-52.8 kPa			76.618 m3/h	-pm	9.5 C
Cc, -400		205.72 m3/h	Cp		9.5 C		
					: qT		
-pm	6.0 C	-31.0 kPa			114.55 m3/h	-pm	9.0 C
Cc, -400		194.33 m3/h	Cp		9.0 C		
					: qT		
-pm	6.0 C	-34.7 kPa			114.55 m3/h	-pm	9.0 C
Cc, -400		205.72 m3/h	Cp		9.0 C		
					: qT		
		T, 6: <	P?	Cm	Pm: <h q		
-pm	6.0 C	-1631 kW			113.2 kPa	-pm	9.0 C
Cc, -400		194.33 m3/h	Cp		-465.7 m3/h		
					: qT		
-pm	6.0 C	-34.7 kPa			114.55 m3/h	-pm	9.0 C
Cc, -400		205.72 m3/h	Cp		9.0 C		
					: qT		
-pm	6.0 C	-31.0 kPa			114.55 m3/h	-pm	9.0 C
Cc, -400		105.49 m3/h	Cp		9.0 C		
					: qT		
-pm	5.0 C	-52.8 kPa			76.618 m3/h	-pm	9.5 C
Cc, -400		101.81 m3/h	Cp		9.5 C		
					: qT		
-pm	5.0 C	-54.8 kPa			75.394 m3/h	-pm	9.5 C
Cc, -400		96.91 m3/h	Cp		9.6 C		
					: qT		
-pm	5.0 C	-60.5 kPa			75.394 m3/h	-pm	9.6 C
					9.6 C		

```

end 1 1 system 74 elements 0 errors 0 observations 2006-11-10 14.23.01
    
```

Figur 10.2 PFS-resultat av undersökning av ett mindre kylsystems reglerventiltryckfall och kv-värden.





## 11 Solfångaresystem

Ett solfångaresystem består av ett antal solfångaremoduler ihopkopplade med ett ledningsnät, en cirkulationspump och en värmeväxlare. Värmeväxlaren används för att avskilja den på något sätt frysskyddade solfångarekretsen från resten av värmesystemet och tappvattensystemet. Ett mindre solfångarefält med ett totalt femton stora solfångaremoduler skall beräknas. Modulerna skall seriekopplas tre och tre och de fem kedjorna både skall både sid- och diagonalkopplas. Ledningslängden mellan seriekopplade moduler är försumbar medan inkoppling till matningsnätet kräver rörlängden 3 m. Avståndet mellan de fem solfångarebankarna är 5 m.

Avsikten är att undersöka om sammankopplingen kan göras utan att använda sig av injusteringsventiler för att flödesfördelningen skall bli jämn och temperaturspridningen skall bli liten mellan modulerna. Totalflödet sätts lågt och är lika med det för endast fem moduler för att få en hög utloppstemperatur. Det är knappast heller möjligt att låta totalflödet vara lika med det för femton moduler eftersom flödet blir tre gånger högre än det nominella genom varje modul på grund av seriekopplingen. Tryckfallet över modulerna ökar grovt med en faktor nio vilket kan leda till orimligt höga tryckfall och pumptryckstegringar.

Varje solfångaremodul är på  $10 \text{ m}^2$  och ger en effekt av  $4000 \text{ W}$  vid en instrålning av  $800 \text{ W/m}^2$ , en inloppstemperatur av  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ , en utloppstemperatur av  $70 \text{ }^\circ\text{C}$  och en omgivningstemperatur av  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tryckfallet för en modul vid det nominella flödet enligt ovanstående data är  $15 \text{ kPa}$  och  $5 \text{ kPa}$  för inkoppling till matningsnätet. Detta ger ett totalt tryckfall på  $50 \text{ kPa}$  för en hel bank med tre moduler och en solfångarebank med tre moduler kan nu strömningstekniskt deklarerars med namnet smb som följer:

set smb=t,50,qm

Alla de parallellkopplande rörsträckorna med längden 5 m och innerdiametern 15 mm betecknas smp och deklarerars som följer:

set smp=d,15,5

Rörtryckfall beräknas som för kopparrör och varmvatten. Densitet sätts till  $1000 \text{ kg/m}^3$  och det specifika värmets till  $3600 \text{ J/kgK}$ .

En solfångaremodul kan behandlas som en kylare och för detta krävs indata på formen kyleffekt, inlopps-, utlopps- och omgivningstemperatur eller egentligen stagnationstemperatur vilket är lika med hur varm kan ett mycket litet flöde eller solfångare bli. Solfångaremodulens värmeförlust är för ovanstående driftsfall  $4000 \text{ W}$  vid en medeltemperatur-skillnad på  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  vilket ger en specifik värmeförlust på  $80 \text{ W/}^\circ\text{C}$ . Solfångarens stagnationstemperatur när flödet är noll kan beräknas med hjälp av tillförd soleffekt  $8000 \text{ W}$  och en lika stor bortförd värmeförlust som ges av produkten mellan den specifika värmeförlusten och skillnaden mellan solfångarens stagnationstemperatur och den antagna omgivningstemperaturen  $10 \text{ }^\circ\text{C}$ . Detta ger en stagnationstemperatur på  $110 \text{ }^\circ\text{C}$  och solfångaremodulen kan nu termiskt deklarerars med namnet smt som följer:

cooler smt 4000 50 70 110

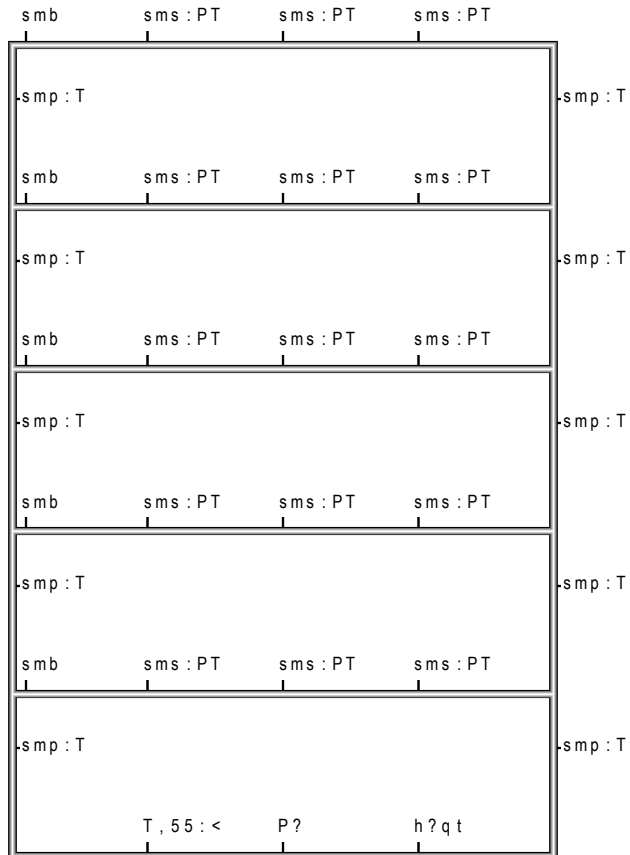
Beskrivning och resultat redovisas i Figur 11.1-2 för ett sidkopplat system med utskrift av alla temperaturer och effekter. Kommentarer ges efter resultatet i Figur 11.2.

```

begin
flow      l/h
pressure  kPa
control   den=1000  cp=3600  duct=5
parameter P=-4000  Ti=50   To=70  Ts=110  r=1000  c=3600
compute   qm=3600*1000*P/(r*c*(Ti-To))
compute   qt=-5*qm
cooler    sms  P  Ti  To  Ts
set       smb=t,50,qm
set       smp=d,15,5

```

" exempel 11 "



end

Figur 11.1 PFS-beskrivning av ett solfångaresystem med femton serie- och parallellkopplade moduler.

```

begin
flow      l/h
pressure  kPa
control   den=1000 cp=3600 duct=5
parameter P=-4000 Ti=50 To=70 Ts=110 r=1000 c=3600
com(1)    qm=3600*1000*P/(r*c*(Ti-To))
com(2)    qt=-5*qm
cooler    sms P Ti To Ts
set       smb=t,50,qm
set       smp=d,15,5

```

" exempel 11"

```

200.000000
-1000.000000

```

smb	sms : PT	sms : PT	sms : PT	smp : T
	-3612 W	-2332 W	-1505 W	95.2 C
smp : T	74.5 C	87.1 C	95.2 C	
55.0 C				
smb	sms : PT	sms : PT	sms : PT	smp : T
	-3620 W	-2347 W	-1522 W	95.1 C
smp : T	74.3 C	86.9 C	95.0 C	
55.0 C				
smb	sms : PT	sms : PT	sms : PT	smp : T
	-3644 W	-2397 W	-1577 W	94.8 C
smp : T	73.8 C	86.2 C	94.3 C	
55.0 C				
smb	sms : PT	sms : PT	sms : PT	smp : T
	-3689 W	-2491 W	-1682 W	94.4 C
smp : T	72.9 C	84.9 C	93.1 C	
55.0 C				
smb	sms : PT	sms : PT	sms : PT	smp : T
	-3751 W	-2625 W	-1838 W	93.6 C
smp : T	71.5 C	83.1 C	91.1 C	
55.0 C				

```

T,55:< P? h?q t
-38633 W -82.3 kPa

```

end 1 1 system 33 elements 0 errors 0 observations 2006-11-09 15.32.21

Figur 11.2 PFS-resultat av ett solfångaresystem med femton serie- och parallellkopplade moduler.

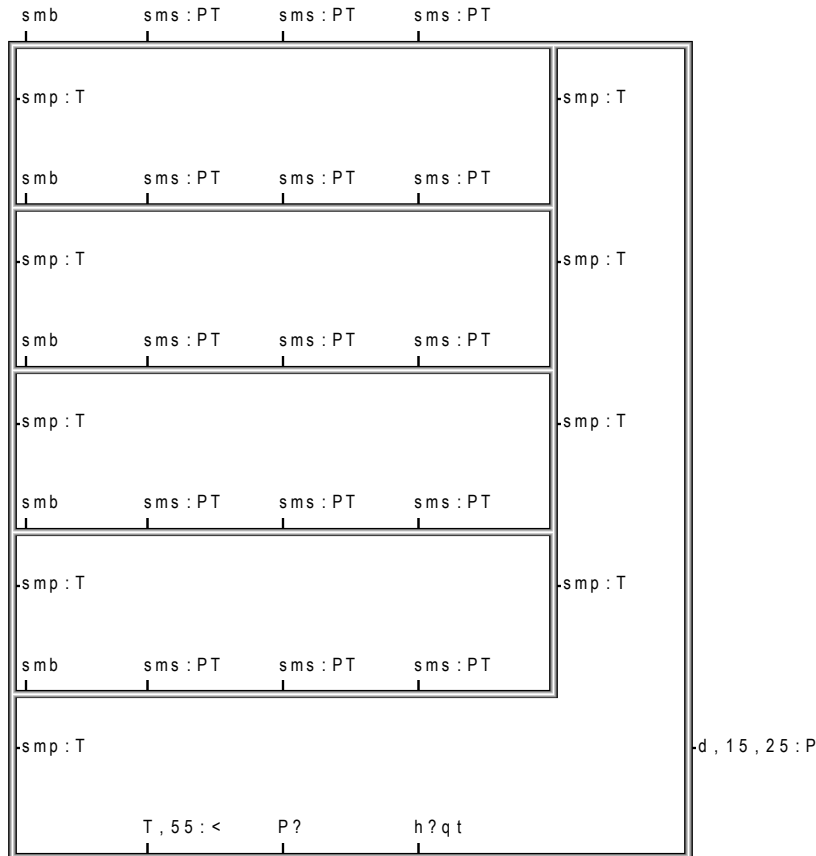
Notera att det skiljer betydligt i effekt mellan de tre seriekopplade modulerna mer än en faktor 2. Skillnaden i solutbyte mellan de fem modulkedjorna är liten dock inte försumbar. Det totala solutbytet är 38633 W och pumptryckstegringen är 82.3 kPa för det nominella flödet. Returtemperauren är 93.6 °C.

```

begin
flow      l/h
pressure  kPa
control   den=1000 cp=3600 duct=5
parameter P=-4000 Ti=50 To=70 Ts=110 r=1000 c=3600
compute  qm=3600*1000*P/(r*c*(Ti-To))
compute  qt=-5*qm
parameter Tf=55 Tr=50 Ta=10
cooler    sms P Ti To Ts
set       smb=t,50,qm
set       smp=d,15,5

```

"exempel 11c"



end

Figur 11.3 PFS-beskrivning av ett solfångaresystem med femton serie- och diagonalkopplade moduler utan värmeförlust i den vända returledningen.

```

begin
flow l/h
pressure kPa
control den=1000 cp=3600 duct=5
parameter P=-4000 Ti=50 To=70 Ts=110 r=1000 c=3600
com(1) qm=3600*1000*P/(r*c*(Ti-To)) 200.000000
com(2) qt=-5*qm -1000.000000
parameter Tf=55 Tr=50 Ta=10
cooler sms P Ti To Ts
set smb=t,50,qm
set smp=d,15,5
    
```

smb	sms:PT	sms:PT	sms:PT	
	-3690 W	-2495 W	-1686 W	
smp:T	72.8 C	84.9 C	93.0 C	smp:T
	55.0 C			93.7 C
smb	sms:PT	sms:PT	sms:PT	
	-3654 W	-2419 W	-1601 W	
smp:T	73.6 C	85.9 C	94.1 C	smp:T
	55.0 C			93.9 C
smb	sms:PT	sms:PT	sms:PT	
	-3641 W	-2391 W	-1570 W	
smp:T	73.9 C	86.3 C	94.4 C	smp:T
	55.0 C			93.8 C
smb	sms:PT	sms:PT	sms:PT	
	-3654 W	-2419 W	-1601 W	
smp:T	73.6 C	85.9 C	94.1 C	smp:T
	55.0 C			93.5 C
smb	sms:PT	sms:PT	sms:PT	
	-3690 W	-2495 W	-1686 W	
smp:T	72.8 C	84.9 C	93.0 C	smp:T
	55.0 C			93.7 C
				-d,15,25:P
				0.00 m3/h
	T,55:<	P?	h?q t	
				-38693 W -118.4 kPa

```

end 1 1 system 33 elements 0 errors 3 observations 2006-11-29 15.59.14
    
```

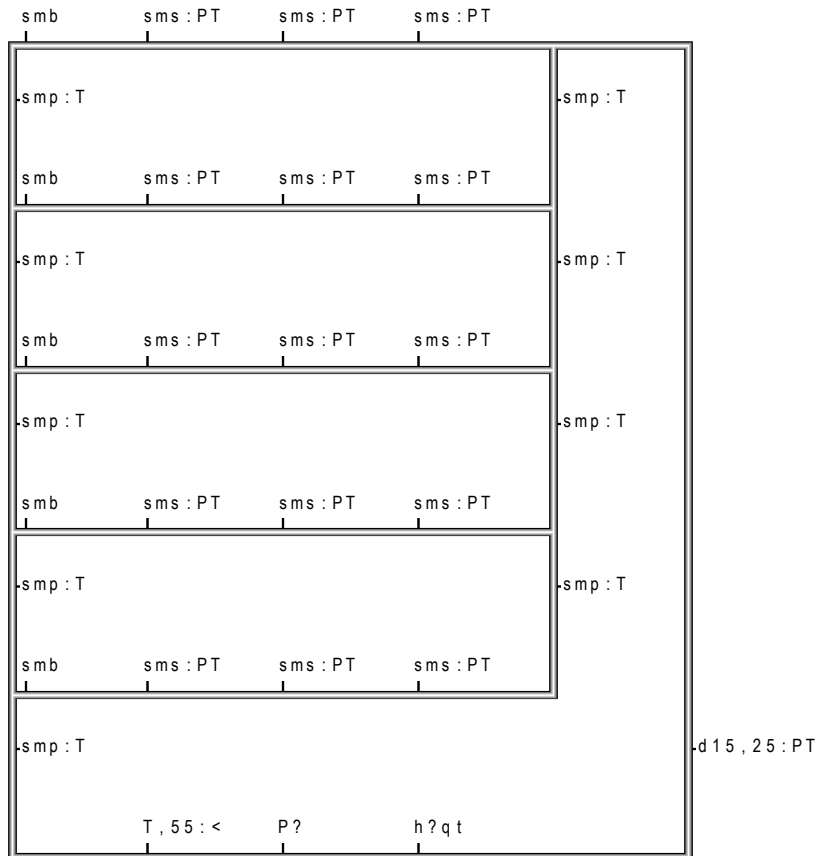
Figur 11.4 PFS-resultat ett solfångaresystem med femton serie- och diagonalkopplade moduler utan värmeförlust i den vända returledningen.

Siffrorna ovan visar att diagonalkoppling kräver ett betydligt högre pumptryck på 118.4 kPa mot den tidigare använda sidkopplingens 82.3 kPa. Det totala utbytet har ökat något till 38693 W. Ökningen är endast 60 W. Denna lilla förbättring skall jämföras det ökade pumparbetet och den ökade värmeförlusten. Det ökade pumparbetet kan beräknas till 10 W och om pumpens verlningsgrad sätts till 0.5 fås eleffekten 20 W, vilket skall jämföras med den ökade termiska efrfekten på 60 W. Den termiska förlusten beräknas med beskrivning och resultat i Figur 11.5-6.

```

begin
flow      l/h
pressure  kPa
control   den=1000  cp=3600  duct=5
parameter P=-4000  Ti=50   To=70   Ts=110  r=1000  c=3600
compute   qm=3600*1000*P/(r*c*(Ti-To))
compute   qt=-5*qm
parameter k=0.04  d=50   t=1.5  Tf=55  Tr=50  Ta=10
compute   dTm=(Tf+Tr)/2-Ta
compute   h15=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(15+2*t))
heatloss  d15 h15 Tf Tr Ta      15
cooler    sms P Ti To Ts
set       smb=t,50,qm
set       smp=d,15,5

```



end

Figur 11.5 PFS-beskrivning av ett solfångaresystem med femton serie- och diagonalkopplade moduler med värmeförlust i den vända returledningen.

```

begin
flow l/h
pressure kPa
control den=1000 cp=3600 duct=5
parameter P=-4000 Ti=50 To=70 Ts=110 r=1000 c=3600
com(1) qm=3600*1000*P/(r*c*(Ti-To)) 200.000000
com(2) qt=-5*qm -1000.000000
parameter k=0.04 d=50 t=1.5 Tf=55 Tr=50 Ta=10
com(3) dTm=(Tf+Tr)/2-Ta 42.500000
com(4) h15=2*pi*k*dTm/ln(1+2*d/(15+2*t)) 5.680658
heatloss d15 h15 Tf Tr Ta 15
cooler sms P Ti To Ts
set smb=t,50,qm
set smp=d,15,5
    
```

smb	sms:PT	sms:PT	sms:PT	
-3690 W	-2495 W	-1686 W	-3690 W	smp:T
72.8 C	84.9 C	93.0 C	72.8 C	55.0 C
55.0 C				93.7 C
-3654 W	-2419 W	-1601 W	-3654 W	smp:T
73.6 C	85.9 C	94.1 C	73.6 C	55.0 C
55.0 C				93.9 C
-3641 W	-2391 W	-1570 W	-3641 W	smp:T
73.9 C	86.3 C	94.4 C	73.9 C	55.0 C
55.0 C				93.8 C
-3654 W	-2419 W	-1601 W	-3654 W	smp:T
73.6 C	85.9 C	94.1 C	73.6 C	55.0 C
55.0 C				93.5 C
-3690 W	-2495 W	-1686 W	-3690 W	smp:T
72.8 C	84.9 C	93.0 C	72.8 C	55.0 C
55.0 C				93.7 C
	T, 55: <	P?	h?q t	
				d 15, 25: PT
				279.5 W
				93.7 C
				-38414 W -118.4 kPa

```

end 1 1 system 33 elements 0 errors 0 observations 2006-12-15 08.00.30
    
```

Figur 11.6 PFS-resultat av ett solfångaresystem med femton serie- och diagonalkopplade moduler med värmeförlust i den vända returledningen.

Endast värmeförlust för returledningens 25 m beräknas. Värmeförlusten beräknas för 1 m med givna förutsättningar och dessa värden används för att definiera en rörledning med värmeförlust. Resultatet ovan blir en värmeförlust på 279.5 W. Denna värmeförlust är flera gånger större än det ökade utbytet på 60 W för diagonalkoppling jämfört med sidkoppling. Den termiska förlusten kan grovt halveras genom att låta fram- och returledning byta funktion. Framtemperaturen är 50 °C och returtemperaturen är 93.7 °C, vilket skall jämföras med omgivningens temperatur 10 °C.

Den sammantagna slutsatsen är att diagonalkoppling inte lönar sig termiskt och att pumparbetet ökar.





## 12 Självdragsventilationssystem

En självdragsventilerad lägenhet med tre rum, kök, badrum och toalett redovisas i Figur 12.1 och med motsvarande resultat i Figur 12.2.

Kök, badrum och toalett har frånluftskanaler med dimensionerna 160, 125 respektive 125 mm. De tre rummen och köket har alla en uteluftsventil med tre inställningsmöjligheter detta gäller också för de sex inre dörrarna. Alla dessa strypningar är ställda i läget 1 med flödet 10 l/s vid en tryckskillnad av 0.6 Pa. Denna tryckskillnad om 0.6 Pa motsvarar en lufthastighet om 1 m/s. De tre frånluftdonen har ett kvadratisk tryckfall om 0.1 Pa vid flödet 10 l/s, vilket motsvarar ett öppet hål eller inloppsförlusten i en kanal.

Den termiska stigningen erhålls genom att nivåskillnadselementet  $z$  är beroende av den i elementet rådande densiteten och den yttre densiteten som deklarerar med styrvariabeln  $\rho_{ext}$ . Utetemperaturen 0 °C med motsvaras av  $\rho_{ext}$  lika med 1.29 kg/m<sup>3</sup>. Innetemperaturen antas vara 20 °C. Den termiska tryckgradienten blir 0.9 Pa/m.

Temperaturberäkning av öppna flödessystem kräver att alla inflödestemperaturer är givna och detta uppnåps med de två temperaturelementen  $T_p$  lika med  $T_{20}$  för positiv flödesriktning och  $T_n$  lika med  $T_{20}$  för negativ flödesriktning.

Notera att nivåskillnaden för den drivande termiska tryckskillnaden anges med textelementet  $z_{-3:h}$  med utskrift av den termiska drivkraften, vilken kan beräknas till 2.587 Pa.

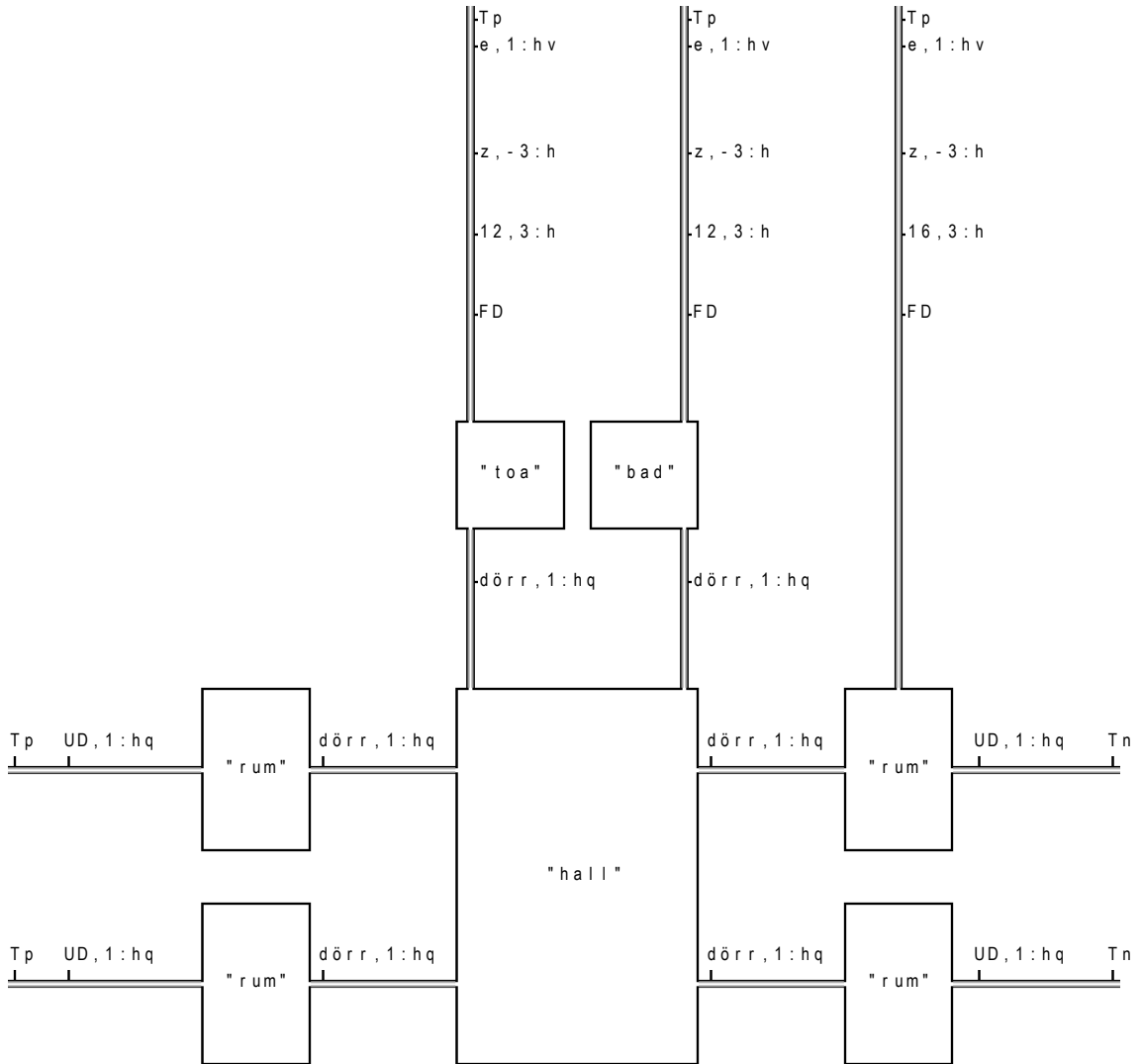
Beräkningsresultat i Figur 12.2 visar att de tre rummen har identiska flöden, eftersom de är lika och utsatta för samma yttre tryckförhållanden. Ingen vindpåverkan råder.

```

begin
flow      l/s
format    q 1
control   duct=1  dencase=1  denz=1.29
set       FD=t,0.1,10:hq  12=d,125  16=d,160
set       Tp=T,20  Tn=T,20:<
diagram   UD      p(iq) 0.6  0:1  1:10  2:20
diagram   dörr    p(iq) 0.6  0:5  1:10  2:2000

```

" exempel 12"

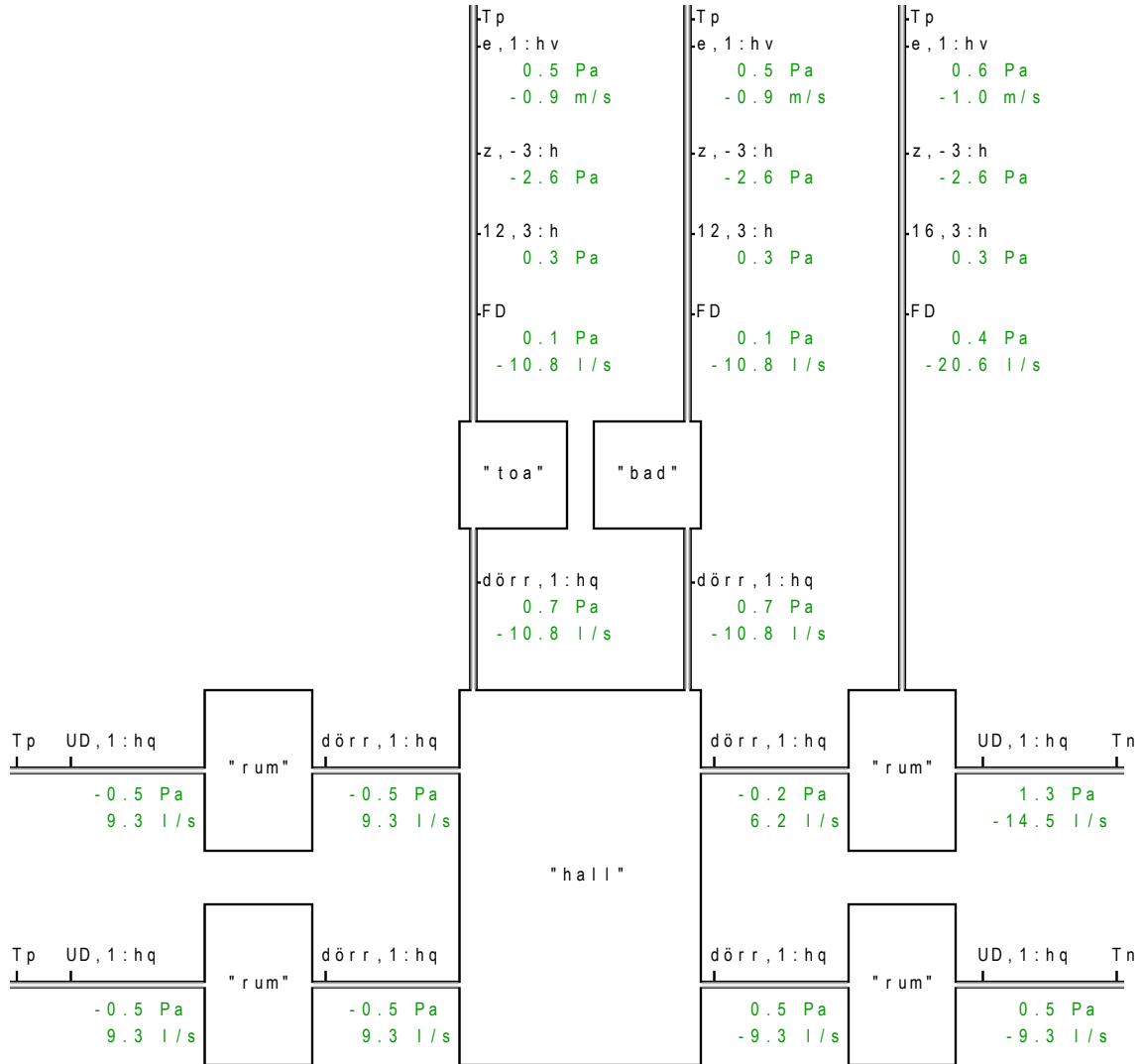


end

Figur 12.1 PFS-beskrivning av en självdragsventilerad lägenhet med tre rum, kök, badrum och toalett.

```

begin
flow      l/s
format    q 1
control   duct=1  dencase=1  denz=1.29
set       FD=t,0.1,10:hq  12=d,125  16=d,160
set       Tp=T,20  Tn=T,20:<
diagram   UD  p(iq) 0.6  0:1  1:10  2:20
diagram   dörr  p(iq) 0.6  0:5  1:10  2:2000
    
```



end 1 1 system 29 elements 0 errors 0 observations 2006-12-15 08.37.03

Figur 12.2 PFS-resultat för en självdragsventilerad lägenhet med tre rum, kök, badrum och toalett.



## 13 Frånluftsventilationssystem

Ett frånluftskanalsystem skall dimensioneras och injusteras för ett trapphus med fyra plan och två lägenheter per våningsplan. Varje lägenhet har ett kök (18 l/s), ett badrum (12 l/s) och en toalett (10 l/s). Kanalsystemet består av fyra stammar två för toaletter och två för kök och badrum. De fyra stammarna är anslutna till en gemensam samlingslåda vilket i sin tur är ansluten till en frånluftsfläkt. Inströmningsförlusterna tillsamlingslådan motsvarar förlusten vid fri utströmning vilket är lika med ett dynamiskt tryck. Detta fås med textelementet e,1.

Frånluftfläktens tryckstegring ges av de tre tryck/flödesparen 150 Pa/0 l/s, 120 Pa/300 l/s och 70 Pa/600 l/s. Fläkten FF deklarerar med PFS-raden:

```
fan FF 150:0 120:300 70:600
```

Kanaldimensioneringskravet är högst 1 Pa/m och standarddimensionerna 100, 125, 160, 200 och 250 skall användas. Dimensioneringskravet anges med PFS-raden:

```
design max R(d) 1 100 125 160 200 250
```

Frånluftdonet KGEB skall användas och definieras med följande data för tryckfallet 100 Pa där lägen -12, -6, 0 och 6 ,mm ger flödena 6, 10, 18 respektive 24 l/s. Donet KGEB deklarerar med raden:

```
diagram KGEB p(iq) 100 -12:6 -6:10 0:18 6:24
```

Beräkningar med tre olika donfall skall undersökas. Ett fall är injustering till rätt flöde med redovisning av inställning. Det andra fallet är alla don inställda på läge 0 mm. Det tredje fallet är inga don alls och kanalöppningens tryckfall är 10 Pa för födet 80 l/s. Dessa tre fall kräver följande rader varav en är aktiv och övriga två kommenteras bort.

```
set don=KGEB? toa=q,-10 bad=q,12 kök=q,-18
set don=KGEB,0 toa=s,-10 bad=s,12 kök=s,-18
set don=t,10,80 toa=s,-10 bad=s,12 kök=s,-18
```

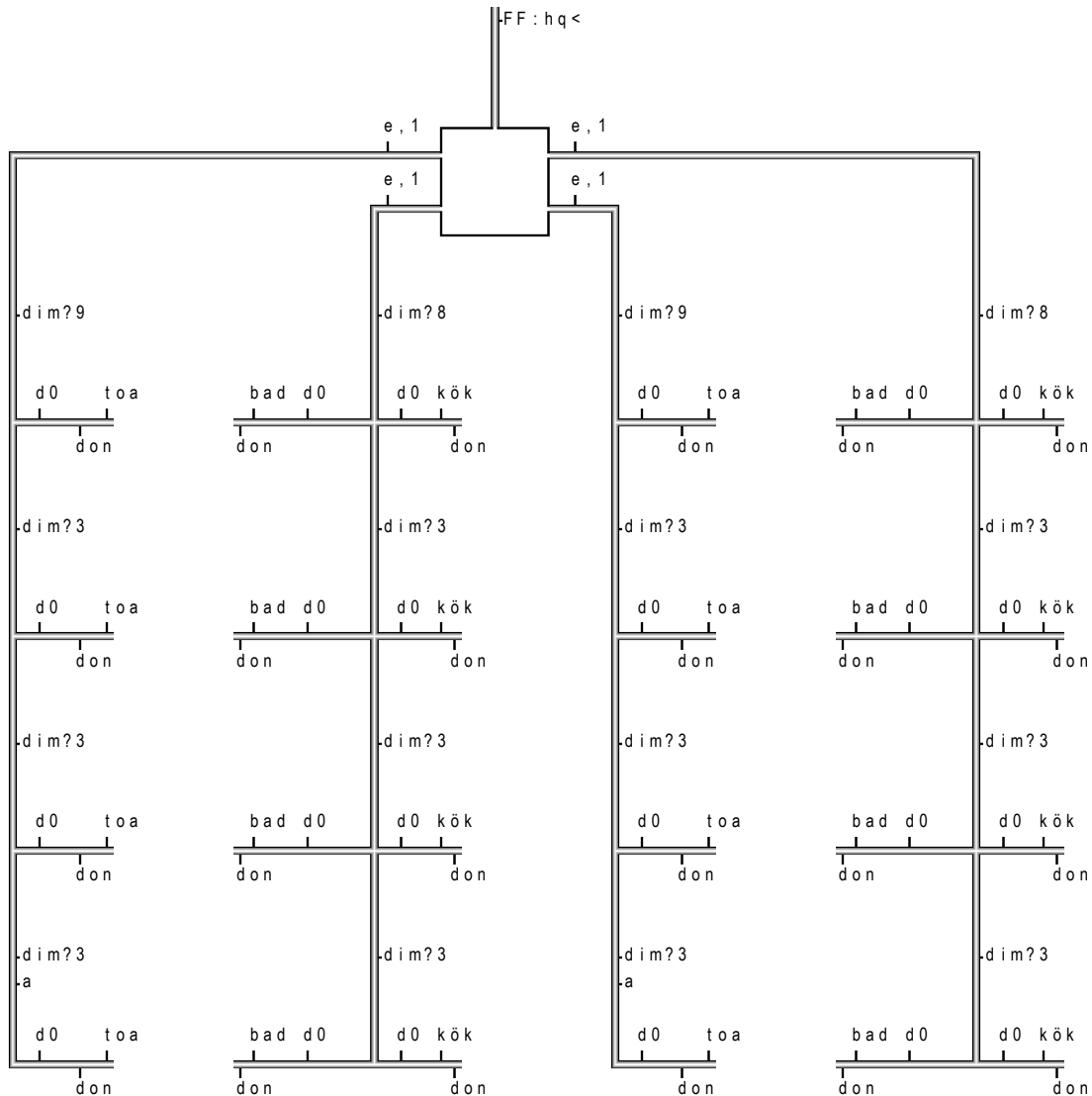
Notera att teckenkonventionen inte får glömmas bort för att flödena skall bli inflöden och därmed frånluftflöden. Beskrivning redovisas i Figur 13.1 och resultat för de tre fallen i Figur 13.2-4.

Antag att injustering av F-systemet har genomförts vid utetemperaturen 0 °C. Vad händer med frånluftflödena vid utetemperaturen 20 °C eller utetemperaturen -20 °C? Resultatet redovisas i Figur 13.5 respektive 13.6. Flödena ökar obetydligt vid den lägre utetemperaturen och omvänt minskar obetydligt vid den högre utetemperaturen.

Sist i Figur 13.7-8 redovisas ett exempel på ett småhus med F-ventilation och hur luftflödena påverkas av att ett fönster i köket öppnas. Frånluftsfälkten arbetar med ett konstant flöde på 40 l/s. Resultatet visar att över en viss öppningsstorlek strömmar luft från köket till andra delar av småhuset. Detta beror på att större delen av uteluften tas in via köket. Om vind påverkan införs kan spridning fås till alla rum.

```

begin
flow l/s
pressure Pa
format q 1
control bend=1 con=1 duct=1
set d0=d,100,0.2 dim=d
fan FF 150:0 120:300 70:600
diagram KGEB p(iq) 100 -12:6 -6:10 0:18 6:24
set don=KGEB?:q toa=q,-10 bad=q,12 kök=q,-18 "injustering"
com don=KGEB,0:q toa=s,-10 bad=s,12 kök=s,-18 "alla don i läge 0 mm"
com don=t,10,80:q toa=s,-10 bad=s,12 kök=s,-18 "alla don saknas"
design max R(d) 1 100 125 160 200 250
    
```

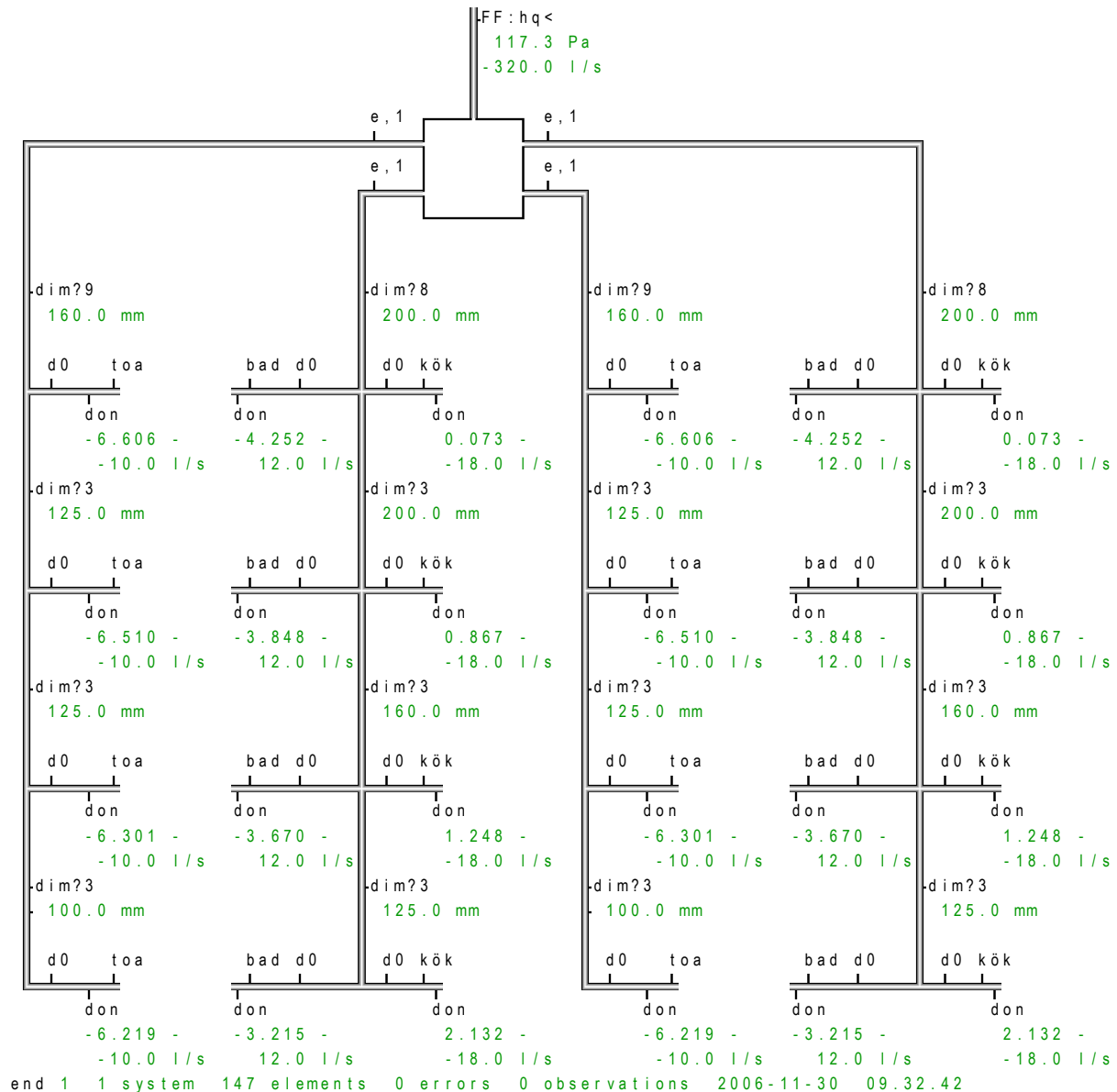


end

Figur 13.1 PFS-beskrivning för dimensionering och injustering av ett frånluftssystem för ett trapphus med fyra våningsplan och två lika lägenheter per våningsplan. Varje lägenhet har ett kök (18 l/s), ett badrum (12 l/s) och en toalett (10 l/s).

```

begin
flow      l/s
pressure Pa
format    q 1
control   bend=1 con=1 duct=1
set       d0=d,100,0.2 dim=d
fan FF    150:0 120:300 70:600
diagram   KGEB p(iq) 100 -12:6 -6:10 0:18 6:24
set       don=KGEB?:q toa=q,-10 bad=q,12 kök=q,-18 "injustering"
com       don=KGEB,0:q toa=s,-10 bad=s,12 kök=s,-18 "alla don i läge 0 mm"
com       don=t,10,80:q toa=s,-10 bad=s,12 kök=s,-18 "alla don saknas"
design     max R(d) 1 100 125 160 200 250
    
```

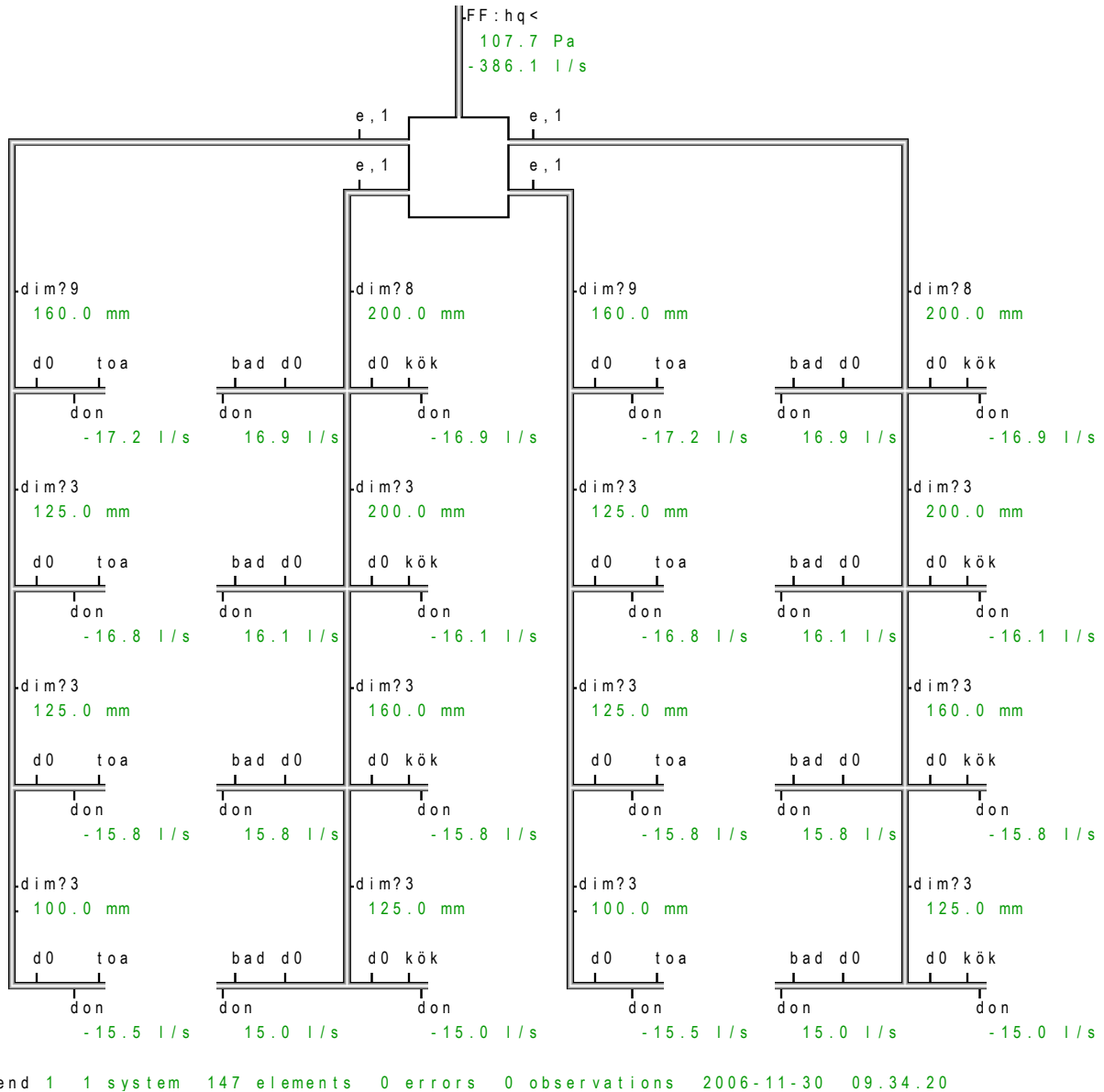


Figur 13.2 PFS-resultat för dimensionering och injustering av ett frånluftssystem för ett trapphus med fyra våningsplan och två lika lägenheter per våningsplan. Varje lägenhet har ett kök (18 l/s), ett badrum (12 l/s) och en toalett (10 l/s).



```

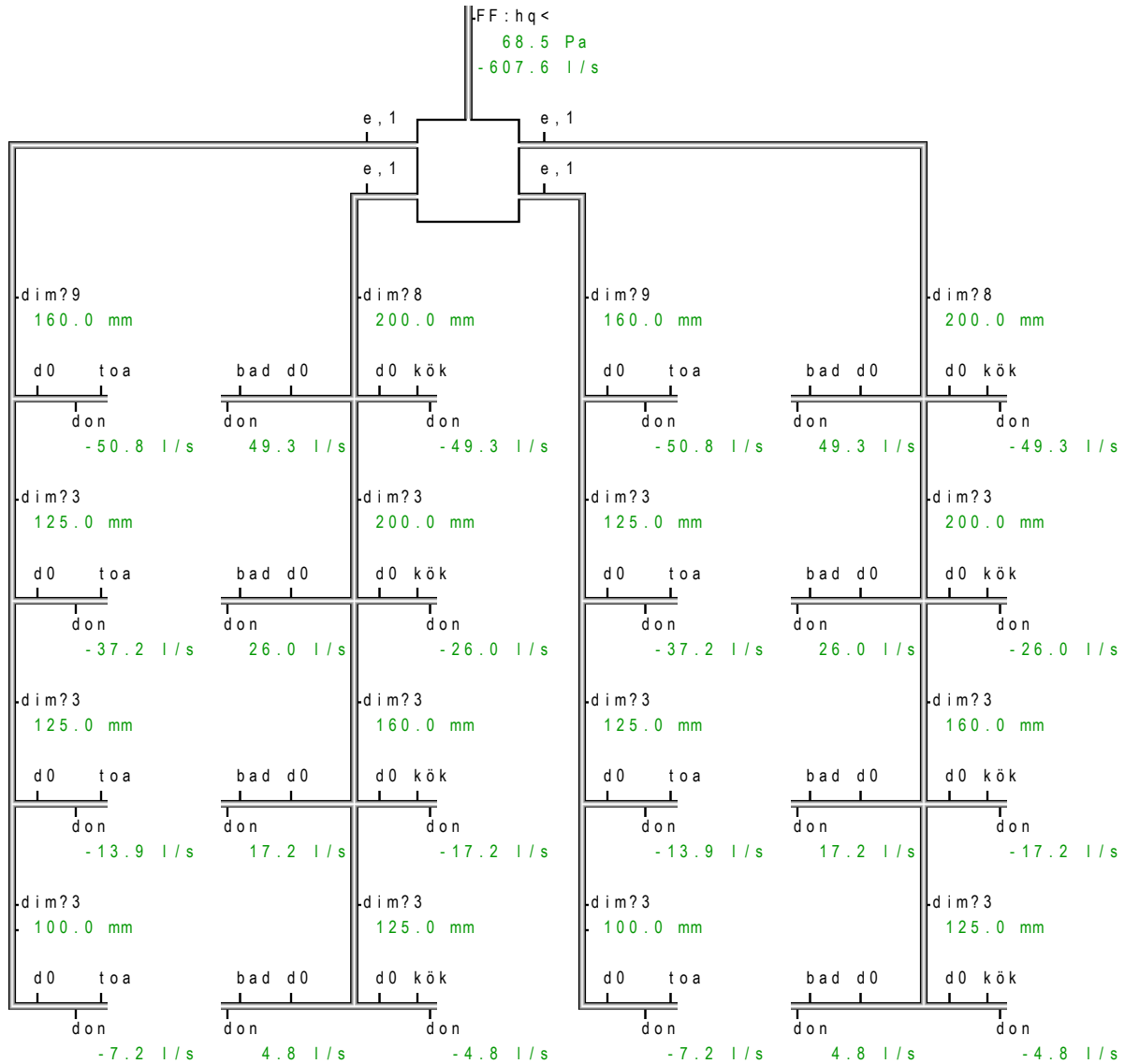
begin
flow l/s
pressure Pa
format q 1
control bend=1 con=1 duct=1
set d0=d,100,0.2 dim=d
fan FF 150:0 120:300 70:600 rms= 0.000
diagram KGEb p(iq) 100 -12:6 -6:10 0:18 6:24
com don=KGEb?:q toa=q,-10 bad=q,12 kök=q,-18 "injustering"
set don=KGEb,0:q toa=s,-10 bad=s,12 kök=s,-18 "alla don i läge 0 mm"
com don=t,10,80:q toa=s,-10 bad=s,12 kök=s,-18 "alla don saknas"
design max R(d) 1 100 125 160 200 250
    
```



Figur 13.3 PFS-resultat för dimensionering och ett icke injusterat av ett frånluftssystem för ett trapphus med fyra våningsplan och två lika lägenheter per våningsplan. Varje lägenhet har ett kök (18 l/s), ett badrum (12 l/s) och en toalett (10 l/s). Alla don i läge 0 mm.

```

begin
flow l/s
pressure Pa
format q 1
control bend=1 con=1 duct=1
set d0=d,100,0.2 dim=d
fan FF 150:0 120:300 70:600 rms= 0.000
diagram KGEB p(iq) 100 -12:6 -6:10 0:18 6:24
com don=KGEB?:q toa=q,-10 bad=q,12 kök=q,-18 "injustering"
com don=KGEB,0:q toa=s,-10 bad=s,12 kök=s,-18 "alla don i läge 0 mm"
set don=t,10,80:q toa=s,-10 bad=s,12 kök=s,-18 "alla don saknas"
design max R(d) 1 100 125 160 200 250
    
```



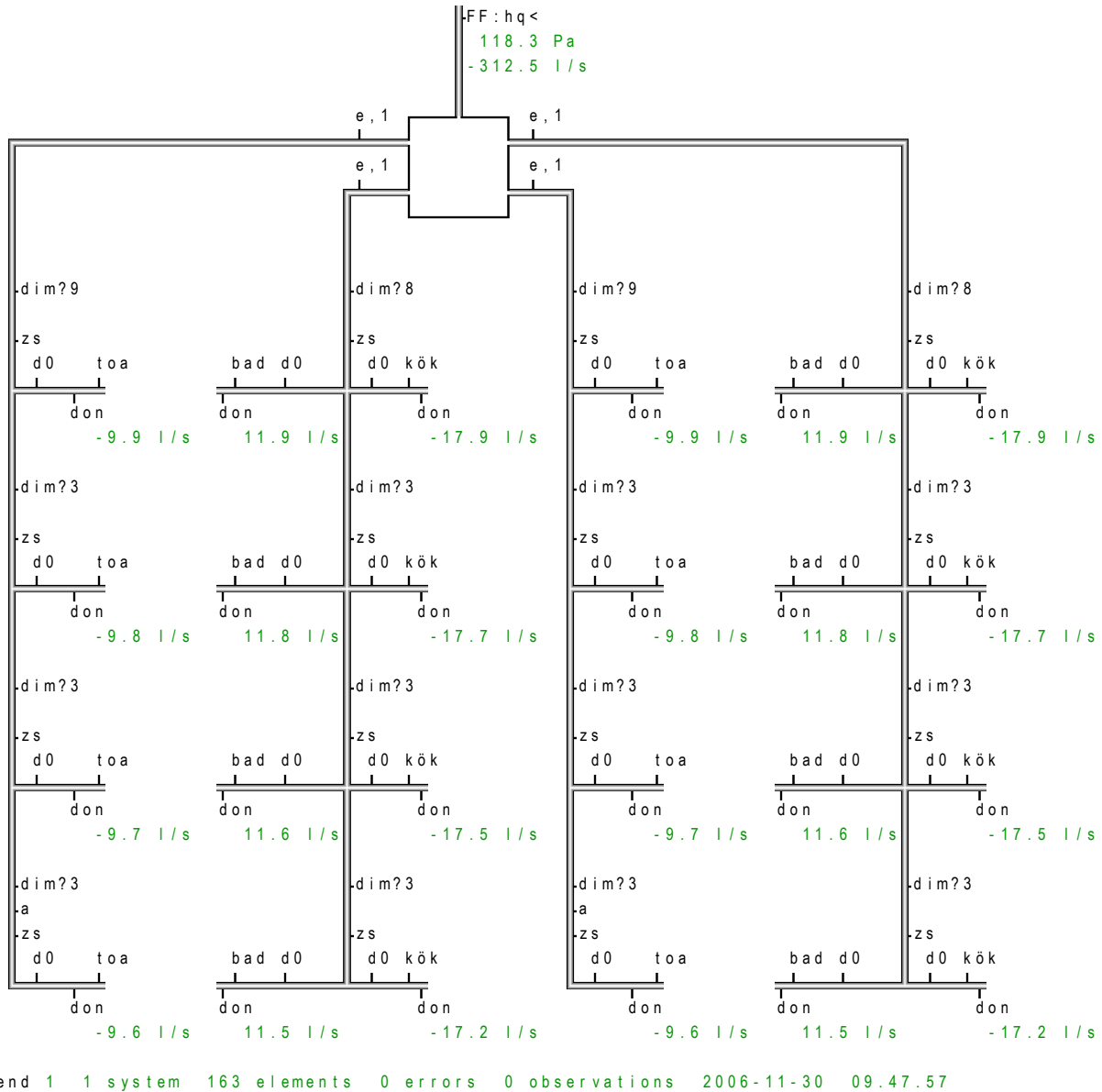
```

end 1 1 system 147 elements 0 errors 1 observation 2006-11-30 09.35.47
    
```

Figur 13.4 PFS-resultat för dimensionering och ett donlöst frånluftssystem för ett trapphus med fyra våningsplan och två lika lägenheter per våningsplan. Varje lägenhet har ett kök (18 l/s), ett badrum (12 l/s) och en toalett (10 l/s).

```

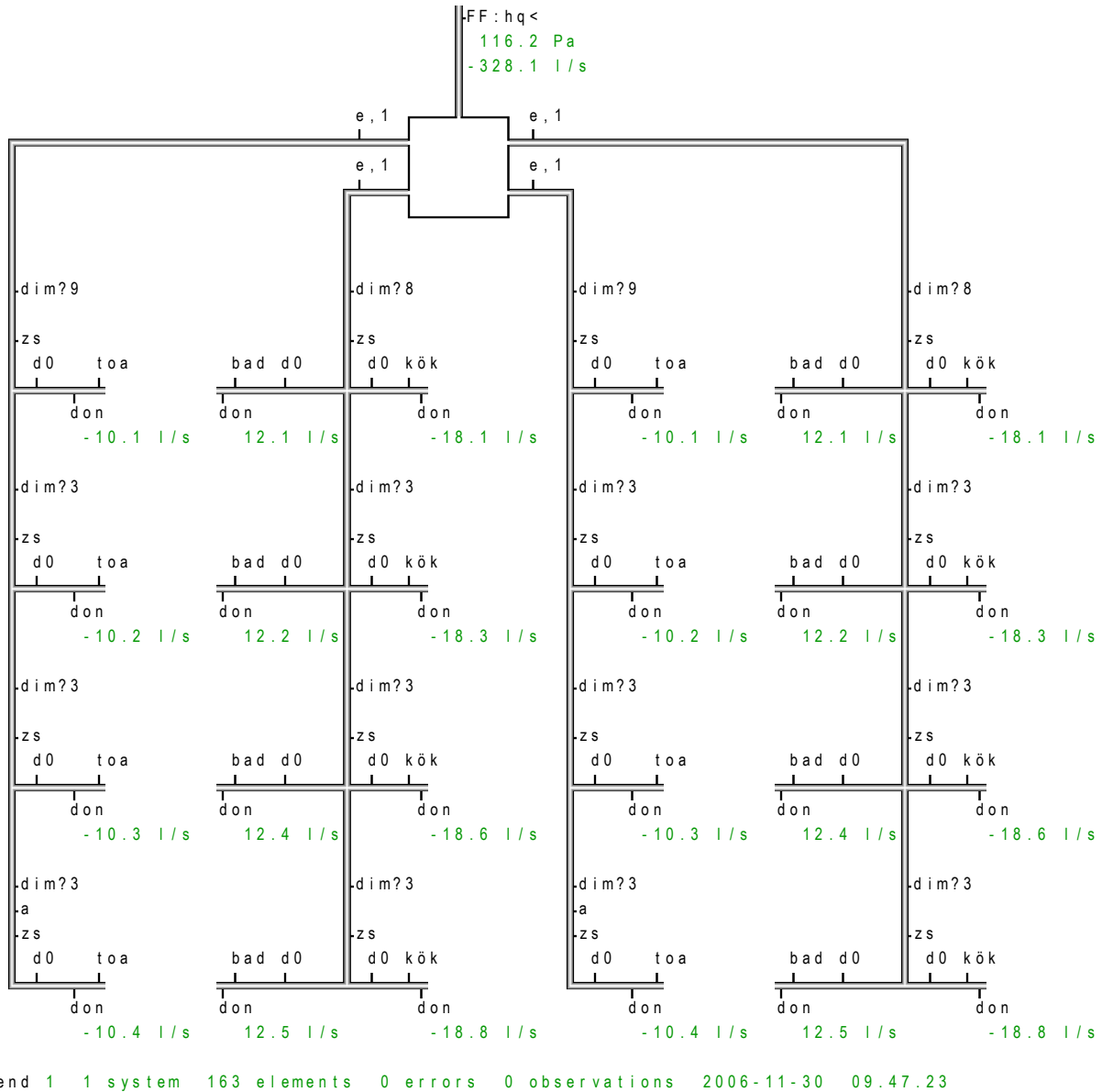
begin
flow l/s
pressure Pa
format q 1
control bend=1 con=1 duct=1 trix=3 denz=1.29 denx=1.20
set d0=d,100,0.2 dim=d
fan FF 150:0 120:300 70:600 rms= 0.000
diagram KGEB p(iq) 100 -12:6 -6:10 0:18 6:24
set don=KGEB?fix:q toa=q,-10,fpv bad=q,12,fpv kök=q,-18,fpv zs=z,-3
design max R(d) 1 100 125 160 200 250
    
```



Figur 13.5 PFS-resultat för ett dimensionerat och injusterat frånluftssystem vid 20 °C inne och 0 °C ute för ett trapphus med fyra våningsplan och två lika lägenheter per våningsplan. Varje lägenhet har ett kök (18 l/s), ett badrum (12 l/s) och en toalett (10 l/s). Drift vid 20 °C ute.

```

begin
flow l/s
pressure Pa
format q 1
control bend=1 con=1 duct=1 trix=3 denz=1.29 denx=1.39
set d0=d,100,0.2 dim=d
fan FF 150:0 120:300 70:600 rms= 0.000
diagram KGEB p(iq) 100 -12:6 -6:10 0:18 6:24
set don=KGEB?fix:q toa=q,-10,fpv bad=q,12,fpv kök=q,-18,fpv zs=z,-3
design max R(d) 1 100 125 160 200 250
    
```



Figur 13.6 PFS-resultat för ett dimensionerat och injusterat frånluftsystem vid 20 °C inne och 0 °C ute för ett trapphus med fyra våningsplan och två lika lägenheter per våningsplan. Varje lägenhet har ett kök (18 l/s), ett badrum (12 l/s) och en toalett (10 l/s). Drift vid -20 °C ute.

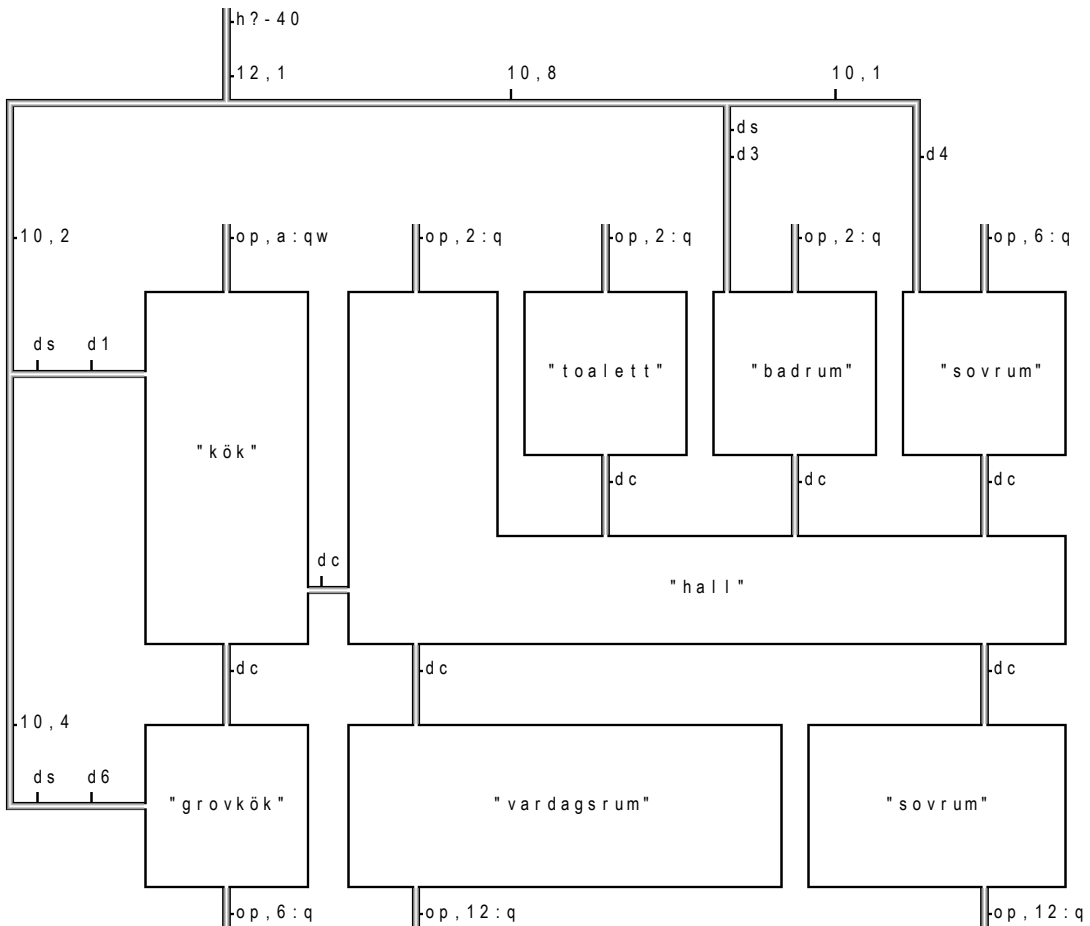
table 0 7 7 2

program a l/s - 8 16 40 80 200 500 1000

result  
result  
result  
result  
result  
result  
result  
result

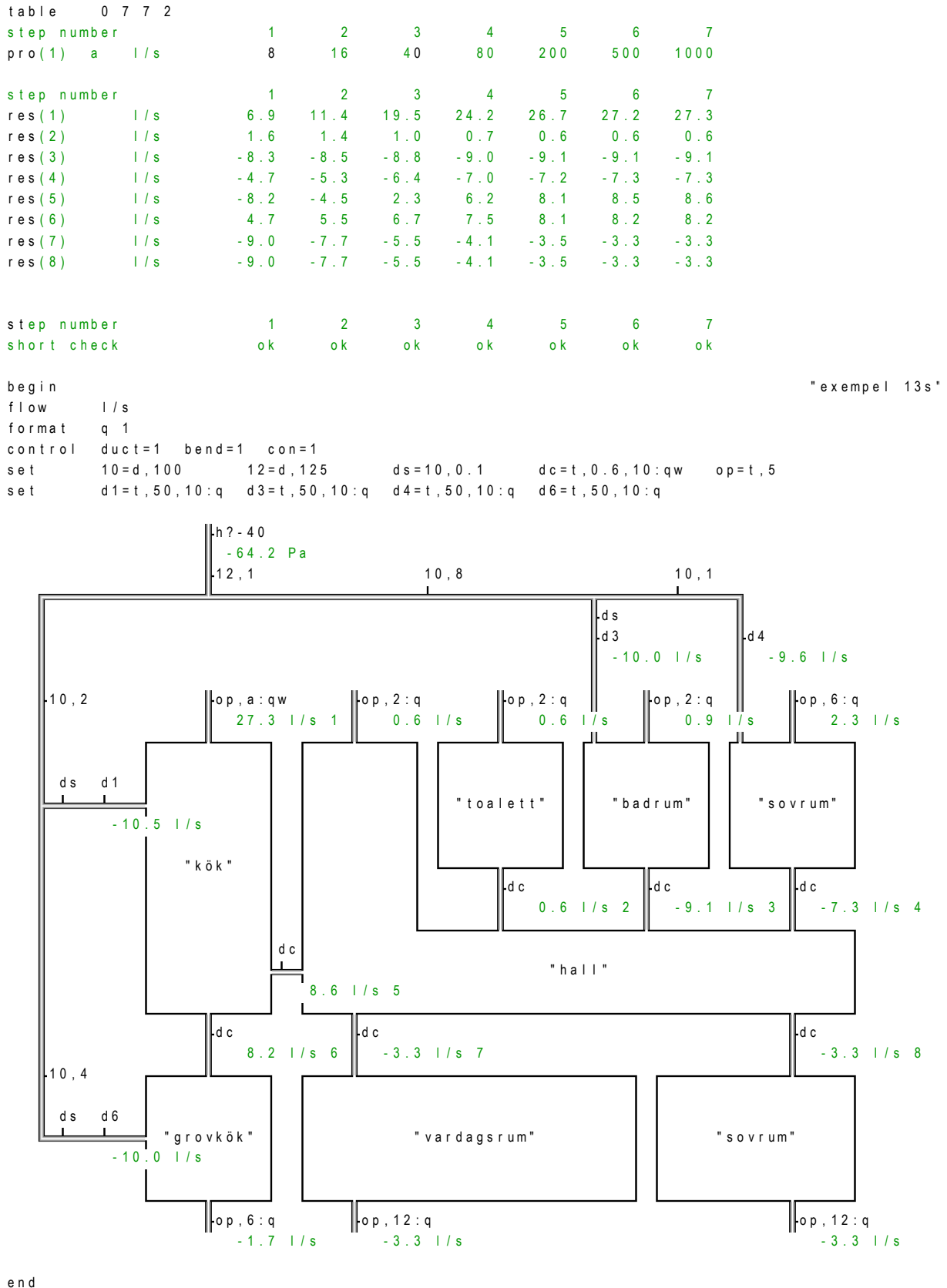
status

```
begin                                     "exempel 13s"
flow      l/s
format    q 1
control   duct=1 bend=1 con=1
set       10=d,100      12=d,125      ds=10,0.1      dc=t,0.6,10:qw      op=t,5
set       d1=t,50,10:q  d3=t,50,10:q  d4=t,50,10:q  d6=t,50,10:q
```



end

Figur 13.7 PFS-beskrivning av ett F-system för ett småhus med olika gläntning av köksfönster.



Figur 13.8 PFS-resultat för ett F-system för ett småhus med olika gläntning av köksfönster.



## 14 FT-ventilationssystem

Avsikten med detta delavsnitt är främst att visa på hur termiska förhållande kan störa FT-ventilationssystem i byggnader med flera plan. Undersökningen kommer att ske för en byggnad med åtta plan. Två huvudfall är en helt tät byggnad och en otät byggnad med ett läckflöde lika med ventilationsflödet vid en tryckskillnad av 50 Pa.

Det nominella luftflödet är  $1 \text{ m}^3/\text{s}$  per plan. Detta siffervärde kan givetvis skalas om uppåt och neråt för ett fall med ett helt annat värde som passar en lägenhet eller ett hotellrum.

Minsta grentryckfall per plan är 50 Pa. Detta värde är något lågt för ett helt kanalsystem för ett våningsplan, men inte för en lägenhet eller ett hotellrum.

FT-ventilationssystem består av två kanalsystem, ett för tilluft och ett för frånluft. Både T- och F-system med både övre och nedre fläktplacering undersöks. Kanalsystemen injuseras för en termisk gradient om 2 Pa/plan, vilket för en våningshöjd på 3 m och en innetemperatur på  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  motsvarar en utetemperatur på  $4.3 \text{ }^\circ\text{C}$ .

De nominella termiska stigningarna är totalt för åtta plan 16 Pa inberäknat fläktvåningen och de nominella stamtryckfallen är 2 Pa/plan eller totalt 16 Pa för åtta plan inberäknat fläktvåningen. Detta innebär en nödvändig tryckstegring om 82 Pa för en övre tilluftsfläkt och en nedre frånluftsfläkt. Nödvändiga grentryckfall blir därför 50 Pa i steg om 4 Pa per våningsplan till 78 Pa för våningsplanet närmast fläkten. De termiska tryckskillnaderna om 2 Pa/plan adderas med de nominella stamtryckfallen om 2 Pa/plan.

Fallen med en nedre tilluftsfläkt eller en övre frånluftsfläkt kräver endast 50 Pa grentryckfall för samtliga våningsplan. De termiska tryckskillnaderna kompenserar de lika stora nominella stamtryckfallen per våningsplan.

Fläktarnas tryckstegring är därför 50 Pa eller 82 Pa och antas vara oberoende av totalflödet.

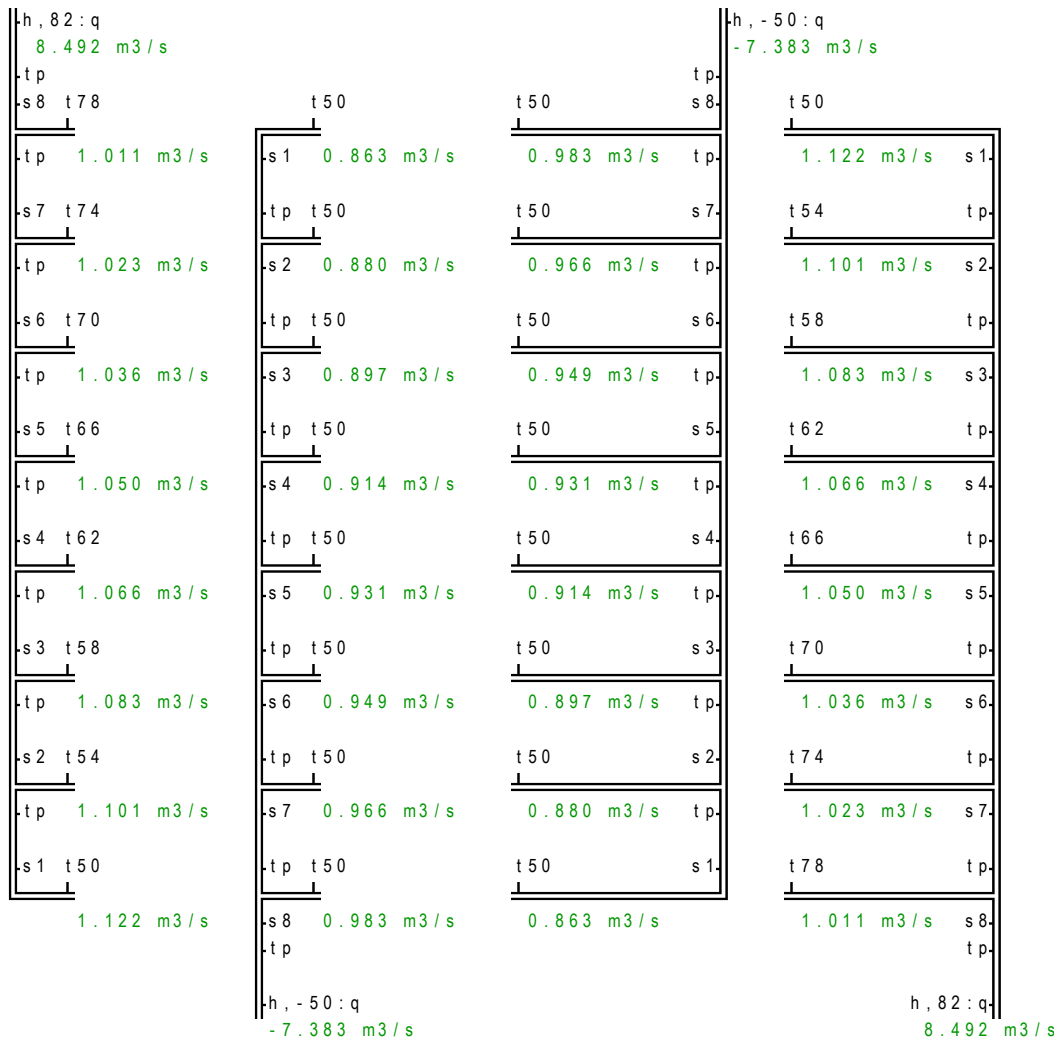
Inledningsvis visas först hur F- och T-system med både övre och nedre fläktplacering påverkas i en mycket otät byggnad oberoende av varandra. Fallet med utemperaturen  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  redovisas i Figur 14.1 och utemperaturen  $-9.8 \text{ }^\circ\text{C}$  i Figur 14.2. Dessa två temperaturfall ändrar den termiska tryckskillnaden från 2 Pa/plan till 0 respektive 4 Pa/plan.

Resultatet visar som väntat att när termik och flödesriktningen samverkar ökar flödena och tvärtom. Siffermässigt finns det identiska par. Tilluftssystem med övre fläktplacering är identiskt med ett frånluftssystem med nedre fläktplacering. Detta gäller också för jämförelseparet tilluftssystem med nedre fläktplacering och frånluftssystem med övre fläktplacering.

Alla fyra kombinationer mellan övre och nedre fläktplacering i tilluftssystem och övre och nedre fläktplacering i frånluftssystem har genomräknats för utemperaturerna  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  och  $-9.8 \text{ }^\circ\text{C}$  och redovisas i Figur 14.3-10 för en helt tät byggnad. Fallen med samma fläktplacering i Figur 14.3, 14.6, 14.7 och 14.10 påverkas inte, men våningsplanens tryckskillnad till omgivningen skiljer sig åt.

Samma genomräkning görs också för en otät byggnad med redovisning i Figur 14.11-18. Läcket per våningsplan är lika med ventilationsflödet vid en tryckskillnad om 50 Pa. Alla våningsflöden avviker från det nominella flödet  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Det finns vissa likheter mellan fallen i Figur 14.11 och 14.14 med lika fläktplacering och i Figur 14.15 och 14.18. Paren i figur 14.13 och 14.16 är snarlika och det gäller även paret 14.12 och 14.17.

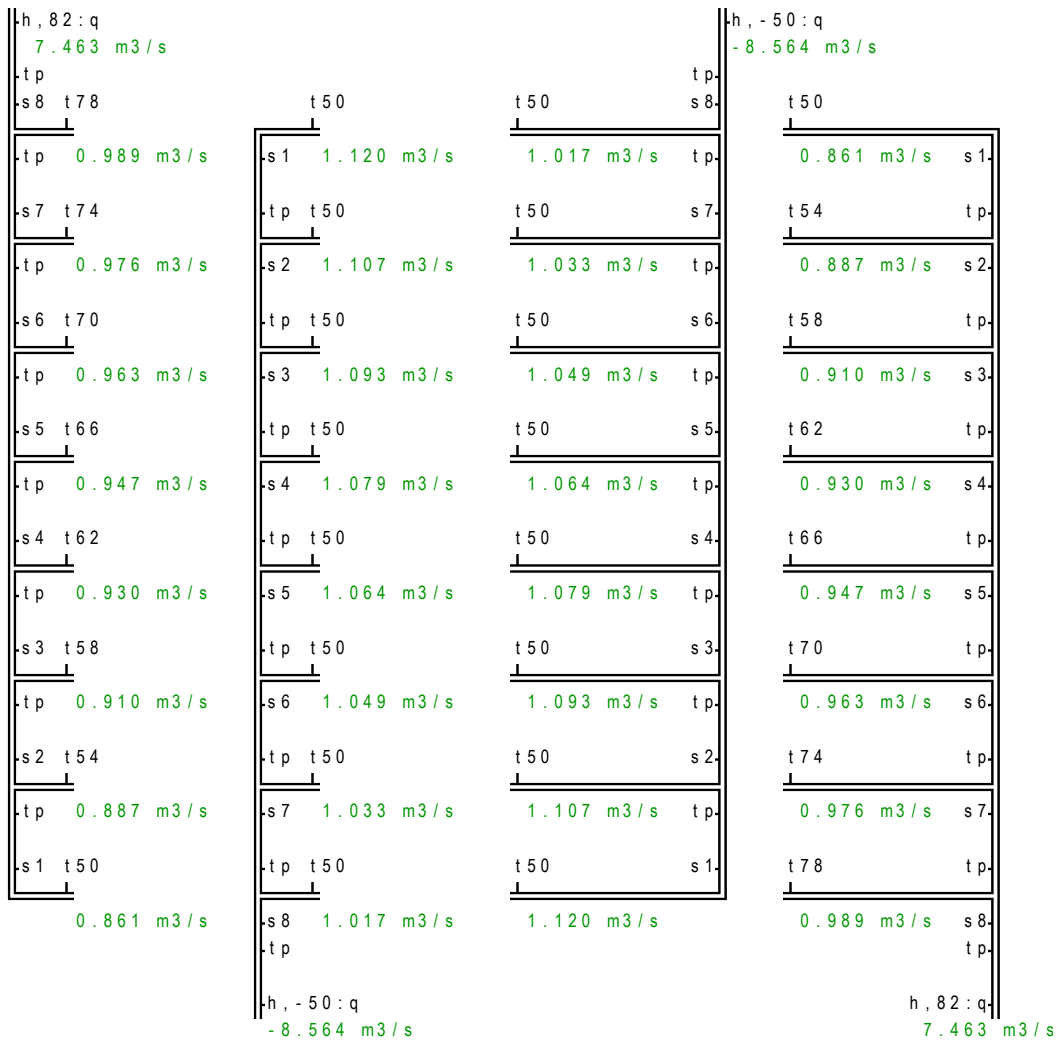




Figur 14.1 Flödesmönster för två tilluftssystem med övre och nedre fläktplacering och två frånluftssystem med övre och nedre fläktplacering injuserade vid utemperaturen 4.3 °C och i drift vid utemperaturen 20 °C.

com

exempel 0



Figur 14.2 Flödesmönster för två tilluftssystem med övre och nedre fläktplacering och två frånluftssystem med övre och nedre fläktplacering injuserade vid uttemperaturen 4.3 °C och i drift vid uttemperaturen -9.8 °C.

com

exempel 03

h, 82 : q 8.000 m3/s		h, -50 : q -8.000 m3/s	
s8 t78	t50	s8	
tp 1.000 m3/s	ttryck 1.000 m3/s	tp	
s7 t74	-2.0 Pa	s7	
tp 1.000 m3/s	ttryck 1.000 m3/s	tp	
s6 t70	-4.0 Pa	s6	
tp 1.000 m3/s	ttryck 1.000 m3/s	tp	
s5 t66	-6.0 Pa	s5	
tp 1.000 m3/s	ttryck 1.000 m3/s	tp	
s4 t62	-8.0 Pa	s4	
tp 1.000 m3/s	ttryck 1.000 m3/s	tp	
s3 t58	-10.0 Pa	s3	
tp 1.000 m3/s	ttryck 1.000 m3/s	tp	
s2 t54	-12.0 Pa	s2	
tp 1.000 m3/s	ttryck 1.000 m3/s	tp	
s1 t50	-14.0 Pa	s1	
1.000 m3/s	ttryck 1.000 m3/s		
	-16.0 Pa		

Figur 14.3 Flödesmönster för FT-ventilation av en tät byggnad i drift vid utetemperaturen 20 °C.

com

exempel 04

h, 82 : q 8.479 m3/s		h, 82 : q 8.479 m3/s	
s8 t78	t50	s8	
tp 1.060 m3/s	ttryck 1.060 m3/s	s1	
s7 t74	7.9 Pa	t54	tp
tp 1.060 m3/s	ttryck 1.060 m3/s	s2	
s6 t70	5.6 Pa	t58	tp
tp 1.060 m3/s	ttryck 1.060 m3/s	s3	
s5 t66	3.4 Pa	t62	tp
tp 1.060 m3/s	ttryck 1.060 m3/s	s4	
s4 t62	1.1 Pa	t66	tp
tp 1.060 m3/s	ttryck 1.060 m3/s	s5	
s3 t58	-1.1 Pa	t70	tp
tp 1.060 m3/s	ttryck 1.060 m3/s	s6	
s2 t54	-3.4 Pa	t74	tp
tp 1.060 m3/s	ttryck 1.060 m3/s	s7	
s1 t50	-5.6 Pa	t78	tp
1.060 m3/s	ttryck 1.060 m3/s	s8	
	-7.9 Pa	tp	
		h, 82 : q	
		8.479 m3/s	

Figur 14.4 Flödesmönster för FT-ventilation av en tät byggnad i drift vid utetemperaturen 20 °C.

com

exempel 05

t 50		t 50		h, - 50 : q
				tp, - 7.365 m3/s
s1	0.921 m3/s	t tryck	0.921 m3/s	tp
tp	t 50	5.9 Pa	t 50	s7
s2	0.921 m3/s	t tryck	0.921 m3/s	tp
tp	t 50	4.2 Pa	t 50	s6
s3	0.921 m3/s	t tryck	0.921 m3/s	tp
tp	t 50	2.5 Pa	t 50	s5
s4	0.921 m3/s	t tryck	0.921 m3/s	tp
tp	t 50	0.8 Pa	t 50	s4
s5	0.921 m3/s	t tryck	0.921 m3/s	tp
tp	t 50	- 0.8 Pa	t 50	s3
s6	0.921 m3/s	t tryck	0.921 m3/s	tp
tp	t 50	- 2.5 Pa	t 50	s2
s7	0.921 m3/s	t tryck	0.921 m3/s	tp
tp	t 50	- 4.2 Pa	t 50	s1
s8	0.921 m3/s	t tryck	0.921 m3/s	tp
tp		- 5.9 Pa		
h, - 50 : q				
- 7.365 m3/s				

Figur 14.5 Flödesmönster för FT-ventilation av en tät byggnad i drift vid utetemperaturen 20 °C.

com

exempel 06

t 50		t 50		
s1	1.000 m3/s	t tryck	1.000 m3/s	s1
tp	t 50	16.0 Pa	t 54	tp
s2	1.000 m3/s	t tryck	1.000 m3/s	s2
tp	t 50	14.0 Pa	t 58	tp
s3	1.000 m3/s	t tryck	1.000 m3/s	s3
tp	t 50	12.0 Pa	t 62	tp
s4	1.000 m3/s	t tryck	1.000 m3/s	s4
tp	t 50	10.0 Pa	t 66	tp
s5	1.000 m3/s	t tryck	1.000 m3/s	s5
tp	t 50	8.0 Pa	t 70	tp
s6	1.000 m3/s	t tryck	1.000 m3/s	s6
tp	t 50	6.0 Pa	t 74	tp
s7	1.000 m3/s	t tryck	1.000 m3/s	s7
tp	t 50	4.0 Pa	t 78	tp
s8	1.000 m3/s	t tryck	1.000 m3/s	s8
tp		2.0 Pa		tp
h, - 50 : q				h, 82 : q
- 8.000 m3/s				8.000 m3/s

Figur 14.6 Flödesmönster för FT-ventilation av en tät byggnad i drift vid utetemperaturen 20 °C.

com

exempel 07

h, 82 : q 8.000 m3/s		t p, - 50 : q - 8.000 m3/s	
s8 t78		t50	s8
tp 1.000 m3/s	t tryck	1.000 m3/s	tp
s7 t74	2.0 Pa	t50	s7
tp 1.000 m3/s	t tryck	1.000 m3/s	tp
s6 t70	4.0 Pa	t50	s6
tp 1.000 m3/s	t tryck	1.000 m3/s	tp
s5 t66	6.0 Pa	t50	s5
tp 1.000 m3/s	t tryck	1.000 m3/s	tp
s4 t62	8.0 Pa	t50	s4
tp 1.000 m3/s	t tryck	1.000 m3/s	tp
s3 t58	10.0 Pa	t50	s3
tp 1.000 m3/s	t tryck	1.000 m3/s	tp
s2 t54	12.0 Pa	t50	s2
tp 1.000 m3/s	t tryck	1.000 m3/s	tp
s1 t50	14.0 Pa	t50	s1
1.000 m3/s	t tryck	1.000 m3/s	
	16.0 Pa		

Figur 14.7 Flödesmönster för FT-ventilation av en tät byggnad i drift vid utetemperaturen -9.8 °C.

com

exempel 08

h, 82 : q 7.491 m3/s		h, 82 : q 7.491 m3/s	
s8 t78		t50	s8
tp 0.936 m3/s	t tryck	0.936 m3/s	s1
s7 t74	-7.9 Pa	t54	tp
tp 0.936 m3/s	t tryck	0.936 m3/s	s2
s6 t70	-5.6 Pa	t58	tp
tp 0.936 m3/s	t tryck	0.936 m3/s	s3
s5 t66	-3.4 Pa	t62	tp
tp 0.936 m3/s	t tryck	0.936 m3/s	s4
s4 t62	-1.1 Pa	t66	tp
tp 0.936 m3/s	t tryck	0.936 m3/s	s5
s3 t58	1.1 Pa	t70	tp
tp 0.936 m3/s	t tryck	0.936 m3/s	s6
s2 t54	3.4 Pa	t74	tp
tp 0.936 m3/s	t tryck	0.936 m3/s	s7
s1 t50	5.6 Pa	t78	tp
0.936 m3/s	t tryck	0.936 m3/s	s8
	7.9 Pa		tp
			h, 82 : q 7.491 m3/s

Figur 14.8 Flödesmönster för FT-ventilation av en tät byggnad i drift vid utetemperaturen -9.8 °C.

com

exempel 09

t 50		t 50		h, -50:q
				tp, -8.589 m3/s
s1	1.074 m3/s	tryck	1.074 m3/s	tp
tp	t 50	-5.9 Pa	t 50	s7
s2	1.074 m3/s	tryck	1.074 m3/s	tp
tp	t 50	-4.2 Pa	t 50	s6
s3	1.074 m3/s	tryck	1.074 m3/s	tp
tp	t 50	-2.5 Pa	t 50	s5
s4	1.074 m3/s	tryck	1.074 m3/s	tp
tp	t 50	-0.8 Pa	t 50	s4
s5	1.074 m3/s	tryck	1.074 m3/s	tp
tp	t 50	0.8 Pa	t 50	s3
s6	1.074 m3/s	tryck	1.074 m3/s	tp
tp	t 50	2.5 Pa	t 50	s2
s7	1.074 m3/s	tryck	1.074 m3/s	tp
tp	t 50	4.2 Pa	t 50	s1
s8	1.074 m3/s	tryck	1.074 m3/s	tp
tp	t 50	5.9 Pa	t 50	s8
h, -50:q				
-8.589 m3/s				

Figur 14.9 Flödesmönster för FT-ventilation av en tät byggnad i drift vid utetemperaturen -9.8 °C.

com

exempel 10

t 50		t 50		
s1	1.000 m3/s	tryck	1.000 m3/s	s1
tp	t 50	-16.0 Pa	t 54	tp
s2	1.000 m3/s	tryck	1.000 m3/s	s2
tp	t 50	-14.0 Pa	t 58	tp
s3	1.000 m3/s	tryck	1.000 m3/s	s3
tp	t 50	-12.0 Pa	t 62	tp
s4	1.000 m3/s	tryck	1.000 m3/s	s4
tp	t 50	-10.0 Pa	t 66	tp
s5	1.000 m3/s	tryck	1.000 m3/s	s5
tp	t 50	-8.0 Pa	t 70	tp
s6	1.000 m3/s	tryck	1.000 m3/s	s6
tp	t 50	-6.0 Pa	t 74	tp
s7	1.000 m3/s	tryck	1.000 m3/s	s7
tp	t 50	-4.0 Pa	t 78	tp
s8	1.000 m3/s	tryck	1.000 m3/s	s8
tp	t 50	-2.0 Pa	t 82	tp
h, -50:q		h, 82:q		
-8.000 m3/s		8.000 m3/s		

Figur 14.10 Flödesmönster för FT-ventilation av en tät byggnad i drift vid utetemperaturen -9.8 °C.

com

exempel 11

h, 82 : q 8.441 m <sup>3</sup> /s		h, -50 : q -7.451 m <sup>3</sup> /s	
s8 t78	t50	s8	
tp 1.011 m <sup>3</sup> /s	fasad 0.983 m <sup>3</sup> /s	tp	
s7 t74	0.028 m <sup>3</sup> /s t50	s7	
tp 1.022 m <sup>3</sup> /s	fasad 0.967 m <sup>3</sup> /s	tp	
s6 t70	0.056 m <sup>3</sup> /s t50	s6	
tp 1.034 m <sup>3</sup> /s	fasad 0.951 m <sup>3</sup> /s	tp	
s5 t66	0.083 m <sup>3</sup> /s t50	s5	
tp 1.047 m <sup>3</sup> /s	fasad 0.936 m <sup>3</sup> /s	tp	
s4 t62	0.111 m <sup>3</sup> /s t50	s4	
tp 1.060 m <sup>3</sup> /s	fasad 0.922 m <sup>3</sup> /s	tp	
s3 t58	0.138 m <sup>3</sup> /s t50	s3	
tp 1.074 m <sup>3</sup> /s	fasad 0.909 m <sup>3</sup> /s	tp	
s2 t54	0.165 m <sup>3</sup> /s t50	s2	
tp 1.088 m <sup>3</sup> /s	fasad 0.897 m <sup>3</sup> /s	tp	
s1 t50	0.192 m <sup>3</sup> /s t50	s1	
1.104 m <sup>3</sup> /s	fasad 0.886 m <sup>3</sup> /s		
	0.219 m <sup>3</sup> /s		

Figur 14.11 Flödesmönster för FT-ventilation av en otät byggnad i drift vid utetemperaturen 20 °C.

com

exempel 12

h, 82 : q 8.492 m <sup>3</sup> /s		h, 82 : q 8.492 m <sup>3</sup> /s	
s8 t78	t50	s8	
tp 1.015 m <sup>3</sup> /s	fasad 1.118 m <sup>3</sup> /s	tp	s1
s7 t74	-0.104 m <sup>3</sup> /s t54	tp	
tp 1.025 m <sup>3</sup> /s	fasad 1.099 m <sup>3</sup> /s	tp	s2
s6 t70	-0.074 m <sup>3</sup> /s t58	tp	
tp 1.037 m <sup>3</sup> /s	fasad 1.082 m <sup>3</sup> /s	tp	s3
s5 t66	-0.045 m <sup>3</sup> /s t62	tp	
tp 1.050 m <sup>3</sup> /s	fasad 1.066 m <sup>3</sup> /s	tp	s4
s4 t62	-0.015 m <sup>3</sup> /s t66	tp	
tp 1.066 m <sup>3</sup> /s	fasad 1.050 m <sup>3</sup> /s	tp	s5
s3 t58	0.015 m <sup>3</sup> /s t70	tp	
tp 1.082 m <sup>3</sup> /s	fasad 1.037 m <sup>3</sup> /s	tp	s6
s2 t54	0.045 m <sup>3</sup> /s t74	tp	
tp 1.099 m <sup>3</sup> /s	fasad 1.025 m <sup>3</sup> /s	tp	s7
s1 t50	0.074 m <sup>3</sup> /s t78	tp	
1.118 m <sup>3</sup> /s	fasad 1.015 m <sup>3</sup> /s	tp	s8
	0.104 m <sup>3</sup> /s	tp	

Figur 14.12 Flödesmönster för FT-ventilation av en otät byggnad i drift vid utetemperaturen 20 °C.

com

exempel 13

t 50		t 50		h, - 50 : q
				tp, - 7.382 m3/s
s1	0.869 m3/s	fasad	0.977 m3/s	tp
tp	t 50	- 0.108 m3/s	t 50	s7
s2	0.883 m3/s	fasad	0.962 m3/s	tp
tp	t 50	- 0.079 m3/s	t 50	s6
s3	0.898 m3/s	fasad	0.947 m3/s	tp
tp	t 50	- 0.049 m3/s	t 50	s5
s4	0.914 m3/s	fasad	0.931 m3/s	tp
tp	t 50	- 0.017 m3/s	t 50	s4
s5	0.931 m3/s	fasad	0.914 m3/s	tp
tp	t 50	0.017 m3/s	t 50	s3
s6	0.947 m3/s	fasad	0.898 m3/s	tp
tp	t 50	0.049 m3/s	t 50	s2
s7	0.962 m3/s	fasad	0.883 m3/s	tp
tp	t 50	0.079 m3/s	t 50	s1
s8	0.977 m3/s	fasad	0.869 m3/s	tp
tp		0.108 m3/s		
h, - 50 : q				
- 7.382 m3/s				

Figur 14.13 Flödesmönster för FT-ventilation av en otät byggnad i drift vid utetemperaturen 20 °C.

com

exempel 14

t 50		t 50		
s1	0.886 m3/s	fasad	1.104 m3/s	s1
tp	t 50	- 0.219 m3/s	t 54	tp
s2	0.897 m3/s	fasad	1.088 m3/s	s2
tp	t 50	- 0.192 m3/s	t 58	tp
s3	0.909 m3/s	fasad	1.074 m3/s	s3
tp	t 50	- 0.165 m3/s	t 62	tp
s4	0.922 m3/s	fasad	1.060 m3/s	s4
tp	t 50	- 0.138 m3/s	t 66	tp
s5	0.936 m3/s	fasad	1.047 m3/s	s5
tp	t 50	- 0.111 m3/s	t 70	tp
s6	0.951 m3/s	fasad	1.034 m3/s	s6
tp	t 50	- 0.083 m3/s	t 74	tp
s7	0.967 m3/s	fasad	1.022 m3/s	s7
tp	t 50	- 0.056 m3/s	t 78	tp
s8	0.983 m3/s	fasad	1.011 m3/s	s8
tp		- 0.028 m3/s		tp
h, - 50 : q				h, 82 : q
- 7.451 m3/s				8.441 m3/s

Figur 14.14 Flödesmönster för FT-ventilation av en otät byggnad i drift vid utetemperaturen 20 °C.



h, 82 : q 7.524 m <sup>3</sup> /s		h, -50 : q -8.508 m <sup>3</sup> /s	
s8 t78	t50	s8	
tp 0.989 m <sup>3</sup> /s	fasad 1.017 m <sup>3</sup> /s	tp	
s7 t74	-0.028 m <sup>3</sup> /s	s7	
tp 0.977 m <sup>3</sup> /s	fasad 1.032 m <sup>3</sup> /s	tp	
s6 t70	-0.055 m <sup>3</sup> /s	s6	
tp 0.964 m <sup>3</sup> /s	fasad 1.047 m <sup>3</sup> /s	tp	
s5 t66	-0.082 m <sup>3</sup> /s	s5	
tp 0.951 m <sup>3</sup> /s	fasad 1.060 m <sup>3</sup> /s	tp	
s4 t62	-0.109 m <sup>3</sup> /s	s4	
tp 0.936 m <sup>3</sup> /s	fasad 1.072 m <sup>3</sup> /s	tp	
s3 t58	-0.136 m <sup>3</sup> /s	s3	
tp 0.920 m <sup>3</sup> /s	fasad 1.083 m <sup>3</sup> /s	tp	
s2 t54	-0.163 m <sup>3</sup> /s	s2	
tp 0.903 m <sup>3</sup> /s	fasad 1.094 m <sup>3</sup> /s	tp	
s1 t50	-0.191 m <sup>3</sup> /s	s1	
0.884 m <sup>3</sup> /s	fasad 1.103 m <sup>3</sup> /s		
	-0.219 m <sup>3</sup> /s		

Figur 14.15 Flödesmönster för FT-ventilation av en otät byggnad i drift vid utetemperaturen -9.8 °C.

h, 82 : q 7.466 m <sup>3</sup> /s		h, 82 : q 7.466 m <sup>3</sup> /s	
s8 t78	t50	s8	
tp 0.984 m <sup>3</sup> /s	fasad 0.868 m <sup>3</sup> /s	s1	
s7 t74	0.117 m <sup>3</sup> /s	tp	
tp 0.974 m <sup>3</sup> /s	fasad 0.890 m <sup>3</sup> /s	s2	
s6 t70	0.084 m <sup>3</sup> /s	tp	
tp 0.962 m <sup>3</sup> /s	fasad 0.911 m <sup>3</sup> /s	s3	
s5 t66	0.051 m <sup>3</sup> /s	tp	
tp 0.947 m <sup>3</sup> /s	fasad 0.930 m <sup>3</sup> /s	s4	
s4 t62	0.017 m <sup>3</sup> /s	tp	
tp 0.930 m <sup>3</sup> /s	fasad 0.947 m <sup>3</sup> /s	s5	
s3 t58	-0.017 m <sup>3</sup> /s	tp	
tp 0.911 m <sup>3</sup> /s	fasad 0.962 m <sup>3</sup> /s	s6	
s2 t54	-0.051 m <sup>3</sup> /s	tp	
tp 0.890 m <sup>3</sup> /s	fasad 0.974 m <sup>3</sup> /s	s7	
s1 t50	-0.084 m <sup>3</sup> /s	tp	
0.868 m <sup>3</sup> /s	fasad 0.984 m <sup>3</sup> /s	s8	
	-0.117 m <sup>3</sup> /s	tp	

Figur 14.16 Flödesmönster för FT-ventilation av en otät byggnad i drift vid utetemperaturen -9.8 °C.

com

exempel 17

t 50		t 50		h, - 50 : q
				tp, - 8.565 m3/s
s1	1.117 m3/s	fasad	1.021 m3/s	tp
tp	t 50	0.095 m3/s	t 50	s7
s2	1.105 m3/s	fasad	1.036 m3/s	tp
tp	t 50	0.070 m3/s	t 50	s6
s3	1.093 m3/s	fasad	1.050 m3/s	tp
tp	t 50	0.043 m3/s	t 50	s5
s4	1.079 m3/s	fasad	1.065 m3/s	tp
tp	t 50	0.015 m3/s	t 50	s4
s5	1.065 m3/s	fasad	1.079 m3/s	tp
tp	t 50	-0.015 m3/s	t 50	s3
s6	1.050 m3/s	fasad	1.093 m3/s	tp
tp	t 50	-0.043 m3/s	t 50	s2
s7	1.036 m3/s	fasad	1.105 m3/s	tp
tp	t 50	-0.070 m3/s	t 50	s1
s8	1.021 m3/s	fasad	1.117 m3/s	tp
tp		-0.095 m3/s		
h, - 50 : q				
- 8.565 m3/s				

Figur 14.17 Flödesmönster för FT-ventilation av en otät byggnad i drift vid utetemperaturen -9.8 °C.

com

exempel 18

t 50		t 50		
s1	1.103 m3/s	fasad	0.884 m3/s	s1
tp	t 50	0.219 m3/s	t 54	tp
s2	1.094 m3/s	fasad	0.903 m3/s	s2
tp	t 50	0.191 m3/s	t 58	tp
s3	1.083 m3/s	fasad	0.920 m3/s	s3
tp	t 50	0.163 m3/s	t 62	tp
s4	1.072 m3/s	fasad	0.936 m3/s	s4
tp	t 50	0.136 m3/s	t 66	tp
s5	1.060 m3/s	fasad	0.951 m3/s	s5
tp	t 50	0.109 m3/s	t 70	tp
s6	1.047 m3/s	fasad	0.964 m3/s	s6
tp	t 50	0.082 m3/s	t 74	tp
s7	1.032 m3/s	fasad	0.977 m3/s	s7
tp	t 50	0.055 m3/s	t 78	tp
s8	1.017 m3/s	fasad	0.989 m3/s	s8
tp		0.028 m3/s		tp
h, - 50 : q				h, 82 : q
- 8.508 m3/s				7.524 m3/s

Figur 14.18 Flödesmönster för FT-ventilation av en otät byggnad i drift vid utetemperaturen -9.8 °C.



## 15 Brandgasspridning i F-system

Ett grenat F-system för fyra lokaler med ett injusterat flöde till 50 l/s genomräknas för ett antal olika fall genomgående med fläktar i drift utom i ett fall. Beskrivning, resultat kontroll injustering och resultat brandfall redovisas i Figur 15.1-3 för en brand med ett brandflöde om 200 l/s i den yttersta lokalen i förhållande till fläkten. Tre olika brandtemperaturer testas 20, 200 och 400 °C.

Uteluftsdonens tryckfall är 10 Pa vid det nominella flödet 50 l/s. Notera att lokalernas undertryck är normalt 10 Pa och mäts här för övriga rum med textelementet h?0. Fläkten tryckstegring är 100 Pa vid nominellt flöde.

Det sker ingen brandgasspridning till andra rum, vilket framgår av att uteluftsflöden endast minskar något från nominella 50 l/s.

Samma F-system undersöks för åtta olika fall med brand i rum 1 och 3, brandflöde 200 och 500 l/s och brandtemperatur 300 och 600 °C med beskrivning i Figur 15.4. Notera att branden flyttas till önskat rum 1-4 med textelementet #,nr, där nr är en parameter som antar värden 1 och 3. Resultatet i Figur 15.5 redovisar i tabell form på tre rader fläktens driftsdata, på en rad brandtrycket och sist på fyra rader varje rums uteluftsflöde. Resultatet visar samma sak som tidigare att det inte sker någon brandgasspridning även för det större brandflödet på 500 l/s. Branden i rum 3 stör de övriga utelufts- och frånluftsflödena mer än branden i rum 1 ytterst. Det finns en viss ejektorverkan i kanalsystemet som försvårar brandgasspridning från rum 1.

Samplingslåda införs i tre beräkningsfall för ett horisontellt system med fläktar i drift, ett vertikalt system med fläktar i drift och ett vertikalt system med utluftning och stoppad fläkt. Samma F-system undersöks för åtta olika fall med brand i rum 1-4, brandflöde 500 l/s och brandtemperatur 300 och 600 °C med beskrivningar i Figur 15.6, 15.8 och 15.11.

Resultatet för ett horisontellt system med fläktar i drift visas i Figur 15.7 med samma tabelluppställning som tidigare. Någon brandgasspridning sker inte.

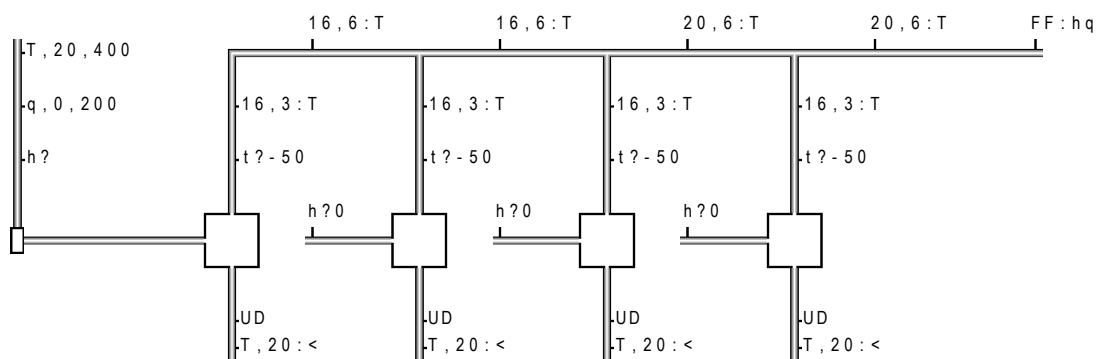
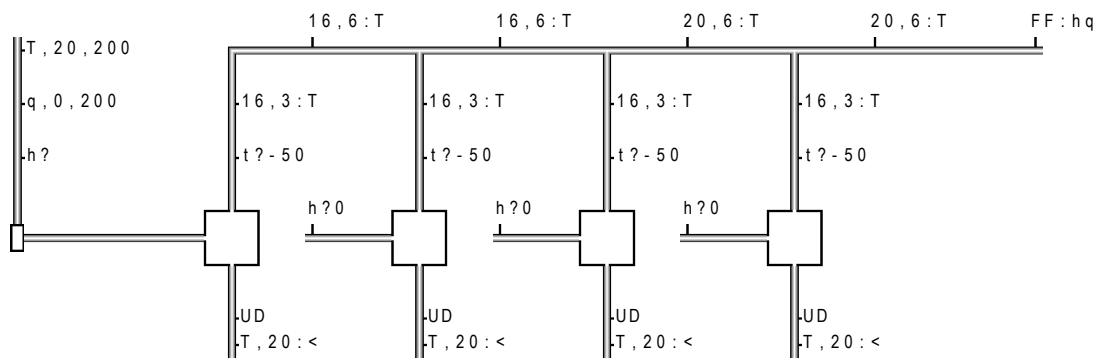
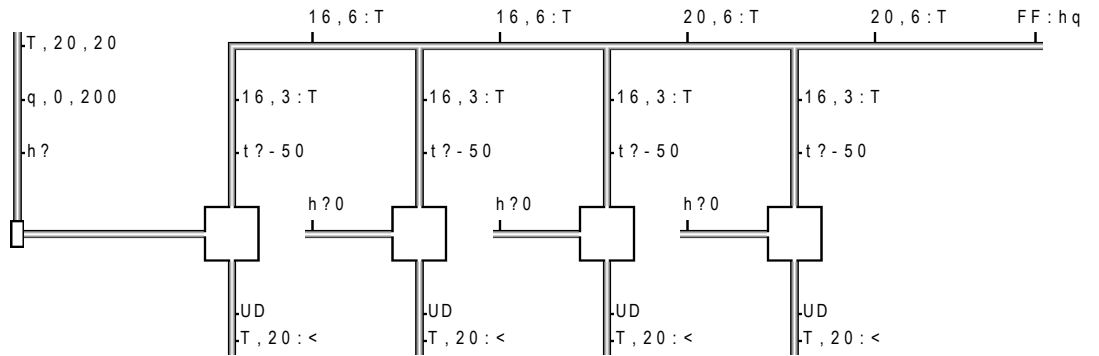
Resultatet för ett vertikalt system med fläktar i drift visas i Figur 15.9 med samma tabelluppställning som tidigare. Skillnaderna mot det horisontella fallet tidigare är ytterst marginellt. Någon brandgasspridning sker inte.

Resultatet för ett vertikalt system med utluftning och stoppad fläkt visas i Figur 15.11 med samma tabelluppställning som tidigare. Notera att själva utluftningen har en termisk nivåskillnad på 1 m och ett strömningstekniskt tryckfall på 10 Pa vid ett flöde på 200 l/s. Någon brandgasspridning sker inte, men utelufts- eller frånluftsflödena är kraftigt reducerade och risk för omslag ligger nära. Fallen med lägre brandtemperatur stör systemet mer, vilket kan bero på att brandens massflöde är större än för fall med högre brandtemperatur.

```

begin
flow          l/s
pressure      Pa
format        q 1
control       bend=1 con=1 duct=1 dencase=1 trix=1
set           UD=t,10,50:q 16=d,160 20=d,200
fan           FF 100:0 100:200 0:800
    
```

" exempel 15"

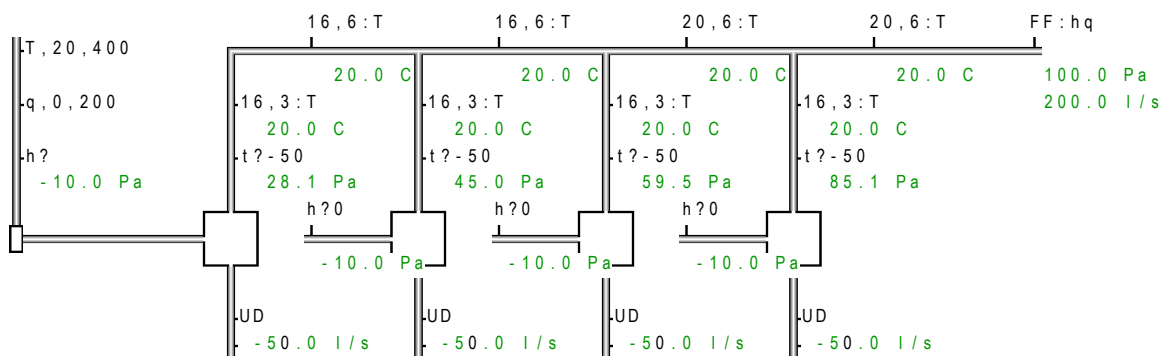
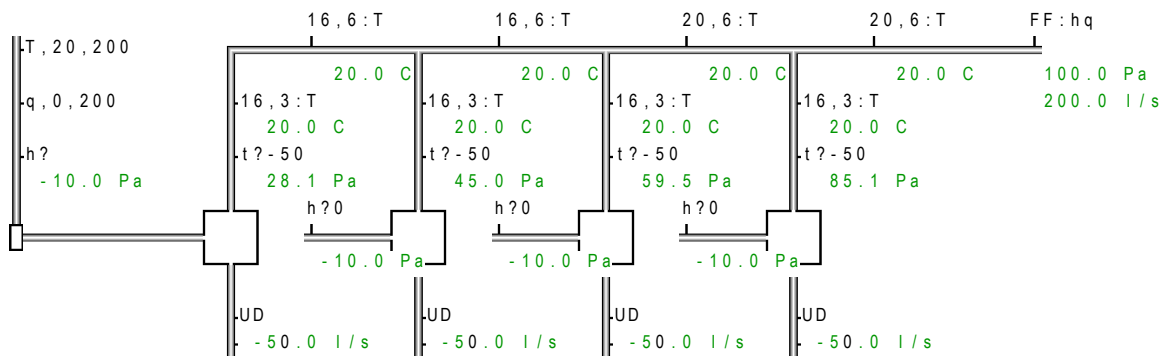
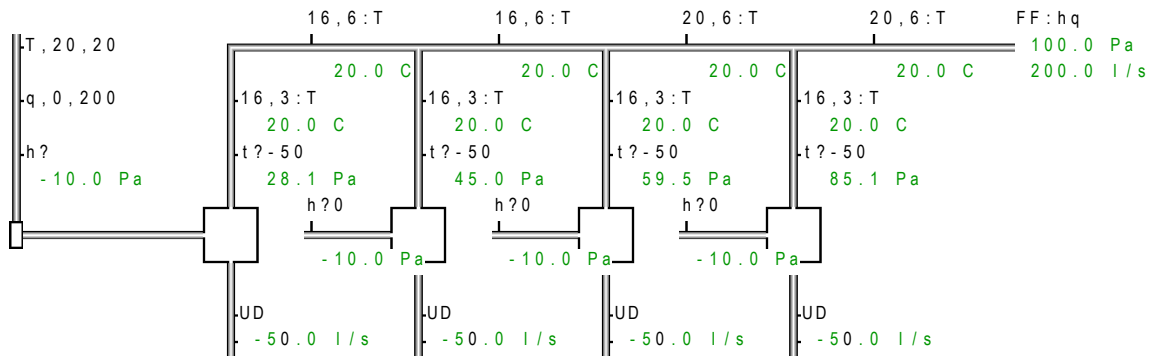


end

Figur 15.1 PFS-beskrivning av ett brandutsatt och grenat F-system för fyra lokaler med brand ytterst med brandflöde 200 l/s och tre olika brandtemperaturer 20, 200 och 400 °C.

```

begin
flow      I/s
pressure  Pa
format    q 1
control   bend=1 con=1 duct=1 dencase=1 trix=1
set       UD=t,10,50:q 16=d,160 20=d,200
fan       FF 100:0 100:200 0:800
rms= 0.000
    
```



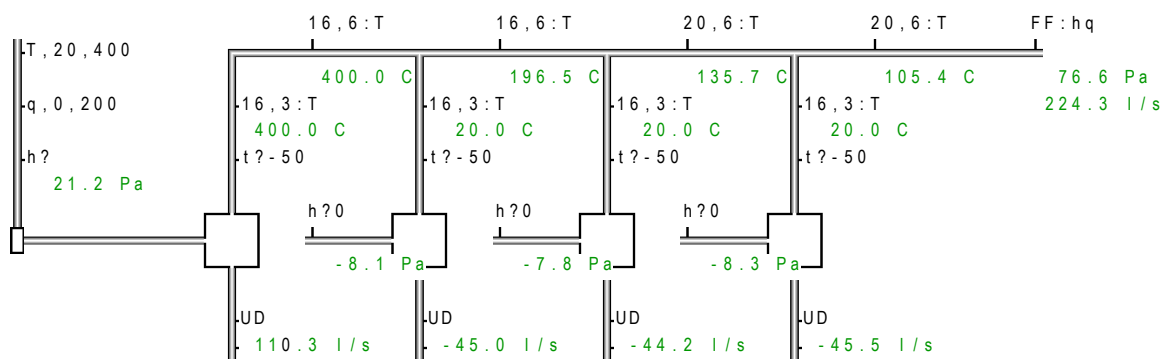
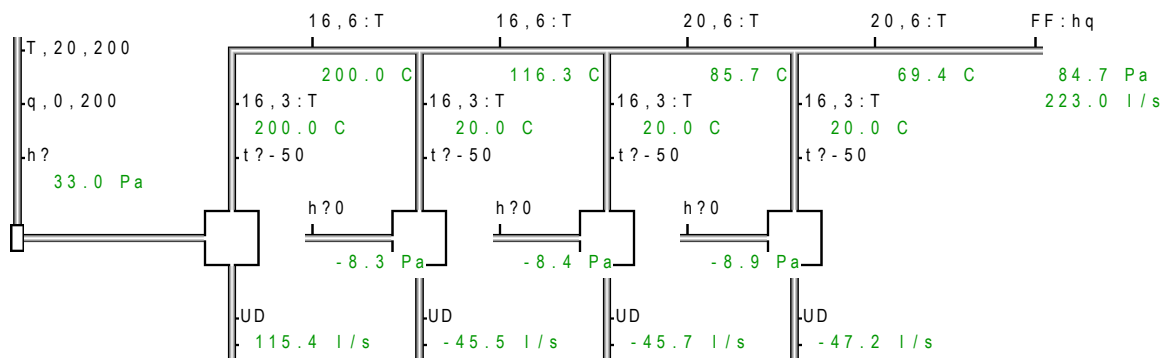
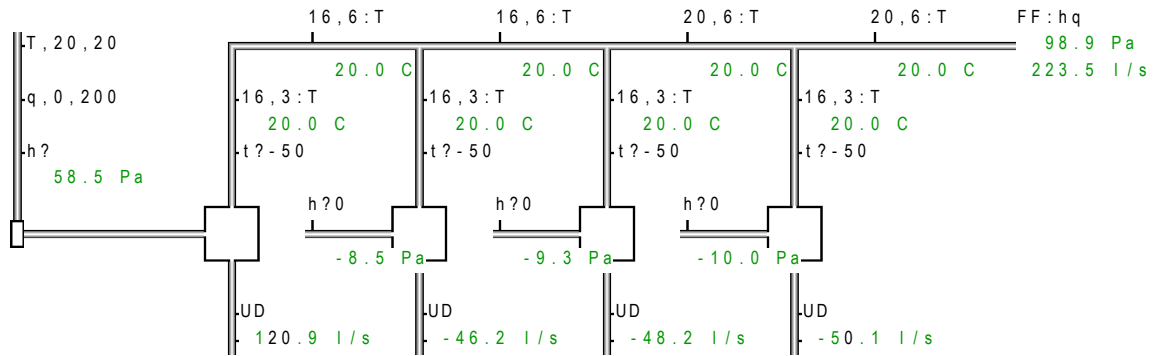
```

end 1 3 systems 111 elements 0 errors 1 observation 2006-11-14 12.09.12
    
```

Figur 15.2 PFS-resultat för instyckning (trix=1) av ett brandutsatt och grenat F-system för fyra lokaler med brand ytterst med brandflöde 200 l/s och tre olika brandtemperaturer 20, 200 och 400 °C.

```

begin
flow      I/s
pressure  Pa
format    q 1
control   bend=1 con=1 duct=1 dencase=1 trix=3
set       UD=t,10,50;q 16=d,160 20=d,200
fan       FF 100:0 100:200 0:800
rms= 0.000
    
```



end 1 3 systems 111 elements 0 errors 1 observation 2006-11-14 12.07.02

Figur 15.3 PFS-resultat för brandfall (trix=3) av ett brandutsatt och grenat F-system för fyra lokaler med brand ytterst med brandflöde 200 l/s och tre olika brandtemperaturer 20, 200 och 400 °C.

```

table 8 8 8 2

program nr - 0 1 3
program qb l/s 0 200 500
program Tb C 0 300 600

result
result
result

result

result
result
result
result

status

begin " exempel 15x "
flow l/s
pressure Pa
format q 1
control bend=1 con=1 duct=1 dencase=1 trix=3
set UD=t,10,50:qw 16=d,160 20=d,200
fan FF 100:0 100:200 0:800

|T, 20, Tb
|q, 0, qb
|h?:w
|#, nr
|
|
|
|
|UD
|T, 20:<
|
|
|
|
|UD
|T, 20:<
|
|
|
|
|UD
|T, 20:<
|
|UD
|T, 20:<

16,6:T 16,6:T 20,6:T 20,6:T FF:hqTw
16,3:T 16,3:T 16,3:T 16,3:T
t?-50 t?-50 t?-50 t?-50
1 2 3 4

```

Figur 15.4 PFS-beskrivning av ett brandsatts och grenat F-system för fyra lokaler med brand i lokal 1 och 3, med brandflöde 200 och 500 l/s och brandtemperatur 300 och 600 °C.



table 8 8 8 2

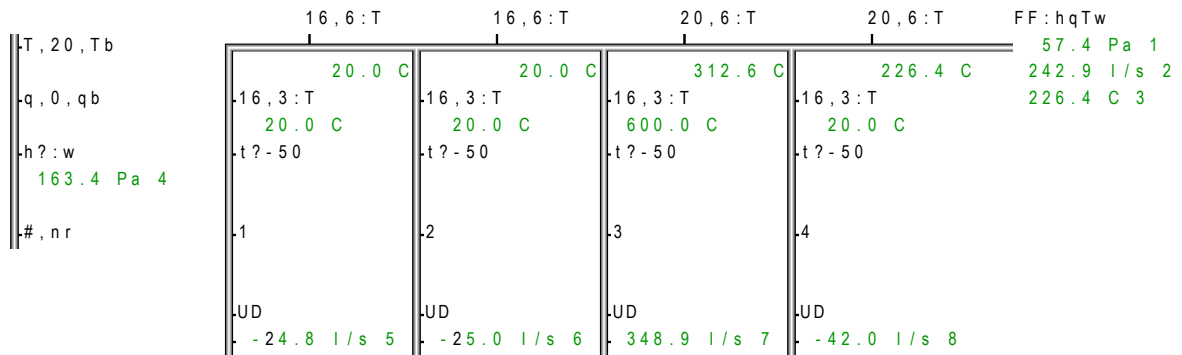
step number	1	2	3	4	5	6	7	8
pro(1) nr	1	3	1	3	1	3	1	3
pro(2) qb l/s	200	200	500	500	200	200	500	500
pro(3) Tb C	300	300	300	300	600	600	600	600

step number	1	2	3	4	5	6	7	8
res(1) Pa	80.0	81.0	67.6	69.0	71.5	72.1	58.2	57.4
res(2) l/s	223.5	211.4	296.9	249.0	226.3	211.0	297.4	242.9
res(3) C	89.0	86.8	134.3	140.8	131.7	131.5	200.3	226.4
res(4) Pa	26.0	29.3	222.0	252.4	15.1	17.0	145.8	163.4
res(5) l/s	112.8	-42.5	329.5	-27.8	106.0	-39.6	329.5	-24.8
res(6) l/s	-45.2	-42.5	-40.4	-27.9	-44.7	-39.7	-43.0	-25.0
res(7) l/s	-44.8	119.7	-39.8	351.3	-43.2	112.5	-39.3	348.9
res(8) l/s	-46.2	-46.2	-46.2	-44.7	-44.5	-44.2	-44.5	-42.0

step number	1	2	3	4	5	6	7	8
short check	010 0 010	0 010 0 010	0 010 0 010	0 010 0 010	0 010 0 010	0 010 0 010	0 010 0 010	0 010 0 010

```

begin
flow l/s
pressure Pa
format q 1
control bend=1 con=1 duct=1 dencase=1 trix=3
set UD=t,10,50:qw 16=d,160 20=d,200
fan FF 100:0 100:200 0:800 rms= 0.000
    
```



end

Figur 15.5 PFS-resultat av ett brandutsatt och grenat F-system för fyra lokaler med brand i lokal 1 och 3, med brandflöde 200 och 500 l/s och brandtemperatur 300 och 600 °C.

```

table 8 8 8 2

program nr - 0 1 2 3 4
program qb l/s 0 500
program Tb C 0 300 600

result
result
result

result

result
result
result
result

status

begin " exempel 15 y"
flow l/s
pressure Pa
format q 1
control bend=1 con=1 duct=1 dencase=1 trix=3
set UD=t,10,50:qw 16=d,160 20=d,200
fan FF 100:0 100:200 0:800

|T, 20, Tb
|q, 0, qb
|h?:w
|#, nr

```

```

      20, 6 : T      FF : hqTw
      |
      |-----|
      |         |         |         |
      | e, 1    | e, 1    | e, 1    | e, 1
      |         |         |         |
      | 16, 21 : T | 16, 15 : T | 16, 9 : T | 16, 3 : T
      |         |         |         |
      | t? - 50  | t? - 50  | t? - 50  | t? - 50
      |         |         |         |
      | 1        | 2        | 3        | 4
      |         |         |         |
      | UD       | UD       | UD       | UD
      | T, 20 : < | T, 20 : < | T, 20 : < | T, 20 : <

```

```

end

```

Figur 15.6 PFS-beskrivning för ett horisontellt F-system med samlingslåda för fyra lokaler med test av varje lokal med brandflöde 500 l/s och brandtemperaturerna 300 C och 600 C.



```

table 8 8 8 2

program nr - 0 1 2 3 4
program qb l/s 0 500
program Tb C 0 300 600

result
result
result

result

result
result
result
result

status

begin
flow l/s " exempel 15z "
pressure Pa
format q 1
control bend=1 con=1 duct=1 dencase=1 trix=3 denz=1.20
set UD=t,10,50:qw 16=d,160 20=d,200
fan FF 100:0 100:200 0:800

|T,20,Tb
|q,0,qb
|h?:w
|#,nr

|e,1 |e,1 |e,1 |e,1
|z,-10 |z,-7 |z,-4 |z,-1
|16,21:T |16,15:T |16,9:T |16,3:T
|t?-50 |t?-50 |t?-50 |t?-50
|.1 |.2 |.3 |.4
|.UD |.UD |.UD |.UD
|T,20:< |T,20:< |T,20:< |T,20:<

20,6:T FF:hqTw

end

```

Figur 15.8 PFS-beskrivning för ett vertikalt F-system med samlingslåda för fyra lokaler med test av varje lokal med brandflöde 500 l/s och brandtemperaturerna 300 C och 600 C.

```

table 8 8 8 2
step number          1      2      3      4      5      6      7      8
pro(1) nr           -      1      2      3      4      1      2      3      4
pro(2) qb l/s       500    500    500    500    500    500    500    500
pro(3) Tb C         300    300    300    300    600    600    600    600

step number          1      2      3      4      5      6      7      8
res(1) Pa           69.3    69.8    70.2    70.7    57.0    57.9    58.9    59.9
res(2) l/s          269.5   267.0   264.5   262.0   270.5   266.0   261.6   257.1
res(3) C            133.1   131.2   129.4   127.5   221.0   214.4   207.7   200.9

res(4) Pa           245.5   250.1   254.7   259.4   150.1   155.5   161.0   166.6

res(5) l/s          346.5   -38.8   -39.1   -39.3   334.3   -35.4   -35.9   -36.4
res(6) l/s          -38.6   349.7   -39.1   -39.4   -34.9   340.3   -35.9   -36.5
res(7) l/s          -38.6   -38.9   352.9   -39.4   -35.0   -35.5   346.3   -36.5
res(8) l/s          -38.7   -38.9   -39.2   356.1   -35.0   -35.5   -36.0   352.3

step number          1      2      3      4      5      6      7      8
short check         ok      ok      ok      ok      ok      ok      ok      ok

begin                                                         " exempel 15z "
flow                l/s
pressure            Pa
format              q 1
control             bend=1 con=1 duct=1 dencase=1 trix=3 denz=1.20
set                 UD=t,10,50:qw 16=d,160 20=d,200
fan                 FF 100:0 100:200 0:800                      rms= 0.000

|T, 20, Tb
|q, 0, qb
|h?: w
|166.6 Pa 4
|#, nr

      |-----|-----|-----|-----|
      |e, 1    |e, 1    |e, 1    |e, 1    |
      |z, -10  |z, -7   |z, -4   |z, -1   |
      |16, 21:T|16, 15:T|16, 9:T  |16, 3:T  |
      |20.0 C   |20.0 C   |20.0 C   |600.0 C  |
      |t?-50   |t?-50   |t?-50   |t?-50   |
      |1       |2       |3       |4       |
      |UD      |UD      |UD      |UD      |
      |-36.4 l/s 5|-36.5 l/s 6|-36.5 l/s 7|352.3 l/s 8

      |-----|-----|-----|-----|
      |20, 6:T  |FF:hqTw
      |200.9 C   |59.9 Pa 1
      |          |257.1 l/s 2
      |          |200.9 C 3

end

```

Figur 15.9 PFS-resultat för ett vertikalt F-system med samlingslåda för fyra lokaler med test av varje lokal med brandflöde 500 l/s och brandtemperaturerna 300 C och 600 C.

```

table 8 8 8 2

program nr - 0 1 2 3 4
program qb l/s 0 500
program Tb C 0 300 600

result
result
result

result

result
result
result
result

status

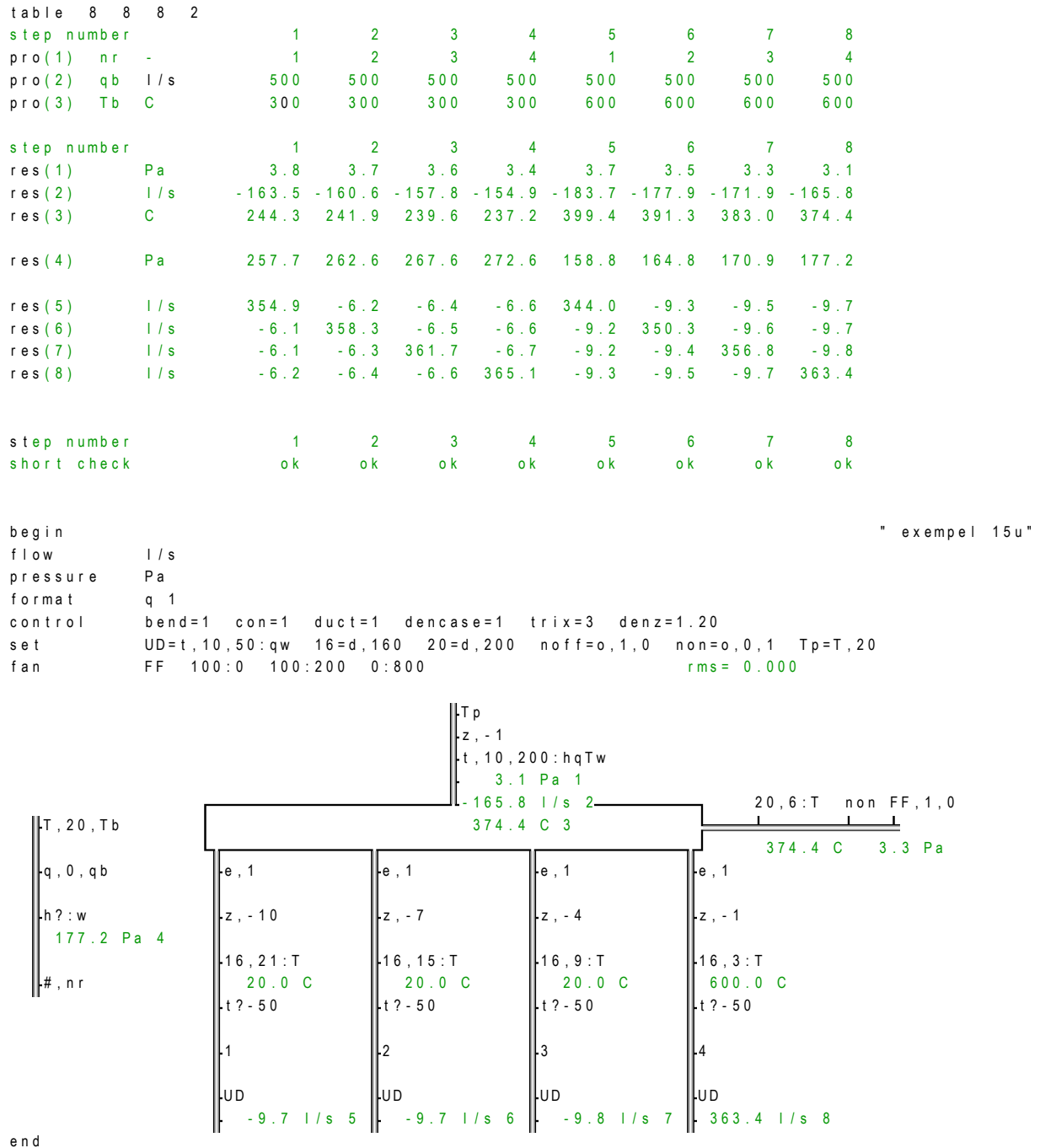
begin " exempel 15u"
flow l/s
pressure Pa
format q 1
control bend=1 con=1 duct=1 dencase=1 trix=3 denz=1.20
set UD=t,10,50:qw 16=d,160 20=d,200 noff=o,1,0 non=o,0,1 Tp=T,20
fan FF 100:0 100:200 0:800

      |Tp
      |z, - 1
      |t, 10, 200:hqTw
      |noff
      |
      |-----|-----|-----|-----|
      | 20,6:T non FF,1,0
      |
      |T, 20, Tb
      |
      |q, 0, qb
      |
      |h?:w
      |
      |#, nr
      |
      |-----|-----|-----|-----|
      |e, 1 |e, 1 |e, 1 |e, 1
      |z, - 10 |z, - 7 |z, - 4 |z, - 1
      |16, 21:T |16, 15:T |16, 9:T |16, 3:T
      |t?-50 |t?-50 |t?-50 |t?-50
      |1 |2 |3 |4
      |UD |UD |UD |UD
      |T, 20:< |T, 20:< |T, 20:< |T, 20:<

end

```

Figur 15.10 PFS-beskrivning för ett vertikalt F-system med samlingslåda och utluftning för fyra lokaler med test av varje lokal med brandflöde 500 l/s och brandtemperaturerna 300 C och 600 C.



Figur 15.11 PFS-resultat för ett vertikalt F-system med samlingslåda och utluftning för fyra lokaler med test av varje lokal med brandflöde 500 l/s och brandtemperaturerna 300 C och 600 C.

## 16 Brandgasspridning i FT-system

I detta delavsnitt undersöks först ett mindre FT-system med ett tidigare redovisat F-system i delavsnitt 15 i Figur 15.1-5. Ett grenat FT-system för fyra lokaler med ett injusterat flöde till 50 l/s och lokal utsätts för åtta brandfall bestående av kombinationerna mellan lokal 1 och 3, brandflöde 100 och 200 l/s och brandtemperatur 200 och 400 °C. Alla lokalerna har ett litet läckage angivet till 5 l/s vid 50 Pa.

PFS-beskrivning och PFS-resultat återfinns i Figur 16.1 respektive 16.2. De tabellerade resultatraderna 1-3 avser tilluftsfläkten, 9-11 avser frånluftsfläkten, 5-8 avser tilluftflöden och 12-15 avser läckutflödena. Negativa tilluftsflöden innebär brandgasspridning. Enligt tumregeln för brandgasspridning i FT-system skall brandflödet vara minst en faktor  $2^{0.5}$  av det normala ventilationsflödet för en lokal utan läckage och med samma grenkanaltryckfall för T- och F-system. Tumregelvärdet blir med dessa förutsättningar 71 l/s. Det aktuella läckaget höjer detta värdet något. Brandgasspridning inträffar för brandflöde 200 l/s och i ett fall för 100 l/s. Tilluftsflöden är dock små för de tre fall som inte har brandgasspridning. Omslag ligger nära.

Ett vertikalt FT-system undersöks för sex olika skyddsmetoder mot brandgasspridning, vilket redovisas parvis med PFS-beskrivning och PFS-resultat i Figur 16.3-14. Ventilationsflödet är 1 m<sup>3</sup>/s per våningsplan och antalet våningsplan är fem. De vertikala stamkanalerna för T- och F-system har dimensionen 800 mm genomgående och anslutande våningskanalsystem har dimensionen 500 mm.

De nominella aggregattryckfallen vid 5 m<sup>3</sup>/s är 300 Pa för tilluft och 150 Pa för frånluft. De nominella fläktryckstegringarna är 500 Pa för tilluft och 300 Pa för frånluft. Dessa siffror innebär att kanalsystemens nominella tryckfall är 200 Pa för tilluft och 150 Pa för frånluft.

Läckageflödet är 0.4 m<sup>3</sup>/s vid en tryckskillnad om 50 Pa, vilket kan jämföras med ventilationsflödet. Antag att luftomsättningen är 2.5 /h då blir luftomsättningen vid provtryckning till normal 50 Pa 1 /h.

De sex skyddsåtgärderna mot brandgasspridning är fläktar i drift, utluftning med stoppade fläktar, konvertering till F-system, tryckavlastning, backspjäll och brandgasspjäll i T-system. Utluftning sker genom en gemensam huv med dimensionen 800 mm för både tilluft och frånluft med ett litet nominellt tryckfall lika med det för fri utströmning och lika med det dynamiska trycket. Konvertering sker med en brandgasfläkt med en tryckstegring på 180 Pa anpassad till byggnadens totala läckflöde vid flödet 2 m<sup>3</sup>/s. Detta ger ett undertryck på 50 Pa i byggnaden vid detta flöde. Alla fem våningsplan testas med två brandfall med brandflöde 3 och 4 m<sup>3</sup>/s och en brandtemperatur om 300 °C med undantag för utluftning som endast har brandflöde 1 och 2 m<sup>3</sup>/s.

Resultatet redovisas i tabellform med en kolumn för varje fall med alla fem tilluftsflöden och fem tilluftstemperaturer och brandtrycket. Negativa tilluftsflöden för brandrummet innebär brandgasspridning till tilluftskanalsystemet. Ett positivt tilluftsflöde med förhöjd tilluftstemperatur innebär att brandgasspridning sker till den anslutna lokalen.

skyddsmetod	Figur	brandgasspridning
fläktar i drift	16.3-4	fall 6-10
utluftning med stoppade fläktar	16.5-6	fall 6-8 tvärströmning på plan 5
brandgasfläkt med stoppade fläktar	16.7-8	ingen
tryckavlastning med fläktar i drift	16.9-10	ingen
backspjäll med fläktar i drift	16.11-12	fall 6-10 läckflöde nerströms
brandgasspjäll med fläktar i drift	16.13-14	fall 6-10 läckflöde nerströms



```

table 8 8 8 2
program nr - 0 1 3
program qb l/s 0 100 200
program Tb C 0 200 400

result
result
result

result

result
result
result
result

result
result
result

result
result
result
result

status

begin
flow l/s
pressure Pa
format q 1
control bend=1 con=1 duct=1 dencase=1 trix=3
set 16=d,160 20=d,200
fan FF 100:0 100:200 0:800

"exempel 16"

|T, 20, Tb
|q, 0, qb
|h?, w
|#, nr

16,6:T 16,6:T 20,6:T 20,6 FF:hqTw<
T, 20:<
-16,3:T -16,3:T -16,3:T -16,3:T
-t?50:qw -t?50:qw -t?50:qw -t?50:qw
-1 -2 -3 -4
-t?50:q -t?50:q -t?50:q -t?50:q
-16,3:T -16,3:T -16,3:T -16,3:T
16,6:T 16,6:T 20,6:T 20,6 FF:hqTw>
T, 20:>

|1 |2 |3 |4
|t, 50, 5 |t, 50, 5 |t, 50, 5 |t, 50, 5
|T, 20: qw< |T, 20: qw< |T, 20: qw< |T, 20: qw<

end

```

Figur 16.1 PFS-beskrivning av ett brandutsatt och grenat FT-system för fyra lokaler med brand i lokal 1 och 3 med brandflöde 100 och 200 l/s och brandtemperatur 200 och 400 °C.

```

table 8 8 8 2
pro(1) nr -          1      3      1      3      1      3      1      3
pro(2) qb l/s       100    100    200    200    100    100    200    200
pro(3) Tb C         200    200    200    200    400    400    400    400

step number         1      2      3      4      5      6      7      8
res(1) Pa          101.4  101.7  102.1  102.0  101.2  101.5  102.0  102.1
res(2) l/s         -158.1 -143.2 -104.2 -83.1  -164.2 -152.9 -113.6 -92.0
res(3) C           20.0    20.0    20.0    20.0    20.0    20.0    20.0    20.0

res(4) Pa           80.5    76.8   167.8  183.0   75.3    80.7   131.8  141.0

res(5) l/s           1.5    49.4   -68.3   53.8    10.4    48.0   -61.0   55.8
res(6) l/s           53.6    49.4    66.8   53.8    52.6    48.1    71.1   55.7
res(7) l/s           51.2    -8.0    52.3   -78.1    50.2     5.4    51.2  -71.9
res(8) l/s           51.9    52.5    53.4    53.6    51.0    51.4    52.4   52.4

res(9) Pa           83.7    83.6    71.7    70.9    77.1    76.8    60.9   59.3
res(10) l/s         242.4  227.9  280.9  260.2  247.7  235.3  289.1  267.3
res(11) C           69.5    73.0   116.5   126.6   97.8   102.1  182.6  202.5

res(12) l/s          8.0     2.5    11.6     3.8     8.8     2.9    12.3     4.3
res(13) l/s          3.0     2.5     5.4     3.8     2.9     2.9     5.8     4.3
res(14) l/s          2.5     7.9     3.4    12.2     2.6     9.3     3.4    12.7
res(15) l/s          2.2     2.4     2.9     3.2     2.2     2.5     3.1     3.3

step number         1      2      3      4      5      6      7      8
short check         ok     ok     ok     ok     ok     ok     ok     ok

begin                                                         "exempel 16"
flow                l/s
pressure            Pa
format              q 1
control             bend=1 con=1 duct=1 dencase=1 trix=3
set                 16=d,160 20=d,200
fan                 FF 100:0 100:200 0:800                    rms= 0.000

|T, 20, Tb
|q, 0, qb
|h?:w
|141.0 Pa 4
|#, nr

      16,6:T      16,6:T      20,6:T      20,6      FF:hqTw<
      187.8 C      187.8 C      20.0 C      102.1 Pa 1
      -16,3:T      -16,3:T      -16,3:T      -16,3:T      -92.0 l/s 2
      187.8 C      187.8 C      400.0 C      20.0 C      20.0 C 3
      t?50:qw      t?50:qw      t?50:qw      t?50:qw
      55.8 l/s 5    55.7 l/s 6    -71.9 l/s 7    52.4 l/s 8

      1          2          3          4
      t?50:q      t?50:q      t?50:q      t?50:q
      51.5 l/s     51.4 l/s     115.4 l/s     49.0 l/s
      -16,3:T      -16,3:T      -16,3:T      -16,3:T
      187.8 C      187.8 C      400.0 C      20.0 C      T, 20:<

      16,6:T      16,6:T      20,6:T      20,6      FF:hqTw>
      187.8 C      187.8 C      279.9 C      59.3 Pa 9
      |1          |2          |3          |4          267.3 l/s 10
      |t, 50,5    |t, 50,5    |t, 50,5    |t, 50,5    202.5 C 11
      |T, 20:qw<  |T, 20:qw<  |T, 20:qw<  |T, 20:qw<
      4.3 l/s 12   4.3 l/s 13   12.7 l/s 14   3.3 l/s 15

end

```

Figur 16.2 PFS-resultat för ett brandutsatt och grenat FT-system för fyra lokaler med brand i lokal 1 och 3 med brandflöde 100 och 200 l/s och brandtemperatur 200 och 400 °C.

```

table 10 10 10 2

program nr      - 0 1 2 3 4 5
program qb m3/s 0 3 4

result

result 3
result 5
result 7
result 9
result 11

result 2
result 4
result 6
result 8
result 10

status

begin
control      duct=1 bend=1 con=1 dim=1 dencase=1 denz=1.20 trix=3
fan          TF 600:0 500:5 200:10
fan          FF 400:0 300:5 000:10
set          TA=g,100,2,300,5 FA=g,050,2,150,5
set          ds=d,800,3 dg=d,500,10 dm=d,800,0 r l=h?0
set          tsys=t?1:qTw fsys=t?1:q zs=z,-3 fasad=t,50,0.4:hq
set          Tp=T,20 Tn=T,20:<

                                "exempel 16a"

                                |Tp
                                |TF
                                |TA
                                |ds
                                |zs
                                |dg  tsys  5  fsys  dg
                                |-----|
                                |ds
                                |zs
                                |dg  tsys  4  fsys  dg
                                |-----|
                                |ds
                                |zs
                                |dg  tsys  3  fsys  dg
                                |-----|
                                |ds
                                |zs
                                |dg  tsys  2  fsys  dg
                                |-----|
                                |ds
                                |zs
                                |dg  tsys  1  fsys  dg
                                |-----|
                                |dm
                                |r l

                                |Tp
                                |FF:<
                                |FA
                                |ds
                                |zs
                                |5  fasad  Tn
                                |-----|
                                |ds
                                |zs
                                |4  fasad  Tn
                                |-----|
                                |ds
                                |zs
                                |3  fasad  Tn
                                |-----|
                                |ds
                                |zs
                                |2  fasad  Tn
                                |-----|
                                |ds
                                |zs
                                |1  fasad  Tn
                                |-----|
                                |dm
                                |r l

                                |T,20,300
                                |q,0,qb
                                |h?:w
                                |#,nr

end

```

Figur 16.3 PFS-beskrivning för ett vertikalt FT-system för fem våningsplan med fläktar i drift och test av brand på varje plan med brandflöde 3 och 4 m<sup>3</sup>/s och brandtemperatur 300 °C.

```

table 10 10 10 2
step number          1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
pro(1) nr           -      1      2      3      4      5      1      2      3      4      5
pro(2) qb m3/s      3      3      3      3      3      4      4      4      4      4
step number          1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
res(1) Pa           202.3 208.0 212.4 214.1 210.0 244.8 261.8 269.1 278.9 290.1

res(3) C            20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  300.0
res(5) C            20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  300.0  38.9
res(7) C            20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  300.0  40.2  38.9
res(9) C            20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  53.8  300.0  43.0  40.2  38.9
res(11) C           20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  300.0  54.4  43.0  40.2  38.9

res(2) m3/s         1.093 1.102 1.117 1.138 0.031 1.161 1.166 1.186 1.214 -0.577
res(4) m3/s         1.083 1.092 1.108 0.149 1.106 1.147 1.152 1.173 -0.457 1.169
res(6) m3/s         1.077 1.087 0.242 1.085 1.106 1.138 1.144 -0.342 1.155 1.166
res(8) m3/s         1.075 0.304 1.069 1.085 1.106 1.189 -0.250 1.148 1.153 1.164
res(10) m3/s        0.342 1.061 1.069 1.085 1.106 -0.252 1.163 1.146 1.151 1.162

step number          1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
short check         ok      ok      ok      ok      ok      ok      ok      ok      ok      ok

begin                                                         "exempel 16a"
control duct=1 bend=1 con=1 dim=1 dencase=1 denz=1.20 trix=3
fan TF 600:0 500:5 200:10 rms= 0.000
fan FF 400:0 300:5 000:10 rms= 0.000
set TA=g,100,2,300,5 FA=g,050,2,150,5
set ds=d,800,3 dg=d,500,10 dm=d,800,0 r l=h?0
set tsys=t?1:qTw fsys=t?1:q zs=z,-3 fasad=t,50,0.4:hq
set Tp=T,20 Tn=T,20:<

|Tp |Tp |T,20,300
|TF |FF:< |q,0,qb
|TA |FA |h?:w
| | |290.1 Pa 1
| | |#,nr
ds |ds |ds
zs |zs |5 fasad Tn
| | |
| | | -290.1 Pa
| | | 1.347 m3/s
ds |ds |ds
zs |zs |4 fasad Tn
| | |
| | | -27.9 Pa
| | | 0.309 m3/s
ds |ds |ds
zs |zs |3 fasad Tn
| | |
| | | -26.8 Pa
| | | 0.302 m3/s
ds |ds |ds
zs |zs |2 fasad Tn
| | |
| | | -25.6 Pa
| | | 0.295 m3/s
ds |ds |ds
zs |zs |1 fasad Tn
| | |
dm |dm | -24.3 Pa
r l |r l | 0.288 m3/s
-259.4 Pa 42.6 Pa

end

```

Figur 16.4 PFS-resultat för ett vertikalt FT-system för fem våningsplan med fläktar i drift och test av brand på varje plan med brandflöde 3 och 4 m<sup>3</sup>/s och brandtemperatur 300 °C.

```

table      10 10 10 2

program nr      - 0 1 2 3 4 5
program qb m3/s 0 1 2

result
result
result

result 4
result 6
result 8
result 10
result 12

result 5
result 7
result 9
result 11
result 13

status

begin
control      duct=1 bend=1 con=1 dim=1 dencase=1 denz=1.20 trix=3
fan          TF 600:0 500:5 200:10
fan          FF 400:0 300:5 000:10
set          TA=g,100,2,300,5 FA=g,050,2,150,5
set          ds=d,800,3 dg=d,500,10 dm=d,800,0 rl=h?0
set          tsys=t?1:qTw fsys=t?1:q zs=z,-3 fasad=t,50,0.4:hq
set          Tp=T,20 Tn=T,20:< non=o,0,1 noff=o,1,0

"exempel 16b"

|Tp      |Tp      |Tp      |T,20,300
|TF      |e,1:qTw |FF:<    |
|TA      |dm      |FA      |q,0,qb
|non     |dm      |non     |h?:w
|dm dm  |dm noff |dm      |#,nr
|dm      |dm      |dm      |
|ds      |ds      |ds      |ds
|zs      |zs      |zs      |zs
|dg      |tsys    |5        |fsys    |dg      |5        |fasad    |Tn
|dg      |tsys    |4        |fsys    |dg      |4        |fasad    |Tn
|dg      |tsys    |3        |fsys    |dg      |3        |fasad    |Tn
|dg      |tsys    |2        |fsys    |dg      |2        |fasad    |Tn
|dg      |tsys    |1        |fsys    |dg      |1        |fasad    |Tn
|dm      |dm      |dm      |dm
|rl      |rl      |rl      |rl

end

```

Figur 16.5 PFS-beskrivning för ett vertikalt FT-system för fem våningsplan med utluftning vid brand och test av brand på varje plan med brandflöde 1 och 2 m<sup>3</sup>/s och brandtemperatur 300 °C.





```

table 10 10 10 2
step number      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
pro(1) nr        1      2      3      4      5      1      2      3      4      5
pro(2) qb m3/s   3      3      3      3      3      4      4      4      4      4
step number      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
res(1) m3/s     -4.526 -4.456 -4.365 -4.255 -4.133 -4.918 -4.858 -4.766 -4.644 -4.499
res(2) C         138.8 136.4 135.4 135.6 137.0 159.7 159.0 159.5 161.3 164.7
res(3) Pa        17.2  26.5  36.1  46.0  54.8  90.0 102.6 116.5 131.7 146.0

res(4) m3/s     -0.226 -0.228 -0.231 -0.237 -1.235 -0.200 -0.199 -0.202 -0.209 -1.554
res(6) m3/s     -0.221 -0.222 -0.225 -1.166 -0.215 -0.199 -0.197 -0.199 -1.460 -0.182
res(8) m3/s     -0.227 -0.225 -1.119 -0.222 -0.204 -0.207 -0.202 -1.390 -0.196 -0.173
res(10) m3/s    -0.238 -1.099 -0.233 -0.214 -0.198 -0.223 -1.351 -0.216 -0.189 -0.167
res(12) m3/s    -1.106 -0.250 -0.228 -0.210 -0.193 -1.341 -0.243 -0.211 -0.185 -0.164

res(5) C         20.0  20.0  20.0  20.0 300.0  20.0  20.0  20.0  20.0 300.0
res(7) C         20.0  20.0  20.0 300.0  20.0  20.0  20.0  20.0 300.0  20.0
res(9) C         20.0  20.0 300.0  20.0  20.0  20.0  20.0 300.0  20.0  20.0
res(11) C        20.0 300.0  20.0  20.0  20.0  20.0 300.0  20.0  20.0  20.0
res(13) C        300.0 20.0  20.0  20.0  20.0 300.0  20.0  20.0  20.0  20.0

step number      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
short check      ok 001  0    ok    ok    ok    ok    ok    ok    ok

begin                                                    "exempel 16c"
control duct=1 bend=1 con=1 dim=1 dencase=1 denz=1.20 trix=3
fan TF 600:0 500:5 200:10 rms= 0.000
fan FF 400:0 300:5 000:10 rms= 0.000
fan BGF 200:0 180:2 120:4 rms= 0.000
set TA=g,100,2,300,5 FA=g,050,2,150,5
set ds=d,800,3 dg=d,500,10 dm=d,800,0 r l=h?0
set tsys=t?1:qTw fsys=t?1:q zs=z,-3 fasad=t,50,0.4:hq
set Tp=T,20 Tn=T,20:< non=o,0,1 noff=o,1,0

|Tp |Tp |Tp |T,20,300
|TF |BGF:qTw< |FF:< |
|TA |-4.499 m3/s 1 |FA |-q,0,qb
|non |164.7 C 2 |non |h?:w
|-646.9 Pa nonff dm |dm noff dm |353.9 Pa |h?:w
| | | | | | |146.0 Pa 3
| | | | | | |# ,nr
ds | | | | | | |ds
zs | dg tsys 5 fsys dg |zs 5 fasad Tn
| | | | | | |
ds | -1.554 m3/s 4 1.490 m3/s |ds -146.0 Pa
zs | dg tsys 4 fsys dg |zs 0.956 m3/s
| | | | | | |4 fasad Tn
| | | | | | |
ds | -0.182 m3/s 6 0.184 m3/s |ds 41.8 Pa
zs | dg tsys 3 fsys dg |zs -0.366 m3/s
| | | | | | |3 fasad Tn
| | | | | | |
ds | -0.173 m3/s 8 0.191 m3/s |ds 41.4 Pa
zs | dg tsys 2 fsys dg |zs -0.364 m3/s
| | | | | | |2 fasad Tn
| | | | | | |
ds | -0.167 m3/s 10 0.196 m3/s |ds 41.1 Pa
zs | dg tsys 1 fsys dg |zs -0.363 m3/s
| | | | | | |1 fasad Tn
| | | | | | |
dm | -0.164 m3/s 12 0.199 m3/s |dm 41.0 Pa
r l | 20.0 C 13 |r l -0.362 m3/s
46.3 Pa |44.8 Pa
end

```

Figur 16.8 PFS-resultat för ett vertikalt FT-system för fem våningsplan med konvertering till F-system och test av brand på varje plan med brandflöde 3 och 4 m<sup>3</sup>/s och brandtemperatur 300 °C.



```

table 10 10 10 2

program nr      - 0 1 2 3 4 5
program qb m3/s 0 3 4

result
result

result 3
result 5
result 7
result 9
result 11

result 4
result 6
result 8
result 10
result 12

status

begin
control duct=1 bend=1 con=1 dim=1 dencase=1 denz=1.20 trix=3
fan      TF 600:0 500:5 200:10
fan      FF 400:0 300:5 000:10
set      TA=g,100,2,300,5 FA=g,050,2,150,5
set      ds=d,800,3 dg=d,500,10 dm=d,800,0 r l=h?0
set      tsys=t?1:qTw fsys=t?1:q zs=z,-3 fasad=t,50,0.4:hq
set      Tp=T,20 Tn=T,20:< noff=o,1,0

      |Tp      |Tp      |T,20,300      |Tp
      |TF      |FF:<      |q,0,qb      |noff
      |TA      |FA      |h?:w      |t,100,1:qw
      |# ,nr      |# ,nr
      |ds      |ds      |5 fasad      |Tn
      |zs      |zs      |4 fasad      |Tn
      |         |         |3 fasad      |Tn
      |         |         |2 fasad      |Tn
      |         |         |1 fasad      |Tn
      |dm      |dm
      |r l     |r l

end

```

Figur 16.9 PFS-beskrivning för ett vertikalt FT-system för fem våningsplan med tryckavlastning vid brand och test av brand på varje plan med brandflöde 3 och 4 m<sup>3</sup>/s och brandtemperatur 300 °C.

```

table 10 10 10 2
step number          1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
pro(1) nr           -      1      2      3      4      5      1      2      3      4      5
pro(2) qb m3/s      3      3      3      3      3      4      4      4      4      4

step number          1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
res(1) Pa           95.4   99.4  103.1  106.8  109.5  148.5  153.0  157.5  161.3  163.3
res(2) m3/s        -1.251 -1.279 -1.305 -1.332 -1.353 -1.610 -1.637 -1.665 -1.693 -1.714

res(3) m3/s         1.036  1.040  1.047  1.055  0.645  1.060  1.066  1.076  1.090  0.400
res(5) m3/s         1.032  1.036  1.043  0.687  1.041  1.054  1.060  1.070  0.471  1.068
res(7) m3/s         1.030  1.035  0.716  1.033  1.041  1.050  1.057  0.523  1.054  1.068
res(9) m3/s         1.031  0.735  1.028  1.033  1.041  1.050  0.555  1.044  1.054  1.068
res(11) m3/s        0.750  1.026  1.028  1.033  1.041  0.576  1.041  1.044  1.054  1.068

res(4) C            20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0
res(6) C            20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0
res(8) C            20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0
res(10) C           20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0
res(12) C           20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0

step number          1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
short check         ok      ok      ok      ok      ok      ok      ok      ok      ok      ok

begin                                                         "exempel 16d"
control duct=1 bend=1 con=1 dim=1 dencase=1 denz=1.20 trix=3
fan TF 600:0 500:5 200:10 rms= 0.000
fan FF 400:0 300:5 000:10 rms= 0.000
set TA=g,100,2,300,5 FA=g,050,2,150,5
set ds=d,800,3 dg=d,500,10 dm=d,800,0 r l=h?0
set tsys=t?1:qTw fsys=t?1:q zs=z,-3 fasad=t,50,0.4:hq
set Tp=T,20 Tn=T,20:< noff=o,1,0

|Tp |Tp |T,20,300 |Tp
|TF |FF:< |q,0,qb |noff
|TA |FA |h?:w |t,100,1:qw
| | |163.3 Pa 1 | -1.714 m3/s 2
| | |# ,nr |# ,nr
ds | | | | |
zs | dg tsys 5 fsys dg | 5 fasad Tn
| | | | | | -163.3 Pa
ds | | | | | | 0.970 m3/s
zs | dg tsys 4 fsys dg | 4 fasad Tn
| | | | | | -10.9 Pa
ds | | | | | | 0.187 m3/s
zs | dg tsys 3 fsys dg | 3 fasad Tn
| | | | | | -10.9 Pa
ds | | | | | | 0.187 m3/s
zs | dg tsys 2 fsys dg | 2 fasad Tn
| | | | | | -10.9 Pa
ds | | | | | | 0.187 m3/s
zs | dg tsys 1 fsys dg | 1 fasad Tn
dm | | | | | | -10.9 Pa
r l | | | | | | 0.187 m3/s
-222.5 Pa | 61.3 Pa

end

```

Figur 16.10 PFS-resultat för ett vertikalt FT-system för fem våningsplan med tryckavlastning vid brand och test av brand på varje plan med brandflöde 3 och 4 m<sup>3</sup>/s och brandtemperatur 300 °C.



```

table 10 10 10 2
step number          1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
pro(1) nr           -      1      2      3      4      5      1      2      3      4      5
pro(2) qb m3/s      3      3      3      3      3      4      4      4      4      4

step number          1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
res(1) Pa           202.3 208.0 212.4 214.1 210.0 282.7 300.1 324.9 361.4 407.5

res(3) C            20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  300.0
res(5) C            20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  300.0  21.3
res(7) C            20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  300.0  21.5  21.3
res(9) C            20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  22.9  300.0  21.8  21.5  21.3
res(11) C           20.0  20.0  20.0  20.0  20.0  300.0  23.0  21.8  21.5  21.3

res(2) m3/s         1.093 1.102 1.117 1.138 0.031 1.138 1.144 1.153 1.165 -0.040
res(4) m3/s         1.083 1.092 1.108 0.149 1.106 1.124 1.130 1.141 -0.034 1.103
res(6) m3/s         1.077 1.087 0.242 1.085 1.106 1.115 1.122 -0.028 1.093 1.103
res(8) m3/s         1.075 0.304 1.069 1.085 1.106 1.116 -0.023 1.085 1.092 1.103
res(10) m3/s        0.342 1.061 1.069 1.085 1.106 -0.022 1.085 1.085 1.092 1.103

step number          1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
short check          ok      ok      ok      ok      ok      ok      ok      ok      ok      ok

begin                                                         "exempel 16e"
control duct=1 bend=1 con=1 dim=1 dencase=1 denz=1.20 trix=3
fan TF 600:0 500:5 200:10 rms= 0.000
fan FF 400:0 300:5 000:10 rms= 0.000
asymmetric BSS 20 1 200000 1 2
set TA=g,100,2,300,5 FA=g,050,2,150,5
set ds=d,800,3 dg=d,500,10 dm=d,800,0 r l=h?0
set tsys=t?1:qTw fsys=t?1:q zs=z,-3 fasad=t,50,0.4:hq
set Tp=T,20 Tn=T,20:<

|Tp |Tp |T,20,300
|TF |FF:< |q,0,qb
|TA |FA |h?:w
| | |407.5 Pa 1
| | |#,nr
ds |ds |
zs |zs |5 fasad Tn
| | |
ds |ds | -407.5 Pa
zs |zs |1.597 m3/s
| | |4 fasad Tn
| | |
ds |ds | 1.103 m3/s 4 0.801 m3/s
zs |zs |21.3 C 5 | | | -28.5 Pa
| | |3 fasad Tn | | |0.302 m3/s
| | |
ds |ds | 1.103 m3/s 6 0.801 m3/s
zs |zs |21.3 C 7 | | | -28.4 Pa
| | |2 fasad Tn | | |0.302 m3/s
| | |
ds |ds | 1.103 m3/s 8 0.801 m3/s
zs |zs |21.3 C 9 | | | -28.3 Pa
| | |1 fasad Tn | | |0.302 m3/s
| | |
dm |dm | 1.103 m3/s 10 0.802 m3/s
r l |r l |28.2 Pa | | |0.301 m3/s
| | |
-252.8 Pa | | | 31.4 Pa

end

```

Figur 16.12 PFS-resultat för ett vertikalt FT-system för fem våningsplan med backspjäll och test av brand på varje plan med brandflöde 3 och 4 m<sup>3</sup>/s och brandtemperatur 300 °C.

```

table      0 10 10 2

program nr   - 0 1 2 3 4 5 1 2 3 4 5
program s1   - 0 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1
program s2   - 0 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1
program s3   - 0 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1
program s4   - 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1
program s5   - 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0
program qb m3/s 0 3 3 3 3 3 4 4 4 4 4

result
result 3
result 5
result 7
result 9
result 11
result 2
result 4
result 6
result 8
result 10
status

begin
control duct=1 bend=1 con=1 dim=1 dencase=1 denz=1.20 trix=3
fan      TF 600:0 500:5 200:10
fan      FF 400:0 300:5 000:10
diagram  BGS (ipq) 0 200000 1 1 20 1
set      TA=g,100,2,300,5 FA=g,050,2,150,5
set      ds=d,800,3 dg=d,500,10 dm=d,800,0 r l=h?0
set      tsys=t?1:qTw fsys=t?1:q zs=z,-3 fasad=t,50,0.4:hq
set      Tp=T,20 Tn=T,20:<
set      BS1=BGS,1,s1 BS2=BGS,1,s2 BS3=BGS,1,s3 BS4=BGS,1,s4 BS5=BGS,1,s5

      |Tp      |Tp      |T, 20, 300
      |TF      |FF: <    |q, 0, qb
      |TA      |FA      |h?: w
      |        |        |# , nr
ds.   |dg BS5 tsys 5 fsys dg|ds   |5 fasad Tn
zs.   |-----|zs   |-----|
ds.   |dg BS4 tsys 4 fsys dg|ds   |4 fasad Tn
zs.   |-----|zs   |-----|
ds.   |dg BS3 tsys 3 fsys dg|ds   |3 fasad Tn
zs.   |-----|zs   |-----|
ds.   |dg BS2 tsys 2 fsys dg|ds   |2 fasad Tn
zs.   |-----|zs   |-----|
ds.   |dg BS1 tsys 1 fsys dg|ds   |1 fasad Tn
zs.   |-----|zs   |-----|
dm.   |        |dm   |
r l.  |        |r l  |

end

```

Figur 16.13 PFS-beskrivning för ett vertikalt FT-system för fem våningsplan med brandgasspjäll och test av brand på varje plan med brandflöde 3 och 4 m<sup>3</sup>/s och brandtemperatur 300 °C.

```

table 0 10 10 2
step number      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
pro(1) nr        1      2      3      4      5      1      2      3      4      5
pro(2) s1        0      1      1      1      1      0      1      1      1      1
pro(3) s2        1      0      1      1      1      1      0      1      1      1
pro(4) s3        1      1      0      1      1      1      1      0      1      1
pro(5) s4        1      1      1      0      1      1      1      1      0      1
pro(6) s5        1      1      1      1      0      1      1      1      1      0
pro(7) qb m3/s   3      3      3      3      3      4      4      4      4      4
step number      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
res(1) Pa       136.4  149.1  163.4  182.0  203.6  282.7  300.1  324.9  361.4  407.5
res(3) C         20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   300.0
res(5) C         20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   300.0   21.3
res(7) C         20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   300.0   21.5   21.3
res(9) C         20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   22.9   300.0   21.8   21.5   21.3
res(11) C        20.0   20.0   20.0   20.0   20.0   300.0   23.0   21.8   21.5   21.3
res(2) m3/s     1.136  1.140  1.147  1.157  0.006  1.138  1.144  1.153  1.165  -0.040
res(4) m3/s     1.125  1.130  1.137  0.015  1.109  1.124  1.130  1.141  -0.034  1.103
res(6) m3/s     1.119  1.124  0.019  1.102  1.109  1.115  1.122  -0.028  1.093  1.103
res(8) m3/s     1.118  0.021  1.098  1.102  1.109  1.116  -0.023  1.085  1.092  1.103
res(10) m3/s    0.023  1.099  1.098  1.102  1.109  -0.022  1.085  1.085  1.092  1.103
step number      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10

begin                                                    "exempel 16 f"
control duct=1 bend=1 con=1 dim=1 dencase=1 denz=1.20 trix=3
fan TF 600:0 500:5 200:10 rms= 0.000
fan FF 400:0 300:5 000:10 rms= 0.000
diagram BGS (ipq) 0 200000 1 1 20 1
set TA=g,100,2,300,5 FA=g,050,2,150,5
set ds=d,800,3 dg=d,500,10 dm=d,800,0 r l=h?0
set tsys=t?1:qTw fsys=t?1:q zs=z,-3 fasad=t,50,0.4:hq
set Tp=T,20 Tn=T,20:<
set BS1=BGS,1,s1 BS2=BGS,1,s2 BS3=BGS,1,s3 BS4=BGS,1,s4 BS5=BGS,1,s5

|Tp
|TF
|TA
ds.
zs. dg BS5 tsys 5 fsys dg
-0.040 m3/ 2.363 m3/s
300.0 C 3
ds.
zs. dg BS4 tsys 4 fsys dg
1.103 m3/ 0.801 m3/s
21.3 C 5
ds.
zs. dg BS3 tsys 3 fsys dg
1.103 m3/ 0.801 m3/s
21.3 C 7
ds.
zs. dg BS2 tsys 2 fsys dg
1.103 m3/ 0.801 m3/s
21.3 C 9
dm.
r l. 1.103 m3/ 0.802 m3/s
21.3 C 11
-252.8 Pa

|Tp
|FF:<
|FA
ds.
zs. 5 fasad Tn
-407.5 Pa
1.597 m3/s
ds.
zs. 4 fasad Tn
-28.5 Pa
0.302 m3/s
ds.
zs. 3 fasad Tn
-28.4 Pa
0.302 m3/s
ds.
zs. 2 fasad Tn
-28.3 Pa
0.302 m3/s
dm.
r l. 1 fasad Tn
-28.2 Pa
0.301 m3/s

|T,20,300
|q,0,qb
|h?:w
|FA
|407.5 Pa 1
|#,nr

31.4 Pa
end

```

Figur 16.14 PFS-resultat för ett vertikalt FT-system för fem våningsplan med brandgasspjäll och test av brand på varje plan med brandflöde 3 och 4 m<sup>3</sup>/s och brandtemperatur 300 °C.



## 17 Trycksättning av trapphus

Detta görs för att förhindra brandgaser och rök att komma in i trapphuset. En minsta tryckskillnad om 20 Pa krävs för detta och samtidigt begränsas tryckskillnaden uppåt till omkring 80 Pa för att dörrar skall kunna öppnas. Den termiska tryckgradienten i ett trapphus kan var upptill 2 Pa/m vilket gäller vid en extrem temperaturskillnad på 46 °C mellan inne och ute. För ett sådant fall begränsas trapphushöjden till endast 30 m eller grovt tio våningsplan.

Det finns dock en förbisedd möjlighet att eliminera den termiska tryckgradienten med en lika stor strömningsteknisk tryckgradient. Kompakta trapphus har ett tryckfall redan vid måttliga flöden och tryckfallet 1 Pa/m kan fås med ett flöde på några m<sup>3</sup>/s vilket i sin tur motsvarar en lufthastighet mindre än 2 m/s räknat över själva trapplöpet. Modellsök ger grovt ett kvadratisk tryckfall på 0.08 Pa/m vid ett flöde på 1 m<sup>3</sup>/s.

PFS-beräkningsexemplet är ett trapphus med höjden 60 m och tjugo våningsplan som skall trycksättas. En stängd dörr antas ha en omkrets på 6 m och en effektiv spaltvidd på 1 mm vilket ger en läckarea på 0.006 m<sup>2</sup> per dörr. Detta ger ett läckflöde på 0.060 m<sup>3</sup>/s och dörr. Trapptryckfallet är 0.08 Pa/m vid flödet 1 m<sup>3</sup>/s.

Det trapphusflöde som balanserar den termiska tryckökningen kan beräknas som följer:

$$q_b = ((\rho_o - \rho_i) g / \Delta p_q)^{0.5} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

där

$q_b$	balansflöde, m <sup>3</sup> /s
$\rho_o$	uteluftens densitet, kg/m <sup>3</sup>
$\rho_i$	innetluftens densitet, kg/m <sup>3</sup>
$g$	gravitationen, m/s <sup>2</sup>
$\Delta p_q$	trapphustryckfall vid 1 m <sup>3</sup> /s, Pa/m

Inflödet i trapphuset måste kompensera för hela trapphusets nominella läckflödet  $q_x$  vid 60 Pa varvid medelflödet blir lika med balansflödet  $q_b$ . Detta innebär att inflödet nederst blir  $q_b + q_x/2$  och utflödet överst blir  $q_b - q_x/2$ . Fyra fall på olika trycksättning redovisas i Figur 17.1-3. Trycksättning sätts till 60 Pa nederst i samtliga fall. Det första fallet är statisk trycksättning utan något utflöde. Det andra fallet har en given öppning med ett givet tryckfall 60 Pa för nominellt utflöde  $q_b - q_x/2$ . Det tredje fallet har ett givet inflöde lika med det nominella enligt  $q_b + q_x/2$ . Det fjärde fallet har även konstant tryckhållning överst med 60 Pa övertryck.

PFS-beskrivning och resultat redovisas i Figur 17.1 respektive 17.2 för fallet med innetemperatur 20 °C och en utetemperatur 0 °C. Det statiska, första fallet, har ett trapphusövertryck som ökar med mer än 50 Pa från 60 Pa nederst. De övriga tre med flödestrycksättning har nästan konstant övertryck i hela trapphuset. Resultatet för ett fall med en lägre innetemperatur -20 °C redovisas i Figur 17.3. Det statiska första fallet har ett förväntat övertryck mer än 100 Pa över övertrycket nederst i trapphuset. Det tre övriga fallen uppvisar en endast något större variation i övertryck.

Notera att de olika balansflödena, inflödena och utflödena beräknas med angivna förutsättningar med raderna 3, 4 och 5.

Beskrivning och resultat visas som ett exempel i Figur 17.4-5 för en byggnad med utrymnings-trapphus anslutet till till en hisshall på varje våningsplan. Ett hisschakt kopplar samman alla hissplan.



```

begin
control  dencase=1  denz=1.29
compute  qb=sqrt((1.29-1.2)*9.81*6/0.48)  "qb"
compute  qt=qb-20*0.06/2  "qb-qx/2"
compute  qs=-qb-20*0.06/2  "qb+qx/2"
set      zs=z,-6  ts=t,0.48,1  dc=t,60,0.12:hq  Tp=T,20  Tn=T,20:<

com  fix nedre övertryck 60 Pa i samtliga fyra fall

com  ingen övre öppning  fix övre öppning  fixt nedre flöde  fixt övre övertryck

|Tp
|h?0
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|h,-60:q
|Tn

|Tp
|t,60,qt:hq
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|h,-60:q
|Tn

|Tp
|h?:q
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|h,-60,qs
|Tn

|Tp
|h,60:q
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|zs
|ts dc Tn
|
|h,-60:q
|Tn

end

```

Figur 17.1 PFS-beskrivning för trycksättning av trapphus med fyra olika metoder.

```

begin
control dencase=1 denz=1.29 "exempel 17"
com(1) qb=sqrt((1.29-1.2)*9.81*6/0.48) "qb" 3.322084
com(2) qt=qb-20*0.06/2 "qb-qx/2" 2.722084
com(3) qs=-qb-20*0.06/2 "qb+qx/2" -3.922084
set zs=z,-6 ts=t,0.48,1 dc=t,60,0.12:hq Tp=T,20 Tn=T,20:<

com fix nedre övertryck 60 Pa i samtliga fyra fall

com ingen övre öppning fix övre öppning fixt nedre flöde fixt övre övertryck

|Tp
|h?0
| 110.1 Pa
|zs
|ts dc Tn
|-----|
| -104.8 Pa
|zs 0.159 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -99.5 Pa
|zs 0.155 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -94.2 Pa
|zs 0.150 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -89.0 Pa
|zs 0.146 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -83.9 Pa
|zs 0.142 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -78.9 Pa
|zs 0.138 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -74.0 Pa
|zs 0.133 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -69.2 Pa
|zs 0.129 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -64.5 Pa
|zs 0.124 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -60.0 Pa
| 0.120 m3/s
|h, -60 : q
|-1.396 m3/s

|Tp
|t,60,qt:hq
| 61.0 Pa
|-2.745 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -59.3 Pa
|zs 0.119 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -58.0 Pa
|zs 0.118 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -57.0 Pa
|zs 0.117 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -56.3 Pa
|zs 0.116 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -55.9 Pa
|zs 0.116 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -56.0 Pa
|zs 0.116 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -56.4 Pa
|zs 0.116 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -57.2 Pa
|zs 0.117 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -58.4 Pa
|zs 0.118 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -60.0 Pa
| 0.120 m3/s
|h, -60 : q
|-3.919 m3/s

|Tp
|h?:q
| 60.9 Pa
|-2.749 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -59.2 Pa
|zs 0.119 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -57.9 Pa
|zs 0.118 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -56.9 Pa
|zs 0.117 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -56.2 Pa
|zs 0.116 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -56.2 Pa
|zs 0.116 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -55.9 Pa
|zs 0.116 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -55.9 Pa
|zs 0.116 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -56.3 Pa
|zs 0.116 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -57.1 Pa
|zs 0.117 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -58.4 Pa
|zs 0.118 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -60.0 Pa
| 0.120 m3/s
|h, -60 , qs
|Tn

|Tp
|h,60:q
|-2.781 m3/s
|zs
|ts dc Tn
|-----|
| -58.4 Pa
|zs 0.118 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -57.2 Pa
|zs 0.117 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -56.2 Pa
|zs 0.116 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -55.6 Pa
|zs 0.116 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -55.4 Pa
|zs 0.115 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -55.5 Pa
|zs 0.115 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -56.0 Pa
|zs 0.116 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -56.9 Pa
|zs 0.117 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -58.3 Pa
|zs 0.118 m3/s
|ts dc Tn
|-----|
| -60.0 Pa
| 0.120 m3/s
|h, -60 : q
|-3.950 m3/s

end 1 4 systems 176 elements 0 errors 0 observations 2006-12-06 16.56.29

```

Figur 17.2 PFS-resultat för trycksättning av trapphus med fyra olika metoder vid 0 °C ute.

```

begin
control dencase=1 denz=1.39
com(1) qb=sqrt((1.39-1.2)*9.81*6/0.48) "qb" 4.826877
com(2) qt=qb-20*0.06/2 "qb-qx/2" 4.226877
com(3) qs=-qb-20*0.06/2 "qb+qx/2" -5.426877
set zs=z,-6 ts=t,0.48,1 dc=t,60,0.12:hq Tp=T,20 Tn=T,20:<

com fix nedre övertryck 60 Pa i samtliga fyra fall

com ingen övre öppning fix övre öppning fixt nedre flöde fixt övre övertryck

|Tp |Tp |Tp |Tp
|h?0 |t,60,qt:hq |h?:q |h,60:q
|167.8 Pa |61.2 Pa |61.3 Pa |-4.298 m3/s
|zs |zs |zs |zs
|ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn
|-----|-----|-----|-----|
|-156.6 Pa |-58.7 Pa |-58.9 Pa |-57.7 Pa
|zs 0.194 m3/s |zs 0.119 m3/s |zs 0.119 m3/s |zs 0.118 m3/s
|ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn
|-----|-----|-----|-----|
|-145.5 Pa |-56.8 Pa |-56.9 Pa |-55.9 Pa
|zs 0.187 m3/s |zs 0.117 m3/s |zs 0.117 m3/s |zs 0.116 m3/s
|ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn
|-----|-----|-----|-----|
|-134.4 Pa |-55.4 Pa |-55.4 Pa |-54.5 Pa
|zs 0.180 m3/s |zs 0.115 m3/s |zs 0.115 m3/s |zs 0.114 m3/s
|ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn
|-----|-----|-----|-----|
|-123.3 Pa |-54.4 Pa |-54.5 Pa |-53.7 Pa
|zs 0.172 m3/s |zs 0.114 m3/s |zs 0.114 m3/s |zs 0.114 m3/s
|ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn
|-----|-----|-----|-----|
|-112.4 Pa |-54.0 Pa |-54.0 Pa |-53.4 Pa
|zs 0.164 m3/s |zs 0.114 m3/s |zs 0.114 m3/s |zs 0.113 m3/s
|ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn
|-----|-----|-----|-----|
|-101.6 Pa |-54.1 Pa |-54.1 Pa |-53.6 Pa
|zs 0.156 m3/s |zs 0.114 m3/s |zs 0.114 m3/s |zs 0.113 m3/s
|ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn
|-----|-----|-----|-----|
|-91.0 Pa |-54.7 Pa |-54.8 Pa |-54.4 Pa
|zs 0.148 m3/s |zs 0.115 m3/s |zs 0.115 m3/s |zs 0.114 m3/s
|ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn
|-----|-----|-----|-----|
|-80.5 Pa |-55.9 Pa |-55.9 Pa |-55.7 Pa
|zs 0.139 m3/s |zs 0.116 m3/s |zs 0.116 m3/s |zs 0.116 m3/s
|ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn
|-----|-----|-----|-----|
|-70.1 Pa |-57.7 Pa |-57.7 Pa |-57.5 Pa
|zs 0.130 m3/s |zs 0.118 m3/s |zs 0.118 m3/s |zs 0.118 m3/s
|ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn |ts dc Tn
|-----|-----|-----|-----|
|-60.0 Pa |-60.0 Pa |-60.0 Pa |-60.0 Pa
|0.120 m3/s |0.120 m3/s |0.120 m3/s |0.120 m3/s
|h,-60:q |h,-60:q |h,-60:qs |h,-60:q
|-1.589 m3/s |-5.429 m3/s |Tn |-5.453 m3/s

end 1 4 systems 176 elements 0 errors 0 observations 2006-12-06 16.54.14

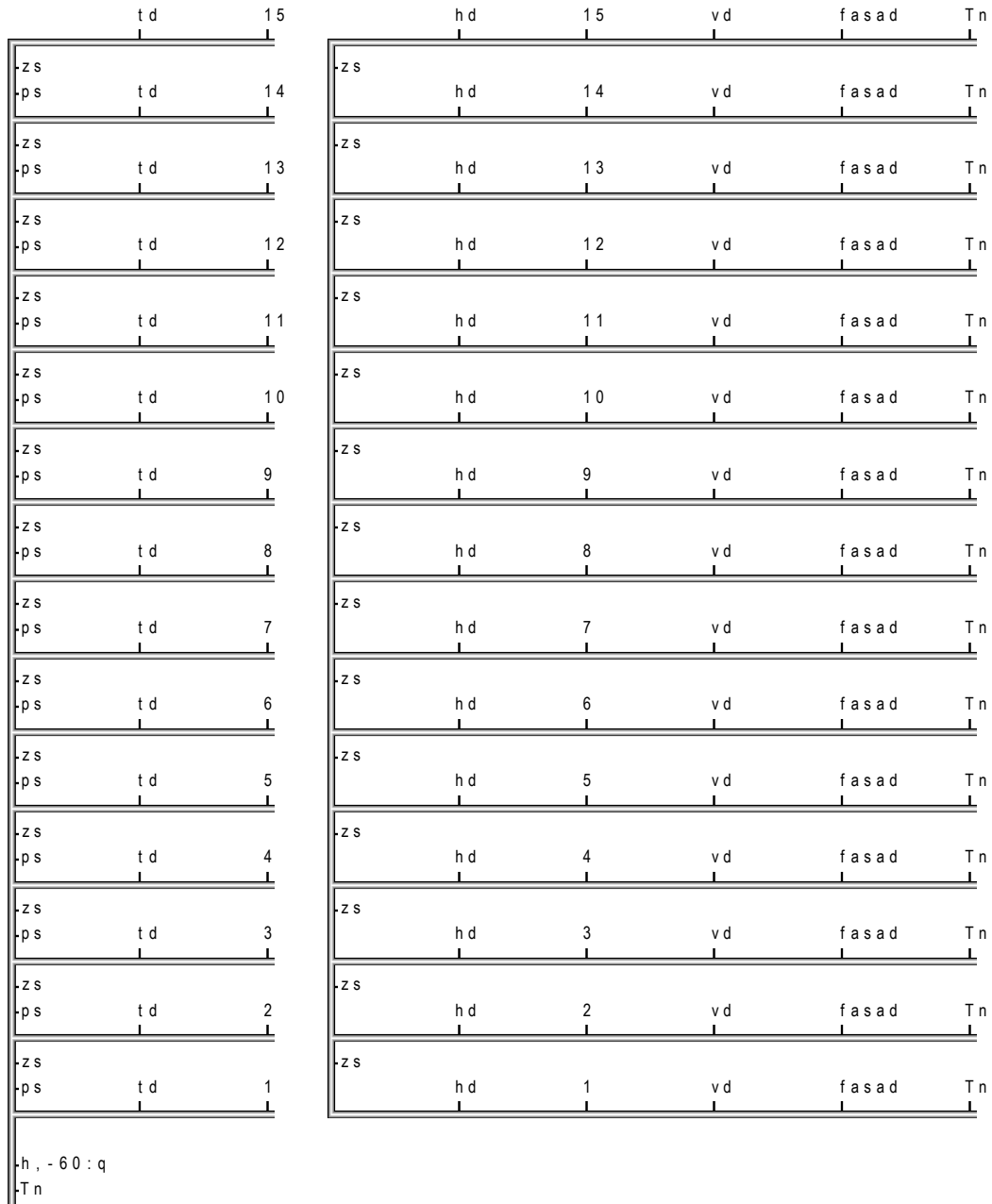
```

Figur 17.3 PFS-resultat för trycksättning av trapphus med fyra olika metoder vid -20 °C ute.

```

begin
flow      l / s
format    q 1
control   dencase=1      denz=1.29
set       zs=z, -4      ps=t, 0.24, 1000   Tn=T, 20:<
set       td=t, 50, 60:hq  hd=t, 50, 60:hq   vd=t, 50, 60:hq   fasad=t, 50, 200:hq

```



end

Figur 17.4 PFS-beskrivning av trycksättning av trapphus anslutet till en hisshall på varje plan.

```

begin
flow      l / s
format    q 1
control   dencase=1      denz=1.29
set       zs=z, -4       ps=t, 0.24, 1000   Tn=T, 20:<
set       td=t, 50, 60:hq  hd=t, 50, 60:hq   vd=t, 50, 60:hq   fasad=t, 50, 200:hq
    
```

	td	15	hd	15	vd	fasad	Tn
-zs	-41.6 Pa		-2.0 Pa		-61.6 Pa	-5.5 Pa	
ps	54.7 l/s	14	11.9 l/s	14	66.6 l/s	66.6 l/s	Tn
-zs	-41.2 Pa		-1.6 Pa		-58.8 Pa	-5.3 Pa	
ps	54.4 l/s	13	10.6 l/s	13	65.0 l/s	65.0 l/s	Tn
-zs	-40.8 Pa		-1.2 Pa		-55.9 Pa	-5.0 Pa	
ps	54.2 l/s	12	9.2 l/s	12	63.4 l/s	63.4 l/s	Tn
-zs	-40.4 Pa		-0.8 Pa		-52.9 Pa	-4.8 Pa	
ps	54.0 l/s	11	7.8 l/s	11	61.7 l/s	61.7 l/s	Tn
-zs	-40.2 Pa		-0.5 Pa		-50.0 Pa	-4.5 Pa	
ps	53.8 l/s	10	6.2 l/s	10	60.0 l/s	60.0 l/s	Tn
-zs	-39.9 Pa		-0.3 Pa		-47.0 Pa	-4.2 Pa	
ps	53.6 l/s	9	4.5 l/s	9	58.2 l/s	58.2 l/s	Tn
-zs	-39.8 Pa		-0.1 Pa		-43.9 Pa	-4.0 Pa	
ps	53.5 l/s	8	2.7 l/s	8	56.2 l/s	56.2 l/s	Tn
-zs	-39.7 Pa		0.0 Pa		-40.7 Pa	-3.7 Pa	
ps	53.5 l/s	7	0.7 l/s	7	54.2 l/s	54.2 l/s	Tn
-zs	-39.7 Pa		0.0 Pa		-37.5 Pa	-3.4 Pa	
ps	53.5 l/s	6	-1.5 l/s	6	52.0 l/s	52.0 l/s	Tn
-zs	-39.6 Pa		0.2 Pa		-34.4 Pa	-3.1 Pa	
ps	53.4 l/s	5	-3.6 l/s	5	49.8 l/s	49.8 l/s	Tn
-zs	-39.4 Pa		0.4 Pa		-31.4 Pa	-2.8 Pa	
ps	53.3 l/s	4	-5.7 l/s	4	47.6 l/s	47.6 l/s	Tn
-zs	-39.1 Pa		0.8 Pa		-28.6 Pa	-2.6 Pa	
ps	53.1 l/s	3	-7.7 l/s	3	45.3 l/s	45.3 l/s	Tn
-zs	-38.7 Pa		1.3 Pa		-25.8 Pa	-2.3 Pa	
ps	52.8 l/s	2	-9.7 l/s	2	43.1 l/s	43.1 l/s	Tn
-zs	-38.3 Pa		1.9 Pa		-23.1 Pa	-2.1 Pa	
ps	52.5 l/s	1	-11.7 l/s	1	40.8 l/s	40.8 l/s	Tn
-h, -60:q	-37.7 Pa		2.6 Pa		-20.5 Pa	-1.8 Pa	
	52.1 l/s		-13.7 l/s		38.4 l/s	38.4 l/s	
	-802.3 l/s						

```

end 1 1 system 119 elements 0 errors 0 observations 2006-12-15 12.47.41
    
```

Figur 17.5 PFS-resultat för trycksättning av trapphus anslutet till en hisshall på varje plan.

## 18 Grenrörssprinklersystem

Ett dubbelsidigt grenrörssystem för riskklass N1 skall dimensioneras och kontrollberäknas för en lokal med längden 36 m och bredden 30 m. Fördelningsröret läggs mitt i byggnadens längdriktning. Avståndet mellan grenrören är 4 m. Avståndet mellan sprinkler på gridrör är 3 m.

Tillgängligt tryck oberoende av flödet är 450 kPa.

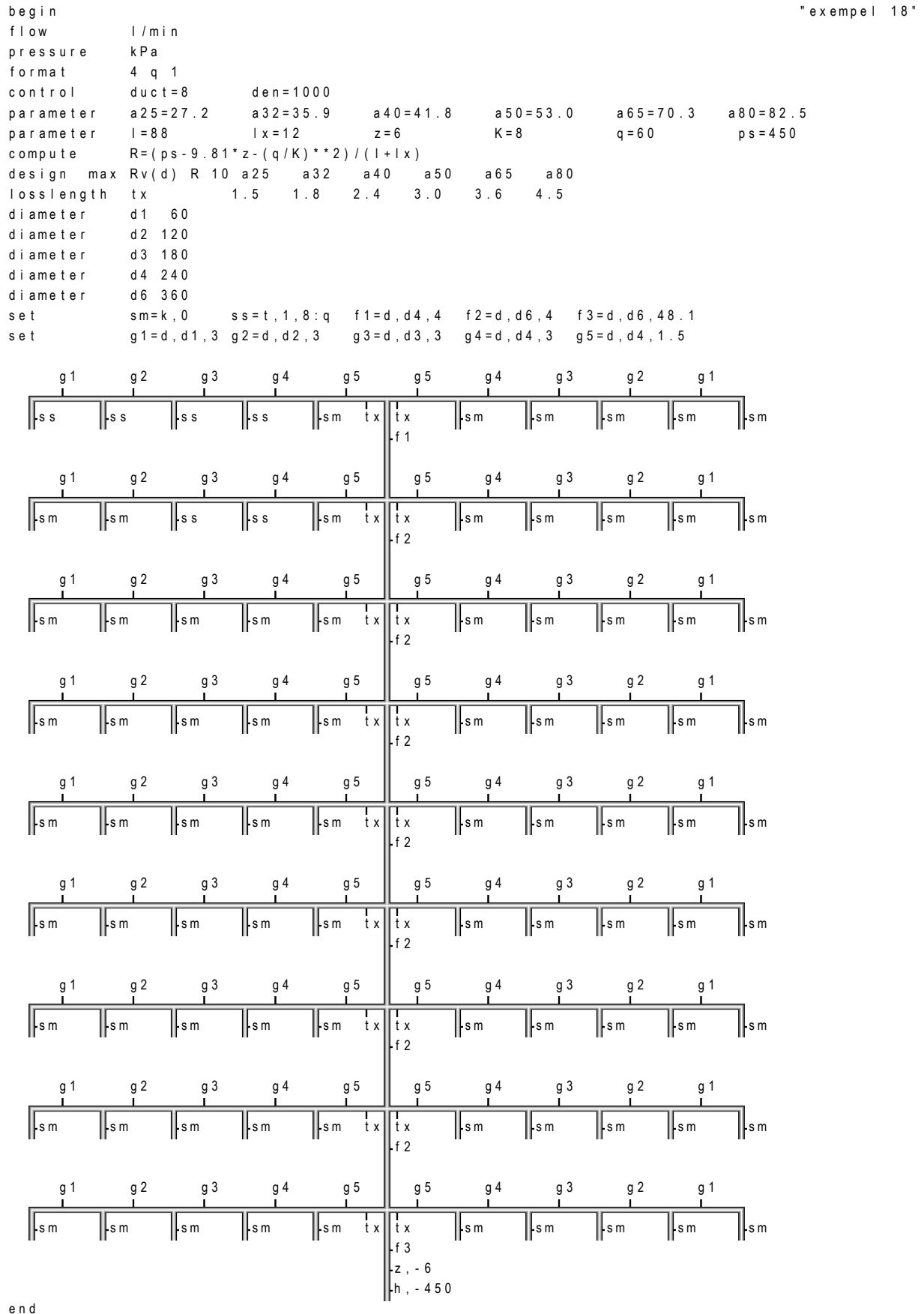
Nivåskillnaden mellan servispunkt och sprinkler är 6 m.

Den totala rörlängden är 100 m varav 88 m rör mellan sämsta sprinkler och servispunkt och 12 m för en uppskattad ekvivalent rörlängd för fem räta böjar, en avstängningsventil, en backventil och ett T-rör.

Det tillgängligt rörtryckfallet beräknas som servistryck minus nivåtryckfall och minus sprinklertryckfall och dividerat med den totala rörlängden inberäknat ekvivalenta rörlängder och resultatet blir 3.35 kPa/m. Detta görs med angivna parameterar och en compute-sats, vilket visas med beskrivning och resultat i Figur 18.1-2.

Verkningsytan omfattar sex sprinkler och ett längdkrav medför att antalet utlösta sprinkler skall vara fyra på ett grenrör och återstående två sprinkler på ett annat intilliggande grenrör. Detta innebär att det finns fem olika rörsträckor att dimensionera. En design-sats anger att dimensioneringen sker efter högsta tryckfall (tidigare beräknat värde) och högsta hastighet. De fem rördimensioner betecknade d1, d2, d3, d4 och d6 för 1, 2, 3, 4 och 6 utlösta sprinkler bestäms med motsvarande fem diameter-satser. En passande ekvivalent rörlängd för T-styckets avstick fås med losslength-satsen.

Kontrollberäkningen redovisas med beskrivningen i Figur 18.1 och med resultat i Figur 18.2. Utskrift av sort under siffervärde för att undvika överskrivning fås med satsen format 4.



Figur 18.1 PFS-beskrivning för dimensionering och kontrollberäkning av ett grenat sprinklersystem.







## 19 Gridrörssprinklersystem

Ett gridrörssystem för riskklass N3 skall dimensioneras och kontrollberäknas för en lokal med längden 48 m och bredden 36 m. Antalet gridrör blir nio med avståndet 4 m. Antalet sprinkler är arton per gridrör och placeras med 3m avstånd på gridrör.

Tillgängligt tryck oberoende av flödet är 450 kPa.

Nivåskillnaden mellan servispunkt och sprinkler är 6 m.

Den totala rörlängden är skattad till 84 m mellan sämsta sprinkler och servispunkt uppdelat på 42 inom verkningsytan och 42 m för total rörlängd för servisledningen och dess fem räta böjar, en avstängningsventil, en backventil och ett T-rör. Rörlängden inom själva gridrörssystemet kan uppskattas till halva längden och halva bredden vilket blir 42 m.

Det tillgängliga rörtryckfallet beräknas som servistryck minus nivåtryckfall och minus sprinklertryckfall och dividerat med den totala rörlängden inberäknat ekvivalenta rörlängder och resultatet blir 3.99 kPa/m.

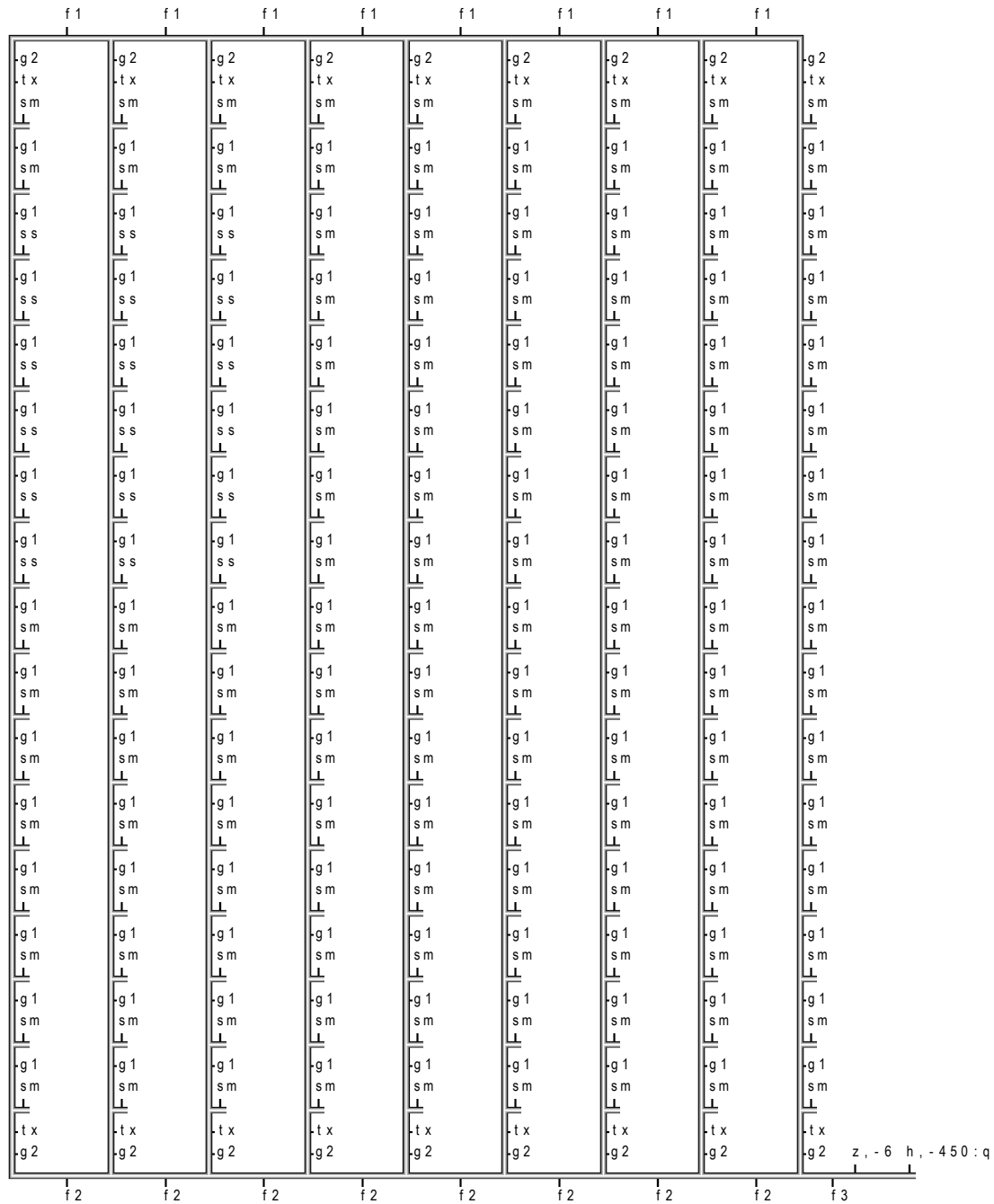
Verkningsytan omfattar arton sprinkler tre aktiva gridrör med sex sprinkler per gridrör. Längdkravet är sex sprinkler per gridrör. Det finns bara tre olika rörsträckor att dimensionera nämligen matningsledningen och gaveln på samma matningssidan för hela totalflöde, den borte gaveln för halva totalflödet och alla gridrör för en sjättedel av totalflödet. De tre dimensionerande flödena blir därför 1080, 540 respektive 180 l/min.

En design-sats anger att dimensioneringen sker efter högsta tryckfall (tidigare beräknat värde) och högsta hastighet. De tre rördimensioner betecknade dg, db och dm för 3, 9 och 18 utlösta sprinkler bestäms med motsvarande tre diameter-satser. En passande ekvivalent rörlängd för T-styckets avstick fås med losslength-satsen.

Kontrollberäkningen redovisas med beskrivningen i Figur 19.1 och med resultat i Figur 19.2. Flödesspridning mellan olika sprinkler är ytterst liten.

```

begin
flow          l /min
pressure      kPa
format        4 q 1
control       duct=10      den=1000      C=120
parameter     l=84        z=6          K=8          q=60          ps=450
compute       R=(ps-9.81*z-(q/K)**2)/l
design max     Rv(d) R 10 27.2 35.9 41.8 53.0 70.3 82.5
losslength    tx          1.5 1.8 2.4 3.0 3.6 4.5
diameter      dg 180
diameter      db 540
diameter      dm 1080
set           g1=d,dg,3   g2=d,dg,1   f1=d,db,4   f2=d,dm,4   f3=d,dm,30   ss=t,1,8:q   sm=k,0
    
```

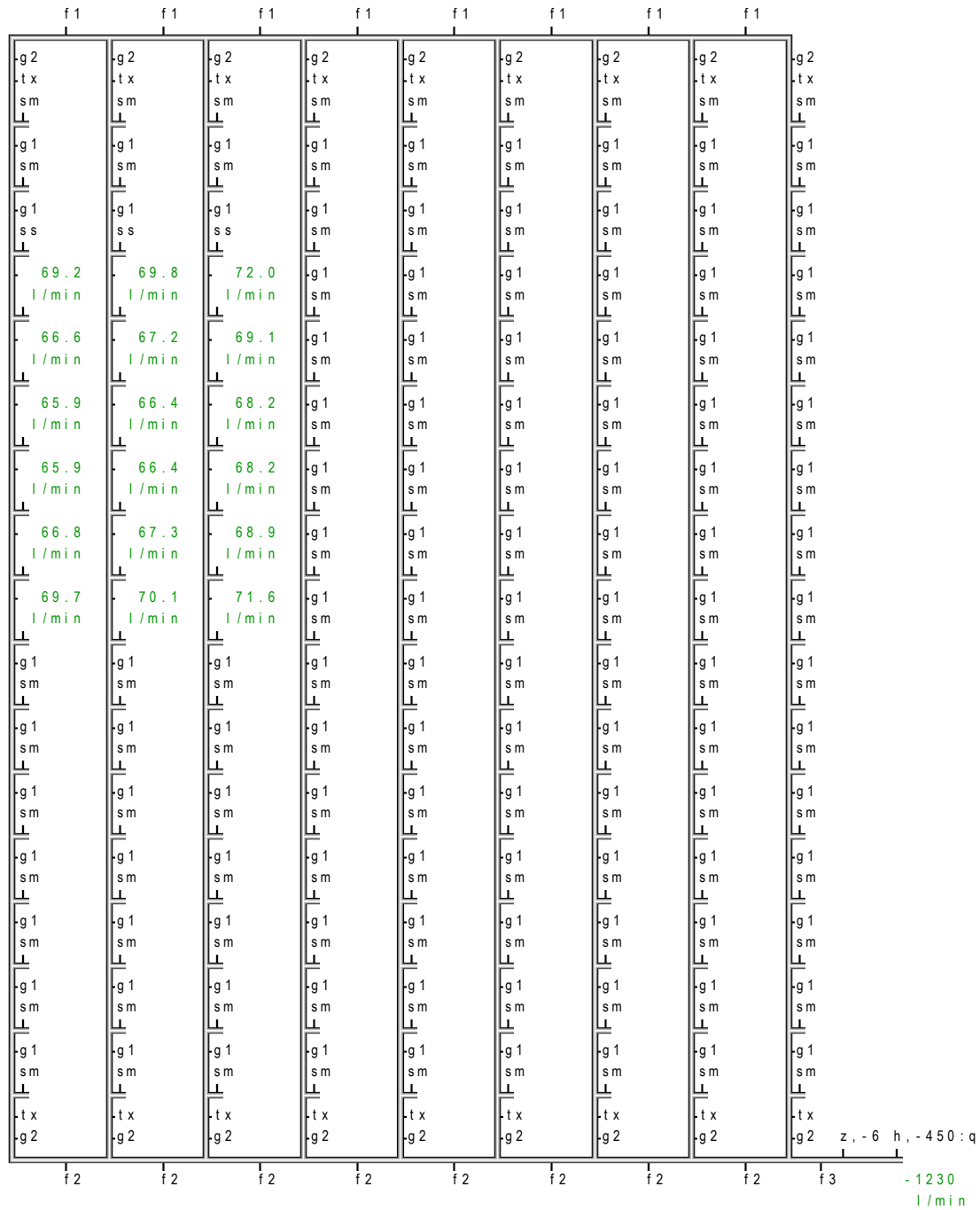


end

Figur 19.1 PFS-beskrivning av en kontrollberäkning av ett gridat sprinklersystem.

```

begin
flow          l/min
pressure      kPa
format        4 q 1
control       duct=10      den=1000      C=120
parameter     l=84         z=6         K=8         q=60         ps=450
com(1)        R=(ps-9.81*z-(q/K)**2)/l          3.986786
design max    Rv(d) R 10 27.2 35.9 41.8 53.0 70.3 82.5
losslength   tx          1.5 1.8 2.4 3.0 3.6 4.5
diameter     dg 180      35.9 mm          3.4 kPa/m      180.0 l/min      3.0 m/s
diameter     db 540      53.0 mm          3.9 kPa/m      540.0 l/min      4.1 m/s
diameter     dm 1080     70.3 mm          3.6 kPa/m      1080.0 l/min     4.6 m/s
set          g1=d,dg,3   g2=d,dg,1   f1=d,db,4   f2=d,dm,4   f3=d,dm,30   ss=t,1,8:q   sm=k,0
    
```



end 1 1 system 208 elements 0 errors 0 observations 2006-11-15 12.59.09

Figur 19.2 PFS-resultat för en kontrollberäkning av ett gridat sprinklersystem.



## 20 Spaltsprinkler

En spaltsprinkler används för att skapa en vattenridå/film över till exempel en stor tank som skall skyddas mot brand. Vattnet strömmar genom en ledning som är försedd med en längsgående spalt som kan vara flera meter lång och endast någon mm bred.

Vattenflödet räknat per meter och utströmningshastigheten är givna. Den senare bestämmer tryckfallet över spalten lika med tryckfallet vid fri utströmning.

Det som återstår att bestämma är egentligen endast ledningens dimension. Om ledningen görs för klen kommer ledningsförlusterna att bli stora och flödesfördelningen längs spalten att bli ojämn. En enkel tumregel är att strömningshastigheten i ledningen bör vara mindre än den i själva spalten annars kan utströmning bli icke vinkelrät mot spalten.

Det finns ett approximativt beräkningsuttryck för att kunna få en önskad flödesfördelning mindre än en önskad flödeskvot. Detta uttryck kan tillämpas på en spaltsprinkler gäller att:

$$q_{min}/q_{max} < \exp(-\Delta p_r / 2(n+1) \Delta p_s) \quad (-) \quad (20.1)$$

där i sin tur  $\Delta p_r$  är ledningstryckfallet för totalflödet hela ledningens längd och  $\Delta p_s$  är själva spalttryckfallet för hela spalten och totalflödet. Parametern  $n$  anger flödesexponenten för flödet och den är enligt Hazen-Williams ekvation 1.85.

En spaltsprinkler med längden 8 m, innerdiametern 100 mm, spaltbredden 1 mm, vattentätheten 60 l/min m och en utströmningshastighet om 1 m/s skall kontrollberäknas med PFS för att bestämma flödesfördelningen mellan början och slutet av spalten.

Spalttryckfallet  $\Delta p_s$  beräknas enkelt till 500 Pa eller 0.5 kPa. Rörtryckfallet  $\Delta p_r$  beräknat rör med C-faktor 120 och totalflödet 480 l/min för 8 meter spalt blir 1.144 kPa. Flödeskvoten enligt (20.1) skattas därför till 0.669.

Spaltsprinklernas flöde kan beräknas genom att dela upp den i ett antal lika stora hål med samma totalarea och jämnt fördelad längs den matande ledningen. Detta har gjorts med stigande grad av förfining med fyra beräkningsexempel med 4, 8, 16 och 32 hål. De fyra hålstorlekarna betecknas s4, s8, s16 och s32 efter antal hål och tillhörande tryckfall och flöde beräknas med compute-satser. Rörledning delas upp i totalt fem olika rörsträckor med beteckningarna d4, d8, d16, d32 och d64 där talvärdet anger delning av ledningslängden. PFS-beskrivningen och PFS-resultatet redovisas i Figur 20.1 och 20.2.

Det går att uppskatta spaltflödet allra innerst och ytterst genom en enkel extrapolation med de två innersta respektive de två ytterst hålflödena. Extrapolationen kan skrivas som följer för en spalt förenklad till  $m$  st hål:

$$q_{max} = 1.5 q_1 - 0.5 q_2$$

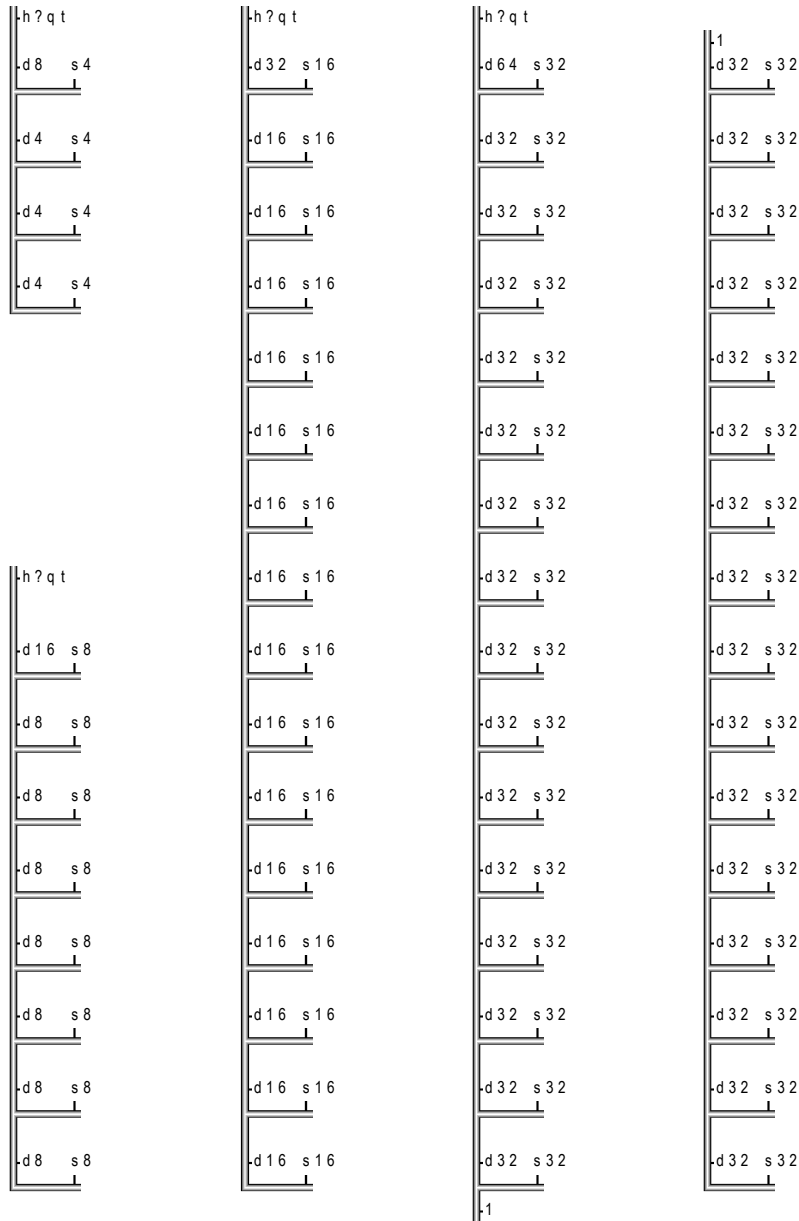
$$q_{min} = 1.5 q_m - 0.5 q_{m-1}$$

Flödeskvoten kan för en förenklad spaltsprinkler med 4, 8, 16 och 32 hål till 0.742, 0.732, 0.728 respektive 0.727, vilket i samtliga fall är bättre än den uppskattade undre gränsen på 0.669.

```

begin
flow          l /min
pressure      kPa
format        q 3
control       duct=8  den=1000
parameter     d=100  l=8  h=0.001  v=1  r=1000
compute       qt=60000*l*h*v
compute       q4=qt/4
compute       q8=qt/8
compute       q16=qt/16
compute       q32=qt/32
compute       p=r*v*v/2000
set           d4=d,d,2      d8=d,d,1      d16=d,d,0.5      d32=d,d,0.25      d64=d,d,0.125
set           s4=t,p,q4:q   s8=t,p,q8:q   s16=t,p,q16:q   s32=t,p,q32:q

```



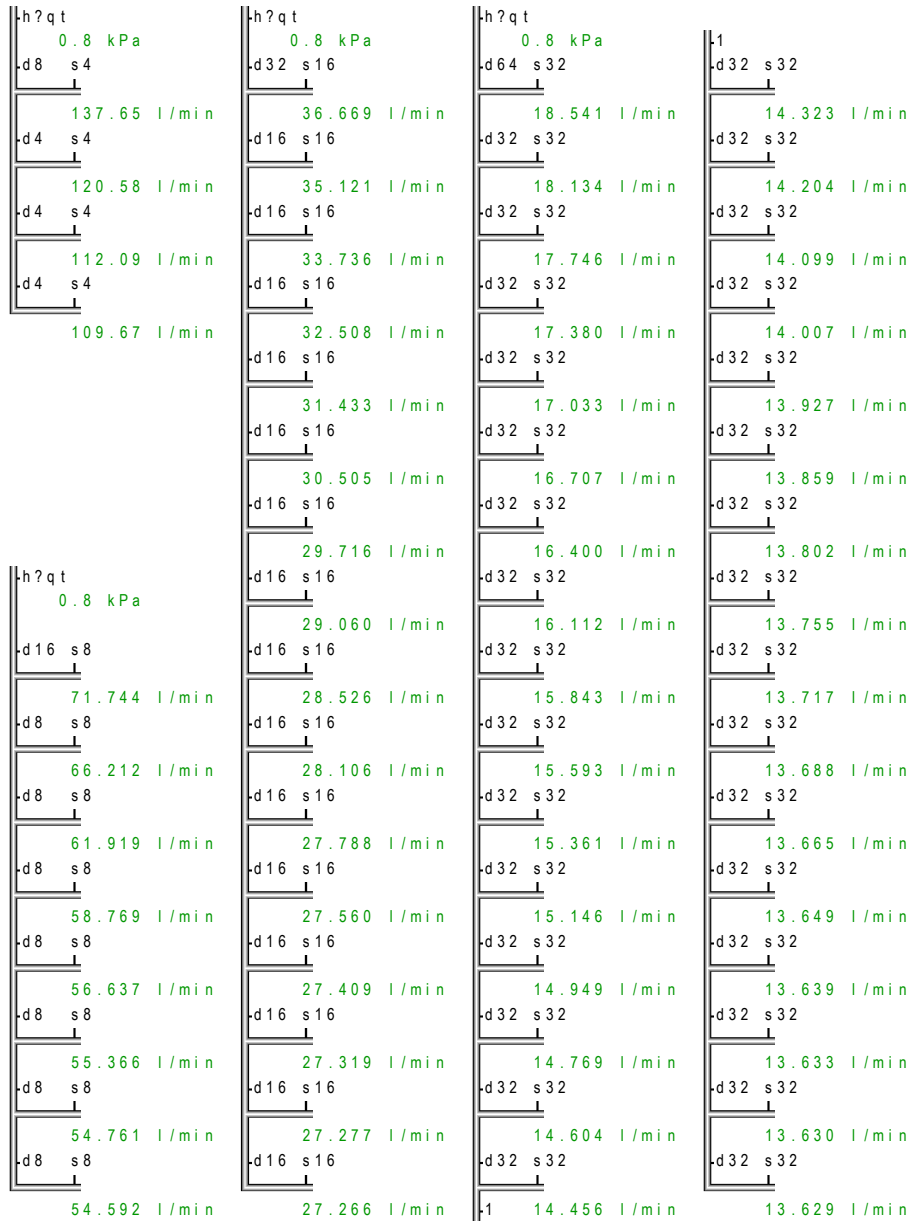
end

Figur 20.1 PFS-beskrivning av kontrollberäkning av spaltsprinkler med längden 8 m och bredden 1 mm och förenklad till 4, 8, 16 eller 32 hål och för ett givet totalflöde om 480 l/min.

```

begin
flow          l/min
pressure      kPa
format        q 3
control       duct=8 den=1000
parameter     d=100 l=8 h=0.001 v=1 r=1000
com(1)        qt=60000*l*h*v          480.000031
com(2)        q4=qt/4                 120.000008
com(3)        q8=qt/8                 60.000004
com(4)        q16=qt/16               30.000002
com(5)        q32=qt/32               15.000001
com(6)        p=r*v*v/2000           0.500000
set   d4=d,d,2      d8=d,d,1      d16=d,d,0.5      d32=d,d,0.25      d64=d,d,0.125
set   s4=t,p,q4:q   s8=t,p,q8:q   s16=t,p,q16:q    s32=t,p,q32:q

```



end 1 4 systems 124 elements 0 errors 1 observation 2006-11-30 14.25.01

Figur 20.2 PFS-resultat av kontrollberäkning av spaltsprinkler med längden 8 m och bredden 1 mm och förenklad till 4, 8, 16 eller 32 hål och för ett givet totalflöde om 480 l/min.





## 21 Ledningsnät för tryckluft

Ledningsnät för tryckluft arbetar normalt med högst 8 bar (absolut) och endast mindre tryckfall godtas eftersom anslutna tryckluftswerktyg är utformade för ett arbetstryck från 6 upp till 7 bar (absolut). Ett riktvärde för totalt tryckfall är 0.3 bar för industrier med måttliga ledningslängder medan 0.5 bar godtas för stenbrott och gruvor med längre ledningslängder. Alla ledningsförluster är förlorat kompressorarbete och kostnaden för detta kan bli stor. Detta gäller i ännu högre grad läckageförluster vilka äger rum hela tiden och hela kompressorarbetet går förlorat.

Ledningsnät utformas oftast som ringnät för att bättre kunna klara av olika toppbelastningar. Detta under förutsättning att inte alla anslutna verktyg används samtidigt. Ett grenat ledningsnät lämpar sig bättre i ett sådant fall.

Ett ringformat ledningsnät med den totala längden 120 m skall dimensioneras med samma dimension i hela sin längd med totalt tio jämnt fördelade uttag med flödet 50 l/s per enhet. Anslutningarna 25, 32, 40 och 50 testas med dimensionerna 27.2, 35.9, 41.8 och 53.0 mm.

Matningstrycket är 8 bar (absolut).

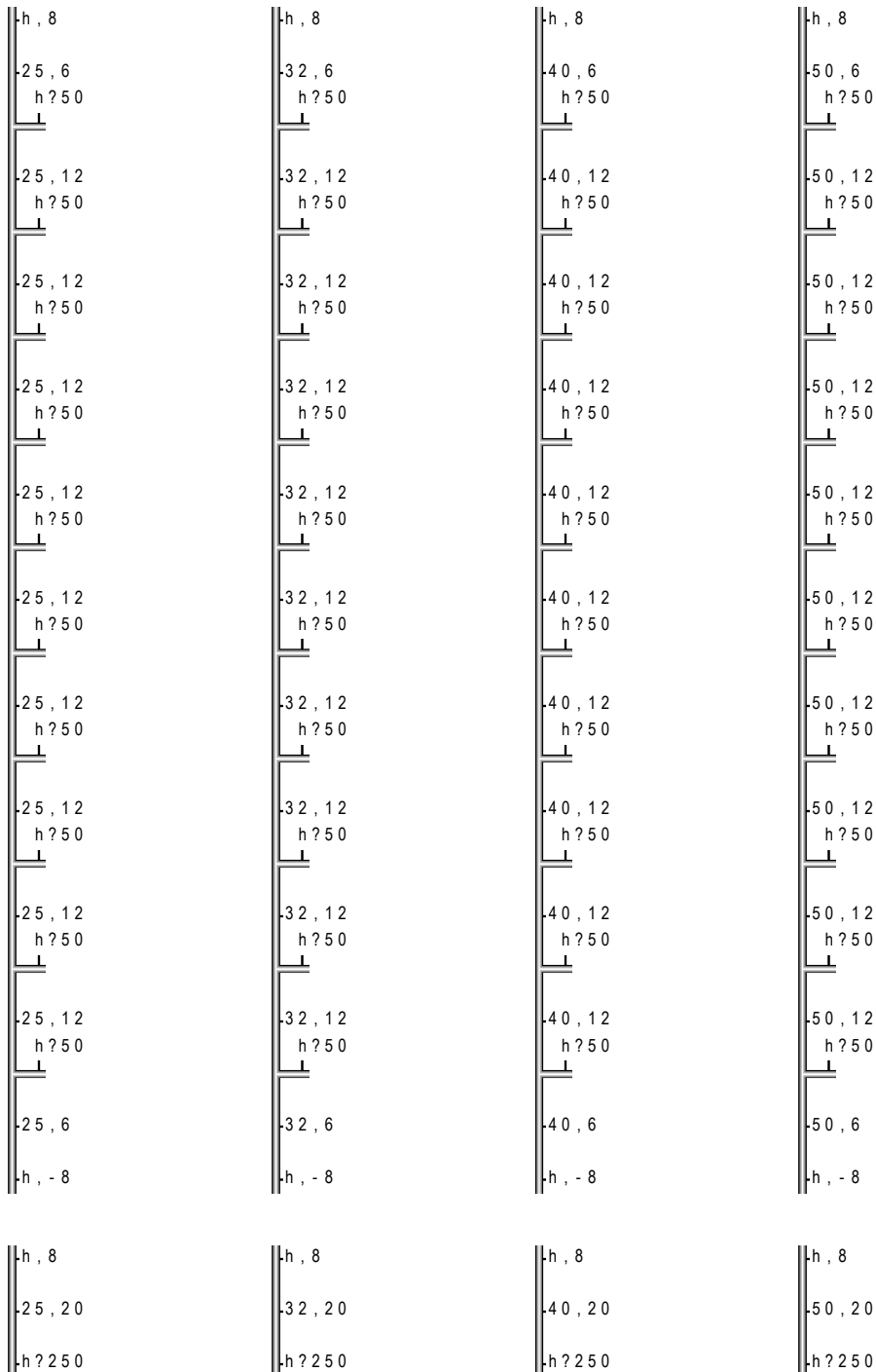
En tumregel för fallet med ett linjärt avtagande flöde är att tryckfallet är en tredjedel av tryckfallet vid konstant flöde, kvadratiske förluster och för samma längd. Flödet avtar från båda håll för var sin halva av ringledningen och tryckfallet beräknas för en tredjedel av hälften vilket blir 20 m. Denna överslagsberäkning redovisas nederst i Figur 21.1 och 21.2 och det fullständiga problemet visas överst i Figur 21.1 och motsvarande resultat i Figur 21.2.

Siffrorna för resultaten visar att tumregeln överskattar tryckfallet något jämfört med den fullständiga beräkningen. Tryckfallen är för de fyra testade dimensionerna 2.23, 0.49, 0.23 och 0.07 bar för tumregeln och 2.42, 0.53, 0.24 och 0.07 bar för den fullständiga beräkningen. Den förenklade beräkningen stämmer väl överens med den exakta.

Rätt dimensionsval borde vara anslutning 40 med ett tryckfall mindre än 0.3 bar.

```

begin
flow      l / s
pressure  bar
format    p 2
control   duct=11
set       25=d, 27.2  32=d, 35.9  40=d, 41.8  50=d, 53.0
    
```

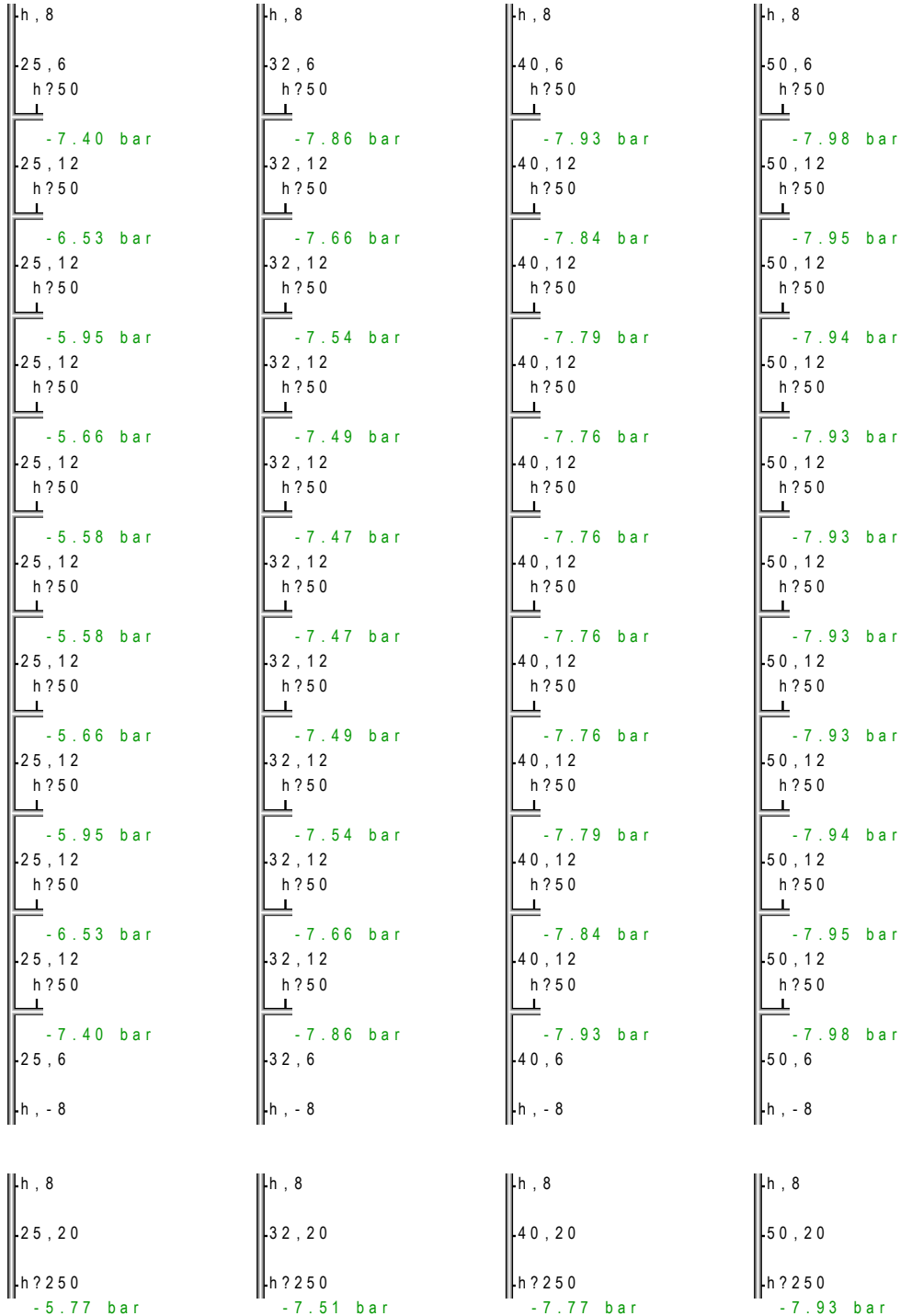


end

Figur 21.1 PFS-beskrivning för ett ringformat ledningsnät med längden 120 m och tio jämnt fördelade uttag med flödet 50 l/s (vid normaltryck) för tryckluft och nederst kontroll av tumregel för halva ringen med avtagande flöde.

```

begin
flow      l/s
pressure  bar
format    p 2
control   duct=11
set       25=d,27.2  32=d,35.9  40=d,41.8  50=d,53.0
    
```



```

end 1 8 systems 104 elements 0 errors 0 observations 2006-11-30 14.37.46
    
```

Figur 21.2 PFS-resultat för ett ringformat ledningsnät med längden 120 m och tio jämnt fördelade uttag med flödet 50 l/s (vid normaltryck) för tryckluft och nederst kontroll av tumregeln för halva ringen med avtagande flöde.



## 22 Ledningsnät för naturgas

Naturgasnät delas upp i tre olika system med olika tryckområden. Högtryckssystemet för endast transport arbetar från 80 bar ner till 4 bar. Mellantryckssystemet för distribution arbetar i sin tur från 4 bar ner till 1 bar. Detta nät ansluter storförbrukare och reglerstationer för lågtryckssystemet vilket går från 100 mbar ner till 40 mbar. En slutlig tryckreglering sker till sist hos varje abonnent för att eliminera tryckvariationers inverkan. Ljudskäl begränsar strömningshastigheter till < 20 m/s i lågtryckssystemet och till 25 m/s i mellantryckssystemet. Minsta dimensioner i plaströr för dessa system är dimension 32 mm respektive 63 mm (yttre diameter). Strömningen är givetvis kompressibel för högtrycks- och mellantryckssystemen medan lågtryckssystemet kan om möjligt förenklas till inkompressibelt.

Tryckfallet för en ledning med kompressibel strömning kan skrivas som:

$$\Delta p = a l q_m^2 / \rho \quad (\text{Pa}) \quad (22.1)$$

där

$\Delta p$	tryckfall, Pa/m
$a$	konstant
$l$	ledningslängd, m
$q_m$	massflöde, kg/s
$\rho$	densitet, kg/m <sup>3</sup>

Den aktuella densiteten kan skrivas om genom att använda sig av medeltrycket som följer:

$$\rho = \rho_n (p_i + p_o) / 2p_n \quad (\text{kg/m}^3) \quad (22.2)$$

där

$p_i$	inloppstryck, Pa
$p_o$	utloppstryck, Pa
$\rho_n$	normaltrycksdensitet, kg/m <sup>3</sup>
$p_n$	normaltryck, Pa

Omskrivning av (22.1) med utnyttjande av (22.2), konjugatregeln med  $\Delta p = p_i - p_o$  och eliminering av densiteten  $\rho$  ger följande:

$$(p_i^2 - p_o^2) / l = 2 a p_n q_m^2 / \rho_n \quad (\text{Pa}^2/\text{m}) \quad (22.3)$$

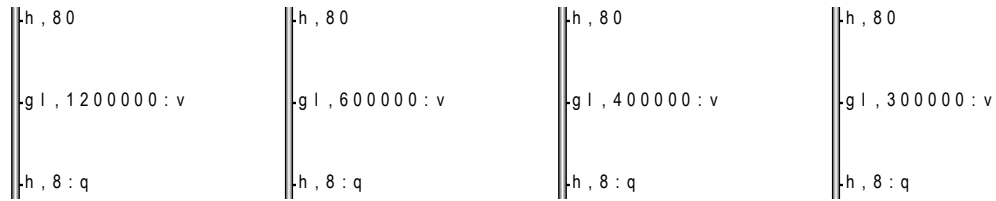
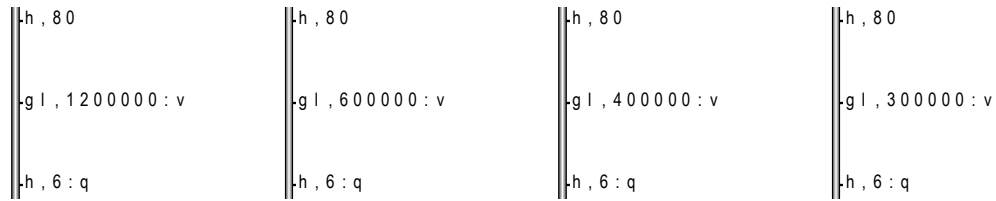
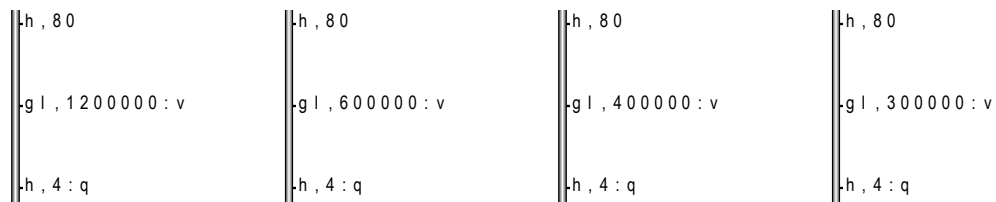
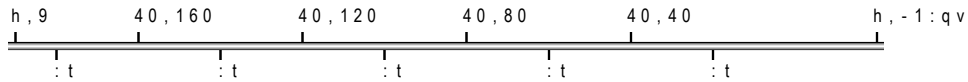
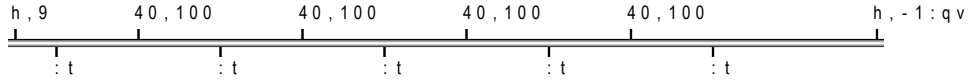
Högerledet är konstant för ett givet massflöde. Uttrycket (22.3) visar att om trycket minskar 1 bar längs en given ledning kan det ske för helt olika rörsträckor. Omvändningen innebär också att lika långa ledningssträckor kan ha helt olika tryckfall beroende på medeltrycket. Detta kan visas med för en ledning som dels delas upp i lika stora delar och i delar med lika stora tryckfall med PFS-beskrivning överst i Figur 22.1 och PFS-resultat i Figur 22.2. Trycket går från 9 bar till 1 bar (absolut). Ledningen är 400 m och diametern 41.8 mm.

Naturgas kan transporteras långa sträckor, men mycket långa sträckor kräver tryckhöjningsstationer för annars utnyttjas en given ledningskapacitet dåligt. Ett sifferexempel på detta redovisas nederst i Figur 22.1-2 med alla kombinationer mellan utgångstryck 4, 6 och 8 bar och ledningslängder 300, 400, 600 och 1200 km. Inloppstrycket är 80 bar och ledningsdiameter är 1000 mm. Notera att både flöde och hastighet avser normaltryck 1 bar.

```

begin
flow      m3/h
pressure  bar
format    3 8
control   duct=11      pn=1      itmin=5
set       40=d,41.8    gl=d,1000

```



```
end
```

Figur 22.1 PFS-beskrivning av kompressibel strömning för olika uppdelning av samma ledning.

```

begin
flow      m3/h
pressure  bar
format    3 8
control   duct=11      pn=1      itmin=5
set       40=d,41.8    gl=d,1000

h,9       40,100      40,100      40,100      40,100      h,-1:qv
:t        :t         :t          :t          :t          955.575 m3/h
          9.0 bar    7.8 bar    6.4 bar    4.6 bar    1.0 bar    193.4 m/s

h,9       40,160      40,120      40,80       40,40       h,-1:qv
:t        :t         :t          :t          :t          955.575 m3/h
          9.0 bar    7.0 bar    5.0 bar    3.0 bar    1.0 bar    193.4 m/s

|h,80
|gl,1200000:v
|253.5 m/s
|h,4:q
|716803.8 m3/h

|h,80
|gl,600000:v
|368.7 m/s
|h,4:q
|1042603 m3/h

|h,80
|gl,400000:v
|459.1 m/s
|h,4:q
|1298086 m3/h

|h,80
|gl,300000:v
|536.3 m/s
|h,4:q
|1516484 m3/h

|h,80
|gl,1200000:v
|253.1 m/s
|h,6:q
|715889.1 m3/h

|h,80
|gl,600000:v
|368.1 m/s
|h,6:q
|1040836 m3/h

|h,80
|gl,400000:v
|458.3 m/s
|h,6:q
|1295886 m3/h

|h,80
|gl,300000:v
|535.4 m/s
|h,6:q
|1513915 m3/h

|h,80
|gl,1200000:v
|252.5 m/s
|h,8:q
|713885.6 m3/h

|h,80
|gl,600000:v
|367.2 m/s
|h,8:q
|1038358 m3/h

|h,80
|gl,400000:v
|457.2 m/s
|h,8:q
|1292801 m3/h

|h,80
|gl,300000:v
|534.2 m/s
|h,8:q
|1510311 m3/h

end 1 14 systems 58 elements 0 errors 1 observation 2006-11-30 15.59.55

```

Figur 22.2 PFS-resultat för kompressibel strömning för olika uppdelning av samma ledning.





## 23 Gassläcksystem och tryckavlastning

Gassläcksystem är ett alternativ till sprinklersystem när släckmedlet vatten kan orsaka stora skador och avbrott. En stor nackdel med gassläckssystem är att det finns risk att spränga lokalens väggar, dörrar och fönster eftersom gastillförsel sker med högt tryck och på kort tid för att säkert uppnå den önskade släckkoncentrationen. Den andra nackdelen är att gaskoncentrationen kan vara dödlig och att lokalen därför måste utrymmas innan släcksystemet aktiveras.

Gasen tillförs från ett gasflaskbatteri med ett högt men efter hand avtagande tryck via ett enkelt ibland grenat ledningsnät med strypbrickor i ändarna. Utströmningen sker med ljudhastighet eftersom trycket innan en strypbricka är minst två gånger trycket efter strypbrickan. Gasflödet blir därför i stort sett proportionellt mot absoluttrycket innan de avslutande strypbrickorna. Det kritiska skedet är därför när gassläcksystemet börjar tillföra gas till lokalen. Vissa gassläcksystem är försedda med tryckreducering.

Tryckavlastningens effektiva area  $A_s$  måste beräknas med hjälp av det maximala gasflödet  $q_s$  omräknat till normaltryck och det tillåtna övertrycket  $\Delta p_s$  som följer för tryckförlusten vid fri uteströmning med hastigheten  $v$ :

$$\Delta p_s = \rho v^2 / 2 = \rho (q_s / A_s)^2 / 2 \quad (\text{Pa}) \quad (23.1)$$

Den effektiva arean beräknas som ytan av alla öppningar mellan lokalen och omgivningen och även olika ventilationsdons öppningsareor kan räknas med. Mottrycket i tilluftssystemet är litet och medtrycket i frånluftssystemet är litet och kompenserar på sätt och vis varandra. Ovanstående dimensionering förutsätter att kringliggande lokaler till vilket tryckavlastning sker är mycket mer otäta och därför skapas inget mottryck.

Fyra beräkningsfall med ett gassläcksystem redovisas med PFS-beskrivning i Figur 23.1 och med PFS-resultat i Figur 23.2. Själva släcksystemet består av fyra munstycken med arean  $200 \text{ mm}^2$  vardera avgränsade från en ledning med dimensionen  $40 \text{ mm}$  och längden  $6 \text{ m}$  per rörsträcka. Det högsta och det kritiska matningstrycket är  $80 \text{ bar}$ . Avlastningsarean är  $0.1 \text{ m}^2$  eller  $100\,000 \text{ mm}^2$  i det första fallet.

I det andra fallet under grundfallet är avlastningsarean fördubblad till  $200\,000 \text{ mm}^2$ . I det tredje fallet är lokalens mottryck givet till  $1.01 \text{ bar}$  (absolut tryck) eller ett övertryck på  $1 \text{ kPa}$  eller  $1000 \text{ Pa}$ . I det fjärde fallet är munstycksarean halverad till  $100 \text{ mm}^2$  och avlastningsarean är  $100\,000 \text{ mm}^2$ .

Beräkningen sker som kompressibel strömning vilket kräver en styrsats på formen:

$$\text{control duct}=11 \quad \text{pn}=1 \quad \text{itmin}=5$$

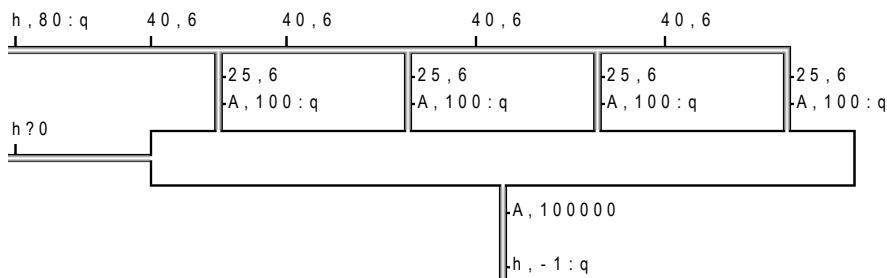
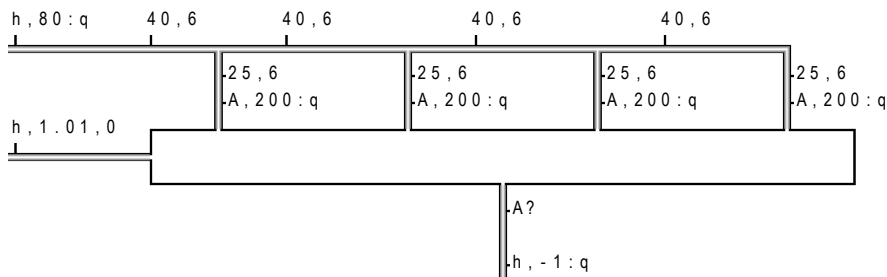
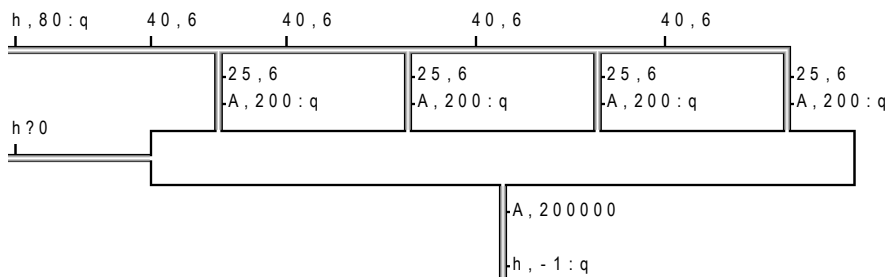
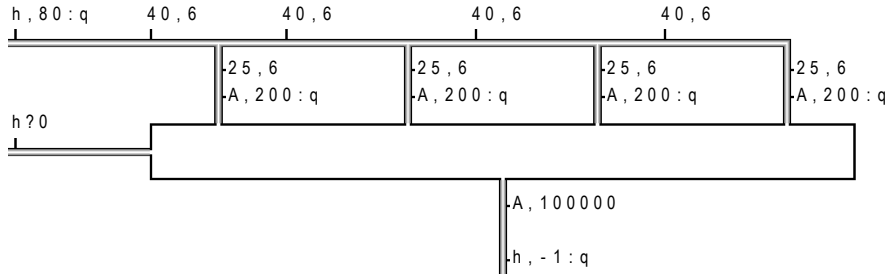
Alla volymflöden och hastigheter avser värden vid normaltryck  $1 \text{ bar}$ . Notera att gasflödet endast påverkas av halverad munstycksarea eftersom lokalens mottryck inte märks. En fördubblad avlastningsarea sänker övertrycket från  $5500 \text{ Pa}$  till  $1400 \text{ Pa}$  och samma sak för munstycksarean ger en sänkning till  $2000 \text{ Pa}$ . En sänkning till  $1000 \text{ Pa}$  fås med en avlastningsarea på  $0.24 \text{ m}^2$  i stället för den ursprungliga på  $0.1 \text{ m}^2$ .

```

begin
flow      m3/s
pressure  bar
format    4 - 3
control   duct=11  pn=1      itmin=5
set       40=d,40  25=d,25

```

" exempel 23"



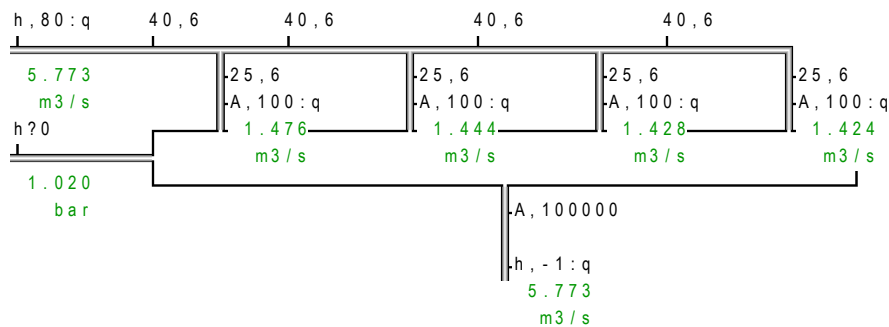
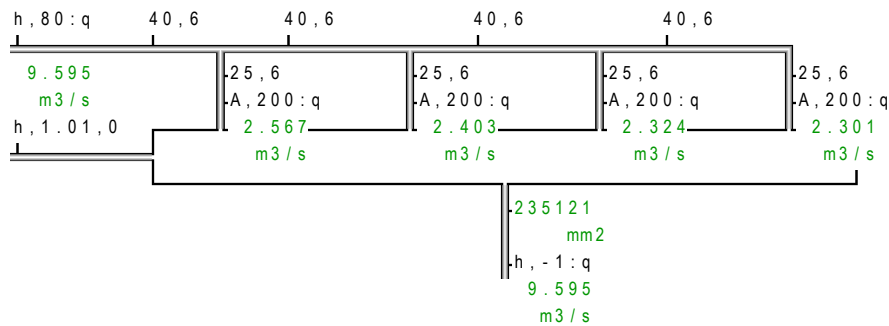
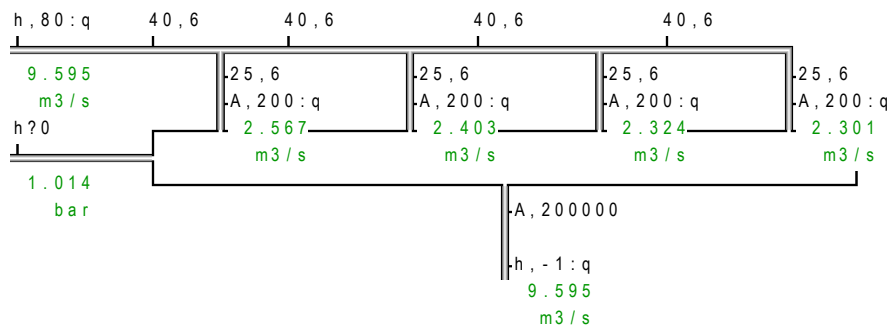
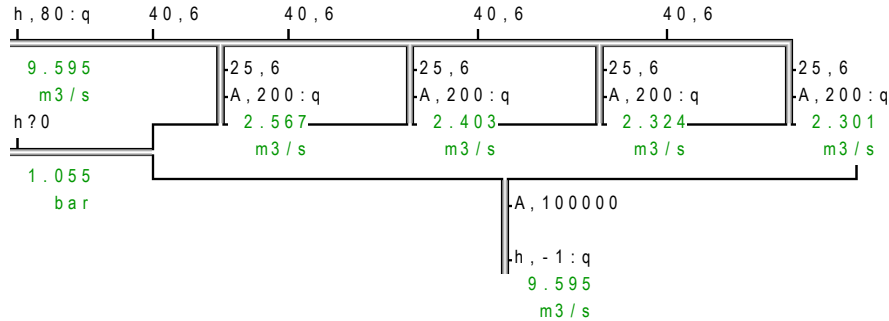
```
end
```

Figur 23.1 PFS-beskrivning av fyra beräkningsfall med ett gasläcksystem för en lokal.

```

begin
flow      m3/s
pressure  bar
format    4 - 3
control   duct=11  pn=1      itmin=5
set       40=d,40  25=d,25
    
```

" exempel 23"



end 1 4 systems 64 elements 0 errors 0 observations 2006-12-15 14.29.56

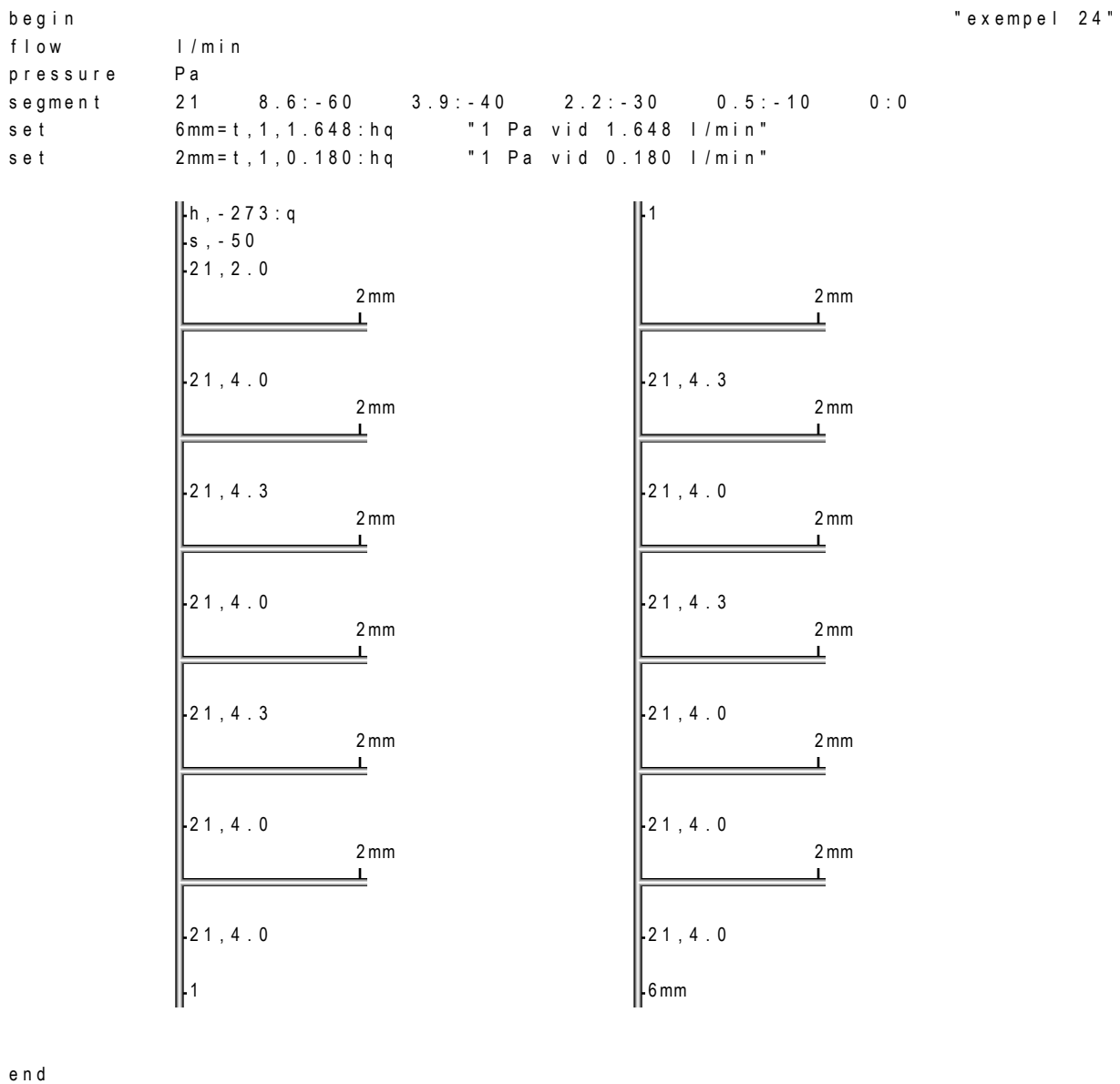
Figur 23.2 PFS-resultat för fyra beräkningsfall med ett gassläcksystem för en lokal.



## 24 Aspirationssystem - branddetektering

Aspirationssystem är ett sätt att med en brandgasdetektor känna av ett flertal punkter i en byggnad eller i stor lokal genom att med ett enkelt kanalsystem med klena dimensioner och en liten fläkt dra luft förbi en brandgasdetektor av något slag. Känsligheten sätter en gräns för hur många punkter som systemet kan omfatta eftersom utspädningen bestäms direkt av antalet provtagningspunkter och hur jämn flödesfördelningen är. Ett annat problem är att tidsfördröjningen inte får bli för stor.

Exemplet nedan är hämtat från ett valideringsexperiment utfört av M.T Cole för ett beräkningsprogram. Ledningens friktionstryckfall beräknas här med hjälp av en linjär segmentfunktion för negativa flöden med fem punkter för att kunna beskriva tryckförluster vid laminär och turbulent strömning. Mätpunkterna är tolv 2 mm hål på själva ledningen och ett 6 mm sluthål för att minska transporttiden. Avståndet mellan mätpunkterna är 4.0 eller 4.3 m. Beräkningen är förenklad och endast friktionstryckfall och engångstryckfall för hål beaktas.



Figur 24.1 Indatabeskrivning av ett enkelt testaspirationssystem med tretton munstycken.

```

begin                                                                 "exempel 24"
flow      l/min
pressure  Pa
segment   21      8.6:-60      3.9:-40      2.2:-30      0.5:-10      0:0
set       6mm=t,1,1.648:hq      "1 Pa vid 1.648 l/min"
set       2mm=t,1,0.180:hq      "1 Pa vid 0.180 l/min"

|h, -273:q
|-47.85 l/min
|-21,2.0
|      2mm
|      261.5 Pa
|-21,4.0      -2.911 l/min
|      2mm
|      241.3 Pa
|-21,4.3      -2.796 l/min
|      2mm
|      222.3 Pa
|-21,4.0      -2.684 l/min
|      2mm
|      207.1 Pa
|-21,4.3      -2.590 l/min
|      2mm
|      192.6 Pa
|-21,4.0      -2.498 l/min
|      2mm
|      180.8 Pa
|-21,4.0      -2.421 l/min
|-1

|1
|      2mm
|      170.7 Pa
|-21,4.3      -2.352 l/min
|      2mm
|      161.4 Pa
|-21,4.0      -2.287 l/min
|      2mm
|      153.5 Pa
|-21,4.3      -2.230 l/min
|      2mm
|      145.8 Pa
|-21,4.0      -2.174 l/min
|      2mm
|      139.4 Pa
|-21,4.0      -2.126 l/min
|      2mm
|      133.8 Pa
|-21,4.0      -2.082 l/min
|-6mm
|      128.8 Pa
|-18.70 l/min

end 1 1 system 28 elements 0 errors 1 observation 2007-01-08 13.16.38

```

Figur 24.2 Resultat för ett enkelt testaspirationssystem med tretton munstycken.

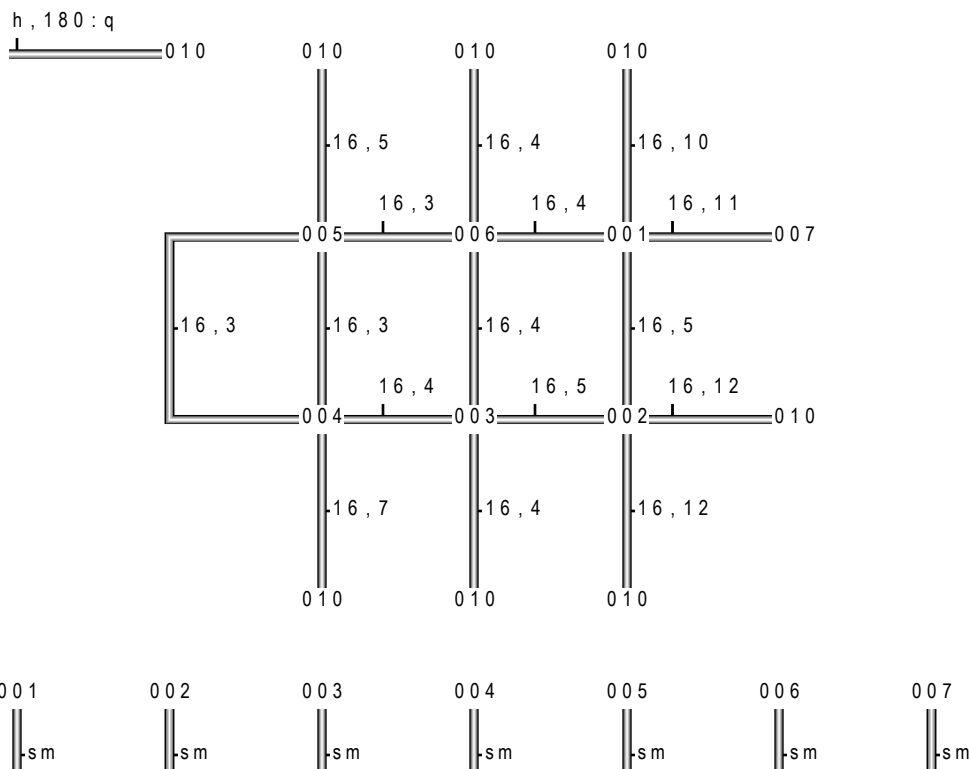
## 25 Boendesprinklersystem

Boendesprinklersystem byggs med plaströr med yttermåtten 16 mm och innerdiamter 12.85 mm. Varje boendesprinkler har en anslutningsdosa med möjlighet för att ansluta upp till fyra ledningar. Detta utnyttjas för att kunna mata en sprinkler via mer än en ledning.

Exempel nedan är ett verkligt exempel med sju sprinkler, vilka finns i knutpunkterna 001-007. Sex sprinkler matas från fyra håll medan en sprinkler 007 matas via endast en ledning. Systemet matas från knutpunkt 010 med totalt sju ledningar till olika anslutningsdosor för sprinkler. Alla ledningslängder har utökats med 1 m för att täcka främst tryckförluster vid inströmning i en anslutningsdosa, vilket ganska väl motsvarar tryckförlusten vid fri utströmning lika med ett dynamiskt tryck eller en friktionsförlust för omkring femtio diameter. Samtliga sprinkler har lösts ut, vilket är ett extremt fall.

```
begin
flow      l/min
pressure  kPa
format    4 q 1
control   den=1000 duct=9
"example 25"
```

```
set       sm=t,1,5.62:q "sprinkler med K-faktor 5.62 l/min vid 1 kPa"
set       16=d,12.85    "innerdiameter 12.85 mm"
```



```
end
```

Figur 25.1 Indatabeskrivning av en boendesprinklerberäkning med samtliga sprinkler utlösta.



```

begin                                                                                               "exempel 25"
flow      l/min
pressure  kPa
format   4  q 1
control  den=1000 duct=9

set       sm=t,1,5.62:q  "sprinkler med K-faktor 5.62 l/min vid 1 kPa"
set       16=d,12.85    "innerdiameter 12.85 mm"

h,180:q
┌─────────── 010      010      010      010
│ 415.4
│ l/min
│
│ 16,5      16,4      16,10
│ 16,3      16,4      16,11
│ 005 ─── 006 ─── 001 ─── 007
│ 16,3      16,3      16,4      16,5
│ 16,4      16,5      16,12
│ 004 ─── 003 ─── 002 ─── 010
│ 16,7      16,4      16,12
│
│ 010      010      010
└───────────

001      002      003      004      005      006      007
||sm      ||sm      ||sm      ||sm      ||sm      ||sm      ||sm
50.0      56.4      75.4      75.4      75.4      63.6      19.2
l/min      l/min      l/min      l/min      l/min      l/min      l/min

end 1 7 systems 24 elements 0 errors 6 observations 2007-01-08 12.25.45

```

Figur 25.2 Resultat för en boendesprinklerberäkning med samliga sprinkler utlösta.

## 26 Krypgrundsventilation

Ventilationen i en krypgrund med åtta identiska galler fördelade i väster, norr, öster och söder som 3, 1, 3 respektive 1 skall beräknas för givna vindtryck och olika stora gallerhål. Gallerhålen är placerade i ett kvadratisk rutnät med sidan tio hål. Håldiametrarna som skall provas är 4, 5, 6, 7 och 8 mm. Kontraktionen antas vara 0.6 för ett skarpkantat hål. De fyra fasadernas vindtryck i väster, norr, öster och söder är 10, -6, -8 respektive -6 Pa. Själva krypgrundsutrymmet har inga tryckförluster.

Gallerflöde för de fyra fasaderna tabelleras tillsammans med totala ventilationen beräknad efter inflöde (egentligen västfasaden) eller utflöde (egentligen övriga fasader). Notera att en enkellinje lika gärna som en dubbellinje kan används för att knyta samma alla galler.

```

table      0 5 5 2

program    d mm 0  4 5 6 7 8

result
result
result
result

result    l/s 1 3*res(1)
result    l/s 1 res(2)+3*res(3)+res(4)

begin                                           "exempel 26"
flow      l/s
format    4  q 1

parameter  vf=10  nf=-6  of=-8  sf=-6  "vintryck i Pa för olika fasader"

parameter  vg=1  r=1.2  nx=10  ny=10  C=0.6
compute   pg=r*vg*vg/2  "tryckfall över galler i Pa vid 1 m/s"
compute   Ag=nx*ny*pi*d*d/4e6  "hålarea per galler i m2"
compute   qg=1000*C*Ag*vg  "flöde per galler vid 1 m/s"

set       galler=t,pg,qg  "galler med kvadratisk tryckfall"

|h, vf | |h, vf:qw | |h, vf | |h, nf:qw | |h, of | |h, of:qw | |h, of | |h, sf:qw
|galler | |galler | |galler | |galler | |galler | |galler | |galler |

end

```

Figur 26.1 Indatabeskrivning av ventilationsberäkning av en vindutsatt krypgrund med åtta galler.

```

table      0 5 5 2
step number      1      2      3      4      5
pro(1) d mm      4      5      6      7      8

step number      1      2      3      4      5
res(1) l/s       3.5    5.4    7.8    10.6   13.8
res(2) l/s       -1.8   -2.8   -4.0   -5.5   -7.2
res(3) l/s       -2.3   -3.5   -5.1   -6.9   -9.0
res(4) l/s       -1.8   -2.8   -4.0   -5.5   -7.2

res(5) l/s       10.4   16.2   23.3   31.8   41.5
res(6) l/s       -10.4  -16.2  -23.3  -31.8  -41.5

begin                                             "exempel 26"
flow      l/s
format    4 q 1

parameter vf=10 nf=-6 of=-8 sf=-6 "vintryck i Pa för olika fasader"

parameter vg=1 r=1.2 nx=10 ny=10 C=0.6
com(1) pg=r*vg*vg/2 "tryckfall över gall" 0.600000
com(2) Ag=nx*ny*pi*d*d/4e6 "hålarea per galler" 0.005027
com(3) qg=1000*C*Ag*vg "flöde per galler vi" 3.015929

set galler=t,pg,qg "galler med kvadratisk tryckfall"

|h, vf | |h, vf:qw | |h, vf | |h, nf:qw | |h, of | |h, of:qw | |h, of | |h, sf:qw |
|      | |      | |      | |      | |      | |      | |      |
|      | |13.8 | |      | | -7.2 | |      | | -9.0 | |      | | -7.2 |
|      | |l/s 1| |      | |l/s 2| |      | |l/s 3| |      | |l/s 4|
|galler| |galler| |galler| |galler| |galler| |galler| |galler|

```

Figur 26.2 Resultat för ventilationsberäkning av en vindutsatt krypgrund med åtta galler.

## 27 Infiltration och exfiltration för en hallbyggnad

En stor hallbyggnads infiltration och exfiltration skall beräknas för åtta olika fall med olika utetemperatur och balans mellan tilluft och frånluft. Innetemperaturen är 20 °C och motsvarande densitet är 1.20 kg/m<sup>3</sup>. Utetemperaturen anges indirekt med dess densitet med värdena 1.15, 1.20, 1.25 och 1.40 för fall 1-4, vilket motsvarar temperaturerna 32.7, 20.0, 8.3 respektive 21.9 °C. Densiteterna för fall 5-8 är 1.25, 1.40, 1.25 och 1.40. Hallbyggnadens effektiva läckareorna är nerifrån räknat 0.6, 0.2, 0.2, 0.8 och 0.4 m<sup>2</sup> placerade på höjderna 0, 1, 2, 10 respektive 12 m. Skillnaden mellan tilluftflödet och frånluftflödet är 0, 1 och 1 m<sup>3</sup>/s för fall 1-4, 5-6 respektive fall 7-8. Det finns ingen vindpåverkan.

```

table      0 8 8 2

program    r kg/m3 2 1.15 1.20 1.25 1.40 1.25 1.40 1.25 1.40
program    q m3/s  0  0  0  0  0  1  1  -1  -1

result

result
result
result
result
result

result

begin
format     q 2
control    den=1.2  denz=r
set        op=t,1.67

| h? q : w
|
| op, 0.4 : qw
|
| z, -2
| op, 0.8 : qw
|
| z, -8
| op, 0.2 : qw
|
| z, -1
| op, 0.2 : qw
|
| z, -1
| op, 0.6 : qw
|

| h? q : w
|
| z, 12 op, 0.4 : q
|
| z, 10 op, 0.8 : q
|
| z, 2  op, 0.2 : q
|
| z, 1  op, 0.2 : q
|
| z, 0  op, 0.6 : q
|

end

```

Figur 27.1 Indatabeskrivning av beräkning av infiltration och exfiltration för en hallbyggnad

Den yttre densiteten anges med styrvariabeln **denz** och den inre med **den**. Notera att nivåerna för de olika läckornas placering kan beskrivas på två olika sätt nämligen relativt eller absolut. Notera även att de två tryckutskrifterna lika med resultat 1 och 7 avser övertrycket överst respektive övertrycket nederst.

```

table      0 8 8 2
step number      1      2      3      4      5      6      7      8
pro (1)  r      kg/m3    1.15  1.20  1.25  1.40  1.25  1.40  1.25  1.40
pro (2)  q      m3/s      0      0      0      0      1      1     -1     -1

step number      1      2      3      4      5      6      7      8
res (1)      Pa      -2.7  0.0  2.7  10.7  4.5  14.4  1.2  7.4

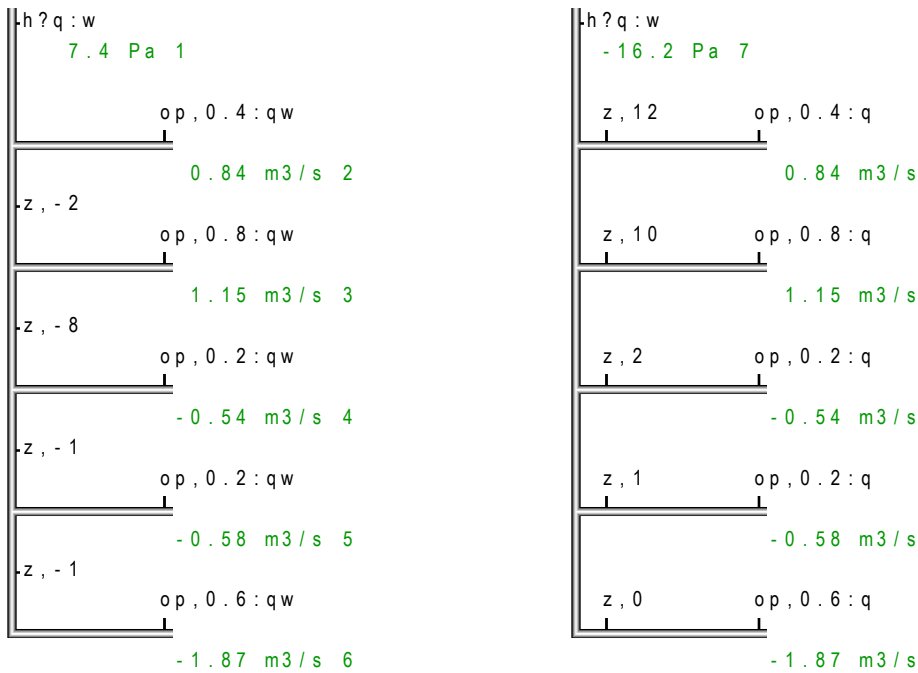
res (2)      m3/s    -0.51  0.00  0.51  1.01  0.65  1.17  0.34  0.84
res (3)      m3/s    -0.81  0.00  0.81  1.62  1.15  2.00  0.28  1.15
res (4)      m3/s     0.23  0.00 -0.23 -0.46 -0.10 -0.35 -0.30 -0.54
res (5)      m3/s     0.25  0.00 -0.25 -0.51 -0.15 -0.42 -0.32 -0.58
res (6)      m3/s     0.83  0.00 -0.83 -1.66 -0.55 -1.41 -1.01 -1.87

res (7)      Pa       3.2   0.0  -3.2 -12.8 -1.4  -9.2  -4.7 -16.2
    
```

```

begin
format      q 2
control     den=1.2  denz=r
set         op=t, 1.67
    
```

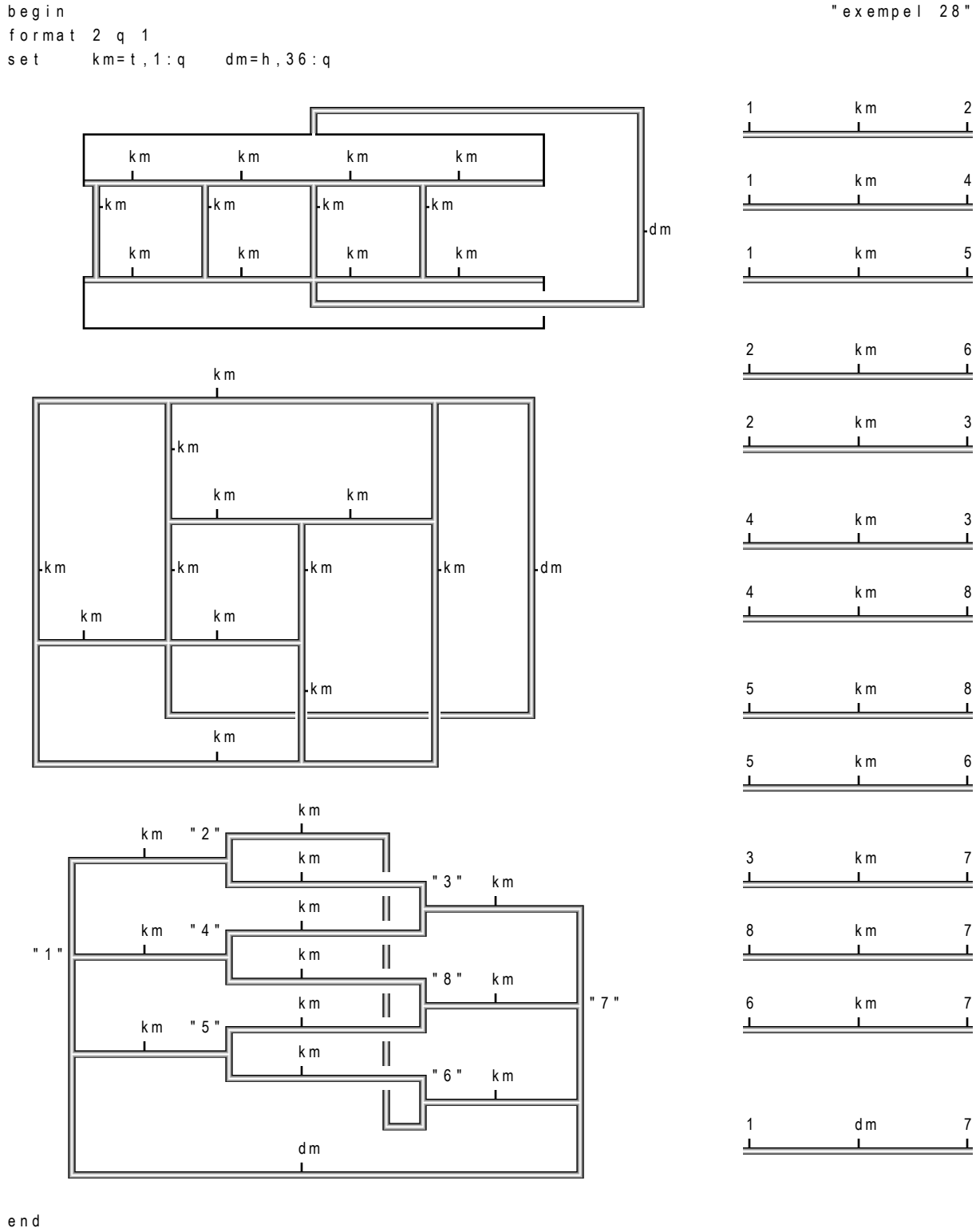
"exempel 27"



Figur 27.2 Resultat för beräkning av infiltration och exfiltration för en hallbyggnad

## 28 Olika principskisser för samma problem

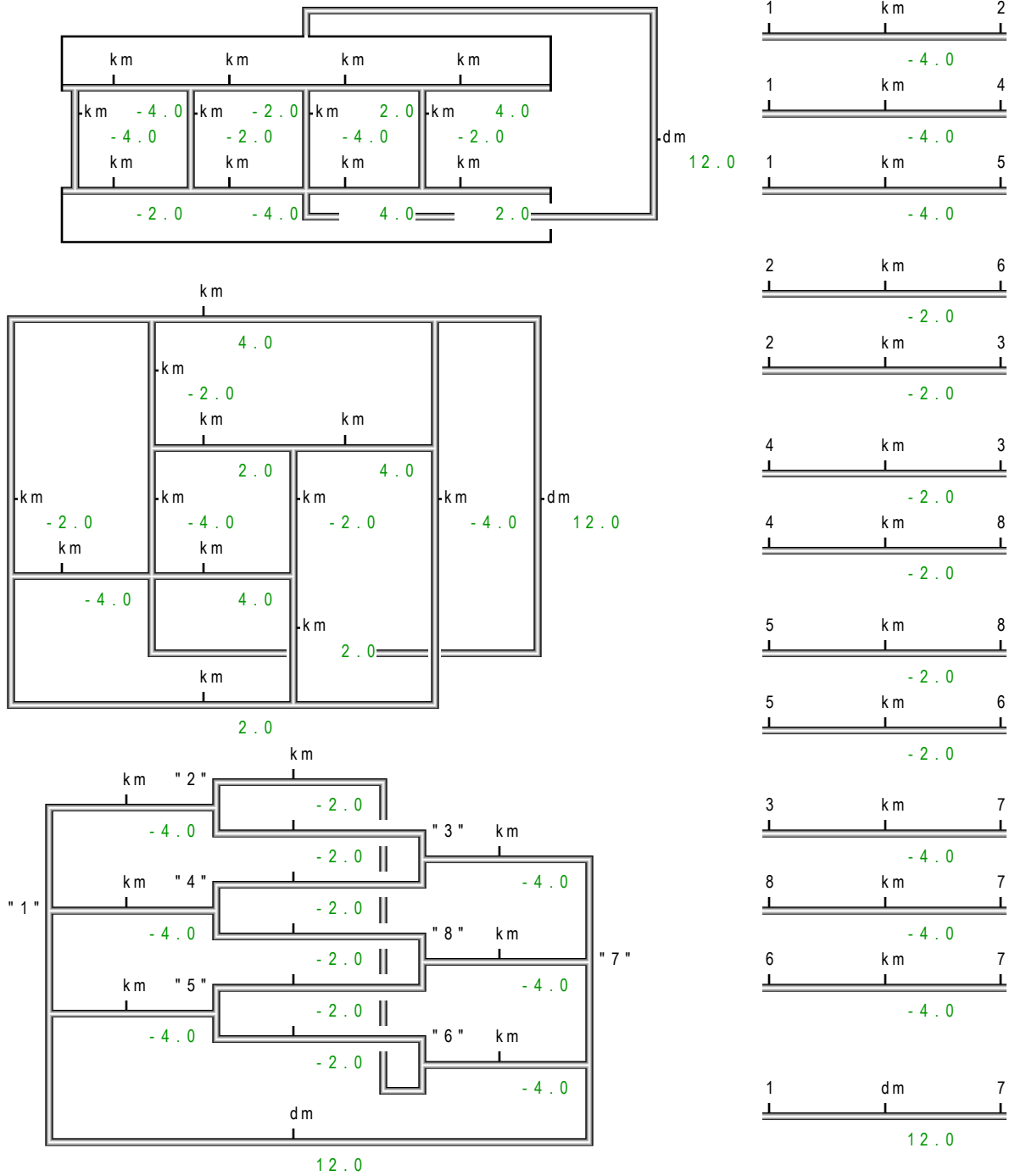
Ett problem kan redovisas på många olika sätt och här redovisas fyra olika sätt för att beräkna flöde i kantlinjerna i en kub med matning längs en rymddiagonal. Alla kantlinjer har kvadratiska motstånd om 1 tryckenhet vid ett flöde om 1 flödesenhet. Matningen är på 36 tryckenheter.



Figur 28.1 Indatabeskrivning av fyra identiska kubiska flödesproblem.

```
begin
format 2 q 1
set km=t,1:q dm=h,36:q
```

" exempel 28 "



```
end 1 4 systems 52 elements 0 errors 0 observations 2007-01-09 08.12.46
```

Figur 28.2 Resultat för fyra identiska kubiska flödesproblem.

## 29 Beräkning av brandgasnivåer i FT-system

Ett enkelt FT-system identiskt med exempel 16 kommer att användas här för att beräkna brandgasnivåer vid brandgasspridning i ett FT-system i drift. Endast utskrifter av föroreningsnivåer redovisas, vilket sker med underargumentet c. Omgivningens föroreningsnivå är satt till noll och brandens till ett. Det senare görs med c,0,1. Föroreningsnivån behandlas beräkningsmässigt som temperatur och följer endast med flödena. Alla inströmningsmöjligheter måste därför definieras med den yttre föroreningsnivån noll med textelementet cn=c,0:<.

```

table 8 8 8 2
program nr - 0 1 3
program qb l/s 0 100 200
program Tb C 0 200 400

result

result
result
result
result

result
result
result
result

result

begin
flow l/s
pressure Pa
format q 1
control bend=1 con=1 duct=1 dencase=1 trix=3
set 16=d,160 20=d,200 cn=c,0:<
fan FF 100:0 100:200 0:800

"exempel 29"

|T,20,Tb
|c,0,1
|q,0,qb
|h?
|#,nr

|16,6:T |16,6:T |20,6:T |20,6 |FF:cw< |cn
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|T,20:Tb |16,3:T |16,3:T |16,3:T |16,3:T |T,20:<
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|t 750:cw |t 750:cw |t 750:cw |t 750:cw
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|.1 |.2 |.3 |.4
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|t 750:cw |t 750:cw |t 750:cw |t 750:cw
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|16,3:T |16,3:T |16,3:T |16,3:T
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|16,6:T |16,6:T |20,6:T |20,6 |FF:cw>
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

|.1 |.2 |.3 |.4
|t,50,5 |t,50,5 |t,50,5 |t,50,5
|T,20:c< |T,20:c< |T,20:c< |T,20:c<
|cn |cn |cn |cn

end

```

Figur 29.1 Indatabeskrivning för beräkning av föroreningsnivåer i FT-system.



```

table 8 8 8 2
pro(1) nr -          1      3      1      3      1      3      1      3
pro(2) qb l/s       100    100    200    200    100    100    200    200
pro(3) Tb C         200    200    200    200    400    400    400    400
step number         1      2      3      4      5      6      7      8
res(1) -            0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000

res(2) -            0.000  0.081  1.000  0.725  0.000  0.000  1.000  0.645
res(3) -            0.000  0.081  1.000  0.725  0.000  0.000  0.859  0.645
res(4) -            0.000  1.000  0.029  1.000  0.000  0.000  0.000  1.000
res(5) -            0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000

res(6) -            0.985  0.081  1.000  0.725  0.906  0.000  1.000  0.645
res(7) -            0.000  0.081  1.000  0.725  0.000  0.000  0.859  0.645
res(8) -            0.000  1.000  0.029  1.000  0.000  0.949  0.000  1.000
res(9) -            0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000  0.000

res(10) -           0.380  0.402  0.651  0.701  0.372  0.387  0.632  0.680

begin
flow      l/s
pressure  Pa
format    q 1
control   bend=1 con=1 duct=1 dencase=1 trix=3
set       16=d,160 20=d,200 cn=c,0:<
fan       FF 100:0 100:200 0:800                rms= 0.000

|T, 20, Tb
|c, 0, 1
|q, 0, qb
|h?
|141.0 Pa
|#, nr

      16,6:T      16,6:T      20,6:T      20,6      FF: cw<      cn
      187.8 C      187.8 C      20.0 C      0.000 - 1
      16,3:T      16,3:T      16,3:T      16,3:T
      187.8 C      187.8 C      400.0 C      20.0 C
      t?50:cw      t?50:cw      t?50:cw      t?50:cw
      0.645 - 2      0.645 - 3      1.000 - 4      0.000 - 5
      1
      2
      3
      4
      t?50:cw      t?50:cw      t?50:cw      t?50:cw
      0.645 - 6      0.645 - 7      1.000 - 8      0.000 - 9
      16,3:T      16,3:T      16,3:T      16,3:T
      187.8 C      187.8 C      400.0 C      20.0 C
      T, 20:< cn
      16,6:T      16,6:T      20,6:T      20,6      FF: cw>
      187.8 C      187.8 C      279.9 C      0.680 - 10

      1
      2
      3
      4
      t, 50,5
      T, 20:c<
      0.645 -
      0.645 -
      1.000 -
      0.000 -

end

```

Figur 29.2 Resultat för beräkning av föroreningsnivåer i FT-system.

## 30 Exempel dext\_\*.pfs

Det finns ett antal principexempel omnämnda i rapporten PFS program extension TABK—03/7066, vilka kommer att redovisas och kommenteras kortfattat här med en sida per exempel.

Fall med enstegsberäkning redovisas med indatabeskrivning och utdataresultat direkt under den kommenterande text utan några figurtexter.

Fall med tvåstegsberäkning redovisas utan indatabeskrivning och med utdataresultat för steg 1 och utdataresultat för steg 2 direkt under den kommenterande text utan några figurtexter.

Följande exempel redovisas med angivna filnamn och sidnummer enligt sammanställningen nedan.

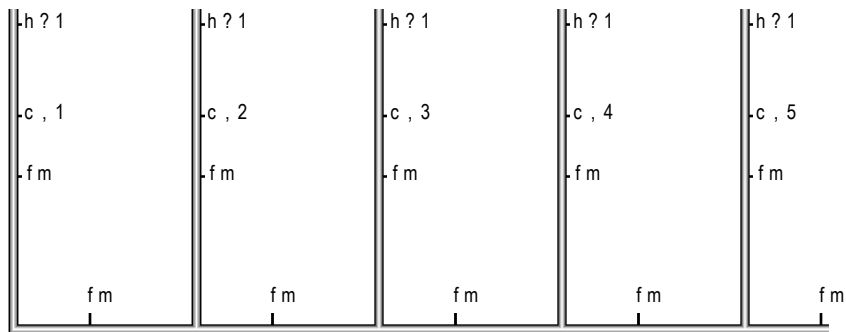
Exempel	filnamn	sida
Flödesegenskap	dext_c.pfs	176
Massflöde	dext_m.pfs	177
Växlande motståndselement	dext_o.pfs	178
Referenstryck	dext_p.pfs	179
Temperaturberoende densitet	dext_r.pfs	180
Temperaturberoende densitet	dext_t.pfs	181
Variabla knutpunkter	dext_varcon.pfs	182
Kylareelement	dext_cooler.pfs	183
Värmevinstelement	dext_heatgain.pfs	184
Värmeförlustelement	dext_heatloss.pfs	185
Polynom för tryckändringsfunktion	dext_polynom.pfs	186
Regression för tryckändringsfunktion	dext_regression.pfs	186
Diameterdimensionering	dext_diameter.pfs	187
Tvåstegsberäkning med fläkt	dext_fan.pfs	188
Parameterprogram	dext_testgram.pfs	189
Parameterprogram	dext_pergram.pfs	190
Tabellerat resultat	dext_result.pfs	191
Reserverade parametrar	dext_reserved_data.pfs	192

## Flödesegenskap

dext\_c.pfs

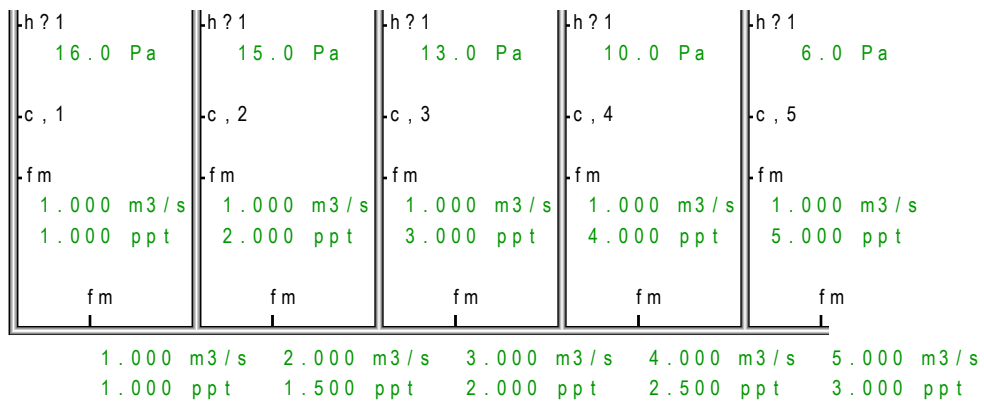
Fem lika stora volymflöden med olika flödesegenskaper från 1 till 5 ppt blandas samman efterhand. Notera att användaren kan anges aktuell sort för flödesegenskapen. Flödesegenskapen anges med standardtextelementet c och utskrift på samma sätt med :c. Antalet decimaler anges med det fria formatet c 3.

```
begin                                     "dext_c.pfs"
property  ppt
format   c 3
set      fm=l,1:qc
```



end

```
begin                                     "dext_c.pfs"
property  ppt
format   c 3
set      fm=l,1:qc
```



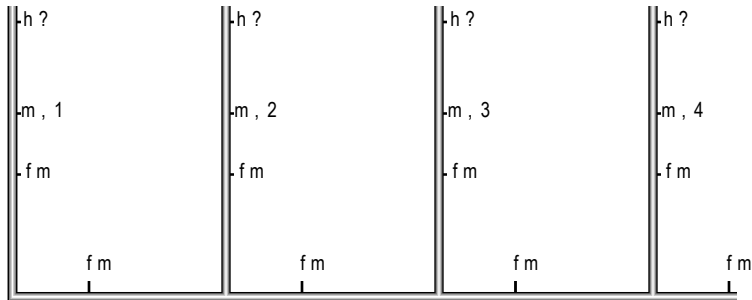
```
end 1 1 system 20 elements 0 errors 1 observation 2007-01-11 09.18.30
```

## Massflöde

dext\_m.pfs

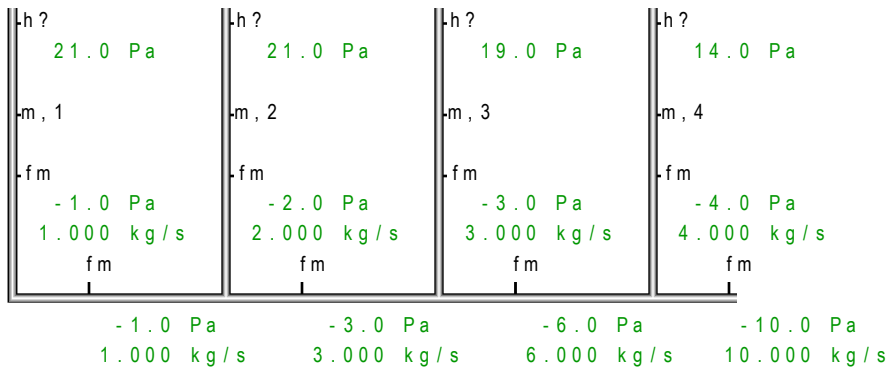
Fyra olika massflöden blandas samman efter hand. Massflödet anges med standardtextelementet **m** och utskrift fås med :m.

```
begin                                     "dext_m.pfs"
control  den=1.0
set      fm=l,1:hm
```



end

```
begin                                     "dext_m.pfs"
control  den=1.0
set      fm=l,1:hm
```



```
end 1 1 system 16 elements 0 errors 0 observations 2007-01-11 09.21.17
```

## Växlande motståndselement

dext\_o.pfs

Det växlande motståndselementet **o** har flera format och används i tvåstegberäkning med styrvariabeln **trix**>0. Nedan redovisas resultatet efter steg 1 med **trix**=1 med det övre **begin-end**-blocket och efter steg 2 med det nedre **begin-end**-blocket.

Den första exempelraden i varje block visar sex fall för det ideala växlande motståndselementet med inget eller oändligt motstånd. Fall 3 och 4 är växlande. Argumenten kan endast vara 0 eller 1.

Den andra exempelraden i varje block visar först till vänster en växlande ventil med  $k_v$ -värdena 36 och 72, vilka kan tolkas som flöde i  $m^3/h$  vid det aktuella matningstrycket på 100000 Pa eller 1 bar och omräkning av flödet till sorten  $m^3/s$  ger därför siffervärden 0.01 respektive 0.02. Kravet för att denna funktion inte skall sammanblandas med den ideala funktionen är att minst ett av argumenten är skilt från 0 och 1.

Fall 2 med tre argument på den andra exempelraden avser kvadratisk motstånd med tryckfall 1 Pa eller 4 Pa vid flödet  $1 m^3/s$ . Fall 3,4 och 5 med fyra argument avser godtyckliga flödesmotstånd med flödesexponenterna 1, 2 och 3, vilket motsvarar linjärt, kvadratisk respektive kubiskt tryckfall som funktion av flödet. Fall 3, 4 och 5 har samma flöden i steg 1 och halverade flöde i steg 2, eftersom tryckfallet vid samma flöde ändras en faktor 2, 4 och 8, vilket passar med flödesexponenterna 1, 2 respektive 3.

```

begin                                                                 "dext_o.pfs"
control   trix=1

||h,1,1 ||h,1,1 ||h,1,1 ||h,1,1 ||h,1,1 ||h,1,1
||l,1   ||l,1   ||l,1   ||l,1   ||l,1   ||l,1
||o,0:q ||o,0,0:q ||o,0,1:q ||o,1,0:q ||o,1:q  ||o,1,1:q
1.000 m3/s 1.000 m3/s 1.000 m3/s -1.0 Pa -1.0 Pa -1.0 Pa
0.000 m3/s 0.000 m3/s 0.000 m3/s

||h,100000 ||h,1,1 ||h,1,1 ||h,1,1 ||h,1,1
||o,36,72:q ||o,1,4,1:q ||o,1,2,1,1:q ||o,1,4,1,2:q ||o,1,8,1,3:q
0.010 m3/s 1.000 m3/s 1.000 m3/s 1.000 m3/s 1.000 m3/s

end 1 11 systems 28 elements 0 errors 0 observations 2007-01-11 09.50.23

begin
control   trix=2

||h,1,1 ||h,1,1 ||h,1,1 ||h,1,1 ||h,1,1 ||h,1,1
||l,1   ||l,1   ||l,1   ||l,1   ||l,1   ||l,1
||o,0:q ||o,0,0:q ||o,0,1:q ||o,1,0:q ||o,1:q  ||o,1,1:q
1.000 m3/s 1.000 m3/s -1.0 Pa 1.000 m3/s -1.0 Pa -1.0 Pa
0.000 m3/s 0.000 m3/s

||h,100000 ||h,1,1 ||h,1,1 ||h,1,1 ||h,1,1
||o,36,72:q ||o,1,4,1:q ||o,1,2,1,1:q ||o,1,4,1,2:q ||o,1,8,1,3:q
0.020 m3/s 0.500 m3/s 0.500 m3/s 0.500 m3/s 0.500 m3/s

end 2 11 systems 28 elements 0 errors 0 observations 2007-01-11 09.50.23

```

## Referenstryck

dext\_p.pfs

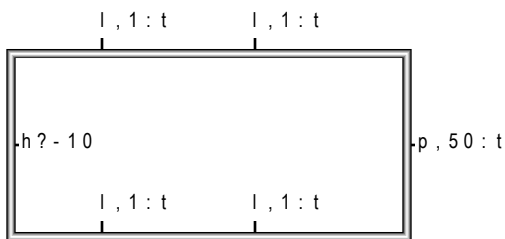
Trycket i slutna system blir normalt noll intill det första övre vänstra beräkningselementet. Detta innebär att trycket i slutna tekniska system kan bli fysikaliskt orimliga.

Standardtextelementet **p** kan användas för att tilldela ett referenstryck i en godtycklig punkt för att på detta sätt få rätt tryck i ett trycksatt slutet system. Endast ett **p**-element får användas per system.

Förväxla inte **p**-elementet med **h**-elementet.

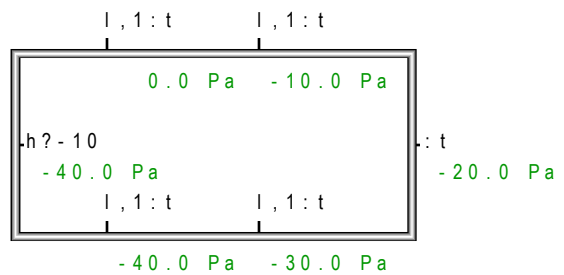
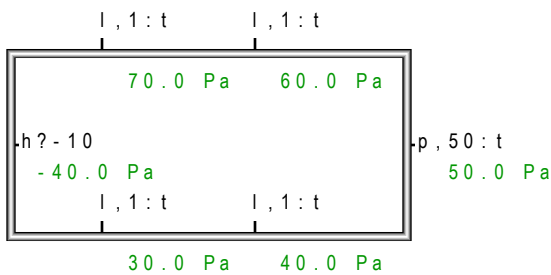
Detta visas med de två exemplen nedan med referenstryckelement till vänster och samma system till höger utan referenstryckelement. Tryckfallet över de fyra lika stora flödesmotstånden är 10 Pa.

```
begin "dext_p.pfs"
```



```
end
```

```
begin "dext_p.pfs"
```



```
end 1 2 systems 12 elements 0 errors 0 observations 2007-01-11 09.54.11
```

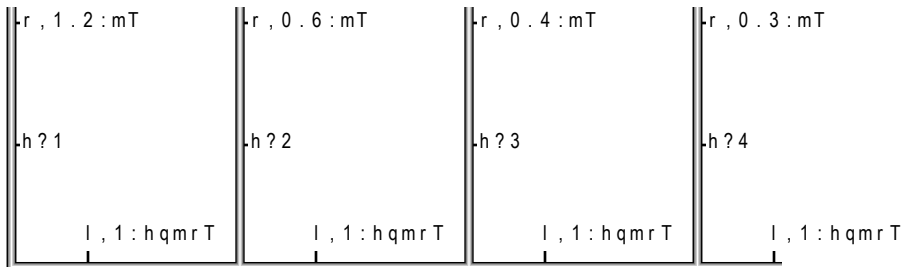
## Temperaturberoende densitet

dext\_r.pfs

Både luft och vatten har temperaturberoende densitet. Nedan redovisas ett exempel med blandning av olika stora luftvolymflöden med olika densitet och därmed också olika temperatur. Alla de fyra massflödena är lika stora 1.2 kg/s. Notera att densiteten har valts som 1.2, 0.6, 0.4 och 0.3 kg/m<sup>3</sup>, vilket medför att de absoluta temperaturerna ökar med en faktor 2, 3 och 4 räknat från det vänstra fallets 293 K eller 20 °C. Utskrift görs av volymflöde, massflöde, densitet och temperatur.

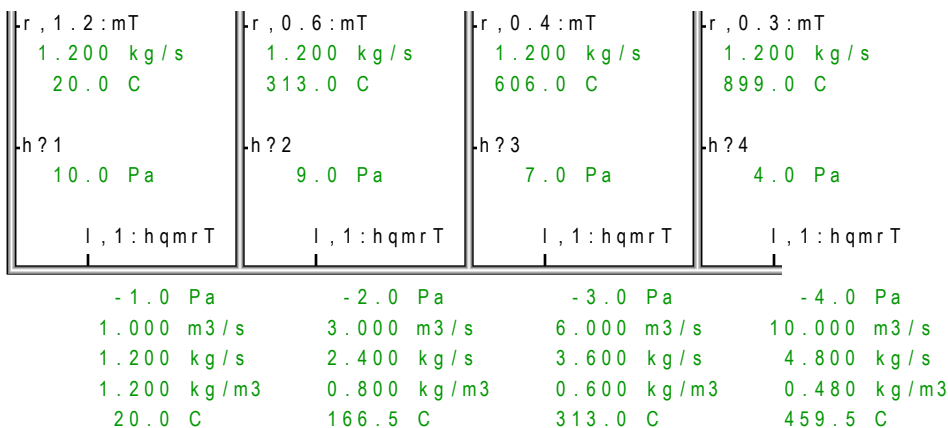
Exemplet visar ett enkelt samband för blandning av två luftvolymflöden med olika temperatur, vilket är att summa volyminflödet är lika med summa volymutflöde. Detta beror på att densiteten är omvänt proportionell mot den absoluta temperaturen. Summa massinflöde är givetvis lika med summa massutflöde.

```
begin "dext_r.pfs"
control dencase=1
```



end

```
begin "dext_r.pfs"
control dencase=1
```



```
end 1 1 system 12 elements 0 errors 0 observations 2007-01-11 10.22.52
```

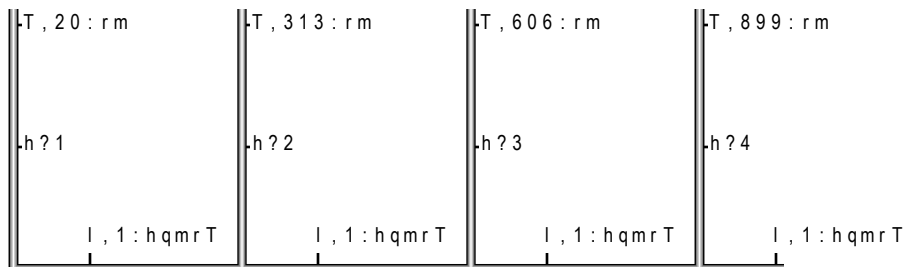
## Temperaturberoende densitet

dext\_t.pfs

Både luft och vatten har temperaturberoende densitet. Nedan redovisas ett exempel med blandning av olika stora luftvolymflöden med olika densitet och därmed också olika temperatur. Alla de fyra massflödena är lika stora 1.2 kg/s. Notera att densiteten har valts som 1.2, 0.6, 0.4 och 0.3 kg/m<sup>3</sup>, vilket medför att de absoluta temperaturerna ökar med en faktor 2, 3 och 4 räknat från det vänstra fallets 293 K eller 20 °C. Utskrift görs av volymflöde, massflöde, densitet och temperatur.

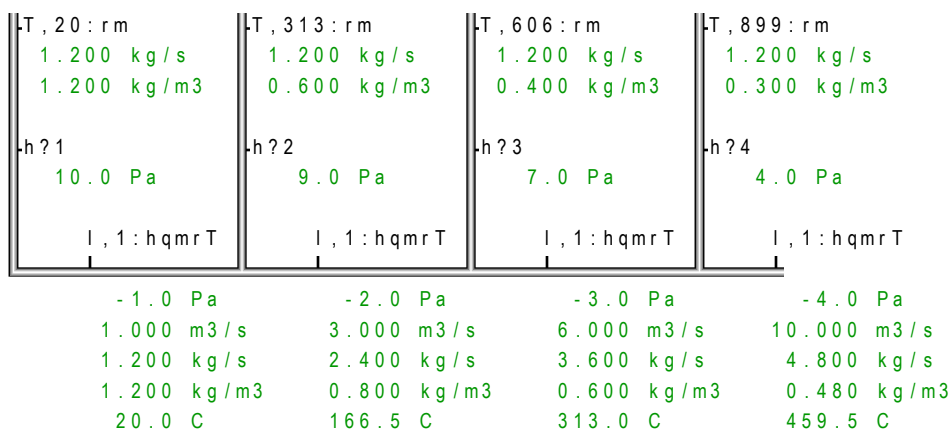
Exemplet visar ett enkelt samband för blandning av två luftvolymflöden med olika temperatur, vilket är att summa volyminflödet är lika med summa volymutflöde. Detta beror på att densiteten är omvänt proportionell mot den absoluta temperaturen. Summa massinflöde är givetvis lika med summa massutflöde.

```
begin "dext_t.pfs"
control dencase=1
```



end

```
begin "dext_t.pfs"
control dencase=1
```



```
end 1 1 system 12 elements 0 errors 0 observations 2007-01-11 10.37.22
```



## Variabla knutpunkter

## dext\_varcon.pfs

Variabla knutpunkter kan skapas med standardtextelementet #,argument. Knutpunktsargumentet kan anges som ett värde, en inre parameter eller en yttre programstyrd parameter.

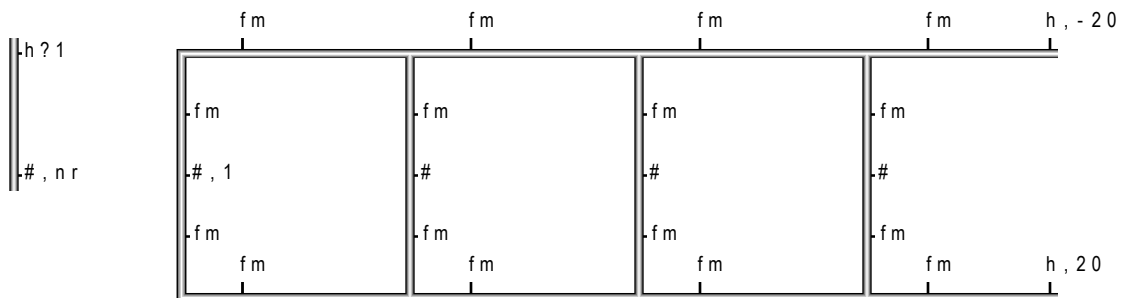
Knutpunkter kan också numreras automatiskt genom att endast ange typstecknet för en variabel knutpunkt #. Numreringen startar från det senaste knutpunktnumret och om inte angivits blir det första knutpunktsnumret ett.

Exemplet nedan visar hur ett störflöde kan kopplas in till fyra andra knutpunkter i ett enkelt flödesystem.

Notera att den första knutpunkten i flödesystemet anges med #,1 för numreringen skall blir 1 till 4 i flödesystemet. Om endast # hade använt hade numreringen blivit felaktiga nr+1, nr+2, nr+3 respektive nr+4 och störflödets knutpunkt nr=3 hade inte kunnat kopplas ihop med systemet.

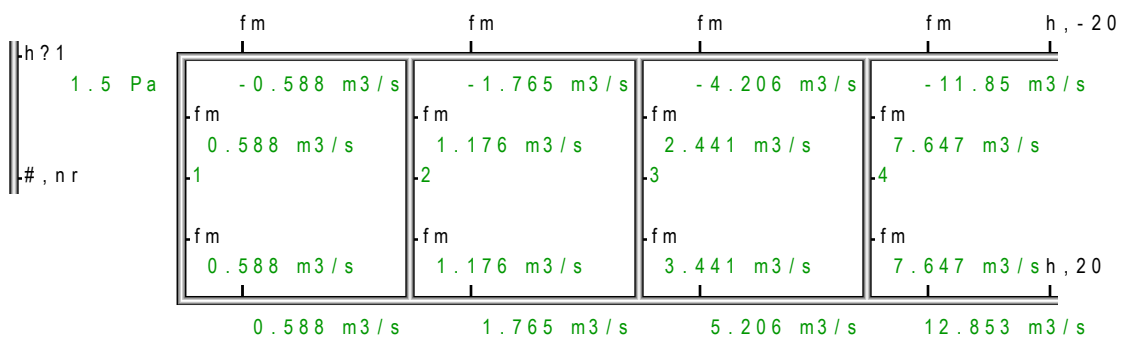
Notera vidare att de fasta knutpunkterna skrivs om till endast en knutpunktssiffra utan något typstecken.

```
begin                                     "dext_varcon.pfs"
parameter  nr=3
set        fm=1,1:q
```



end

```
begin                                     "dext_varcon.pfs"
parameter  nr=3
set        fm=1,1:q
```



end 1 1 system 19 elements 0 errors 0 observations 2007-01-11 10.42.10

## Kylarelement

## dext\_cooler.pfs

En kylare kan definieras med **cooler** på samma sätt som en värmare med **heater** och är egentligen samma beräkningselement och kan definieras som en värmare genom spegling i omgivningstemperaturen.

Nedan redovisas ett exempel med en kylare med effekten -419 W, vid en framtemperatur på 16 °C en returtemperatur på 19 °C och en omgivningstemperatur på 24 °C. Definition som en speglad värmare fås med effekt 419 W, framtemperatur på 32 °C ( $24+(24-16)$ ), returtemperatur på 29 °C ( $24+(24-19)$ ) och omgivningstemperatur på 24 °C.

Det nominella flödet i l/h beräknas med en **compute**-sats till 120 l/h. De tre vänstra fallen redovisar kyleffekten för flödena 60, 120 och 240 l/h och nominell framtemperatur 16 °C. Det fjärde fallet visar hur flödet kan bestämmas för en given kyleffekt i detta fallet lika med det nominella fallet.

Notera även att densitet och specifikt värme för vatten anges med en **control**-sats.

```
begin                                     "dext_cooler.pfs"
flow      l/h
control   den=1000  cp=4190
compute  qlh=1000*3600*419/(1000*4190*3)
cooler   cool  -419  16 19 24
```

h?060:qm	h?120:qm	h?240:qm	h?:qm
-T,16	-T,16	-T,16	-T,16
-cool:P	-cool:P	-cool:P	-cool,-419:P

end

```
begin                                     "dext_cooler.pfs"
flow      l/h
control   den=1000  cp=4190
com(1)   qlh=1000*3600*419/(1000*4190*3)      120.000000
cooler   cool  -419  16 19 24
```

h?060:qm	h?120:qm	h?240:qm	h?:qm
0.0 Pa	0.0 Pa	0.0 Pa	0.0 Pa
60.000 l/h	120.00 l/h	240.00 l/h	119.99 l/h
0.017 kg/s	0.033 kg/s	0.067 kg/s	0.033 kg/s
-T,16	-T,16	-T,16	-T,16
-cool:P	-cool:P	-cool:P	-cool,-419:P
-340.4 W	-419.0 W	-468.0 W	-419.0 W

```
end 1 4 systems 12 elements 0 errors 0 observations 2007-01-11 11.08.49
```

## Värmevinstelement

## dext\_heatgain.pfs

Rör- och kanalsystem kan ha värmeutbyte med omgivningen. Värmeupptagning från omgivningen till ledningar av något slag kan definieras med deklarationen **heatgain** för en meter ledning med en angiven diameter. Både tryckförluster och värmeutbyte beaktas med ett och samma beräkningselement, som egentligen är ett **d**-element utökat med värmeutbyte till omgivningen.

Exemplet nedan avser en markslang med längderna 1, 2, 5 och 10 m. De nominella värdena är effekten -41.9 W/m, vid en framtemperatur på 0 °C, en returtemperatur på 2 °C och en omgivningstemperatur på 10 °C. Markslangens innerdiameter är 53 mm.

Det nominella flödet i l/s beräknas med en **compute**-sats till 0.005 l/h för 1 meter ledning. De fyra flöden har anpassats till längderna och är därför 0.005, 0.010, 0.025 och 0.050 l/s. Resultatet blir därför att de fyra utloppstemperaturen blir lika med den nominella och att effekterna är proportionella mot ledningslängden.

Notera även att densitet och specifikt värme för vatten anges med en **control**-sats. Ledningens tryckfall beräknas enligt Hazen-Williams ekvation med C-faktor 140, vilket fås med **duct=9**.

```
begin                                                    "dext_heatgain.pfs"
flow            l / s
control        den=1000  cp=4190  duct=9
compute       qls=1000*41.9 / (1000*4190*2)
heatgain       d63  -41.9  0 2 10 53
```

h?0.005:q	h?0.010:q	h?0.025:q	h?0.050:q
-T,0	-T,0	-T,0	-T,0
-d63,1:P	-d63,2:P	-d63,5:P	-d63,10:P
-:T	-:T	-:T	-:T

end

```
begin                                                    "dext_heatgain.pfs"
flow            l / s
control        den=1000  cp=4190  duct=9
com(1)        qls=1000*41.9 / (1000*4190*2)           0.005000
heatgain       d63  -41.9  0 2 10 53
```

h?0.005:q	h?0.010:q	h?0.025:q	h?0.050:q
0.0 Pa	0.0 Pa	0.3 Pa	2.0 Pa
0.005 l/s	0.010 l/s	0.025 l/s	0.050 l/s
-T,0	-T,0	-T,0	-T,0
-d63,1:P	-d63,2:P	-d63,5:P	-d63,10:P
-41.9 W	-83.8 W	-209.5 W	-419.0 W
-:T	-:T	-:T	-:T
2.0 C	2.0 C	2.0 C	2.0 C

```
end 1 4 systems 16 elements 0 errors 0 observations 2007-01-11 11.12.24
```

## Värmeförlustelement

## dext\_heatloss.pfs

Rör- och kanalsystem kan ha värmeutbyte med omgivningen. Värmeavgivning till omgivningen från ledningar av något slag kan definieras med deklarationen **heatloss** för en meter ledning med en angiven diameter. Både tryckförluster och värmeutbyte beaktas med ett och samma beräkningselement, som egentligen är ett **d**-element utökat med värmeutbyte till omgivningen.

Exemplet nedan avser en oisolerad rörledning med längderna 1, 2, 5 och 10 m. De nominella värdena är effekten 419 W/m, vid en framtemperatur på 91 °C, en returtemperatur på 89 °C och en omgivningstemperatur på 10 °C. Rörledningens innerdiameter är 53 mm.

Det nominella flödet i l/s beräknas med en **compute**-sats till 0.005 l/h för 1 meter ledning. De fyra flöden har anpassats till längderna och är därför 0.005, 0.010, 0.025 och 0.50 l/s. Resultatet blir därför att de fyra utloppstemperaturen blir lika med den nominella och att effekterna är proportionella mot ledningslängden.

Notera även att densitet och specifikt värme för vatten anges med en **control**-sats. Ledningens tryckfall beräknas enligt Hazen-Williams ekvation med C-faktor 140, vilket fås med **duct=9**.

```
begin                                     "dext_heatloss.pfs"
flow          l / s
control       den=1000  cp=4190  duct=8
compute      qls=1000*419/(1000*4190*2)
heatloss     d100 419 91 89 10 100
```

h?0.05:q	h?0.10:q	h?0.25:q	h?0.50:q
-T,91	-T,91	-T,91	-T,91
-d100,1:P	-d100,2:P	-d100,5:P	-d100,10:P
-:T	-:T	-:T	-:T

```
end
```

```
begin                                     "dext_heatloss.pfs"
flow          l / s
control       den=1000  cp=4190  duct=8
com(1)       qls=1000*419/(1000*4190*2)           0.050000
heatloss     d100 419 91 89 10 100
```

h?0.05:q	h?0.10:q	h?0.25:q	h?0.50:q
0.0 Pa	0.1 Pa	1.2 Pa	8.5 Pa
0.050 l/s	0.100 l/s	0.250 l/s	0.500 l/s
-T,91	-T,91	-T,91	-T,91
-d100,1:P	-d100,2:P	-d100,5:P	-d100,10:P
419.0 W	838.0 W	2095.0 W	4190.0 W
-:T	-:T	-:T	-:T
89.0 C	89.0 C	89.0 C	89.0 C

```
end 1 4 systems 16 elements 0 errors 0 observations 2007-01-11 11.26.48
```

## Polynom för tryckändringsfunktion

dext\_polynom.pfs

Tryckändringsfunktionen  $h(q)=1-3q+3q^3-q^3$  beskrivs nedan med deklaraionsraden **polynom** och testas med flöden 0, 1, 2 och 3 m<sup>3</sup>/s, vilket ger tryckändringarna 1, 0, -1 respektive -8 Pa.

```
begin                                                                 "dext_polynom.pfs"
polynom  fc  1 -3  3 -1
      ||h?0      ||h?1      ||h?2      ||h?3
      ||fc       ||fc       ||fc       ||fc

end

begin                                                                 "dext_polynom.pfs"
polynom  fc  1 -3  3 -1
      ||h?0      ||h?1      ||h?2      ||h?3
      ||fc       ||fc       ||fc       ||fc
      ||-1.0 Pa  ||0.0 Pa   ||1.0 Pa   ||8.0 Pa

end 1  4 systems  8 elements  0 errors  0 observations  2007-01-11  11.31.49
```

## Regression för tryckändringsfunktion

dext\_regression.pfs

Tryckändringsfunktionen  $h(q)=1-3q+3q^3-q^3$  har anpassats fram med deklaraionsraden **regression** med flöden 0, 1, 2 och 3 m<sup>3</sup>/s med motsvarande tryckändringar 1, 0, -1 respektive -8 Pa.

```
begin                                                                 "dext_regression.pfs"
regression  fc  4      1:0  0:1  -1:2  -8:3
      ||h?0      ||h?1      ||h?2      ||h?3
      ||fc       ||fc       ||fc       ||fc

end

begin                                                                 "dext_regression.pfs"
regression  fc  4      1:0  0:1  -1:2  -8:3      rms= 0.000
      ||h?0      ||h?1      ||h?2      ||h?3
      ||fc       ||fc       ||fc       ||fc
      ||-1.0 Pa  ||0.0 Pa   ||1.0 Pa   ||8.0 Pa

end 1  4 systems  8 elements  0 errors  0 observations  2007-01-25  10.47.43
```

## Diameterdimensionering

## dext\_diameter.pfs

Dimensionering av ledningar kan ske för varje enskild ledningsträcka med beräkningselementet **d**?längd om flödet är givet och det finns en **design**-sats som anger hur dimensioneringen skall ske. Detta innebär att varje delsträcka i ett ledningsnät får en anpassad dimension, men det finns fall där en stamlednings alla delsträckor med olika flöden skall ha samma dimension. Detta problem löses genom att beräkna en diameterparameter med deklarerationsatsen **diameter** för ett givet flöde.

Nedan visas ett exempel för luftkanaler med tre olika diameterberäkningar anpassade för flödena 1, 2 och 5 m<sup>3</sup>/s och högst 1 Pa/m och standarddimensioner mellan 200 och 1250 mm.

Notera att **diameter**-satsen skapar en resultatutskrift med uppgifter på vald diameter i mm, tryckfall i Pa/m, nominellt flöde i m<sup>3</sup>/s och hastighet i m/s.

De tre fallen testas för sina nominella flöden. Kontrollfallens siffror stämmer givetvis överens med de för **diameter**-satserna utskrivna.

```

begin                                                                 "dext_diameter.pfs"
control duct=1
design max R(d) 1 200 250 315 400 500 630 800 1000 1250

diameter d1 1
diameter d2 2
diameter d5 5

||h?1 ||h?2 ||h?5
||-d, d1, 1:qvR ||-d, d2, 1:qvR ||-d, d5, 1:qvR

end

begin                                                                 "dext_diameter.pfs"
control duct=1
design max R(d) 1 200 250 315 400 500 630 800 1000 1250

diameter d1 1 500.0 mm 0.5 Pa/m 1.000 m3/s 5.1 m/s
diameter d2 2 630.0 mm 0.6 Pa/m 2.000 m3/s 6.4 m/s
diameter d5 5 1000.0 mm 0.4 Pa/m 5.000 m3/s 6.4 m/s

||h?1 ||h?2 ||h?5
|| 0.5 Pa || 0.6 Pa || 0.4 Pa
||-d, d1, 1:qvR ||-d, d2, 1:qvR ||-d, d5, 1:qvR
|| 1.000 m3/s || 2.000 m3/s || 5.000 m3/s
|| 5.1 m/s || 6.4 m/s || 6.4 m/s
|| 0.5 Pa/m || 0.6 Pa/m || 0.4 Pa/m

end 1 3 systems 6 elements 0 errors 0 observations 2007-01-11 12.09.46

```

## Tvåstegsberäkning med fläkt

dext\_fan.pfs

Tvåstegsberäkning redovisas för en fläkt benämnd test med tryckstegring 500, 400 och 100 Pa för motsvarande flöden 0, 1 respektive 2 m<sup>3</sup>/s och ett normaliserat varvtal 1.

De tre vänstra fallen visar drift av en fläkt med nominellt varvtal under steg 1 (**trix=1**) och med halverat, nominellt och fördubblat varvtal under steg 2 (**trix=2**). Flödena blir 1 m<sup>3</sup>/s under steg 1 och 0.5, 1.0 och 2.0 m<sup>3</sup>/s under steg 2.

De tre högra fallen visar anpassning av varvtal för en fläkt med flödet 2 m<sup>3</sup>/s under steg 1 (**trix=1**) och med bibehållet, nominellt och halverat varvtal under steg 2 (**trix=2**). Flödena är 2 m<sup>3</sup>/s under steg 1 och blir 2.0, 1.0 och 0.5 m<sup>3</sup>/s under steg 2.

En anmärkning att fall med test?värde kan inte ersättas med test,fpv,värde trots att det formellt är samma sak.

```

begin                                                                 "dext_fan.pfs"
control      trix=1
parameter   p0=500  p1=400  p2=100

fan  test  p0:0  p1:1  p2:2  1                                rms= 0.000

|| test,1,0.5 || || test,1,1 || || test,1,2 || || test?fix || || test?1 || || test?0.5 ||
|| -t,p1,1:hq || || -t,p1,1:hq || || -t,p1,1:hq || || -q,2,fpv || || -q,2,fpv || || -q,2,fpv ||
|| -400.0 Pa || || -400.0 Pa || || -400.0 Pa || || -1600 Pa || || -1600 Pa || || -1600 Pa ||
|| 1.000 m3/s || || 1.000 m3/s || || 1.000 m3/s || || 2.000 m3/s || || 2.000 m3/s || || 2.000 m3/s ||

end 1 6 systems 15 elements 0 errors 0 observations 2007-01-11 14.48.44

begin
control      trix=2
parameter   p0=500  p1=400  p2=100

fan  test  p0:0  p1:1  p2:2  1                                rms= 0.000

|| test,1,0.5 || || test,1,1 || || test,1,2 || || test?fix || || test?1 || || test?0.5 ||
|| -t,p1,1:hq || || -t,p1,1:hq || || -t,p1,1:hq || || -q,2,fpv || || -q,2,fpv || || -q,2,fpv ||
|| -100.0 Pa || || -400.0 Pa || || -1600 Pa || || -1600 Pa || || -400.0 Pa || || -100.0 Pa ||
|| 0.500 m3/s || || 1.000 m3/s || || 2.000 m3/s || || 2.000 m3/s || || 1.000 m3/s || || 0.500 m3/s ||

end 2 6 systems 15 elements 0 errors 0 observations 2007-01-11 14.48.44

```

Parameterprogram

dext\_testgram.pfs

Multipla beräkningar av ett **begin-end**-block med olika parametervärden kan genomföras med ett antal programfunktioner. Alla har liknande format med först parameterbeteckning, parametersort, antal decimaler i tabellerad utskrift och därefter följer varierande indata. En kort sammanställning för de som kommer att testas nedan är följande:

<b>program</b>	parameter	sort	decimalantal	godtycklig sifferföljd
<b>decgram</b>	parameter	sort	decimalantal	sifferföljd endast 0-9 och mellanslag krävs ej
<b>lingram</b>	parameter	sort	decimalantal	aritmetrisk serie anges med startvärde, distans och antal steg totalt
<b>geogram</b>	parameter	sort	decimalantal	geometrisk serie med startvärde, faktor och antal steg totalt
<b>loggram</b>	parameter	sort	decimalantal	logaritmisk serie 1, 2, 5, 10 anges med startvärde, startfas och antal steg totalt
<b>rengram</b>	parameter	sort	decimalantal	renardserie anges med startvärde, antal steg för öka en faktor 10 och antal steg totalt
<b>recgram</b>	parameter	sort	decimalantal	rektangelfördelad sifferföljd anges med mingräns, maxgräns och antal steg totalt
<b>norgram</b>	parameter	sort	decimalantal	normalfördelad sifferföljd anges med medelvärde, standardavvikelse och antal steg totalt

Raden **table 0 10 10 2** anger med 0 att inga kombinationer skall beräknas, 10 och 10 anger tio utskifter per rad och den tionde beräkningen redovisas i **begin-end**-blockets utskrifter. Den avslutande tvåan anger att det inte sker utskrift på **end**-raden.

```

table      0 10 10 2                                     "dext_testgram.pfs"

program    p1 s1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
decgram    p2 s2 0 1234567890
lingram    p3 s3 0 1 1 10
geogram    p4 s4 0 1 2 10
loggram    p5 s5 0 1 0 10
loggram    p6 s6 0 1 1 10
loggram    p7 s7 0 1 2 10
rengram    p8 s8 3 0.1 10 10
recgram    p9 s9 3 0 1 10
norgram    p0 s0 3 0 1 10

begin

end

table      0 10 10 2                                     "dext_testgram.pfs"
step number
pro(1) p1 s1      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
pro(2) p2 s2      1      2      3      4      5      6      7      8      9      0
pro(3) p3 s3      1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
pro(4) p4 s4      1      2      4      8      16     32     64     128    256    512
pro(5) p5 s5      1      2      5      10     20     50     100    200    500    1000
pro(6) p6 s6      1      2      5      10     25     50     100    250    500    1000
pro(7) p7 s7      1      2      4      10     20     40     100    200    400    1000
pro(8) p8 s8      0.100  0.126  0.158  0.200  0.251  0.316  0.398  0.501  0.631  0.794
pro(9) p9 s9      0.835  0.158  0.927  0.799  0.445  0.855  0.971  0.342  0.270  0.676
pro(10) p0 s0     0.088  -0.069 0.127  0.050  0.100  -0.014 -0.176 -0.033 -0.090 0.025

begin

end

```



## Parameterprogram

## dext\_pergram.pfs

Beräkning av fall utan kombinationer mellan olika parameterföljder kräver att följderna skall vara lika långa. Inga kombinationer anges med den inledande nollan i **table**-raden.

Antalet fall blir snabbt stort om alla kombinationer skall beräknas. Antalet fall eller steg är begränsat till 100. Det finns också ett behov att inte kombinera alla parametrar med varandra fullt ut.

Ett exempel är att en grupp av parametrar, som skall undersökas för några få kombinationer inom gruppen, skall kombineras med alla möjliga fall för några andra parametrar. Detta löses genom att definiera gruppens begränsade kombinationer först för alla programparametrar med **pergram**-deklarationen, som är helt identisk med **program**-deklarationen. Den sista gruppparametern definieras dock med **program**.

Demonstrationsexemplet nedan visar hur en parameter p1 med värden 1 och 2 kombineras med en grupp med tre parametrar p2, p3 och p4, vilka skall beräknas för endast fem fall nämligen alla 0, endast en 1 och alla 1. Det totala antalet fall blir endast tio, men om alla kombinationer hade beräknats hade antalet fall eller steg blivit 250.

```

table      10 10 10 2                                     "dext_testgram.pfs"

pergram    p2 s2 0  0 1 0 0 1
pergram    p3 s3 0  0 0 1 0 1
program    p4 s4 0  0 0 0 1 1

program    p1 s1 0  1 2

begin

end

table      10 10 10 2                                     "dext_testgram.pfs"

step number          1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
pro(1)  p2  s2        0      1      0      0      1      0      1      0      0      1
pro(2)  p3  s3        0      0      1      0      1      0      0      1      0      1
pro(3)  p4  s4        0      0      0      1      1      0      0      0      1      1

pro(4)  p1  s1        1      1      1      1      1      2      2      2      2      2

begin

end

```

## Tabellerat resultat

## dext\_result.pfs

Ett exempel med tio kombinationer mellan parametrarna  $a=1, 2, 3, 4$  och  $5$  och  $b=10$  och  $20$  fås med **program**-raderna nedan där `- 0` anger ingen sort och inga decimaler i tabellsammanställningen. Raden **table** anger att tio kombinationer skall beräknas, tio utskriftsfall per rad och fall tio redovisas i grafiken. Alla beräkningselement märkta med underargumentet **w** resulterar i tabellerade resultatutskrifter om det finns en **result**-rad angiven. Notera att **w**-utskrifter i grafiken numreras.

Det linjära motståndets tryckfall och flöde blir **result**-rad 1 respektive 2. Tryckskillnaden över det linjära motståndet är lika med parametern  $c$  lika med summan av parametrarna  $a$  och  $b$  enligt **compute**-satsen. Det linjära motståndets tryckfall är  $1 \text{ Pa}$  vid flödet  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Det beräknade flödet blir därför siffermässigt lika med den drivande tryckskillnaden  $c=a+b$ .

Det går också att beräkna resultatrader med uttryck där indata, utdata och resultat från **compute**-satser ingår, vilket visas med **result**-raderna 3-6 där inledande `-` anger ingen sort och följande `0` och `3` antalet decimaler. Det som tabelleras är parametrarna  $a$ ,  $b$  och  $c$  och det beräknade linjära motståndet.

```

table      10 10 10 2                                     "dext_resultat.pfs"

program    a   -   0 1 2 3 4 5
program    b   -   0 10 20

result
result

result     -   0   a
result     -   0   b
result     -   0   c
result     -   3   -res(1)/res(2)

begin
compute    c=a+b

          h,c          |,1:hqw
                    
                    

end

table      10 10 10 2                                     "dext_resultat.pfs"
step number          1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
pro(1)  a   -          1      2      3      4      5      1      2      3      4      5
pro(2)  b   -          10     10     10     10     10     20     20     20     20     20

step number          1      2      3      4      5      6      7      8      9      10
res(1)   Pa          -11.0  -12.0  -13.0  -14.0  -15.0  -21.0  -22.0  -23.0  -24.0  -25.0
res(2)   m3/s        11.000 12.000 13.000 14.000 15.000 21.000 22.000 23.000 24.000 25.000

res(3)   -           1.     2.     3.     4.     5.     1.     2.     3.     4.     5.
res(4)   -          10.    10.    10.    10.    10.    20.    20.    20.    20.    20.
res(5)   -           11.    12.    13.    14.    15.    21.    22.    23.    24.    25.
res(6)   -          -1.000 -1.000 -1.000 -1.000 -1.000 -1.000 -1.000 -1.000 -1.000 -1.000

begin
com(1)    c=a+b                                           25.000000

          h,c          |,1:hqw
                    
                    
          -25.0 Pa 1
          25.000 m3/s 2

end

```

## Reserverade parametrar

## dext\_reserved\_data.pfs

Det finns sex numeriska fördefinierade parametervärden. De är **pi**, **e**, **true**, **false**, **fpv** och **fix** och skall inte ändras.

De redovisas siffermässigt nedan med undantag för **fpv**= $10^{23}$  och **fix**= $10^{22}$ , vilka normaliseras med sitt eget värde.

```
begin                                                                    "dext_reserved_data.pfs"

compute    p1=pi
compute    p2=e
compute    p3=true
compute    p4=false
compute    p5=fpv/1e23
compute    p6=fix/1e22

end

begin                                                                    "dext_reserved_data.pfs"

com(1)     p1=pi                                                            3.141593
com(2)     p2=e                                                              2.718282
com(3)     p3=true                                                            1.000000
com(4)     p4=false                                                            0.000000
com(5)     p5=fpv/1e23                                                        1.000000
com(6)     p6=fix/1e22                                                        1.000000

end 1 0 systems 0 elements 0 errors 0 observations 2007-01-11 13.45.40
```