

Utvärdering av dimstrålrörs effektivitet vid brandgaskylning

Anders Handell

Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet

Report 5065, Lund 2000

**Utvärdering av dimstrålrörs effektivitet
vid brandgaskylning**

Anders Handell

Lund 2000

Utvärdering av dimstrålrörs effektivitet vid brandgaskylning
Evaluation of the efficiency of fire fighting spray nozzles in a smoke gas cooling situation

Anders Handell

Report 5065
ISSN: 1402-3504
ISRN: LUTVDG/TVBB--5065--SE

Number of pages: 126

Keywords

Spray nozzle, fire fighting, flow measurement, cooling smoke gases, smoke diving, Fogfighter, Task Force Tips, Protek, Akron, Viper, Unifire, Quadrafog, Stockholm Fire Department, Swedish National Testing and Research Institute, Fire Demand Model, CFAST

Sökord

Dimstrålrör, brandbekämpning, flödesmätning, brandgaskylning, rökdykning, fogfighter, Task Force Tips, Protek, Akron, Viper, Unifire, Quadrafog, Stockholms brandförsvär, SP, Fire Demand Model, CFAST

Abstract

Evaluation of fire fighting spray nozzles when cooling hot smoke gases in a compartment fire. Computer simulations have been made concerning the fire scenario and time to reach fire control when water is applied. Total amounts of water are also calculated. Suggestions and conclusions drawn from the results are shown in the report. (Swedish)

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2000.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

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

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

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

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

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

SAMMANFATTNING

Denna rapport är resultatet av kursen PBR (Problembaserad brandteknisk riskhantering) utförd av författaren som elev vid brandingenjörslinjen i Lund. Syftet med kursen är att genomföra en större uppgift samt lösa denna med de kunskaper som förvärvats under studietiden. I rapporten utvärderas olika dimstrålrörs effektivitet vid brandgaskylning.

Bakgrunden till projektet är ett arbete utfört av författaren vid Stockholms brandförsvare sommaren –99 rörande utrustning på räddningsfordonen. Då framkom viss kritik mot det strålrör som används idag, fogfightern.

Syftet med detta projekt är att undersöka om det finns avgörande skillnader mellan olika dimstrålrör avsedda för brandsläckning. Undersökningen avser kylning av heta brandgaser i en rumsbrand. Rapporten skall förhoppningsvis kunna utgöra ett underlag för Stockholms brandförsvare vid inköp av nya strålrör.

Aspekter som service, hållbarhet samt ekonomi tas även upp i rapporten.

Arbetet utfördes dels med hjälp av datorsimuleringar och dels i form av storskaliga släckförsök och mätningar. Datorsimuleringarna behandlar det tänkta brandförloppet för att undersöka hur lång tid varje bränsleladdning kan användas i försöken. Vidare simuleras släckinsatsen med programmet Fire Demand Model för att kunna jämföra faktiskt uppmätta värden med de simulerade. En känslighetsanalys avseende droppstorleken inverkan i programmet Fire Demand Model har också utförts.

De storskaliga släckförsöken är utförda i brandövningshuset vid Stockholms brandförsvare övningsanläggning i Ågesta söder om Stockholm. Uppmätta värden är tid till släckning, momentanflöden och total använd mängd vatten. Tryck och flödesmätning för strålrören har utförts för att jämföra dessa med av tillverkaren uppgivna värden samt för att dra slutsatser från dessa till släckresultaten. Strålbildsfördelningar för strålrören har utförts vid SP i Borås. Dessa resultat är också knutna till släckresultaten.

Resultaten av simuleringarna i programmet Fire Demand Model visar att droppstorleken har liten inverkan på resultaten. Jämförelsen mellan det simulerade släckförloppet och värdena från släckförsöken visar att programmet har svårt att simulera en invändig släckning. Resultaten skiljer sig betydligt åt. I simuleringarna uppvisar strålrören med de högsta flödena de bästa resultaten. Detta stämmer inte med släckförsöken.

Resultaten från släckförsöken visar att strålrör med högt strålrörstryck samt en bra strålbild är bättre än strålrör med högt flöde men lågt strålrörstryck och dålig strålbild.

TFT Ultimatic är det strålrör som i släckförsöken ger det bästa resultatet med avseende på brandgaskylning. Detta får antas bero på att det upprätthåller det strålrörstryck som det skall arbeta med. Det har den mest symmetriska strålbilden av de provade. Flödet ligger inom ett område som kopplat till Fire Demand Model är tillräckligt för detta scenario. Tiden till släckning uppgår till 29 sekunder.

Nästa grupp av strålrör ligger i ett intervall mellan 33 – 47 sekunder. Dessa är Protek 322 samt 366, ny Fogfighter, Quadrafog 150 och Akron Turbojet. Tidsmässigt är de sämre än TFT

Ultimatic men står sig ändå någorlunda väl. Den totala vattenåtgången blir högre också än för TFT Ultimatic. Någon eller flera av faktorerna flöde, strålrörstryck och strålbild är sämre hos dessa rör än för TFT-röret varför detta får antas vara anledningen till att de inte uppnår samma prestanda.

Den tredje gruppen strålrör är Quadrafog 500, begagnad Fogfighter samt Unifire APG. Tiderna till släckning för dessa strålrör ligger i intervallet 55 – 79 sekunder vilket får anses mindre bra i jämförelse med övriga i allmänhet och TFT Ultimatic i synnerhet. Quadrafog 500 har en mycket dålig strålbild samt lågt strålrörstryck vilket gör att den stora mängd vatten det levererar inte kan utnyttjas. Den begagnade Fogfightern har en dålig strålbild men dock ett någorlunda bra strålrörstryck som uppmättes till 5,8 bar. Unifire APG har en mycket dålig strålbild samt ett lågt flöde som ligger under 100 l/min vilket gör att tiden till släckning blir lång. Med tanke på att flödet är så pass lågt som det är får resultatet anses som mycket bra ändå. Detta beror på det höga strålrörstrycket som ger finare vattendroppar.

Fogfightern visar inte de bästa resultaten vilket är intressant att studera med tanke på att många räddningstjänster använder detta strålrör. Det finns dock andra faktorer som hanterbarhet och ekonomi som spelar in också. I detta test gav den nya Fogfightern ett bättre resultat än den begagnade vid gasfasverkan. Att dra generella slutsatser mellan en begagnad och en ny modell efter att ha jämfört endast två modeller är för mycket begärt. Detta borde dock undersökas närmare.

Skillnaderna i släckförsöken för strålrören ligger inom en minuts intervall. Det kan antas att skillnaderna kommer att öka då ett kraftigare brandförlopp bemöts. Resultaten kommer då antagligen att utkristallisera sig ännu tydligare.

SUMMARY

This report is the result of the final course taken by the author at the Fire Engineering programme at Lund University in Sweden. The purpose of the course is to carry out a major task and solve this with the knowledge acquired during the education. In this report different fire fighting spray nozzles are evaluated when used in a smoke gas-cooling situation.

The background of the project is a job carried out by the author at the Stockholm Fire Department during the summer of –99 concerning equipment on the fire engines. The spray nozzle, which is used, the Fogfighter, was criticised to some extent.

The purpose of this project is to investigate if there are decisive differences between different spray nozzles when cooling hot smoke gases in a compartment fire. The report will hopefully be a basis for Stockholm Fire Department when purchasing new nozzles.

Aspects like service, durability and economy are also included in the report.

The project was carried out with the help of computer simulations, large-scale fire scenarios and different measurements. The computer simulations concern the fire scenario investigating the time each fuel load can be used in the experiments. Further the extinguishing attempts are simulated in order to compare data from the large-scale experiments to data simulated. A sensitivity analysis regarding the importance of the water droplet size in the computer program Fire Demand Model has also been carried out.

The large-scale experiments were carried out in the fire drill house at Stockholm Fire Department training facility at Ågesta south of Stockholm. Values measured are time to fire control, instantaneous flow rate and total amount of water used. Pressure and flow measurements for the nozzles were carried out in order to compare these values with values given by the manufacturer and to try to draw conclusions from these values when investigating the results from the large-scale experiments. Spray patterns for the nozzles have been measured at the Swedish National Testing and Research Institute in Borås, Sweden. These results are also a factor when investigating the results from the large-scale experiments.

The results from the simulations in the computer program Fire Demand Model shows that the water droplet size has a very small effect on the results. The comparison between the simulated fire scenario and the values from the large-scale experiments shows that the program has a difficulty in simulating an extinguishing attempt within the compartment. The results differ from each other considerably. In the simulations the nozzles with the highest flows show the best results. This is not the case when studying the results from the large-scale experiments.

The results from the large-scale experiments show that nozzles with high nozzle pressure and a good spray pattern are better than nozzles with high flows but low nozzle pressure and a bad spray pattern. TFT Ultimatic is the nozzle, which shows the best results from the large-scale experiments in a smoke gas-cooling situation. This is assumed to depend on the fact that the operating nozzle pressure is the same as the value which the manufacturer states. The flow is reasonably high and the nozzle shows the best spray pattern measured.

The Fogfighter does not show the best performance although it is the most used nozzle in the Swedish fire departments. However, there are other factors as manageability and economy, which are important. In these test the new Fogfighter managed better to cool the smoke gases than the old one.

FÖRORD

Jag vill rikta ett stort och varmt tack till alla som bidragit till att projektet har kunnat genomföras. Utan den hjälp jag fått av dessa personer hade det blivit svårt för att inte säga omöjligt att slutföra detta arbete. De personer som jag vill tacka är utan inbördes rangordning:

Göran Holmstedt, institutionen för brandteknik, handledare för projektet.

Stefan Särdaqvist, institutionen för brandteknik, biträdande handledare för projektet.

Anders Bergqvist, brandingenjör, handledare och närmaste kontakt vid Stockholms brandförsvär.

Personalen vid Ågesta övningsfält, speciellt Kenneth Johansson, för värdefull hjälp och vänligt bemötande.

Instruktörsgruppen vid Ågesta övningsfält, hösten och vintern -99, speciellt Staffan "Lillo" Lindberg, som deltog i försök och bidrog med värdefulla åsikter samt hjälp.

Sören Isaksson, brandingenjör, SP, Borås, som ställde upp vid strålbildstesterna. Stort tack för värdefull hjälp och vänligt bemötande.

Dafo Brand AB, för utlåning av strålrör.

Svenska Brandslangfabriken AB, för utlåning av strålrör.

NOHA – Henriksson, för utlåning av strålrör.

Unifire AB, för utlåning av strålrör.

Sist men inte minst, Anders Palm, klasskamrat och god vän som stöttat och bidragit med värdefull hjälp och goda idéer. Tack för en rolig tid!

Lund, november 2000

Anders Handell

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	7
SUMMARY	9
FÖRORD	11
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	13
1. INLEDNING	15
1.1 BAKGRUND.....	15
1.2 SYFTE	15
1.3 METOD	15
1.4 MÄTNINGAR	15
1.5 UPPLÄGG.....	16
1.6 AVGRÄNSNINGAR.....	16
2. FÖRSÖK OCH SIMULERINGAR	17
3. FDM – BERÄKNINGAR	19
3.1 BESKRIVNING	19
3.2 RESULTAT	19
3.3 DISKUSSION.....	22
4. TRYCK OCH FLÖDESMÄTNING	23
4.1 MATERIAL	23
4.2 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT.....	23
4.3 TRYCKAUTOMATIK.....	24
4.4 RESULTAT	24
4.5 DISKUSSION.....	25
5. STRÅLBILDSTEST	27
5.1 BESKRIVNING	27
5.2 MATERIAL	27
5.3 TILLVÄGAGÅNGSSÄTT.....	27
5.4 FELKÄLLOR	29
5.5 RESULTAT	29
5.6 DISKUSSION.....	31
6. SLÄCKFÖRSÖK	33
6.1 MATERIAL	33
6.2 YTTRE FÖRHÅLLANDEN	34
6.3 SLÄCKINSATS	34
6.4 MÄTUTRUSTNING	34
6.5 BRANDRUMMET.....	35
6.6 BRANDEN	37
6.7 FELKÄLLOR	39
6.8 RESULTAT	39
6.9 DISKUSSION.....	40
7. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG	43
8. REFERENSER	45
APPENDIX	47

1. INLEDNING

Vid brandingenjörslinjen, Lunds tekniska högskola skall studenten genomföra kursen PBR, (Problembaserad brandteknisk riskvärdering), vilken är studentens slutliga arbete under utbildningen. Studenten skall i detta arbete använda sig av tidigare förvärvade kunskaper inom utbildningen.

Denna rapport är resultatet av mitt examensarbete vid brandingenjörslinjen vid Lunds tekniska högskola. Rapporten behandlar olika typer av dimstrålrör, avsedda för brandsläckning, som finns på marknaden för närvarande. Rapporten innehåller resultat av brandsläckningsförsök, tryck- samt flödesmätningar, strålbildstester och datorsimuleringar.

1.1 Bakgrund

Efter att ha genomfört en allmän undersökning angående utrustningen på räddningsbilarna inom Stockholms brandförsvaret sommaren -99 /3/, så framkom det bland annat många synpunkter på det dimstrålrör som används inom organisationen idag, fogfightern. Ett stort antal av de tillfrågade upplevde inte fogfightern som optimal att arbeta med. Bland annat med avseende på hanterbarhet, effektivitet och ekonomi. En annan synpunkt som framfördes var att fogfightern inte höll sin prestanda då den blev gammal och sliten. Fogfightern har funnits på marknaden ett antal år och används huvudsakligen av de flesta brandförsvaret i Sverige. Det skall dock tilläggas att många brandförsvaret idag överväger andra modeller. Stockholms brandförsvaret håller för närvarande på att uppgradera sin utrustning på räddningsbilarna där ovanstående undersökning har varit en del av arbetet. Som ett led i det arbetet bestämdes att en djupare utvärdering av ledande dimstrålrör på marknaden skulle genomföras.

1.2 Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka om det finns några avgörande skillnader mellan olika dimstrålrör som finns på marknaden idag. Detta innefattar att undersöka skillnader med avseende på släckteknisk verkan, strålbild, tryck och flöden. Andra faktorer som hållbarhet, service samt ekonomi undersöks också till viss del.

1.3 Metod

Den släcktekniska verkan med avseende på brandgaskylning, tryck och flöden undersöks med hjälp av storskalaförsök vid Stockholms brandförsvarets övningsfält vid Ågesta strax utanför Stockholm. Strålbilder undersöks vid Statens Provningsanstalt i Borås. Datorsimuleringar med avseende på brandförloppet och släckinsatsen utförs med hjälp av diverse program som finns tillgängliga för ändamålet.

1.4 Mätningar

1.4.1 Tryck

Med hjälp av tryckmätare kommer trycket in i strålröret att kontrolleras för att se till att av tillverkarna rekommenderade arbetstryck uppnås. Strålrörstryck kopplas också till resultaten från släckförsöken.

1.4.2 Flöden

Arbetsflödena för strålrören kommer att undersökas för att kontrollera om de uppgivna flödena stämmer överens med vad leverantören anger vid respektive arbetstryck.

Vidare kommer momentanflöden att mätas vid släckförsöken för att undersöka hur snabbt temperaturen sjunker med avseende på tiden och flödet. Totalflödet kommer att mätas för varje försök för att undersöka hur mycket vatten som gått åt för att nå stoppkriteriet för varje strålrör.

1.4.3 Temperatur

Temperaturen i brandrummet kommer att mätas med totalt åtta stycken termoelement, fast och mobilt monterade. Dessa mätningar ligger till grund för när start och stopp för insats kommer att ske. De kommer dessutom att registreras tillsammans med flödesmätningarna för jämförande resultat.

1.4.4 Effektutveckling

Effektutvecklingen i brandrummet kommer inte att vara möjlig att mäta då den utrustning som krävs för detta inte finns tillgänglig.

1.4.5 Viktminskning

Viktminskning av bränslet kommer inte att mätas då det inte är det som avses undersökas i detta arbete.

1.4.6 Yttre förhållanden

Försöken kommer att i så stor utsträckning som möjligt hållas på ett sådant sätt att de yttre förhållandena såsom temperatur, vindhastighet och vindriktning inte skall inverka på släckinsatsen.

1.5 Upplägg

Eventuella skillnader i släckteknisk verkan mellan de olika lösningarna kommer att undersökas för att försöka fastställa vad som påverkar effektiviteten mest. Arbetet genomförs i samarbete mellan författaren, Lunds tekniska högskola (Brandteknik) och Stockholms brandförsvaret.

1.6 Avgränsningar

Försöken avser att undersöka släckeffektiviteten hos strålrör med avseende på gasfasverkan (kylning av brandgaser), och vilka faktorer som påverkar detta. Effektiviteten för ytkylning av bränslet undersöks ej. Rapporten avser inte att fullständigt ge svar på vad som gör vissa strålrör mer effektiva än andra. Ett resonemang utifrån olika tester påvisar dock bidragande orsaker.

2. FÖRSÖK OCH SIMULERINGAR

Efter diskussioner med personer från Brandteknik vid LTH, statens olika räddningsskolor, personal vid Stockholms brandförsvaret samt Anders Palm, Bi-96 som även han utförde försök vid Ågesta övningsanläggning under samma tidsperiod bestämdes slutligen hur testerna skulle utföras. Dessa beskrivs i följande kapitel. Det totala antalet strålrör som fanns tillgängliga, se bild 2.1 och 2.2, har inte provats i alla försök på grund av praktiska omständigheter och andra orsaker. Dessa redovisas för de separata försöken.

- Totalt 13 stycken strålrör

TA Fogfighter begagnad
TA Fogfighter ny
Unifire 10 C
Unifire APG
Unifire Jet Set
Unifire Output 12
TFT Ultimatic
Quadrafog 150
Quadrafog 500
Protek 322
Protek 366
Viper Select
Akron Turbojet



Bild 2.1: Alla strålrör som ingick i undersökningen. De är från vänster till höger samma som uppifrån och ner i kolumnen bredvid förutom Fogfighter begagnad. Notera byglarnas utformning.



Bild 2.2: Samma strålrör från en annan vinkel. Notera pistolgreppens utformning.

De försök och simuleringar som utförts är:

simulering av släckförsök med programmet Fire Demand Model (se kapitel 3 samt appendix B)

simulering av brandförloppet (appendix A)

mätning av strålrörstryck samt flöden för de strålrör som ingick i släckförsöken

undersökning av strålbilder

storskaliga släckförsök

Dessa redovisas i kommande kapitel förutom simulering av brandförloppet som återfinns i appendix A.

3. FDM – BERÄKNINGAR

3.1 Beskrivning

FDM står för Fire Demand Model och är ett datorprogram som simulerar den påverkade branden. Alltså ett brandförlopp som påverkas av en släckinsats. För beskrivning av programmet och en noggrann utvärdering av detsamma rekommenderas /6/, /7/ och /8/ som är tre delrapporter. Förklaringar av indataparametrar och utdatafiler återfinns i appendix B.

Syftet med dessa simuleringar är dels att undersöka ungefär hur mycket vatten som måste tillföras branden för att uppnå släckning. Dessa simuleringar har utförts innan släckförsöken. Efter att släckförsöken genomförts utfördes simuleringar för att utröna om resultaten från Fire Demand Model stämmer överens med resultaten från släckförsöken.

Simuleringarna omfattar testförsök som utfördes innan släckförsöken med 300 l/min som flöde och 0,7 mm droppstorlek för vattendropparna. Indata för konstruktionen är tagna från den lokal i brandövningshuset där försöken skulle utföras. Indata för branden är uppskattade från den tänkta laddningen men skiljer sig något från senare simuleringar som utfördes efter släckförsöken.

Efter att släckförsöken hade genomförts utfördes en känslighetsanalys för droppstorlekens betydelse i Fire Demand Model. Eftersom det visade sig mycket svårt att få tillgång till droppstorleksfördelningar från tillverkarna blev detta nödvändigt. I dessa försök har alla parametrar hållits oförändrade förutom droppstorleken som varierats från 0,1 mm till 1 mm. I /7/ väljs droppstorlek till cirka 0,6 – 0,7 mm för lågtrycksrör varför bedömningen gjordes att inte fortsätta att prova droppstorlekar över 1 mm.

Till sist utfördes 12 nya FDM-simuleringar med de uppmätta flödena och strålrörstrycken från varje strålrör som ingick i försöken.

3.2 Resultat

Av simuleringen med Fire Demand Model som utfördes innan släckförsöken kan utläsas att det optimala släckflödet ligger någonstans mellan 220 – 280 l/min, se diagram 3.1. Släckinsatsen simuleras inte börja förrän efter tre minuter. Alltså blir kontrolltiden för släckning någonstans mellan en till två minuter inom detta flödesintervall. Vid lägre flöden kommer tiden till släckning att bli oacceptabelt lång samtidigt som en stor ökning av flödet inte kommer att ge nämnvärt kortare tid till släckning. Den undre gränsen för släckning är uppskattningsvis cirka 200 l/min enligt simuleringen.

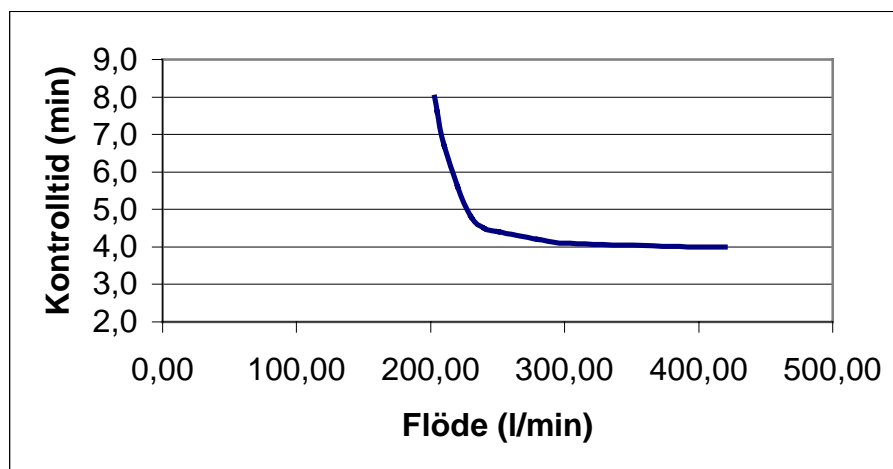


Diagram 3.1: Optimalt släckflöde från simulering i Fire demand model.

I Fire Demand Model kan temperatur för övertändning samt för släckning definieras både för gas samt för vägg- och tak temperatur. Försöken utförs med gastemperatur som släckkriterium. På grund av detta används endast denna temperatur som släckkriterium i FDM också. Temperatur i väggar och tak sätts till samma värde för övertändning som för släckning. Detta innebär att vägg- samt tak temperatur inte skall inverka i resultatet. Temperaturen i väggar och tak kommer dock att öka en viss del innan insatsen påbörjas vilket leder till att det tar en stund innan den återgår till övertändningstemperatur. Vid det laget har dock gastemperaturen hunnit minska till ca 100 °C vilket ligger väl under värdet för släckning vilket är satt till 200 °C, se diagram 3.2.

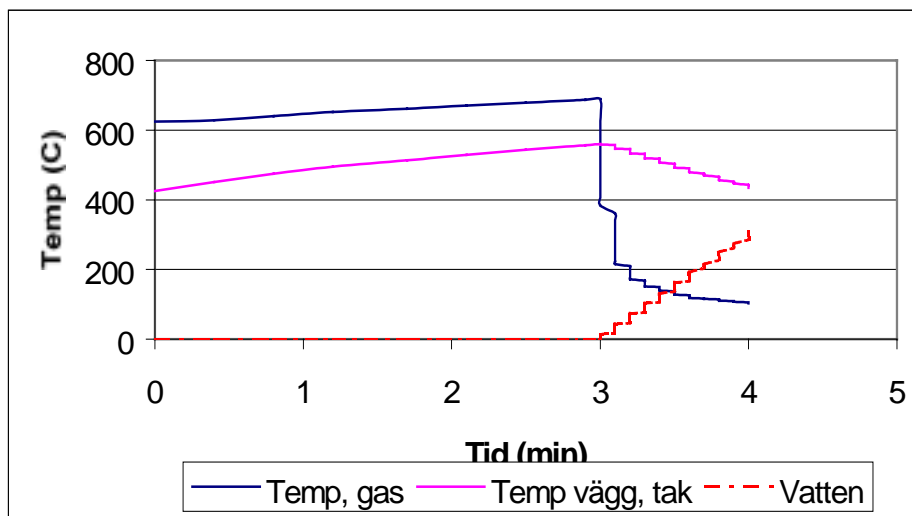


Diagram 3.2: Tid för att uppnå fire control samt vattenåtgång vid simulering i fire demand model.

Tid till släckning uppgår till 1,1 minut. Då har 340 liter vatten gått åt av vilket 320 liter har förångats. Resultaten från känslighetsanalysen visar på att droppstorleken har en mindre betydelse för resultaten. Dessa går att utläsa i tabell 3.1 samt tabell B.1 i appendix B.1. En avgörande punkt är mellan 0,1 och 0,2 mm droppstorlek där skillnaden i resultat blir mycket stor. Det syns även en tendens till att vattenåtgången är på väg att öka i och med att droppstorleken överstiger 1 mm.

DROPPSTRLK MM	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
FIRE CONTROL MIN	9,1	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,2	4,2
FUEL LEFT %	45,55	62,63	63,84	63,96	63,93	63,85	63,74	63,64	63,54	63,49
WATER APPLIED LITERS	1840,3	350,5	320,3	320,5	324,9	331,1	337,9	344,4	350	354,7
WATER VAPORIZED LITERS	479,8	244,4	270,4	288,4	302,0	313,7	324,1	333,2	340,6	346,9

Tabell 3.1: Droppstorlekens betydelse i Fire Demand Model.

I tabell 3.2 (se även tabell B.2 i appendix B.2) går det att utläsa resultaten av simuleringar i Fire Demand Model för de strålrör som ingick i släckförsöken. De parametrar som varierar är flöden och strålrörstryck. Dessa värden hämtades från tryck- och flödestesterna, se kapitel 4. Tabellen visar att resultaten är hårt knutna till aktuellt flöde. De strålrör som avger de största flödena uppvisar också bäst släckresultat. Strålrörstryck har liten och strålbilder ingen påverkan på resultatet. I detta fallet skulle Akron Turbojet och Quadrafog 500 med maxflödet inställt vara de effektivaste strålrören med avseende på tid till fire control, det vill säga släckkriteriet uppnått, och använd mängd vatten. Båda strålrören har tryck som ligger runt 3 bar. Som jämförelse är Protekstrålrören de minst effektiva med stor vattenåtgång samt betydligt längre tid för att uppnå fire control trots att de har strålrörstryck runt 7 bar vilket ger finare droppar med bättre släckeffekt, se /4/. En fjärde simulering med Quadrafog 500 med lägsta maxflödet inställt (100 l/min), samt simulering av Unifire APG och Quadrafog 150 resulterade i att de inte nådde släckkriteriet inom angiven tid.

DROPPSTRLK MM	AKRON TURBOJET	FOG BEGAG NAD	FOG NY	PROTEK K 322	PROTEK K 366	TFT ULTIM ATIC	QUAD RAFOG 500 ¹	QUAD RAFOG 500 ¹	QUAD RAFOG 500 ¹
FLÖDE L/MIN	340	280	288	232	225	250	345	312	246
TRYCK BAR	3,4	5,8	5,4	6,7	7,3	6,8	3,0	4,7	6,1
FIRE CONTROL MIN	4,0	4,3	4,2	10,3	11,7	5,8	4,0	4,1	6,1
FUEL LEFT %	62,15	62,67	63,11	41,74	37,21	57,17	65,25	64,27	55,90
WATER APPLIED LITERS	328,5	351,2	345,5	1695,2	1953,3	687,6	328,8	332,6	764,7
WATER VAPORIZED LITERS	316,6	336,0	330,9	1578,1	1722,3	658,2	317,1	319,5	732,2

Tabell 3.2: Resultat från simuleringar i Fire Demand Model för de strålrör som ingick i släckförsöken.

¹ Olika maxflöden som kan ställas in med hjälp av en krans på strålröret.

3.3 Diskussion

Enligt simuleringarna bör de flesta strålrören klara av att hantera de storskaliga släckförsöken vilket var en anledning till att simuleringarna utfördes innan försöken. Resultaten från simuleringarna som utfördes efter släckförsöken skall jämföras med resultaten från dessa. Det resonemanget återkommer i diskussionsdelen som är kopplat till släckförsökskapitlet på sidan 40.

Eftersom droppstorleksfördelningarna inte fanns tillgängliga valdes som tidigare nämnts att sätta droppstorleken till 0,7 mm för samtliga strålrör. Detta stämmer inte med de strålrörstryck som uppmätts. Ju högre strålrörstryck, desto finare vattendroppar erhålls vilket har åsidosatts i och med att alla strålrören har samma droppstorlek. Å andra sidan har droppstorleken ingen större inverkan i Fire Demand Model varför detta inte hade påverkat resultaten i någon större omfattning. Alltså kan slutsatsen dras att trycket inte har någon stor inverkan varken som simuleringarna i detta fall har utförts eller om droppstorleken hade varit kopplad till det aktuella trycket för simuleringar i Fire Demand Model. Enligt teorier om vattnets kylverkan på brandgaser /4/ erhåller finare vattendroppar bättre släckeffekt. Alltså borde Protekrören uppvisa ett betydligt bättre resultat i jämförelse med t ex Akron än vad de gör. De vattenflöden som Protekrören har är inte så obetydliga att förklaringen ligger där.

Sammanfattningsvis kan sägas att på grund av att temperatur i vägg och tak måste återgå till starttemperatur så blir tid till släckning för lång. Temperaturen sattes som tidigare nämnts till samma värde för övertändning som för släckning vilket skall medföra att vägg- samt tak temperatur inte skall påverka släckförloppet. Eftersom det tar en stund innan insatsen påbörjas kommer temperaturen öka en viss del i väggar och tak vilket gör att det tar en stund innan temperaturen har återgått till övertändningstemperatur. Insatsen kommer dessutom inte att förhålla sig som simuleringen då den kommer att utföras invändigt i rummet och inte från öppningen. Detta är en begränsning med programmet som inte går att påverka. Optimalt släckflöde uppnås med de flesta strålrör som ingår i försöken. De som har ett mindre totalflöde har dock provats i ett tidigt skede utan några mätningar och då klarat släckning om än med vissa besvär. Tilltron till simuleringarna i FDM bör ifrågasättas på grund av ovanstående omständigheter.

4. TRYCK OCH FLÖDESMÄTNING

Något som bedömdes vara intressant att undersöka var att mäta ingångstryck i strålrören samtidigt som deras momentanflöden mättes. Tillverkare av strålrör brukar ange vilka flöden strålröret ger vid vissa tryck. Frågan i detta fallet var om de uppmätta värdena skulle stämma med de data som fanns till förfogande från tillverkarna. Det är också av avgörande intresse att undersöka hur strålrörstryck och flöden hänger samman med resultaten från släckförsöken I kapitel 6.

4.1 Material

Försöket utfördes med hjälp av:

- ◆ En släckbil
- ◆ En tryckmätare
- ◆ En flödesmätare
- ◆ Ett grenrör
- ◆ Två grovslang, (76 mm varav en 25 m längd och en 5 m längd)
- ◆ Två smalslang (42 mm)
- ◆ 9 stycken strålrör, samma som i släckförsöken, se sidan 33

4.2 Tillvägagångssätt

Slangsystemet kopplades upp på samma sätt som i släckförsöken (se beskrivning på sidan 35), med den skillnaden att två 25 meterslängder 42 mm smalslang användes.



Bild 4.1: Tryckmätare av samma typ samma användes vid tryck och flödesmätningarna.

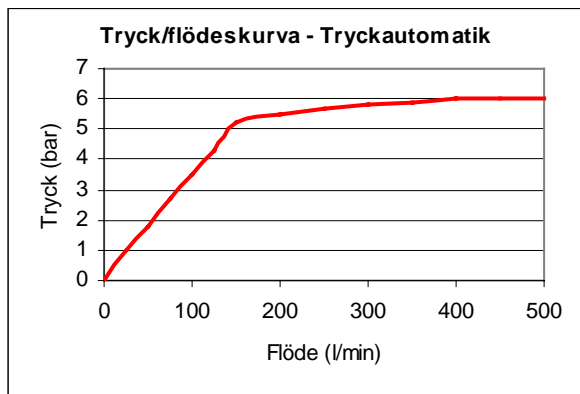
Detta är ett någorlunda normalt slangutlägg för brandförsvaren, med undantag av den korta grovslangen och flödesmätaren, vid en insats varför detta valdes. Tryckmätaren, se bild 4.1, kopplades in mellan smalslang och strålrör. Trycket på pumpen i släckbilen hölls konstant vid 10 bar (100 mvp) vilket är brandförsvarens normala pumstryck vid insatser.

Före varje test kontrollerades att tryckmätaren på släckbilen visade 10 bars tryck innan strålröret öppnades. På detta vis kontrollerades att mätaren fungerade som avsett. Efter detta öppnades strålröret och tryck- samt flödesmätaren lästes av. Detta upprepades sedan för alla strålrören. Försöken utfördes med slutna stråle.

4.3 Tryckautomatik

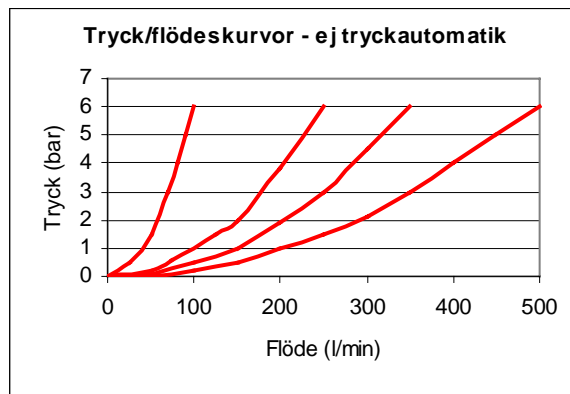
Det bör tilläggas att vissa strålrör har en funktion som kallas tryckautomatik. Detta innebär att strålröret genom en inbyggd funktion kompenserar eventuella tryckförändringar genom att strypa eller öppna en ventil och på så sätt ändå upprätthålla det arbetstryck som tillverkaren vill uppnå. Vid testet visade det sig att strålrör som angav ett visst maxflöde vid t ex 7 bar i vissa fall inte gav mer än hälften i flöde än vad som angavs. Det är alltså inget fel på dessa strålrör. Strålröret har kapaciteten att ge maxflödet vid 7 bar men då måste pumptrycket från släckbilen höjas väsentligt, se teori om tryckförluster /2/ och /23/, alternativt en grövre slang användas. Skulle pumptrycket minskas kommer önskat tryck in i strålröret ändå upprätthållas till en viss gräns med ännu mindre flöde än innan trycksänkningen som resultat. Det intressanta är inte att se om de utlovade maxflödena kan presteras utan att undersöka vilka flöden och strålrörstryck som presteras vid brandförsvarens normala pumptryck, dvs 10 bar. Enligt /19/ måste strålröret anpassas efter flöde, slangdimension m.m så att rätt tryck och därmed fina vattendroppar erhålls. De strålrör som i detta test har tryckautomatik är TA – Fogfighter, Protek och TFT Ultimatic, se /15/, /16/ samt /18/.

Diagram 4.1: Exempel på tryck/flödeskurva



för strålrör med tryckautomatik. I detta fall TFT, typ Mid-Matic /21/.

Diagram 4.2: Exempel på tryck/flödes-



kurvor för strålrör utan tryckautomatik. I detta fall Quadrafog med 4 maxflödeslägen /21/.

I diagram 4.1 och 4.2 visas hur strålrörstryck och flöden hänger samman för två strålrör med och utan tryckautomatik. Det bör tilläggas att dessa exempel är tagna från två specifika modeller och därför inte kan sägas gälla generellt för andra strålrör på marknaden.

4.4 Resultat

Resultaten visas i tabellform, se tabell 4.1, men finns även med i appendix C för varje strålrör. Tilläggas skall att i testet undersöktes hur tryck och flöden påverkas då maxflödet för strålröret, (i detta fall, Quadrafog 500), ändrades. Hur detta fungerar finns närmare beskrivet under ”felkällor” för strålbildstesterna, sidan 29. Strålrörets fyra olika maxlägen ställdes in varvid tryck och flöde för varje maxläge mättes.

De uppgivna värdena är hämtade från /14/ - /20/. De värden som anges där förutsätter att slangdimension, slanglängd och pumptryck är avpassade för att dessa värden skall kunna uppnås. Alla tillverkare anger cirka 7 bars strålrörstryck som riktvärde att arbeta med. Flera uppger ett maxflöde som ligger i närheten av 500 l/min. Strålrör med mindre maxflöden än 500 l/min är TA Fogfighter med ett maxflöde av 300 l/min och Unifire APG samt Quadrafog 150.

Av de uppmätta värdena är det TFT Ultimatic och de båda Protekrören som uppnår strålrörstryck i närheten av 7 bar för strålrör med maxflöde, cirka 500 l/min. Unifire APG och Quadrafog 150 når strålrörstryck över 7 bar men har betydligt lägre maxflöden. Övriga strålrör uppvisar lägre eller betydligt lägre värden. Vad gäller de uppmätta flödena så når inget strålrör som anger 500 l/min som maxflöde dessa värden. Fogfightern når någorlunda sitt uppgivna värde för maxflöde. Unifire och Quadrafog 150 ligger över sina maxflödesvärden.

Strålrör	Tryck (bar) Uppgivet	Tryck (bar) Uppmätt	Flöde (l / min) Uppgivet	Flöde (l / min) Uppmätt
TA Fogfighter, ny	6 -7	5,4	300	288
TA Fogfighter, begagnad	6 -7	5,8	300	280
Unifire, APG	10 - 50	9,5	100 - 200	88
TFT, Ultimatic	6,8	6,8	280	250
Protek, 366	6,8	7,3	115 - 475	225
Protek, 322	6,8	6,7	40 - 475	232
Akron, Turbojet	7	3,4	115 - 475	340
Quadrafog, 150	7	8,1	20 – 150	178
Quadrafog, 500 (475) ²	7	3,0	500	345
(360)	7	4,7	350	312
(250)	7	6,1	200	246
(100)	7	9,5	100	117

Tabell 4.1: Resultat från tryck- och flödesmätningar.

4.5 Diskussion

Alla tillverkare förutsätter tillräcklig tillgång till vatten för att värdena skall stämma. Detta visar att de flesta strålrör i testet är överdimensionerade för de förutsättningar som gavs i testet. De strålrör utan tryckautomatik med ett uppgivet maxflöde av 500 l/min når inte detta flöde samtidigt som trycket ligger långt under det önskvärda. Det stora flöde som kan utnyttjas hos strålröret uppnås inte på grund av begränsningar i systemet, det vill säga slanglängd, slangdimension och pumptryck. Strålrör med tryckautomatik når inte heller 500 l/min men kan ändå upprätthålla cirka 7 bar förutom TA Fogfighter. Strålrör med låga maxflöden såsom Quadrafog 150 och Unifire APG når istället värden över de av tillverkaren utlovade vilket tyder på att de är underdimensionerade för förutsättningarna, det vill säga att de inte har kapaciteten att leverera hela den mängd vatten som systemet kan leverera. Det går givetvis lika bra att tyda resultatet som att förutsättningarna är feldimensionerade för strålrören. Med detta tankesätt bör brandförsvaren använda ett antal olika strålrör för att sedan välja rätt strålrör för rätt situation (läs rätt slangutlägg eftersom pumptrycket brukar hållas

² Siffror inom parentes anger de maxflöden som kunde ställas in på detta strålrör med hjälp av den kran som tidigare beskrivits.

konstant). Vissa olika standardutlägg skulle kunna väljas där rätt strålrör utprovas för rätt utlägg. På så sätt kan optimal effekt nås med avseende på tryck och flöden. För Quadrafog 500 blir detta tydligt då resultaten i tabell 4.1 granskas. När maxflödena 500- samt 350 l/min provas uppnås för låga tryck och flöden. Runt maxflödet 200 l/min börjar värdena stämma med de uppgivna. För det lägsta maxflödet 100 l/min blir systemet överdimensionerat vilket ger ett högre flöde och tryck än vad som uppges.

Både strålrör med och utan tryckautomatik har sina fördelar och begränsningar. Detta blir tydligt om typiska tryck/flödeskurvor studeras. I diagram 4.1 och 4.2 visas exempel på hur en tryck/flödeskurva kan se ut med samt utan tryckautomatik. Vad händer om det skulle uppstå tryck- eller flödesförluster med respektive modell? Det går att föra ett resonemang utifrån diagrammen.

Strålrör utan tryckautomatik

Flödesförlust

Exempel på flödesförlust kan vara ett slangbrott. Pumstrycket är satt till 10 bar men viss del av vattnet kommer att försvinna på vägen. Resultatet blir stor förlust i strålrörstryck med stora vattendroppar som följd samt en dålig strålbild. Detta leder till dålig kyleffekt vid gasfasverkan.

Tryckförlust

Exempel på detta kan vara för många smalslang kopplade med för stor höjdskillnad i förhållande till pumpen eller oavsiktlig sänkning av pumstrycket. Dock transporteras samma mängd vatten till strålrör som pumpen ger. Resultatet blir en mindre flödesförlust med någorlunda god vattentillgång men strålrörstrycket kommer fortfarande att bli lidande med dåliga släckegenskaper som följd.

Strålrör med tryckautomatik

Flödesförlust

Stor flödesförlust ger liten minskning i strålrörstryck varför kylning med avseende på gasfasverkan fortfarande kommer att vara någorlunda god.

Tryckförlust

Vid stor tryckförlust finns risk för stor flödesminskning när strålrörstrycket sjunker under en viss nivå. Detta leder till dåliga släckegenskaper.

I praktiken med det pumstryck och slangutlägg som svenska brandförsvaret använder (10 bar samt 42 mm slang) går det inte att uppnå flöden runt 500 l/min. Om ett slangutlägg används som valts vid dessa mätningar kan 7 bar erhållas vid ett visst flöde men definitivt inte för maxflöden i storleksordningen 500 l/min. Om tryckautomatik inte används kommer strålrörstrycket att bli lidande som resultaten visar och maxflödet kommer ändå inte att uppnås i de fall det är 500 l/min. För strålrör med tryckautomatik kan ett någorlunda bra strålrörstryck uppnås men flödet blir ändå begränsat på grund av det pumstryck som råder och den slangdimension som används.

5. STRÅLBILDSTEST

5.1 Beskrivning

Något som påverkar effektiviteten hos dimstrålrör är dess fördelningsschema. Med det menas hur strålbildens kon ser ut i genomskärning. Viktiga parametrar är tätheten i vattenkonen och hur mycket vatten som produceras i varje punkt. En vattenkon som har "hål" i strålbilden eller som har en stark snedfördelning i fördelningsschemat är mindre effektiv än en symmetrisk strålbild med jämn fördelning. För mer detaljerade uppgifter inom ämnet hänvisas till /24/. Fordringar för strålrör klass 1 och 2 vid spridd stråle är:

- ◆ Andel ofylld kon ($0,5V_M$) får ej överstiga $0,1 * \text{täckningsarean}$
- ◆ Max vattentäthet (V_{MAX}) får ej överstiga $5 * V_M$

Dessa krav ställs för att erhålla så jämn vattenfördelning som möjligt i konens tvärsnitt. Detta möjliggör också en god finfördelning av vattnet på grund av att andelen ofylld kon ej får vara för stor och att max vattentäthet ej får överstiga en viss gräns. Det vill säga att det får inte vara för stora hål i konen samt att spridningen mellan höga och låga flöden inom konen inte får variera för mycket. Resultat av fordringarna redovisas i appendix C för varje strålrör som ingick i testerna.

Testerna utfördes vid statens provningsanstalt (SP) i Borås där den nödvändiga utrustningen fanns att tillgå.

Försöken utfördes under två hektiska dagar i januari 2000. Totalt hann närmare 1800 mätningar utföras under denna tid!!

5.2 Material

För testerna vid SP användes:

- ◆ 11 stycken strålrör (Akron Turbojet, Fogfighter begagnad, Fogfighter ny, Protek 322, Quadrafog 150, Quadrafog 500, Viper Select, TFT Ultimatic, Unifire 10 C, Unifire APG, Unifire Output 12)
- ◆ Tryckmätare
- ◆ Slang
- ◆ Fångtavla med fångrör och fångflaskor (97 stycken)
- ◆ En lasttruck
- ◆ Pumputrustning
- ◆ Belysningsutrustning
- ◆ Mät rör

5.3 Tillvägagångssätt

Testerna utfördes i stora brandhallen hos SP-brandteknik. Smalslang , typ 42 mm, kopplades till den fasta pumputrustning som fanns att tillgå. Till slangen kopplades ett strålrör med tryckmätare. Fångtavlan med fångrören och fångflaskorna ställdes upp mitt i hallen. Därefter placerades lasttrucken på angivet avstånd (3 m) från fångtavlan varvid höjden på gaffelarmarna höjdes så att ett strålrör som placerades på armarna kom att ligga med

myrningen i centrum av fångtavlan, se bild 5.1 och 5.2. En strålkastaranläggning placerades så att den lyste upp fångtavlan från strålrörsskötarens sida.



Bild 5.1: Fångtavlan från fångsidan.



Bild 5.2: Fångtavlan från tappsidan.

Alla strålrör ställdes med hjälp av strålkastarna in mot fångtavlan så att vattenkonen precis täckte fångtavlan med fångrören, se bild 5.3, 5.4 och 5.5. Innan varje test kalibrerades trycket på det aktuella strålröret så att angivet testtryck uppnåddes (6 bar). Därefter placerades åter strålröret på armarna på gaffeltrucken och siktades in mot mittpunkten på fångtavlan varvid strålröret öppnades. Beroende på hur stort flöde som strålröret gav avgjordes hur länge testet skulle fortgå. När en fångflaska hade fyllts avbröts försöket. Tiden för testet antecknades och därefter mättes vattnet i alla 97 fångflaskorna och antecknades, se appendix D. Detta upprepades för alla strålrören. För flertalet av dessa utfördes försöken två gånger så att felmarginalen kunde minskas. Testvärdena beräknas sedan om enligt formler, se /24/, för att kunna ritas ut som isolinjer i datorprogram, se appendix C. Förfarandet är utfört enligt svensk standard, SS 3500.



Bild 5.3: Strålbildstest vid SP, Borås. Strålrör med roterande tandkrans.



Bild 5.4: Strålbildstest vid SP, Borås. Strålrör med fast tandkrans.

Notera skillnaderna i strålbilderna i bild 5.3 och 5.4. I bild 5.4 syns de så kallade fingrarna tydligt på grund av att det inte finns en roterande krans. I bild 5.3 där ett strålrör med roterande krans provas bryts vattnet upp i ett moln. Den roterande kransen ger en ihålig strålbild vilket den fasta kransen inte gör.



Bild 5.5: Försök vid SP, Borås, sett bakifrån. Notera att strålbilden precis täcker fångtavlan.

5.4 Felkällor

Vissa av strålrören ger stora maxflöden (500 l/min). Detta gav problem då pumputrustningen vid SP inte klarade av att uppnå 6 bars tryck vid dessa flöden. De strålrör som inte kunde uppnå 6 bar vid maxflödet har dock en krans där olika maxflöden kan ställas in. Det betyder att brandmannen kan ställa in maxflöden beroende på hur svår brand han har att bekämpa och för att erhålla rätt strålrörstryck. Kransen tillåter maxflöden från 100 till 500 l/min. Lösningen blev att utföra ett test där maxflödet var det absoluta, d v s 500 l/min till förmån för trycket som fick ställas in så högt som möjligt. Vid ett andra test ställdes maxflödet till läget under 500 l/min (360 l/min) varvid 6 bar kunde uppnås. Eventuella skillnader för strålrören finns att utläsa i appendix C och i resultatdelen.

Trots att fångtavlan var nyrenoverad läckte tyvärr några av fångflaskorna vilket upptäcktes efter ett antal försök. Flaskorna tätades och försöken fortsatte. De försök som fick felaktiga värden är antecknade och har tilldelats approximativa värden. Antalet otäta flaskor var litet i förhållande till det totala antalet (97 stycken) vilket innebär att felmarginalen bör vara försumbar.

5.5 Resultat

Resultaten från strålbildstesterna återfinns i appendix C och D för varje strålrör med detaljerade förklaringar och undersökning av godkänt krav angående andel ofylld kon samt max vattentäthet. I detta resultatavsnitt väljs att endast redovisa ett urval av resultaten som exempel. De fyra redovisade strålrören är TFT Ultimatic, Quadrafog 500, Fogfighter ny samt

Fogfighter begagnad. Varför dessa har valts beror på de resultat de uppvisar. Fogfightern är intressant eftersom det är det strålrör som de övriga jämförs med. De övriga uppvisar mycket olika resultat och ger en visuellt god bild av ett bra och ett mindre bra resultat.

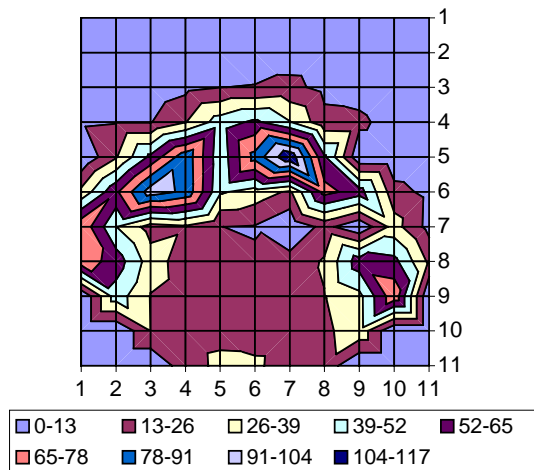


Diagram 5.1: Fogfighter, begagnad³

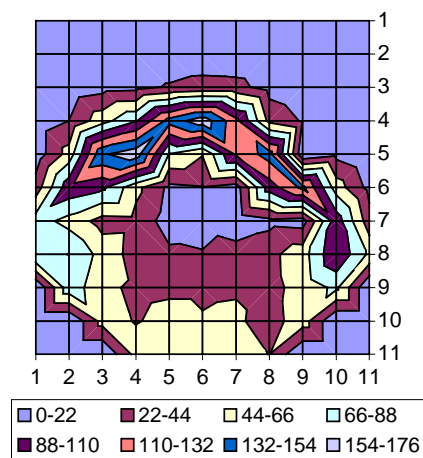


Diagram 5.2: Fogfighter, ny

Diagram 5.3: TFT Ultimatic

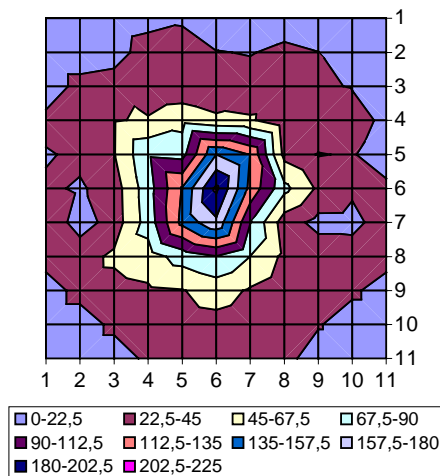
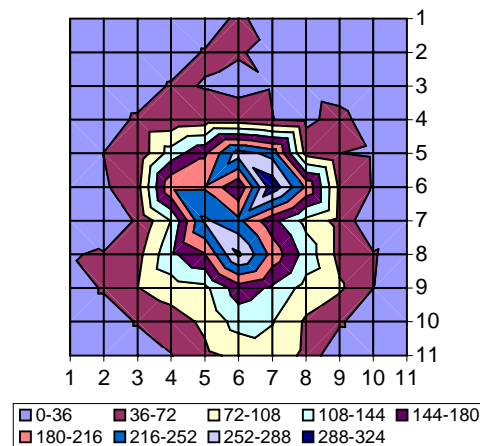


Diagram 5.4: Quadrafog 500



- ◆ Den nya fogfightern uppvisar en någorlunda symmetrisk strålbild. Den har dock ett flertal lokala maxpunkter som ligger i den övre delen av strålbilden. Inom strålbilden är flödena ojämnt fördelade som synes i diagram 5.2. Notera det relativt stora hålet mitt i strålbilden som beror på att fogfightern har en roterande tandkrans.
- ◆ Den begagnade fogfightern uppvisar en mindre symmetrisk strålbild, se diagram 5.1, samt en än mer ojämn fördelning av vattnet inom strålbilden. Även här syns ett flertal lokala maxpunkter. Håligheten i mitten av strålbilden är här betydligt mindre än för den nya fogfightern vilket beror på att en eller flera av "tänderna" i tandkransen har brutits av på grund av slitage.
- ◆ TFT Ultimatic uppvisar det bästa resultatet från strålbildstesterna, se diagram 5.3. Strålbilden är mycket symmetrisk och uppvisar en jämn fördelning av vattnet inom

³ Värdena i rutorna anger flödesintervall i mm/min.

strålbilden. Den lokala maxpunkten återfinns ungefär mitt i strålbilden. Notera det omvända förhållandet i detta fall där vattentätheten ökar in mot mitten istället för som i fallet med fogfightern där mitten av strålbilden är tom.

- ◆ Quadrafog 500 har en mycket osymmetrisk strålbild som synes av diagram 5.4 där det finns stora hål i ytterkanterna av strålbilden. Fördelningen är ojämn vilket tydligt syns mitt i strålbilden.

5.6 Diskussion

De flesta strålrören uppnår godkänt resultat enligt kriterierna i /24/. Visuellt syns dock mycket stora variationer mellan de provade strålrören. Det är vanskligt att säga om en bra strålbild beror på att strålröret har en fast tandkrans eller inte. TFT Ultimatic och Unifire Output 12 som har fasta tandkranser uppvisar bra eller mycket bra resultat. Den nya fogfightern med roterande tandkrans uppvisar också ett någorlunda bra resultat. Notera dock i appendix C skillnaderna i lösning på tandkrans för de olika modellerna. Det stora flertalet har dock mindre bra lösningar enligt resultaten vilket tyder på att tillverkarna antingen är för dåligt insatta i problematiken eller att det är svårt att tillverka ett strålrör som ger en god symmetrisk strålbild. Det är speciellt intressant att se den förhållandevis enkla lösning som TFT Ultimatic har och som även Unifire har. Deras lilla modell Unifire 10 C uppvisade dock en mindre bra strålbild.

Den stora skillnaden mellan den nya och den begagnade fogfightern är också intressant. Det är omöjligt att säga hur pass sliten den begagnade fogfightern var i förhållande till den nya. En annan begagnad version kunde mycket väl ha uppvisat ett helt annat resultat. Dock är skillnaden till det sämre för den begagnade versionen. Det skall kommas ihåg att brandutrustning över huvud taget slits hårt och blir omilt behandlad varför det inte är ovanligt att strålrören är i ett sådant skick som den begagnade. Alltså finns det en risk att många insatser görs med strålrör med dålig kylverkan på grund av slitaget. Problem med slitage kan läsas mer om i appendix I.

6. SLÄCKFÖRSÖK

6.1 Material

- 9 stycken strålrör

De strålrör som provats här har valts ut efter ett urval från instruktörerna vid Ågesta övningsfält, se appendix I. Till dessa har också valts ut Akron Turbojet som har en annorlunda lösning och därför bedömdes vara intressant. Tilläggas kan att Malmö brandkår använder detta strålrör. Dessutom provades en ny och en begagnad version av TA Fogfighter eftersom det var dessa strålrör som de övriga skulle jämföras med. För mer information angående strålrör rekommenderas /13/.

Akron Turbojet
Protek 366
Protek 322
Quadrafog 500
Quadrafog 150
TFT Ultimatic
Unifire APG
TA Fogfighter ny
TA Fogfighter begagnad

- Flödesmätningstrustning, se bild 6.1
- Slang av varierande slag
- Grenrör
- Släckbil, se bild 6.1



Bild 6.1: Släckbil med flödesmätare uppkopplad.

6.2 Yttre förhållanden

Försöken utfördes under månaderna december och januari 1999/2000. Då normal övningsverksamhet råder under denna tidsperiod kom försöken att utföras under tid då lokalen var tillgänglig. Övrig tid ägnades åt planering och dokumentation av arbetet, till hjälp användes bland annat /11/. I förfasen beställdes och installerades den flödesmätningstrustning, se /9/, som var nödvändig för att genomföra försöken, strålrör från olika leverantörer införskaffades, testförsök genomfördes för att undersöka och lösa praktiska problem med försöken. Efter att ha undersökt och genomfört ovanstående kom testerna att successivt genomföras genom två brandförlopp på förmiddagarna och ett (ibland två) brandförlopp på eftermiddagarna. Totalt genomfördes 26 försök under nämnda tidsperiod.

6.3 Släckinsats

Släckinsatsen utfördes så att en rökdykare placerade sig i skydd vid den ena kortsidan av brandrummet. Samma rökdykare utförde samtliga försök för att uppnå så identiska släckförsök som möjligt. När startkriteriet var uppnått påbörjades försöket genom att ett konstant vattenflöde applicerades med en jämn svepande rörelse fram och tillbaka mot brandgaslagret. När stoppkriteriet var uppnått avbröts insatsen och rökdykaren retirerade ut. När startkriteriet åter uppnåddes påbörjades nästa försök. Genom simuleringar i CFAST, se appendix A, kan en relativt bra uppskattning göras för att undersöka hur lång tid som effektutvecklingen med avsedd mängd bränsle kommer att vara konstant innan denna avtar. Detta gav en uppskattning av hur lång tid som varje brandförlopp kunde utnyttjas för jämförande resultat.

Startkriterium: Överstigande 600 °C i brandgaslagret

Stoppkriterium: Understigande 200 °C i brandgaslagret.

6.4 Mätutrustning

Som mätutrustning användes temperaturloggning med hjälp av dels fyra fast monterade termoelement som är upphängda på olika höjd i lokalen, dels med hjälp av ett mobilt termoelementträd, se bild 6.2, som placerades i skydd av en mobil innervägg så att vattendimman från strålröret inte skulle påverka temperaturen genom direktverkan.

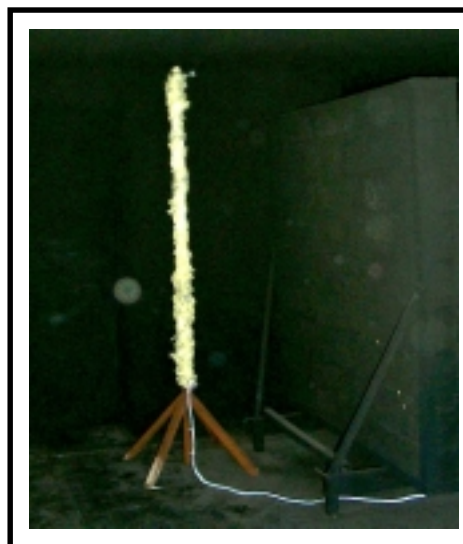


Bild 6.2: Termoträd med fyra termoelement.

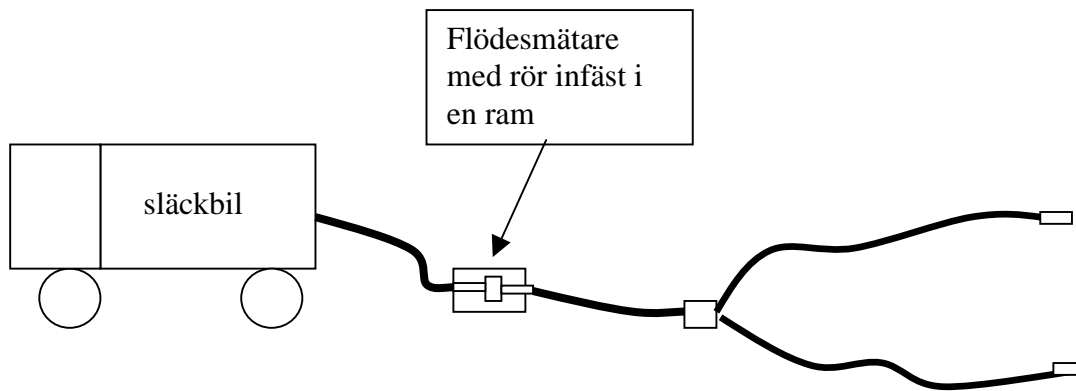
Vidare användes en för ändamålet införskaffad flödesmätningstrustning (för beskrivning, se /9/ samt bild 6.3) som kan registrera vattenflödet både momentant och totalt. Termoelementen är kopplade till displayer i husets elcentral, se bild 6.4, där även en bärbar dator finns placerad som registrerar mätvärdena. Temperatur och vattenflöden kan sedan registreras tillsammans i diagram för analys. Flödesmätaren monterades med en fem meter lång grovslang (76 mm) från pumpen på släckbilen till flödesmätaren. Därefter kopplades en 25 meters längd 76 mm slang från flödesmätaren till ett grenrör och därefter två 25 meters längder 42 mm smalslang med ett strålrör i respektive ände, se figur 6.1.



Bild 6.3: Flödesmätare. Notera storlek jämfört med fogfigheter.



Bild 6.4: Husets elcentral.



Figur 6.1: Uppkopplat slangsystem med flödesmätare.

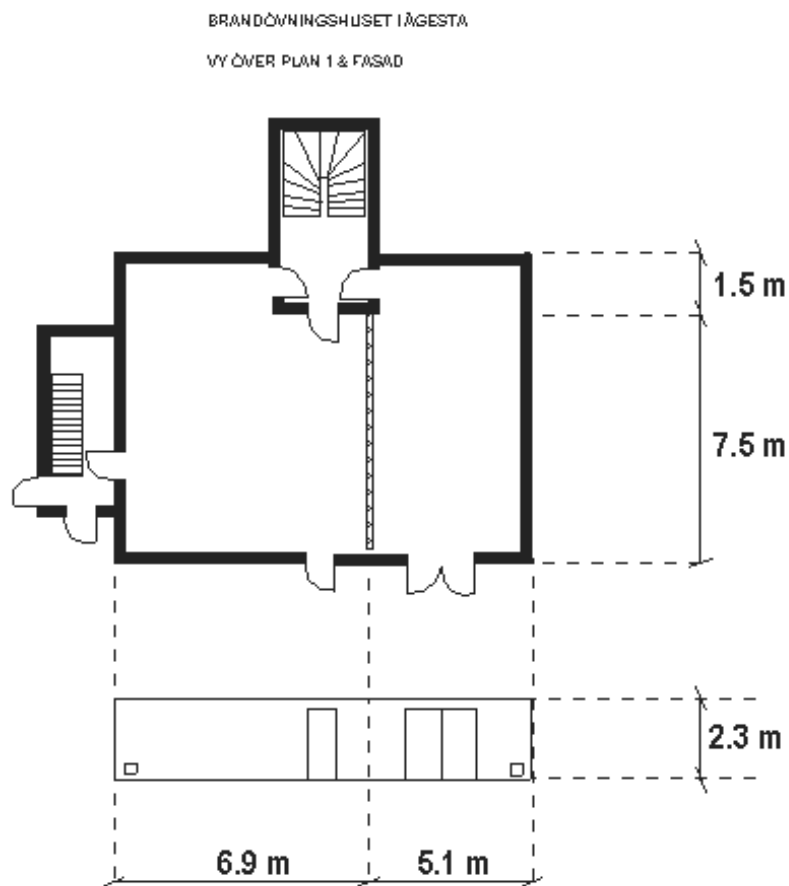
6.5 Brandrummet

Lokalen där försöken genomfördes är källarplanet i brandövningshuset vid Ågesta övningsfält, se bild 6.5, 6.8 och figur 6.2. Eftersom försöken krävde ett utrymme med hög värmebelastningstålighet lämpade sig denna byggnad för ändamålet då huset är uppfört för att tåla kontinuerliga brandövningar. Den egentliga avsikten med byggnaden är att träna brandmännen i släck- och sök teknik under så realistiska förhållanden som möjligt. Lokalen mäter 11,3 * 8 m och har 2.3 m i takhöjd. Väggarna är putsade i masugnsbetong. Öppningar till utrymmet består av en enkel och en dubbeldörr från utsidan, en enkeldörr ut till ett intilliggande trapphus som används av instruktörerna. Dessutom finns tre dörrar till ytterligare ett trapphus som används av brandmännen vid övningar att tillgå. Det finns även två stycken

tilluftsluckor som kan öppnas i olika lägen. Dessa är placerade i nederkant av ytterväggen och mäter 0,45 * 0,45 m. För detaljerad beskrivning av Ågesta brandövningshus, se /10/.



Bild 6.5: Ågesta brandövningshus sett från framsidan. Notera att källarplanet inte syns från denna sida.



Figur 6.2: Källarplanet i Ågesta brandövningshus. Värdena anger yttermått.

På grund av husets konstruktion och årstiden förvärmades lokalen, se bild 6.6, innan det första försöket varje morgon. Detta var nödvändigt då betongväggarna absorberar stor mängd värme vilket inledningsvis annars påverkar brandförloppet och medför att höga brandgastemperaturer blir svåra att uppnå. Eftersom försöken utfördes under december och januari månader bidrog även den kalla väderleken till att förvärmningen var nödvändig.

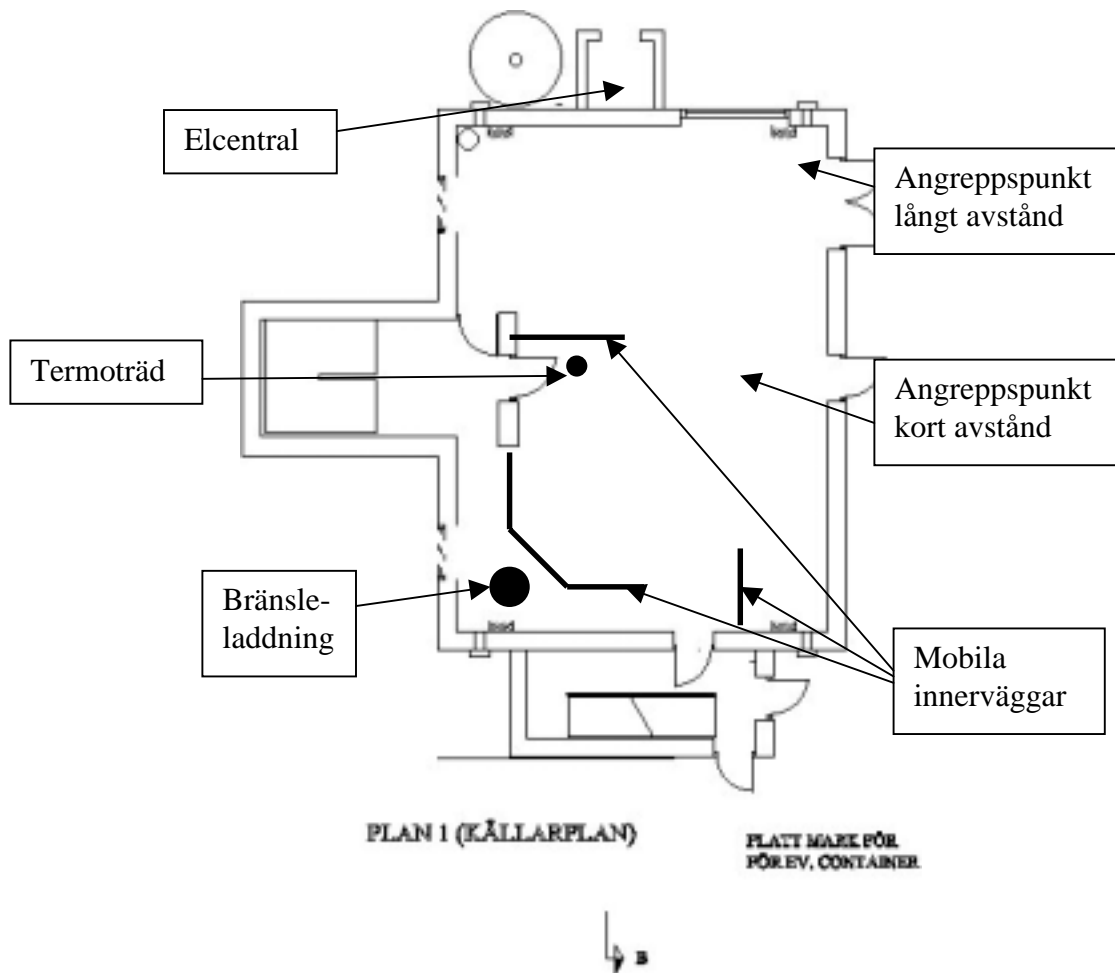


Bild 6.6: Förvärmning av källarplanet i Ågesta brandövningshus.

6.6 Branden

Den bränslemängd som användes hölls konstant för varje försök. Försöken kom på grund av praktiska orsaker att utföras med avseende på gasfasverkan. Det bedömdes som svårt att kunna utföra jämförbara tester med avseende på ytverkan. Bränslet skärmades således av, se figur 6.3, så att ytkylning av bränslet ej kunde åstadkommas. Fördelen med att endast utföra släckning med avseende på gasfasverkan är att brandförloppet kan hållas igång till bränslet har brunnit ut och på så sätt utnyttja hela brandförloppet. När temperaturen i övre brandgaslagret hade nått släckkriteriet gjordes ett uppehåll så att den tilläts stiga till starttemperatur för nästa försök. Detta upprepades så länge som möjligt för varje förlopp, se bild 6.8.

En orsak till snabba spridningsförlopp samt en orsak till att brandmän förolyckas är brandgaserna genom att de ger upphov till övertändning, backdraft eller till exempel brandgasexplosioner. Det är därför av avgörande betydelse att utrustningen är så pass bra utformad att den klarar att kyla heta brandgaser snabbt och effektivt, se /1/.



Figur 6.3: Källarplanet i Ågesta brandövningshus med förklarande text angående släckförsöken.

Bränslet i varje försök bestod av nio stycken lastpallar staplade på varandra med två stycken Trätexskivor lutade mot pallstapeln på varje sida, totalt åtta stycken, se bild 6.7. Som tändmedel användes träull och dieselolja. För beräkningar av effektutveckling, se appendix A.



Bild 6.7: Bränsleladdning bestående av lastpallar, Trätexskivor och träull.



Bild 6.8: Pågående försök i källarplanet, Ågesta brandövningshus.

6.7 Felkällor

Som tidigare nämnts förvärmades brandrummet innan försöken påbörjades. I efterhand kan konstateras att förvärmningen kanske borde pågått under en ännu längre tid då brandgastemperaturerna tenderade att öka successivt under dagen som försöken pågick. På grund av tidspress blev det tvunget att sätta igång med försöken fortast möjligt. Vid något tillfälle upplevdes stoppkriteriet svårare att nå på eftermiddagen än på morgonen.

6.8 Resultat

I diagram 6.1 och tabell 6.1 nedan presenteras resultaten från släckförsöken. Underlag till diagram 6.1 återfinns i appendix C, E samt F. Försöken som ligger till grund för diagram 6.1 är släckförsöken på långt avstånd se figur 6.3.

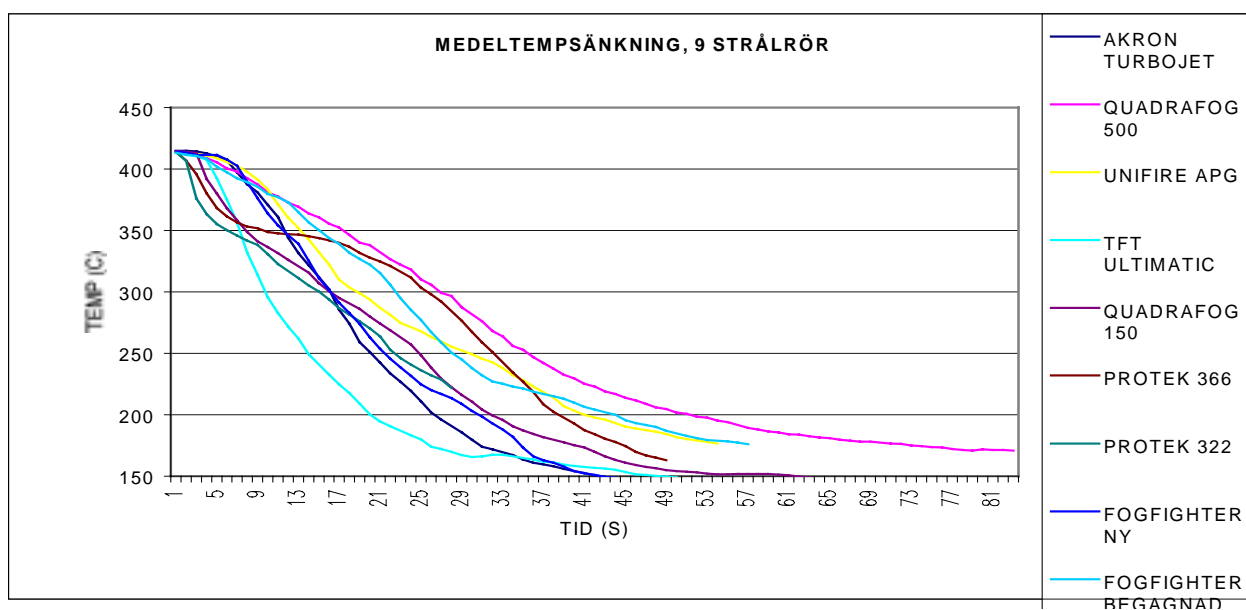


Diagram 6.1: Resultat av släckförsök.

Som tydligt kan utläsas ur diagram 6.1 så är TFT Ultimate det strålrör som givit bäst resultat tidsmässigt. Övriga strålrör har mer eller mindre sämre resultat. Notera att Quadrafog 500 uppvisar ett förhållandevis dåligt resultat och är det sämsta i försöken.

STRÅLRÖR	MEDELFLÖDE (L/MIN)	TID TEMPSÄNK (S)	VATTEN TOT (L)
AKRON	375	33	206
QUADRAFOG 500	366	79	482
UNIFIRE APG	91	55	83
TFT ULTIMATIC	283	29	137
QUADRAFOG 150	195	43	140
PROTEK 366	268	47	210
PROTEK 322	246	29 ⁴	120
FOG NY	292	37	180
FOG BEG	304	58	294

Tabell 6.1: Vattenflödesresultat från släckförsöken.

Underlag till tabell 6.1 återfinns i appendix H med detaljerad förklaring. Tidsmässigt uppvisar TFT Ultimate bäst resultat. Protek 322 har samma tidsangivelse men i det fallet har släckförsöken tyvärr avbrutits för tidigt med resultatet att den korregerade sluttemperaturen är 222 °C istället för 170 °C som gäller för de andra strålrören. Alltså skall den totala tiden för Protek 322 vara betydligt längre vilket medför att total vattenförbrukning skall vara väsentligt högre. Quadrafog 500 skiljer sig betydligt från resten av strålrören i sina resultat. Notera att Unifire APG uppvisar ett jämbördigt resultat trots ett betydligt mindre vattenflöde. Tidsmässigt är det inte det bästa men presterar den minsta totala vattenåtgången med 83 liter. På grund av att TFT Ultimate klarar släckkriteriet snabbt åtgår näst minst vatten av de provade strålrören med 137 liter totalt. Även Quadrafog 150 klarade sig bra i jämförelse med de andra strålrören trots ett betydligt lägre flöde. Totalflödet är i princip identiskt med TFT Ultimate men kontrolltiden är betydligt längre.

I appendix C finns beräknat K-faktor för varje strålrör vilka är beräknade utifrån tryck- och flödesproven. Dessa beräkningar återfinns i appendix G.

6.9 Diskussion

Kontrolltider för strålrören skiljer sig markant åt jämfört med resultaten i Fire Demand Model. Som nämndes i diskussionen på sidan 22 tar Fire Demand Model liten hänsyn till strålrörstryck och i och med det även droppstorlek. Detta kan antas vara en av orsakerna till att resultaten skiljer sig åt. Strålrör som t ex Protek klarar släckförsöken bra i jämförelse med de andra vilket inte simuleringarna visade. De strålrör som gav bäst resultat i Fire Demand Model var de som hade de högsta flödena. Detta stämmer inte alls med resultaten från släckförsöken. Visserligen visar Akron Turbojet upp ett bra resultat men samtidigt har Quadrafog 500 det sämsta resultatet. Strålrör med låga flöden som Unifire APG samt

⁴ Protek 322 är det enda av strålrören som på grund av för tidigt avbrutet släckförsök inte når ned till 170 C i medeltemp. Tiden skall därför vara längre, frågan är hur mycket. Totalt använt vatten kommer därför också att ha ett högre värde än vad som anges.

Quadrafog 150 klarar sig bra i jämförelse trots skillnader i flöden på flera 100 l/min samtidigt som de inte klarade släckkriteriet över huvudtaget i FDM.

Kopplingen mellan strålrörstryck och släckresultat är inte entydigt. Flöden och resultat från strålbildstesterna måste vägas in. TFT Ultimatic uppvisar det bästa släckresultatet och har ett strålrörstryck som stämmer med vad tillverkaren uppger, dock med ett flöde mellan 250 och 300 l/min. Strålröret uppvisar även den bästa strålbilden. Andra strålrör med strålrörstryck runt 7 bar som alla uppger vara rätt arbetstryck är de båda Protekrören. Där är flödena mindre samt strålbilderna sämre. Protek 322 sänker temperaturen snabbare i början men tenderar att plana ut och närma sig Protek 366 i slutet. Dock avbröts försöket för Protek 322 för tidigt vilket redan nämnts varför jämförelsen mellan detta strålrör och övriga blir svår.

Lågflödesrören visar goda släckresultat trots att flödena är knappt 100 l/min för Unifire APG samt mellan 150 och 200 l/min för Quadrafog 150. Strålrörstrycken här överstiger i båda fallen 8 bar vilket ger fina vattendroppar med god värmeupptagningsförmåga /4/, detta trots att strålbilderna inte är de bästa.

De båda Fogfightermodellerna skiljer sig åt i resultaten tidsmässigt. Båda rören har ungefär samma flöde. Strålrörstrycken skiljer sig inte speciellt mycket åt, differensen är 0,4 bar. Däremot är strålbilden betydligt bättre för den nya modellen varför det får antas att detta är orsaken till att det strålröret har det bättre resultatet dem emellan.

De strålrör som har de högsta flödena är Quadrafog 500 samt Akron Turbojet. Båda strålrören uppnår flöden överstigande 350 l/min. Bägge uppvisar även strålrörstryck runt 3 bar. Däremot har Akronröret en betydligt bättre strålbild än Quadrafogröret. Akronröret uppvisar tidsmässigt det näst bästa resultatet av de provade, på grund av det höga flödet åtgår likväldigt 200 liter vatten för att nå stoppkriteriet. I detta fall liksom i jämförelsen mellan Fogfighterrören är strålrören någorlunda likvärdiga. Strålbilden skiljer sig betydligt åt vilket får antas vara orsaken till att Akronröret har ett så pass mycket bättre resultat. Att det visar ett bättre resultat i jämförelse med Fogfightern trots ett lägre tryck får hänvisas till att det ger cirka 75 l/min mer vatten även om vattendropparna för Akron blir större.

Det är svårt att entydigt peka på vad som påverkar resultaten mest. Vad som säkert kan sägas är att TFT Ultimatic visar bra resultat med avseende på strålrörstryck, strålbild samt ger en god vattentillgång. Detta får antas vara orsaken till att detta strålrör är det bästa i testet. Andra strålrör visar mer eller mindre bra resultat beroende på att en eller fler av faktorerna flöde, tryck eller strålbild inte är lika bra som för TFT Ultimatic. I jämförelsen mellan Akron och Quadrafog 500 som båda har ett maxflöde av 500 l/min och arbetar utan tryckautomatik har Akronröret en bra strålbild samt högt flöde men sämre strålrörstryck medan Quadrafog endast ger ett stort flöde. Detta flöde kan dock inte utnyttjas på grund av dålig strålbild samt lågt strålrörstryck varför resultatet blir dåligt.

Sammanfattningsvis kan konstateras att ett stort flöde inte är svaret på brandgaskylning även om olika bränder kräver en viss mängd vatten för att kunna bekämpas. Hur det vatten som finns tillgängligt tillförs branden är avgörande. Att vattnet kan transporteras ut ur brandrummet som vattenånga efter att tagit upp värmen från de heta brandgaserna istället för att rinna ut längs golvet med liten kyleffekt är avgörande för hur effektivt strålröret är.

7. SLUTSATSER OCH FÖRSLAG

- Programmet Fire Demand Model stämmer bra överens med de försök som utförts i /7/. De förutsättningar som gavs i de försöken skiljer sig mot förutsättningarna i försöken presenterade i denna rapport. Bland annat utfördes försöken i /7/ genom utvändigt släckning vilket är en förutsättning för programmet. Detta arbete avser inte att undersöka tillförlitligheten i programmet Fire Demand Model, det kan dock konstateras att simuleringarna inte stämmer väl överens med resultaten från släckförsöken varför tillförlitligheten i de fall som invändiga släckförsök utförs måste ifrågasättas. Att programmet tar liten hänsyn till strålrörstryck och droppstorlek vad avser gasfasverkan är en brist eftersom dessa faktorer har stor betydelse. Detta eftersom högt strålrörstryck ger finare vattendroppar med bättre värmeupptagningsförmåga än lågt strålrörstryck med stora vattendroppar. Programmet tar dessutom ingen hänsyn till strålbilden utan förutsätter perfekt fördelning. Det är svårt att svara på vilken av dessa faktorer som är mest betydelsefull.
- Då brandförsvaren övergått från 38 till 42 mm smalslang påpekas från vissa håll att strålrören måste uppgraderas för att kunna ta emot det ökade flödet. Detta stämmer inte då tryck- samt flödestesterna visar att strålrör med ett maxflöde av 500 l/min inte klarar att uppnå detta maxflöde till skillnad från Fogfightern med ett maxflöde av 300 l/min. Dessutom kommer strålrörstrycket att bli lidande vilket ger stora droppar samt mindre bra strålbild. Strålrör med tryckautomatik samt ett maxflöde av 500 l/min klarar att upprätthålla rätt tryck till förmån för ett strypt flöde. De strålrör med högt tryck samt bra strålbilder ger bra resultat medan strålrör med höga flöden men lågt tryck samt dålig strålbild ger sämre resultat.
- I appendix E går det att studera alla släckförsök med strålrören. Om försöken för varje strålrör jämförs inbördes går det att se att resultaten stämmer väl överens. Detta betyder att försöken är reproducerbara och att tilltron till resultaten bör vara hög.
- Varje brandscenario är olikt ett annat, mer eller mindre. Släckinsatserna utförs på olika sätt och med olika metoder. Ett strålrör har en stor spridning i dess användningsområden. Som situationen är idag används i princip samma strålrör till alla typer av bränder som ett slags allverktyg. Snarare borde det vara så att det finns ett antal olika strålrör att tillgå och att rätt verktyg används till rätt situation. Ett strålrör som är effektivt vid brandgaskylning behöver nödvändigtvis inte vara det rätta för att till exempel kyla en fasad där höga flöden samt lång kastlängd kan behövas.
- TFT Ultimatic är det strålrör som i släckförsöken ger det bästa resultatet med avseende på brandgaskylning. Detta får antas bero på att det upprätthåller det strålrörstryck som det skall arbeta med. Det har den mest symmetriska strålbilden av de provade. Flödet ligger inom ett område som kopplat till Fire Demand Model är tillräckligt för detta scenario. Tiden till släckning uppgår till 29 sekunder.
- Nästa grupp av strålrör ligger i ett intervall mellan 33 – 47 sekunder. Dessa är Protek 322 samt 366, ny Fogfighter, Quadrafog 150 och Akron Turbojet. Tidsmässigt är de sämre än TFT Ultimatic men står sig ändå någorlunda väl. Den totala vattenåtgången blir högre också än för TFT Ultimatic. Någon eller flera av faktorerna flöde, strålrörstryck och

strålbild är sämre hos dessa rör än för TFT-röret varför detta får antas vara anledningen till att de inte uppnår samma prestanda.

- Den tredje gruppen strålrör är Quadrafog 500, begagnad Fogfighter samt Unifire APG. Tiderna till släckning för dessa strålrör ligger i intervallet 55 – 79 sekunder vilket får anses mindre bra i jämförelse med övriga i allmänhet och TFT Ultimatic i synnerhet. Quadrafog 500 har en mycket dålig strålbild samt lågt strålrörstryck vilket gör att den stora mängd vatten det levererar inte kan utnyttjas. Den begagnade Fogfightern har en dålig strålbild men dock ett någorlunda bra strålrörstryck som uppmättes till 5,8 bar. Unifire APG har en mycket dålig strålbild samt ett lågt flöde som ligger under 100 l/min vilket gör att tiden till släckning blir lång. Med tanke på att flödet är så pass lågt som det är får resultatet anses som mycket bra ändå. Detta beror på det höga strålrörstrycket som ger finare vattendroppar.
- Fogfightern visar inte de bästa resultaten vilket är intressant att studera med tanke på att många räddningstjänster använder detta strålrör. Det finns dock andra faktorer som hanterbarhet och ekonomi som spelar in också, se appendix I. I detta test gav den nya Fogfightern ett bättre resultat än den begagnade vid gasfasverkan. Att dra generella slutsatser mellan en begagnad och en ny modell efter att ha jämfört endast två modeller är för mycket begärt. Detta borde dock undersökas närmare.
- Skillnaderna i släckförsöken för strålrören ligger inom en minuts intervall. Det kan antas att skillnaderna kommer att öka då ett kraftigare brandförlopp bemöts. Resultaten kommer då antagligen att utkristallisera sig ännu tydligare.

8. REFERENSER

- /1/ Bengtsson L-G, *Övertändning, backdraft och brandgasexplosion sett ur räddningstjänstens perspektiv*, Brandteknik Lunds Universitet, Lund 1999
- /2/ Danielsson Lennart, *Tryckförluster i Kopplingar för Brandslang 38/42 mm*, Räddningstjänstavdelningen, Statens Räddningsverk, Karlstad 1995
- /3/ Handell Anders, *Utvärdering av Operativ Utrustning*, Räddningsavdelningen, Stockholms Brandförsvär, 1999
- /4/ Holmstedt Göran, *Släckmedel och Släckverkan*, Brandteknik Lunds Universitet, Lund 1998
- /5/ Karlsson B, Quintiere J.G., *Enclosure Fire Dynamics*, Brandteknik Lunds Universitet, Lund 1998
- /6/ Lundin Johan, Bengtsson L-G, *Parameterstudie av Fire Demand Model*, Räddningstjänstavdelningen, Statens Räddningsverk, Karlstad 1995
- /7/ Lundin Johan, Bengtsson L-G, *Fire Demand Model Resultat av Fullskaleförsök i Container*, Räddningstjänstavdelningen, Statens Räddningsverk, Karlstad 1995
- /8/ Lundin Johan, Bengtsson L-G, *Utvärdering av Fire Demand Model och Utveckling av Släckteknik och Släckmetod*, Räddningstjänstavdelningen, Statens Räddningsverk, Karlstad 1995
- /9/ Palm Anders, *Släckvattenflödesmätning i Ågesta Brandövningshus*, Brandteknik Lunds Universitet, Lund 2000
- /10/ Palm Anders, Zeidlitz Robert, *Brandövningshuset i Ågesta*, Räddningsavdelningen, Stockholms Brandförsvär, Stockholm 1999
- /11/ Särdaqvist Stefan, *Planering av Brandförsök i Ågesta*, Brandteknik Lunds Universitet, Lund 1999
- /12/ Tewarson A, *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, Second Edition, National Fire Protection Association, Quincy 1995
ISBN 0-87765-354-2
- /13/ de Vries Holger, *Brandbekämpfung mit Wasser und Schaum – Technik und Taktik*, 1. Auflage 2000, © 2000 Ecomed Verlagsgesellschaft AG & Co, KG
ISBN 3-609-68740-1
- /14/ *Akron Strålrör*, Produktblad, NOHA
- /15/ *Protek 322*, Produktblad, Castek Manufacturing Corp.
- /16/ *Protek 366*, Produktblad, Svenska Brandslangsfabriken AB

- /17/ *Quadrafog Conventional Variable Flow Nozzles*, Produktblad, Dafo Brand AB
- /18/ *TFT Ultimatic 125*, Produktblad, Dafo Brand AB
- /19/ *Unifire, Output, Jetset Pistol, Unifighter Pistol*, Produktblad, Unifire AB
- /20/ *Viper Select Flow Branches*, Produktblad, Dafo Brand AB
- /21/ *Task Force Tips*, Produktinformation angående Tryck och Flöden, Dafo Brand AB
- /22/ *RUS 120:4, Regler för Automatisk Vattensprinkleranläggning*, Andra Tryckningen, Försäkringsförbundet 1993
- /23/ *Strömningslära*, Kursmaterial, Lunds Tekniska Högskola, Lund 1997
- /24/ *Svensk Standard*, SS 3500

APPENDIX

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	49
A. SIMULERING MED CFAST.....	51
A.1 EFFEKTUTVECKLING.....	53
A.2 SIMULERING MED FAST	53
B. FILER FRÅN FDM - SIMULERINGAR.....	59
B.1 DROPPSTORLEK	61
B.2 STRÅLRÖR	67
C. PRODUKTBLAD STRÅLRÖR.....	69
C.1 AKRON TURBOJET	70
C.2 PROTEK 322.....	72
C.3 PROTEK 366.....	74
C.4 QUADRAFOG 150	76
C.5 QUADRAFOG 500	78
C.6 TA – FOGFIGHTER, BEGAGNAD	80
C.7 TA – FOGFIGHTER, NY	82
C.8 TFT ULTIMATIC	84
C.9 UNIFIRE APG.....	86
C.10 UNIFIRE 10 C.....	88
C.11 UNIFIRE OUTPUT 12.....	89
C.12 VIPER SELECT.....	90
D. INDATAFILER TILL STRÅLBILSDIAGRAM	91
E. MEDELVÄRDEN FRÅN VARJE SLÄCKFÖRSÖK MED ALLA STRÅLRÖR	99
F. MEDELTEMPERATUR FÖR ALLA STRÅLRÖR, EJ KORRIGERAT	105
G. BERÄKNING AV K-FAKTOR.....	109
H. FLÖDESBERÄKNINGAR.....	113
I. INSTRUKTÖRSTEST, SERVICE SAMT EKONOMI.....	117
I.1 INSTRUKTÖRSTEST, BRANDHALLEN	119
I.2 INSTRUKTÖRSTEST, BRANDÖVNINGSHUSET	122
I.3 SERVICE	124
I.4 EKONOMI	124

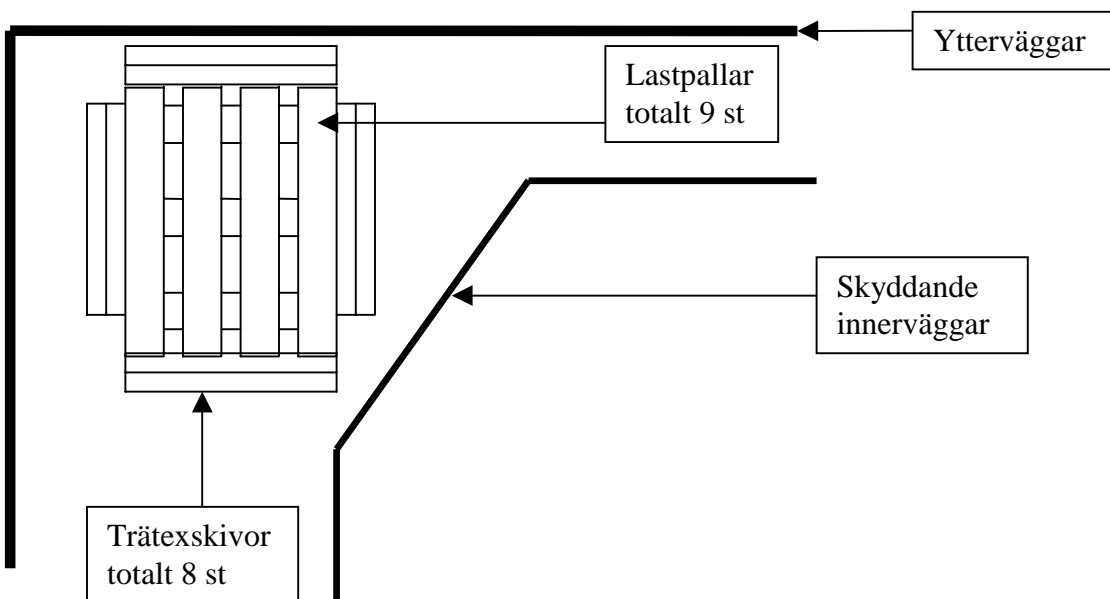
A. SIMULERING MED CFAST

SIMULERING MED CFAST

För att undersöka effektutveckling, temperaturer, brandgaslagrets höjd och hur branden styrs i rummet används programmet FAST, version 3.1.5. Detta program simulerar det opåverkade brandförloppet och ger en bra uppskattning av de rådande förhållandena i brandrummet.

A.1 Effektutveckling

För att få en tillräckligt kraftig brand för försöken provas att tredubbla den laddning som används i normala fall vid övningsverksamheten i utrymmet. Normalt används tre lastpallar och tre Trätexskivor tillsammans med träull och diesel som tändmedel. I försöksuppställningen kommer nio lastpallar att staplas på höjden motsvarande den effektkurva som ges i /5/ och /12/ vilken ger en maximal effekt av cirka 3,5 MW och en livslängd av cirka 13,3 minuter. Till detta kommer åtta stycken Trätexskivor att användas (1,2*0,012*2,4 m), se figur A.1.



Figur A.1: Bränslekonfigurationen sedd ovanifrån.

Trätexskivor är svårbedömda vad gäller effektutvecklingen. Allmänt kan sägas att ett tillskott av Trätexskivor ger ett häftigare brandförlopp med högre brandgastemperaturer än vad motsvarande mängd lastpallar ger. Detta på grund av att Trätexskivor är betydligt mer porösa än rent trä. För trämaterial kan effektutvecklingen dock approximeras till c:a 200 kW/m^2 . Detta skulle i fallet för Trätex skivorna betyda ett effekttillskott av $1,2 * 2,4 * 8 * 200 = 4608 \text{ kW} = 4,6 \text{ MW}$. (Skivorna har exponerade ytor utåt och inåt mot lastpallarna). Totalt skulle i så fall effektutvecklingen bli c:a 8,1 MW.

A.2 Simulering med FAST

Vid simuleringen med FAST valdes att öka effektkurvan först till 6,6 MW med snabb stigning. Därefter gjordes ett försök med en maximal effekt av 8,6 MW med snabb stigning.

Vid effekten 6,6 MW är branden bränslekontrollerad för 1,8 meters dörrbredd, se diagram A.1, och ventilationskontrollerad för 0,9 meters dörrbredd med en effekttopp vid 5,5 MW som direkt sjunker till ca 5 MW där steady state, se diagram A.4, inträffar (d v s en eller båda dörrarna öppna i dubbeldörren där angreppet görs). Andra lämpliga öppningar för försöket finns ej tillgängliga då de heta brandgaserna som styr försöket riskerar att ventileras ut på grund av luftgenomströmningen. Gränsen för ventilationskontrollerad brand ligger approximativt mellan 1,2 och 1,5 meters dörrbredd vid denna effekt.

Vid 8,6 MW är branden bränslekontrollerad för 1,8 meters dörrbredd, se diagram A.3, men når övertändning med kriteriet för detta vid 600 °C efter tiden 7,5 minuter. FAST klarar inte fenomenet övertändning utan stoppar simuleringen efter halva tiden. Vid 0,9 meters dörrbredd blir branden ventilationskontrollerad och når ej upp till mer än ca 5,8 MW, se diagram A.2. Effekten sjunker snabbt ner till 5,3 MW där steady state uppnås. Gränsen för ventilationskontroll ligger vid 1,7 meters dörrbredd. Alltså skulle fallet med att ha dubbeldörren helt öppen precis räcka till för att uppnå bränslekontrollerad brand där den totala effekten kan uppnås.

Det är troligt att den verkliga effektutvecklingen ligger någonstans i området mellan de maxeffekter som har simulerats. Tillgången till ventilation visar att den kommer att räcka till om än knappt för bränslekontrollerad brand. För att uppnå så svåra förhållanden som möjligt är det viktigt att det bildas en stor volym heta brandgaser. Detta betyder att ventilationen inte får bli för god. Alltså är det inte avgörande att hela effektutvecklingen kan utnyttjas vilket kräver bränslekontrollerad brand.

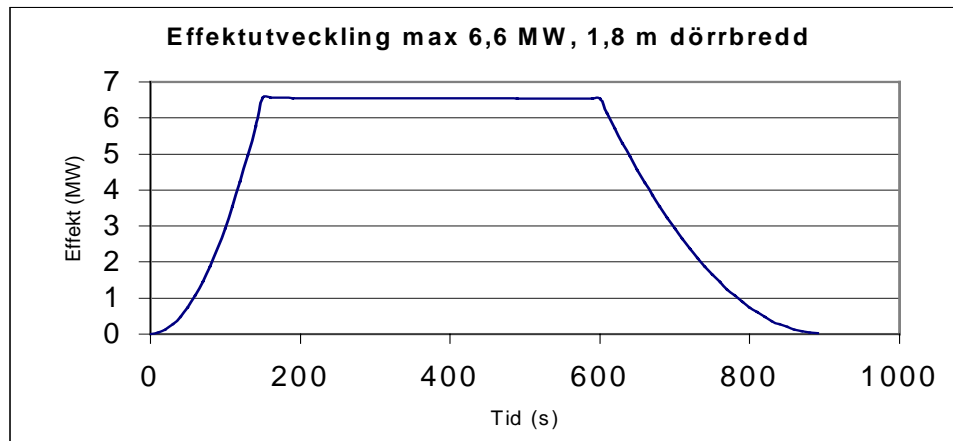


Diagram A.1: Effektutveckling med 6,6 MW som vald maximal effektutveckling och 1,8 m dörrbredd.

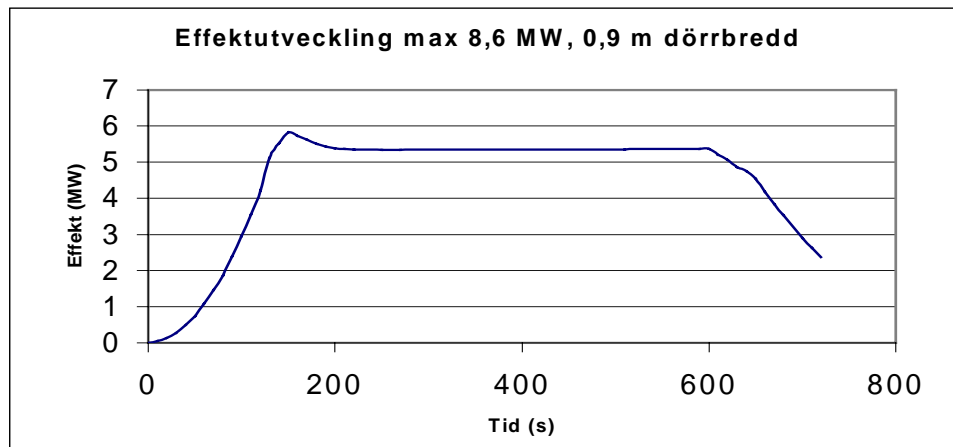


Diagram A.2: Effektutveckling med 8,6 MW som vald maximal effektutveckling och 0,9 m dörrbredd.

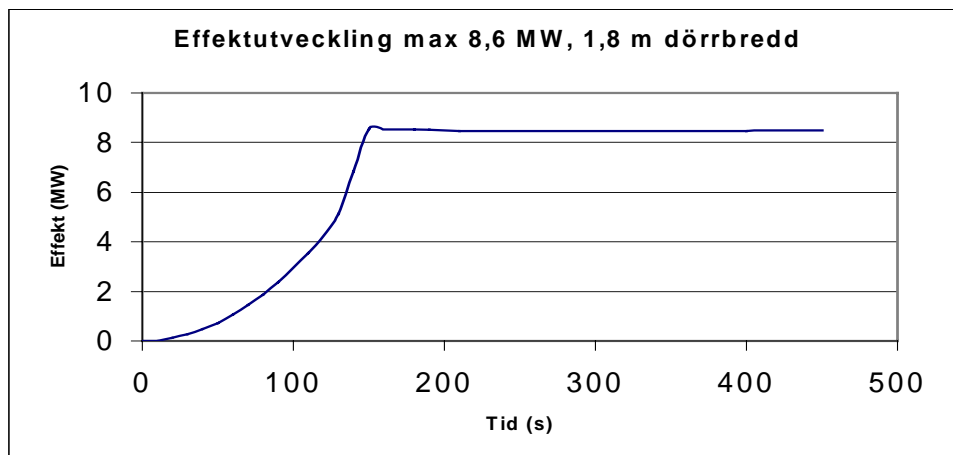


Diagram A.3: Effektutveckling med 8,6 MW som vald maximal effektutveckling och 1,8 m dörrbredd.

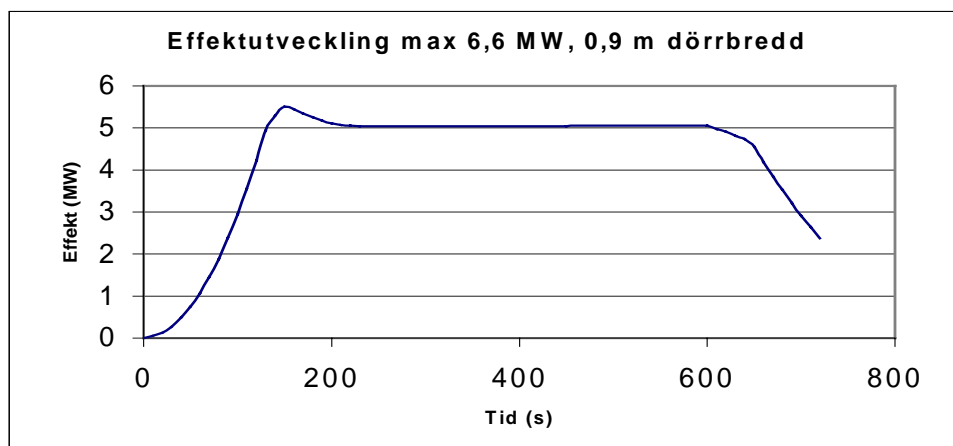


Diagram A.4: Effektutveckling med 6,6 MW som vald maximal effektutveckling och 0,9 m dörrbredd.

Temperaturen i övre brandgaslagret ligger mellan ca 530 – 630 °C beroende på vilken effektkurva och vilka öppningar som råder, se diagram A.5 – A.8. Detta är medeltemperaturer för brandrummet i övre brandgaslagret och visar sålunda inte temperaturer i enskilda punkter. Det som styr släckförsöken är brandgastemperaturen som termoelementen visar. De två termoelement som sitter närmast initialbranden kommer att visa högre temperaturer än medelvärdena vilket inte kan påvisas med FAST. Detta har dock kunnat konstateras vid tidigare försök. Det är i första hand dessa två termoelement som avgör när insatsen skall påbörjas. Starttemperatur har i förhand valts till 600 °C vilket bör uppnås enligt simuleringarna för de två närmsta termoelementen. Då dessa termoelement sitter närmast initialbranden kommer de också att befinna sig längst ifrån angreppspunkten vilket får till följd att temperaturen för dessa kommer ta längst tid att sänka. Detta för att försvåra förhållandena så mycket som möjligt. Simuleringarna visar att en effekt som ligger någonstans i det område som provats kommer att vara tillräckligt med avseende på temperaturen även om medeltemperaturen kan komma att ligga under startkriteriet.

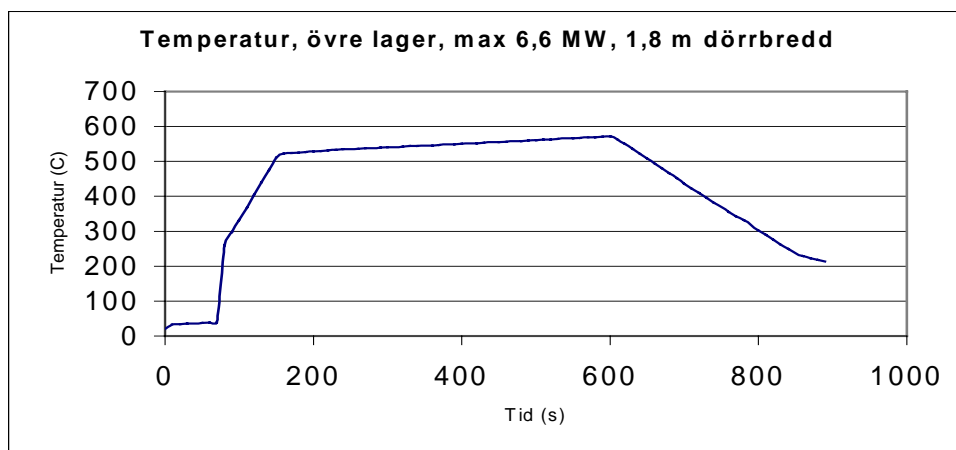


Diagram A.5: Temperatur i övre brandgaslagret vid max 6,6 MW effektutveckling samt 1,8 m dörrbredd.

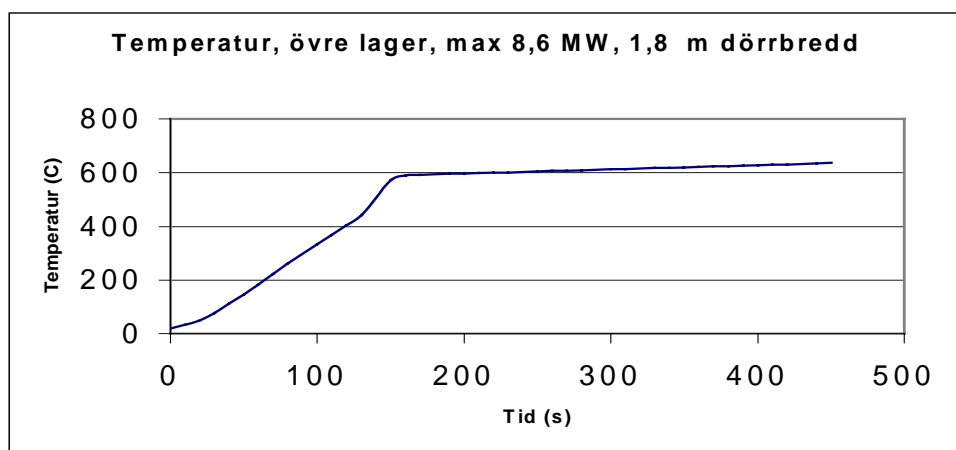


Diagram A.6: Temperatur i övre brandgaslagret vid max 8,6 MW effektutveckling samt 1,8 m dörrbredd.

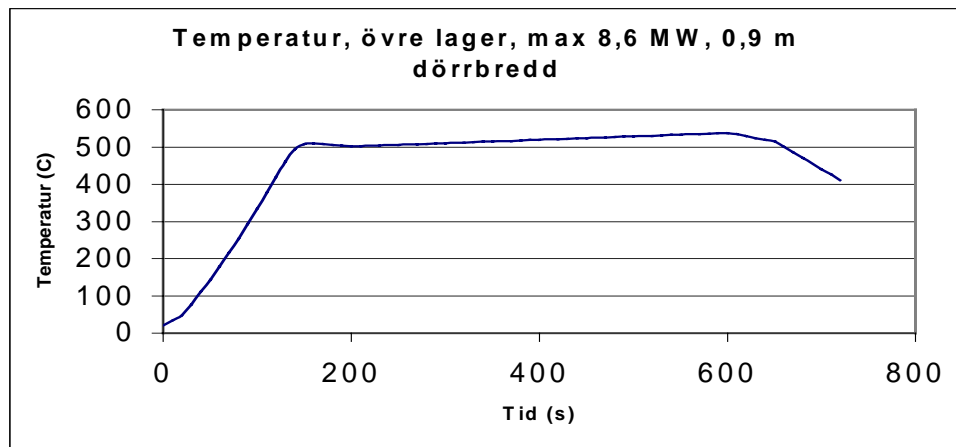


Diagram A.7: Temperatur i övre brandgaslagret vid max 8,6 MW effektutveckling samt 0,9 m dörrbredd.

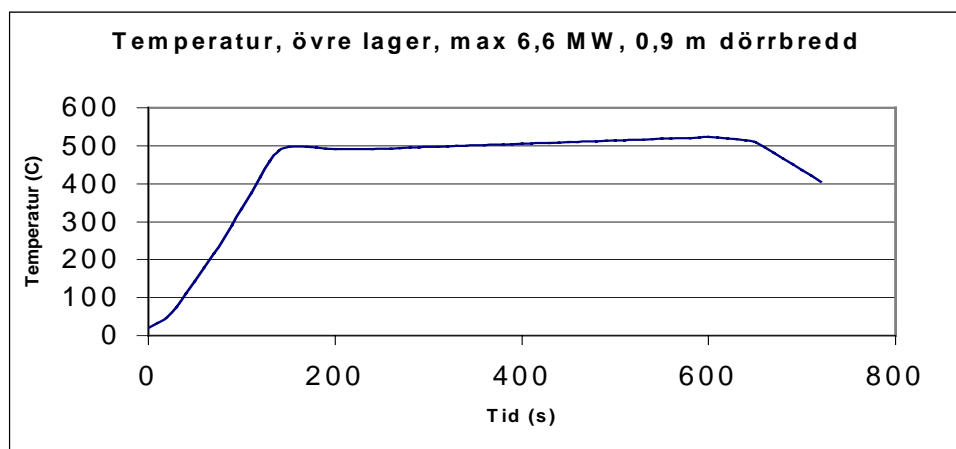


Diagram A.8: Temperatur i övre brandgaslagret vid max 6,6 MW effektutveckling samt 0,9 m dörrbredd.

Simuleringarna visar att skillnader för brandgaslagrets höjd inte skiljer sig nämnvärt varken med avseende på höjden eller tiden till att största värde inträffar, se diagram A.9.

Brandgaskudden kommer i alla simuleringarna att bli i samma storleksordning med en lägsta höjd av 0,25 meter från golvet. Alltså kommer laddningen i kombination med geometrin och öppningarna att ge en stor volym av relativt heta brandgaser som krävs för att skapa de svåra förhållanden som behövs för försöken. Efter testförsök visade det sig att brandgaslagrets höjd stämmer någorlunda väl med simuleringarna.

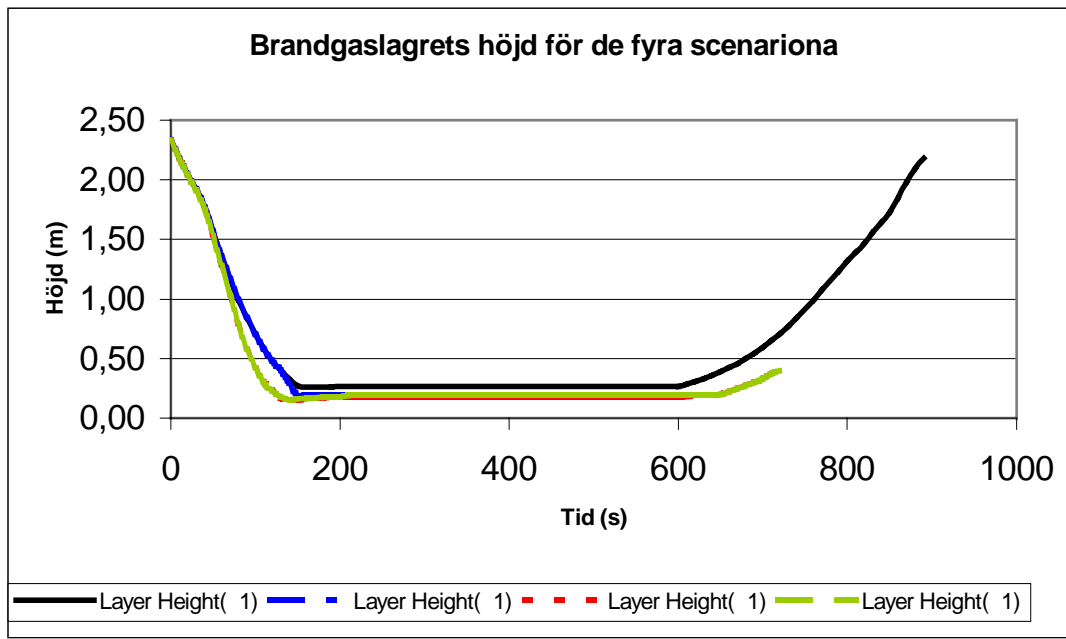


Diagram A.9: Brandgaslagrets höjd för de fyra scenarierna. Diagrammet visar ingen större skillnad med avseende på rökfyllnad.

Sammanfattningsvis kan sägas att även om en exakt effektkurva inte har kunnat plockas fram visar simuleringarna med några olika kombinationer som bör ligga inom rätt område att den laddning som planerats är tillräcklig. Större laddning än den planerade kommer endast medföra ventilationskontrollerad brand. Det som begränsar hur stor laddning som skall användas är alltså tillgången på öppningar.

B. FILER FRÅN FDM - SIMULERINGAR

FILER FRÅN FDM - SIMULERINGAR

På grund av skrymmande utrymme har valet gjorts att endast återge en in- och utdatafil i dess helhet för droppstorlekssimuleringarna. Alla parametrar förutom droppstorleken är desamma för simuleringarna i avsnitt B.1. Resultaten från övriga simuleringar avseende droppstorleken återges dock. De finns även sammanställda i tabell B.1 för jämförande resultat sist i kapitel B.1. I kapitel B.2 har simuleringar gjorts med avseende på valda strålrör som ingår i försöken.

B.1 Droppstorlek

I detta första avsnitt har simuleringar utförts med avseende på droppstorlekens betydelse i FDM. Indataparametrar vad gällande geometrier och branden är tagna från försöken vid brandövningshuset vid Ågesta övningsfält i Stockholm. Parametrar för vattnet är antagna till 300 l / min med ett strålrörstryck av 5 bar som kan utläsas i indatafilen. Droppstorleken har valts att varieras mellan 0,1 – 1,0 mm.

0,1 MM

FIRE DEMAND MODEL RUN NUMBER 1

INPUT DATA IS IN METRIC UNITS

COMPARTMENT RELATED DATA:

ROOM HEIGHT 2.33 M
 FLOOR AREA 83.00 M2
 WALL/CEILING AREA 178.00 M2
 WALL/CEILING/FLOOR THICKNESS 0.40 M
 WALL/CEILING/FLOOR
 THERMAL CONDUCTIVITY 0.011 KCAL/M_MIN_DEG C
 WALL/CEILING/FLOOR SPECIFIC HEAT 400.000 KCAL/M3_DEG C
 WALL/CEILING-GAS HEAT
 CONVECTION COEFFICIENT CONSTANT 0.100 KCAL/M2_MIN_(DEG C)**1/3

WALL VENT NUMBER: 1

TIME OPENED 0.00 MIN
 TIME CLOSED 20.00 MIN
 VENT HEIGHT 2.030 M
 VENT WIDTH 1.800 M
 VENT TOP 2.030 M

WALL VENT NUMBER: 2

TIME OPENED 0.00 MIN
 TIME CLOSED 20.00 MIN
 VENT HEIGHT 0.450 M
 VENT WIDTH 0.450 M
 VENT TOP 0.550 M

WALL VENT NUMBER: 3

TIME OPENED 0.00 MIN
 TIME CLOSED 20.00 MIN
 VENT HEIGHT 0.450 M
 VENT WIDTH 0.450 M
 VENT TOP 0.550 M

FUEL RELATED DATA:

EFFECTIVE HEAT OF COMBUSTION 3583.000 KCAL/KG
 FUEL LOAD 6.00 KG/M2
 AIR/FUEL RATIO 4.92
 FUEL SURFACE 44.000 M2
 FUEL IS WOOD.

WATER RELATED DATA:

INITIAL TIME WATER IS APPLIED 3.0 MIN
 WATER APPLICATION RATE 300.000 L/MIN
 EFFECTIVE WATER APPLICATION RATE 300.000 L/MIN
 MEDIAN DROP SIZE 0.100 MILLIMETERS
 DROP FALL 1.165 M
 CONE ANGLE 60.0 DEG
 SWEEP TIME 1.000 SEC
 VIEWABLE FUEL SURFACE 0.000 M2
 NOZZLE PRESSURE 5.00 KG/CM2
 DISTANCE OF NOZZLE FROM VENT 0.00 M

SIMULATION TIME LIMIT = 15.000 MINUTES
 TIME STEP DIVISOR = 15.00

TIME MIN)	GAS TEMP ETA (DEG C)	W/C TEMP ETA (DEG C)	FL TEMP ETA (DEG C)	RET HEAT (KCAL)	FUEL FRAC	VT+1 FU-1	TOT WTR APP (L)	TOT WTR ACC (L)	TOT WTR VAP (L)	TOT WTR LOST	TOT WTR V GS
V WC	V FU	V FL	V SM								
0.0	625.0	425.0	425.0	0.4350E+06	0.756	1	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
0.00											
0.4	547.0	439.9	434.0	0.1294E+07	0.743	-1	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
0.00											
0.8	554.1	451.5	441.2	0.1307E+07	0.729	-1	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
0.00											
1.3	560.3	461.5	447.7	0.1320E+07	0.715	-1	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
0.00											
1.7	565.7	470.1	453.4	0.1332E+07	0.701	-1	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
0.00											
2.1	570.5	477.6	458.6	0.1344E+07	0.687	-1	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
0.00											
2.5	574.6	484.0	463.1	0.1356E+07	0.673	-1	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
0.00											
2.9	578.2	489.6	467.2	0.1368E+07	0.659	-1	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
0.00											
3.0	578.6	490.3	467.7	0.1370E+07	0.658	-1	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00
0.00											
3.0	549.1	490.4	467.8	0.1371E+07	0.657	-1	4.155	0.3919E-13	1.375	0.67	0.33
0.00	0.33										
3.0	535.9	490.5	467.8	0.1370E+07	0.657	-1	6.497	0.0000	1.721	0.85	0.15
0.15											
3.0	524.5	490.4	467.8	0.1370E+07	0.657	-1	9.130	0.2864E-13	2.184	0.82	0.18
0.00	0.18										
3.0	514.4	490.4	467.8	0.1370E+07	0.656	-1	11.74	0.1211E-13	2.640	0.83	0.17
0.00	0.17										
3.0	505.3	490.3	467.7	0.1370E+07	0.656	-1	14.40	0.0000	3.113	0.82	0.18
0.18											
3.1	497.1	490.1	467.7	0.1370E+07	0.656	-1	17.08	0.0000	3.600	0.82	0.18
0.18											
3.1	489.6	490.0	467.6	0.1370E+07	0.655	-1	19.79	0.6766E-13	4.097	0.82	0.18
0.00	0.18										
3.1	482.7	489.9	467.5	0.1370E+07	0.655	-1	22.53	0.9119E-13	4.605	0.81	0.19
0.00	0.19										
3.1	476.4	489.7	467.4	0.1370E+07	0.655	-1	25.28	0.1776E-13	5.124	0.81	0.19
0.00	0.19										
3.1	470.7	489.5	467.3	0.1370E+07	0.655	-1	28.06	0.1970E-13	5.653	0.81	0.19
0.00	0.19										
3.1	465.6	489.3	467.1	0.1370E+07	0.654	-1	30.85	0.4541E-13	6.190	0.81	0.19
0.00	0.19										

3.1	460.8	489.1	467.0	0.1370E+07	0.654	-1	33.67	0.0000	6.736	0.81	0.19	0.00	0.00	0.00
0.19														
3.1	456.5	488.9	466.9	0.1369E+07	0.654	-1	36.50	0.0000	7.290	0.80	0.20	0.00	0.00	0.00
0.20														
3.1	449.0	488.4	466.6	0.1369E+07	0.653	-1	42.21	0.0000	8.416	0.80	0.20	0.00	0.00	0.00
0.20														
3.2	442.8	487.9	466.2	0.1369E+07	0.652	-1	47.97	0.0000	9.568	0.80	0.20	0.00	0.00	0.00
0.20														
3.2	437.5	487.3	465.9	0.1369E+07	0.652	-1	53.77	0.0000	10.74	0.80	0.20	0.00	0.00	0.00
0.20														
3.2	433.1	486.8	465.5	0.1369E+07	0.651	-1	59.62	0.4830E-12	11.94	0.79	0.21	0.00	0.00	
0.00	0.21													
3.2	427.6	485.9	465.0	0.1368E+07	0.650	-1	68.44	0.3572E-12	13.76	0.79	0.21	0.00	0.00	
0.00	0.21													
3.3	423.3	484.9	464.4	0.1368E+07	0.649	-1	77.32	0.0000	15.60	0.79	0.21	0.00	0.00	0.00
0.21														
3.3	418.8	483.7	463.6	0.1367E+07	0.648	-1	89.24	0.0000	18.11	0.79	0.21	0.00	0.00	0.00
0.21														
3.3	414.5	482.0	462.6	0.1366E+07	0.646	-1	104.2	0.0000	21.28	0.79	0.21	0.00	0.00	0.00
0.21														
3.4	410.1	479.7	461.1	0.1365E+07	0.644	-1	125.3	0.0000	25.78	0.79	0.21	0.00	0.00	0.00
0.21														
3.5	405.8	476.6	459.2	0.1364E+07	0.641	-1	152.6	0.0000	31.65	0.78	0.22	0.00	0.00	0.00
0.22														
3.6	401.5	472.9	456.8	0.1362E+07	0.637	-1	186.2	0.1826E-11	38.92	0.78	0.22	0.00	0.00	
0.00	0.22													
3.7	397.2	468.9	454.2	0.1360E+07	0.633	-1	223.0	0.2635E-12	46.96	0.78	0.22	0.00	0.00	
0.00	0.22													
3.9	393.1	464.9	451.6	0.1358E+07	0.629	-1	260.1	0.0000	55.11	0.78	0.22	0.00	0.00	0.00
0.22														
4.0	389.0	461.0	449.0	0.1356E+07	0.625	-1	297.3	0.0000	63.36	0.78	0.22	0.00	0.00	0.00
0.22														
4.1	385.0	457.0	446.4	0.1354E+07	0.621	-1	334.8	0.0000	71.72	0.78	0.22	0.00	0.00	0.00
0.22														
4.2	381.0	453.2	443.8	0.1352E+07	0.617	-1	372.4	0.2519E-11	80.19	0.77	0.23	0.00	0.00	
0.00	0.23													
4.4	377.1	449.3	441.2	0.1350E+07	0.613	-1	410.3	0.1383E-11	88.76	0.77	0.23	0.00	0.00	
0.00	0.23													
4.5	373.1	445.6	438.6	0.1348E+07	0.608	-1	448.4	0.3123E-12	97.45	0.77	0.23	0.00	0.00	
0.00	0.23													
4.6	369.2	441.8	435.9	0.1346E+07	0.604	-1	486.6	0.0000	106.2	0.77	0.23	0.00	0.00	0.00
0.23														
4.8	365.3	438.1	433.3	0.1344E+07	0.600	-1	525.1	0.0000	115.1	0.77	0.23	0.00	0.00	0.00
0.23														
4.9	361.4	434.4	430.7	0.1343E+07	0.596	-1	563.9	0.7743E-12	124.2	0.77	0.23	0.00	0.00	
0.00	0.23													
5.0	357.5	430.7	428.1	0.1341E+07	0.592	-1	602.8	0.0000	133.3	0.76	0.24	0.00	0.00	0.00
0.24														
5.1	354.0	427.4	425.7	0.1339E+07	0.588	-1	638.7	0.2802E-11	141.8	0.76	0.24	0.00	0.00	
0.00	0.24													
5.3	350.2	423.8	423.1	0.1337E+07	0.583	-1	678.1	0.3544E-11	151.1	0.76	0.24	0.00	0.00	
0.00	0.24													
5.4	346.6	420.5	420.7	0.1335E+07	0.579	-1	714.4	0.5101E-11	159.8	0.76	0.24	0.00	0.00	
0.00	0.24													
5.5	343.1	417.3	418.4	0.1333E+07	0.575	-1	750.8	0.0000	168.6	0.76	0.24	0.00	0.00	0.00
0.24														
5.6	339.6	414.1	416.0	0.1331E+07	0.571	-1	787.5	0.0000	177.5	0.76	0.24	0.00	0.00	0.00
0.24														
5.7	336.1	410.9	413.6	0.1330E+07	0.567	-1	824.4	0.1137E-11	186.5	0.75	0.25	0.00	0.00	
0.00	0.25													

5.9	332.6	407.7	411.3	0.1328E+07	0.563	-1	861.5	0.4595E-11	195.6	0.75	0.25	0.00	0.00
0.00	0.25												
6.0	329.2	404.5	408.9	0.1326E+07	0.559	-1	898.8	0.7928E-11	204.9	0.75	0.25	0.00	0.00
0.00	0.25												
6.1	325.6	401.4	406.6	0.1324E+07	0.555	-1	936.2	0.2118E-12	214.2	0.75	0.25	0.00	0.00
0.00	0.25												
6.2	322.3	398.8	404.7	0.1322E+07	0.552	-1	967.1	0.1045E-11	221.9	0.75	0.25	0.00	0.00
0.00	0.25												
6.3	318.9	396.3	402.7	0.1321E+07	0.548	-1	998.0	0.0000	229.8	0.74	0.26	0.00	0.00
0.26													
6.4	315.4	393.7	400.8	0.1319E+07	0.545	-1	1029.	0.0000	237.8	0.74	0.26	0.00	0.00
0.26													
6.5	312.2	391.4	399.1	0.1318E+07	0.542	-1	1057.	0.1880E-11	244.9	0.74	0.26	0.00	0.00
0.00	0.26												
6.6	309.0	389.1	397.4	0.1317E+07	0.539	-1	1085.	0.1157E-10	252.2	0.74	0.26	0.00	0.00
0.00	0.26												
6.7	305.8	386.8	395.7	0.1315E+07	0.536	-1	1113.	0.5739E-11	259.6	0.74	0.26	0.00	0.00
0.00	0.26												
6.8	302.5	384.5	394.0	0.1314E+07	0.533	-1	1141.	0.0000	267.1	0.73	0.27	0.00	0.00
0.27													
6.9	299.1	382.2	392.2	0.1312E+07	0.529	-1	1169.	0.0000	274.6	0.73	0.27	0.00	0.00
0.27													
7.0	296.1	380.2	390.7	0.1311E+07	0.527	-1	1194.	0.0000	281.4	0.73	0.27	0.00	0.00
0.27													
7.1	293.1	378.2	389.2	0.1310E+07	0.524	-1	1219.	0.6072E-11	288.2	0.73	0.27	0.00	0.00
0.00	0.27												
7.1	289.9	376.1	387.7	0.1308E+07	0.521	-1	1245.	0.1308E-10	295.1	0.72	0.28	0.00	0.00
0.00	0.28												
7.2	286.8	374.1	386.2	0.1307E+07	0.518	-1	1270.	0.0000	302.1	0.72	0.28	0.00	0.00
0.28													
7.3	283.6	372.0	384.7	0.1305E+07	0.516	-1	1295.	0.0000	309.1	0.72	0.28	0.00	0.00
0.28													
7.4	280.7	370.3	383.4	0.1304E+07	0.513	-1	1317.	0.0000	315.3	0.72	0.28	0.00	0.00
0.28													
7.5	277.9	368.5	382.1	0.1303E+07	0.511	-1	1339.	0.3602E-10	321.5	0.71	0.28	0.00	0.00
0.00	0.29												
7.5	275.0	366.7	380.8	0.1302E+07	0.508	-1	1361.	0.0000	327.8	0.71	0.29	0.00	0.00
0.29													
7.6	272.0	364.9	379.4	0.1301E+07	0.506	-1	1383.	0.0000	334.2	0.71	0.29	0.00	0.00
0.29													
7.7	269.0	363.1	378.1	0.1299E+07	0.504	-1	1406.	0.4521E-10	340.7	0.71	0.29	0.00	0.00
0.00	0.29												
7.8	266.0	361.2	376.8	0.1298E+07	0.501	-1	1428.	0.0000	347.3	0.71	0.29	0.00	0.00
0.29													
7.8	262.9	359.4	375.5	0.1297E+07	0.499	-1	1451.	0.0000	353.9	0.70	0.30	0.00	0.00
0.30													
7.9	260.2	357.8	374.4	0.1296E+07	0.497	-1	1470.	0.1186E-10	359.6	0.70	0.30	0.00	0.00
0.00	0.30												
8.0	257.6	356.3	373.3	0.1294E+07	0.495	-1	1489.	0.1111E-09	365.2	0.70	0.30	0.00	0.00
0.00	0.30												
8.0	254.8	354.7	372.1	0.1293E+07	0.492	-1	1508.	0.0000	371.0	0.70	0.30	0.00	0.00
0.30													
8.1	252.1	353.1	371.0	0.1292E+07	0.490	-1	1527.	0.1030E-09	376.8	0.69	0.31	0.00	0.00
0.00	0.31												
8.2	249.3	351.5	369.9	0.1291E+07	0.488	-1	1546.	0.0000	382.7	0.69	0.31	0.00	0.00
0.31													
8.2	246.4	349.9	368.8	0.1290E+07	0.486	-1	1565.	0.0000	388.7	0.69	0.31	0.00	0.00
0.31													
8.3	243.5	348.3	367.6	0.1289E+07	0.484	-1	1585.	0.0000	394.8	0.69	0.31	0.00	0.00
0.31													

8.3	240.5	346.7	366.5	0.1287E+07	0.482	-1	1604.	0.1375E-10	400.9	0.68	0.32	0.00	0.00
0.00	0.32												
8.4	238.1	345.4	365.6	0.1286E+07	0.480	-1	1620.	0.0000	405.9	0.68	0.32	0.00	0.00
0.32													
8.5	235.6	344.1	364.7	0.1285E+07	0.478	-1	1636.	0.0000	410.9	0.68	0.32	0.00	0.00
0.32													
8.5	233.1	342.7	363.7	0.1284E+07	0.477	-1	1652.	0.0000	416.0	0.68	0.32	0.00	0.00
0.32													
8.6	230.5	341.4	362.8	0.1283E+07	0.475	-1	1668.	0.0000	421.2	0.67	0.32	0.00	0.00
0.33													
8.6	227.9	340.0	361.9	0.1282E+07	0.473	-1	1684.	0.4752E-10	426.4	0.67	0.33	0.00	0.00
0.00	0.33												
8.7	225.2	338.7	360.9	0.1281E+07	0.471	-1	1700.	0.8455E-10	431.7	0.67	0.33	0.00	0.00
0.00	0.33												
8.7	222.5	337.3	360.0	0.1280E+07	0.470	-1	1716.	0.0000	437.1	0.67	0.33	0.00	0.00
0.33													
8.8	219.8	335.9	359.1	0.1279E+07	0.468	-1	1732.	0.0000	442.5	0.66	0.33	0.00	0.00
0.34													
8.8	217.0	334.5	358.1	0.1278E+07	0.466	-1	1749.	0.6426E-10	448.0	0.66	0.34	0.00	0.00
0.00	0.34												
8.9	214.7	333.4	357.4	0.1277E+07	0.465	-1	1761.	0.0000	452.2	0.66	0.34	0.00	0.00
0.34													
8.9	212.5	332.3	356.7	0.1276E+07	0.463	-1	1773.	0.0000	456.4	0.66	0.34	0.00	0.00
0.34													
9.0	210.3	331.3	356.0	0.1275E+07	0.462	-1	1786.	0.4766E-09	460.7	0.65	0.34	0.00	0.00
0.00	0.35												
9.0	208.0	330.2	355.2	0.1274E+07	0.461	-1	1798.	0.0000	465.0	0.65	0.34	0.00	0.00
0.35													
9.0	205.6	329.1	354.5	0.1273E+07	0.459	-1	1811.	0.0000	469.4	0.65	0.35	0.00	0.00
0.35													
9.1	203.3	327.9	353.8	0.1273E+07	0.458	-1	1823.	0.0000	473.8	0.65	0.35	0.00	0.00
0.35													
9.1	200.8	326.8	353.0	0.1272E+07	0.456	-1	1836.	0.0000	478.3	0.65	0.35	0.00	0.00
0.35													

0,1 MM

FIRE CONTROL AT 9.1 MINUTES, 45.551 % OF FUEL LEFT
 1840.3 LITERS OF WATER APPLIED, 479.8 LITERS VAPORIZED
 END SIMULATION

0,2 MM

FIRE CONTROL AT 4.2 MINUTES, 62.627 % OF FUEL LEFT
 350.5 LITERS OF WATER APPLIED, 244.4 LITERS VAPORIZED
 END SIMULATION

0,3 MM

FIRE CONTROL AT 4.1 MINUTES, 63.838 % OF FUEL LEFT
 320.3 LITERS OF WATER APPLIED, 270.4 LITERS VAPORIZED
 END SIMULATION

0,4 MM

FIRE CONTROL AT 4.1 MINUTES, 63.958 % OF FUEL LEFT
 320.5 LITERS OF WATER APPLIED, 288.4 LITERS VAPORIZED
 END SIMULATION

0,5 MM

FIRE CONTROL AT 4.1 MINUTES, 63.929 % OF FUEL LEFT
 324.9 LITERS OF WATER APPLIED, 302.0 LITERS VAPORIZED
 END SIMULATION

0,6 MM

FIRE CONTROL AT 4.1 MINUTES, 63.844 % OF FUEL LEFT
 331.1 LITERS OF WATER APPLIED, 313.7 LITERS VAPORIZED
 END SIMULATION

0,7 MM

FIRE CONTROL AT 4.1 MINUTES, 63.736 % OF FUEL LEFT
 337.9 LITERS OF WATER APPLIED, 324.1 LITERS VAPORIZED
 END SIMULATION

0,8 MM

FIRE CONTROL AT 4.1 MINUTES, 63.638 % OF FUEL LEFT
 344.4 LITERS OF WATER APPLIED, 333.2 LITERS VAPORIZED
 END SIMULATION

0,9 MM

FIRE CONTROL AT 4.2 MINUTES, 63.547 % OF FUEL LEFT
 350.0 LITERS OF WATER APPLIED, 340.6 LITERS VAPORIZED
 END SIMULATION

1,0 MM

FIRE CONTROL AT 4.2 MINUTES, 63.489 % OF FUEL LEFT
 354.7 LITERS OF WATER APPLIED, 346.9 LITERS VAPORIZED
 END SIMULATION

JÄMFÖRELSE AV DROPPSTORLEKENS INVERKAN PÅ SLÄCKRESULTATET I FIRE DEMAND MODEL

DROPPSTRLK MM	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
FIRE CONTROL MIN	9,1	4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,2	4,2
FUEL LEFT %	45,55	62,63	63,84	63,96	63,93	63,85	63,74	63,64	63,54	63,49
WATER APPLIED LITERS	1840,3	350,5	320,3	320,5	324,9	331,1	337,9	344,4	350	354,7
WATER VAPORIZED LITERS	479,8	244,4	270,4	288,4	302,0	313,7	324,1	333,2	340,6	346,9

Tabell B.1: Resultat från känslighetsanalys med avseende på droppstorlekens betydelse i Fire Demand Model.

B.2 Strålrör

Här är endast resultaten presenterade, dels separat och dels i form av tabell B.2. Indatafilerna till dessa simuleringar är desamma som den kompletta för droppstorlekssimuleringen. Det som varierar är vattenflöden och strålrörstryck. Dessa värden anges för respektive strålrör i tabell B.2 (se även kapitel 3.2). Droppstorleksfördelningar för strålrören har varit svårt att få tag i varför droppstorleken har approximerats till 0,7 mm. Resultaten av droppstorlekssimuleringarna visar små skillnader för lågtrycksrör (c:a 0,5 –0,9 mm droppstorlek), se tabell B.1, varför skillnader för strålrören med avseende på droppstorleken bör ha liten inverkan på resultaten i FDM.

AKRON TURBOJET

FIRE CONTROL AT 4.0 MINUTES, 65.154 % OF FUEL LEFT
328.5 LITERS OF WATER APPLIED, 316.6 LITERS VAPORIZED
END SIMULATION

TA FOGFIGHTER BEGAGNAD

FIRE CONTROL AT 4.3 MINUTES, 62.667 % OF FUEL LEFT
351.2 LITERS OF WATER APPLIED, 336.0 LITERS VAPORIZED
END SIMULATION

TA FOGFIGHTER NY

FIRE CONTROL AT 4.2 MINUTES, 63.113 % OF FUEL LEFT
345.5 LITERS OF WATER APPLIED, 330.9 LITERS VAPORIZED
END SIMULATION

PROTEK 322

FIRE CONTROL AT 10.3 MINUTES, 41.743 % OF FUEL LEFT
1695.2 LITERS OF WATER APPLIED, 1518.1 LITERS VAPORIZED
END SIMULATION

PROTEK 366

FIRE CONTROL AT 11.7 MINUTES, 37.208 % OF FUEL LEFT
1953.3 LITERS OF WATER APPLIED, 1722.3 LITERS VAPORIZED
END SIMULATION

TFT ULTIMATIC

FIRE CONTROL AT 5.8 MINUTES, 57.165 % OF FUEL LEFT
687.6 LITERS OF WATER APPLIED, 658.2 LITERS VAPORIZED
END SIMULATION

QUADRAFOG 500

FLÖDE: 345, TRYCK: 3

FIRE CONTROL AT 4.0 MINUTES, 65.248 % OF FUEL LEFT
328.8 LITERS OF WATER APPLIED, 317.1 LITERS VAPORIZED
END SIMULATION

FLÖDE: 312, TRYCK: 4,7

FIRE CONTROL AT 4.1 MINUTES, 64.274 % OF FUEL LEFT
332.6 LITERS OF WATER APPLIED, 319.5 LITERS VAPORIZED
END SIMULATION

FLÖDE: 246, TRYCK: 6,1

FIRE CONTROL AT 6.1 MINUTES, 55.899 % OF FUEL LEFT
764.7 LITERS OF WATER APPLIED, 732.2 LITERS VAPORIZED
END SIMULATION

DROPPSTRLK MM	AKRO N TURB OJET	FOG BEGAG NAD	FOG NY	PROTE K 322	PROTE K 366	TFT ULTIM ATIC	QUAD RQFOG 500 ⁵	QUAD RAFOG 500 ¹	QUAD RAFOG 500 ¹
FLÖDE L/MIN	340	280	288	232	225	250	345	312	246
TRYCK BAR	3,4	5,8	5,4	6,7	7,3	6,8	3,0	4,7	6,1
FIRE CONTROL MIN	4,0	4,3	4,2	10,3	11,7	5,8	4,0	4,1	6,1
FUEL LEFT %	62,15	62,67	63,11	41,74	37,21	57,17	65,25	64,27	55,90
WATER APPLIED LITERS	328,5	351,2	345,5	1695,2	1953,3	687,6	328,8	332,6	764,7
WATER VAPORIZED LITERS	316,6	336,0	330,9	1578,1	1722,3	658,2	317,1	319,5	732,2

Tabell B.2: Jämförelse av de testade strålrörens resultat i Fire Demand Model.

Quadrafog 150, Unifire APG och ett fjärde försök med Quadrafog 500 (flöde:117 l/min, tryck: 9,5 bar) klarade inte släckkriterierna i FDM-simuleringarna. På grund av detta finns inga resultat för dessa angivna.

⁵ Olika maxflöden som kan ställas in med hjälp av en krans på strålröret.

C. PRODUKTBLAD STRÅLRÖR

C.1 Akron Turbojet

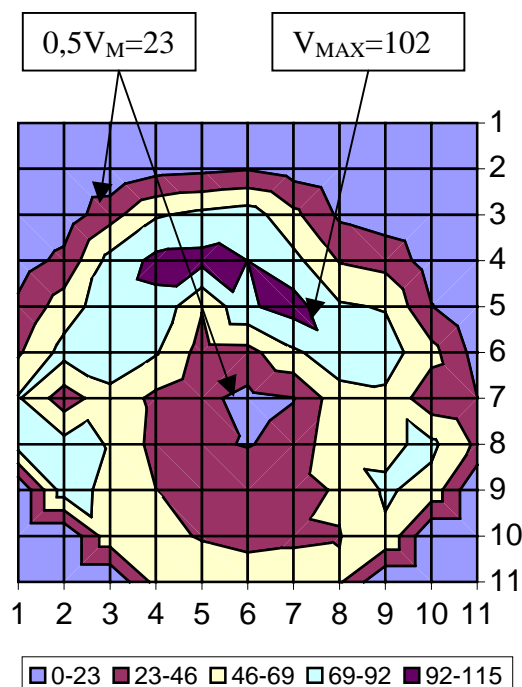
Tillverkare	Modell	Pris (SEK)	K - faktor	Tryck (bar)	Flöde (l/min)
Akron Brass Co	Turbojet	4500	18,4	3,4	340

Tryck och flöden är uppmätta vid 10 bars pumptryck från släckbil. Se kapitel 4.4. Modellen har inte tryckautomatik, dock kran för ställbart maxflöde. Absolut maxflöde är 500 l/min. Förklaring och beräkning av K – faktor kan utläsas I appendix G.



Enhet är mm/min

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1			24	34	1,3	26	0,6				
2			21	150	17,4	21,5	125	3,7	0,6		
3			9,4	37,4	66,6	74,7	80,7	51,5	18,9	10,1	21
4	120	29,2	76,9	97,9	98,8	91,9	75,6	44,5	38,4	11,6	21
5	27,7	57,1	83,3	86,5	47,5	88,7	101,6	71,7	67,4	23,8	0,0
6	42,9	77,1	85,9	70,9	37,2	38,0	65,1	82,7	79,5	53,7	14,0
7	71,1	33,3	61,2	40,4	27,9	17,0	22,3	60,1	64,4	30,7	23,2
8	79,5	77,3	67,6	38,2	26,2	21,9	29,4	65,5	64,4	74,1	41,4
9		81,6	61,2	46,2	35,4	36,5	35,4	49,4	71,9	60,8	
10			60,1	49,4	45,1	42,9	44,0	45,1	65,5		
11				53,7	53,7	51,5	51,5	48,7			



Fordringar, spridd stråle:

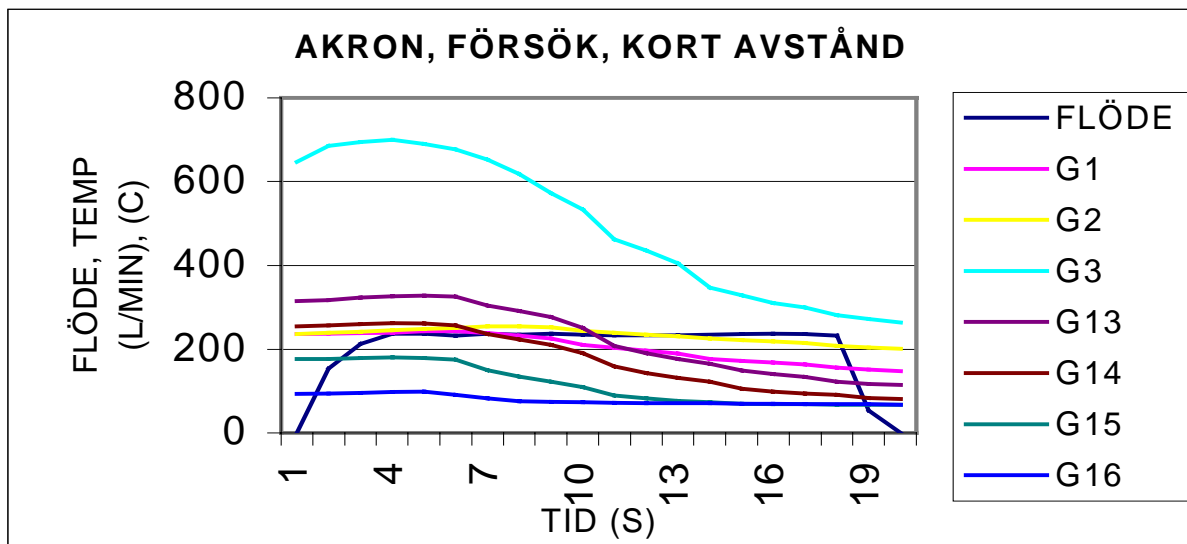
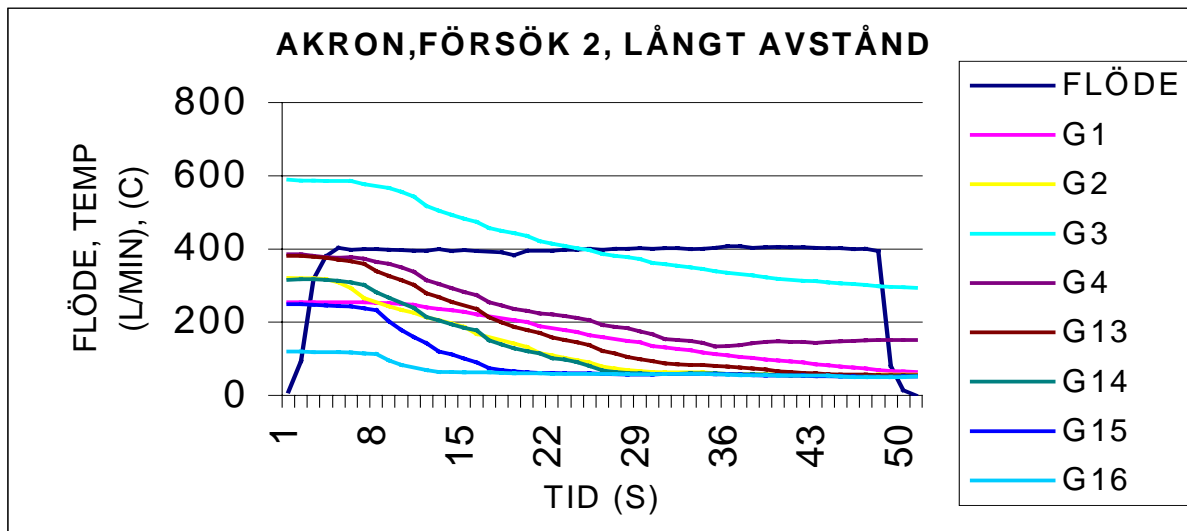
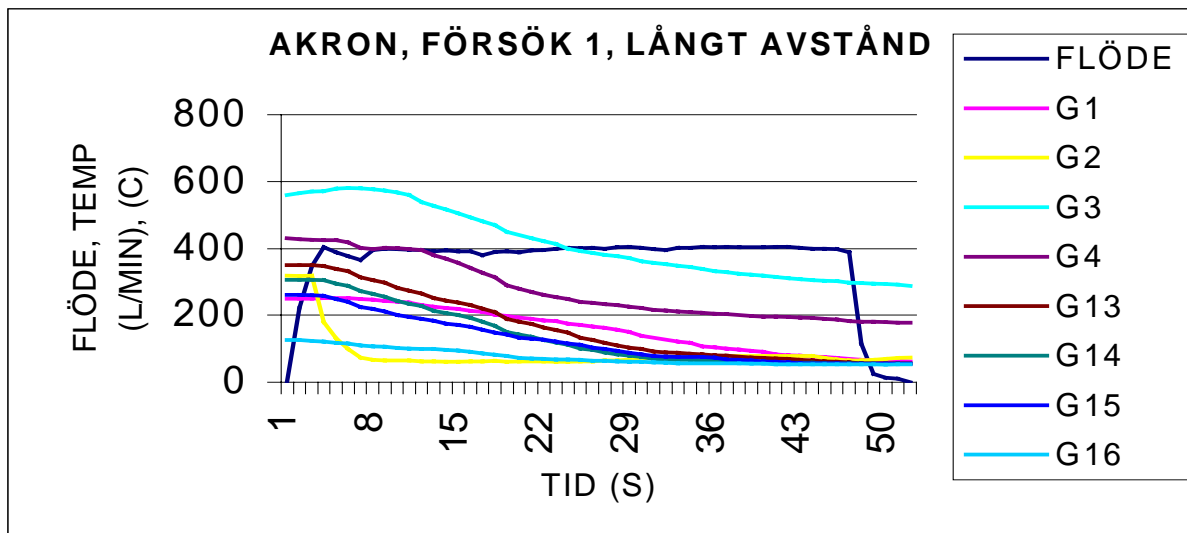
$0,5V_M < 0,1 * \text{täckningsarea}$

⇒ Krav uppfyllt

$V_{MAX} < 5 * V_M$

⇒ $102 < 230$

⇒ Krav uppfyllt



C.2 Protek 322

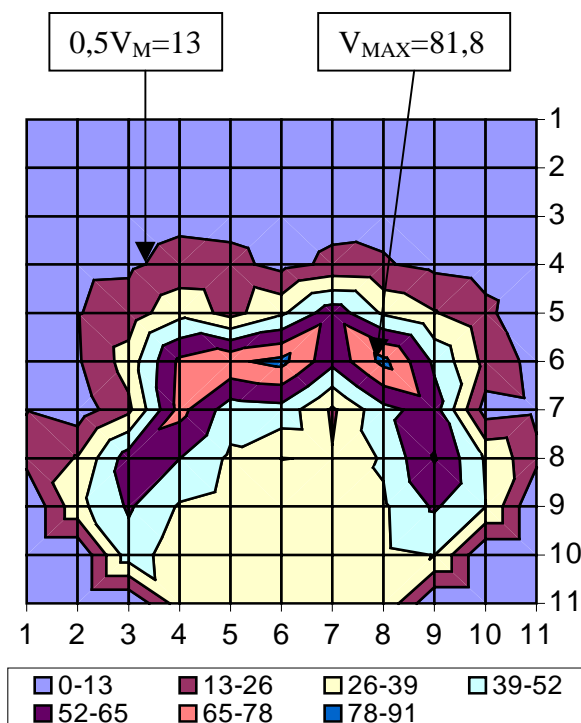
Tillverkare	Modell	Pris (SEK)	K - faktor	Tryck (bar)	Flöde (l/min)
Castek Co	322	4500	9,0	6,7	232

Tryck och flöden är uppmätta vid 10 bars pumptryck från släckbil. Se kapitel 4.4. Modellen har tryckautomatik varför K – faktor värdet är tveksamt, se appendix G. Flödet ställs in med bygeln. Maxflöde är 500 l/min.



Enhet är mm/min

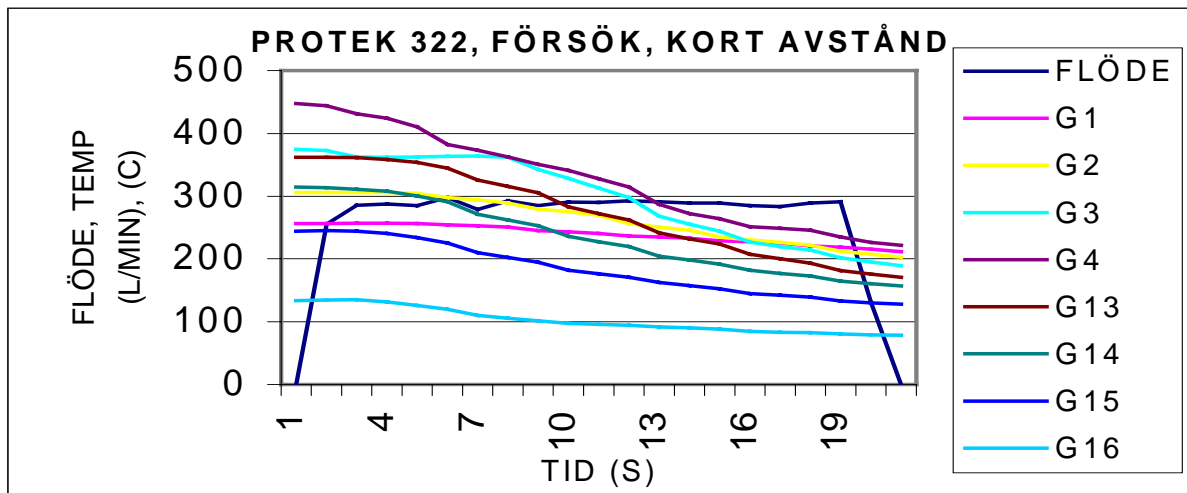
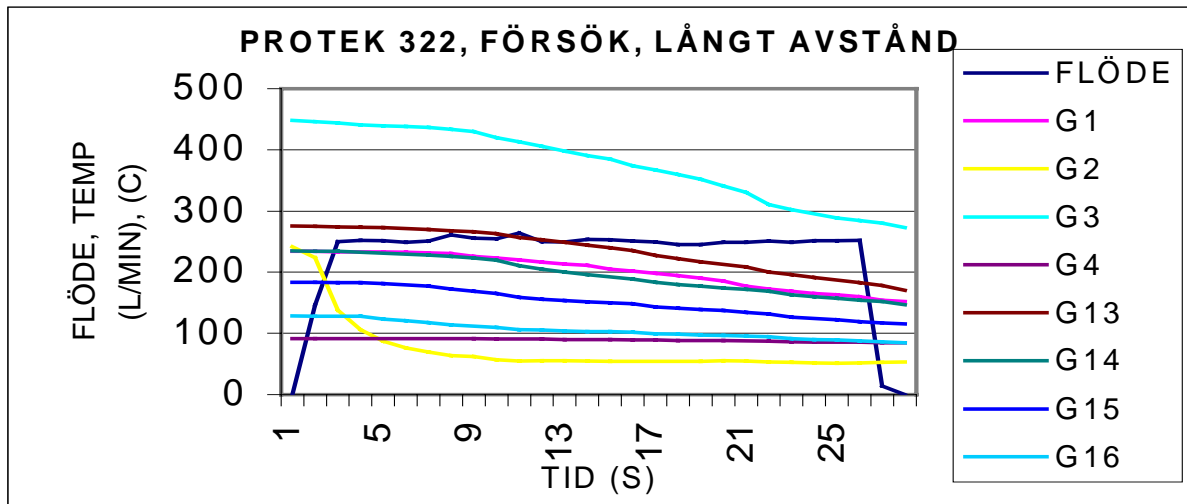
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		0,21	0,43	1,07	1,07	0,86					
2		0,32	5,37	4,72	2,9	4,83	6,0	0,32			
3		6,34	6,66	9,77	8,8	6,23	9,45	10,24	2,9		
4	4,83	10,3	10,7	17,6	16,5	9,13	15,5	14,0	10,1	17,52	2,68
5	7,19	12,3	18,8	34,9	21,5	36,6	59,8	37,0	26,8	16,5	0
6	7,62	11,5	31,7	67,6	75,7	81,7	55,5	81,8	49,4	22,3	8,38
7	12,6	5,69	23,0	69,3	45,1	47,1	23,9	48,1	58,0	7,09	10,0
8	16,9	26,8	58,5	52,1	36,5	25,8	26,8	40,8	66,0	37,6	16,1
9	34,9	53,7	37,6	33,3	31,1	31,7	37,0	53,7	39,2		
10	46,2	31,1	32,2	32,7	29,5	36,5	39,2				
11	32,2	33,8	33,8	31,7	37,0						



Fordringar, spridd stråle:

$0,5V_M < 0,1 * \text{täckningsarea}$ \Rightarrow Krav uppfyllt

$V_{MAX} < 5 * V_M$ \Rightarrow 81,8 < 130 \Rightarrow Krav uppfyllt



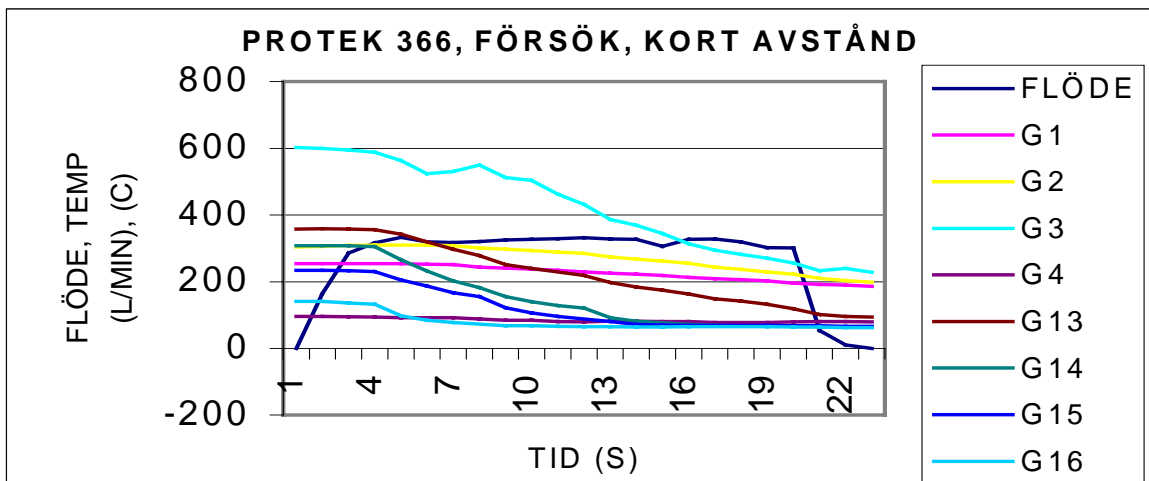
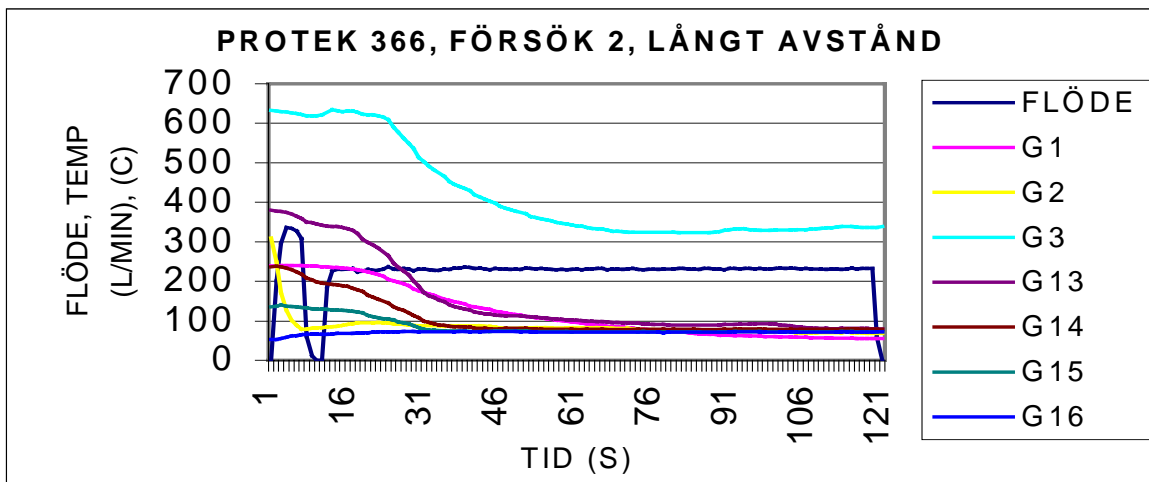
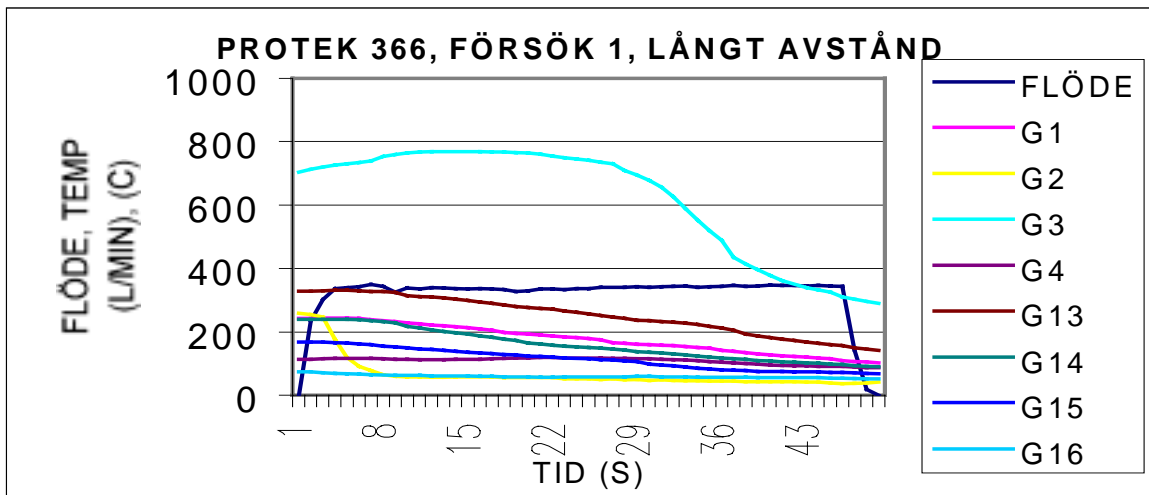
C.3 Protek 366

Tillverkare	Modell	Pris (SEK)	K - faktor	Tryck (bar)	Flöde (l/min)
Castek Co	366	3500	8,3	7,3	225

Tryck och flöden är uppmätta vid 10 bars pumptryck från släckbil. Se kapitel 4.4. Modellen har tryckautomatik samt kran för ställbart maxflöde. K – faktor värdet är tveksamt, se appendix G. Absolut maxflöde är 500 l/min.



Denna modell av Protek har inte ingått i strålbildstesterna, se kapitel 6. Detta eftersom Protek 322 visade samma flöde, tryck och har samma maxflöde samt likadan tandkran varför det bedömdes som att resultatet skulle bli snarlikt.



C.4 Quadrafog 150

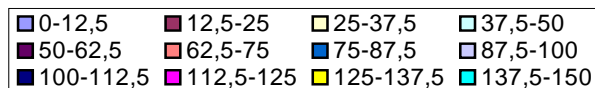
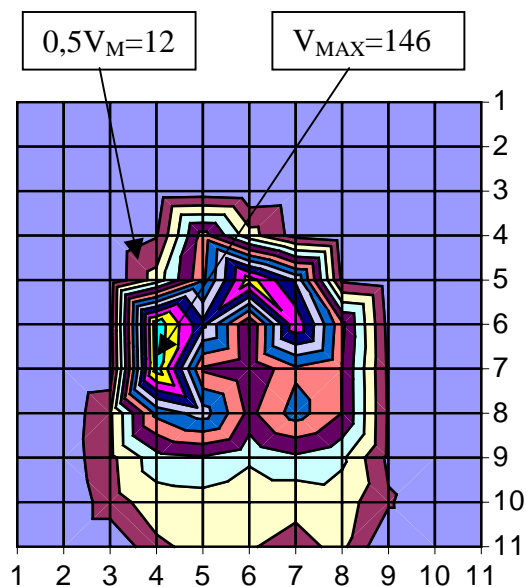
Tillverkare	Modell	Pris (SEK)	K - faktor	Tryck (bar)	Flöde (l/min)
Task Force Tips	Quadrafog 150	4000	6,3	8,1	178

Tryck och flöden är uppmätta vid 10 bars pumptryck från släckbil. Se kapitel 4.4. Modellen har inte tryckautomatik. Dock krans för ställbart maxflöde. Maxflödet anges till 150 l/min. Förklaring och beräkning av K – faktor kan utläsas I appendix G.



Enhet är mm/min

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				0,6	0,9	0	0	0			
2			0,2	1,9	2,4	0,6	1,7	0	0		
3		0,4	2,4	2,8	4,1	2,1	4,1	2,4	1,9	0,4	
4	0,4	1,5	2,1	11,4	67,9	30,1	7,1	1,7	2,8	1,7	0
5	1,5	1,1	2,6	30,5	71,9	130,	97,7	9,2	3,9	2,1	0
6	0,6	0,6	5,8	146,	103,	49,4	122,	65,5	8,2	2,4	3,0
7	3,0	0,9	3,2	143,	60,6	51,1	72,4	62,1	9,7	0,9	2,1
8	2,8	3,9	22,5	78,4	93,4	59,1	80,5	62,3	10,7	3,9	5,4
9		5,2	21,5	45,1	48,3	39,7	47,2	39,7	9,4	4,5	
10			19,8	31,1	32,2	27,9	27,9	31,1	14,2		
11				22,5	29,0	25,8	21,5	27,9			



Fordringar, spridd stråle:

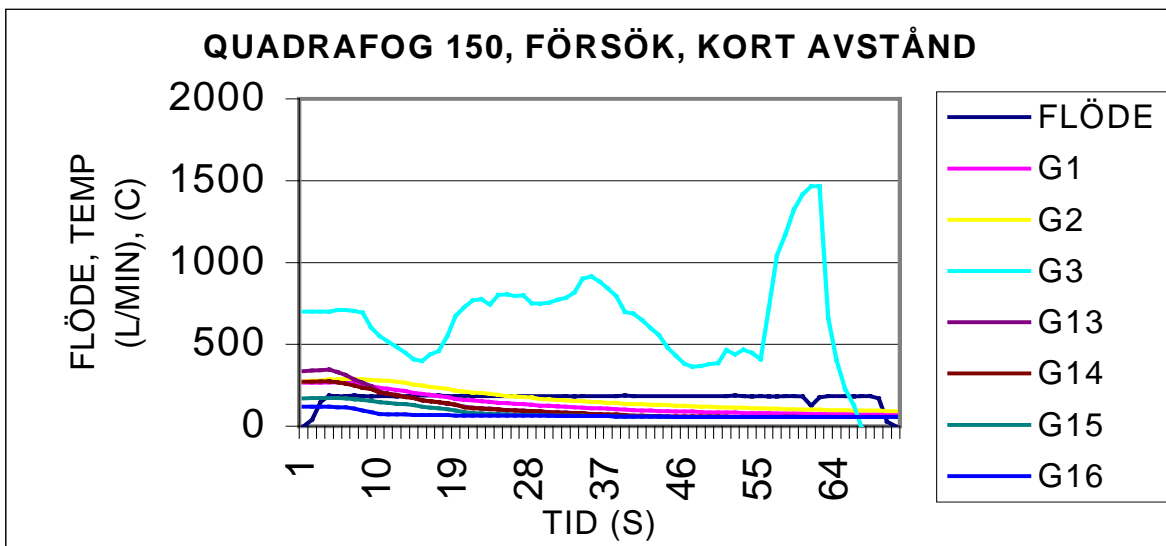
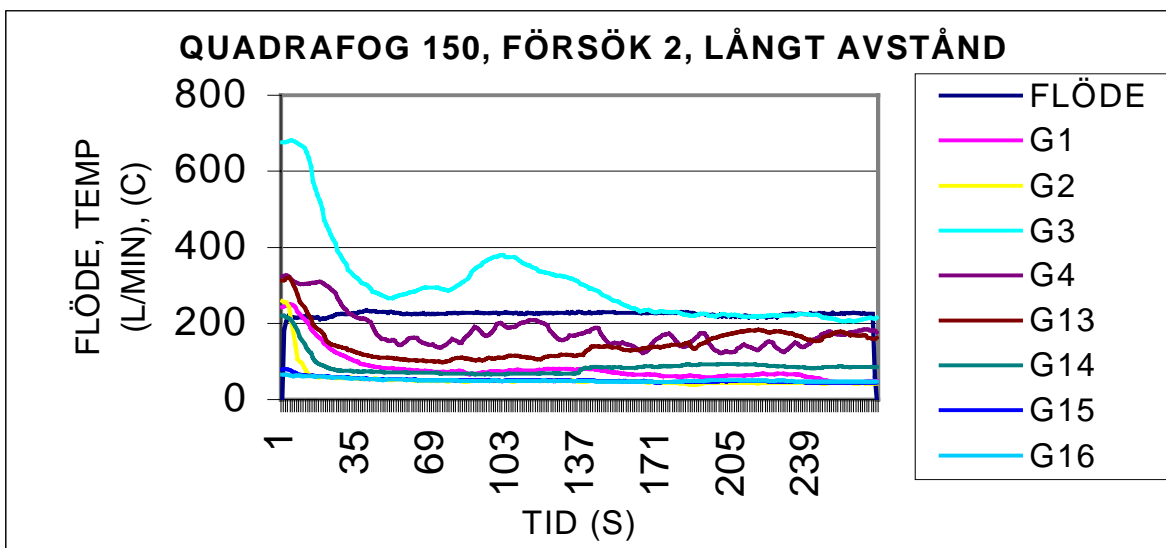
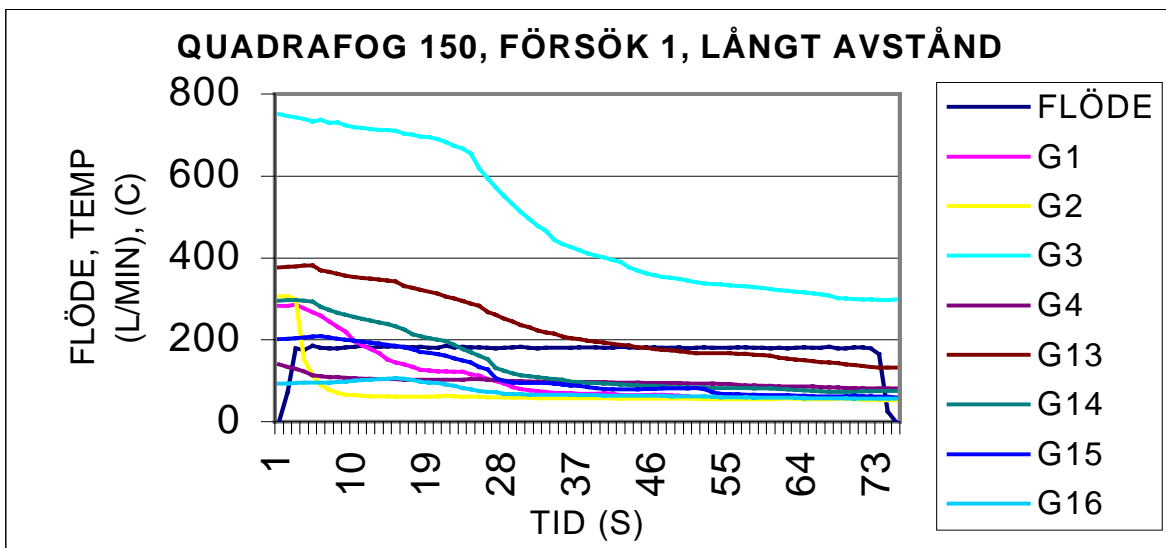
$0,5V_M < 0,1 * \text{täckningsarea}$

$V_{MAX} < 5 * V_M$

Krav uppfyllt

$146 > 125$

Krav ej uppfyllt



C.5 Quadrafog 500

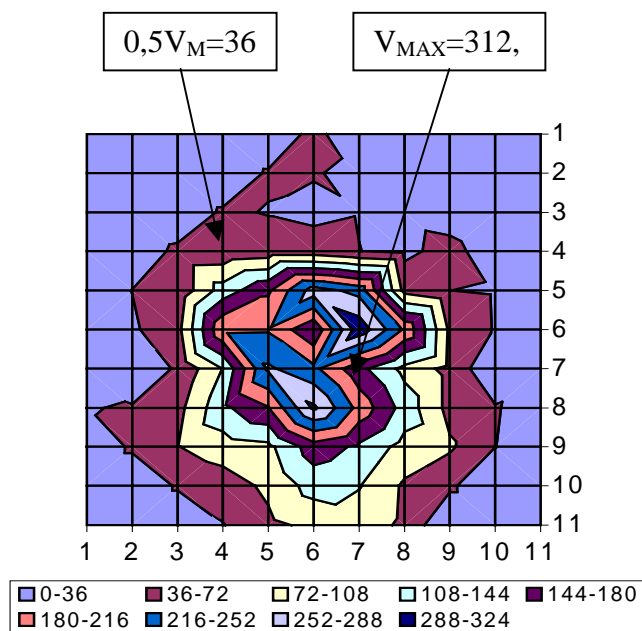
Tillverkare	Modell	Pris (SEK)	K – faktor	Tryck (bar)	Flöde (l/min)
Task Force Tips	Quadrafog 500	4400	19,9	3,0	345
			14,4	4,7	312
			10,0	6,1	246
			3,8	9,5	117

Tryck och flöden är uppmätta vid 10 bars pumptryck från släckbil. Se kapitel 4.4. Modellen har inte tryckautomatik. Dock krans för ställbart maxflöde. Absolut maxflöde är 500 l/min. Förklaring och beräkning av K – faktor kan utläsas I appendix G.



Enhet är mm/min

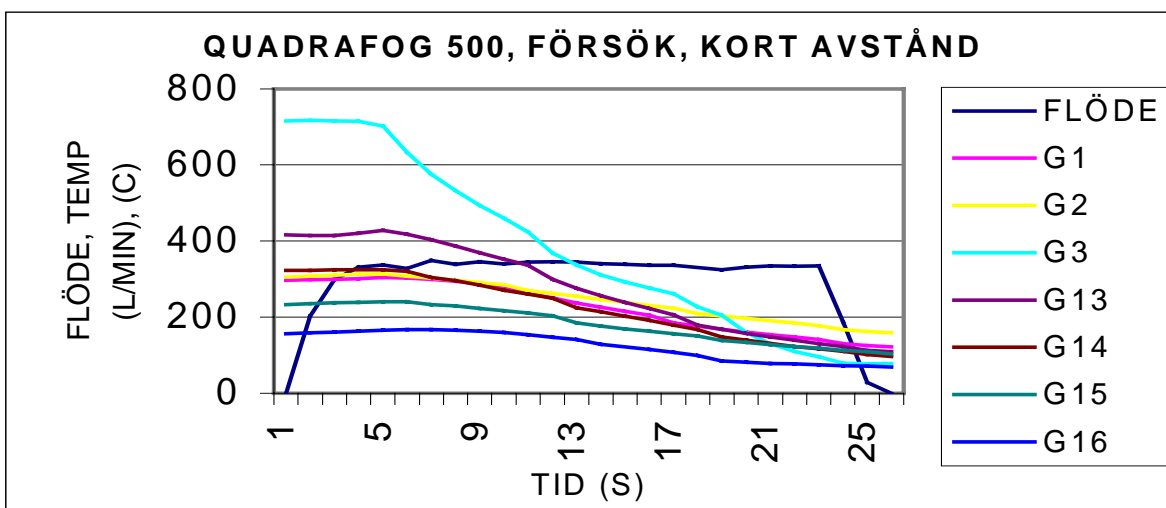
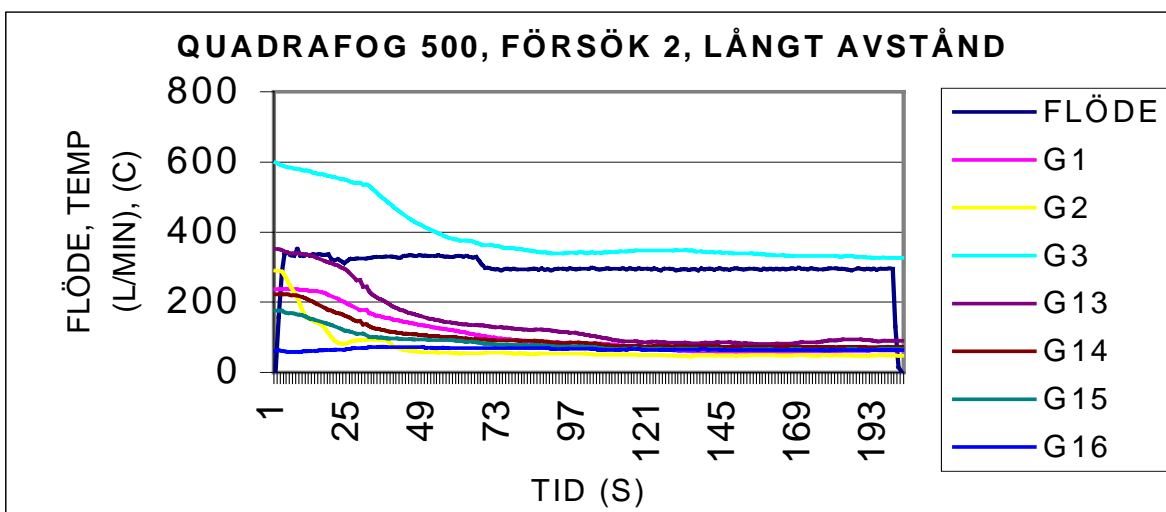
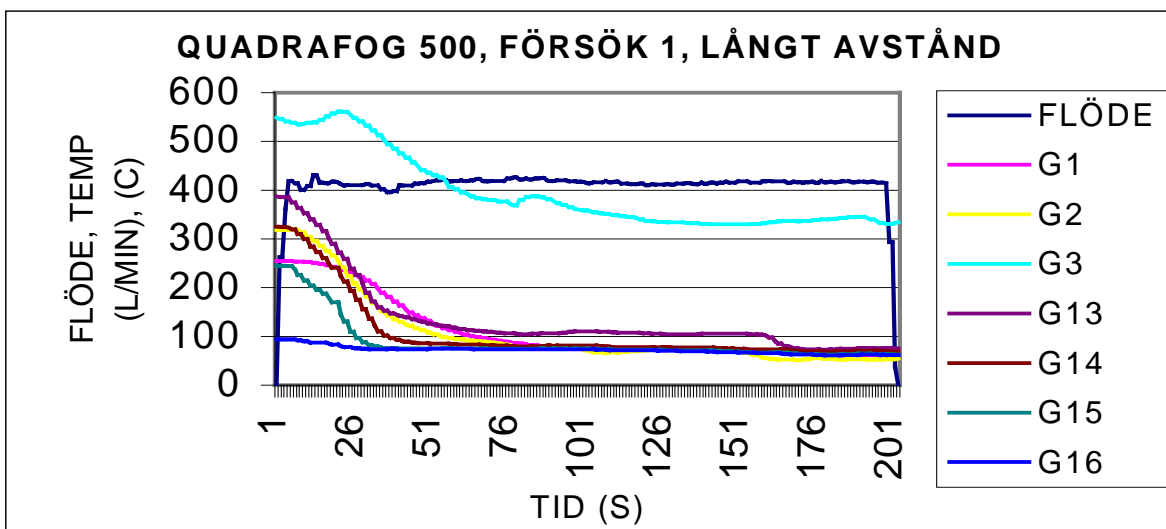
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				0,9	1,3	49,4	0,9	0			
2			1,7	5,6	40,4	38,2	27,9	5,6	4,7		
3		4,3	10,3	40,8	34,4	27,9	34,4	25,3	18,0	0,4	
4	3,4	14,6	42,9	45,1	51,5	50,7	36,5	27,9	48,1	15,0	1,3
5	4,7	36,5	44,2	124,6	174,4	269,3	239,7	59,3	36,1	32,6	0
6	8,6	30,9	59,3	211,7	212,6	148,2	312,2	210,5	64,4	33,5	15,0
7	22,3	9,4	40,4	109,1	257,7	224,2	154,6	96,6	60,1	5,6	21,5
8	34,4	38,7	60,1	135,3	178,2	294,2	204,0	128,8	60,1	38,7	17,2
9		42,9	70,9	90,2	98,8	163,2	137,4	94,5	77,3	36,5	
10			40,8	53,7	79,5	122,4	109,5	66,6	42,9		
11				34,4	64,4	79,5	92,3	64,4			



Fordringar, spridd stråle:

$0,5V_M < 0,1 * \text{täckningsarea}$ \Rightarrow Krav uppfyllt

$V_{MAX} < 5 * V_M$ \Rightarrow 312,2 < 355 \Rightarrow Krav uppfyllt



C.6 TA – Fogfighter, begagnad

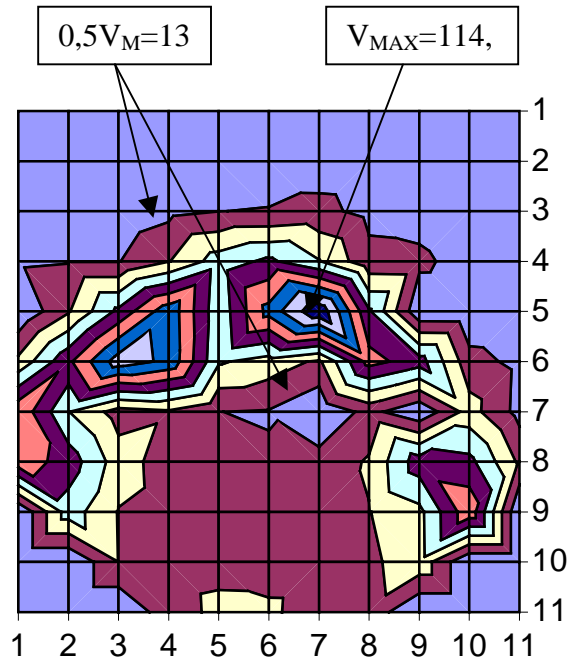
Tillverkare	Modell	Pris (SEK)	K - faktor	Tryck (bar)	Flöde (l/min)
TA Hydraulics	Fogfighter	-	11,6	5,8	280

Tryck och flöden är uppmätta vid 10 bars pumptryck från släckbil. Se kapitel 4.4. Modellen har tryckautomatik. Flödet regleras med bygeln. Maxflöde anges till 300 l/min. K – faktor värdet är tveksamt, se appendix G.



Enhet är mm/min

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1			32	39	43	1,7	37				
2			1,3	64	69	7,3	7,1	64	41		
3			67	41	97	129	135	163	94	7,1	09
4	11,4	125	125	25,3	45,3	548	397	168	161	69	39
5	1,5	247	55,2	87,0	42,9	82,7	114,9	53,7	21	1,7	0
6	29,2	62,3	97,7	88,0	40,6	33,5	23,6	69,8	58,0	18,0	9,4
7	7,5	39,3	20,4	24,1	13,1	12,0	21	17,2	1,7	31,4	86
8	73,0	59,1	32,2	19,5	15,5	14,6	17,6	27,5	59,1	55,8	23,6
9	4,7	25,3	20,2	20,0	18,3	19,3	25,6	35,2	74,1		
10		2,8	21,5	22,8	20,2	20,0	22,8	34,8			
11			21,0	28,6	28,3	19,3	21,5				

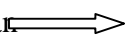


0-13	13-26	26-39	39-52	52-65
65-78	78-91	91-104	104-117	

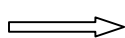
Fordringar, spridd stråle:

$0,5V_M < 0,1 * \text{täckningsarea}$

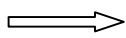
$V_{MAX} < 5 * V_M$



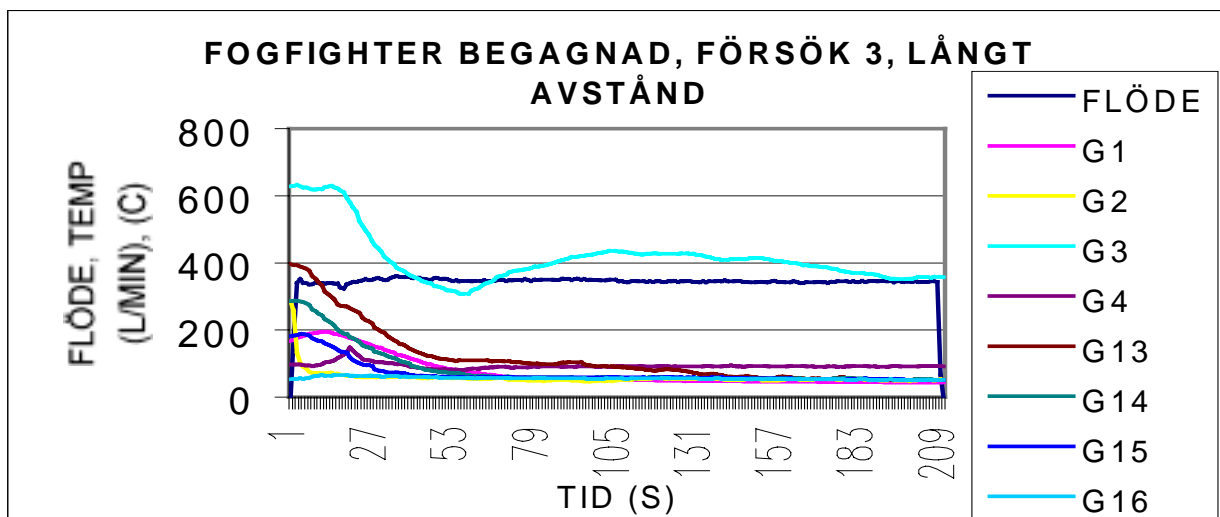
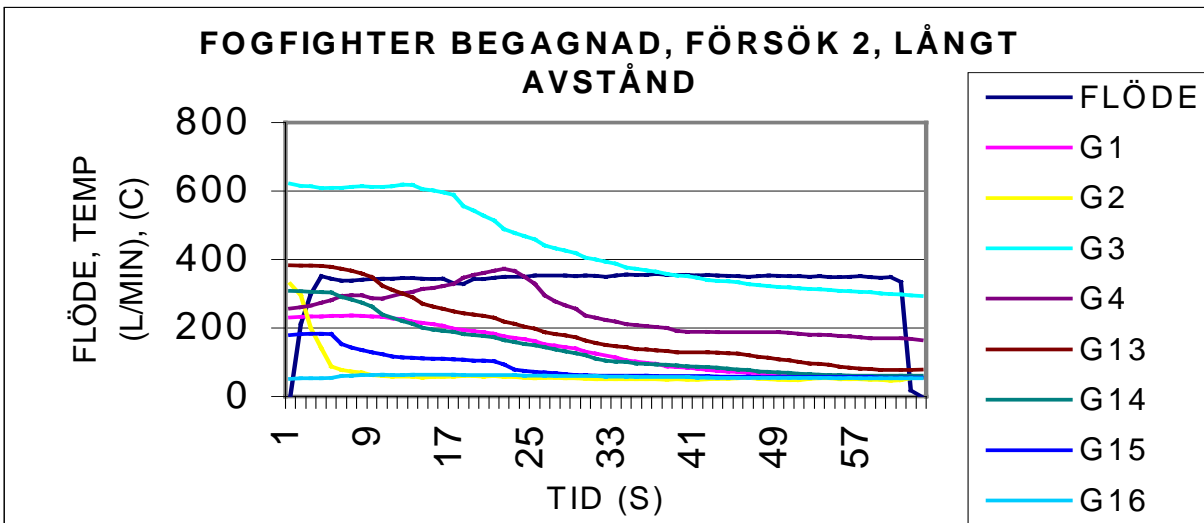
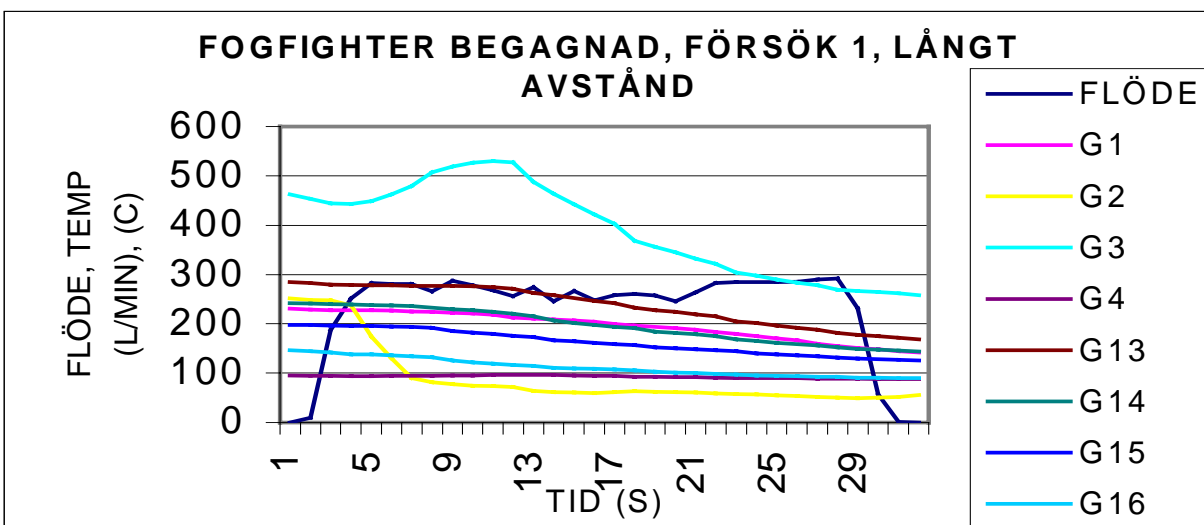
Krav uppfyllt



$114,9 < 135$



Krav uppfyllt



C.7 TA – Fogfighter, ny

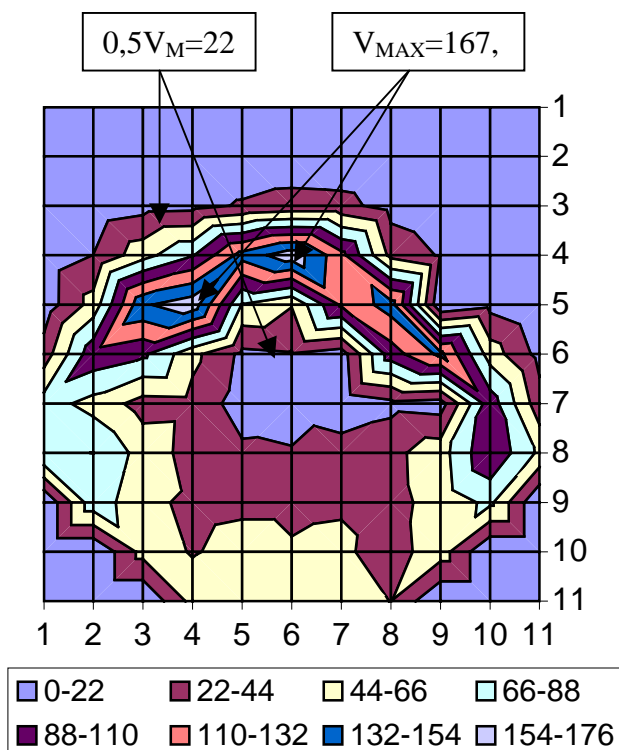
Tillverkare	Modell	Pris (SEK)	K - faktor	Tryck (bar)	Flöde (l/min)
TA Hydraulics	Fogfighter	5050	12,4	5,4	288

Tryck och flöden är uppmätta vid 10 bars pumptryck från släckbil. Se kapitel 4.4. Modellen har tryckautomatik. Flödet regleras med bygeln. Maxflöde anges till 300 l/min. K – faktor värdet är tveksamt, se appendix G.



Enhet är mm/min

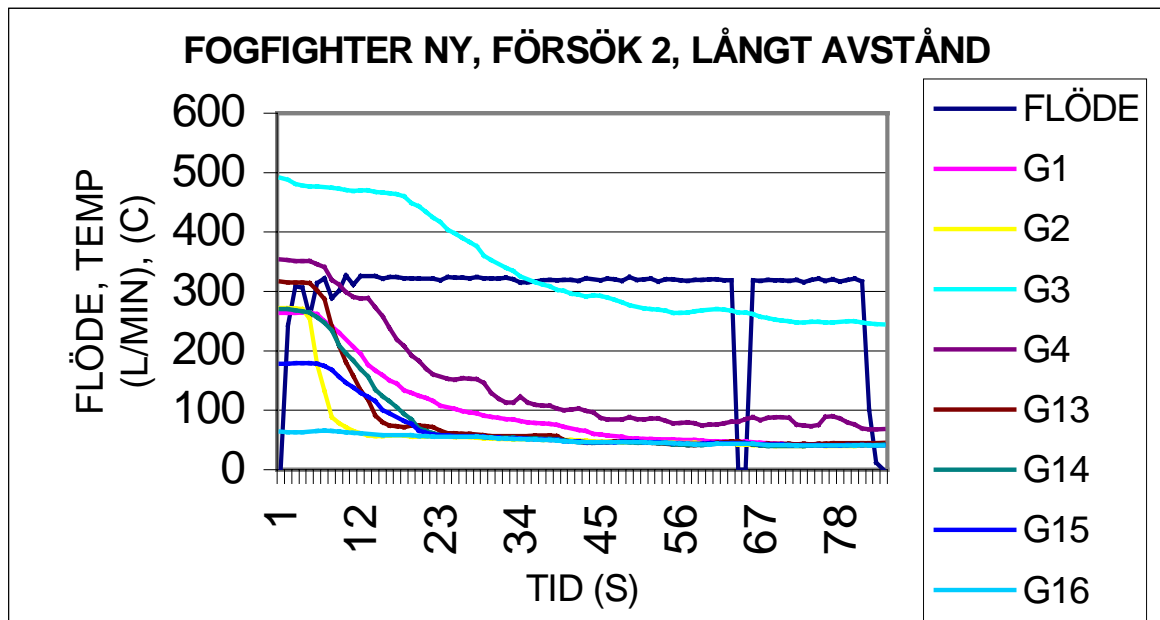
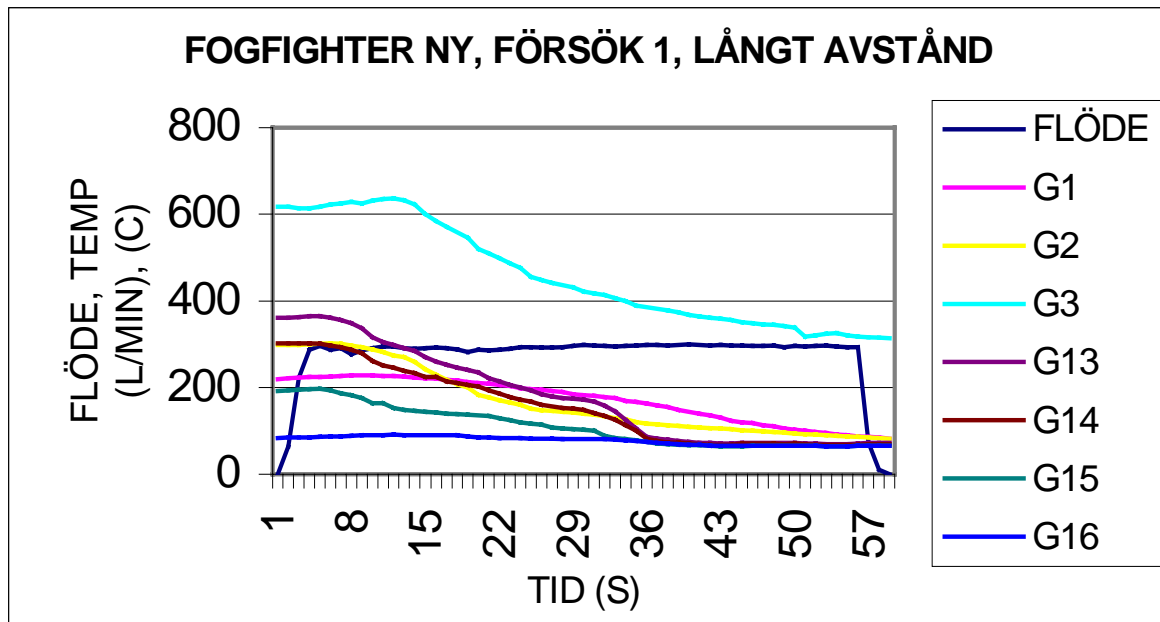
1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	
1			0,	1,	2,	0,	1,				
2		4,	5,	7,	8,	6,	3,	0,			
3	6,	13,	15,	24,	29,	28,	13,	4,	0,		
4	8,	22,	58,	85,	140,	167,	116,	37,	20,	7,	1,
5	8,	53,	150,	167,	63,	45,	113,	141,	2,	15,	0
6	31,	103,	92,	50,	16,	20,	10,	99,	137,	55,	14,
7	75,	58,	35,	36,	11,	13,	4,	15,	11,	100,	30,
8	87,	88,	57,	35,	26,	23,	32,	37,	56,	107,	61,
9	80,	48,	40,	41,	41,	42,	37,	52,	70,		
1		51,	42,	48,	45,	47,	35,	54,			
1		51,	58,	44,	53,	43,					



Fordringar, spridd stråle:

$0,5V_M < 0,1 * \text{täckningsarea}$ \Rightarrow Krav uppfyllt

$V_{MAX} < 5 * V_M$ \Rightarrow 167,5 < 220 \Rightarrow Krav uppfyllt



C.8 TFT Ultimatic

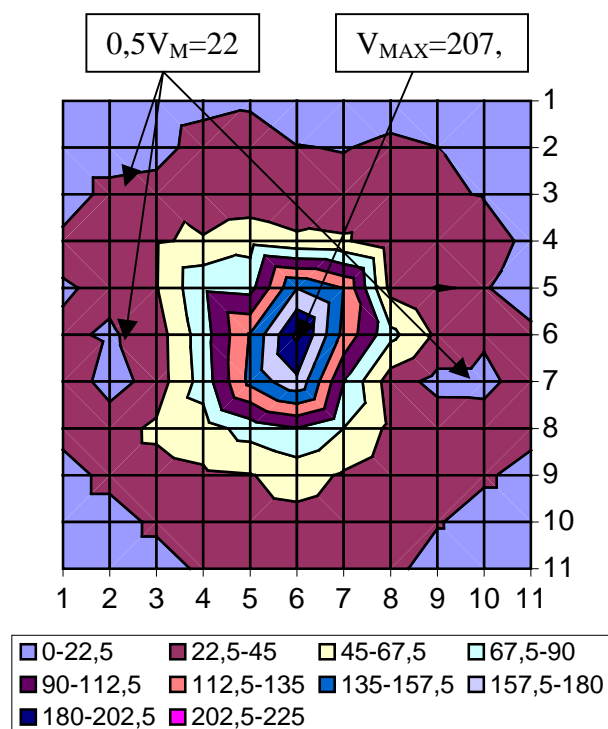
Tillverkare	Modell	Pris (SEK)	K - faktor	Tryck (bar)	Flöde (l/min)
Task Force Tips	Ultimatic	6000	9,6	6,8	250

Tryck och flöden är uppmätta vid 10 bars pumptryck från släckbil. Se kapitel 4.4. Modellen har tryckautomatik. Flödet regleras med bygeln. Maxflödet anges till 500 l/min. K – faktor värdet är tveksamt, se appendix G.



Enhet är mm/min

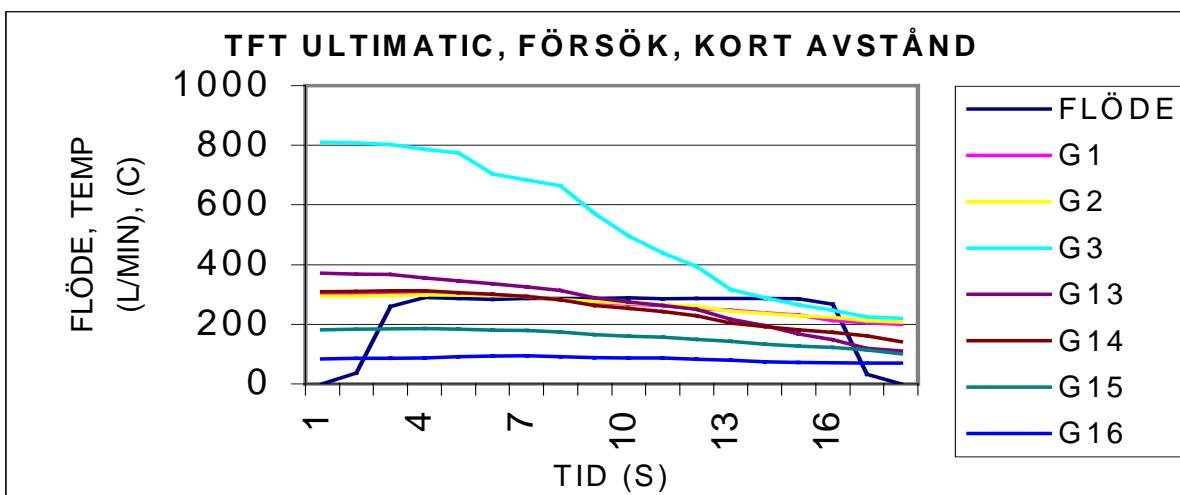
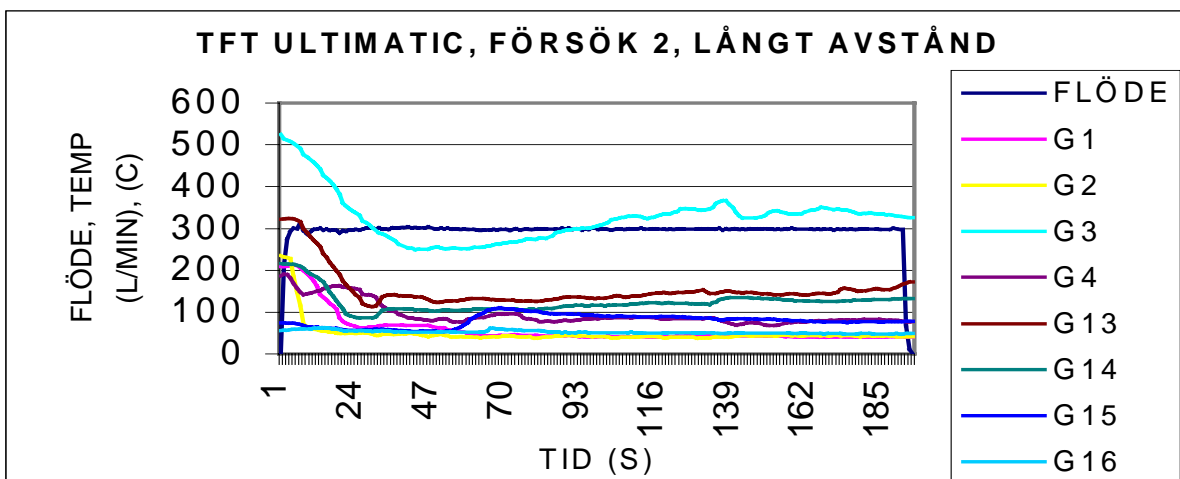
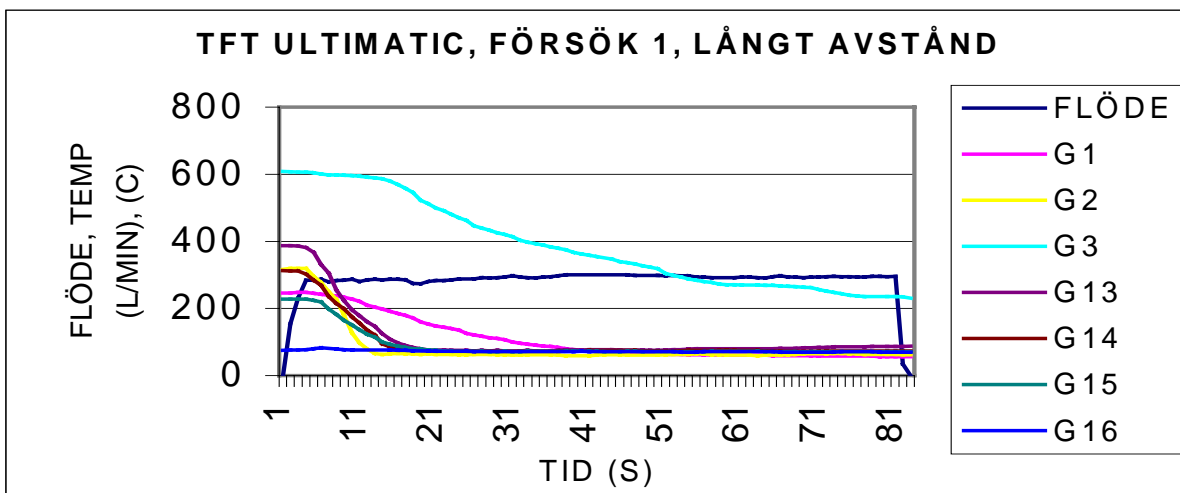
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1			8,1	17,4	1,7	6,5	11,7				
2			5,2	42,1	39,1	23,4	21,5	27,2	22,7		
3		34,8	41,0	27,7	30,5	23,9	30,1	31,5	25,3	21,5	
4	32,7	30,1	43,4	47,7	59,7	50,5	47,9	29,4	43,8	29,6	18,5
5	19,7	28,2	43,9	86,1	82,0	157,0	134,2	37,7	21,2	24,8	5,9
6	26,9	19,4	33,9	80,1	136,5	207,1	128,6	73,5	41,0	26,7	29,1
7	41,5	10,8	33,3	77,2	141,2	175,1	90,7	33,4	15,4	15,2	35,3
8	41,0	37,5	48,5	56,8	76,8	89,2	67,3	40,1	36,7	34,8	42,5
9		37,2	38,2	41,5	43,9	53,9	42,5	30,5	25,8	30,5	
10			32,5	33,9	35,8	38,2	33,5	30,5	26,1		
11				31,5	38,2	33,4	31,0	36,3			



Fordringar, spridd stråle:

$0,5V_M < 0,1 * \text{täckningsarea}$ \Rightarrow Krav uppfyllt

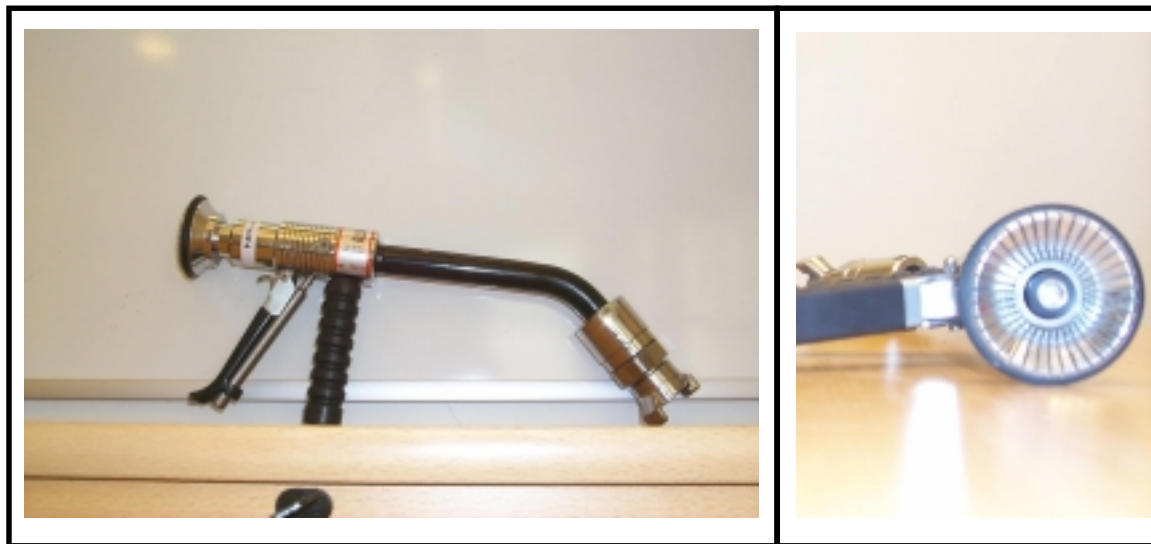
$V_{MAX} < 5 * V_M$ \Rightarrow 207,1 < 225 \Rightarrow Krav uppfyllt



C.9 Unifire APG

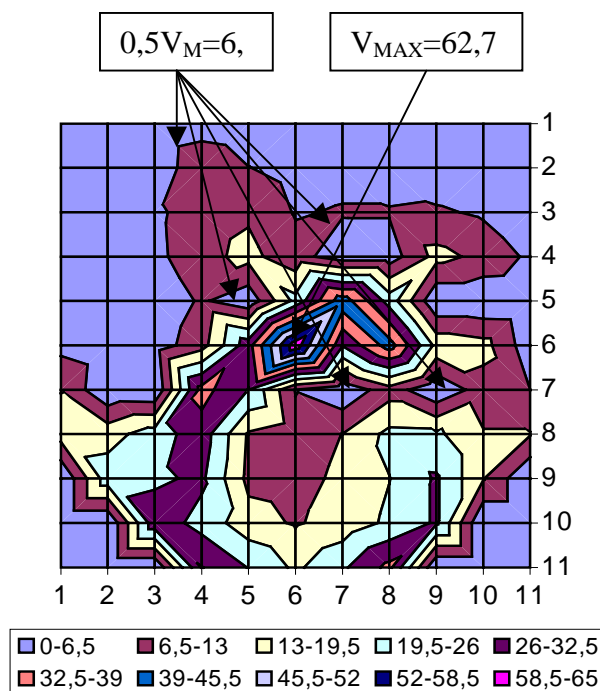
Tillverkare	Modell	Pris (SEK)	K - faktor	Tryck (bar)	Flöde (l/min)
Unifire AB	APG	2700	2,9	9,5	88

Tryck och flöden är uppmätta vid 10 bars pumptryck från släckbil. Se kapitel 4.4. Modellen har inte tryckautomatik. Unifire APG är ett högtrycksstrålrör som provats vid låga flöden. Modellen klarar dock att arbeta från 10 bars tryck. Flödet regleras med pistolavtryckare. Maxflödet anges till 220 l/min. Förklaring och beräkning av K – faktor kan utläsas I appendix G.



Enhet är mm/min

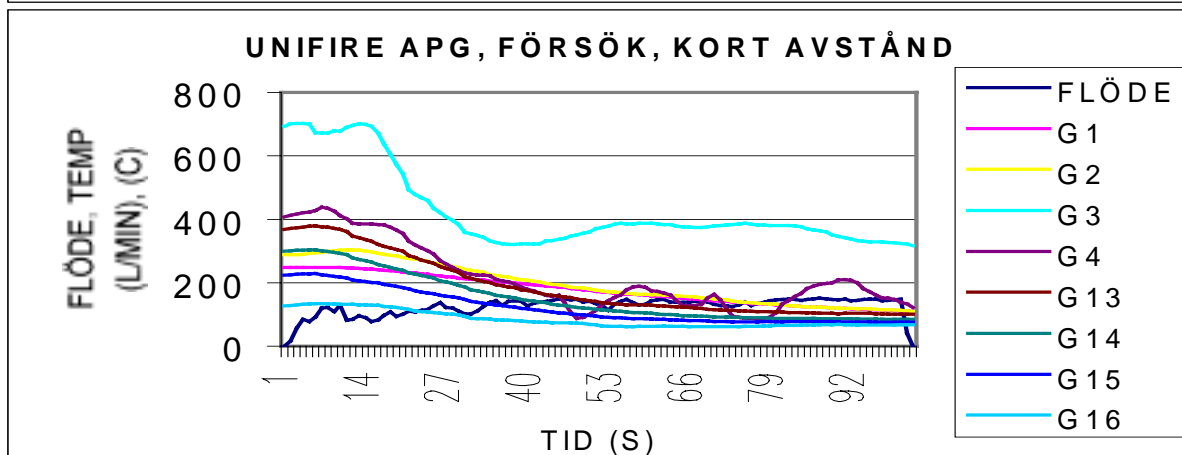
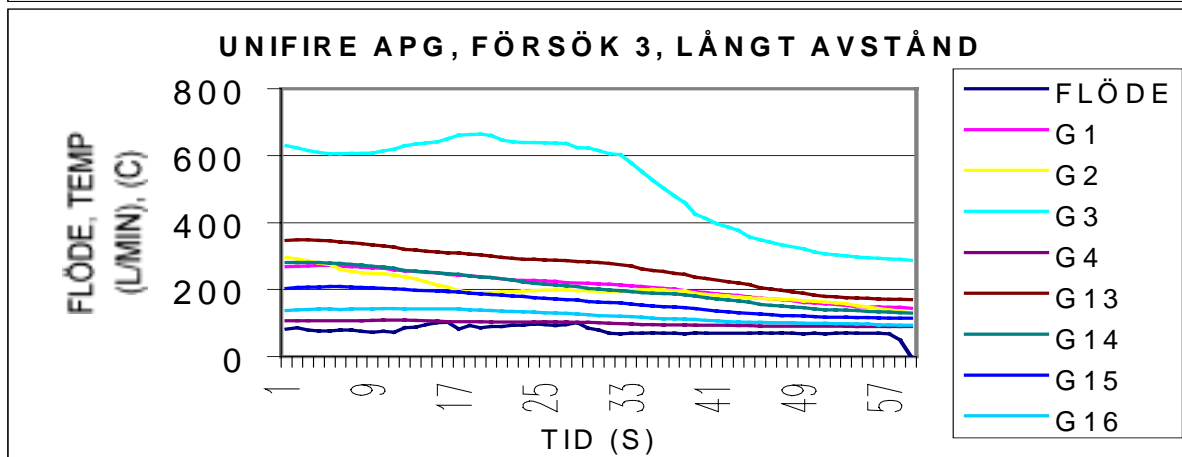
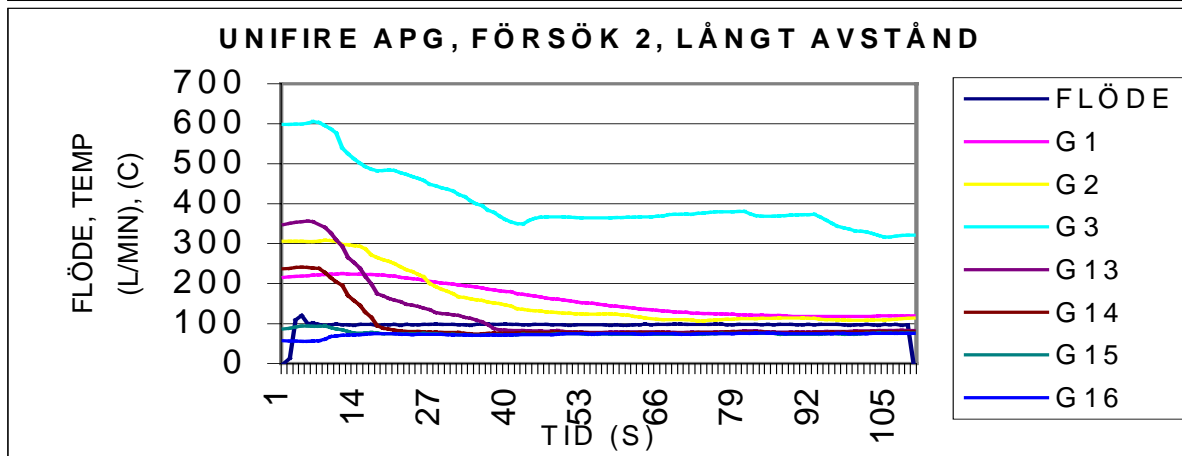
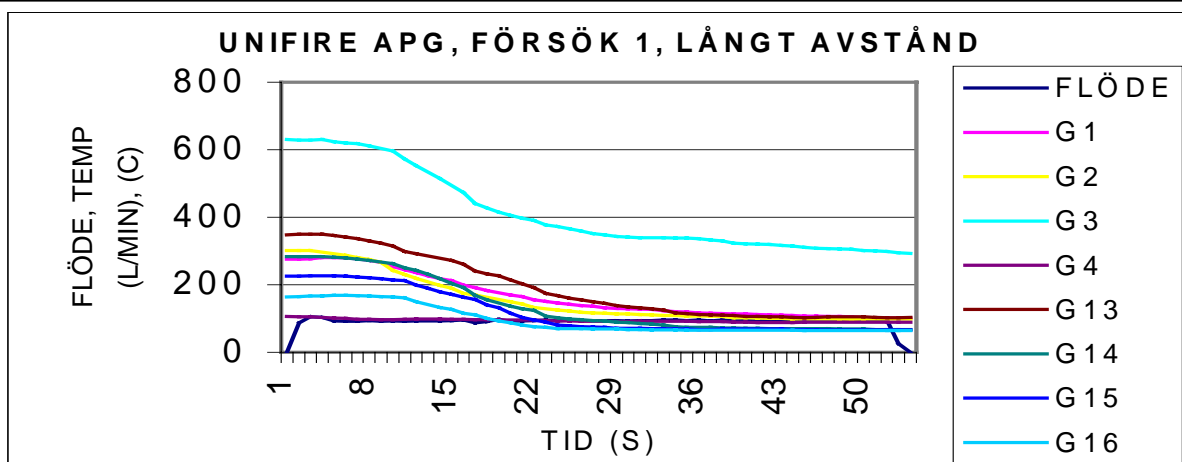
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1		24	0,6	0,9	0,5	0,5					
2		0,6	12,7	6,7	3,9	4,5	3,3	1,5			
3		1,3	5,2	10,0	12,0	6,0	7,0	7,0	7,5	5,5	
4	1,5	4,3	4,7	10,8	14,9	8,8	3,1	3,2	15,0	11,3	5,2
5	0,5	3,8	1,6	7,4	1,8	21,6	42,9	23,3	0,5	0,5	0,1
6	4,6	1,7	3,3	10,3	29,8	62,7	26,3	42,1	17,7	15,5	2,4
7	12,8	0,8	0,2	34,9	25,8	6,1	1,2	10,2	0,6	9,9	6,4
8	15,7	16,9	22,9	29,5	12,1	8,8	13,1	21,3	20,8	13,4	13,4
9		23,1	24,7	27,3	11,3	10,2	14,7	19,3	26,8	13,3	
10			30,1	23,6	15,6	12,3	15,7	20,7	26,8		
11				32,7	25,8	18,3	24,9	34,4			



Fordringar, spridd stråle:

$0,5V_M < 0,1 * \text{täckningsarea}$ \implies Krav uppfyllt

$V_{MAX} < 5 * V_M$ \implies $62,7 < 65$ \implies Krav uppfyllt



C.10 Unifire 10 C

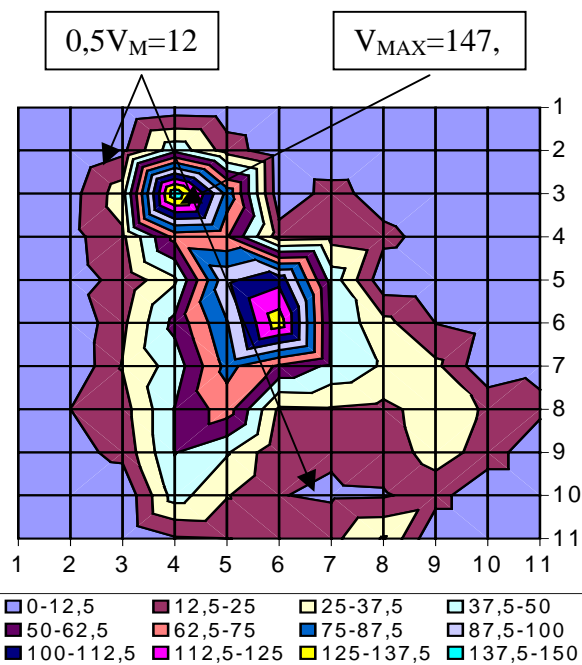
Tillverkare	Modell	Pris (SEK)	K - faktor	Tryck (bar)	Flöde (l/min)
Unifire AB	10 C	990 (med klokoppling)	I.U	Ej mätt	Ej mätt

Modellen har inte ingått i släckförsöken, därför är inte tryck och flöden uppmätta varför k-faktorn inte kan räknas ut. Modellen har inte tryckautomatik. Flödet regleras med konen. Maxflödet anges till 150 l/min. Förklaring och beräkning av K – faktor kan utläsas I appendix G.



Enhet är mm/min

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				4,3	3,4	0	0	0,4			
2			9,4	46,2	19,3	2,8	2,1	2,4	0		
3		7,5	32,2	147,1	83,8	3,4	17,2	6,4	1,5	0	
4	4,7	8,4	22,5	66,6	63,6	18,3	20,4	15,9	7,5	0,4	0
5	4,5	7,3	16,1	35,2	97,7	108,4	45,1	3,7	2,1	2,4	0
6	2,1	1,3	22,3	53,7	86,8	132,7	47,7	29,0	12,2	7,3	4,5
7	4,9	0,9	25,8	42,9	79,0	60,1	47,2	36,1	27,9	1,5	8,2
8	10,1	12,5	19,5	50,5	68,7	22,5	23,6	21,5	31,1	23,6	16,1
9		8,2	16,1	50,5	38,7	15,0	14,0	18,3	30,1	20,4	
10			1,5	42,9	25,8	12,9	10,7	11,2	18,0		
11				11,0	12,2	15,2	21,5	38,7			



Fordringar, spridd stråle:

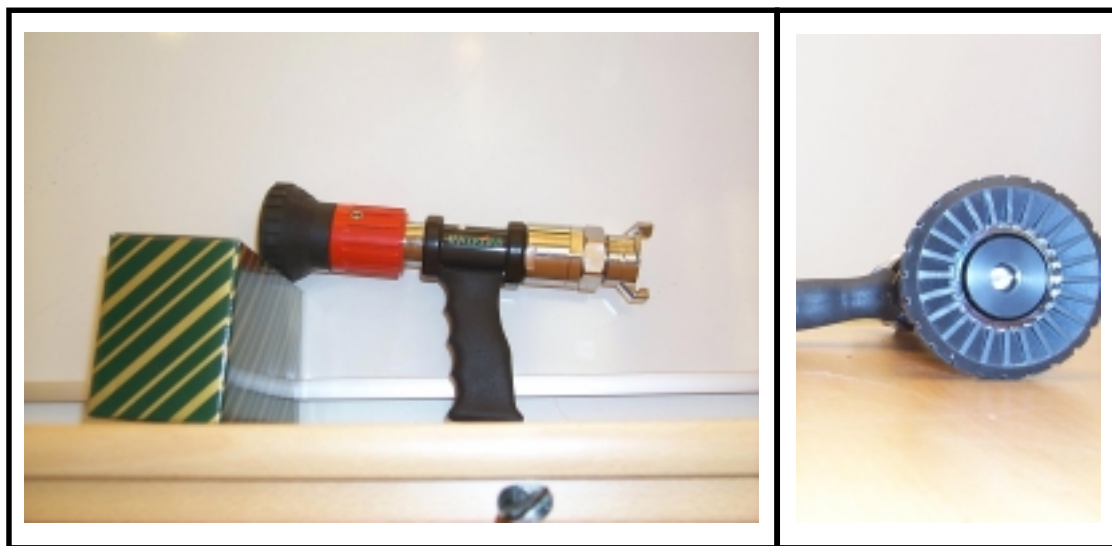
$0,5V_M < 0,1 * \text{täckningsarea}$ \longrightarrow Krav uppfyllt

$V_{MAX} < 5 * V_M$ \longrightarrow $147,1 > 125$ \longrightarrow Krav ej uppfyllt

C.11 Unifire Output 12

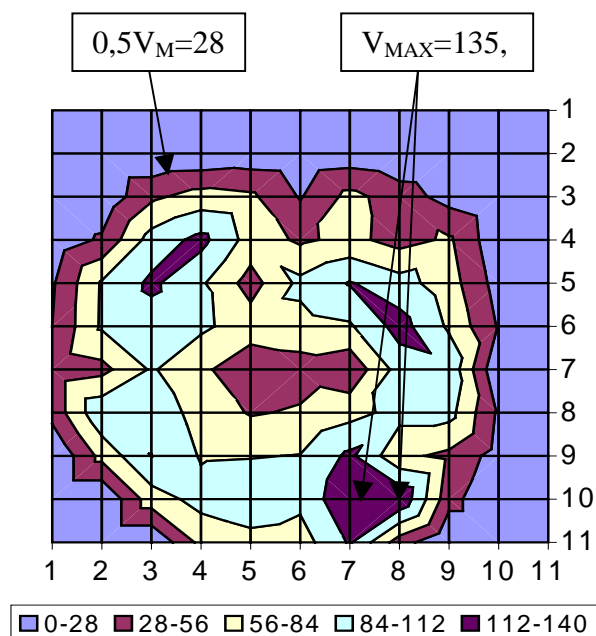
Tillverkare	Modell	Pris (SEK)	K - faktor	Tryck (bar)	Flöde (l/min)
Unifire AB	Output 12	1940 (med klockoppling)	I.U	Ej mätt	Ej mätt

Modellen har inte ingått i släckförsöken, därför är inte tryck och flöden uppmätta varför k-faktorn inte kan räknas ut. Modellen har inte tryckautomatik. Flödet regleras med konen. Maxflödet anges till 150 l/min. Förklaring och beräkning av K – faktor kan utläsas I appendix G.



Enhet är mm/min

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				0,2	0	0	0	0			
2			0,6	2,1	8,6	5,4	9,2	2,6	0		
3		6,2	50,5	67,6	61,2	25,8	64,4	41,9	17,2	1,9	
4	8,8	32,2	95,6	120,3	72,2	51,3	63,6	45,5	60,1	6,7	0
5	24,1	87,0	117,5	88,0	44,0	91,3	113,8	95,6	68,3	16,1	0
6	27,9	87,6	99,4	89,1	70,4	73,7	80,3	123,3	79,5	25,1	4,5
7	37,6	47,2	87,0	62,1	35,4	44,0	34,4	95,6	105,2	1,7	4,3
8	37,6	106,3	102,0	73,0	53,7	59,1	74,1	93,4	93,4	23,0	6,4
9		64,4	112,3	81,6	82,7	84,8	118,1	62,3	49,4	16,1	
10			70,9	93,4	102,0	91,3	135,3	135,3	38,7		
11				64,4	75,2	70,9	115,3	40,8			



Fordringar, spridd stråle:

$0,5V_M < 0,1 * \text{täckningsarea}$ \Rightarrow Krav uppfyllt

$V_{MAX} < 5 * V_M$ \Rightarrow $135,3 < 280$ \Rightarrow Krav uppfyllt

C.12 Viper Select

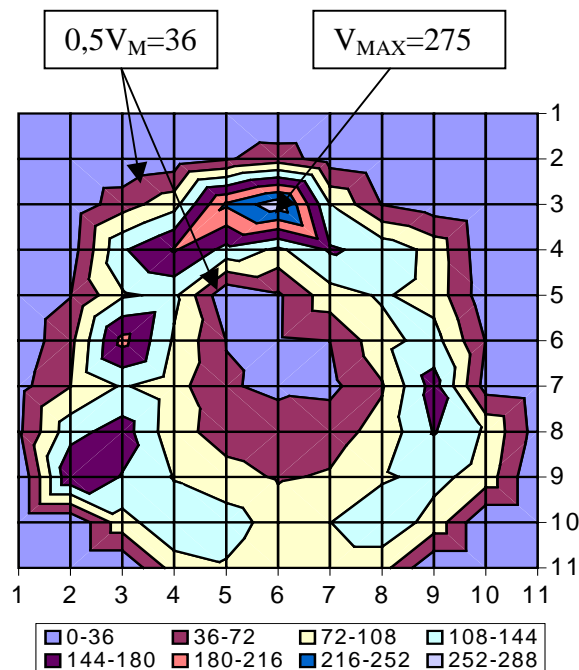
Tillverkare	Modell	Pris (SEK)	K - faktor	Tryck (bar)	Flöde (l/min)
Viper	Select	3275	I.U	Ej mätt	Ej mätt

Modellen har inte ingått i släckförsöken, därför är inte tryck och flöden uppmätta varför k-faktorn inte kan räknas ut. Modellen har inte tryckautomatik. Dock har den krans för ställbart maxflöde. Absolut maxflödet anges till 500 l/min. Förklaring och beräkning av K - faktor kan utläsas I appendix G.



Enhet är mm/min

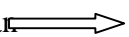
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				21	52	21	34	0,9			
2			21	129	322	533	17,6	3,9	1,7		
3		9,4	55,8	94,5	220,8	274,9	107,4	34,4	15,0	0,9	
4	3,9	17,2	139,6	183,0	133,1	100,1	148,2	133,1	95,3	7,7	0,9
5	7,7	34,4	103,1	116,0	5,6	30,1	93,2	111,7	93,6	13,3	0
6	9,9	61,8	191,1	103,1	35,2	30,9	36,1	96,2	122,0	34,4	7,3
7	24,1	70,9	111,7	85,9	38,7	30,1	26,2	68,7	158,9	20,6	12,0
8	27,9	131,0	161,1	83,8	58,0	49,4	58,0	83,8	146,0	103,1	19,3
9		173,9	141,7	105,2	83,8	68,7	75,2	103,1	118,1	92,3	
10			92,3	139,6	126,7	90,2	107,4	133,1	94,5		
11				88,0	103,1	73,0	85,9	85,9			



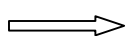
Fordringar, spridd stråle:

$0,5V_M < 0,1 * \text{täckningsarea}$

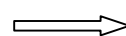
$V_{MAX} < 5 * V_M$



Krav uppfyllt



$275 < 360$



Krav uppfyllt

D. INDATAFILER TILL STRÅLBILSDIAGRAM

AKRON TURBOJET

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				1	1	1	1	0			
2			0	3	4	6	3	1	0		
3		3	9	10	13	16	10	8	2	2	
4	8	12	21	44	60	71	24	9	10	4	0
5	29	11	110	255	207	328	245	24	14	1	0
6	10	59	230	250	137	135	257	220	40	10	5
7	31	40	200	130	95	58	92	215	90	3	3
8	55	180	195	92	62	52	80	200	165	35	13
9		200	140	105	80	85	85	130	205	58	
10			195	105	100	95	105	115	130		
11				105	110	100	105	97			

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				10	15	5	11	3			
2			10	67	77	94	55	16	3		
3		41	165	300	335	360	230	80	45	8	
4	48	124	337	412	400	357	328	198	169	50	10
5	100	255	278	148	14	85	228	310	300	110	0
6	190	300	170	80	36	42	46	165	330	240	60
7	300	115	85	58	35	21	12	65	210	140	105
8	315	180	120	86	60	50	57	105	135	310	180
9		180	145	110	85	85	80	100	130	225	
10			85	125	110	105	100	95	175		
11				145	140	140	135	130			

TA FOGFIGHTER, BEGAGNAD

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				7	8	10	4	8			
2			3	14	15	16	16	15	10		
3		16	18	22	28	30	39	26	18	4	
4	28	29	28	48	86	110	87	40	42	15	10
5	2	56	115	185	125	210	275	110	5	4	0
6	64	140	230	230	110	90	60	120	140	43	22
7	175	95	54	64	34	28	5	43	4	75	20
8	170	145	80	50	37	34	40	61	140	180	55
9		110	60	48	48	43	45	59	80	170	
10			63	51	55	49	50	53	82		
11				49	67	82	46	50			

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				8	10	10	4	9			
2			3	16	17	18	17	15	9		
3		15	1	23	32	33	37	18	15	0	
4	25	29	30	70	125	145	98	38	33	17	8
5	5	59	142	220	75	175	260	140	5	4	0
6	72	150	225	180	79	66	50	205	130	41	22
7	175	88	41	48	27	28	5	37	4	71	20
8	170	130	70	41	35	34	42	67	135	80	55
9		103	58	46	45	42	45	60	84	175	
10			57	49	51	45	43	53	80		
11				49	66	50	44	50			

TA FOGFIGHTER, NY

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				3	7	8	1	5			
2			24	20	26	30	25	13	4		
3		22	54	54	77	96	110	55	20	1	
4	25	65	215	315	425	530	465	170	80	25	5
5	23	140	535	555	235	180	335	505	10	41	0
6	102	295	330	180	66	70	30	310	518	175	55
7	260	185	135	135	43	50	30	69	45	355	115
8	280	325	200	125	95	85	110	130	185	400	235
9		305	170	140	150	145	145	130	180	250	
10			175	150	175	160	165	120	190		
11				180	210	155	185	140			

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				3	5	8	0	3			
2			5	21	27	31	23	11	0		
3		26	43	52	92	110	90	40	14	0	
4	33	90	190	285	555	640	350	90	60	28	5
5	38	230	519	615	210	135	455	485	4	65	0
6	120	425	315	170	51	70	44	385	440	215	47
7	270	220	110	120	40	42	4	39	37	345	100
8	330	290	200	120	87	79	120	135	210	350	195
9		255	170	140	140	145	150	130	185	245	
10			185	150	165	155	165	130	190		
11				180	195	155	185	165			

PROTEK 322

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				0	0	0	0	0			
2			0	16	12	7	13	16	0		
3		19	22	37	33	29	29	37	13	1	
4	17	40	35	56	56	30	29	41	44	25	8
5	27	50	75	105	81	93	180	135	70	39	0
6	23	33	135	280	375	345	315	365	190	83	38
7	51	21	90	335	260	310	145	255	285	54	45
8	67	100	250	290	175	115	105	205	335	190	75
9		150	275	190	155	140	140	175	265	190	
10			240	145	150	155	135	175	180		
11				155	155	160	140	170			

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				2	4	10	10	8			
2			3	34	32	20	32	40	3		
3		40	40	54	49	29	59	58	27	18	
4	28	56	65	108	98	55	115	89	50	45	17
5	40	65	100	220	119	248	377	210	180	115	0
6	48	74	160	350	330	416	202	397	270	125	40
7	66	32	124	310	160	129	78	193	255	12	48
8	90	150	295	195	165	125	145	175	280	160	75
9		175	225	160	155	150	155	170	235	175	
10			190	145	150	150	140	165	185		
11				145	160	155	155	175			

QUADRAFOG 150

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				3	4	0	0	0			
2			1	9	11	3	8	0	0		
3		2	11	13	19	10	19	11	9	2	
4	2	7	10	53	316	140	33	8	13	8	0
5	7	5	12	142	335	608	455	43	18	10	0
6	3	3	27	680	480	230	570	305	38	11	14
7	14	4	15	670	282	238	337	289	45	4	10
8	13	18	105	365	435	275	375	290	50	18	25
9		24	100	210	225	185	220	185	44	21	
10			92	145	150	130	130	145	66		
11				105	135	120	100	130			

QUADRAFOG 500

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				2	3	115	2	0			
2			4	13	94	89	65	13	11		
3		10	24	95	80	65	80	59	42	1	
4	8	34	100	105	120	118	85	65	112	35	3
5	11	85	103	290	406	627	558	138	84	76	0
6	20	72	138	493	495	345	727	490	150	78	35
7	52	22	94	254	600	522	360	225	140	13	50
8	80	90	140	315	415	685	475	300	140	90	40
9		100	165	210	230	380	320	220	180	85	
10			95	125	185	285	255	155	100		
11				80	150	185	215	150			

VIPER SELECT

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				5	12	5	8	2			
2			5	30	75	124	41	9	4		
3		22	130	220	514	640	250	80	35	2	
4	9	40	325	426	310	233	345	310	222	18	2
5	18	80	240	270	13	70	217	260	218	31	0
6	23	144	445	240	82	72	84	224	284	80	17
7	56	165	260	200	90	70	61	160	370	48	28
8	65	305	375	195	135	115	135	195	340	240	45
9		405	330	245	195	160	175	240	275	215	
10			215	325	295	210	250	310	220		
11				205	240	170	200	200			

TFT ULTIMATIC

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				0	17	10	4	3			
2			15	165	120	65	85	130	65		
3		130	130	85	95	75	100	105	110	55	
4	165	100	130	130	165	115	100	80	140	115	42
5	11	95	160	295	175	465	360	90	5	80	12
6	94	47	105	265	455	720	475	215	110	76	72
7	140	35	110	290	600	632	200	100	4	100	105
8	130	130	180	215	310	365	240	145	135	120	130
9		125	140	155	165	210	160	85	90	110	
10			115	120	130	140	126	85	68		
11				100	125	115	105	105			

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				0	5	0	0	0			
2			5	141	190	115	70	75	23		
3		95	180	115	115	100	120	130	80	50	
4	70	110	160	175	225	200	210	120	160	110	25
5	70	115	175	300	300	525	526	170	115	100	47
6	100	90	130	290	460	730	522	305	175	110	160
7	180	50	120	270	425	630	400	145	37	25	130
8	190	140	180	200	275	310	245	150	140	130	150
9		150	145	155	155	190	150	120	95	110	
10			125	130	130	140	125	120	110		
11				125	140	130	115	135			

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				85	160	8	64	120			
2			35	135	100	65	70	80	150		
3		140	120	90	110	75	95	95	75	120	
4	108	105	165	195	235	214	192	108	159	85	127
5	125	85	125	307	384	655	520	135	102	80	3
6	88	66	120	284	515	720	350	250	145	94	73
7	115	28	119	249	454	573	350	105	120	34	135
8	110	123	148	180	220	260	220	125	110	115	165
9		115	115	125	140	165	135	115	85	100	
10			100	105	115	120	100	115	95		
11				105	135	105	105	140			

UNIFIRE 10 C

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				20	16	0	0	2			
2			44	215	90	13	10	11	0		
3		35	150	685	390	16	80	30	7	0	
4	22	39	105	310	296	85	95	74	35	2	0
5	21	34	75	164	455	505	210	17	10	11	0
6	10	6	104	250	404	618	222	135	57	34	21
7	23	4	120	200	368	280	220	168	130	7	38
8	47	58	91	235	320	105	110	100	145	110	75
9		38	75	235	180	70	65	85	140	95	
10			7	200	120	60	50	52	84		
11				51	57	71	100	180			

UNIFIRE APG

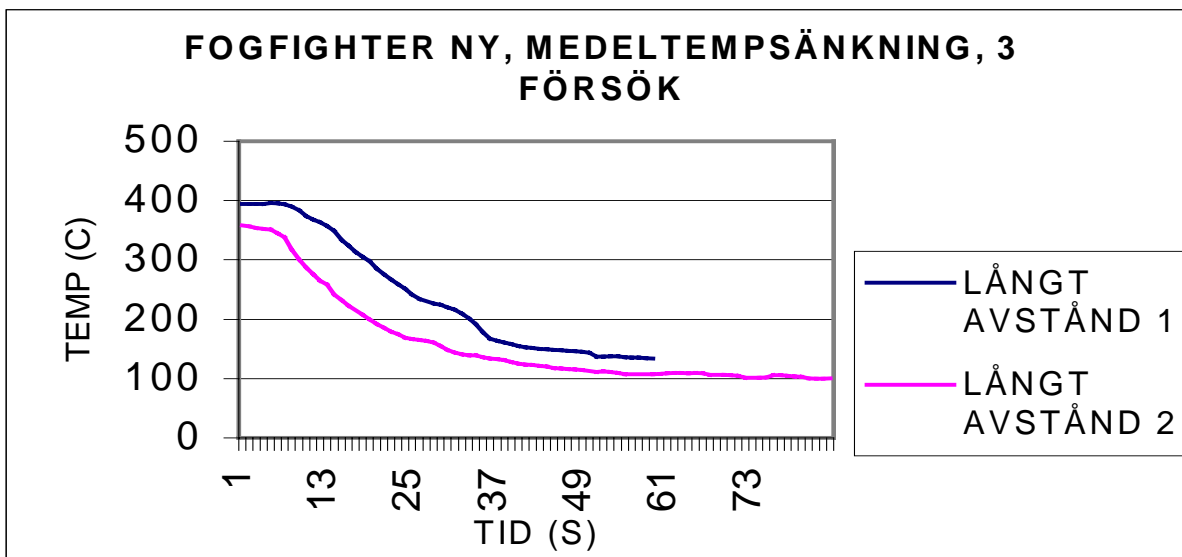
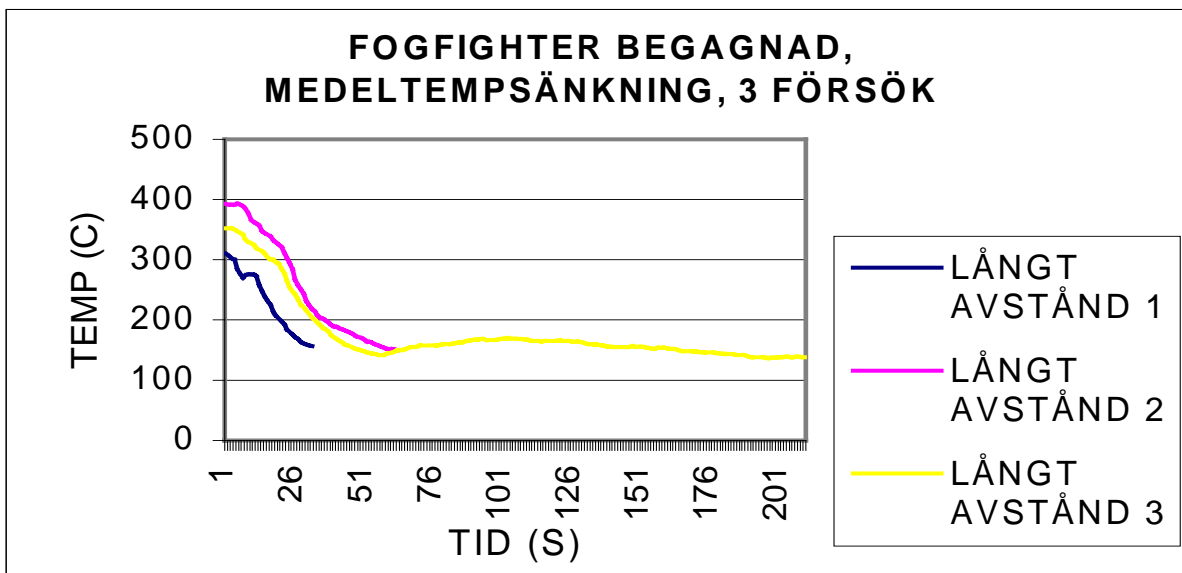
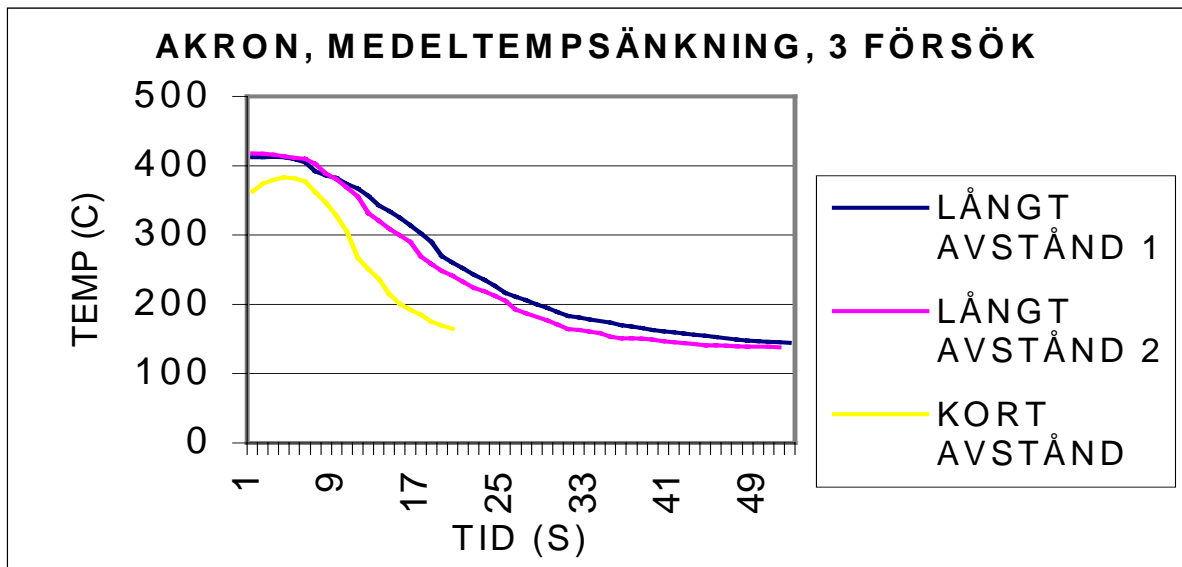
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				11	5	7	2	2			
2			3	65	36	22	25	16	5		
3		10	28	53	66	32	39	36	35	14	
4	13	25	24	55	80	39	9	8	62	52	20
5	3	21	14	30	3	76	110	22	2	2	1
6	32	12	19	49	143	284	155	252	60	70	12
7	71	3	2	230	35	17	6	42	3	54	31
8	86	82	138	160	48	42	68	88	94	71	60
9		115	130	94	55	45	77	80	135	59	
10			150	80	80	50	87	83	110		
11				125	110	75	135	130			

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				11	1	1	3	3			
2			3	53	26	14	17	15	9		
3		2	20	40	46	24	26	29	35	37	
4	1	15	20	46	59	43	20	22	78	53	28
5	2	14	1	39	14	125	290	195	3	3	0
6	11	4	12	47	135	300	90	140	105	74	10
7	48	4	0	95	205	40	5	53	3	38	29
8	60	75	75	115	65	40	54	110	100	54	65
9		100	100	160	50	50	60	100	115	65	
10			130	140	65	65	59	110	140		
11				180	130	95	97	190			

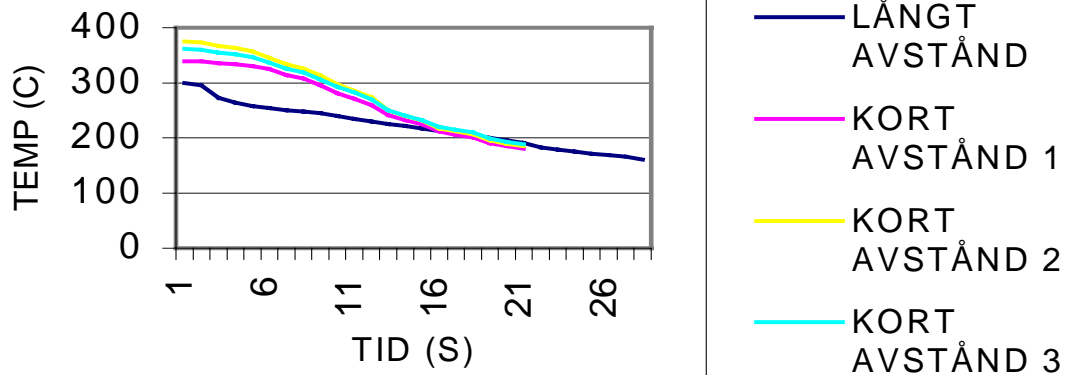
UNIFIRE OUTPUT 12

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1				1	0	0	0	0			
2			3	10	40	25	43	12	0		
3		29	235	315	285	120	300	195	80	9	
4	41	150	445	560	336	239	296	212	280	31	0
5	112	405	547	410	205	425	530	445	318	75	0
6	130	408	463	415	328	343	374	574	370	117	21
7	175	220	405	289	165	205	160	445	490	8	20
8	175	495	475	340	250	275	345	435	435	107	30
9		300	523	380	385	395	550	290	230	75	
10			330	435	475	425	630	630	180		
11				300	350	330	537	190			

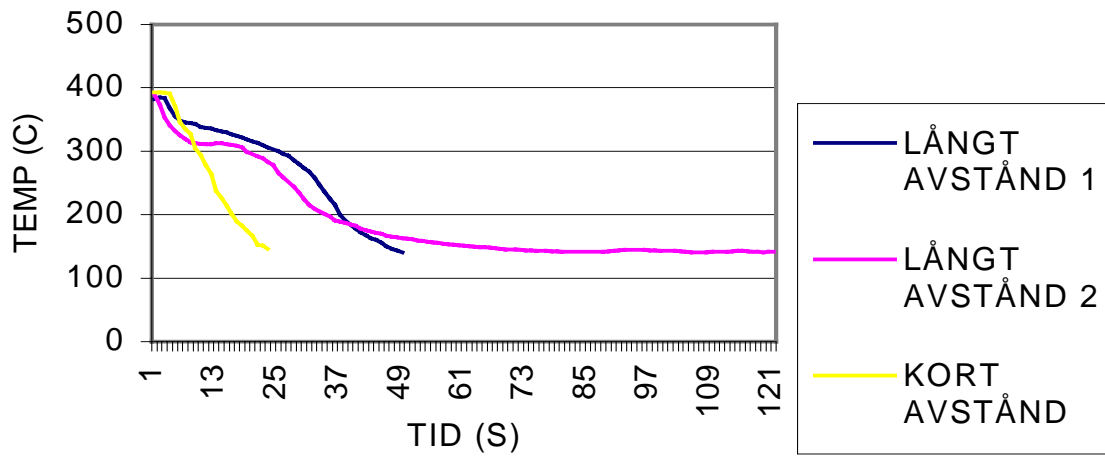
E. MEDELVÄRDEN FRÅN VARJE SLÄCKFÖRSÖK MED ALLA STRÅLRÖR



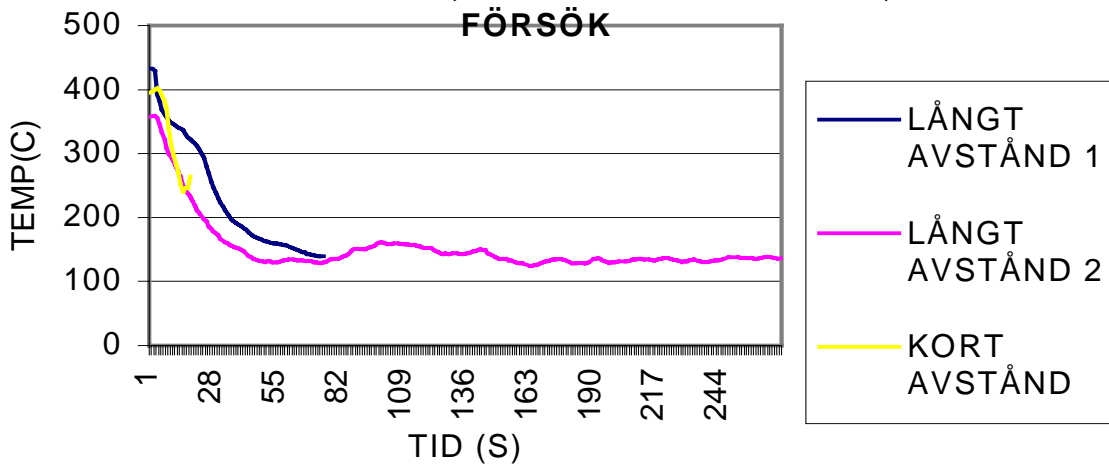
PROTEK 322, MEDELTEMPSÄNKNING, 2 FÖRSÖK

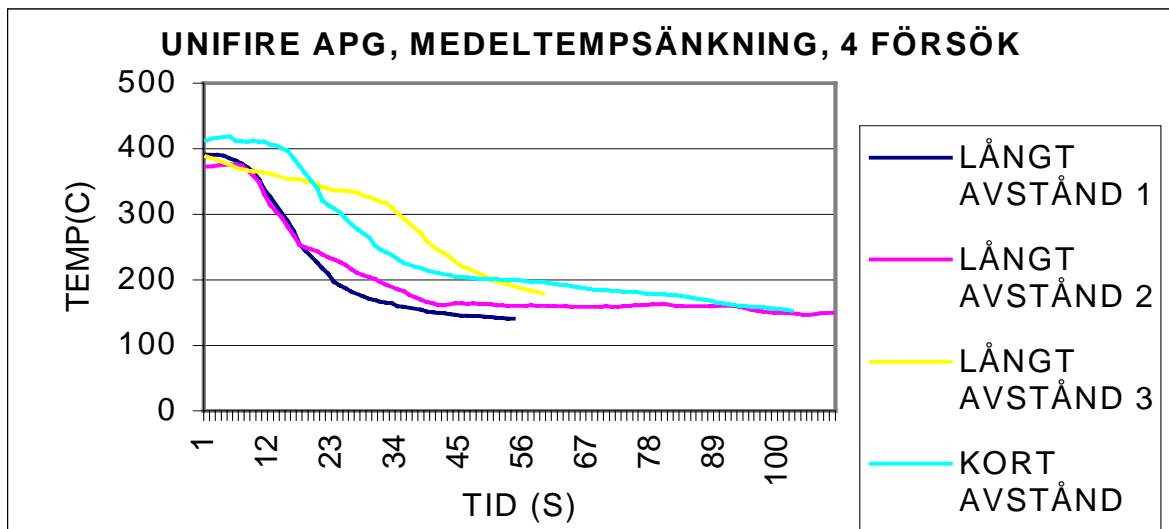
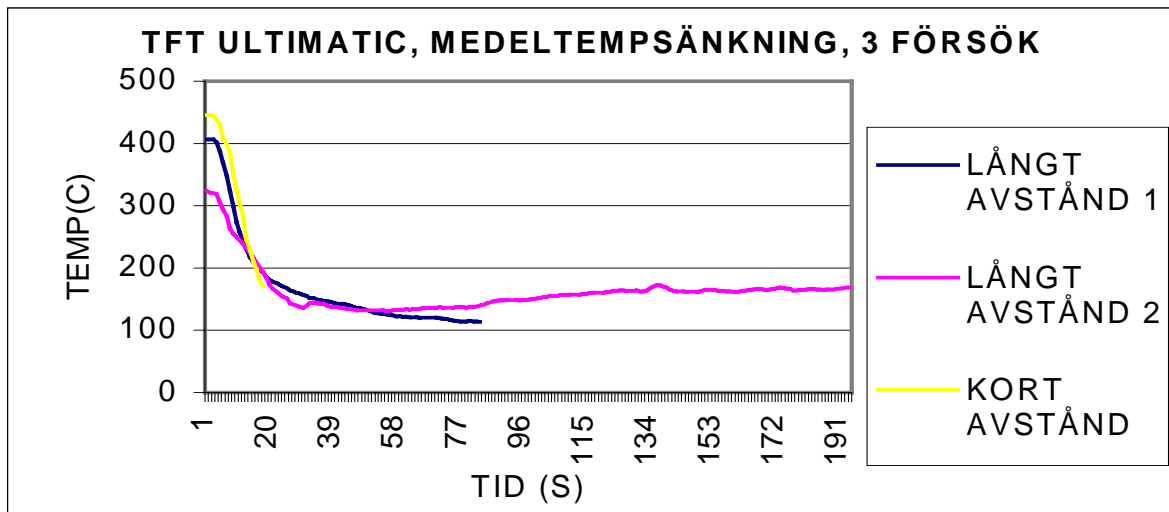
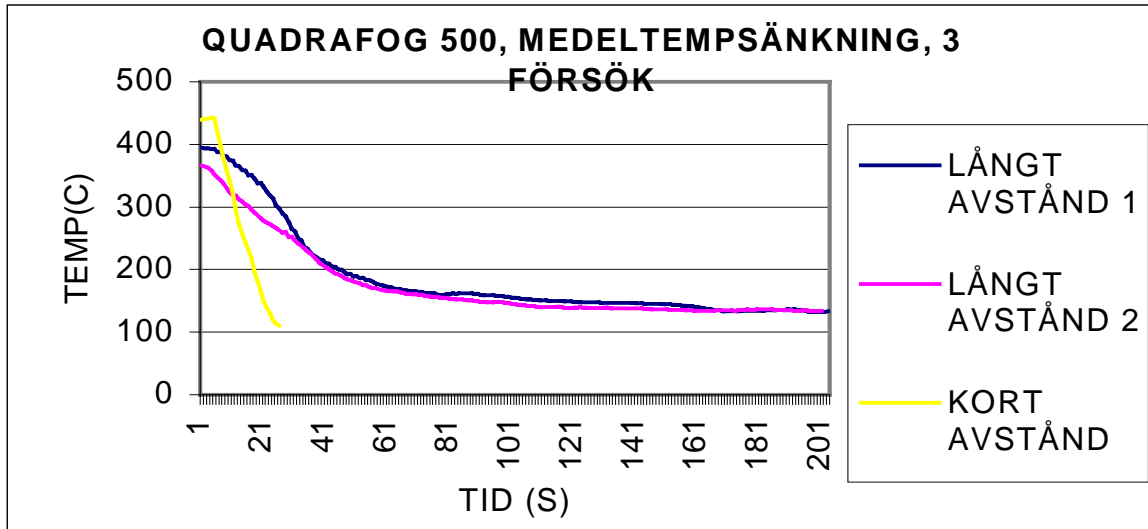


PROTEK 366, MEDELTEMPSÄNKNING, 3 FÖRSÖK

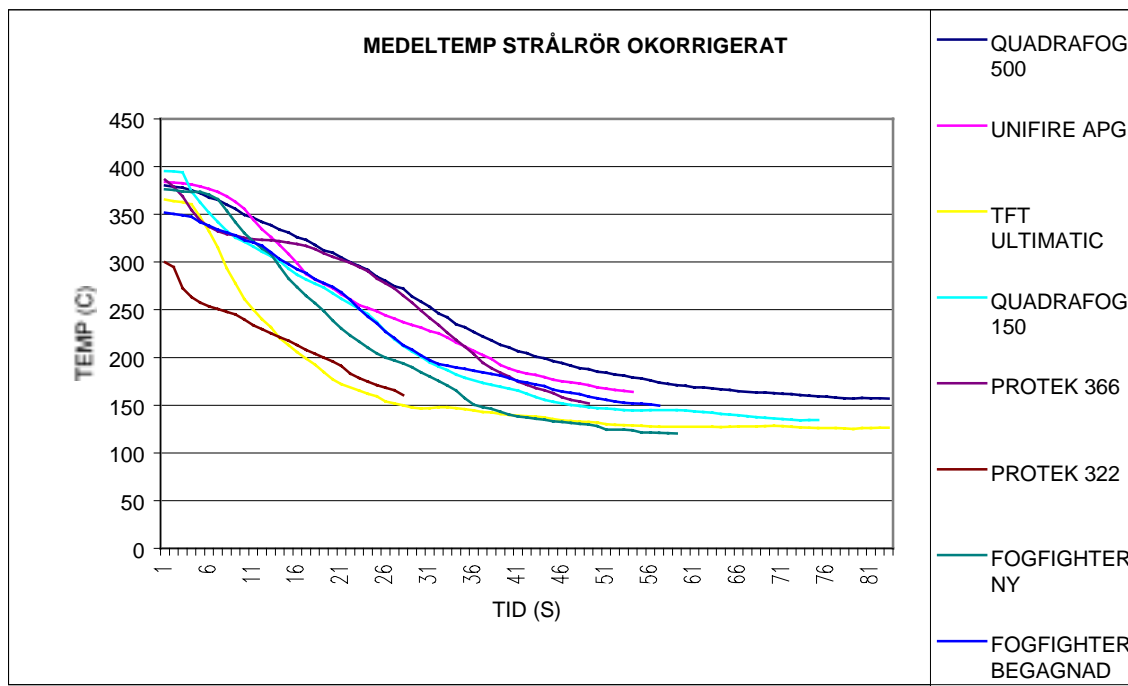


QUADRAFOG 150, MEDELTEMPSÄNKNING, 3 FÖRSÖK





F. MEDELTEMPERATUR FÖR ALLA STRÅLRÖR, EJ KORRIGERAT



G. BERÄKNING AV K-FAKTOR

BERÄKNINGAR K-FAKTOR

K-faktorn för strålrör är ett mått på flödesmotståndet i röret. Detta värde varierar för varje strålrör. Det finns även k-faktor värden för olika slangdimension likaväl som för sprinklerhuvuden. Formeln för beräkningar av k-faktorn återfinns i *RUS – reglerna för sprinkler* se /22/. För sprinkler gäller bestämda värden på k-faktorn för olika dimensioner. Dessa värden mäts för nya sprinklerprototyper där värdena tillåts variera inom vissa gränser för att sprinklerhuvudet skall bli godkänt.

Exempel:

SPRINKLERDIMENSION	K-FAKTOR
10 mm	5,7
15 mm	8,0
20 mm	11,5

Vid beräkningar av k-faktorn används formeln

$$Q = k * p^{0,5}$$

Q = flöde (l/min)

P = övertryck (kPa) \implies 1 kPa = 10 millibar

Flöden och tryck uppmättes vid Ågesta och finns redovisade i kapitel 3.2. Tryckförluster i slangerna behöver ej beräknas eftersom differentialtryckmätare ej användes. Istället valdes en tryckmätare, se bild sidan 23, som mäter det aktuella trycket mellan slang och strålrör.

Vid beräkning av tryckförlust i slang kan följande formel användas:

$$P = k * (Q/100)^2 * (L/100)$$

där L är slanglängd i meter

För sprinklerrör används Hazen – Williams formel:

$$P = 6,05 * (Q^{1,85} / C^{1,85} * d^{4,87}) * 10^7$$

C = friktionsförlustfaktor enligt Hazen – Williams

d = genomsnittlig inre diameter (mm)

K-faktorn är beräknad för de strålrör som tryck och flöden uppmättes för. Resultaten är redovisade i produktbladen för respektive strålrör i appendix C.

OBS! För strålrör med tryckautomatik är resultaten tveksamma eftersom de kompenserar eventuella tryckfall i strålröret. Detta medför att det ”riktiga” trycket som skall användas i formeln inte kan avläsas. De strålrör som avses har fått en kommentar i produktbladet.

H. FLÖDESBERÄKNINGAR

FLÖDESBERÄKNINGAR

För beräkningar av totalflöden i resultatdelen, kapitel 6.8, har först medelflöden beräknats för släckförsöken på långt avstånd (se appendix E). I diagrammet i kapitel 6.8 kan avläsas att 170 °C nåddes från starttemp på 414 °C för alla strålrör utom ett. Det bör påpekas att dessa temperaturer är korrigerade för att kunna jämföras. Det är alltså inte de verkliga start- och stopptemperaturerna. Totalflödena har enligt ovan beräknats för en temperatursänkning på c:a 250 °C.

20 stycken mätpunkter har valts ut från indatafilerna i excel för släckförsöken på långt avstånd där totalflödet för dessa punkter har avlästs. Detta har som tidigare nämnts upprepats för alla släckförsök på långt avstånd för respektive strålrör. Ur dessa totalflöden har medelvärdena beräknats.

Exempel:

TA Fogfighter begagnad har totalflödena för släckförsök på långt avstånd avlästs till:

Försök 1: 4964 liter
 Försök 2: 6671 liter
 Försök 3: 6602 liter

} Medel: $(4964 + 6671 + 6602) / 60 \Rightarrow Q \text{ (medel)} = 304 \text{ liter/min}$

I diagram 6.1, kapitel 6.8 har ur indatafilerna lästs av tid för temperatursänkning från 414 C till 170 C där dessa värden sedan har använts.

Exempel: TA Fogfighter begagnad

$(304 / 60) * 58 \text{ sekunder} = 294 \text{ liter totalt påförd mängd vatten}$

STRÅLRÖR	MEDELFLÖDE (L/MIN)	TID TEMPSÄNK (S)	VATTEN TOT (L)
AKRON	375	33	206
QUADRAFOG 500	366	79	482
UNIFIRE APG	91	55	83
TFT ULTIMATIC	283	29	137
QUADRAFOG 150	195	43	140
PROTEK 366	268	47	210
PROTEK 322	246	29 ⁶	120
FOG NY	292	37	180
FOG BEG	304	58	294

Svaren återfinns även i resultatdelen för släckförsöken, se kapitel 6.8.

⁶ Protek 322 är det enda av strålrören som på grund av för tidigt avbrutet släckförsök inte når ned till 170 C i medeltemp. Tiden skall därför vara längre, frågan är hur mycket. Totalt använt vatten kommer därför också att ha ett högre värde än vad som anges.

I. INSTRUKTÖRSTEST, SERVICE SAMT EKONOMI

I.1 Instruktörstest, brandhallen

Allmänt

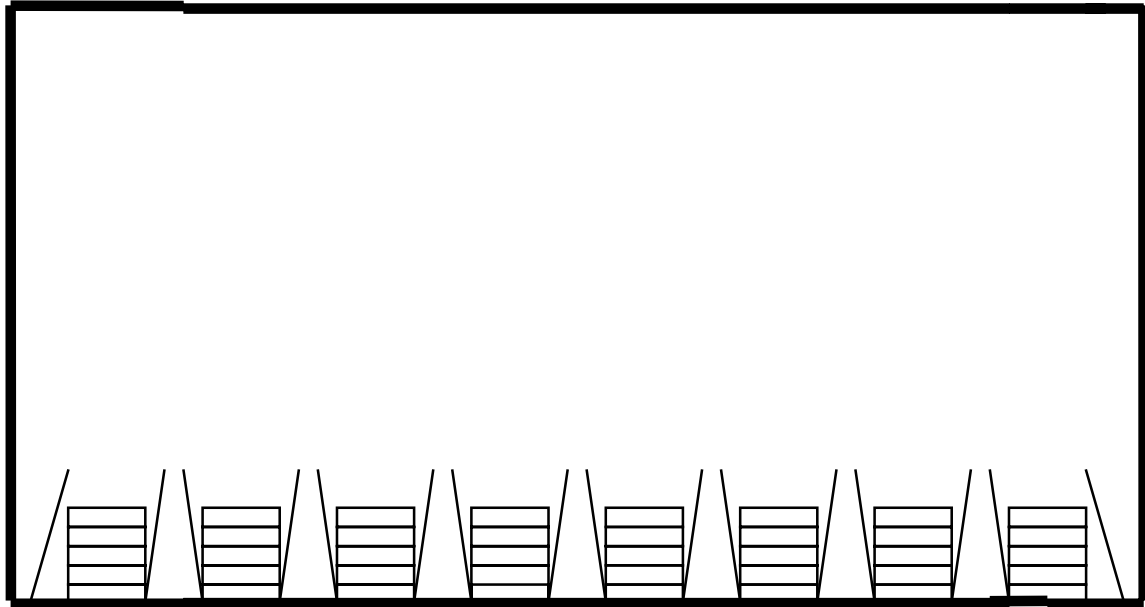
För att utvärdera den praktiska hanterbarheten hos de olika strålrören som ingår i utvärderingen bestämdes att de rökdykarinstruktörer som finns vid Ågesta övningsfält skulle få möjligheten att prova strålrören praktiskt. Syftet med testet var att få ett mått från personal inom brandförsvaret med stor vana av att arbeta effektivt med brandbekämpning hur väl de olika modellerna fungerar i ett realistiskt förhållande och hur hanterbara de upplevde strålrören. Detta prov får anses som ytterst viktigt om en eventuell ny modell skall mottas väl hos den operativa personalen. Mått på aspekter som smidighet och olika praktiska lösningar går inte att ta fram på annat sätt.

Hjälpmedel

Till förfogande fanns alla strålrör som ingick i undersökningen, se bild 2.1 i kapitel 2, förutom Fogfightern eftersom instruktörerna var väl förtrogna med denna modell, en släckbil, en motorspruta och slang av olika dimension i erforderlig mängd. Plats för praktiskt test var utanför stora brandhallen och därefter inne i densamma. Bränslemängden bestod av 40 stycken lastpallar uppdelade på fem pallar i åtta staplar på rad. I varje ända av raden placerades en Trätexskiva och mellan varje stapel placerades två Trätexskivor lutade mot varandra, se figur I.1 och I.2.



Figur I.1: Bränslets placering sett ovanifrån.



Figur I.2: Bränslets placering sett framifrån.

Metod

Släckbilen placerades utanför brandhallen tillsammans med motorsprutan. Dessa matades med vatten separat från intilliggande brandpost. Från bilen och sprutan lades ut två smalslang från varje, totalt fyra stycken. Strålrören hade i förväg märkts upp med siffror från 1 till 11 för att lättare kunna skilja dem åt. 1 - 4 kopplades upp först för test. När dessa hade provats kopplades de ifrån och nästa grupp om fyra provades osv.

Det bestämdes att testet skulle genomföras i två steg. Reglage och strålbilder provades utanför brandhallen först för att i ett första skede utröna om det fanns modeller som redan där skulle underkännas. De modeller som verkade intressanta skulle i steg två provas inne i brandhallen.

Dokumentation

Enkät som fylldes i på plats med tillhörande intervjuer.

Utvärdering

Totalt provades strålrören av tre stycken instruktörer. Det visade sig efter de yttre testerna att av de 11 modellerna så var det fem som överhuvudtaget var intressanta att prova inne i hallen. Dessutom provades ett högtryckstrålrör också. Då brandhallen har en stor volym som är svår att fylla med brandgaser bestämdes efteråt att ett nytt test skulle genomföras. Detta planerades att genomföras vid ett senare tillfälle i brandövningshuset. Huset lämpar sig dessutom bättre då det går att simulera en skarp insats där. Manöverbarheten kan bättre undersökas eftersom byggnaden har en mer komplicerad struktur än stora brandhallen.

De kommentarer som styrde valet av de fem strålrör som gick vidare i provet var:

- Det måste finnas ett läge på röret som kan användas som riktmärke när sikten är obefintlig så att strålföraren vet vilken typ av strålbild som han öppnar med.
- Strålbildsreglaget/kransen skall ha korta lägen. Vissa modeller fick vridas betydligt mer från slutna stråle till skyddsdimma.
- Två modeller gav vid liten öppning med bygeln en mer rinnande stråle än en dimma.
- Flödeskransen för olika maxflöden som finns på vissa modeller är onödig. Det upplevs bättre att manövrera flödet genom att öppna bygeln olika mycket.

De modeller som gick vidare i testet var:

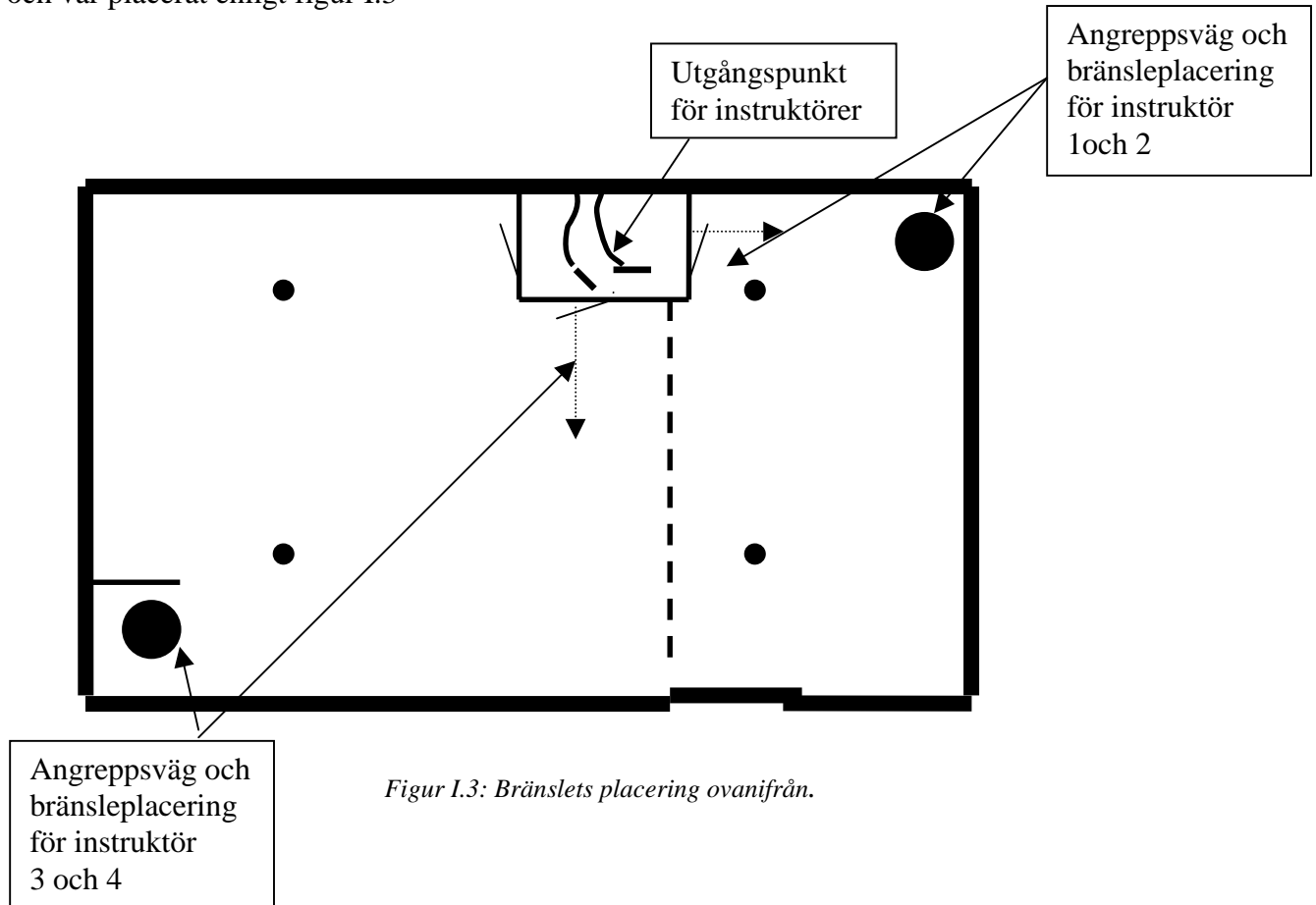
- Protek 366
- Protek 322
- Quadrafog 500
- Quadrafog 150
- TFT Ultimatic
- Unifire APG

Testet inne i brandhallen förstärkte de synpunkter som kom fram innan. Släckmässigt var det svårare att upptäcka någon skillnad. Detta skulle utvärderas bättre vid ett senare tillfälle i brandövningshuset som tidigare nämnts.

I.2 Instruktörstest, brandövningshuset

Hjälpmedel

De strålrör som valts ut vid testet i stora brandhallen valdes ut att testas här också. En släckbil med tillhörande erforderlig slang. Bränslet bestod av 2 gånger 3 Trätexskivor samt lastpallar och var placerat enligt figur I.3



Figur I.3: Bränslets placering ovanifrån.

Metod

Släckbilen placerades på framsidan av brandövningshuset. Grovslang kopplades upp med byxrör till vilket två smalslang av dubbel längd angjordes. Dessa två smalslangar drogs nedför trappen och placerades i källaren enligt figur I.3. Fyra instruktörer fanns tillgängliga vid detta tillfälle. I första skedet placerade sig två stycken nedanför trappen. De andra två skötte pump och tillskott av bränsle från utsidan av huset. Två strålrör kopplades upp och efter synkronisering gick den ena in i brandrummet och utförde släckinsatsen. När de lågande brandgaserna slagits ut retirerade han ut i trapphuset igen. Diesel tillfördes varefter nästa strålrör provades. Efter detta utförde den andre instruktören samma sak varefter insatsen avbröts. De två uppkopplade strålrören byttes ut mot två nya varefter samma procedur upprepades. När dessa två instruktörer hade provat de sex modellerna avbröts det hela och brandrummet ventilerades. Nästa två instruktörer gjorde sig i ordning och utförde sedan samma sak.

Dokumentation

Enkät med tillhörande intervjuer

Utvärdering

De åsikter som framkom vid testet i stora brandhallen förstärktes vid testet i brandövningshuset.

Medelbetyg från frågorna med betygsskala blev:

Modell	Akron Turbojet	Viper Select	Protek 366	Protek 322	Quadrafog 500	Quadrafog 150	TFT Ultimatic	Unifire APG	Unifire Output 12
Betyg	2,78	2,89	2,32	2,29	2,86	2,86	3,93	3,68	1,00

Anmärkning: Betygen är grundade på fyra personer varför resultaten i allmänhet får tolkas något osäkert. Dock har brandmän från de flesta grupper inom Stockholms brandförsvaret fått prova de modeller som godkändes av instruktörerna och åsikterna är ungefär desamma enligt uppgift.

På frågan om det skall vara pistolgrepp eller inte svarade 3 stycken ja. En avstod från att svara.

På frågan om det skall finnas fasta maxflöden som kan ställas in, exempelvis Akron Turbojet svarade 3 stycken nej. En avstod från att svara.

På frågan om något strålrör kändes bättre än fogfightern blev svaren:

- TFT Ultimatic Alla 4 stycken
- Quadrafog 500 1 stycken
- Quadrafog 150 1 stycken
- Unifire APG 1 stycken
- Övriga med små modifieringar 1 stycken

På frågan om de skulle kunna tänka sig att använda något av strålrören i organisationen blev svaren:

- TFT Ultimatic Alla 4 stycken
- Quadrafog 500 1 stycken
- Quadrafog 150 1 stycken
- Unifire APG 1 stycken
- Övriga med små modifieringar 1 stycken

Kommentarer från instruktörer

- ”Alla dessa strålrör känns mer hanterbara än fogfightern på grund av vikt och storlek. Några behöver justeras, ex. konjustering går för lätt och en viss okänslighet i koninställning, men med små modifieringar skulle samtliga vara bättre än fogfightern. Högtrycksröret verkar vara effektivt släckmässigt men är inte helt fältmässigt i utförandet. Personligen föredrar jag en viss tröghet i konjustering och ett fast klick i normalstrålbild, typ 45°.”
- ”Större bygel på TFT Ultimatic.”

- *”Kortare längd på Unifire APG, skydd runt pistolgrepp och avtryckare, modell varbygel. Större lägen mellan dimma och slutna stråle.”*
- *”Bygg ett strålrör utan slutna stråle.”*
- *”Större bygel på TFT Ultimatic och den är perfekt.”*
- *”TFT Ultimatic är det mest genomtänkta och kompletta röret med några små förändringar som större bygel samt viss förändring av pistolgreppet, men det slår redan fogfightern med hästlängder.”*

1.3 Service

Ågestadepån

Efter samtal med Mikael Ekman samt övriga vid depån där service och reparationer av Stockholm brandförsvares fogfighters bedrivs framkom många synpunkter. Allmänt kan sägas att fogfightern kräver mycket service och reparation då den förhållandevis lätt går sönder. Detta kräver en stor del av personalens arbetstid samt kostnad i reservdelar. Fogfightern är tekniskt komplicerad och består av cirka 40 – 45 olika delar vilket gör den känslig. Som läget är för närvarande får depån in strålrören när de har gått sönder istället för att ha möjlighet att arbeta förebyggande och ta in strålrören för service med jämna mellanrum innan de fallerar. Detta hinner inte depån nu med den takt som strålrören kommer in för reparation. Under 1999 reparerades mellan 10 – 25 strålrör varje månad. Detta skulle kunna åtgärdas genom t ex ett rullande schema för varje station eller någon annan lösning.

Service, Revinge räddningsskola

Efter samtal med servicedepån vid räddningsskolan i Revinge framkom i princip samma synpunkter som Ågestadepån gav. Deras synpunkter är mycket intressanta eftersom de har haft möjlighet att jämföra med flera av de modeller som ingick i denna undersökning då skolan har ett antal av dessa strålrör på sina släckbilar. Även här påpekades att fogfightern fick servas och repareras ofta, betydligt oftare än övriga modeller. Det är dock vanskligt att säga om detta beror på sämre konstruktion då service inte vet hur gammal modellen är eller hur mycket använd den är. Vad som dock sägs är att övriga modeller som är snarlika i konstruktionen är uppbyggda av betydligt färre delar, mellan 5 och 10 stycken och verkar vara av robustare konstruktion. Detta tyder på att andra modeller som Protek, Akron, Quadrafog och TFT är mer fältmässiga.

Dafo

Efter samtal med Johnny Rydén vid Dafo AB som bistod med ett antal av strålrören och som även säljer fogfighter samt reservdelar till denne framkom att fogfightern säljs många reservdelar till men att t ex TFT Ultimatic har sålts två eller tre delar till under en 10-års period.

1.4 Ekonomi

Vad gäller ekonomi så finns det flera aspekter som måste beaktas. Dels är det nypris vid ett eventuellt införskaffande av nya strålrör, dels reservdelskostnader samt kostnad för att hålla

personal för service och reparationer. Servicepersonal behövs oavsett hur mycket strålrören tar i tid. Deras arbetstid skulle dock kunna användas till annat arbete och ge dem möjlighet att ligga i framkant för service av strålrör. Lön till personal undersöks inte här men påpekas dock som en av flera ekonomiska faktorer.

Nypriser för strålrören återfinns för varje strålrör i appendix C men återges här tillsammans i tabell I.1.

MODELL	PRIS
TFT Ultimatic	6000 kr
Fogfighter	5050 kr
Quadrafog 500	4400 kr
Quadrafog 150	4000 kr
Viper Select	3275 kr
Protek 322	4500 kr
Protek 366	3500 kr
Unifire APG	2700 kr
Unifire Jet Set	2700 kr
Unifire Output 12	1940 kr
Unifire 10 C	990 kr
Akron Turbojet	4500 kr

Tabell I.1: Nypriser för alla strålrör i undersökningen.

Reservdelskostnader kan bli en stor post som inte märks eftersom det rör sig om mindre summor varje gång men tillsammans utgör en betydande summa. Detta blir tydligt i fallet för Stockholms brandförsvaret då det visade sig att reservdelskostnaderna från september –99 till september –00 uppgick till:

50 000 kr

Denna summa inkluderar endast rena reservdelskostnader och utgör inte kostnader för reparationer utförda av leverantören.

Sammanfattning

En nyanskaffning av andra strålrör kan som engångssumma bli en betydande kostnad. Dock finns det goda möjligheter att tjäna in denna kostnad med ett strålrör som kräver få reparationer och litet underhåll.

