

Skumsläckning av bensin med etanolinblandning

Henry Persson,
SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut-Brandteknik

Abstract

A test series of 31 small-scale fire tests has been conducted in order to indicate how foam fire extinguishment is influenced by various content of polar solvents in the fuel. Mainly two types of foams have been used, AFFF-AR and FFFP-AR. Some tests were also conducted with an AFFF foam.

Extinguishing tests have been conducted using heptane, gasoline and gasoline plus 2,5% to 10% of ethanol, respectively. The tests were in principal conducted according to SP Method 2580 which specifies a test tray of 0,66 m².

The test results indicate clear differences between heptane and petrol and already at 2,5% mixture of ethanol the results are significantly influenced. At 5% and 10% mixture, respectively, an increase of the application rate by a factor two was necessary to obtain extinguishment during the tests.

Besides varying the application rate, the influence of gentle application and 6% proportioning rate has been investigated.

Based on the test results and other relevant information, the Swedish Fire Rescue Services (SRV) will update their recommendations regarding fire fighting in crashed tank trucks, railway tanks, etc.

Innehållsförteckning

	Abstract	2
	Innehållsförteckning	3
	Sammanfattning	4
1	Bakgrund	5
2	Syfte	6
3	Genomförande av provning	6
4	Försöksresultat	8
4.1	Försöksbeteckningar	8
5	Diskussion av resultat	10
5.1	Inverkan av bränsle	10
5.2	Inverkan av ökad påföringshastighet	11
5.3	Inverkan av 6% inblandning	12
5.4	Inverkan av mjuk påföring	14
5.5	Inverkan av AFFF skum	15
5.6	Erfarenheter från andra organisationer	16
6	Sammanfattande diskussion av erhållna resultat övriga erfarenheter	18
	Bilaga 1-Värmestrålningsmätningar från släckförsök	20

Sammanfattning

En försöksserie på totalt 31 småskaliga släckförsök har genomförts i syfte att ta fram data som indikerar hur skumsläckning av bensin påverkas av olika innehåll av etanol. Primärt har två olika typer av alkoholbeständigt skum använts i projektet, AFFF-AR respektive FFFP-AR men några försök har också utförts med normal AFFF-skumvätska (ej alkoholbeständig).

Släckförsök har genomförts med heptan, bensin respektive bensin plus 2,5% till 10% inblandning av etanol. Provningarna har utförts i princip enligt SP Metod 2580 vilket innebär att släckförsöken utförts på ett 0,66 m² stort bål.

Försöken visar påtagliga skillnader mellan bensin och heptan och redan en inblandning av 2,5% etanol i bensinen ger markant påverkan på släckresultat. Vid 5% respektive 10% inblandning av etanol var det nödvändigt att fördubbla påföringshastigheten för att nå släckning vid provningarna.

Förutom inverkan av bränsleblandning och påföringshastighet har även inverkan av mjuk påföring samt 6% skuminblandning undersökts.

Försöken kommer bl a att utgöra grund till en revidering av Räddningsverkets Cirkulär 1/92, "Släckning av spillbrand efter tankbils- eller järnvägsolycka".

1 Bakgrund

De flesta räddningstjänster har i dagsläget en bra skumberedskap till stor del beroende på den rekommendation som Räddningsverket gav ut i början av 90-talet kring ”Släckning av spillbrand efter tankbils- eller järnvägsolycka”, [1]. Syftet med dessa var att ge rekommendationer kring vilken utrustning som bedöms erforderlig för att kunna hantera en brand i en tankbil eller järnvägsvagn innehållande brandfarlig vara. Detta är en brand som de flesta räddningstjänster kan råka ut för och en av grundförutsättningarna var att basutrustningen skulle kunna hanteras av en insatsstyrka på 1+4 man.

I denna rekommendation ges förslag till lämplig utrustning och typ av skumvätska samt en uppskattning av vilka brandtyper som kan skyddas med den föreskrivna utrustningen. Rekommendationerna grundades på ett antal storskaliga släckförsök (ca 200 m²) som genomfördes av SP Brandteknik med bensin resp en blandning av aceton/etanol som bränsle [2].

Som en mycket viktig del i rekommendationen ingår att man skall använda alkoholbeständigt skum för att ha ett skydd, inte bara mot rena petroleumprodukter utan även andra polära kemikalier, t ex alkoholer. De allra flesta skumvätskor av denna typ som nu finns ute hos räddningstjänsterna är gjorda för 3% inblandning för petroleumbränder och 6% inblandning vid brand i polära produkter. Som framgår av rekommendationen så krävs också högre påföringshastighet mot polära produkter än mot rena petroleumprodukter. Baserat på rekommenderat minimiflöde hos basutrustningen innebär detta att den maximala ytan som man kan förväntas klara av uppgår till ca 500 m² för petroleumbränder och till ca 300 m² vid brand i polära produkter. I det senare fallet krävs då också att skuminblandningen är 6% istället för 3% och att en mjuk skumpåföring kan erhållas.

Frågeställningar som återkommit frekvent från olika räddningstjänster är vad som gäller när en blandning av en petroleumprodukt och en polär produkt brinner, t ex:

- När kan man använda 3% och när skall man öka till 6% inblandning?
- Behöver påföringshastigheten ökas?
- Vad händer med släcktiden?
- Hur påverkas återantändningstiden?

Frågan har blivit ännu mer aktuell på senare tid sedan etanol blivit mer vanligt som bränsle och där oljebolagen bl a börjat blanda in 5% etanol i all 95-oktanig bensin i Norrköping/Södertälje/Stockholmsområdet.

Den rekommendation som finns att hänvisa till är NFPA 11 [3], där man anger att vid en inblandning av mer än 10% inblandning av en polär produkt så skall man använda en alkoholbeständig skumvätska. Tyvärr ger inte denna rekommendation svar på samtliga frågor ovan och det saknas också hänvisning till något underlag som visar grunden för rekommendationen. Det man hänvisar till är att man bör konsultera respektive skumtillverkare för mer detaljinformation. Den information som går att få den vägen är dock mycket begränsad, i varje fall från de företag som finns representerade i Sverige.

2 Syfte

Syftet med projektet var att skapa en grund för att komplettera Räddningsverkets existerande rekommendationer kring släckning av spillbränder i samband med t ex en tankbilsolycka så att räddningstjänsterna vet hur de på lämpligaste sätt skall hantera en brand i delvis polära produkter, t ex bensin med inblandning av etanol.

Småskaliga släckförsök har genomförts för att indikera hur skumsläckningen påverkas av olika innehåll av polära produkter och hur detta kompenseras genom användning av alkoholbeständigt skum vid antingen 3% eller 6%, med högre påföringshastighet, etc. Eftersom tidigare rekommendationer klart förespråkar användning av alkoholbeständiga skum så planerades att endast använda denna typ av skum i projektet.

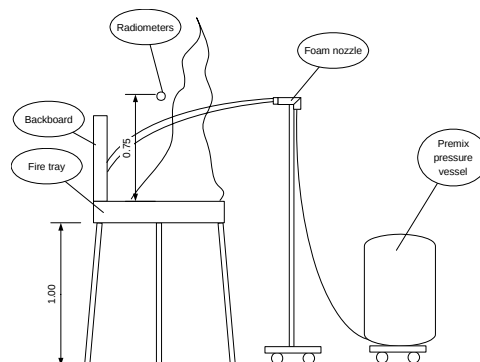
Inom försvarsmakten används dock nästan uteslutande AFFF då man primärt hanterar spillbränder i rena petroleumprodukter varför några orienterande försök utförts med den typ av AFFF-skumvätska. Dessa försök med AFFF har utförts på uppdrag av Försvarets Materielverk (FMV).

En viss sökning av externa försöksdata och rekommendationer har också ingått för att kunna utgöra ett komplement till resultaten från den här genomförda försöksserien.

3 Genomförande av provning

Bränslets påverkan har studerats genom att utföra en serie småskaliga släckförsök i princip enligt SP Metod 2580. Denna provningsmetodik utvecklades inom EU-projektet FAIRFIRE [4] vars syfte var att ta fram en metodik som så långt som möjligt ”speglade” de resultat som erhålls vid provning av skum mot den nya europastandarden för skumvätskor, EN 1568 part 3 resp. 4.

Provningsmetoden innebär att brandproven utförs mot ett 0,66 m² stort bål med heptan som bränsle samt med påföringshastigheten 1,9 l/m² min och tiden till kontroll, släckt och eventuell återantändning mäts. Försökssupställningen visas schematiskt i Figur 1.



Figur 1. Principskiss av försöksutrustning och uppställning enligt SP Metod 2580 vilken legat till grund för genomförda försök. Skissen visar mjuk påföring via en backboard (gentle application). Vid direktpåföring (forceful application) används ingen backboard-plåt utan skumstrålen riktas direkt mot bränsleytan.

Skillnaden i den nu genomförda försöksserien är att heptan plus vattenbädd ersatts med bensin resp en blandning av bensin och etanol. I varje försök användes 33 l bränsle vilket motsvarar ett bränsledjup på ca 50 mm. Heptan har ingått i försöksserien då detta används vid standardprovningar och således ligger till grund för den officiella kvalitetsbedömningen av skumvätskor. Eftersom bränslet som nu provats är vattenlösligt har ingen vattenbädd använts utan bränslemängden har ökat i motsvarande grad. Provningarna ger i sig inte direkt svar på hur lång kontroll och släcktiden blir i en fullskalig situation utan resultaten måste betraktas i relativa mått vilka sedan kan värderas och utgöra grund till rekommendationer.

Försöksserien har omfattat två olika skumvätskor, en syntetisk resp. en proteinbaserad alkoholbeständig, filmbildande skumvätska (AFFF-AR resp. FFFP-AR). Den bensin som användes var en blyfri sk basbensin, dvs den bensinkvalitet som är basprodukten till olika bensinkvalitéer. Anledningen är att denna bensin inte innehåller några polära tillsatser i sig. Denna basbensin blandades därefter med ren etanol inför varje brandförsök till avsett blandningsförhållande, 2,5%, 5% resp 10% etanol.

Förutom bränslekvalitén, så har även påföringshastighet och påföringssätt varierats under försöken. Det skumrör som används i provningsmetoden ger ett flöde av totalt 2,5 l/min men vid provning mot petroleumprodukter delas flödet 50/50 genom ett speciellt T-stycke och endast 1,25 l/min påförs bålet vilket alltså motsvarar påföringshastigheten 1,9 l/m² min. I vissa försök ersattes dock T-röret med ett enda munstycke vilket då alltså ger en påföringshastighet av 3,8 l/m² min ("S" i försöksbeteckningen)

Enligt provningsmetodiken kan skumpåföringen ske på två sätt, dels genom att skummet påförs direkt på bränsleytan och dels mjukare via en backboard-plåt ("G" (gentle) i försöksbeteckningen). Skumpåföringstiden är specificerad till 3 minuter resp 5 minuter beroende på påföringssätt. När det gäller filmbildande skumvätskor mot petroleumprodukter används normalt sett direktpåföring (forceful application) varför detta också var utgångsläget i den genomförda försöken. Vissa försök genomfördes dock med backboard-påföring för att studera inverkan av en mjukare påföring.

Under försöken gjordes regelmässigt visuella bedömningar av tiden till 90% kontroll, 99% kontroll samt helt släckt. Tid till 90% kontroll bestämdes också genom värmestrålningsmätningar, dvs då strålningsnivån reducerats till 10% av den nivå som uppmättes strax innan skumpåföringen startades.

Återantändningsförsök har genomförts i de fall som bedömts som relevant, dvs där släckning erhållits. Återantändningsprovet startas normalt sett 5 minuter efter skumpåföringen stoppats. I provningssammanhang definieras tid till återantändning som den tidpunkt då 25% av bålens yta är täckt med lågor. I de flesta fall erhåller man en "temporär återtändning" trots att bränsleytan är täckt av skum. Detta är en effekt av bränsleupptagning i skummet vilket ofta erhålls i samband med direktpåföring av skummet. I de flesta fall dämpas branden ner igen och återantändningsprovet pågår därefter tills skummet brutits ner så att ca 25% av bränsleytan brinner. I vissa fall omfattar den temporära återantändningen mer än 25% av bålens yta och enligt EN1568 räknas då denna tid som återantändningstid. I de här genomförda försöken redovisas båda tiderna där så är aktuellt.

Eftersom den primära målsättningen har varit att studera inverkan av etanolinblandning vad gäller släckeffektivitet så har skumpåföringstiden varierat mellan olika försök. Även till start av återantändningsförsöket har varierat något beroende på erhållen släckprestanda. Detta är viktigt att beakta då man jämför tiderna till 25% återantändning.

4 Försöksresultat

Totalt genomfördes 31 försök och i tabell 1 redovisas en sammanställning av förutsättningar och vissa erhållna resultat i försöksordning. Tid till 90% kontroll resp 25% återantändning är baserade på strålningsmätningar där inget annat sägs. Strålningsdiagram från respektive försök redovisas i Bilaga 1. En diskussion av erhållna resultat presenteras i kap 5.

4.1 Försöksbeteckningar

I rapporten och i diagrammen används en försöksbeteckning för att definiera förutsättningarna för respektive släckförsök och försöksbeteckningen består av följande uppgifter:

Typ av skum - % inblandning - % heptan - %bensin - %etanol

AFFF-AR skummet betecknas "AF" medan FFFP-AR skummet betecknas "FP". AFFF-skummet som tillhandahållits av Försvarets Materielverk betecknas med "FMV".

Vid försöken har skummet primärt påförts genom direkpåföring (forceful application) eftersom detta är den normala provningsrutinen för filmbildande skum.

I försöksbeteckningen används i vissa fall även beteckningarna "S" resp "G" före skumbeteckningen där "S" betecknar förhöjd påföringshastighet ($3,8 \text{ l/m}^2 \text{ min}$) och "G" betecknar mjuk påföring.

Som exempel innebär således försöksbeteckningarna:

"AF-3-0-97.5-2.5" ett försök med AFFF-AR med 3 % skuminblandning mot ett bränsle bestående av 0 % heptan, 97,5 % basbensin och 2,5 % etanol.

"SFP-3-0-95-5" ett försök med FFFP-AR med 3 % skuminblandning och förhöjd påföringshastighet mot ett bränsle bestående av 0 % heptan, 95 % basbensin och 5 % etanol.

"GFP-6-0-90-10" ett försök med FFFP-AR med 6 % skuminblandning och mjuk skumpåföring mot ett bränsle bestående av 0 % heptan, 90 % basbensin och 10 % etanol.

Tabell 1 Sammanställning av samtliga försöksresultat

Försök	Försöks- beteckning (se kap 4.1)	Släckt 90% 1) (min:s)	Släckt 99% (min:s)	Helt släckt (min:s)	Tid för skum- påföring (min:s) 3)	Återantändn 25% 1, 2) (min:s)
1	AF-3-100-0-0	1:07	2:55	3:00	3	-- / 17:36
2	AF-3-0-100-0	2:43	3:05	3:10	3	0:41
3	AF-3-0-90-10	---	---	---	3	EU
4	FP-3-100-0-0	1:44	3:10	3:19	3	16:37
5	FP-3-0-100-0	2:44	3:09	3:13	3	2:12
6	FP-3-0-90-10	---	---	---	3	EU
7	FMV-3-100-0-0	0:44	1:03	1:08	3	10:45
8	FMV-3-0-100-0	0:46	6:33	6:37	3	2:47
9	AF-3-0-95-5	---	---	---	3	EU
10	AF-3-0-97.5-2.5	2:59	3:18	3:21	3	0:32
11	FP-3-0-97.5-2.5	2:59	---	---	3	EU
12	GFP-3-0-90-10	---	---	---	3	EU
13	GFP-3-0-100-0	2:24	5:44	5:49	6	EU
14	G2FP-3-0-90-10	5:38	---	---	9	EU
15	GFP-6-0-90-10	1:08	1:58	1:59	3	14:49
16	FP-6-0-90-10	2:19	6:10	6:13	6:10	EU
17	SFP-3-0-90-10	4:31	5:47	5:49	6	1:58 / 21:21
18	GAF-3-0-100-0	4:18	6:50	6:52	6:30	5:53
19	GAF-3-0-90-10	---	---	---	6	EU
20	GAF-6-0-90-10	4:35	5:40	5:44	5	1:22
21	AF-6-0-90-10	5:02	---	---	5	EU
22	SAF-3-0-90-10	3:54	4:32	4:34	5	0:52
23	SAF-3-0-95-5	2:27	3:25	3:29	4	-- / 5:20
24	SAF-3-0-100-0	1:34	2:38	2:40	3	5:02
25	SFP-3-0-95-5	3:29	4:42	4:44	5	-- / 18:30
26	SFP-3-0-100-0	1:37	2:22	2:24	3	-- / 9:29
27	FP-6-0-95-5	1:57	2:58	3:00	3	-- / 9
28	AF-6-0-95-5	3:31	---	---	4	EU
29	SFMV-3-0-100-0	0:49	10:18	10:23	3	2:14
30	SFMV-3-0-95-5	1:00 4)	10:15	10:22	3	2:36 4)
31	SFMV-3-0-90-10	1:27	11:08	11:15	3	0:53

EU-Ej utfört, normalt sett på grund av att varken kontroll eller släckning erhållits

- 1) Tid till kontroll resp återantändning baserat på strålningsmätningar
- 2) I vissa fall anges två tider varav den första då avser tiden till en sk temporär återantändning medan den senare tiden avser tid till 25% återantändning erhållits pga. fri bränsleyta.
- 3) Påföringstiden är enligt standardförfarandet 3 minuter men är i vissa fall har längre skumpåföring använts för att uppnå kontroll/släckning under gällande förutsättningar. OBS påverkar återantändningstid!
- 4) Tider baserade på visuell bedömning pga problem med strålningsmätningen

5 Diskussion av resultat

Två olika typer av alkoholbeständigt skum (AR-skum) har använts vid försöken, en AFFF-AR samt en FFFP-AR. Syftet har inte varit att jämföra dessa två effektivitetsmässigt utan valet har gjorts med anledning av att båda typerna är vanligt förekommande i Sverige. Huvudsyftet har istället varit att få fram information som pekar på generella tendenser avseende inverkan av inblandning av polära ämnen i vanliga petroleumprodukter. Den använda AFFF-skumvätskan är uttagen ur ett befintligt förråd inom försvaret.

5.1 Inverkan av bränsle

I Tabell 2 nedan redovisas en summering av de ”referensförsök” som utförts standardenligt med heptan resp bensin med olika etanolinblandning och de två AR-skummen. Som ett komplement till tabellen redovisas i Figur 2 tid till total släckning som funktion av bränsle. Längst till vänster i diagrammet redovisas resultaten vid användning av heptan som är det normala bränslet vid standardiserad provning av skumvätskor. Därefter redovisas resultaten för bensin respektive bensin med olika inblandning av etanol.

Tabell 2 Resultat från standardmässiga försök med heptan resp olika blandningar av bensin/etanol

Försök	Försöks- beteckning	Släckt 90% Stråln (min:s)	Släckt 99% (min:s)	Helt släckt (min:s)	Tid för skum- påföring (min:s)	Burnback 25% stråln (min:s)
Referensförsök, inverkan av bränsle						
1	AF-3-100-0-0	1:07	2:55	3:00	3	-- / 17:36
2	AF-3-0-100-0	2:43	3:05	3:10	3	0:41
10	AF-3-0-97.5-2.5	2:59	3:18	3:21	3	0:32
9	AF-3-0-95-5	---	----	---	3	EU
3	AF-3-0-90-10	---	---	---	3	EU
4	FP-3-100-0-0	1:44	3:10	3:19	3	16:37
5	FP-3-0-100-0	2:44	3:09	3:13	3	2:12
11	FP-3-0-97.5-2.5	2:59	----	----	3	EU
6	FP-3-0-90-10	---	---	----	3	EU

EU-Ej utfört, på grund av att kontroll och/eller släckning ej erhållits

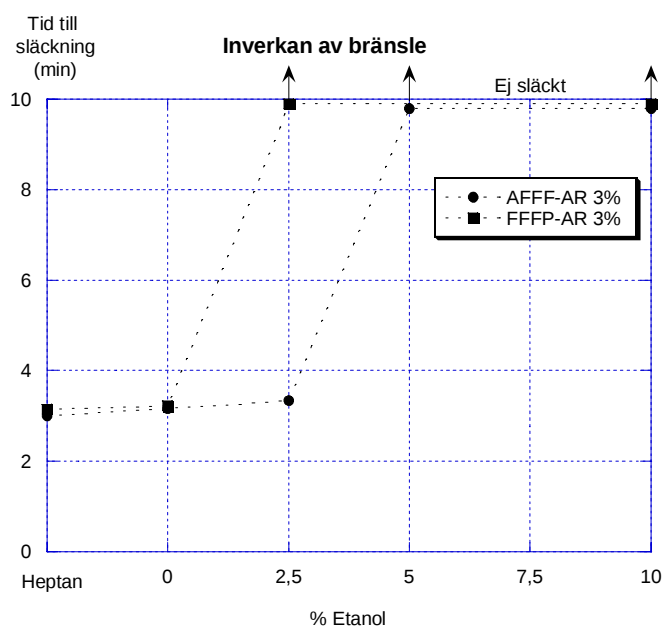
Som framgår av försöksdatan är resultaten i stort ganska lika för de båda skumvätskorna när det gäller heptan och släcktiden är ca 3 minuter.

Med bensin som bränsle erhålls visserligen ungefär samma släcktid men tid till 90% kontroll är betydligt längre och återantändningstiden är endast en bråkdel av den för heptan. Detta indikerar att bensin är betydligt svårare att släcka än heptan vilket är känt sedan tidigare. Anledningen till att heptan används i provnings-sammanhang är att det är ett definierbart bränsle vilket i sin tur skall säkerställa att provningsresultat från olika laboratorier/länder är jämförbara ur denna synpunkt. De kravnivåer som tillämpas är naturligtvis också anpassade till att heptan används som bränsle.

Vid 2,5 % inblandning av etanol erhålls ytterligare något försämrade resultat jämför med bensin. Tiden till kontroll är den samma för båda skumvätsketyperna medan tid till fullständig släckt skiljer. Skumpåföringen avbröts i enlighet med provningsmetoden vid 3 min (dvs i princip när 90% kontroll uppnåtts) och vid provningen med AFFF-AR självslocknade branden

efter ca 20 sek medan släckning uteblev för FFFP-AR. Detta tyder på att redan 2,5 % etanol kan påverka både släckning och återantändning på ett signifikant sätt.

Vid 5% respektive 10 % inblandning av etanol erhöles inte kontroll av branden överhuvudtaget under de 3 minuter skumpåföringen pågick. (Försök utfördes ej med FFFP-AR och 5% då detta ej ansågs meningsfullt.)



Figur 2 Tid till total släckning som funktion av bränslesammansättning vid direktpåföring av skummet (forceful application). (Tider redovisade som 10 min med pil avser att släckning ej erhöles)

5.2 Inverkan av ökad påföringshastighet

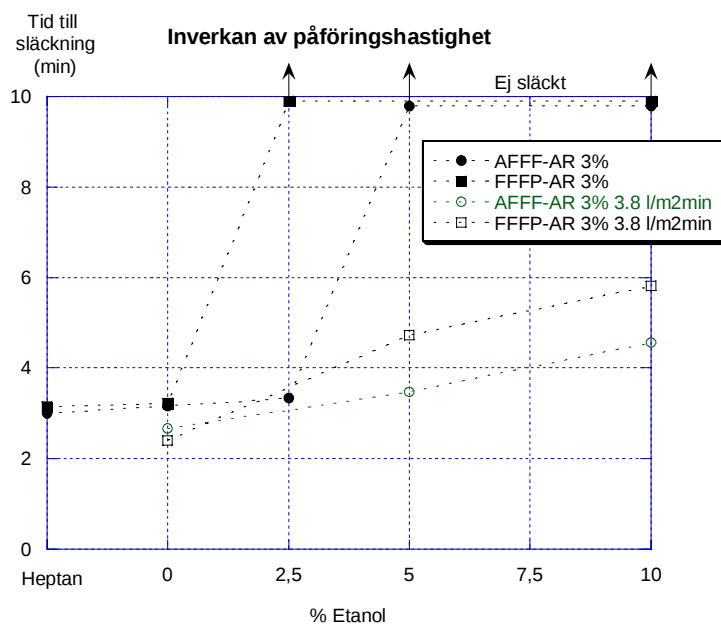
Med anledning av resultaten beskrivna ovan genomfördes en serie försök där påföringshastigheten dubblerades till 3,8 l/m² min genom att allt skum från skumröret påfördes bränsleytan och resultaten är sammanfattade i Tabell 3. Som framgår av försöken på ren basbensin erhöles något snabbare släckning men framförallt så förbättras återantändningsegenskaperna. Detta är helt naturligt då totalt påförd skummängd alltså dubblerats.

Försök med 5 % respektive 10 % inblandning av etanol visar en markant påverkan på släckresultatet för båda skumvätsketyperna vilket tydligt framgår av Figur 3. För att verkligen kunna jämföra släcktiderna avbröts skumpåföringen ej innan släckning uppnåts. Detta medförde att påförd skumvolym ökade ytterligare jämfört med de initiella referensförsöken och en påföringstid av 6 min innebär således att man påfört 4 ggr mer skum. Detta gör naturligtvis återantändningstiderna svåra att jämföra men generellt sett kan man säga att en effektivare släckning naturligtvis innebär att det blir mer skum som "överlever" släckfasen och således kan ge ett skydd mot återantändning. Speciellt för AFFF-AR kan man dock konstatera att återantändningstiden är förhållandevis kort. FFFP-AR ger jämförelsevis både en längre släcktid och en betydligt längre återantändningstid.

En bidragande orsak till att både släck- och återantändningstiderna förbättras med ökad påföringshastighet är sannolikt att man får en snabbare spädning av etanolen i bensinen. En grov analys av spädningseffekterna tyder på att etanolen ingående i bensinen behövde spädas ut med ca 50% vatten, i vissa fall mer, innan kontroll av branden erhöles.

Tabell 3 Resultat från försök med fördubblad påföringshastighet mot olika blandningar av bensin/etanol

Försök	Försöksbeteckning	Släckt 90% Stråln (min:s)	Släckt 99% (min:s)	Helt släckt (min:s)	Tid för skum-påföring (min:s)	Burnback 25% stråln (min:s)
24	SAF-3-0-100-0	1:34	2:38	2:40	3	5:02
23	SAF-3-0-95-5	2:27	3:25	3:29	4	-- / 5:20
22	SAF-3-0-90-10	3:54	4:32	4:34	5	0:52
26	SFP-3-0-100-0	1:37	2:22	2:24	3	-- / 9:29
25	SFP-3-0-95-5	3:29	4:42	4:44	5	-- / 18:30
17	SFP-3-0-90-10	4:31	5:47	5:49	6	1:58 / 21:21



Figur 3 Tid till total släckning som funktion av bränslesammansättning med fördubblad påföringshastighet ($3,8 \text{ l/m}^2 \text{ min}$). Referensdata ($1,9 \text{ l/m}^2 \text{ min}$) från Figur 2 redovisade som jämförelse. (Tider redovisade som 10 min med pil avser att släckning ej erhöles)

5.3 Inverkan av 6% inblandning

Försök med en ökad skuminblandning till 6% genomfördes med 5% resp 10% inblandning av etanol och här erhöles olika resultat beroende på typ av skumvätska vilket framgår av Tabell 4 respektive Figur 4.

Med AFFF-AR erhöjls något bättre resultat än vid motsvarande försök med 3% inblandning, dvs i dessa försök dämpades branden så mycket att 90% kontroll erhöjls. Däremot uppnåddes inte släckning under den tid försöken pågick.

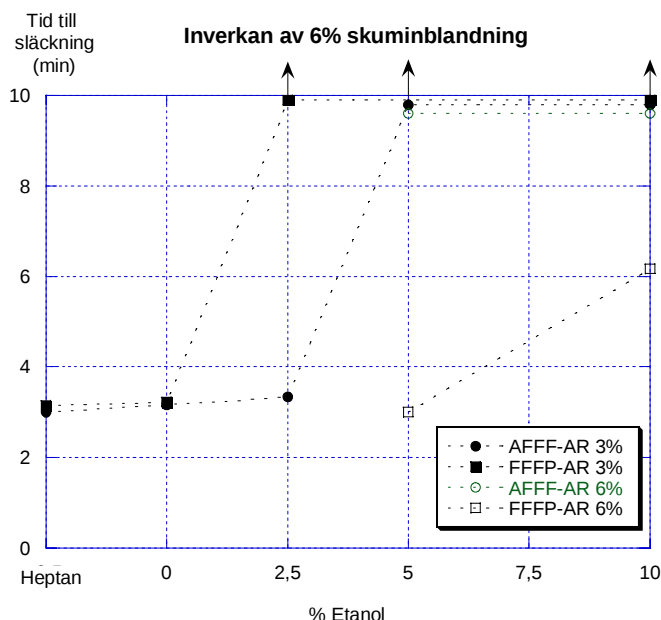
Med FFFP-AR var resultaten något bättre, vid 5% etanol erhöjls i stort sett samma resultat som vid ren basbensin med 3% skuminblandning och återantändningstiden blev till och med något bättre. När det gäller 10% etanolinblandning förlängs släcktiden avsevärt och i det aktuella provet genomfördes av misstag inget återantändningsprov. Med tanke på att ett skumtäckte bildats och att släckning erhöjls skulle man förväntat att en återantändningstid på i storleksordningen 10-15 minuter.

Tabell 4 Resultat från försök med 6 % skuminblandning mot olika blandningar av bensin/etanol

Försök	Försöksbeteckning	Släckt 90% Stråln (min:s)	Släckt 99% (min:s)	Helt släckt (min:s)	Tid för skum-påföring (min:s)	Burnback 25% stråln (min:s)
28	AF-6-0-95-5	3:31	---	---	4	EU
21	AF-6-0-90-10	5:02	---	---	5	EU
27	FP-6-0-95-5	1:57	2:58	3:00	3	-- / 9
16	FP-6-0-90-10	2:19	6:10	6:13	6:10	1)

EU-Ej utfört, på grund av att släckning ej erhöjls

1) Ej utfört



Figur 4 Tid till total släckning som funktion av bränslesammansättning med 6 % skuminblandning. Referensdata (3% skuminblandning) från Figur 2 redovisade som jämförelse. (Tider redovisade som 10 min med pil avser att släckning ej erhöjls)

5.4 Inverkan av mjuk påföring

För att studera inverkan av en mjukare påföring utfördes även några försök med mjuk påföring, sk ”gentle application”, dvs där skumstrålen riktas mot en backboard-plåt monterad på bålkanterna. Då provningsmetodikerna innebär helt andra förutsättningar för skummets spridning i försöksbålet kan inte erhållna resultat jämföras direkt med direktpåföring. Skumutflytnaden blir långsammare då skumstrålen inte bidrar till att ”cirkulera” skumtacket och kontroll- resp. släcktiderna blir därför normalt längre. Enligt standarden används mjuk påföring primärt vid provning mot rena polära lösningsmedel. För att kunna jämföra inverkan av etanolinblandningen genomfördes därför ”referensförsök” med enbart basbensin som komplement till försöken med 10% etanolinblandning.

Som framgår av resultaten erhålls alltså en långsammare skumutflytnad och släcktiden med bensin blev således betydligt längre än vid direktpåföring, se tabell 5 respektive figur 5. Resultaten visar också att 10% inblandning av etanol fortfarande påverkar släckegenskaperna drastiskt vid 3% skuminblandning trots en mjukare påföring, detta oavsett skumtyp.

Vid 6% skuminblandning förbättrades resultaten avsevärt, speciellt för FFFP-AR. Här erhöles både en mycket snabb släckning och dessutom en mycket bra återantändningstid.

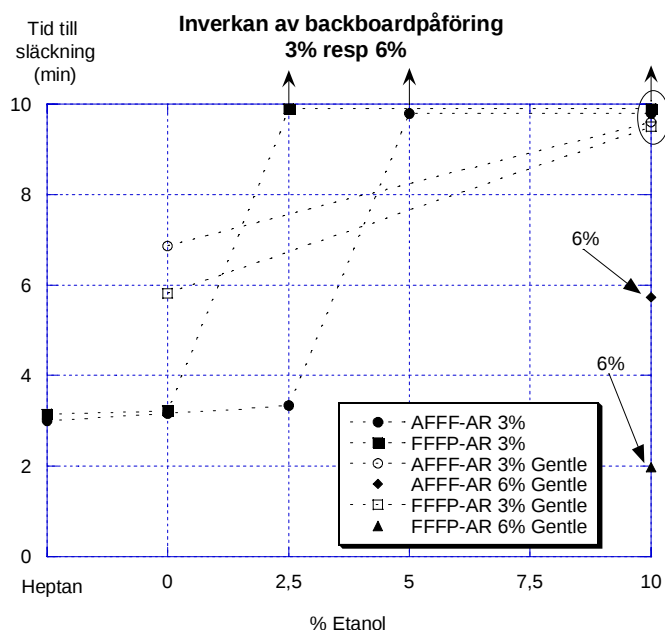
Tabell 5 Resultat från försök med ”gentle application” mot olika blandningar av bensin/etanol

Försök	Försöks-beteckning	Släckt 90% Stråln (min:s)	Släckt 99% (min:s)	Helt släckt (min:s)	Tid för skum-påföring (min:s)	Burnback 25% stråln (min:s)
18	GAF-3-0-100-0	4:18	6:50	6:52	6:30	5:53
19	GAF-3-0-90-10	---	---	---	6	EU
20	GAF-6-0-90-10	4:35	5:40	5:44	5	1:22
13	GFP-3-0-100-0	2:24	5:44	5:49	6	1)
12	GFP-3-0-90-10	---	---	---	3	EU
14 2)	G2FP-3-0-90-10	5:38	---	---	9	EU
15	GFP-6-0-90-10	1:08	1:58	1:59	3	14:49

EU-Ej utfört, på grund av att kontroll och/eller släckning ej erhållits

1) Ej utfört

2) Omprov av försök 12 med längre skumpåföringstid



Figur 5 Tid till total släckning som funktion av bränslesammansättning med "gentle application". Observera att resultaten med 6% skuminblandning är redovisade som punkter. Referensdata (forceful application) från Figur 2 är inkluderat även om en direkt jämförelse gentle-forceful ej är relevant. (Tider redovisade som 10 min med pil avser att släckning ej erhöles)

5.5 Inverkan av AFFF skum

Försöken med heptan visar som förväntat en något snabbare kontroll och släcktid samt en kortare återantändningstid för AFFF-skummet jämfört med de två typerna av alkoholbeständigt skum. Provning mot basbensin innebar dock att tiden till släckning förlängdes drastiskt. Branden dämpades ner relativt snabbt men skummet förmådde inte att "täta" bränsleytan och bålkanterna.

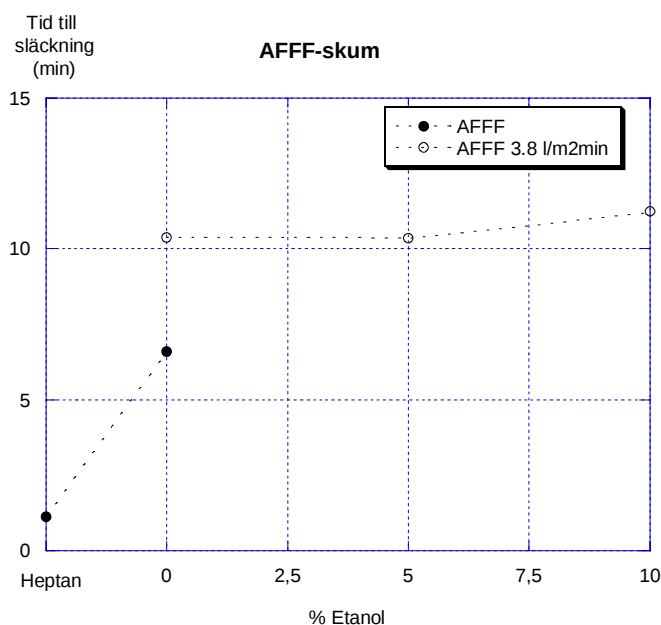
Med anledning av erhållna resultat med de två alkoholbeständiga skummen användes fördubblad påföringshastighet vid försöken med etanolinblandning. Ytterligare ett "referensförsök" genomfördes med enbart basbensin för att få jämförelsematerial och detta innebar en ytterligare en förlängning av tiden till totalt släckt, sannolikt beroende på att skumpåföringen blir "hårdare" vid ökat skumflöde. Det bör dock observeras att skumpåföringstiden i samtliga försök med AFFF-skummet endast var 3 minuter.

Inblandningen av etanol gav en succesivt ökad tid till kontroll men förlängde inte tiden till fullständigt släckt i nämnvärd omfattning. Återantändningstiden förkortades också men man måste då beakta den korta skumpåföringstiden och väntetiden till återantändningsprovet startades, 5 minuter efter fullständig släckning.

Tabell 6 Resultat från försök med AFFF-skum med olika bränslesammansättning och påföringshastighet.

Försök	Försöks-beteckning	Släckt 90% Stråln (min:s)	Släckt 99% (min:s)	Helt släckt (min:s)	Tid för skum-påföring (min:s)	Burnback 25% stråln (min:s)
7	FMV-3-100-0-0	0:44	1:03	1:08	3	10:45
8	FMV-3-0-100-0	0:46	6:33	6:37	3	2:47
29	SFMV-3-0-100-0	0:49	10:18	10:23	3	2:14
30	SFMV-3-0-95-5	1:00 1)	10:15	10:22	3	2:36 1)
31	SFMV-3-0-90-10	1:27	11:08	11:15	3	0:53

1) Tider baserade på visuell bedömning pga problem med strålningsmätningen



Figur 6 Tid till total släckning som funktion av bränslesammansättning respektive påföringshastighet med AFFF-skum. (Observera skalan på y-axeln)

5.6 Erfarenheter från andra organisationer

Några motsvarande försöksresultat vad gäller specifikt bensin/etanol har vi inte lyckats spåra. Vid GESIP i Frankrike genomfördes för några år sedan en stor försöksserie med en blandning av bensin och 15% av MTBE resp ETBE [5]. Primärt har man studerat ett scenario som avser en spillbrand i en cisterninvallning och försök har gjorts med bålstorlekarna 5,4 m², 45m² resp 200 m². Skumpåföringen har utförts som en "backboard-påföring" genom att man simulerat en cistern mitt i bålet mot vilken skumstrålen riktats. En stor mängd försök har genomförts och materialet är inte helt lätt att tolka. Det finns inga referensförsök med rent bränsle vilket gör det svårt att avgöra den direkta inverkan av tillsatserna. Vidare har olika skum provats med olika påföringshastighet vilket ytterligare försvårar tolkningen. De slutsatser som GESIP dragit är dock att denna bränslekombination går att släcka även med icke alkoholbeständiga skum under

de givna betingelserna. Man konstaterar dock att alkoholbeständiga skum fungerar bättre och att ”vanligt” AFFF-skum var bland dom sämsta.

Från Chubb Fire [6] har vi erhållit några försöksdata från interna försök som genomförts. Provningsen har utförts i ett 0,25 m² enligt Appendix i EN1568-4. Försök med ett FP-skum (ej alkoholbeständigt) på sk Avgas-bränsle resp en blandning av Avgas och 10% etanol gav ingen större skillnad vid backboard-påföring. Utan backboard erhöll man dock ingen kontroll alls. Försöksresultat med en blandning av heptan-etanol och ett vanligt AFFF-skum (ej alkoholbeständigt) resp. ett AFFF-AR redovisas i tabell 7 nedan.

Görs en generell jämförelse mellan de försöksresultat som erhållits i den nu genomförda försöksserien vid SP och resultaten i tabell 7, vilka genomförts med heptan, högre påföringshastighet och ett mindre bålet, så pekar resultaten i stort mot samma håll. Släcktiden ökar här ca 3,5 ggr från ren heptan till heptan med 30% etanolinblandning. Det är också uppenbart att effektiviteten förbättras vid användning av en alkoholbeständig skumvätska.

Tabell 7 Resultat från släckförsök med heptan-etanol i ett 0,25 m² bål och 3 l/m² min påföringshastighet [6]

Skumtyp	Heptan + etanolinblandning (%)	Släcktid (s)
AFFF	0	44
	7	55
	20	75
	30	158
AFFF-AR	30	90

Värdefull information av mer generell art kring inblandning av MTBE i bensin ges av Hildebrand och Noll [7]. Här nämns bl a att den dielektriska konstanten hos ett bränsle kan vara en bra måttstock på produktens polaritet. En dielektrisk konstant på 3,0 anser man utgöra en bra gräns mellan bränslen som skall betraktas som polära resp. icke polära. Petroleumbränslen har oftast en dielektricitetskonstant på ca 1,8-2,8 medan de mest polära bränslena såsom ketoner och alkoholer har en dielektricitetskonstant på över 15,0. Som jämförelse har MTBE har en dielektricitetskonstant på ca 2,8-3,9.

Inblandning av MTBE i bensin påverkar brand- och släckegenskaperna på några olika sätt vilket också noterades i ett BRANDFORSK-projekt där släckförsök mot olika kemikalier genomfördes och då bl a MTBE [8]. Brinnegenskaperna påverkas genom ökat ångtryck och högre förbränningstemperatur. I och med en ökad flyktighet ställs större krav på att underhålla skumtäckets efter en genomförd släckning. Det högre ångtrycket från blandning av bensin och MTBE är också orsaken till att blandningen är mer svårsläckt än en brand i ren MTBE. Inblandning av MTBE i bensinen reducerar också bränslets ytspänning vilket reducerar AFFF-skums filmbildningsförmåga och en bra skumkvalitet är därför av största vikt.

Några slutsatser från Hildebrand och Noll [7] är att ett traditionellt AFFF-skum ej skall användas för bensin med MTBE-inblandning, vid mer än 10% inblandning skall bränslet betraktas som en polär produkt, skumkvalitet och skumstabilitet är kritiska faktorer och endast aspirerande skumutrustning skall användas samt att mjuk påföring är oerhört viktigt.

6 Sammanfattande diskussion av erhållna resultat övriga erfarenheter

Den småskaliga provningsmetod som använts ger i sig inte direkt svar på kontroll- och släcktid i en fullskalig situation utan resultaten måste betraktas i relativa mått vilka sedan kan värderas och utgöra grund till rekommendationer. Erhållna provningsresultat, både från denna försöksserie och från andra försök, visar också att de är starkt beroende av den bränslekomposition som användes och de specifika förutsättningar (provningsmetodik) som gällde för försöken. På samma sätt kan man naturligtvis förvänta sig att resultaten kan skilja sig i verkliga situationer beroende på gällande omständigheter. Baserat på erhållna resultat och indikationer av försöksresultat från andra organisationer så kan man konstatera att det inte finns ett enkelt rakt svar på frågeställningen hur man släcker petroleumprodukter med en viss inblandning av en polär produkt, t ex bensen med inblandning av etanol

Erhållna resultat, som baseras på provning i princip enligt SP metod 2580, visar att släckeffektiviteten och återantändningsegenskaperna kan påverkas kraftigt av det aktuella bränslet. Heptan som används i standardprovningar är ”snällare” än vanlig bensen men detta är också något som beaktats när man fastställt kriterierna i skumprovningsstandarden. När det gäller rekommendationerna för basutrustning är dock denna bränsleinverkan inkluderad i dessa då bl a bensen användes som bränsle i de storskaliga försök [2] som utgör grund för givna rekommendationer.

Försöken med ”normalt provningsförfarande”, dvs 3 % skuminblandning och direktpåföring, visar också att även små tillsatser, 2,5%, av etanol i bensen ger en markant påverkan släck- och återantändningsegenskaperna och vid 5% resp 10% etanolinblandning erhöles ingen kontroll av branden alls under de standardmässiga provningsförhållandena.

En fördubblad påföringshastighet förbättrar effektiviteten avsevärt men både 5% resp 10% inblandning av etanol innebär en förlängd släcktid vilket i sin tur kräver en längre skumpåföringstid. Förutsättningen för att nå kontroll och släckning av branden är sannolikt att etanolen ingående i bensen behöver spädas ut med vatten (uppskattningsvis 50%) vilket naturligtvis sker snabbare vid högre påföringshastighet. För att nå en rimlig säkerhet mot återantändning krävs dessutom att man påför så mycket skum att ett stabilt skumtäckte erhålls över hela ytan.

En ökad skuminblandning till 6% gav en påtaglig effektivitetsförbättring för FFFP-AR medan AFFF-AR inte lyckades kontrollera branden under de givna betingelserna.

Inverkan av mjuk påföring, vilket motsvaras av ”gentle application” i provningsmetodiken ger också en betydande effektivitetsförbättring vid etanolinblandning, vilket framgår om man jämför den relativa skillnaden i släcktid mellan ren basbensen och 10% etanolinblandning. Ökas dessutom skuminblandningen till 6% erhålls ytterligare en markant förbättring. I samtliga dessa fall kan man skönja en tendens att FFFP-AR skummet ger både snabbare släckning och längre återantändningstid.

Vägs samtliga faktorer och erhållna resultat ihop så kan man konstatera att det primärt finns tre viktiga aspekter att beakta för att nå så effektiv släckning som möjligt vid en inblandning av upptill ca 10% etanol i bensen

- Använd 3% skuminblandning men räkna med behov av ökad påföringshastighet, speciellt om inte en mjuk påföring kan åstadkommas (för basutrustningen med en

given flödeskapacitet innebär detta en reducering av den maximala ytan som kan släckas)

- Använd skumutrustning som ger ett bra skumtal och ett stabilt skum (undvik skumutrustning som är ”icke-aspirerande”, t ex dimstrålrör etc.)
- Använd mjuk skumpåföring (reducerar behovet av ökad påföringshastighet)

Vid ca 10% etanolinblandning och mer bör man primärt använda 6% skuminblandning samtidigt som mjuk påföring blir ännu viktigare. Den högre skuminblandningen kan aldrig kompensera för en hård skumpåföring där skummet ”dyker” ner i bränslet. Den primära släckeffekten kommer då att utgöras av utspädning av bränslet och skumvätskan ”slösas bort” i onödan.

I de fall den brinnande produkten utgörs av andra blandningar än bensin och etanol så kan man försöka bedöma svårighetsgraden vid släckning och behovet av ökad påföringshastighet resp. förhöjd skuminblandning genom att värdera de ingående produkternas ångtryck resp. vattenlöslighet och ställa i relation till de provade kombinationerna av bensin/etanol. Lägre ångtryck/vattenlöslighet innebär sannolikt enklare släckning och högre gräns för ökad skuminblandning medan högre ångtryck/vattenlöslighet följaktligen ger besvärligare släckning och lägre gränsvärde för ökning till 6% skuminblandning.

¹ RÄDDNINGSVÄRKET Cirkulär 1/92 ”Släckning av spillbrand efter tankbils- eller järnvägsolycka”

² Persson, H., ”Basutrustning för skumsläckning”, SP Rapport 1990:36,

³ NFPA 11, ”Standard for Low-Expansion Foam”

⁴ FAIRFIRE Summary report, ”Fire Fighting Foams Small Scale Test Procedure”

⁵ ”Fire Extinction Tests-Lead-free petrol containing 15% of oxygenated product”, report no 97/05, Etudes Recherches Protection Incendie (E.R.P.I.)

⁶ Fitch, F., Personal communication, 2002

⁷ Hildebrand, M.S., Noll, G.G., ”Storage Tank Fires Emergencies-Guidelines and Procedures”

⁸ Persson, H., ”Kemikaliebränder kräver rätt val av släckmedel”, SP-RAPP 1987:01

Bilaga 1-Värmestrålningsmätningar från släckförsök

Nedan redovisas uppmätt värmestrålning från resp. försök vilket sedan använts för att bestämma tid till kontroll resp. tid till 25 % återantändning. Stålningsmätningen har startats 2 minuter före antändning av bränslet och förbrinntiden var 1 minut. I diagrammen redovisas start skumpåföring som tid 0:00. Värmestrålningen redovisas som "relativ strålning", dvs fullt utvecklad brand har strålningen 1,0 och "90 % kontroll" är alltså när strålningen reducerats med 90%, dvs relativ strålning 0,1. På motsvarande sätt erhålls alltså 25% återantändning när den relativa strålningen överskrider 0,25. För beräkning av återantändningstiden måste dock tiden för skumpåföring resp väntetid beaktas och kan således inte utläsas direkt i diagrammet. I de fall 90% kontroll ej redovisas i diagrammet har ingen kontroll erhållits och försöket har avbrutits. Försöksbeteckningen redovisas i övre högra hörnet av resp. diagram.

