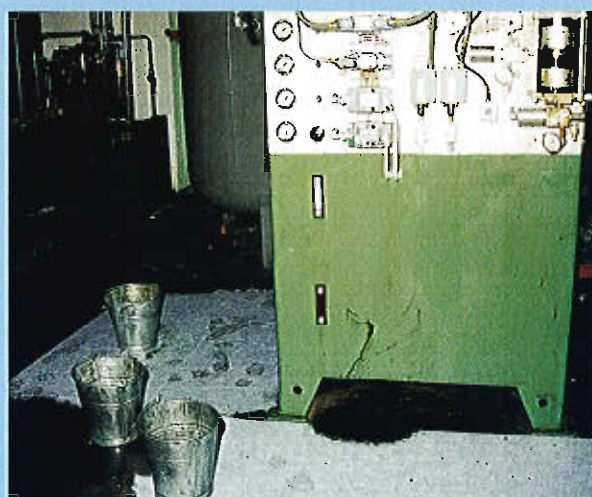
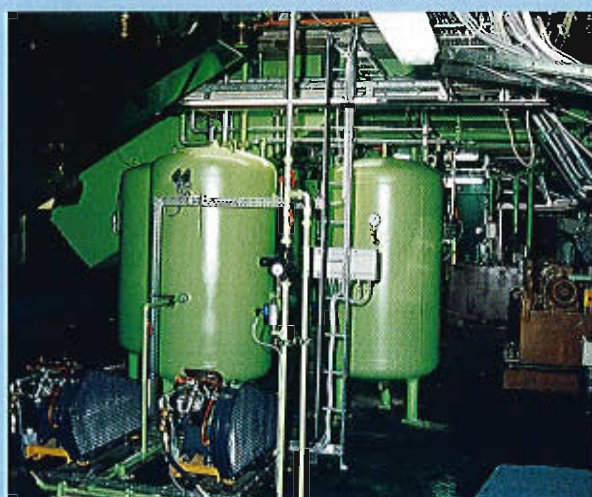
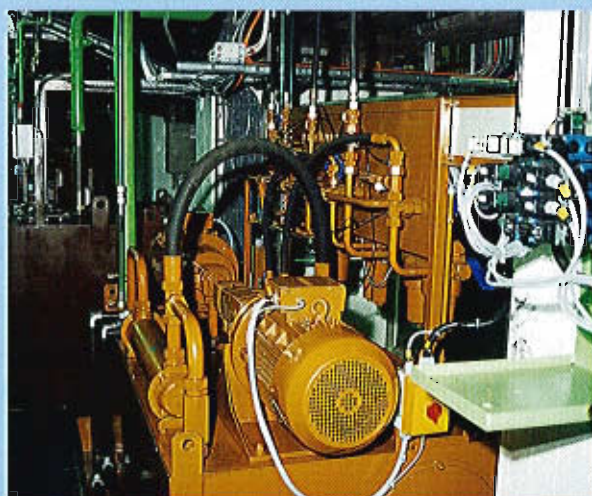


Marina Milovancevic
Magnus Arvidson

Brandrisker och skydd i distributions- system för hydraul- och skärvätskor

BRANDFORSK Projekt 744-961



Marina Milovancevic
Magnus Arvidson

Brandrisker och skydd i distributions- system för hydraul- och skärvätskor

BRANDFORSK Projekt 744-961

Abstract

Fire hazards and fire protection of distributing systems for hydraulic oil and cutting oil

In many large scale industrial fires with large losses, hydraulic systems, cutting systems, power and cooling fluids are the primary cause. The dangers present in these systems are large pressure, the fluid itself and presence of ignition sources such as sparks and hot surfaces. In many cases the manufacturing process is such that it presents a risk for ignition to any spillage or leakage of fluid. The pressure can vary from a few bar up to hundreds of bar, which means that a leakage on a pressurised vessel or pipe produces a fine mist of highly ignitable oil. Such an oil mist can, if ignited, spread a fire to large areas and endanger both equipment and human life. In cutting machines the rotation of the spindle creates a fine oil mist, which is dispersed all around the object.

Most hydraulic/cutting systems use mineral oils or water based fluids. The different hydraulic fluids represent various degrees of fire hazards depending on the contents. This report gives a comprehensive description of the various types of hydraulic fluids and cutting oils and the associated hazards.

In some cases the fire hazard can not be eliminated by changing the fluid, or the fluid can not be changed to a less flammable type. Then fire protection measures may have to be taken. Not all types of systems and extinguishing agents are compatible with hydraulic/cutting systems and the typical fire scenarios. This report contains examples of detection systems and extinguishing systems that can be used in these environments.

The report also contains statistics and references to fires involving hydraulic systems.

A comprehensive summary in English is given.

Keywords: Hydraulic fluid, cutting oil, fire hazards, fire protection, extinguishing systems, extinguishing agents

**SP Sveriges Provnings- och
Forskningsinstitut**
SP Rapport 1997:39
ISBN 91-7848-698-X
ISSN 0284-5172
Borås 1997

**SP Swedish National Testing and
Research Institute**
SP Report 1997:39

Postal address:
Box 857, S-501 15 BORÅS,
Sweden
Telephone + 46 33 16 50 00
Telex 36252 Testing S
Telefax + 46 33 13 55 02

Innehållsförteckning

| | | |
|----------|--|-----------|
| | Abstract | 2 |
| | Fire hazards and fire protection of distributing systems for hydraulic oil and cutting oil | 2 |
| | Innehållsförteckning | 3 |
| | Förord | 4 |
| | Sammanfattning | 5 |
| | Summary | 8 |
| 1 | Bakgrund | 11 |
| 1.1 | Lite historik | 12 |
| 2 | Hydraul- och skärvätskesystemens uppbyggnad | 13 |
| 2.1 | Hydraulsystemets uppbyggnad | 13 |
| 2.2 | Skärvätskesystemets uppbyggnad | 15 |
| 2.3 | Risker kopplade till olika delar i systemet | 16 |
| 3 | Brandrisker och brandscenarier | 18 |
| 3.1 | Brand- och explosionsrisker i skärsystem | 19 |
| 4 | Hydraul- och skärvätskors brand-egenskaper | 20 |
| 4.1 | Allmänt om hydraul- och skärvätskor | 20 |
| 4.2 | Olika typer av hydraulvätskor | 22 |
| 4.3 | Olika skärvätskor | 25 |
| 4.4 | Provningsmetoder | 26 |
| 4.5 | Pågående standardisering | 26 |
| 5 | Statistik och dokumenterade inträffade bränder | 28 |
| 5.1 | Statistik från Factory Mutual | 29 |
| 5.2 | Dokumenterade inträffade bränder | 29 |
| 6 | Branddetektionssystem | 34 |
| 6.1 | Olika typer av system | 34 |
| 6.2 | Olika typer av detektorer | 35 |
| 7 | Släckmedel och släcksystem | 37 |
| 7.1 | Sprinklersystem | 37 |
| 7.2 | Vattenspray och vattendimma | 40 |
| 7.3 | Skumsläcksystem | 46 |
| 7.4 | Gassläcksystem | 48 |
| 8 | Diskussion och slutsatser | 53 |
| 8.1 | Förebyggande åtgärder | 53 |
| 8.2 | Val av branddetektionssystem | 54 |
| 8.3 | Val av släckmedel och släcksystem | 55 |
| 8.4 | Byggnadstekniska åtgärder | 57 |
| 9 | Referenser | 58 |

Förord

I den här rapporten redovisas ett arbete initierat och finansierat av Brandforsk (projektnummer 744-961). Syftet med projektet har varit att studera de brandrisker som kan förekomma i distributionssystem för hydraul- och skäroljor. Baserat på denna kunskap har lämpliga skyddssystem och släckmedel redovisats samt vilka andra typer av åtgärder som ökar säkerheten i och omkring systemen.

Referensgruppen bestod av följande personer:

| | |
|---------------------|------------------------------------|
| Karl-Erik Beckman | SKF AB |
| Jan Billvik | Räddningstjänsten Göteborg-Mölndal |
| Björn Björk | SKF AB |
| Kjell Åke Eriksson | G.A. Lindberg AB |
| Conny Gustavsson | Svenska Gjuteriföreningen |
| Per Hedlund | Volvo Personvagnar AB, Motor |
| Magnus Arvidson | SP-Brandteknik |
| Marina Milovancevic | SP-Brandteknik |

Sammanfattning

Avsikten med denna rapport är att redovisa skyddsåtgärder för distributionssystem för hydraul- och skärvätskor. Dessa olika åtgärder kan delas in i tre olika kategorier; förebyggande åtgärder, byggnadstekniska åtgärder samt detektion/släckning. Vilka skyddsåtgärder man väljer beror på utrymmets geometri, ekonomi och sist men inte minst skyddsmål med avseende på materiel och personal.

Brand i framförallt hydraulsystem är relativt vanligt. Från Factory Mutual i USA kan ett stort statistikunderlag hämtas för både inträffade bränder samt skyddssystemens effektivitet vid dessa olyckor. Nästan hälften av bränderna inträffade i metallbearbetningsindustrin. En ansevärd del, 17 %, inträffade i plastindustri och inom träindustri, 10 %. Mer än 40 % av bränderna berodde på att hydraulvätska sprutade mot någon het yta. Fel i elutrustning orsakade 13 % av bränder, lika stor andel bränder, 13 %, orsakades av heta arbeten som skärning och svetsning. I cirka 60 % av bränderna fanns tändkällor i form av heta ytor, ugnar, svetsprocesser eller smältor normalt närvarande. För de resterande 40 % av bränderna fanns alltså ingen "normal" tändkälla tillgänglig.

Från svensk industri eller försäkringsbransch finns inte något motsvarande statistikunderlag.

Maskintekniska åtgärder

Läckage kan bero på rörbrott (störst sannolikhet vid gänganslutningar), otäta packningar eller anslutningar, fel på ventiler eller punkterade slangar. Orsakerna kan vara många. Avsaknad av, eller bristfälliga upphängningar gör att rörledning vibrerar eller rör sig, vilket leder till utmattnings. Tryckstötter och värme kan också på sikt leda till utmattnings. Upprepad nötning av slangar som ligger mot varandra eller mot andra ytor leder till försvagningar som kan leda till läckage. Det har också hänt att trycksatta ledningar av misstag kapats vid reparationsarbeten eller att underhållspersonal använder dem som stöd. En annan möjlig orsak är påkörning.

Åtgärder bör därför vidtas för att förebygga läckage. Till sådana åtgärder kan räknas regelbunden kontroll av rör och anslutningar, byte av slangar, etc. Underhåll av vätskan är också ett led i det förebyggande arbetet, eftersom det minskar maskinlitaget. Bristfälligt underhållna icke-petroleumbaserade vätskor eller vätskor med stort vatteninnehåll blir mer brännbara och bakteriehalten kan öka.

Nödstopp, gärna automatiskt, till vätskepumparna begränsar mängden vätska som strömmar ut vid ett läckage. När maskinen nödstoppas skall även tillförseln av hydraul- och skärvätska stoppas. Hela maskinen bör kopplas bort från ett hydraulsystem som försörjer flera maskiner.

Inkapsling av hela eller delar av maskiner och processer minskar brandrisken men troligen även omfattningen och konsekvenserna av en brand.

Byte av hydraul- eller skärvätska

Att byta den befintliga hydraul- eller skärvätskan till en med bättre brandegenskaper är ett bra sätt att minska risken för brand. Byte av vätska bör föregås av utredning om lämpligaste alternativ. Systemets olika delar kan vara mer eller mindre känsliga för vissa vätskor, därför kan vissa komponenterna behöva bytas eller förstärkas innan en ny typ av vätska används. Vätskans nedbrytande effekt på pumpar, tätningar, packningar, slangar, kablar och isoleringsmaterial bör också utvärderas. Även det som tillverkas eller bearbetas är mer eller mindre känsligt för olika typer av vätskor. Vissa vätskor är starka lösningsmedel och kan därför skada det som bearbetas eller tillverkas.

Det kan sägas finnas fem kategorier hydraulvätskor och fyra kategorier skärvätskor. Brandegenskaperna för dessa varierar beroende på vatten- eller basinnehållet i vätskan. Vätskor med högt vatteninnehåll är naturligtvis mer svårantändliga än rena vätskor, men om de inte underhålls kan den emulgerade/lösta vätskan falla ut och graden av antändlighet öka. Vätskor med högt vatteninnehåll kräver därför mer underhåll än rena vätskor eller oljor.

Byggnadstekniska åtgärder

Ett effektivt sätt att förhindra en brands utbredning är att bygga invallningar runt de maskiner, tankar, pumpar eller motsvarande, där det finns risk för läckage av hydraul- eller skärvätska. Med en invallning begränsas spillytan och därmed brandeffekten. Ett ytterligare steg är att helt bygga in motsvarande utrustning i ett separat, brandavskilt utrymme. Arbetsinsatsen är naturligtvis större jämfört med att enbart utföra en invallning och åtkomligheten för service- och underhåll kan minska. Ett separat utrymme är dock en fördel om man vill använda ett gassläcksystem för att ytterligare höja skydds-nivån. Högst grad av skydd fås troligen om man förlägger olika delar av ett system i separata byggnader.

Detektion och släckning

Det finns flera olika typer av branddetektionssystem och ett flertal olika typer av detektorer. Valet av system styrs naturligtvis av de givna förutsättningarna såsom skyddsmål, förväntat brandförlopp, miljö och kostnader.

Generellt kan man säga att vattensprinkler förmodligen är ett gångbart släcksystems-alternativ i de allra flesta fallen. Vattenspraysystem är ett komplement till vanliga sprinkler för skydd av speciella risker. Systemen används ofta för att kyla objekt som tankar eller byggnadskonstruktioner, skydda transformatorer, kabelstegar eller mot brand i gaser, vätskor eller fasta material. Vattendimma är ett begrepp som blivit vanligt under senare år för att beskriva släcksystem som använder finfördelat vatten. Den definition som används är för närvarande så bred att även vattenspraymunstycken inbegrips. Eftersom definitionen är så bred går det inte att ge några generella dimensionerings-anvisningar.

Genom att tillföra skumvätska till sprinkler- eller vattenspraysystem erhålls tungskum. Detta ger bättre släckeffektivitet jämfört med rent vatten för spillbrand. Skyddet mot återantändning ökar också väsentligt. Skumsystem kräver dock mer underhåll än ett vanligt sprinklersystem och är inte kompatibelt med galvade rör. I mindre rum är lättskum ett alternativ. Lättskum har en hög grad av expansion och är avsett att helt fylla ett utrymme.

Gaser för brandsläckning kan vara av två typer, inerta gaser, som har en "fysikalisk" släckverkan och halogenerade kolväten. Koldioxid är den mest använda av inertgaserna, men på senare år har ren Argon, ren kvävgas och blandningar av dessa gaser börjat att användas. Nackdelen med ren koldioxid är personsäkerhetsaspekterna. Rätt dimensionerade är de andra inertgaserna säkrare. Till skillnad mot dessa kan dock koldioxid användas i punktskyddsanläggningar, inte bara som rumsskydd. En fördel med inertgaser är att de är relativt kemiskt stabila och sönderfaller inte vid de temperaturer som är vanliga i brandsammanhang. Nya halogenerade kolväten, utöver halonerna, har utvecklats under senare år. Ett tjugotal olika gaser finns, varav en handfull marknadsförs och säljs i Sverige.

Summary

The main goal of this report was to study fire protection measures for hydraulic and cutting oil systems. The different actions against fires and accidents can be divided into three categories: prevention, construction and detection/extinguishment. Which category to choose depends on available space and geometry, economy and fire protection objectives.

Prevention

Given the large potential for loss of life and property many efforts have been taken to minimise the risks, mainly by trying to find new and less flammable fluids. Removal of combustible material, which includes the fluids, around the process and machines is a natural part of the fire protection work, but in some cases the fluid can not be replaced or removed why the fire protection efforts have to be focused on other alternatives.

In many large scale industrial fires with large losses, the hydraulic systems, cutting systems, power and cooling fluids are major contributors. The dangers present in these systems are the large pressure, the fluid it self and the presence of ignition sources such as sparks, molten material and hot surfaces. In many cases the manufacturing process itself is such that it represents a danger of ignition to spillage or leakage of fluids.

There are today five different types of hydraulic fluids and four different types of cutting fluids. The fire hazards are dependent on the fluids base and water contents. Fluids with a high water content are less likely to burn but have the disadvantage of requiring more maintenance. If not properly maintained the emulsion in a high water base fluid can separate and the fluids combustibility can increase. Generally speaking there are no non-combustible hydraulic or cutting fluids today. All fluids can at some point ignite.

Sometimes equipment or processes can be less efficient with some fluids than with others. Mineral oils are compatible with most processes and machinery and are therefore very hard to replace with other fluids, which can not offer the same efficiency. This causes problems if the mineral oil is not replaced with something less combustible or if a less combustible fluid is replaced with a mineral oil. The latter is becoming more common due to maintenance and efficiency problems which means that the fire risks are not minimised but in some cases even reinstored. This requires safety and fire protection measures designed to the specific risks.

The construction of hydraulically operated machines and cutting machines is the main factor in any fire protection effort. All of these machines have a general construction based on a tank for the fluid, pumps and filters, pressure and control valves, piping and the processing unit itself. Regardless of process the construction of the machine will be the main risk and weakness, which means that the first step in any fire protection work should focus on optimising the design of the system. If the hydraulic or cutting oil system is not designed properly it will represent a larger risk of fire and failure. A simpler design gives a system less prone to failure and easier to maintain. A very hazardous process can be built into a separate enclosure to avoid unnecessary risks to the personnel and other property.

In some cases the risks can be minimised by removal of unnecessary ignition sources, combustible material around the machine, proper training of personnel, proper maintenance and replacement of fluids.

Statistics from Sweden is rare but a few larger companies in Sweden keep their own statistics on fires and accidents involving hydraulic systems and cutting systems. According to these there have been very few larger accidents/fires in Sweden during the last ten years. This can mainly be contributed to the widespread use of water-glycol fluids in hydraulic systems and different types of emulsions in cutting systems. The trend to day is returning to mineral oils which in the future can effect the statistics.

Factory Mutual in the USA has a large statistical database on fires and accidents in these systems and the effectiveness of fire protection systems. Almost 50 % of the fires occurred in metal industries. A large part, 17 %, of these fires occurred in plastics industries and another 10 % occurred in wood processing industries. More than 40 % of these fires started when a hydraulic fluid sprayed over a hot surface. Electric equipment caused 13 % of the fires and another 13 % were caused by cutting and welding.

In 60 % of the fires there was an ignition source present in the form of melting ovens, hot surfaces, molten metals or welding processes, all normally present in the process. The other 40 % occurred where no "normal" ignition sources were present.

Prevention precautions are to remove ignition sources and to prevent leakage. The largest risks with hydraulic and cutting systems are leakage and spills of combustible fluids. Explosions can be prevented by removal of ignition sources.

When it comes to safety and fire protection measures the surroundings and environment around the protected system are very important. The machines, pumps, tanks and piping are often located in hard to reach areas with much oil mist etc. Leakage and spills are frequent and sometimes spare fluids are stored in the same area or room. The risks become complex and often the whole area or room must be protected.

Construction

Construction precautions can for example be to move hazardous processes from the main area and place them in separate buildings, rooms or areas. Another precaution is to contain some parts of the machine or process so that a local application extinguishing system can work more effectively.

An effective way of preventing a fire from spreading is to build spill barriers around machinery, storage tanks, pumps etc. to prevent any spills or leakage from running away and to minimise the area of a potential pool fire. Further precautions can be to build in the equipment in a separate fire resistant enclosure. This is a costlier effort which also can make maintenance more difficult, but the advantage is that a local application gas system can be used for increased security. The highest safety factor is probably obtained when the different parts of a hydraulic or cutting system can be placed in separate buildings.

If both construction and prevention precautions have been taken and the risk still exists then the next step is early detection and/or extinguishment.

Detection and extinguishment

In the process area sufficient safety measures can often consist of detection and alarm systems connected to shutoff systems and/or local application extinguishing systems. There are a number of different detection and extinguishing systems that are possible to use. It is most important to choose a system that is compatible with a specific application.

In processes where very fast developing fires can be expected, for example in industries where ignition sources such as molten metal and hot ovens are a part of the total working process, heat detectors are probably best. Smoke detectors should be used in processes where slowly developing or smouldering fires can be expected.

Water sprinklers can probably be used in most applications. Water sprays are a supplement to ordinary sprinklers as protection of special risks. Water sprays are often used to cool objects like storage tanks, building details, transformers and cable trays but can also be used to extinguish fires in gases, fluids and solids. Water mist is a concept that has become more frequent in the past years and is defined as a system using finely dispersed water. The definition used today is so wide that even water sprays are included. Because the definition is so wide it is hard to give any general design guidelines.

By adding foam to a sprinkler or water spray low expansion foam is created and the effectiveness, of the system against fires in fluid spills, is increased. The extinguishment with low expansion foam is faster compared to pure water and the foam protects against reignition. Foam systems need more maintenance than ordinary sprinkler systems though. High expansion foam is an alternative in closed compartments. High expansion foam is intended for filling entire enclosures.

Gaseous extinguishing agents can be of two different types: inert gases or halogenated hydrocarbons. The inert gases are: carbon dioxide (CO_2), argon, nitrogen (N_2) and mixtures of these gases. The disadvantage with pure CO_2 is that it is not safe for people but the advantage is that it can be used as a local application system. If properly designed the other inert gases do not represent any danger to the health of the personnel. The advantage with all inert gases is that they are chemically stable and do not decompose at fire temperatures. New halogenated hydrocarbons, other than halons, have been developed during the past years. There are currently some 20 different gases available.

1 Bakgrund

I de flesta hydraulsystem utgörs hydraulvätskan av någon form av mineralolja. I de fall där det finns heta ytor eller annan risk för antändning och brand används någon form av svårbrännbar hydraulvätska. Tyvärr är inte detta ett entydigt och väl definierat begrepp utan är länkat till fastställda kriterier som varierar mellan olika standarder. Detta orsakar stora problem både för myndigheter och industrin då man inte vet vad det är man egentligen kräver.

Problemet uppmärksammades i Sverige för ca 15 år sedan genom ett antal Brandforskprojekt där man för första gången visade på skillnaden i brandegenskaper mellan en mineralolja och några olika typer av svårbrännbara vätskor.

Bakgrunden till projektet var att man från bl a försäkringsbolaget Skandia börjat uppmärksamma problematiken med hydraulvätskebränder. Skadestatistiken visade att hydraulvätskor varit orsaken till en rad kostsamma bränder och man önskade därför kunna gå ut med mer konkret information för att kunna utforma råd och anvisningar om skadeförebyggande eller skadebegränsande åtgärder. En viktig fråga var här också vad begreppet "svårbrännbar" egentligen innebar då man vid ett par tillfällen fått omfattande brandskador trots att den använda hydraulvätska var betecknad som svårbrännbar.

I Brandforskprojektet provades en mineralolja och tre olika typer av svårbrännbara vätskor. Spraybränder, som enligt skaderapporter visade sig vara den vanligaste brandtypen simulerades. Utvecklad brandeffekt uppmättes och utifrån detta beräknades förbränningseffektiviteten för att möjliggöra en relevant jämförelse. Denna visade i sin tur på mycket stora skillnader mellan olika svårbrännbara vätskor där en av de provade vätskorna var i det närmaste jämförbar med mineralolja. I projektet undersöktes även antändningsriskerna. Primärt användes en öppen flamma som antändningskälla men försök genomfördes även med heta ytor respektive svetsgnistor.

Som ett följd av Brandforskprojektet utvecklades Nordtest-metoden NT-FIRE 031. Denna föregicks av ytterligare en försöksserie med ytterligare någon typ av svårbrännbar hydraulvätska. Enligt NT-FIRE 031 kvantifieras hydraulvätskornas brandegenskaper genom deras effektutveckling och förbränningseffektivitet, men metoden innehåller inte några specifika krav eller klassificering.

Brandforskprojektet löste mycket av de akuta problemen men på senare år har problemen uppmärksammats igen. Arbetarskyddsstyrelsen (ASS) kräver t ex användning av svårbrännbara hydraulvätskor ("vatten/glykol eller dylikt") i pressgjutmaskiner utan att klart kunna specificera vad man vill uppnå. Kravet på vatten/glykol-vätskor bygger på erfarenheterna från Brandforskprojektet respektive arbetet med att utveckla NT-FIRE 031. Då det inte finns några specifika kriterier för definition av en svårbrännbar hydraulvätska mister uttrycket "eller dylikt" sin praktiska betydelse. Från ASS anser man att detta är en högst otillfredsställande situation både för myndigheterna och industrin.

I maskindirektivet ur ASS författningssamling 1994:58 under paragraferna 1.5.6 och 1.5.7 som behandlar brand och explosion står det bl a att maskiner skall vara konstruerade och tillverkade för att undvika risk som orsakas av vätskor som maskinen använder. Ett klassificeringssystem för hydraulvätskor efter brandegenskaper är det enda rimliga sättet att försäkra sig om att detta direktiv efterlevs.

Med detta som bakgrund pågår för närvarande ett arbete vid SP-Brandteknik med att utarbeta ett klassificeringssystem för svårbrännbara hydraulvätskor. I projektet ingår att genomföra försök med ett antal olika typer av hydraulvätskor enligt NT FIRE 031 respektive en mer småskalig provningsmetodik utvecklad i England ("Buxton-metoden"). Buxton-metoden innehåller ett förslag till klassificering men den har ej verifierats i mer storskaliga försök. Genom jämförande försök enligt Nordtestmetoden erhålls denna verifiering och en slutlig klassificering skall kunna presenteras. Projektet beräknas vara färdigt under 1998 och finansiering sker genom Rådet för Arbetslivsforskning (RALF). Parallellt pågår också arbete med att omarbete Nordtest-metoden respektive Buxton-metoden till ISO-standarder.

1.1 Lite historik

Under industrirevolutionen i England i slutet av 1800-talet uppkom behovet av hydrauliskt drivna maskiner för industri, hissar i hus, för broar och kanalslussar. De uppfinningar som gjorde detta möjligt var fransmannen Blaise Pascals teorier om hydraulkraft från 1647 samt engelsmannen Joseph Bramahs patenterade hydraulpress från 1795. De tidiga hydraulpressarna, som ersatte skruvpressarna, var byggda av trä och drevs med vattenkraft. I takt med den industriella utvecklingen ersattes vattenkraften med ånga och träet med metalledar. Hydraulsystemen blev mycket populära tack vare alla applikationsmöjligheter och många storstäder och större industrier hade egna centrala system med distributionsledningar ut till maskinerna. Tyvärr har vatten, som ju är billigt och lättillgängligt, nackdelen att det har dåliga hydrauliska egenskaper och korroderar maskinerna. Detta gjorde att de vattendrivna hydrauliksystemen gradvis ersattes med mineraloljebaserade system, med bättre smörjande och korrosionsförebyggande egenskaper.

Andra fördelar med mineralolja är att den både kan användas för att smörja maskinen och för att driva kolvarna. Oljan har heller ingen nedbrytande effekt på komponenter som ingår i hydrauliksystemet och har, tack vare högre viskositet, mindre benägenhet att läcka. Två nya problem uppstod istället; mer föroreningar och risk för brand.

För att minska brandrisken har man länge försökt ta fram bra ersättningsvätskor eller oljor med lägre brandeffekter och mindre benägenhet att antända. På 1940-talet började man på allvar leta efter brandsäkra hydraulvätskor främst på grund av kraven på säkrare hydraulsystem i flygplan. De första brandsäkra hydraulvätskorna var vattenlösliga polyetrar och esterbaserade vätskor. Ett antal bränder har drivit på utvecklingen av mer brandsäkra hydraulvätskor. En av dessa var kolgruveolyckan i Marcinelle, Belgien, 1956 då 261 människor omkom. Brand uppstod när en läcka i ett mineraloljebaserat högttryckshydraulsystem antände.

Brandsäkra hydraulvätskor, i form av emulsioner av vatten och olja, började i allt större utsträckning användas i Brittiska kolgruvor under 1960-talet och mineraloljorna ersattes slutligen helt i undermarksanläggningar.

Hydraulsystem används mycket även ombord på fartyg. Inom sjöfarten ställs dock högre krav på brandskyddet än vad som finns på landsidan, framförallt vad gäller fasta släcksystem i maskinrum.

På landsidan finns hydraulsystemen både i mobila och i fasta enheter. Till de mobila hör bl a. gaffeltruckar, skyliftar och andra lyftanordningar. Till de stationära enheterna, som mest finns inom industrin, hör transportörer, kranar, hissar, pressar, verktygs- och plastgjutmaskiner, pappersmaskiner, etc.

2 Hydraul- och skärvätskesystemens uppbyggnad

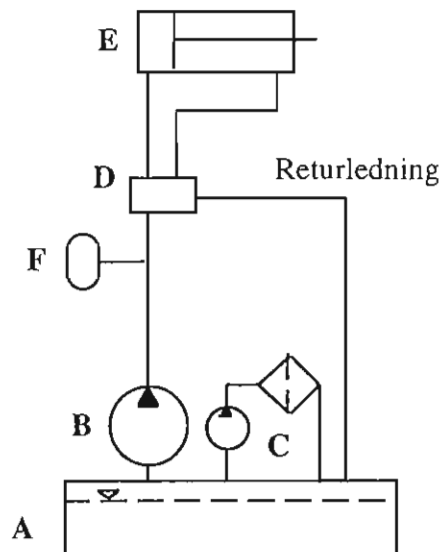
I detta kapitel beskrivs ett hydraulsystem och ett skärvätskesystem med utgångspunkt i funktion. De olika delarna i ett karaktäristiskt system beskrivs separat.

2.1 Hydraulsystemets uppbyggnad

Ett hydraulsystem kan sägas se ut på liknande sett oavsett applikation. Det finns vissa delar i systemet som alltid finns med och som utgör stommen till hydraulsystemet, se figur 1. Dessa delar är:

- Tank för hydraulvätskan (A).
- Pumpenhet (B).
- Filtreringsaggregat (C) alt filter på returledningen, med eller utan pump.
- Ventilenheten (D) för att reglera trycket till och från drivenheten.
- Drivenheten (E), vilken utgör själva "maskinen" som drivs av hydrauliken.
- Rörledningar eller slangar.

Till vissa applikationer krävs det dessutom en ackumulator (F) för att ytterligare reglera trycket eller flödet. Ackumulatorm sätts då in mellan pump- och regleringsenheterna.



Figur 1 Förenklat principschema över ett hydraulsystems uppbyggnad

I ett och samma system bör man bli undvika att blanda olika fog- och tätningstyper. Ju enklare system desto mindre risk för fel och enklare underhåll.

För att strukturera sammansättningen av systemet samt dess underhåll bör underhålls- och kontrollplaner göras upp. Planerna skall i sin tur ingå i ett kvalitetssystem som har till uppgift att underlätta riskbedömning, riskeliminering och underhåll.

2.1.1 Hydraultanken (A)

Det finns i princip tre typer av tankar för hydraulvätskor: öppen tank, slutna tank med atmosfäriskt tryck (ej trycksatt tank) samt slutna trycktät tank.

Alla tryckkärl, behållare eller rörledningar med gas eller vätska som satts under tryck, faller under tryckkärlsnormen (utges av Arbetskyddsstyrelsen) [1], vilket innebär att man måste tryckprova tankar och kärl med vissa intervall.

Tankar för oljor är oftast målade, men i nyinstallationer är de allt oftare i rostfritt stål, för att förhindra korrosion pga kondenserat vatten. Hydraulvätskor som inte är oljor kan i vissa fall vara nedbrytande på färgen i målade tankar, vilket gör att tankarna måste anpassas till den vätska de skall innehålla. Information om lämplig tank för en viss vätska kan vätskeleverantören bistå med.

Till tankarna hör även invallningen och avluftningen. Invallningen skall vara utformad för att ta hand om minst 10 % av tankens volym.

2.1.2 Pumpenheten (B)

Pumpar delas in i olika kategorier beroende på arbetsprincip, men det finns alltid en elektrisk motor eller dieselmotor, vilken har till uppgift att driva pumpmekanismen. Fasta anläggningar har för det mesta eldrivna motorer medan mobila anläggningar till största delen drivs med diesel.

2.1.3 Filtreringsenheten (C)

Filtreringsenheten utgörs ofta av en pump med motor, ett filter samt en eller flera styrventiler. Filtringen kan ske med tryck- eller returfilter eller med sk off-line filtrering, dvs parallellfiltrering.

Vid byte av filter förekommer oftast spill av vätskan pga filtrets konstruktion. Vid sk off-line filtrering (parallellfilter) kan ett filter bytas medan det andra är i drift.

2.1.4 Ventilenheten (D)

Tryck- och riktningstyrningsventiler för att kontrollera drivenhetens rörelse består av diverse ventiler vilka styr flöde, tryck och riktning till drivenheten. Oftast finns denna enhet i "maskinen" där hydraulenheten finns. De vanligaste trycken för hydraulsystem är mellan 50 och 150 bar, men högre tryck kan förekomma.

2.1.5 Drivenheten eller hydraulmotorn (E)

Drivenheten är den känsligaste delen av hydraulsystemet eftersom det är en rörlig del till vilken det oftast inte går att ansluta svetsade stålrör eller liknande. Enheten ansluts till övriga hydrauliken med slangar. Dessa slangar inklusive kopplingarna är de mest påfrestade delarna.

2.1.6 Ackumulator (F)

Akkumulator finns oftast placerad mellan pump- och ventilenheten. Denna placering kan innebära att tanken hamnar i produktionslokalen, i närheten av maskinen. Ackumulatörer är trycktäta tankar, vilka har till uppgift att upprätthålla trycket eller ge tillsatsflöde. Dessutom kan ackumulatörer dämpa eventuella tryckstötter i systemet.

2.1.7 Rörledningarna

Ledningar och kärl för hydraulsystem skall utformas för att motstå systemets alla tryck- och temperaturvariationer och skyddas mot för höga tryck genom ventiler och tryckreglage. Eftersom det är kopplingar och anslutningar i rörledningarna som oftast läcker bör man använda svetsade rörledningarna i stället, dessutom bör man utforma systemet så att man minimerar behovet av böjar och kopplingar.

Rörledningarna och slangar måste väljas med utgångspunkt från det tryck, den temperatur samt den typ av hydraulvätska som skall transporteras i ledningarna. Packningar måste tåla den påverkan som tryck och temperatur utsätter dem för samt vätskan i sig. För att förhindra skador pga vibrationer måste rörledningarna hängas upp och sättas fast ordentligt.

Även rörledningarna faller under Arbetarskyddsstyrelsens tryckkärlsnorm.

2.2 Skärvätskesystemets uppbyggnad

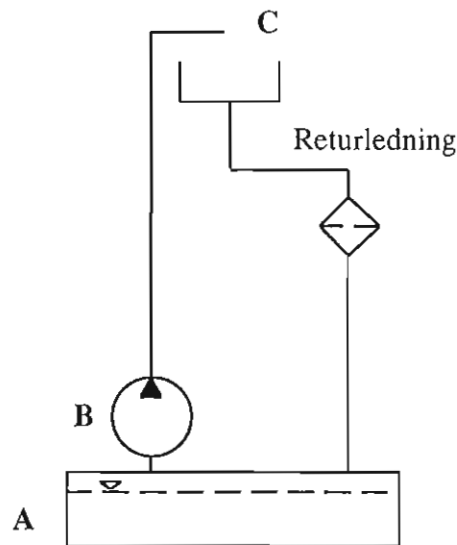
Ett skärvätskesystem kan sägas se ut på liknande sätt oavsett applikation. Det finns vissa delar i systemet som alltid finns med och som utgör stommen till systemet, se figur 2. Dessa delar är:

- Skärvätsketanken (A).
- Pumpenheten (B).
- "Bearbetnings"-delen (C).
- Filtrering.

Skärvätskesystemen kan vara både lokalt placerade i anslutning till eller i bearbetningsmaskinen eller i annat utrymme. Om systemet är lokalt kommer alla delarna att befinna sig i bearbetningsmaskinen i annat fall placeras vanligtvis tank och pumpenhet i annat utrymme.

Pumparna för skärvätskesystemen skiljer sig från dem för hydraulik eftersom skärsystemen använder mycket lägre tryck.

Bearbetningsdelen på dessa maskiner skiljer sig åt beroende på typ av bearbetning. Det kan röra sig om skärning, slipning, svarvning eller polering etc, men i alla fallen så kommer vätskan i direkt kontakt med arbetsstycket eller verktyget. Då någon del av bearbetningen roterar kan rotationen i sig sprida och finfördela vätskan till en "dimma", vilket innebär att vätskan blir mer lättantändlig. Verktygen kan upphettas eller orsaka gnistbildning då de blir utslitna eller är felmonterade, vilket innebär att tändkällor har skapats.



Figur 2 Förenklat principschema för ett skärvätskesystems uppbyggnad

2.3 Risker kopplade till olika delar i systemet

De olika delarna i systemen representerar olika risker, vilka enklast hanteras var och en för sig.

Tankarna för hydraul- och skärvätskorna representerar oftast inga större risker. De risker som kan förknippas med tankar och invallningar kan bli avhjälpta genom att tankarna finns i separata tankrum vilka i sin tur skyddas på lämpligt sätt. Tankar av samma kategori eller med samma typ av innehåll kan placeras i samma utrymme, i övrigt bör olika kategorier vätskor förvaras separat.

Pumpar kan representera risker i och med att drivmotorerna kan producera gnistor och värme vilket kan antända spill och annat i utrymmet runt pump och motor. Om inte pumparna förses med rörbrottsventiler, eller om dessa falerar, kan vissa kategorier pumpar fortsätta att pumpa fram vätska under tryck till t ex ett trasigt rör. Rörbrottsventiler fungerar ej för små läckage, som ibland kan vara farligare än stora läckage.

För filteranläggningar och liknande ligger den största risken i att spill uppstår som sedan ligger kvar och i sin tur utgör brännbart material som kan starta eller förvärra en brand.

Riskerna i ventilenheten är förknippade med att ventilerna falerar eller går sönder. Detta kan i sin tur leda till diverse olika scenarier med bl a spill, tryckstegringar och eventuellt brand.

I och omkring drivenheten/skärddelen, finns de flesta riskerna. Där exponeras vätskan för potentiella tändkällor samt utsätts för störst påfrestningar i form av tryck- och flödesregleringar. Här finns även de "känsligaste" delarna i systemet, där flest brott och läckage uppstår.

Ackumulatorer är tryckkärl där vätskan ständigt befinner sig under tryck. Exponerade kärl som utsätts för åverkan innebär en risk för läckage av vätska under tryck. Trycksatta vätskespill bildar aerosoler och "dimma" och blir därmed mer lättantändliga.

Ett par av de risker som sätts i samband med rör och ledningar är skador pga för höga temperaturer och tryck samt åverkan. För höga tryck och temperaturer kan innebära påfrestningar på rören vilka kan försvagas eller spricka. Spill och läckage som uppstår i sprickor i rör kan forma dimmoln eller finfördelad spray som är mer lättantändligt än vanliga spill. Packningar, kopplingar och fogar är de svaga delarna vilka representerar de största riskerna för läckage. Kontinuerliga läckage innebär ansamling av spill vilket i sin tur utgör brännbart material som kan starta eller förvärra en brand.

3 Brandrisker och brandscenarier

Brandriskerna i hydraulvätskesystem är oftast relaterade till läckage av vätska. I skärvätskesystem är den största brandrisken vid bearbetningsstället. Hydraulvätska som läcker ut kan bidra till mycket allvarliga bränder (se kapitel 5 som beskriver inträffade bränder), speciellt om byggnadskonstruktionen är brännbar eller annat brännbart material finns tillgängligt.

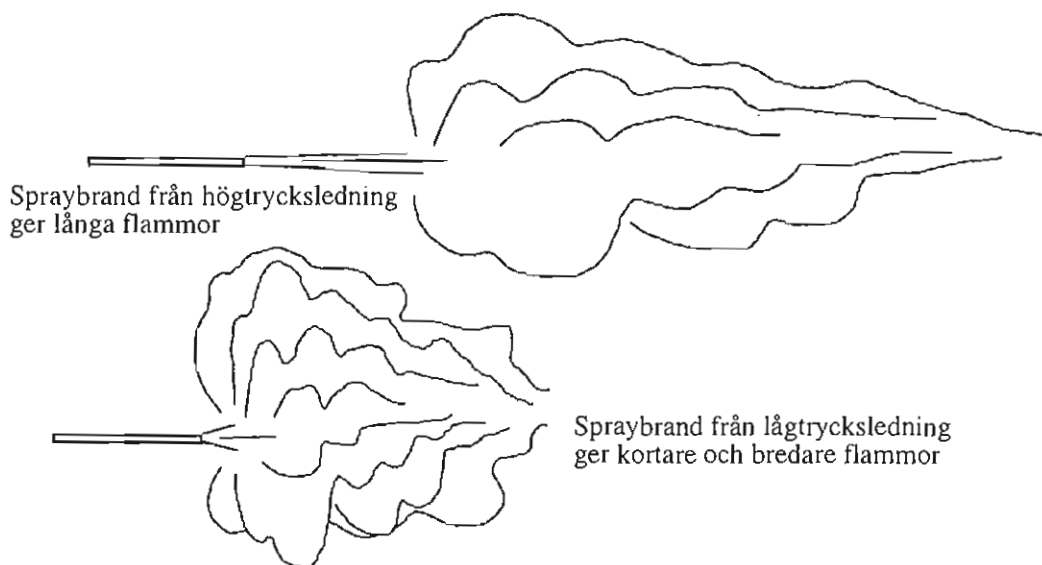
Nedan följer några exempel på möjliga tändkällor i eller runt hydraul- och skärvätskesystem.

- Heta metallytor, maskindelar och rör.
- Metallsmältor.
- Öppna lågor, t ex från gasbrännare.
- Upphettnings- och gnistbildning vid arbetsstycken.
- "Heta processer", typ press- och formgjutning.
- Heta arbeten såsom svetsning, skärning och slipning.
- Elektriska orsaker såsom överslag, kortslutning, överhettning, varmgång, felkoppling, etc.
- Rökning.

Läckage kan bero på rörbrott (störst sannolikhet vid gänganslutningar), otäta packningar eller anslutningar, fel på ventiler eller punkterade slangar. Orsakerna kan vara många. Avsaknad av, eller bristfälliga upphängningar gör att rörledningar vibrerar eller rör sig, vilket leder till utmattning. Tryckstötter och värme kan också på sikt leda till utmattning. Upprepad nötning av slangar som ligger mot varandra eller mot andra ytor leder till försvagningar som kan leda till läckage. Det har också hänt att trycksatta ledningar av misstag kapats vid reparationsarbeten eller att underhållspersonal använder dem som stöd. En annan möjlig orsak är påkörning.

När hydraulvätska under tryck läcker ut resulterar det ofta i en atomiserad spray eller dimma som kan spridas många meter från läckaget. Sprayen är mycket lättantändlig, till och med vid rumstemperatur. Antänder den bildas en jetflamma, som kan ha betydligt högre brandeffekt än exempelvis poolbränder. Brandens varaktighet beror helt och hållet på hur snabbt vätskeflödet kan stängas av eller hur mycket vätska som finns tillgängligt i systemet. Vätskor kan även antändas då de droppar på heta ytor, som t ex heta avgasrör, då beror risken på vätskans termiska tändpunkt.

Erfarenheter från tidigare projekt [2,3] visar att sprayer kan brinna då de träffar en antändningskälla, trots att de betecknas som svårbrännbara. Vätskans förbrännings-effektivitet beror på en mängd faktorer så som droppstorlek, vätskeflöde typ av vätska mm. Det har dock visat sig att trycket, munstycksstorlek, spridningsvinkel och tändkällans storlek har relativt liten påverkan.



Figur 3 Exempel på spraybränder.

Brännbar vätska i öppna tankar eller som läcker och ansamlas i pumpgropar eller inom andra invallningar kan ge upphov till poolbrand. Spillet har i sådana fall en yta begränsad av invallningen, vilket avgör brandeffekten, och ett djup som begränsas av volymen vätska, vilket avgör brandens varaktighet. Jämfört med spraybränder är dock risken för antändning betydligt mindre eftersom antändning, till skillnad från spraybränder, är direkt beroende av flampunkten hos vätskan. Poolbränder kan även startas genom veckor, dvs fibrösa material som dränks in i vätskan och fungerar som en tändveke.

Ett spill över en golvyta som saknar invallningar kan få stor utbredning, men spillet har sannolikt ganska litet djup. Spillytan beror av mängden vätska, viskositeten och golvet ytstruktur och lutning.

3.1 Brand- och explosionsrisker i skärsystem

I skärvätskesystem där skär- och kylolja sprutas mot arbetsstycket uppstår oljedimma till följd av chuckens rotation. Oljedimman är mer lättantändlig och flamspridningen i oljedimman är snabbare, vilket gör att risken för brand är hög. De bränder som är inrapporterade har inträffat i själva bearbetningsdelen. Slipning, svarvning och skärning av stål mm kan vid fel ge upphov till upphettning av verktyg eller gnistbildning, vilket i sin tur antänder kylvätskan.

Industrier, vilka använder sig av mineraloljor som skärvätskor i bearbetningen, oroar sig för riskerna med explosioner i den finfördelade oljedimman som bildas. Explosionsrisk föreligger endast om det finns brännbart ämne i rätt koncentration, syre (luft) samt pilotlåga eller gnista. För att en olja/luftblandning skall kunna explodera krävs att koncentrationen ligger mellan 0,5 och 7,5 % [4].

På Volkswagen i Tyskland har man under en längre tid gjort mätningar på oljedimman i maskinerna och funnit att oljeblandningen knappt når upp till 0,025 %, så risken för explosion är således låg. Trots detta inträffar olyckor. Mellan 1987 och 1994 registrerades 54 explosioner och 87 bränder i Tyska metallbearbetningsindustrier. Människor skadades endast av bränderna, inga människor har rapporterats skadade på grund av explosion.

4 Hydraul- och skärvätskors brandegenskaper

I detta kapitel diskuteras vätskornas brandegenskaper. Vidare beskrivs ett antal brandprovningssmetoder. Med dessa metoder kan vissa parametrar för hydraul- och skärvätskor bestämmas. Dessa parametrar kan i sin tur användas för bedömning av oljans brandegenskaper samt även utgöra grund för en framtida brandklassificering.

I kapitel 1 gavs en omfattande summering av vad som tidigare gjort inom området "brand/hydraulvätskor" samt vad som är på gång. Dessa erfarenheter ligger till grund för mycket av det arbete som bedrivs idag.

4.1 Allmänt om hydraul- och skärvätskor

Alla vätskor som idag används kommersiellt är mer eller mindre brännbara. Petroleum-baserade vätskor representerar den största brandrisken. När dessa vätskor släpps ut under tryck bildar de en fin dimma som lätt antänder, brinner intensivt och avger lika mycket värme som vanlig eldningsolja.

De sk svårbrännbara vätskorna är alla mer eller mindre brännbara, beroende på olika betingelser. Vid normal drift och om vätskorna sköts väl har de flera goda egenskaper. De kan vara svårare att antända, kan självslockna eller brinna mycket ostadigt efter antändning eller så brinner de med lägre brandeffekt.

I tabell 1 anges några karakteristiska värden för de vanligaste vätskorna. Tabellen är starkt generaliserad och bör inte användas som designguide utan skall ses som en sammanfattning av det som beskrivs i de efterföljande avsnitten.

Specifik information om enskilda vätskor kan fås genom direktkontakt med tillverkare eller återförsäljare. Varje enskild leverantör kan ha en stor mängd olika produkter inom en och samma kategori. Dessa produkter kan dessutom inbördes skilja sig åt beroende på olika tillsatser.

Tabell 1 Sammanställning av olika egenskaper hos de vanligaste typerna av hydraulvätskor

| Egenskaper | Mineralolja | Fosfatestrar | Vatten/glykol-lösningar | Vatten/olja-emulsioner |
|-----------------------------|--------------|--------------|-------------------------|------------------------|
| Flampunkt* | 150 - 250 °C | 240 - 270 °C | ej mätbart | ej mätbart |
| Självantändningstemperatur* | 260 - 400 °C | 510 - 570 °C | ej mätbart | ej mätbart |
| Brandspridningsrisk | hög | låg | låg | - |
| Självslocknande | nej | ja | ja | - |
| Påverkan på maskiner | ingen | stor | stor | ingen |
| Expl. risk med smält metall | nej | nej | ja | ja |
| Korrosionsskydd | mycket bra | acceptabelt | acceptabelt | acceptabelt |
| Smörjegenskaper | mycket bra | mycket bra | bra | bra |
| Lättskötta? | mycket | bra | bra | acceptabelt |
| Kostnad | låg | hög | mellan | låg |

- Jämförelsedata saknas.

* Värdena är hämtade ur en amerikansk sammanställning [5]. Värdena för enskilda vätskor kan dock variera.

Den enda brandegenskapen som för tillfället anges av tillverkarna är flampunkten. Detta beror på att det är oftast bara flampunkten som krävs i de befintliga standarderna och det är flampunkten som ligger till grund för klassificeringen av brandfarliga varor. Flampunkten anger vid vilken temperatur en vätska avger brännbara gaser. Denna parameter kan dock inte användas för att beräkna vad som händer då oljan/vätskan träffar en het yta eller vad som händer om den absorberas i t ex ett fibröst material. Den kan ej heller användas för att beräkna hur oljan betar sig då den har antänts, t ex hur stor brandeffekt som avges vid brand. Dessutom är de befintliga standarderna och provningsmetoderna ej utformade för s k svårbrännbara vätskor. Dessa skulle således behöva en provningsmetod som inte utesluter vattenbaserade vätskor.

En parameter som är mer användbar än flampunkten är den termiska tändpunkten. Tändpunkten anger den temperatur vid vilken en vätska antänder, t ex om den träffar en het plåt eller maskindel. Denna parameter är användbar i tillämpningar där man har heta ytor och där man kan förvänta sig att ett spill läcker ut över den heta ytan. Detta är speciellt viktigt att tänka på i applikationer där personal riskerar att skadas eller där maskinen i sig representerar ett stort värde. Värdet på den termiska tändpunkten kan dock variera beroende på hur den provas fram.

Antändningsförloppet är även viktigt för hur branden utvecklar sig.

En olja kan t ex ha en flampunkt på 150 °C och en termisk tändpunkt på 300 °C, vilket innebär att den vid normal användning och lagring inte innebär något hot men om den träffar en het yta med mer än 300 °C kan den antända omedelbart. För linolja (som jämförande exempel) är flampunkten 206 °C och tändpunkten är 343 °C, men linoljan självantänder om den absorberas i en trasa eller liknande och det anges inte av varken flampunkten eller den termiska tändpunkten.

Anledningen till att linoljan antänder då den finns indränkt i en trasa eller liknande är dubbelbindningar som lätt reagerar med syret i luften och resulterar i värmeutveckling. Vanligtvis är det bara ett tunt ytskikt som exponeras och värmen kan transporteras bort lätt, men i en trasa är det en stor yta som exponeras och värmen transporteras inte bort lika lätt. Denna typ av dubbelbindning förekommer inte i mineraloljor, men kan kanske förekomma i andra typer av oljor, t ex vegetabiliska, som nu provas fram som ersättning för mineraloljorna.

Det kan således vara av värde att definiera även andra parametrar för vätskorna än bara flampunkt och/eller termisk tändpunkt. Andra brandparametrar som är värdefulla vid riskvärderingar är: förbränningseffektiviteten, värmevärdet samt antändningsbenägenheten (både för antändningskällor och för självantändning). Två andra parametrar som kan vara värda att definiera är brännbarhetsgränserna (för ånga, aerosol eller dimma från en skär- eller hydraulvätska) samt ångtrycket.

Se vidare i avsnitt 4.4 om hur olika parametrar kan tas fram i provningsmetoderna.

4.2 Olika typer av hydraulvätskor

Fem olika typerna av hydraulvätskor förekommer, varav fyra är sk svårbrännbara vätskor. Deras sammansättning och beteckning är:

- H-vätskor, hydrauloljor.
- HFA-vätskor, vätskor med högt vatteninnehåll: olja-i-vatten emulsioner samt kemiska lösningar i vatten.
- HFB-vätskor, vatten-i-olja emulsioner.
- HFC-vätskor, polymer/vattenlösningar.
- HFD-vätskor, syntetiska vätskor utan vatteninnehåll, bland annat estrar.

Det finns/fanns även en mängd andra vätskor som t ex klorerade silikoner och klorerade kolväten, vattenlösningar av syntetiska ämnen eller kemikalier och helt syntetiska vätskor. De klorerade vätskorna har gradvis tagits bort på grund av deras höga toxicitet och negativa miljöpåverkan. Övriga vätskor är så olika att det är svårt att definiera dem som en enhetlig grupp och det finns förhållandevis lite försöksdata för dessa vätskor varför de ej redovisas i denna rapport.

Enligt ISO 6743/4 [6] används beteckningen F för svårbrännbara vätskor i klassbeteckningen. Detta betyder dock ej att vätskan har brandprovats enligt någon specifik metod, beteckningen F står enbart för att den kategoriserats som svårbrännbar. Vad kategoriseringen grundar sig på framgår dock ej av dokumentet. Mineraloljor betecknas med H, som står för hydraulvätska. H-et kompletteras med ytterligare bokstäver om oljan har specifika egenskaper eller tillsatser. När den omarbetade ISO standarden kommer skall den innehålla direktiv om vilken eller vilka provningsmetoder som skall ligga till grund för en brandklassificering samt förhoppningsvis även en klassningsnorm.

Slutsatserna från ett tidigare Brandforskprojekt [7] är att svårbrännbara vätskor faller in i en av två kategorier ; de som får sin svårbrännbarhet genom högt vatteninnehåll och de som får svårbrännbarheten genom sin kemiska sammansättning och molekylstruktur. En framtida modernare provningsmetod måste således ta hänsyn till båda dessa för att de skall kunna vara jämförbara med varandra.

4.2.1 H-vätskor

Hydrauloljor kan bestå av mineraloljor eller av vegetabiliska oljor. Till H-gruppen hör även syntetiska vätskor med ingen eller ringa brandhämmande effekt. De vegetabiliska oljorna är ganska nytillkomna inom området och används inte i lika stor utsträckning som mineraloljorna.

Tester som utförts [3, 8] visar att en traditionell mineralolja har en förbrännings-effektivitet på 90 - 95 % för en spray. Tester har ej utförts för att räkna fram förbränningseffektiviteten vid poolbränder. Förbränningseffektiviteten kan naturligtvis variera något beroende på fabrikat, men det ger en fingervisning för den här typen av oljor. Dessutom är värmevärdet normalt högt vilket också bidrar till en intensiv brand.

Fördelarna med H-vätskor är att de har god smörjande och korrosionshämmande effekt samt att den tack vare sin viskositet och stabilitet ger god prestanda. Temperaturgränserna kan variera från -40 °C till +100 °C. Normalt klarar vegetabiliska oljor låga temperaturer något sämre.

4.2.2 HFA-vätskor

Olja-i-vatten emulsioner skall enligt definition innehålla mer än 80 % vatten, men innehåller i regel 95 % vatten. Det finns även vissa applikationer som använder emulsioner med upp till 99 % vatten. Dessa emulsioner har förstås mycket bra brandegenskaper. Andra fördelar är att de billiga och miljövänliga. Vätskorna är dock utformade för system med lågt tryck och lämpar sig alltså inte för högtryckssystem. Detta innebär också att risken för antändning minskar. Rekommenderade temperaturgränser är +4 - +50 °C.

Speciella pumpar krävs för dessa HFA-vätskor och pumparna har normalt kortare livslängd än pumpar för mineraloljor. HFA-vätskor är oftast helt oförenliga med pappers-, kork-, läder- och vissa syntetiska packningar och tätningar.

4.2.3 HFB-vätskor

Vanligtvis innehåller HFB-vätskor 35 till 40 % vatten fördelat i en mineraloljebas. För att vatten-i-olja emulsionen skall vara stabil tillsätts emulgeringsmedel. En vatten-i-olja emulsion är endast så stabil som emulgeringsmedlet tillåter, dvs om emulgeringsmedlet ger en fas med större droppstorlekar ger detta en ökad risk för att dropparna dras till varandra och på så sätt ökar i storlek. Fina droppar ökar stabiliteten och förbättrar brandsäkerheten hos emulsionen, ökar vattendropparnas storlek ökar även emulsionens brännbarhet. Man kan därför inte hävda att vatten-i-olja emulsioner är helt brandsäkra.

HFB-vätskor måste underhållas noggrant. Emulsionen kan separera vid temperaturer över +66 °C eller under +10 °C eller vid för höga systemtryck. Rekommenderade temperaturgränser är -10 - +65 °C.

Tester som utförts [3] visar att vatten-i-olja emulsioner kan brinna vid höga tryck på utflödet samt vid medel och stora effekter på tändkällan. I jämförelse med mineralolja ger en vatten-i-olja emulsion en något lägre brandeffekt. Detta är dock mycket beroende på den enskilda vätskan, dvs påståendet är starkt generaliserat. Vatten-i-olja emulsioner, liksom mineraloljor, antänder när sprayen riktas mot en tillräckligt het yta.

Pumpar för HFB-vätskor kan förväntas ha kortare livslängd än pumpar för mineraloljor på grund av vätskans egenskaper. Dessa vätskor är oftast helt oförenliga med pappers-, kork-, läder- och vissa syntetiska packningar och tätningar.

4.2.4 HFC-vätskor

De glykollösningar som finns i dag är till största delen lösningar med mer än 40 % inblandning av vatten i vattenlösliga polyglykoler (rekommenderat vatteninnehåll är 35 % till 50 %). Dessa glykollösningar har använts inom industrin som ersättning för mineraloljor i hydraulsystem i cirka 30 år. De två främsta orsakerna är säkerheten för människor och miljön. Glykollösningar har de bästa allround egenskaperna av alla vattenbaserade hydraulvätskor, men är även dyrast. Ur brandsynpunkt är de mycket bra, men det bör påpekas att de kan fås att brinna i spraytester.

Tester som utförts [3] visar att HFC-vätskor kan brinna vid höga tryck på utflödet samt vid medel och stora effekter på tändkällan. I jämförelse med mineralolja ger en vattenglykol lösning cirka 5 gånger lägre brandeffekt. Detta är dock mycket beroende på den enskilda vätskan. Till skillnad från andra typer av hydraulvätskor antänder inte vattenglykol lösningar när sprayen riktas mot en het yta. Glykolen kan dock brinna då vattnet har dunstat.

När HFC-vätskor förlorar vatten ökar deras brännbarhet, men i och med att viskositeten förändras uppstår troligen pumpfel långt innan vätskan blir en allvarlig brandrisk [5].

HFC-vätskor angriper magnesium, kadmium och zink. Dessa metaller bör alltså inte utsättas för HFC-vätskorna. Vätskorna angriper även aluminium men inte i lika stor omfattning. Det kan räcka med att aluminiumet anodoxideras, men man bör annars undvika kontakt dem emellan. Rekommenderade temperaturgränser är -18 - +65 °C.

Pumpar för HFC-vätskor kan förväntas ha kortare livslängd än pumpar för mineraloljor på grund av vätskans högre viskositet. Vätskorna är oftast oförenliga med pappers-, kork-, läder- och vissa syntetiska packningar och tätningar.

4.2.5 HFD-vätskor

De grupper som finns är; klorerade kolväten (HFDS), fosfatestrar (HFDR), blandning av HFDS och HFDR (HFDT) eller andra blandningar (HFDU). Vissa HFD-vätskor är homogena med stabila egenskaper andra har tillsatssämnen vilka kan förbrukas eller försvinna.

De finns i princip två olika typer av estrar på marknaden, organiska och syntetiska. De organiska estrarna innehåller bara kol, väte och syre utan några brandhämmande tillsatser. De organiska estrarna får sina goda brandegenskaper tack vare den höga molekylvikten vilken bidrar till en hög flampunkt. Tillsatssämnen som modifierar droppstorleken i en vätskespray tillsätts för att vätskan skall kunna klara av vissa typer av spraytester. Syntetiska estrar har stabila molekylstrukturer och innehåller inga lättflyktiga fraktioner med låg molekylvikt. Detta ger även estrarna goda brandegenskaper. Estrar är lätt nedbrytbara, har goda "hydrauliska" egenskaper och har låg toxicitet. Rekommenderade temperaturgränser är -7 - +90 °C.

Det bör dock påpekas att vissa estrar inte klarar alla kraven i Luxemburg dokumentet (7th Luxembourg Report) och att estrar kan brinna i vissa spraytester.

Spraytester som utförts [3] visar att estrar kan brinna vid höga tryck på utflödet samt vid små, medel och stora effekter på tändkällan. Vid mycket små tändkällor krävs mycket höga tryck (>150 bar) på utflödet för att estern skall antändas och brinna. Estrar har så hög viskositet att det svårigen bildas mycket små droppar i en spray. I jämförelse med mineralolja ger en ester ca 0,35 % av oljans brandeffekt [8]. Detta är dock mycket beroende på den enskilda vätskan. Estrar, liksom mineraloljor, antänder när sprayen riktas mot en het yta.

HFD-vätskor är starka lösningsmedel och kräver speciella tätningar. Dessa vätskor kan angripa isoleringen på elektriska kablar. Även färger och andra ytbehandlingsmedel samt isoleringar i närheten av HFD-system måste klara av att motstå HFD-vätskornas nedbrytande effekter. Pumpar bör inte påverkas av HFD-vätskorna, men det kan krävas grövre rördiametrar för returledningarna än för system med mineraloljor. På grund av vätskans högre viskositet sedimenterar inte partiklarna lika mycket, vilket kräver högre grad av filtrering. Dessa vätskor är oftast oförenliga med naturgummi och neopren.

4.3 Olika skärvätskor

Skärvätskor har inte debatterats lika mycket som hydraulvätskor och därför finns inte lika mycket information och försöksdata på dem.

Skärvätskor finns i princip i samma kategorier som hydraulvätskorna, nämligen:

- Mineraloljor och vegetabiliska oljor
- Esterbaserade vätskor.
- Emulsioner med vatten och olja.
- Syntetiska emulgerbara vätskor.

Dessa kategorier av vätskor kan antas ha liknande brandegenskaper som de som används för hydraulsystem. Av de ovan nämnda kategorierna kan emulsionerna och de esterbaserade vätskorna klassas som svårbrännbara. I vissa applikationer, som t ex fleroperationsmaskiner, där man tidigare använt emulsioner återgår man idag till mineraloljor p.g.a. deras egenskaper. När det gäller vattenbaserade vätskor kan dessa innehålla nitrit, som i kontakt med aminer kan bilda cancerframkallande ämnen. Man har försökt formulera vätskorna för att undvika detta, men om man helt frångår vattenbaserade vätskor slipper man problemet. Utöver detta kan man tillåta läckage och spill eftersom maskinen går på samma vätska i både bearbetningen och i maskinens smörjning. Dock uppstår brandproblem istället.

4.3.1 Skäroljor

De två vanligaste oljetyperna är mineraloljor och vegetabiliska oljor. De sistnämnda utvinns ur bl a raps, kokos och en rad andra oljeväxter [9].

Mineraloljorna står för den allra största delen, 59 % av volymen för metallbearbetning, och andra oljetyper står för 8 %. Resten består av emulsioner.

Mineraloljor som används till skärande bearbetning är rena mineraloljor med tillsatser som ökar smörjförmågan och gör dem mera viskösa. De vegetabiliska oljorna är oljor av "livsmedelskvalitet" vilka förestras, för att höja viskositeten och göra dem mindre känsliga för kyla och oxidation. Antioxidanter tillsätts för att ytterligare stabilisera oljan mot oxidation.

4.3.2 Skäremulsioner med vatten och olja

Skäremulsioner består av ungefär: 90-95 % vatten, 5 % basolja för smörjning, 1-3 % av en emulgator samt 1 % additiv för t ex rostskydd, bakterieskydd och pH-buffert.

4.4 Provningsmetoder

I ett tidigare arbete rörande brandprovningmetoder för hydraulvätskor [7] redovisades ett antal provningsmetoder med för- och nackdelar. Två provningsmetoder är att föredra. Båda metoderna är sk spraytester men med den skillnaden att proven utförs i olika skalor och att den ena av metoderna erbjuder klassificeringsmöjligheter vilket den andra inte gör.

Den första metoden är "Buxton spray test", vilken utförs i en förbränningskammare där sprayen utsätts för en propanlåga. Temperatur och förbränningsgaser mäts för att den sk "antändningsfaktor" (RI_w) skall kunna beräknas. Denna antändningsfaktor kan sedan användas som mått på vätskans antändningsrisk. I provningsmetoden finns förslag på klassificering, men denna metod har inte verifierats i stor skala och de uppmätta värdena kan således inte relateras till en verklig situation. Arbetet pågår dock med att verifiera metoden i full skala.

Den andra metoden är "NT-FIRE 031", vilket är en Nordtestmetod [10]. Metoden bygger på att en spray antänds. Värmevärdet (ΔH_c) och brandeffekten (Q) mäts varefter förbränningseffektiviteten (ϕ) beräknas. Förbränningseffektiviteten och värmevärdet kan sedan användas för att beräkna brandeffekten för olika tryck och flöden.

Som ett komplement till de två spraytesterna kan även ett sk "wick test" utföras. Ett wick test utförs på så sätt att en veke dränks in med vätskan som skall testas och tiden till antändning mäts. Denna typ av test ger ett mått på oljans eller vätskans benägenhet att antända/brinna när den absorberats i ett fibröst material. Detta ger användaren en möjlighet att välja en olja/vätska vilken har mindre eller ingen benägenhet att antända om ett läckage skulle inträffa och oljan/vätskan absorberats i något fibröst material. Denna typ av tester kan ge underlag för bedömning av oljors och vätskors antändningsrisk vid spill på handskar, kläder, absorbenter eller andra fibrösa material.

Det bör tilläggas att de flesta provningsmetoderna för hydraulvätskor har tillkommit efter att någon eller några större olyckor inträffat. Testerna utformades så att de väl täckte in just de riskerna som de här olyckorna representerade. Detta kan innebära att somliga tester framstår som irrelevanta för vissa typer av risker. En av standardiseringsgruppens många svåra uppgifter blir därför att lyfta fram den eller de provningsmetoder som bäst belyser hydraulvätskornas risker vid all användning.

4.5 Pågående standardisering

Trots att det redan finns en mängd olika standarder för provning av hydraulvätskor internationellt har det, ur ett historiskt perspektiv, endast funnits ett svagt intresse för att etablera harmoniserade internationella provningsstandarder inom detta område. Denna brist på harmonisering har nyligen uppmärksammats och arbetet med att definiera gemensamma standarder har nu påbörjats.

De två internationella standardiseringsorgan som arbetar aktivt med detta är den europeiska Comité Européen de Normalisation (CEN) och den internationella International Organisation for Standardization (ISO). Frågan angående behovet av harmoniserade provningsstandarder för att bestämma brandegenskaper hos hydraulvätskor behandlades först av CEN/TC 19 'Petroleum products, lubricants and related products'. Denna kommitté bestämde att man skulle utföra arbetet i regi av ISO/TC 28 'Petroleum products and lubricants'. Detta avtal regleras enligt den s k Wien-överenskommelsen och är ett arbetssätt som man ofta tillgriper för att undvika dubbelarbete inom CEN och ISO och dessutom tillåter deltagande av experter från länder utanför EU (t ex Japan och USA).

Inom Sverige är det STG/TK 117 som behandlar alla frågor angående smörjolja och hydraulvätskor. Denna grupp har aktivt bedömt nya internationella standarder angående en mängd olika fysikaliska egenskaper hos hydraulvätskor i många år men har börjat behandla brandegenskaper hos hydraulvätskor först sedan 1993. Vad gäller fysikaliska egenskaper pågår arbete med både ISO och Svensk Standard (ISO 6743 och SS 15 54 34). Dessa innehåller dock inga krav på brandegenskaperna. Dessutom omfattar SS 15 54 34 inte s k svårbrännbara vätskor.

Två standarder för utvärdering av brandegenskaper hos hydraulvätskor föreslogs som första utkast (s k committee drafts) av ISO/TC 28 under 1995: ISO/CD 14935, och ISO/CD 15029. Sverige röstade för dessa standarder under förutsättning att man gjorde omfattande revideringar. ISO/CD 14935 är en "vek-metod" där man försöker antända vätska som har sugits upp av ett fibröst material. Denna metod finns nu som ISO/DIS och har nyligen genomgått den andra omröstningen.

I April 1996 föreslog ISO/TC 28 att ISO/CD 15029 borde delas i tre delstandarder: ISO/CD 15029 skulle då bli ISO/CD 15029-1, den s k Buxton metoden skulle bli ISO/CD 15029-2, och NT FIRE 031 skulle bli ISO/CD 15029-3. Del 1 i denna standard finns numera som ISO/DIS och har nyligen genomgått den andra omröstningen. Alla dessa metoder går att applicera på både oljor, vatten/glykol-lösningar samt på estrar och kartlägger brandbeteende hos en vätskespray. Det är än så länge ej tänkt att det skall vara ett krav på att utföra testerna, men om tester skall utföras bör det vara enligt de angivna metoderna. Det är därför upp till användarna av oljorna och vätskorna att kräva att tillverkarna provar och redovisar brandegenskaperna hos sina produkter.

Det är av yttersta vikt att de standarder som etableras inom CEN är genomtänkta och vetenskapligt försvarbara. Metoden bör inte vara operatörsberoende, och bör ej heller resultera i endast ett godkänt/icke godkänt resultat. Det är därför mycket viktigt att både producenter och användare deltar aktivt i utvecklingen av alla standarder.

5 Statistik och dokumenterade inträffade bränder

Vad gäller bränder i och omkring hydraul- och skärvätskesystem finns det i Sverige ingen samlad statistik. Varken försäkringsbolagens skadeenheter, Arbetarskyddsstyrelsen, Yrkesinspektionen, Räddningsverket eller olika branschorganisationer har eller har haft någon organiserad statistikföring över bränder eller olyckor relaterade till hydraul- och skärvätskesystem.

Räddningsverket har inte kunnat hitta några insatsrapporter i sin statistik som direkt anger brand i hydraulsystem eller liknande. Industribränder inträffar dock ofta och i statistiken kan dölja sig bränder som startat i, eller involverat, hydraul- och skärvätskesystem. Samma problem finns med Svenska Brandförsvärsföreningens (SBF) statistik.

Skandia initierade ett hydraulprojekt [3] 1983 efter några svåra och dyra bränder. Dessa bränder var bl a två stycken, åren 1978 och 1981, på Svenskt Stål, Domnarvet. De två bränderna startade i svetsmaskiner där hydrauliken involverades och orsakade den fortsatta brandtillväxten och brandskadorna.

1988 gjordes en studie av rapporterade arbetsskador till följd av explosioner och brand. Studien grundade sig på Arbetarskyddsstyrelsens statistik, vilken kommer från Informationssystemet om arbetsskador (ISA). Enligt denna statistik inträffar det årligen 400 skador till följd av explosioner och brand och 10 personer omkommer. Inte en enda av dessa har rapporterats bero på brand i hydraul- eller skärvätskesystem. Detta kan bero på flera orsaker, men en är att det i statistikupp-följningen saknas möjligheten att ange detta. De huvudgrupper för statistikupp-följning som finns är inte relaterade till denna typ av olyckor. Det finns således behov av att strukturera om statistikföringen så att bränder i och omkring hydraul- och skärvätskesystem kan särskiljas.

Mellan åren 1987 och 1994 har man från tysk metallindustri [4] rapporterat 54 explosioner och 87 bränder. Inga människor har omkommit, men personskador har förekommit. Uppgifter om antalet skadade saknas dock.

I Finland finns det en databas [11] över bränder eller olyckor i försäkrade objekt. Databasen är tillgänglig för alla att söka i eller lägga till sin egen information, informationen i databasen är dock på finska. I den finska databasen finns sex hydraulrelaterade bränder rapporterade, från 1986 och framåt, där den senaste inträffade 1993. Denna brand beskrivs mer i detalj nedan.

Ett visst statistiskt underlag för brand i hydraulsystem finns via Factory Mutual. Denna statistik redovisas nedan. Nedan presenteras också beskrivningar från några skadefall som kan ge en bild av hur brand kan uppstå och vilken omfattning den kan få.

5.1 Statistik från Factory Mutual

Factory Mutual (FM) är en sammanslutning av tre amerikanska försäkringsbolag. FM redovisar statistik [12] från perioden 1981 - 90 som visar att 134 bränder som involverat hydrauliksystem inträffat. Totalt förorsakade bränderna skador för mer än 139 miljoner US dollar (1992 års penningvärde). I dessa siffror ingår inte bränder som inträffat i mobila hydrauliksystem.

Nästan hälften av bränderna inträffade i metallbearbetningsindustrin. En ansevärd del, 17 %, inträffade i plastindustri och 10 % inom träindustri.

Mer än 40 % av bränderna berodde på att hydraulvätska sprayade på någon het yta. Fel i elutrustning orsakade 13 % av bränder, lika stor andel bränder, 13 %, orsakades av heta arbeten som skärning och svetsning. I cirka 60 % av bränderna fanns tändkällor i form av heta ytor, ugnar, svetsprocesser eller smältor normalt närvarande. För de resterande 40 % av bränderna fanns alltså ingen "normal" tändkälla tillgänglig.

Icke fungerande sprinklersystem eller helt avsaknad av sprinkler var en bidragande orsak till skadornas omfattning i 40 av de 134 bränderna. Trots att dessa fall bara representerar cirka 30 % av bränderna så står de för 75 % av den ekonomiska skadan, dvs cirka 105 miljoner US dollar. Den genomsnittliga brandskadan var alltså cirka 2,6 miljoner US dollar. För de resterande 94 bränderna, där ingen felfunktion för sprinklersystemet finns rapporterat, var den genomsnittliga brandskadan cirka 360 000 US dollar, alltså bara en sjundedel så hög. Ordning och reda och snabbt ingripande för att stänga oljeutflöde vid läckage bidrar också starkt till att sänka brandskadekostnaderna.

5.2 Dokumenterade inträffade bränder

5.2.1 Bränder i svensk industri

Ett företag med skärande bearbetning har haft 10 bränder i skärvätska i sina automatiska svarvar under 1996. Brandorsaken kan troligen bero på felriktad oljestråle och dåligt skär vilket gjort att svarvstålet hettas upp och antänd skärvätskan. Bränderna har snabbt släckts av de fasta koldioxidssystem som man har i svarvarna och har därför inte gett upphov till några längre stillestånd.

Ett gjuteriföretag som tillfrågats har inte haft några bränder i hydraulsystem på åtminstone 10 - 20 år. Många hydraulsystem har sedan 70-talet vatten/glykol-lösningar som ersättning för mineralolja vilket minskar brandrisken. Mineraloljesystem finns dock fortfarande, men inga bränder har uppstått i dessa. De bränder man haft har inträffat då smält järn spillts ut, vilket inte direkt kan hänföras till hydraulsystemet i sig.

Ett annat gjuteriföretag har haft en brand på 15 år, branden inträffade 1996 i en svetsmaskin och orsakade endast ett kortvarigt stopp. Branden uppstod vid kolvarna och berodde på gnistbildning som antände en oljespray. Efter branden beslöt man att ha förbättra underhållet på systemen. Målet är dock att de hydrauldrivna svetsarna skall bytas mot mekaniska. Bytet sker dock inte enbart med anledning av brandriskerna.

5.2.2 Brand i matvarufabrik, USA

I en matvarufabrik för kyckling fick ett hydrauloljeläckage [12] stora konsekvenser. Hydraulolja läckte ut från en hydraulledning och antändes av en gasbrännare för en fritös i en av fabriken sex produktionslinjer. Trots att en produktionsingenjören omedelbart stängde av den centrala 6000 L hydraultanken hann cirka 570 L hydraulolja läcka ut. Dessutom bidrog den brännbara vägg- och takkonstruktionen (plastlaminat på träfiberskiva) till ytterligare brandspridning och rökskador. Totalt aktiverades 44 sprinkler som kontrollerade branden till produktionslokalen, som dock utrymdes på grund av den intensiva värmen och den stora mängden rök. Det lokala frivilliga brandförsvaret anlände efter 15 minuter och kunde släcka den återstående branden. Förutom omfattande skador på byggnaden och rökskadade matvaror skadades två produktionslinjer allvarligt vilket bidrog till ett längre produktionsstopp.

5.2.3 Brand i stålverk (1), USA

Oljeindränkta pappershandukar antändes under reparationsarbeten (heta arbeten) i ett stålvalsverk [12]. På grund av ineffektiv manuell släckinsats spreds branden till trycksatta, flexibla, hydraulslangar. I takt med att branden tilltog involverades ytterligare hydraulslangar. Brandförsvaret tillkallades och när de anlände stod flammor 6 m över det 15 m höga taket. Elkraften till verket stängdes av och branden kontrollerades och släcktes så småningom efter en massiv insats med flera strålrör och skumrör. Både maskinen och byggnaden fick omfattande skador.

5.2.4 Brand i stålverk (2), USA

En nyligen inträffad brand [5] på ett stålverk i USA orsakade över 100 miljoner US dollar i skador och produktionsbortfall. Maskinen i fråga var en stålvals som var avstängd för underhåll. Maskinen var ny och inte någon gammal "rosthög". De flesta funktionerna var avstängda eller "bortkopplade". Lokalerna saknade uppvärmning eftersom problemet vid normal drift består i att det bildas värme. Det var kallt och arbetslaget hade med sig en kupévärmare. Hydraulsystemen var placerade i fyra olika källare under maskinen.

Av någon anledning kopplas plötsligt huvudventilen för hydraulsystemet in och systemet trycksätts. Hydraulolja under 110 bars tryck sprayar ut från en öppnad ledning. Eftersom lokalen i sig är stor och dessutom öppen mot det fria i ena änden är det ett kraftigt drag i lokalen. Oljedimman blåser därför mot värmeaggregatet och oljan antänds. Brandklotet som bildas är så stort att brandvakten övermannas och sprinklersystemet överbelastas direkt. 430 separata sprinklerhuvuden aktiveras vilket starkt påverkar släckresultatet. Brandkåren får en tuff match mot branden som även involverade olika brännbara produkter och skräp inne i byggnaden.

Resultatet blev att det mesta som inte brunnit måste bytas ut på grund av olika skador, valsverket måste tas ner i sina minsta beståndsdelar för rengöring och justering, mildals med kablar måste ersättas, källarna måste repareras och utrustning måste bytas eller repareras.

Det var ett antal olyckliga omständigheter som bidrog till förloppet och de omfattande skadorna:

- En stor nästan momentan tredimensionell brand övermannar sprinklersystemet som skulle ha klarat en "normal" brand.
- En viktig tryckstegringspump falerade kort efter brandstarten.

- Bristfällig renhållning bidrog till att branden kunde sprida sig i oljespill och andra brännbara rester i lokalerna.

I grunden var det dock ett misstag som orsakade denna skada; man hade inte följt de väl etablerade reglerna för hur underhåll på hydraulsystem skall utföras. Man hade till exempel öppnat högtrycksledningar utan att isolera den delen av maskinen från hydraulsystemet. Hydraulsystemet var dessutom bara bortkopplat, inte helt avstängt.

5.2.5 Brand i strängsprutningsmaskin, USA

En 25 mm hydrauloljeledning i en strängsprutningsmaskin brast när en metallstång föll mot ledningen [12]. Oljan, som stod under 200 bars tryck, antände när den träffade upphettad aluminium. En operatör stängde omedelbart av den hydrauliska utrustningen, inklusive den 4500 L stora hydrauloljetanken. Totalt nio stycken sprinkler aktiverades och den anställda personalen använde flera pulversläckare för att kontrollera branden innan brandförsvaret anlände. Skadorna på maskinen begränsade sig till förkolnade elkablar och kontaminerad hydraulolja. Taket och lysrör direkt ovanför maskinen var rök- och brandskadade.

5.2.6 Brand i pressgjutmaskin, USA

Hydraulolja från en ledning som brast antändes av en gasbrännare i en pressgjutmaskin [12]. Förutom sprinkler i taknivå skyddades varje maskin av två sprinkler direkt ovanför maskinen. Vattenrören till dessa sprinkler var försedda med en flödesvakt kopplad så att hydraulsystemet stängdes av när de aktiverade. Totalt aktiverade branden nio sprinkler i tak plus de två sprinklerna direkt över maskinen. Hydraulsystemet (cirka 570 L, 80 bar) stängdes av och sprinklerna släckte branden innan brandförsvaret hunnit anlända. Skadorna inskränkte sig till brända elkablar och skadad takisolering direkt ovan maskinen.

5.2.7 Brand i formsprutningsmaskin, USA

Hydraulolja i en maskin för formsprutning av plast läckte ut och antändes av den elektriska värmaren [12]. Operatören klarade inte att stänga av maskinen, som var försedd med en egen 420 L hydraultank. Trots att fyra sprinkler aktiverades och kontrollerade branden skadades maskinen och takets stålkonstruktion direkt ovan branden, som endast varade i 10 minuter. En automatiskt avstängningsanordning för hydraulsystemet hade sannolikt bidragit till att begränsa skadorna.

5.2.8 Brand på fisketrålare, England

Nyligen inträffade en explosionsartad brand, med start i hydrauliksystemet, ombord en mindre fisketrålare i trä [13]. Besättningen bestående av kaptenen och en matros fick räddas i hamn av en annan båt.

Branden startade troligen på grund av att en läcka på en slang bildade en fin oljedimma vilken antändes av ett varmt avgasrör på maskinen.

Observationer som gjordes:

1. Fisketrålaren var väl underhållen och i god kondition
2. Där fanns inga tecken på att brand- och explosionsfara förelåg, förutom att den hydrauldrivna vinschen plötsligt inte orkade dra upp trålen.
3. Hydraulpumpen servade tre vinschar. Flexibla slangar användes mellan pumpen i maskinrummet och vinscharna uppe på däck.
4. Undersökningar av trålaren efter branden pekar på att branden inträffade då en fin oljedimma antändes på en het yta. Hydrauloljeläckan inträffade troligen då en flexibel slang hade skavts mot ett stålskott och börjat läcka. Med stor sannolikhet var det avgasröret på maskinen som antände oljedimman.

I England, där denna olycka inträffade, har man föreskrivit hur man förebygger den här typen av bränder. I "Merchant Shipping Notice No M.1456" föreskrivs man att hydraulsystem i möjligaste mån inte bör placeras i samma utrymme som fartygsmaskinen. I de fall där detta inte går att undvika skall hydraulsystemet vara väl konstruerat för att minska riskerna, vara väl underhållet och ofta kontrolleras för läckor och fel.

5.2.9 Brand i gjuteri, Finland

I ett gjuteri i Finland inträffade en olycka i en maskin för stränggjutning av stål under 1993 [11].

Då den gjutna strängen svalnade krokade den så mycket att den inte kunde passera förbi skärbrännaren. Strängen slog i transportrullarna med sådan kraft att hydraulcylindrarna som rullarna var upphängda på punkterades. En ca 1 cm lång reva uppstod på ett rör till cylindern. Röret var förlagt under en skyddsskiva, men oljesprayen som bildades träffade en stödskiva och vände uppåt. Sprayen träffade taket (15 m högt) och vände igen, varefter strålen blev bredare, antändes av den ännu heta gjutdetaljen varvid brand uppstod.

Hydraulvätskan var en skvarbrännbar vätska, men antändes ändå på grund av det höga trycket och den finfördelade sprayen. Tyvärr saknas beskrivning av skadans omfattning.

5.2.10 Brand i slipmaskin, Tyskland

Ett plåtskydd över en kilrenskiva för driften av en slipmaskin föll ner mot skivan och orsakade gnistbildning [14]. Gnistorna föll ner i slip/skärolja (en ren mineralolja) och antände den. Branden fick ett så snabbt förlopp att en direkt insats med handbrandsläckare ifrån personalen på plats inte räckte till. Industribrandkåren och ytterligare tre brandkårer krävdes för att släcka branden som varade i två timmar. Resultatet blev att ca 3500 m² av produktionsbyggnaden skadades, taket rasade in på ett ställe och ventilationsaggregat på taket skadades allvarligt. Rök- och vattenskadorna i byggnaden blev omfattande och produktionskapaciteten var reducerad i över ett år.

5.2.11 Brand i polerolja, Frankrike

Produktionshallen var en enplansbyggnad delvis med källare [14]. I källaren fanns serviceinstallationer som t ex: kraftförsörjning, tankar, filter, pumpar mm för olika oljor och tvättvätskor. I produktionshallens golv ovan källaren fanns ett schakt för diverse försörjningssystem, bl a rör för polerolja. Svetsarbeten utfördes i maskinlinjerna och strax efter att arbetet var klart observerades rök från diket med olja. Kort därefter efter syntes även flammor. Svetsaren försökte släcka branden med handbrandsläckare men misslyckades. Branden spred sig i diket längre och längre in i källaren. Mer än 90 handbrandsläckare användes utan att branden kunde släckas så brandkåren larmades. Första brandbilen anlände efter ca 5-6 minuter. Branden fortsatte att utvecklas och fler brandkårer larmades. Tillslut fanns 120 brandmän på plats men trots detta varade branden i 12 timmar. Brandmännen kunde dock förhindra att branden spred sig till produktionslokalen i planet ovanför. Nästan all utrustning i källarplanet ansågs vara en total förlust. På planet ovanför var det delvis stora skador eftersom betongkonstruktionen börjat spjälka. Enbart ett fåtal maskiner blev utsatta för brand men röken hade kontaminerat alla ytor, inventarier och byggnadsdelar. Trots dessa skador kunde delar av produktionen starta efter endast 9 dagar. Detta kunde lösas genom att försörjningssystem kopplades in från angränsande oskadade byggnader.

6 Branddetektionssystem

I de senaste byggreglerna, Boverkets byggregler (BBR) [15] ställs krav på installation av automatiskt brandlarm "I byggnader eller i delar av byggnader där krav på tidig upptäckt av brand ställs...". Som råd anges att en automatisk brandlarmsanläggning kan utföras med komponenter testade enligt standardserien SMS-EN 54, och utföras enligt Försäkringsförbundets regelsamling RUS 110:5 [16], Regler för automatisk brandlarmsanläggning.

Som framgår av texten från nuvarande byggregler är det upp till enskilda personers bedömning när det krävs brandlarm. Även försäkringsbolagen kan kräva brandlarm, och de kräver då i allmänhet att de utförs enligt RUS 110.

Det är viktigt att komma ihåg att RUS 110 utgör ett minimikrav på en automatisk brandlarmsanläggning. Det är upp till ägaren att avgöra om det på vissa platser behövs t ex en tätare placering av detektorerna för att uppnå detektering inom en viss tid, eller snabb detektering även av små bränder. Anläggningar som utförts enligt tidigare utgåvor av RUS 110 kan ha ett utförande som skiljer sig från nuvarande regler.

I RUS 110 specificeras bland annat den maximala yta som detektorer av olika typ får täcka och att centralapparaten måste sända vidare larmsignal till ständigt bemannad larmcentral. Vidare ges råd och regler om hur detektorer skall placeras i förhållande till balkar, lutande tak, ventilationsinstallationer, etc.

6.1 Olika typer av system

Man brukar skilja på olika typer av detektionssystem beroende på det sätt som detektorerna kommunicerar med centralapparaten. Konventionella system har detektorerna grupperade i sektioner där varje sektion utgör en larmadress i centralapparaten. Detektorerna kan endast ge en typ av signal ifrån sig, BRAND. Med ett konventionellt, icke adresserbart system, går det inte att identifiera vilken detektor i sektionen som aktiverats. I ett adresserbart system kan varje detektor förses med en egen adress även om de ligger inom samma sektion

Med hjälp av adresserna kan man styra funktioner, t ex automatisk aktivering av släcksystem, stängning av spjäll, stängning av dörrar, etc. Olika "och-" samt "eller-villkor" kan användas som kräver att ett visst antal detektorer skall ha signalerat innan styrningen görs. Genom att använda villkoret att flera detektorer skall larma minskas sannolikheten för felaktiga styrningar. En snabbt utvecklande brand kommer att ha liten tidsfördröjning tills flera larm erhålles om systemet installerats på ett riktigt sätt. För en mindre brand erhålles längre tid för undersökning och manuell styrning innan flera detektorer utlösts.

6.2 Olika typer av detektorer

En brand alstrar en rad fenomen som kan utnyttjas för att automatiskt detektera en uppkommen brand. Värme och rökdetektorer är de vanligaste typerna men det sker en omfattande forskning på området, både för att kunna detektera bränder snabbare, men även för att på ett säkrare sätt kunna skilja verkliga bränder från icke brand. Den text som följer i kapitlet avser inte explosionskyddade detektorer.

6.2.1 Värmedetektorer

Den enklaste formen av värmedetektorer är sådana som reagerar då en viss maximal temperaturnivå uppnås. Vanligen väljs en temperatur 20 - 35 °C över normal rums-temperatur.

Differentialvärmedetektorn är en vidareutveckling av maximalvärmedetektorn. Differentialvärmedetektorn reagerar om temperaturstegringshastigheten överstiger ett visst värde. En sådan detektor är även försedd med ett tröskelvärde i form av en maximal temperatur så att också bränder som utvecklas långsamt kan detekteras.

Det finns ett antal olika typer av vad man kan kalla linjevärmedetektorer. Ett system använder en plastkabel som smälter och ger kortslutning, ett annat system använder ett gastätt kopparrör för att samla upp värme och en tryckmätare för att detektera den tryckökning som uppvärmningen leder till.

6.2.2 Rökdetektorer

Rökdetektion är ett ganska komplicerat område då röken har olika egenskaper i olika skeden av branden och även är beroende av vad som brinner och brandens tillgång på syre. Dessutom förändras röken med tiden, s k åldring, då rökpartiklarna klumpar ihop sig, blir färre till antal samt större.

Joniserande detektorer definieras i RUS 110 som detektorer " där luften i en mät-kammare joniseras genom en strålkälla. Detektorn kan genom kompensationskammare eller motsvarande lösning göras mindre känslig för förändringar i temperatur, luft-fuktighet och lufttryck." Joniserande detektorer är känsliga för "vit rök" dvs rök med små partiklar och hastigt uppflammande bränder. Det pågår forskning för att få fram joniserande rökdetektorer som inte innehåller någon radioaktiv strålningskälla.

Optiska detektorer finns med lite varierande detektionsprinciper. Dels finns det fördunklingsdetektorer som mäter minskningen i ljusintensitet då rök passerar mellan en ljuskälla och en mottagare och dels finns det s k ljusspridningsdetektorer som reagerar då rökpartiklar reflekterar mer ljus från ljuskällan till mottagaren. I RUS 110 står det att "Optisk rökdetektor som i regel har mätkammaren utförd som en labyrinth där partikel-tätheten mätes genom reflektions- eller genomsiktsmätning." Optiska detektorer är generellt mindre känsliga för höga lufthastigheter än joniserande detektorer och reagerar något snabbare för en glödbrand.

Både låga och höga lufthastigheter kan försämra en rökdetektors känslighet. I RUS 110 anges 5 m/s som generell högsta hastighet för rökdetektorer. De gashastigheter som uppnås i en brands tidiga skede är betydligt lägre än de som erhålles vid typprovning av detektorer enligt standarden EN-54 och även nya detektorer kan ha stor variation i beroende på lufthastigheten.

I lokaler med stora takhöjder kan man använda linjerökdetektorer. I RUS 110 förklaras principen med att detektorn "...reagerar på den fördunklingseffekt som uppstår av brandrök.". Detektorn består av en ljuskälla och en mottagare. Antingen placeras de var för sig mitt emot varandra eller på ett och samma ställe med en reflektor mitt emot. Om man använder linjerökdetektorer kan det vara nödvändigt att ta hänsyn till byggnadens rörelser på grund av temperatur- eller fukt koncentrations-förändringar.

Under senare år har det även utvecklats en teknik med s k samplande eller aspirerande system. Med hjälp av rörledningar sugs luftprover kontinuerligt in i en kammare med en detektor. I de enklaste systemen sitter det en vanlig punktdetektor av optisk eller joniserande typ, men det finns även system med mera känsliga detektorer. Oavsett vilken typ av mätteknik som använts så är de känsligaste samplande systemen omkring 100 gånger känsligare än vanliga rökdetektorer. Den höga känsligheten samt möjligheten att täcka ett stort område med en detektor (RUS 110 kräver minst ett samplingshål per 100 m² golvyta) kan medföra att man får en signal om brand i ett så tidigt skede att det är mycket svårt att visuellt eller via lukt lokalisera källan till larmet.

6.2.3 Flamdetektorer

I RUS 110 definieras flamdetektorer som "Detektor som reagerar för strålning som uppstår vid brand. Flamdetektorer kan indelas i följande: a) UV-typ som reagerar för ultraviolett strålning. b) IR-typ som reagerar för oscillerande infraröd strålning inom visst våglängdsområde." Tidigare var flamdetektorer relativt störningskänsliga, men det har man idag i hög grad avhjälpt genom att endast mäta inom vissa våglängdsområden samt att kombinera olika villkor. Flammorna från olika bränslen ger upphov till olika mängder UV- och IR-strålning inom olika våglängdsband.

En undersökning visade sig att UV-detektorer är mycket känsliga för olja på detektorns skyddsglas. Oljan absorberar UV-strålning så att detektorn inte reagerar men den interna självdiagnostiseringen kunde inte upptäcka problemet.

6.2.4 Andra typer av detektorer

Det finns andra möjligheter att detektera brand t ex genom att detektera koncentrationen av vissa specifika gaser som kolmonoxid eller koldioxid. Man kan även göra en kombinerad signalbehandling från detektorer som känner av t ex optisk densitet, joniseringsgrad, värme eller gaskoncentration. Fördelen med signalkombination och mönsterigenkänning är dels att man kan uppnå snabbare detektion, men det ger även en möjlighet till säkrare detektion, dvs att kunna sälla bort fellarm. Bland annat i Tyskland och Japan pågår utvecklingen av multisensorsystem med avancerad signalbehandling. Flera tillverkare har idag kommersiellt tillgängliga system med multisensorer.

7 Släckmedel och släcksystem

7.1 Sprinklersystem

I byggreglerna finns inte några krav på installation av sprinklersystem. Däremot finns i senaste utgåvan av Boverkets byggregler (BBR) ett antal exempel på hur sprinklersystem kan utgöra skydd mot brandspridning mellan byggnader eller medföra minskade krav på brandavskiljande förmåga hos brandväggar eller rökventilation från källare.

Dimensioneringen av sprinklersystem utförs i Sverige vanligen enligt Försäkringsförbundets regelsamling RUS 120:4, "Regler för automatisk vattensprinkleranläggning" [17]. Det svenska regelverket utgör en anpassning av en regelsamling som tagits fram gemensamt inom de europeiska försäkringsbolagens samarbetsorganisation CEA, som ett minimikrav för att erhålla försäkringsrabatter. Svenska myndigheter har inte haft några egna sprinklerregler. Däremot pågår det ett arbete inom CEN med att ta fram regler som Sverige i så fall måste acceptera som nationell standard. Det är idag osäkert hur en kommande CEN-standard påverkar användningen av RUS 120:4.

I vissa fall används andra, utländska, regelverk även i svenska anläggningar. Ofta är det då de amerikanska reglerna skrivna av National Fire Protection Association (NFPA) eller Factory Mutual (FM).

Sprinklersystem dimensioneras normalt för att kontrollera bränder. Sprinklern skall genom vätning av ej antänt brännbart material förhindra att branden sprider sig ytterligare samt genom kylning förhindra skador på byggnadsdelar. Antingen får branden släckas manuellt eller så får det redan antända materialet brinna ut.

Dimensionering av sprinklersystem sker i ett antal steg. Det första steget innebär att man klassificerar det gods eller det utrymme som skall skyddas. I RUS 120:4 är riskklasserna beroende på den verksamhet och brandrisk en byggnad eller lokal bedöms ha, beroende på innehåll av brännbart material, lagringshöjd och lagringssätt. De tre riskklasserna är; Låg riskklass (L), Normal riskklass (N) och Hög riskklass (H), vilka i sin tur uppdelad i undergrupper.

För varje riskklass finns krav på vattentäthet, verkningsyta och varaktighet. Vattentäthet är ett mått på mängden vatten per golvyta och tidsenhet. Enheten är vanligen $L/min/m^2$ eller mm/min vilka är ekvivalenta. Verkningsytan är den största golvyta som sprinklersystemet skall klara att täcka samtidigt, med bibehållen vattentäthet. Verkningsytan bestämmer två hydrauliska ytterpunkter, dels det lägsta tryck som krävs för att förse den hydrauliskt sämst belägna verkningsytan med tillräckligt flöde, samt det maximala flöde som kommer att strömma ut från den hydrauliskt bäst belägna verkningsytan. Varaktigheten är den tid under vilken det skall finnas tillräckligt med vatten för att förse den verkningsyta som kräver mest vatten. Om det kommunala vattennätet inte ger tillräckligt flöde krävs vattenlager och pumpar för att tillgodose vattenbehovet. Om vattenkällan utgörs av det allmänna nätet skall matning ske i römnätet från två håll, som vart och ett skall kunna leverera det tryck och flöde som krävs. Har man pumpar så behövs det två pumpar, normalt en elektrisk och en dieseldriven. För att kompensera för eventuell framtida försämring av försörjningen och ge en reserv för Räddningstjänstens behov skall respektive flöde ökas med 50 %, dock högst 1000 L/min. Det finns även detaljregler i RUS 120:4 som rör val av sprinklertyp, maximal täckningsyta per sprinkler och placering av sprinkler.

7.1.1 Sprinklerskydd av utrymmen med hydraulsystem enligt RUS 120

Det finns inga konkreta anvisningar i RUS 120:4 för skydd av utrymmen med hydraulsystem. En bedömning av hur skyddet skall utformas får därför göras i varje enskilt fall, tillsammans med det berörda försäkringsbolaget. Sannolikt skulle en verksamhet med hydraulsystem hänföras till "Hög riskklass produktionsrisker (HP)". Dimensionerande vattentäthet är därmed 7,5 - 12,5 mm/min, verkningsytan 250 m² och varaktigheten 90 minuter. Om sprinklersystemet utförs som ett torrörsystem skall verkningsytan ökas med 25 %. Kompletterande skydd med "lämpliga" specialmunstycken eller tillsatser skulle sannolikt övervägas.

7.1.2 Sprinklerskydd av utrymmen med hydraulsystem enligt Industrial Risk Insurers (IRI)

Det amerikanska försäkringsbolaget Industrial Risk Insurers (IRI) rekommenderar följande sprinklerskydd för utrymmen med hydraulsystem.

För hydraulsystem som innehåller oljor som inte kan klassificeras som "less combustible" gäller följande:

- Installera sprinkler i alla utrymmen som har hydrauldriven utrustning, hydraulsystem eller hydrauloljerör. Sprinklersystemet skall täcka alla områden såsom pumpgropar dit utläckande olja kan spridas.
- Det sprinklade området skall utsträckas minst 15 m, i alla riktningar, från hydrauldriven utrustning eller hydraulrör. Denna täckningsyta kan dock reduceras om hydraultankar, pumpar, filter och annan hydraulutrustning byggs in i separata utrymmen, utförda av obrännbart material och om helsvetsade röranslutningar används, förutom de fall då flexibla anslutningar är nödvändiga.
- Sprinklersystemet skall dimensioneras i enlighet med Extra Hazard Group 1, enligt NFPA 13. Verkningsytan bör vara minst 465 m² (vattentäthet 8,1 mm/min) om sprinkler med nominell utlösningstemperatur om 74 °C används. Verkningsytan kan reduceras till 279 m² (12,2 mm/min) om 141 °C sprinkler används. Om sprinklersystemet utförs som ett torrörsystem skall verkningsytan ökas med 30 %.
- Pumpgropar och liknande utrymmen bör förses med avlopp som mynnar till en säker plats och skall klara att hantera spill även av miljöskäl. Skumsystem i groparna kan minska eller eliminera behovet av avlopp eftersom mindre mängd släckmedel behövs för att kontrollera en brand. Skumsystem kräver dock mer underhåll än ett vanligt sprinklersystem.
- För manuell släckning skall brandposter med en kapacitet om minst 1900 L/min finnas. Vattenkällan skall dimensioneras så att så den klarar sprinklersystemets behov, inklusive brandposter, i minst 3 timmar.

Utrymmen eller områden där begränsade mängder "combustible hydraulic fluids" används kan skyddas enligt Ordinary Hazard Group 2, om de uppfyller följande krav:

- Hydrauloljan är begränsade till fristående utrustning eller maskiner.
- Systemet inte innehåller mer än 190 L olja.
- Takhöjden, avståndet mellan utrustningen eller maskinerna och mängden omgivande, brännbart material gör det osannolikt att en brand kan sprida sig från en maskin till en annan.

- Att god ordning och underhåll råder.

Ordinary Hazard Group 2 innebär att sprinklersystemet dimensioneras för en verkningsytan om minst 372 m² (vattentäthet 6,1 mm/min).

Utrymmen eller områden där mindre mängder "combustible hydraulic fluids" används kan också skyddas enligt Ordinary Hazard Group 2. Men man påpekar att det som tillverkas, andra risker eller byggnadskonstruktionen förstås kan kräva en högre nivå på sprinklerskyddet. För utrymmen där god ordning är ett problem bör sprinklerskydd utformat enligt Extra Hazard Group 1 övervägas.

7.1.3 Sprinklerskydd av utrymmen med hydraulsystem enligt Factory Mutual (FM)

I Loss Prevention Data Sheet 3-26 och 7-98 [18, 12] finns anvisningar för hur sprinklersystem i lokaler med hydraulsystem skall dimensioneras. Skyddsnivån baseras på (1) den totala mängden hydraulolja som kan läcka ut, om man antar att hydraulpumpen inte slås ifrån, och (2) förekomsten av tänkbara tändkällor. Olika typer av tänkbara tändkällor kan vara smält metall, oljevärmare och andra heta ytor över oljans självantändningstemperatur, öppna lågor eller gnistalstrande utrustning såsom svetsmaskiner. Som utgångspunkt klassificeras lokalen enligt de verksamheter som finns beskrivna i Data Sheet 3-26, vilket styr den generella sprinklerdimensioneringen. Beroende på den totala mängden hydraulolja i ett enskilt, eller gemensamt hydraulsystem avgörs om sprinklerskyddet skall ökas eller inte. Om den totala mängden (petroleumbaserad) hydraulolja överstiger 380 L dimensioneras sprinklersystemet enligt tabell 2. Hydraulsystemet skall vara försett med ventiler som automatiskt stänger oljeflödet från ackumulatortanken vid ett läckage. Saknas sådana automatiska ventiler krävs större verkningsytan, eftersom en eventuell brand kan förväntas bli större. I sådana fall dimensioneras sprinklersystemet enligt tabell 3. Våtrörsystem med högttemperatursprinkler (141 °C) är att föredra.

Tabell 2 Dimensionering av sprinklersystem i lokaler med hydraulsystem med petroleumbaserad hydraulolja i större mängd än 380 L. Hydraulsystemet är försett med ventiler som automatiskt stänger vid läckage.

| Typ av sprinklersystem | Nominell utlösningstemperatur [°C] | Vattentäthet [mm/min] | Verkningsyta [m ²] |
|--|------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Våtrör | 141 °C | 8,1 mm/min | 280 m ² |
| | 74 °C | | 370 m ² |
| Torrör | 141 °C | | 460 m ² |
| | 74 °C | | 560 m ² |
| Vattenbehov för manuell släckning: 1900 L/min Varaktighet: 60 minuter | | | |

Tabell 3 Dimensionering av sprinklersystem i lokaler med hydraulsystem med petroleumbaserad hydraulolja i större mängd än 380 L. Hydraulsystemet är inte försett med ventiler som automatiskt stänger vid läckage.

| Typ av sprinklersystem | Nominell utlösningstemperatur [°C] | Vattentäthet [mm/min] | Verkningsyta [m ²] |
|---|------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| Våtrör | 141 °C | 6,1 mm/min | 700 m ² |
| | 74 °C | | 930 m ² |
| Torrör | 141 °C | | 930 m ² |
| | 74 °C | | 1210 m ² |
| Vattenbehov för manuell släckning: 950 L/min Varaktighet: 60 minuter | | | |

Sprinkler skall installeras i dolda utrymmen såsom i pumpgröpar under utrustning och under plattformar.

7.2 Vattenspray och vattendimma

7.2.1 Vattenspraysystem

Vattenspraysystem är ett komplement till vanliga sprinkler för skydd av speciella risker. Systemen används ofta för att kyla objekt som tankar eller byggnadskonstruktioner, skydda transformatorer, kabelstegar eller mot brand i gaser, vätskor eller fasta material. Vattenspraysystem utförs oftast, men inte alltid, som grupputlösningssystem så att vattnet kan påföras simultant över alla ytor som skyddas. I sådana fall aktiveras systemet med hjälp av ett separat branddetektionssystem. Det finns även munstycken avsedda att aktiveras individuellt, ofta kommer dock kraven på bra placering för att erhålla täckning i konflikt med kravet på placering för att få en säker aktivering.

I NFPA 15 *Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection* [19] finns rekommendationer för installation av vattenspraysystem. Här finns anvisningar för rörinstallationen, hydrauliska beräkningar, vattenkällan, underhåll och även viss vägledning för erforderliga vattentätheter för olika typer av bränder och risker. För kontroll eller släckning av vätskebrand med vattenspraymunstycken eller sprinkler verkar någon, eller en kombination av följande släckmekanismer:

- Kylning av vätskeytan. Kräver att hela vätskeytan täcks av vattensprayen. Är inte effektivt om den brännbara vätskan har en flampunkt lägre än temperaturen på det vatten som påförs och är generellt inte tillfredsställande för vätskor med en flampunkt lägre än 60 °C. Till viss del beror denna effekt på att vattentemperaturen höjs men framförallt på att vattnet övergår till vattenånga, eftersom denna fasomvandling kräver betydligt mer energi.
- Kvävning genom förångning. För att kvävning skall vara effektivt krävs att branden är så intensiv att vattnet förångas i tillräcklig hög grad. Kräver att i stort sett hela vätskeytan täcks av vattensprayen. Den vattenånga som bildas tränger undan syre och bidrar därmed till släckning.
- Emulsifiering. Denna släckmekanism kan endast påräknas för vätskor som inte är blandbara med vatten. Kräver att hela vätskeytan täcks av vattensprayen. För vätskor med låg viskositet krävs att vattenpåföringen är jämt fördelad över ytan. För vätskor med högre viskositet krävs också jämn vattenpåföring, men påföringshastigheten behöver inte vara så hög. För vätskor med låg viskositet är emulsionen med vattnet sannolikt bara temporär. För vätskor med högre viskositet varar emulsionen längre och bidrar även till att förhindra återantändning.
- Utspädning. Denna släckmekanism kan endast påräknas för vätskor som är blandbara med vatten. Bidraget från denna släckmekanism är begränsat på grund av den höga grad av utspädning som normalt krävs för släckning.
- Andra faktorer. Ibland kan andra faktorer bidra till släckning. Som att en vattenfilm bildas på ytan om materialet har en densitet som är mycket högre än 1,0 (såsom asfalt, koldisulfid).

För att släcka en brand i de flesta brännbara fasta eller vätskeformiga material krävs en vattentäthet mellan 6,1 och 20,4 mm/min. Mer vägledning än så ges inte av NFPA 15, eftersom dokumenterade försöksdata är allt för begränsade för generella rekommendationer. För en verklig installation menar man att dimensioneringen bör baseras på försöksdata eller kunskap baserade på så likartade förutsättningar som möjligt. Ett system dimensionerat för att kontrollera en brand skall klara detta tills det brännbara materialet har brunnit ut, bränsleflöden stängs av eller tills branden kan släckas manuellt. För skydd av brand i pumpar, kompressorer och liknande utrustning rekommenderar man en vattentäthet om minst 20,4 mm/min och för kontroll av poolbränder minst 12,2 mm/min. Munstycken skall placeras så hela den yta där ett spill kan ansamlas täcks in. I kapitel 7.2.2 diskuteras försök som finns utförda med sprinkler och vattenspraymunstycken mot vätskebrand.

Vid risker som involverar brand i brandfarliga vätskor betonar NFPA 15 vikten av invallningar med avlopp så att spridningen, både av den brinnande vätskan och vattnet från systemet kontrolleras. Med sådana åtgärder minskar brandskadan såväl som vattenskadan.

Underwriters Laboratories (UL) och Factory Mutual (FM) godkänner vattenspraymunstycken. Från deras respektive godkännandelistor kan hämtas uppgifter om spridningsvinkel, nominell munstycksöppning (K-faktor), maximalt avstånd till risk och avstånd mellan munstycken.

Det finns olika typer av munstycken för olika användningsområden, t ex typ av brand och om den skyddade risken är inomhus eller utomhus. Mellan- och höghastighetsmunstycken är två typer som ofta nämns. Det finns uppgifter som gör gällande att höghastighetsdysor kan användas mot brännbara vätskor med flampunkter högre än 66 °C medan mellanastighetsdysor kan användas mot brännbara vätskor med flampunkter högre än 38 °C. Dessa påståenden är dock tveksamma, se nedan.

7.2.2 Försök mot vätskebrand med vattenspraysystem

Det finns även en möjlighet att dimensionera vattenspray- eller sprinklersystem efter försök mot den typ av brandrisk som skall skyddas. Ett exempel är de försök som genomfördes vid SP 1980 i Svenska atomförsäkringspoolens regi [20] samt de försök som genomförts av den finska atomförsäkringspoolen [21].

I de svenska försöken påvisades att det krävs omkring 8 mm/min oavsett typ av dysa för att släcka oljepoolbränder om inte någon del av vattensprayen blockeras på sin väg mot branden. I en serie tilläggförsök provades verkan av skuminblandning. Vattenbehovet minskade, liksom tid till dämpning av branden. Den finska atomförsäkringspoolen ansåg inte de svenska försöken tillräckligt uttömmande utan genomförde en egen serie försök. De finska försöken bekräftar de svenska vad gäller spillbränder, men man undersökte även om spraybränder kunde släckas med vattensprinkler. Spraybränder kan uppstå då trycksatt smörjolja strömmar ut från ett mindre hål. Under utrullningen hos en turbin eller generator kan inte tillförseln av smörjolja stoppas förrän turbinen eller generatorm slutat rulla. Erfarenheterna från de finska försöken kunde summeras i sex punkter.

- Poolbränder kan släckas med så lite som 6,5 mm/min, men 8 mm/min medger en liten men försvarbar säkerhetsmarginal.
- Spraybränder kan kylas effektivt med vanliga sprinkler vid 12 mm/min.
- Det gick inte att släcka spraybränder med höghastighetsmunstycken vid 20 mm/min.
- Med omsorgsfullt inställda mellanastighetsmunstycken gick det att släcka spraybränder vid 20 mm/min, dock helst i kombination med ytterligare sprinkler för snabb effekt.
- För pålitlig och snabb släckning av spraybränder behövs 40 - 60 mm/min.
- Skador på munstycken på hög temperatur i försök med fördröjd aktivering visar på betydelsen av automatisk aktivering av sprinklersystem.

Försök liknande de finska har utförts vid SP-Brandteknik för fartygsmaskinrum [22]. I dessa försök visade det sig mycket svårt att släcka en spraybrand med enbart vatten.

I de ovan nämnda maskinrumsförsöken har tiden till släckning varierat mellan något tiotal sekunder och upp till omkring tre minuter. Försöken utfördes i en tom lokal, med en ren geometri, dvs det fanns inte några obstruktioner som kunde skärma släckvattnet. Detta ger en dålig avspeglning av verkligheten. Atomförsäkringspoolen har tillåtit 90 sekunders sprinkling av en del risker i svenska verk, att jämföra med kravet i RUS på 60 minuter för normal riskklass och 90 minuter för hög riskklass.

I Finland har man fortsatt att undersöka möjligheterna att släcka vätskebränder med vattensprinkler. I två rapporter från 1989 [23, 24] refereras till 109 släckförsök med poolstorlekar från 0,4 - 12 m² och vätskor med olika flampunkter. De flesta försöken genomfördes dock med en smörjolja med en flampunkt på cirka 60 °C. Släckningstiderna varierade kraftigt beroende på bränslets flampunkt (och antagligen även ångtrycket). För bränslen med flampunkter från omkring 200 °C tog släckningen under en halv minut, medan en produkt med flampunkt under 150 °C tog upp till 4 minuter att släcka med 9 mm/min. Dock var det endast ett fåtal försök som gjordes mot vätskor med höga flampunkter.

Det framkom också att det inte finns någon klar definition av gränserna mellan de olika typerna av munstycken som provades. Det finns uppgifter som säger att höghastighetsdysor kan användas mot brännbara vätskor med flampunkter högre än 66 °C medan mellanastighetsdysor kan användas mot brännbara vätskor med flampunkter högre än 38 °C. Man kunde från VTT:s sida inte finna några ursprungliga källor till dessa påståenden i form av redovisade försök eller liknande.

Generellt kan höghastighetsdysor sägas producera större droppar som släcker genom att penetrera flammorna och kyla bränsleytan medan mellanastighetsdysorna ger mindre droppar som effektivare kyler omgivningen.

7.2.3 Vattendimma

På senare år har intresset för att använda finfördelat vatten, populär kallat "vattendimma", för brandsläckning ökat. Bidragande orsaker har varit halonavecklingen och ökade brandskyddskrav ombord på passagerarfartyg, efter Scandinavian Star branden.

Det har varit känt sedan lång tid att man kan utnyttja vattnets värmeabsorptionsförmåga bättre genom att finfördela det till små droppar. En droppe med 1 mm diameter, som är en representativ storlek från traditionella sprinkler, har samma volym som 1000 droppar med 0,1 mm diameter. Samtidigt ökar omslutningsytan för samma vattenvolym med en faktor 10 vilket ökar förångningshastigheten eftersom en liten droppe förångas snabbare än en stor. Under 1920 -40 50 och 70-talet provades tekniken mot brand mot framförallt vätskebränder, visserligen med gott resultat, men höga kostnader för högtryckspumpar, farhågor för igensättning av munstycken, etc bidrog till att tekniken aldrig fick något kommersiellt genombrott. Under senare år har det rent tekniskt blivit större möjligheter att tillverka sådana system så att de blir ekonomiskt konkurrenskraftiga.

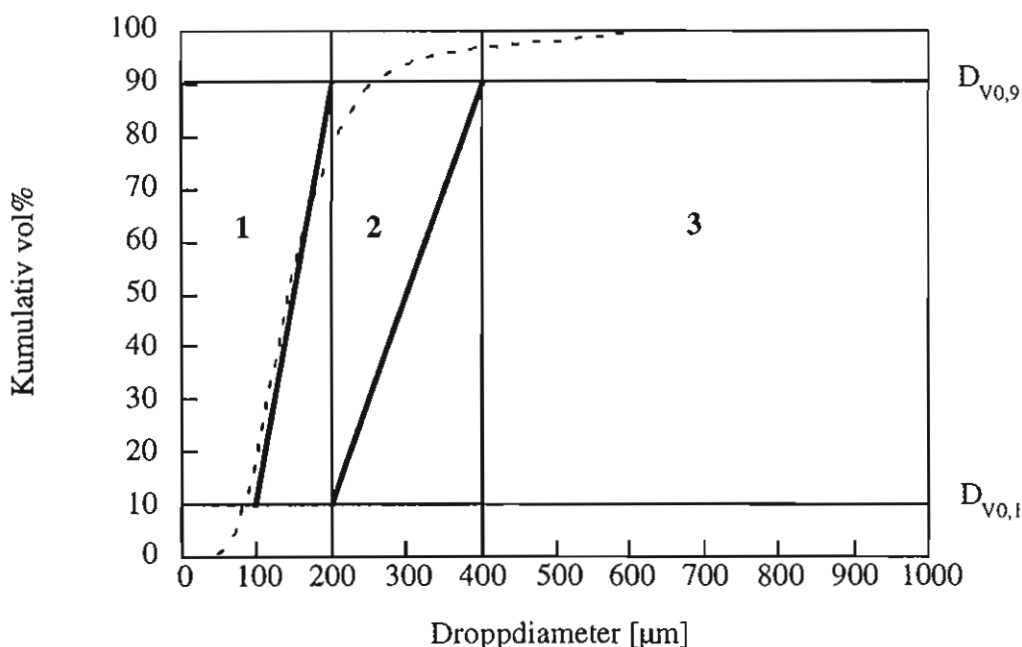
Det nyvaknade intresset under början av 1990-talet har bidragit till att provningsmetoder och installationsregler utvecklats för att möta det ökade behovet. Först ut var International Maritime Organization (IMO) som tagit fram installationsanvisningar och provningsmetoder [25, 26] både för inredning och maskinrum på fartyg. Förutom brandprovningmetoder finns även metoder för att prova hur munstycken klarar värme-påverkan, korrosion, vibrationer, igensättning, etc. Anvisningarna från IMO ligger till grund för kommande provningsmetoder både från Underwriters Laboratories (UL) och International Standardisation Organisation (ISO).

I USA har NFPA tagit fram installationsregler, NFPA 750 [27]. Reglerna innehåller definitioner på systemlösning, munstyckstyp, aktiveringsprincip, etc samt vissa baskrav på utrustning och installation. Vad gäller dimensionering av ett system samt detaljkrav för installationen hänvisas till verifierande försök. Man har definierat "vattendimma" som "En vattenspray där $D_{V0,99}$ är mindre än 1000 μm (1 mm)". Detta innebär alltså att i princip samtliga vattendroppar från ett munstycke skall vara mindre än 1 mm. Det är en relativt bred definition, eftersom även traditionella vattenspraymunstycken ryms inom definitionen. I en bilaga till NFPA 750 har man därför även gjort en uppdelning i tre klasser baserat på droppstorleken från ett munstycke. Se även figur 4. Det finns en uppdelning i låg-, mellan och högtryckssystem. Som lågtryckssystem räknas system som har ett arbetstryck lägre än 12,1 bar.

Klass 1. Hit räknas munstycken som ger en vattenspray med vattendroppar som ligger till vänster om den linje som förbinder $D_{V0,1}=100\ \mu\text{m}$ och $D_{V0,9}=200\ \mu\text{m}$. Flera kommersiellt tillgängliga munstycken kan räknas till denna kategori. Normalt handlar det om munstycken som kräver relativt högt tryck och som ger låga vattenflöden eller munstycken som sönderdelar vatten pneumatiskt. Brand i brännbara vätskor (pool- eller spraybränder) kan släckas effektivt med dessa typer av munstycken. Men även brand i fibrösa material, speciellt om munstycket ger hög hastighet (penetrationskraft) och branden är ytlig.

Klass 2. Hit räknas munstycken som ger en vattenspray med vattendroppar som ligger till vänster om den linje som förbinder $D_{V0,1}=200\ \mu\text{m}$ och $D_{V0,9}=400\ \mu\text{m}$. De något större vattendropparna gör det lättare att åstadkomma högre vattenflöden. Vattendropparna är dock inte för stora utan är fortfarande effektiva mot brand i brännbara vätskor. Dropparna har även effekt mot brand i fibrösa material tack vare kylning av den brinnande ytan. Till denna kategori kan räknas munstycken som kräver relativt moderata tryck och som ger något högre vattenflöden jämfört med munstycken i klass 1.

Klass 3. Hit räknas munstycken som ger en vattenspray med vattendroppar där $D_{V0,9}$ är större än $400\ \mu\text{m}$. Till denna kategori kan räknas munstycken som kräver låga tryck och som ger relativt höga vattenflöden. Exempel på munstycken kan vara sprinkler eller vattenspraymunstycken med liten munstycksöppning eller strålrör för manuell släckning. Dessa typer av munstycken ger god effektivitet mot brand i fibrösa material och, under vissa omständigheter, släckning eller kontroll av bränder i brännbara vätskor.



Figur 4 Indelning av vattendimma i olika klasser enligt NFPA 750. Som exempel har den kumulativa droppstorleken för ett munstycke som ger 10 L/min vid 10 bars tryck plottats. Detta munstycke klassificeras således i klass 2.

Ovanstående klassificering kan ge en viss vägledning angående vilken typ av munstycke som passar en viss tillämpning. I nuläget, när det inte är möjligt att modellera släckegenskaperna utifrån mätningar av spraykaraktistik och teoretiska resonemang krävs det fullskaliga brandförsök för att kunna verifiera systemens funktion och en anpassad dimensionering för varje typ av brandrisk.

Som med andra typer av släcksystem måste användaren fundera över vilka skyddsmål som skall uppnås. Exempel på detta kan vara tid till släckning eller kontroll och maximal ekonomisk skada. Typ av brand och brandscenarie är nästa frågeställning, eftersom detta i hög grad påverkar vilket system som skall väljas. Det skyddade utrymmets volym, takhöjd, täthet, etc har även stor betydelse.

Baserat på ovanstående frågeställningar kan man avgöra om ett släcksystem av typen vattendimma kan användas i det aktuella fallet. Man bör kräva att en tillverkare kan redovisa försök som visar att de skyddsmål som ställts upp klaras med de givna förutsättningarna. Det är i sammanhanget viktigt att erinra att även små avvikelser mellan försök och aktuell installation kan ha stor inverkan. I tveksamma fall är därför verifierande försök att rekommendera eller att andra typer av släcksystem används.

Då intresset för vattendimsläcksystem varit störst från den marina sidan så har det, som nämnts ovan, tagits fram två provningsstandarder av Internationella Sjöfartsorganisationen (IMO) för att verifiera släckegenskaperna dels i inredningsdelen av ett fartyg samt i maskinrum. Erfarenheter visar att det går att släcka såväl bränder i fibrösa material som i brännbara vätskor som dieselolja och heptan. I maskinrumsförsöken krävs inte att ett system klarar att släcka bränder mindre än 0,5 m² då man antar att personalen kan släcka dessa manuellt. Större bränder på 1 - 10 MW storlek har dock visat sig vara ett mindre problem att släcka än de små bränderna.

Det finns även en standardmetod för att testa fram modulära installationer för användning i mindre gasturbiner. Olika tillverkare och användarintressenter har även testat vattendimsläcksystem i kabelkultvertar, spänningssatta ställverk, transformatorer, flygplansmotorer, flygplansinredning, etc. Då det oftast inte rör sig om standardiserade metoder är det viktigt att beställare och granskare noga kontrollerar att omständigheterna under försöken utgör en representativ modell av applikationen och den miljö som kan råda.

Rent generellt kan också sägas att vattendimsläcksystem inte har samma egenskap som sprinklersystemen, att de först öppnade dysorna ger betydligt högre vattenflöde än minimibehovet. Säkerhetsmarginalerna i systemen bör därför arbetas in på annat sätt, t ex genom att höga krav ställs på testscenarier, varaktighet, möjlighet till manuell släckning, etc.

7.2.4 Försök med vattendimma mot brand i hydraulolja

De mest använda bränslena vid fullskaleförsök med vattendimma är heptan och dieselolja. Eftersom båda dessa bränslen har lägre flampunkt än de hydrauloljor och skärvätskor som är mest intressanta i detta projekt är resultaten troligen på den säkra sidan.

UK Ministry of Defence har genomfört en serie med försök [28] för att öka förståelsen för vilka parametrar som är viktiga vid dimensionering av ett system med vattendimma, såsom tryck och vattenflöden. Vad som är intressant för detta projekt är att försöken genomfördes i en öppen geometri och med flera olika typer av bränslen och flera olika typer av munstycken.

Försöken genomfördes i en öppen geometri där en balja placerades under en matris med nio stycken munstycken (1,5 m avstånd mellan munstyckena). Takhöjden var 6 m. Avsikten med uppställningen var att spegla en del av ett större maskinrum där en zon av munstycken aktiveras över en brand. Fem olika bränslen användes med en flampunkt från 38 °C till 165 °C. Två av dessa bränslen var hydraulolja (mineralolja). Den balja som användes hade en diameter om 1,13 m (area = 1,0 m²). I tillägg till dessa bränder användes en fibrös brand i form av isolering som var indränkt i diesel. Två olika typer av obstruktioner användes, en helt tät plåt och en genomsläpplig gallerdurk. Sju olika typer av munstycken provades, varav fyra med ett tryck mellan 8 - 12 bar och tre med 70 bar. Vad gäller högtryckmunstyckena användes endast fyra stycken. Munstyckena var valda för att åstadkomma en vattentäthet om 3,5 mm/min, munstycket som krävde 12 bars tryck överskred dock detta (4,3 mm/min).

Som väntat var bränslena med låg flampunkt svårast att släcka, inget av systemen klarade att släcka bränslena med 38 °C flampunkt (flygbränsle). Den fibrösa branden släcktes inte heller av något av systemen. Sämst av de provade munstyckena var de med högt tryck. Vattendropparna från dessa munstycken klarade inte att penetrera brandplymen, utan de tenderade att föras bort från branden. Bäst av de provade munstyckena var det som jobbade med 12 bars tryck. Detta munstycke klarade att släcka bränder i alla bränslen utom det med lägst flampunkt. Som sagts ovan var vattentätheten dock högre för detta munstycke jämfört med de andra. Vattendropparna verkade dock penetrera brandplymen bättre jämfört med de andra munstyckena.

Inget av munstyckena klarade att släcka branden om den var helt dold. Gallerdurken, som till viss del var genomsläpplig, påverkade inte släckningen i någon högre grad, i vissa fall var släckning till och med lättare att åstadkomma med gallerdurk än utan. I dessa fall drogs slutsatsen att gallerdurken påverkade brandplymen till fördel för systemen.

Den slutsats man drog av försöken var att grupp Lösningssystem, installerat i relativt höga lokaler, inte kan rekommenderas som ett generellt "totalskydd" för maskinrum eftersom det inte klarar att släcka vissa typer av bränder och dolda bränder. I maskinrum med bränslen med flampunkt över 60 °C kan den här typen av system vara ett alternativ. Det var intressant att munstycken med lågt vattentryck var bättre än system med högt tryck, i den typ av öppen geometri som användes. Försök i slutna geometrier har indikerat att motsatsen skulle gälla.

7.3 Skumsläcksystem

7.3.1 Allmänt

Det finns ett stort antal ytaktiva skumkoncentrat som kan tillsättas till släckvattnet för att förbättra dess brandsläckningsegenskaper.

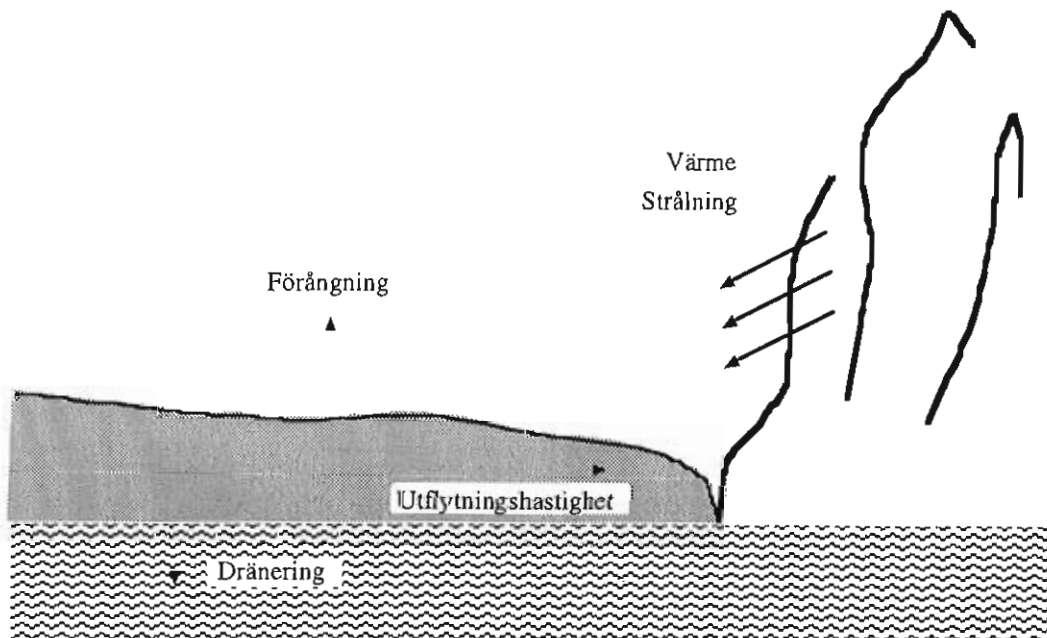
För att beskriva skum kan man använda begreppet skumtal. I SRV:s "Skumboken" [29] definieras skumtalet som ett mått på hur mycket luft man blåst upp vätskan med. Skumtal 10 innebär att man har blandat in 9 gånger mer luft än skumvätskeblandning (vatten + skumvätska) i det färdiga skummet.

Normalt indelas det färdiga skummet i tre typer beroende på skumtal. Det finns tungskum (skumtal < 20), mellanscum (skumtal 21- 200) och lättscum (skumtal > 201, vanligen 600 - 1000). Tungskum och mellanscum används dels för manuell släckning, där deras större kastlängd är en fördel, men finns även installerat i fasta system för att skydda mot poolbrand i brandfarlig vätska. Fasta lättskumsaggregat har traditionellt använts för att skydda hela rum eller byggnader som flygplanshangarer eller fartygs lastrum och maskinrum. Lättscum kan även användas för manuell släckning, men det har mycket begränsad kastlängd.

Det förekommer skumvätskor med olika kemisk uppbyggnad. Dels finns det syntetiskt baserade skumvätskor och dels proteinbaserade. Av båda dessa sorter finns det skumfilm-bildande skumvätskor. I dessa ingår en komponent som bildar en vätskefilm över bränslet. På denna film kommer sedan skumtäckets att flyta ut. Särskilda skumvätskor för polära vätskor kallas alkoholresistenta. För lättskumanläggningar används endast vanlig, syntetisk, ej filmbildande och ej alkoholresistent skumvätska, eftersom de andra kvaliteterna dränerar snabbare.

Skums verkan mot en brand är en komplicerad jämvikt som styrs av skummets påföringshastighet och påföringssätt, skummets motstånd mot kemisk nedbrytning av bränslet samt av brandens värme, det senare ger upphov till förångning och påverkar också dräneringen, se figur 5.

Just den kemiska nedbrytningen av skumtäckets nedifrån har visat sig vara en viktig parameter. Olika typer av skumvätskor fungerar olika väl mot polära respektive opolära vätskor. Då man började tillsätta polära tillsatser i bensinen för att ersätta bly, etc fick bensinen andra egenskaper som gjort den svårare att släcka med den typ av skum som de flesta svenska brandkårer hittills använt. Vid släckning av brand i polära bränslen är användning av alkoholresistenta skumvätskor och mjuk påföring en förutsättning för lyckat resultat.



Figur 5 Då skummet flyter ut över en vätskeyta så påverkas det av flera faktorer.

7.3.2 Tungskum

RUS 120 innefattar inte regler för dimensionering av sprinklersystem med skumvätsketillsats. Däremot kan t ex den amerikanska NFPA 11 [30] eller NFPA 16 [31] användas. Enligt NFPA 11 krävs 4,1 mm/min om syntetiska skumvätskor används och 6,5 mm/min med proteïnskumvätskor. NFPA 16 har även som mål att kyla och därför krävs det högre påföringshastighet i denna standard, 6,5 mm/min. Samtliga ovan citerade vattentätheter avser poolbränder i petroleumprodukter.

Som tidigare nämnts så utfördes en serie om fyra försök med skuminblandning för att komplettera Svenska Atomförsäkringspoolens försök i vilka endast vatten användes. Dessa begränsade försök visade att skuminblandning har en positiv effekt, men effekten kunde inte kvantifieras. Senare, mer omfattande försök för norska marinen visar att 4,1 mm/min är tillräckligt för att släcka poolbränder om skumtillsatser används. Spraybränder med flöden på 0,25 - 0,5 kg/s och tryck på 6 - 8 bar kunde släckas med 23 - 33 mm/min medan högtrycksspraybränder med flöden från 0,021 - 0,035 kg/s vid 70 - 150 bar endast kunde släckas i ett fåtal fall.

7.3.3 Lättskum

Vid försök med lättskum i ett simulerat fartygsmaskinrum med omkring 60 m² golvyta och 5 m takhöjd släcktes högtrycksoljaespray (0,035 kg/s, 70 bar) i de flesta försöken medan lågtrycksspray (0,25 kg/s, 10 bar) inte gick att släcka. En AFFF-skumvätska (Aqueous Film Forming Foam) användes och stighastigheten i försöken var minimum enligt IMO:s krav, 1 m/min. Det kan noteras att det högre flödet för lågtryckssprayen jämfört med högtryckssprayen ledde till olika höga temperaturer i rummet vilket också påverkade resultaten.

Skumsläcksystem är ett bra alternativ för rumsskydd där brandfarliga vätskor förvaras, tex tankrum. Skumsläcksystem som inte använder brandgaserna för expansionen kräver dock tillgång till intag och utsläpp för friskluft. Denna typ av system anordnas enklast i rum med ytterfasad. En del skumsläcksystem använder luft från brandrummet för att expandera skummet. Om man vill använda sådana system bör man även undersöka röken och brandens påverkan på skumbildningen.

7.4 Gassläcksystem

7.4.1 Allmänt

Ett gassläcksystem aktiveras oftast automatiskt av ett brandlarmssystem. Detta medför i det fall att rökdetektorer används, i allmänhet en snabbare aktivering än för ett termiskt utlöst system som t ex en termiskt aktiverad sprinkler. Släckande koncentration uppnås inom tio sekunder upp till en minut beroende på gas. Tätheten hos det skyddade utrymmet är viktig. Den utströmmande gasen ger upphov till en tryckökning som inte får bli för stor. Samtidigt måste rummet vara så tätt att släckkoncentrationen upprätthålls under en tillräckligt lång tid så att återantändning förhindras. Gaserna har nämligen liten möjlighet att snabbt kyla brandstället på samma sätt som vattenbaserade släcksystem har. Generellt sett kommer gasformiga släckmedels snabbhet mest till sin rätt vid snabba brandförlopp.

Nedanstående beskrivning av gassläcksystem är relativt kortfattad. För en mer fullständig beskrivning av olika alternativa gassläcksystem hänvisas till Brandforsk studien, "Gasformiga alternativ till halon som släckmedel", SP-rapport 1997:10. Studien är utförd av SP-Brandteknik i samarbete med LTH-Brandteknik [32].

Man skiljer mellan rumskydds- och punktskyddsanläggningar. Med rumsskydd (även kallat totalfyllnad) menas att en hel lokal avses att fyllas med gas till en viss koncentration. Exempel på utrymmen som skyddas på detta sätt kan vara datorrum, elrum, högspännings- och lågspänningsställverk och maskinrum.

Vid punktskydd skyddas ett enskilt riskobjekt i en större lokal med munstycken som är direkt riktade mot den tänkta brandhärden. Släckmedelskoncentrationen dimensioneras då med hjälp av en tänkt "fiktiv volym" runt objektet. Exempel på objekt som skyddas på detta sätt kan vara stekytor och fritöser med tillhörande spiskåpor i kök.

Man talar ibland även om delskyddsanläggningar. Med detta menas att mindre enskilda slutna utrymmen i en större lokal skyddas. Exempel på detta kan vara installationsutrymmen i datorrum, elektronikskåp och enskilda datorkabinett samt relativt slutna maskiner.

7.4.2 Inerta gaser

Med inerta gaser avses här gaser som släcker genom att kyla branden utan att delta genom kemiska reaktioner i förbränningsprocessen.

Traditionellt har man sagt att inertgaser släcker genom att minska syre- och bränslekoncentrationen under den gräns där det fortfarande är brännbart. Med dagens kunskaper ser man på inertgaser som en "termisk ballast" som minskar flammans temperatur till under den adiabatiska flamtemperaturen, en teoretiskt beräknad temperatur som beror på energiutbytet i förbränningsprocessen samt de medverkande reagerande och icke reagerande komponenternas värmekapaciteter. Inertgaserna absorberar energi från förbränningsprocessen och värmekapaciteten är ett mått på ämnens förmåga att absorbera energi.

Ett av problemen med inertgassläcksystem är att säkerställa att gasblandningen i rummet blir distribuerad så att alla delar av rummet erhåller minst den lägsta släckkoncentrationen. Det är speciellt viktigt för de släckmedel där behovet av tillräckligt hög koncentration för släckning skall vägas mot nödvändigheten av tillräckligt låg koncentration för att inte överstiga hälsofarliga nivåer.

7.4.2.1 Koldioxidssystem

Koldioxid (CO_2) är ett relativt vanligt gasformigt släckmedel i såväl fasta släckanläggningar som i handbrandsläckare. Koldioxid har en rad goda egenskaper, det är kemiskt stabilt, ej konduktivt, rent, billigt och lätt att tillverka i stora kvantiteter, och kräver, jämfört med andra inertgaser, lägre släckkoncentrationer. Den stora nackdelen är emellertid personsäkerhetsaspekterna.

I och med lanseringen av halon hamnade koldioxid som släckmedel lite i skymundan och forskningen runt gasen har varit begränsad. Halonavvecklingen har dock medfört ett visst nyintresse för koldioxid och under senare år har en del forskning genomförts.

Fasta släckanläggningar utförs i Sverige i enlighet med Försäkringsförbundets *Regler för koldioxidsläckanläggning RUS 115:1* [33]. Försäkringsförbundets ger också ut en förteckning över godkända anläggningfirmor. Det finns dessutom ett stort antal andra nationella och internationella standarder för CO_2 -släcksystem.

Lagringen av koldioxid kan ske på två olika sätt, dels tryckkondenserad vid rums-temperatur, och dels kyld till omkring -20 °C i en s k lågtrycksanläggning. Ibland används lågtrycksanläggningar för att kunna skydda riktigt stora volymer, eller som ett delat lager för flera släckzoner. Släckkoncentrationen skall enligt RUS 115 uppnås inom 60 sekunder.

Koldioxid är toxiskt för människan i koncentrationer som understiger släckkoncentrationen. Släckanläggningar i utrymmen som kan vara bemannade måste därför utföras med en tidsfördröjning innan gasen strömmar ut. Under tidsfördröjningen på 30 sekunder skall en ljud- och ljusvarning ges i rummet. Vid koncentrationer över 6 - 7 % börjar det bli farligt, och vid 9 % förlorar de flesta personer medvetandet efter en kort tid. Koldioxids toxiska verkan finns utförligare beskriven i en rapport om dimensionering av koldioxid i installationsutrymmen [34]. I denna rapport undersöktes om man kan frångå dimensioneringsanvisningarna i RUS 115 med bibehållen tillförlitlighet. RUS 115 föreskriver nämligen en kraftig överdimensionering i utrymmen med låg takhöjd men stor omslutningsyta. Försöken visade att detta är möjligt under förutsättning att utrymmets läckage kan kvantifieras.

Då koldioxiden strömmar ut kondenserar luftens fukt till droppar vilket minskar sikten i rummet under en till någon minut. Sikten i angränsande rum påverkas dock inte märkbart. Det finns dokumenterat händelser då ett utlöst koldioxidsläcksystem aktiverat brandlarm och släcksystem i angränsande rum.

7.4.2.2 Andra inerta gaser

Då halonavvecklingen initierades blev det aktuellt att finna alternativa släckmedel som kunde användas utan risk för hälsa eller liv för personer i det skyddade rummet. Ett antal tillverkare har försökt lösa detta problem genom att kombinera olika inertgaser så att släckkoncentrationen understiger hälsofarliga koncentrationer.

Det finns system som använder en blandning av kvävgas och argon, ett annat fabrikat använder kvävgas, argon och koldioxid. Två koncept som inte marknadsförs i Sverige för tillfället använder ren argongas eller ren kvävgas. Det förekommer en hel del argumentation om fördelarna och nackdelarna med de olika gasblandningarna ur toxicitetssynpunkt. Oavsett den rena gasens toxicitet så bör man alltid lämna ett rum som det brinner i. Branden alstrar en mängd produkter som kan vara giftiga.

Beroende på vad som skall släckas och släckmedlet så kan det vara en mycket liten skillnad mellan hälsofarlig- och släckande koncentration. Systemen dimensioneras normalt så att släckkoncentrationen uppnås inom 60 sekunder. Det kan vara problem för inertgassystemen att nå en fullständig omblandning i släckrummet. Utströmningsdysornas egenskaper och placering har stor betydelse för omblandningen liksom obstruktioner i rummet. Läckage är som tidigare nämnts också en faktor som måste tas hänsyn till. Särskilt om skillnaden är liten mellan släckkoncentrationen och den koncentration som systemet dimensioneras för. Det är också viktigt att anläggningsinnehavaren kontrollerar att tätheten i rummet inte förändras i efterhand vid förändringar i installationer.

I nedanstående tabell listas de inerta blandgaser som är aktuella, gasblandning och det produktnamn som används.

Tabell 4 Vanligt förekommande inerta gaser för brandsläckning

| Blandgas | Innehåll | Produktnamn |
|----------|--|-------------------|
| IG-01 | Ar | Argon, Argotec |
| IG-55 | 50 % N ₂ , 50 % Ar | Argonite |
| IG-541 | 52 % N ₂ , 40 % Ar, 8 % CO ₂ | Inergen |
| IG-100 | N ₂ | Kvävgas, Nitrogen |

De ovan beskrivna inertgasblandningarna kan inte tryckkondenseras som ren koldioxid och de halogenerade gaserna kan. Behållarna kommer därmed att kräva ett större utrymme. Däremot påverkas inte sikten i rummet då gasen strömmar ut.

I Sverige finns det för närvarande inga installationsregler att tillgå från Försäkringsförbundets för någon av de inerta blandgaserna. Arbete pågår dock med att ta fram gemensamma europeiska försäkringsregler och de kommer att ligga till grund för svenska RUS-regler. IG 541 och IG 01 har bedömts som icke lämpliga för punktskydd. Anledningen är att gasen under utströmning utan väggar suger in luft i gasströmmen vilket gör att koncentrationen befaras sjunka under släckande koncentration. Troligen gäller ett liknande resonemang för de två övriga blandgaserna.

7.4.3 Halon- och halonliknande släcksystem

Till skillnad från inertgaserna så sönderdelas gaserna i denna grupp då de når branden. Delar av släckmedlet deltar sedan i förbränningsprocessen där de troligen absorberar fria radikaler och på detta sätt avbryter förbränningen. Halogenerade gaser har även en energiupptagningsförmåga på samma sätt som inertgaserna, men det råder en viss oenighet om betydelsen av denna.

De anläggningar med halonerna 1301 och 1211 som finns i Sverige har dimensionerats enligt RUS 170:1 [35] där det står att gasutströmningen "i huvudsak" skall vara över inom 10 sekunder efter utlösning. De flesta halogenerade alternativen dimensioneras för liknande utströmningstider. Då dessa gaser är tryckkondenserade uppstår samma typ av siktförsämring i rummet vid utströmningen som med koldioxid.

På grund av att de har negativ påverkan på jordens skyddande ozonlager är halongaserna 1301 och 1211 förbjudna att nyinstallera i Sverige och befintliga installationer skall ha demonterats senast vid 1997 års utgång. Det finns en möjlighet att söka dispens för fortsatt användning för s k "essential use". I Sverige har dispens medgivits för flygindustrin samt för delar av försvaret. Av de alternativa halogenerade släckmedlen så är en del reglerade enligt FN:s Montrealprotokoll för produktionsstopp under början av 2000-talet. Andra, t ex de s k FC- och HFC-föreningarna, dvs gaser som består av väte, fluor och kol, är inte reglerade i Montrealprotokollet men har en s k "växthuseffekt", dvs de kan bidra till en ökande medeltemperatur på jorden, vilket kan leda till att de kan drabbas av framtida regleringar.

Giftigheten hos halogenerade släckgaser är mycket viktig. Det gäller både den rena opåverkade gasens giftighet och giftigheten hos de nedbrytningsprodukter som bildas då gasen når branden. Som nämndes i inledningen så sönderdelas en del av ett halogenerat släckmedel under släckningen. Sönderdelning kan dels orsakas av hög temperatur (flamnor eller ytor med temperatur över 480 C) dels hydrolyseras halogenerade kolväten i närvaro av vattenånga. Vattenånga bildas som bekant vid förbränning av kolföreningar. Vid nedbrytning bildas dels rena halogener i form av Cl_2 , F_2 och Br_2 dels syror som HF, HCl eller HBr. I en del fall med nya alternativ till halonerna har man funnit karbonylföreningar av typen COF_2 eller COCl_2 (fosgen), etc, vilka har hög toxicitet [32].

Den mängd nedbrytningsprodukter som bildas varierar mellan olika släckmedel, men är enligt en undersökning direkt proportionell mot brandens storlek och släcktiden. Stor brand och lång släcktid ger hög koncentration nedbrytningsprodukter och vice versa. Släckningstiden i sin tur påverkas bland annat av utströmningstiden och släckmedelskoncentrationen. Andra faktorer som påverkar är som tidigare nämnts närvaron av fukt och heta ytor. T ex kabelisolering eller kretskort kan ge upphov till djupa bränder (glödbränder) som kan fortsätta att bryta ned släckmedlet. Det är därför av vikt att släcksystem som innehåller halogenerade ämnen dimensioneras och installeras med största noggrannhet för att undvika höga halter av nedbrytningsprodukter. Om sedan släcksystemet sitter så att viktiga platser som t ex kontrollrummet kan utsättas för läckage av nedbrytningsprodukter så är det viktigt att ha behandlat problematiken med restprodukter med omsorg.

I USA har man tagit fram en standard för alternativa system för att ersätta halon, kallad NFPA 2001 [36]. I denna listas ett antal släckmedel som man har bedömt som alternativ till haloner, inkluderat tre inertgassystem. För närvarande är elva olika gaser eller gasblandningar listade i standarden. Man har i NFPA 2001 inte tagit några hänsyn till toxiciteten i nedbrytningsprodukterna. Arbetet pågår även inom ISO med ett regelverk, ISO 14520, för halonersättningsgaser. 10 halokarboner och 4 inertgaser ingår i arbetsmaterialet som förväntas publiceras under 1998.

Ett gassläcksystem dimensioneras för att ge en viss släckmedelskoncentration under en viss tid, beroende på vad som kan brinna. Ett problem i en verklig installation är att verifiera att tillräcklig koncentration uppnås. De halogenerade gaserna har generellt en hög densitet jämfört med luft och är därför känsliga för lågt placerade läckageareor. Med halonsystemen hade man länge som praxis att göra en fullskalig utlösning av släcksystemet i rummet och halonkoncentrationen mättes på ett antal punkter. På grund av miljöproblemen med haloner utfördes ett projekt för National Fire Protection Research Foundation där man undersökte olika möjligheter att verifiera ett släcksystems funktion utan att göra utströmningstest. En metod som identifierades var att med en fläkt installerad i en dörrkarm trycksätta rummet och samtidigt mäta differenstrycket till omgivande rum. Därigenom erhålles en god uppfattning om rummets täthet. Genom återkommande provtryckning kan rummets status verifieras så att man säkert vet att släcksystemet kommer att fungera som avsett. En beskrivning av metoden på svenska finns i en SP-rapport om koldioxid i installationsutrymmen [34].

8 Diskussion och slutsatser

Bränder i anläggningar med hydrauliksystem är inte ovanliga. Statistik från Factory Mutual i USA, perioden 1981 - 90 redovisar 134 bränder som involverat hydrauliksystem i anläggningar försäkrade hos dem. Totalt förorsakade bränderna skador för mer än 139 miljoner US dollar (1992 års penningvärde).

Nästan hälften av bränderna inträffade i metallbearbetningsindustrin. En ansevärd del (17 %) inträffade i plastindustri och inom träindustri (10 %).

Noterbart är att mer än 40 % av bränderna berodde på att hydraulvätska sprayades på någon het yta. Fel i elutrustning orsakade 13 % av bränder, lika stor andel bränder, 13 %, orsakades av heta arbeten som skärning och svetsning. I cirka 60 % av bränderna fanns tändkällor i form av heta ytor, ugnar, svetsprocesser eller smältor normalt närvarande. För de resterande 40 % av bränderna fanns alltså ingen "normal" tändkälla tillgänglig. Detta visar att samma skyddsnivå bör gälla för alla delar av en hydraulikanläggning, eftersom en brand kan uppstå även där normal tändkällor saknas.

Statistiken visar också att ett fungerande sprinklersystem reducerar den genomsnittliga brandskadan till en sjundedel. Ordning och reda och snabbt ingripande för att stänga oljeutflöde vid läckage bidrar också starkt till att sänka brandskadekostnaderna.

För anläggningar där skärvätskor används finns inte motsvarande statistik, men skär- och hydraulolja kan sägas ha samma brandegenskaper som hydraulolja. Eftersom det största hotet kommer ifrån finfördelad oljespray (oljedimma) kan problemet uppstå även i skärsystemen, dock ej pga tryck men orsakat av bearbetningsmetoderna. Problematiken kring hydraulbränder kan komma att aktualiseras även för skärsystemen då man numera allt oftare övergår från emulsioner till raka oljor.

Syftet med projektet var i första hand att studera skyddssystem för distributionssystem för hydraul- och skärvätskor. Projektets tyngdpunkt ligger på aktiva system, men även förebyggande åtgärder, såsom val av hydraul- eller skärvätska, branddetektion samt byggnadstekniska åtgärder har studerats. Nedan sammanfattas några av de slutsatser som kan dras.

8.1 Förebyggande åtgärder

De största brandriskerna i hydraulvätskesystem är relaterade till läckage av brännbar vätska. Förhindras läckage eller att ett eventuellt läckage inte antänds förebyggs brand. När det gäller skärvätskesystem är den största brandrisken vid bearbetningsstället.

8.1.1 Maskintekniska åtgärder

Läckage kan bero på rörbrott (störst sannolikhet vid gänganslutningar), otäta packningar eller anslutningar, fel på ventiler eller punkterade slangar. Orsakerna kan vara många. Avsaknad av, eller bristfälliga upphängningar gör att rörledningar vibrerar eller rör sig, vilket leder till utmattning. Tryckstötter och värme kan också på sikt leda till utmattning. Upprepad nötning av slangar som ligger mot varandra eller mot andra ytor leder till försvagningar som kan leda till läckage. Det har också hänt att trycksatta ledningar av misstag kapats vid reparationsarbeten eller att underhållspersonal använder dem som stöd. En annan möjlig orsak är påkörning.

Åtgärder bör därför vidtas för att förebygga läckage. Till sådana åtgärder kan räknas regelbunden kontroll av rör och anslutningar, byte av slangar, etc. Underhåll av vätskan är också ett led i det förebyggande arbetet, eftersom det minskar maskinslitaget. Bristfälligt underhållna icke-petroleumbaserade vätskor eller vätskor med stort vatteninnehåll blir mer brännbara och bakteriehalten kan öka.

Nödstopp, gärna automatiskt, till vätskepumparna begränsar mängden vätska som strömmar ut vid ett läckage. När maskinen nödstoppas skall även tillförseln av hydraul- och skärvätska stoppas. Hela maskinen bör kopplas bort från ett hydraulsystem som försörjer flera maskiner.

Inkapsling av hela eller delar av maskiner och processer minskar brandrisken men troligen även omfattningen och konsekvenserna av en brand. Enligt EWG, DIN EN 1127-1 måste maskiner konstrueras så att det inte finns någon risk för att lösa delar kan flyga ut från maskinen vid en eventuell explosion. Maskinen måste dessutom konstrueras med någon form av lucka för tryckavlastning.

För att undvika dimbildning i maskiner som använder skäroljor bör dessa kopplas till ett utsug med filter.

8.1.2 Byte till vätska med bättre brandegenskaper

Att byta den befintliga hydraulvätskan till en med bättre brandegenskaper är ett bra sätt att minska risken för brand i en anläggning. Byte av vätska bör föregås av utredning om lämpligaste alternativ. Systemets olika delar kan vara mer eller mindre känsliga för vissa vätskor, därför kan vissa komponenterna behöva bytas eller förstärkas innan en ny typ av vätska används. Vätskans nedbrytande effekt på pumpar, tätningar, packningar, slangar, kablar och isoleringsmaterial bör också utvärderas. Även det som tillverkas eller bearbetas är mer eller mindre känsligt för olika typer av vätskor. Vissa vätskor är starka lösningsmedel och kan därför skada det som bearbetas eller tillverkas.

Det finns två bra provningsmetoder för att utvärdera en hydraulvätskas brandegenskaper. En av dessa är "NT-FIRE 031", vilket är en Nordtestmetod som bygger på att en spray antänds. Värmevärdet (ΔH_c) och brandeffekten (Q) mäts vartefter förbrännings-effektiviteten (ϕ) beräknas. Förbränningseffektiviteten och värmevärdet kan sedan användas för att beräkna brandeffekten för olika tryck och flöde samt för poolbränder. Metoden innehåller inte något klassificeringsförslag, men den har verifierats i stor skala och mätresultaten kan därför överföras till en verklig situation.

Vad gäller explosionsrisken kan endast tändkällorna påverkas. Att välja en olja med högre flampunkt påverkar brandrisken och men inte explosionsrisken.

8.2 Val av branddetektionssystem

Det finns flera olika typer av branddetektionssystem och ett flertal olika typer av detektorer. Valet av system styrs naturligtvis av de givna förutsättningarna såsom skyddsmål, förväntat brandförlopp, miljö och kostnader.

I verksamheter där snabba brandförlopp kan förväntas, t ex vid tillverkningsprocesser där presumtiva tändkällor normalt finns närvarande, är förmodligen värmedetektorer tillfyllest. I verksamheter med risk för långsamma bränder eller glödbränder bör rök-detektorer användas.

8.3 Val av släckmedel och släcksystem

Inom ramen för projektet utfördes en litteraturstudie för att analysera val av släcksystem för skydd av distributionssystem för hydraul- och skäroljor. Studien visar att det finns flera tänkbara alternativ. Vilket alternativ som väljs måste dock i praktiken alltid styras av de verkliga förutsättningarna och de skyddsåtgärder som ställs upp. Nedan kommenteras de alternativ som undersökts närmare i projektet.

Vattensprinkler

Generellt kan man säga att vattensprinkler förmodligen är ett gångbart alternativ i de allra flesta fallen. Sprinkler dimensioneras normalt för att kontrollera en brand, vilket återspeglas i de anvisningar som publiceras av Industrial Risk Insurers (IRI) och Factory Mutual (FM) för sprinklerskydd av verksamheter med hydrauloljesystem. Både IRI och FM rekommenderar en relativt låg vattentäthet över en stor verkningsyta. Anledningen är att ett stort antal sprinkler kan aktiveras i verksamheter med risk för snabba, hastigt uppflammande, brandförlopp. Sprinklersystemet dimensioneras därför för att kontrollera den brand som följer den initiala. Sprinklern kan med fördel ha en nominell utlösningstemperatur om 141 °C, vilket minskar antalet aktiverade sprinkler.

Sprinkler kan installeras i tak för att skydda en hel byggnad men skyddet kan även kompletteras över maskiner samt i dolda utrymmen såsom i pumpgröpar under utrustning och under plattformar. Ibland låter man signalen från flödesvakt(er) till sprinkler placerade över maskiner stoppa maskinen, inklusive flödet av hydraul- eller skärvätska.

Vattenspray och vattendimma

Vattenspraysystem är ett komplement till vanliga sprinkler för skydd av speciella risker. Systemen används ofta för att kyla objekt som tankar eller byggnadskonstruktioner, skydda transformatorer, kabelstegar eller mot brand i gaser, vätskor eller fasta material. Vattenspraysystem utförs oftast, men inte alltid, som grupputlösningssystem så att vatten kan påföras simultant över alla ytor som skyddas. Systemet aktiveras i så fall av ett separat branddetektionssystem. Exempel på utrustning som skulle kunna skyddas med vattenspraymunstycken är pump- och filtreringsutrustning, kylningsanordningar och tankar.

För att släcka poolbränder i oljor med flampunkt jämförbara med hydraulolja krävs en vattentäthet i storleksordningen 8 - 10 mm/min. Dessa vattentätheter är inte tillräckliga för att släcka spraybränder i motsvarande oljor, för detta krävs 5 till 6 gånger så mycket vatten, däremot kan man räkna med att omgivning och byggnadskonstruktioner kyls effektivt.

Vattendimma är ett begrepp som blivit vanligt under senare år för att beskriva släcksystem som använder finfördelat vatten. Den definition som används är för närvarande så bred att även vattenspraymunstycken inbegrips. Eftersom definitionen är så bred går det inte att ge några generella dimensioneringsanvisningar. Dimensioneringen är också starkt beroende av geometri, rumsvolym, takhöjd, graden av ventilation, etc, varför verifierande försök i representativa modeller av applikationen är nödvändiga. Förmodligen finns möjlighet att reducera vattenbehovet jämfört med vattenspraysystem för vissa typer av applikationer, speciellt i mindre, slutna rum.

Släcksystem med skum

Genom att tillföra skumvätska till sprinkler- eller vattenspraysystem erhålls tungskum. Detta ger bättre släckeffektivitet jämfört med rent vatten för vätskebrand. Skyddet mot återantändning ökar också väsentligt. Skumsystem kräver dock mer underhåll än ett vanligt sprinklersystem.

I mindre rum är lättskum ett alternativ. Lättskum har en hög grad av expansion och är avsett att helt fylla ett utrymme. Normalt används uteluft eller luft från angränsande utrymmen för att expandera skummet. På senare år har dock system som använder luft från brandrummet för att expandera skummet utvecklats.

Skumsläcksystem är ett bra alternativ för rumsskydd där brandfarliga vätskor förvaras, tex tankrum. Skumsläcksystem som inte använder brandgaserna för expansionen kräver dock tillgång till intag och utsläpp för friskluft. Denna typ av system anordnas enklast i rum med ytterfasad.

Gassläcksystem

Koldioxid är den mest använda av inertgaserna, men på senare år har ren Argon, ren kvävgas och blandningar av dessa gaser börjat att användas. Nackdelen med koldioxid är personsäkerhetsaspekterna, rätt dimensionerade skall de andra inertgaserna vara säkrare. Till skillnad mot dessa kan dock koldioxid användas i punktskyddsanläggningar, inte bara som rumsskydd. En fördel med inertgaser är att de är relativt kemiskt stabila och sönderfaller inte vid de temperaturer som är vanliga i brandsammanhang.

Även halogenerade kolväten av HFC- eller FC-föreningar kan användas. Två produkter marknadsförs och säljs i Sverige för närvarande.

8.4 Byggnadstekniska åtgärder

Ett effektivt sätt att förhindra en brands utbredning är att bygga invallningar runt de maskiner, tankar, pumpar eller motsvarande, där det finns risk för läckage av hydraul- eller skärvätska. Med en invallning begränsas spillytan och därmed brandeffekten.

Ett ytterligare steg är att helt bygga in motsvarande utrustning i ett separat, brandavskilt utrymme. Arbetsinsatsen är naturligtvis större jämfört med att enbart utföra en invallning och åtkomligheten för service- och underhåll kan minska. Ett separat utrymme är dock en fördel om man vill använda ett gassläcksystem för att ytterligare höja skyddsnivån.

Högst grad av skydd fås troligen om man separerar skyddsobjekten, dvs förlägger olika delar av ett system i skilda byggnader eller byggnadsdelar. När det gäller tankar för förvaring av vätskor kan dessa samlas i separata tankrum. Tankar av samma kategori och vätskor av samma typ bör förläggas till samma utrymme. Olika vätskor och tanktyper bör ej blandas, men det är inget egentligt hinder. Rör kan bytas ut mot dubbelmantlade med läckagevakter och stänklåtar kan sättas upp på vissa utsatta områden. Pumpar kan förläggas till separata pumprum. Denna typ av rumsindelning gör att enskilda systemriskerna inte direkt kan påverka andra delar av systemen samtidigt som det underlättar det passiva brandskyddet samt valet av detektionssystem, släcksystem och släckmedel.

9 Referenser

- [1] *Reglerna för tryckkärl*, AFS 1994:39, AFS 1996:3, Arbetskyddsstyrelsen.
- [2] Persson, Henry, *Hydraulvätskor: Antändningsförsök av mineraloljespray med varierande antändningskällor*, SP Rapport 1983:50, Borås, 1983.
- [3] Holmstedt, Göran, Persson, Henry och Ryderman, Anders, *Hydraulvätskor: Fullskaleförsök på 4 vätskesprayers brännbarhet*, SP Rapport 1983:29, Borås, 1983.
- [4] Personlig kommunikation med Stefan Viezens, Sonja Wetzel, Petrofer Industrial Oils and Chemicals, Hildesheim, Tyskland.
- [5] Schmidt, Michael E.G., *Hydraulic Fluids: Helpful But Hazardous*, IRI Senteniel, Fourth Quater 1996.
- [6] International Standard ISO 6743/4, *Lubricants, industrial oils and related products (class L) - Classification - Part 4: Family H (hydraulic systems)*.
- [7] Simonson, Margaret, *Hydraulic Fluids: Fire Characteristics and Classification*, Brandforsksprojekt 742-961, SP Rapport 1996:24.
- [8] Simonson, Margaret, *Provning av hydraulvätskor enligt Nordtest metod NT FIRE 031*, Rapport 95 R30683.
- [9] Kreij, Per, *En jämförelse mellan olja och emulsion som kylsmörjmedel med avseende på teknik, miljö och ekonomi*, Examensarbete, Institutionen för Material- och Produktionsteknik, Luleå Tekniska Högskola, 1996.
- [10] Persson, Henry, *Provningsmetod för bestämning av vätskesprayers brännbarhet*, SP Rapport 1985:34.
- [11] Personlig kommunikation med Lars-Erik Willberg, SAMPO Industrieförsäkringar AB, Stockholm.
- [12] Loss Prevention Data 7-98, *Hydraulic Fluids*, Factory Mutual System September 1993.
- [13] CCTA Government Information Service, *Hydraulic Oil Leak Causes Explosion on Fishing Vessel*, www.open.gov.uk/maib/sum-16.htm.
- [14] Personlig kommunikation med Björn Lindfors, SKF, Göteborg.
- [15] Boverkets byggregler (BBR) BFS 1995:17.
- [16] Försäkringsförbundet, *Regler för automatisk brandlarmanläggning RUS 110:5*, Oktober 1993.
- [17] Försäkringsförbundet, *Regler för automatisk vattensprinkleranläggning, RUS 120:4*, April 1993.
- [18] Loss Prevention Data Sheet 3-26, *Fire Protection Water Demand for Nonstorage Sprinklered Properties*, Factory Mutual System, October 1992.

- [19] *Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection*, NFPA 15, National Fire Protection Association, One Batterymarch Park, Quincy, MA, USA, 1996 edition.
- [20] *Släckförsök med vattensprinkler mot oljespillbrand*, Svenska Atomförsäkringspoolen 1983.
- [21] Willberg L-E, Norta A K, *Sprinkler protection of oil filled equipment in Finnish nuclear power stations, Proceedings of an international symposium on fire protection and fire fighting in nuclear installations*, IAEA 1989.
- [22] Olsson, Sören and Ryderman, Anders, *Extinguishment of oil spray fires with water- Experimental procedures and data*, SP-Rapport 1990:32, SP 1990.
- [23] Kokkala, Matti, *Extinguishment of liquid fires with sprinklers and water sprays - analysis of the test results*, Technical Research Centre of Finland, Espoo 1990.
- [24] Kokkala, Matti, *Extinguishment of liquid fires with sprinklers and water sprays, Description of the tests*, Technical Research Centre of Finland, Espoo 1989.
- [25] Resolution A.800(19), *Revised guidelines for approval of sprinkler systems equivalent to that referred to in SOLAS regulation II-2/12*, International Maritime Organisation, London, England, Adopted on 23 November 1995.
- [26] MSC/Circ.668, *Alternative arrangements for halon fire-extinguishing systems in machinery spaces and pump-rooms*, 30 December, 1994.
- [27] *Standard for the Installation of Water Mist Fire Protection Systems*, NFPA 750, One Batterymarch Park, Quincy, MA, USA, 1996 edition.
- [28] Buckley, Clive and Rush, David, *Water Mist Developments for the Royal Navy*, Proceedings from Halon Options Technical Working Conference, Albuquerque, New Mexico, May 7 - 9, 1996.
- [29] *Skumboken*, Statens räddningsverk, Utbildningsavdelningen, 1993.
- [30] *Standard for Low-Expansion Foam*, NFPA 11, One Batterymarch Park, Quincy, MA, USA, 1994 edition.
- [31] *Standard for Deluge Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems*, One Batterymarch Park, Quincy, MA, USA, 1995 edition.
- [32] Isaksson Sören, Simonsson Margaret och Holmstedt Göran, *Gasformiga alternativ till halon som släckmedel*, SP Rapport 1997:10, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås, 1997.
- [33] Försäkringsförbundet, *Regler för koldioxidsläckanläggning RUS I15:1*, April 1993.
- [34] Arvidson, Magnus och Dahlberg, Martin, *Dimensionering av koldioxid i installationsutrymmen - personsäkerhet*, SP-Rapport 1995:34, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, Borås, 1995.

- [35] Försäkringsförbundet, *Regler för fasta automatiska halonsläckanläggningar*, RUS 170:1, April 1993.
- [36] *Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems*, NFPA 2001, One Batterymarch Park, Quincy, MA, USA, 1996 edition.

SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
Box 857, 501 15 BORÅS
Telefon: 033 - 16 50 00, Telefax: 033 - 13 55 02
E-post: info@sp.se, Internet: www.sp.se

SP RAPPORT 1997:39
ISBN 91-7848-698-X
ISSN 0284-5172