

ZONEKLASSIFIKATIONSRAPPORT

FOR

Type 1 områder

Type 2 områder

Type 3 områder

Kemikalie oplagsområder

på Danmarks Tekniske Universitet.



Dette er en kopi.
Originalen findes i Koncern HR, Arbejdsmiljø
Anker Engelundsvej 1, Bygn 101A
2800 Lyngby

Denne Zoneklassifikationsrapport for DTU af 4. februar 2010 godkendes hermed af
det lokale redningsberedskab.

Sted: Lyngby-Taarbæk Kommune
Lokal Beredskabschef: Kjeld Sørensen
Dato:
Underskrift:
Stempel: 

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	3
2	Lovgrundlag, standarder og dokumentationskrav	4
2.1	Lovgrundlag	4
2.2	Standarder og vejledninger	4
2.2.1	Harmoniserede standarder	5
2.2.2	Vejledninger og forskrifter	5
3	Beskrivelse af områdetyper	6
3.1	Ventilationsforhold	6
3.2	Vilkår, begrænsninger og procedurer	8
3.3	Oplagsgrænser for brandfarlige væsker	15
4	Zoneklassifikation	16
4.1	Generelt - sammenhæng mellem udslipkilde, ventilation og klassifikation	16
4.2	Zoneklassifikation og udstrækning iht. DS/EN 600079-10-1	17
5	Afmærkning af klassificerede områder	21
5.1	Tændkilder i de klassificerede områder	21
6	Beskyttelsesforanstaltninger for begrænsning af virkning af eksplosion	22
7	Konklusion	23
8	Referencer	24
	Bilag A: Materialedata	25
	Bilag B: Beregning af fordampning fra beholdere i stinkskab og vurdering af klassifikation ved normal drift og i hvilesituation	27
	Bilag C: Beregning af fordampning fra spild i stinkskab og vurdering af klassifikation ved normal drift	30
	Bilag D: Beregning af gasudslip i stinkskab og vurdering af klassifikation ved normal drift	31
	Bilag E: Beregning af fordampning af spild under transport og vurdering af klassifikation ved normal drift	32
	Bilag F: Datablade for carbondisulfid, diethylether og hydrogen	33

1 INDLEDNING

Danmarks Tekniske Universitet driver uddannelse og forskning fra mange destinationer. DTU's institutter/enheder består af en række laboratorier og øvelsesfaciliteter mm, for såvel fastansatte forskere, gæsteforskere, studerende samt lejere af DTU's faciliteter og lokaler. I tilknytning til områderne findes en række ventilerede kemikalieskabe samt depoter for opbevaring af forskellige væsker, gasser og faste stoffer.

Arbejdssteder på DTU, hvor der håndteres brandfarlige væsker og gasser, og dermed en risiko for farlig eksplosiv atmosfære, indrettes så vidt muligt i 3 standard områder, "**Type 1 områder**", "**Type 2 områder**" og "**Type 3 områder**", og disse er dækket i denne Zoneklassifikationsrapport.

Kemikalie opbevaringssteder på DTU, hvor der oplagres brandfarlige væsker og gasser, og hvor der dermed er en risiko for farlig eksplosiv atmosfære, indrettes som 1 standardområde "**Kemikalie oplagsområde**", og dette er ligeledes dækket i denne Zoneklassifikationsrapport.

I **Type 1 områder** er der begrænsninger på stofmængder og forsøgsopstillinger, således at der kun arbejdes med meget små mængder af brandfarlige væsker og gasser, under rimelige forhold. Dette medfører, at der ikke stilles særlige krav til udstyr og arbejdsprocedurer i forhold til gennemførelsen af forsøg.

I **Type 2 områder** er der begrænsninger på stofmængder og forsøgsopstillinger, således at der arbejdes med lidt større mængder af brandfarlige væsker og gasser, under rimelige forhold. Der stilles derfor særlige krav til arbejdsprocedurer og der er opsynspligt ved gennemførelsen af forsøg.

I **Type 3 områder** arbejdes der med store mængder af brandfarlige gasser og væsker. Der stilles ingen begrænsninger mht. typer af forsøgsopstillinger, eller krav til hvordan forsøgene må gennemføres, udover at det skal ske i stinkskebe, hvor der er back-up på strømforsyningen til det EX-sikrede ventilationssystem.

I **Kemikalie oplagsområder** oplagres der brandfarlige kemikalier i kemikaliedepoter og kemikalieskabe. Her stilles der krav til ventilationen, indretningen samt skiltningen, og der skal anvendes eksplosionssikrede elektriske installationer.

Denne Zoneklassifikationsrapport dokumenterer zoneklassificeringen af ovenstående 4 områder.

2 LOVGRUNDLAG, STANDARDER OG DOKUMENTATIONSKRAV

2.1 Lovgrundlag

Virksomheder der er omfattet af arbejdstilsynets bekendtgørelse om arbejde i forbindelse med eksplosiv atmosfære skal, jf. Indenrigs- og Sundhedsministeriets bekendtgørelser nr. 590 af 26. juni 2003 om klassifikation af eksplosionsfarlige områder /ref. [1]/, udarbejde en zoneklassifikationsrapport.

For virksomheder omfattet af Statens Brandinspektions (nu Beredskabsstyrelsens) tekniske forskrifter gælder det endvidere, at zoneklassifikationsplanen skal godkendes af Kommunalbestyrelsen (Redningsberedskabet).

Virksomheder med arbejdstagere der arbejder i eksplosionsfarlige områder skal, jf. Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 478 af 10. juni 2003 om arbejde i forbindelse med eksplosiv atmosfære /ref. [2]/, udarbejde en skriftlig arbejdspladsvurdering af sikkerheds- og sundhedsforholdene på arbejdspladsen (en udvidet arbejdspladsvurdering, APV).

Den udvidede APV skal kortlægge følgende:

- Sandsynligheden for, at eksplosiv atmosfære kan forekomme samt varighed heraf.
- Sandsynligheden for, at antændelseskilder, herunder elektrostatiske udladninger, vil være til stede, og vil kunne blive aktive og fungere som tændkilde.
- Anlæggene, de anvendte stoffer, processerne og deres mulige vekselvirkning.
- De forventede konsekvensers omfang.

Områder, hvor der anvendes brandfarlige væsker, skal være godkendt i henhold til Tekniske forskrifter for brandfarlige væsker udsendt af Statens Brandinspektion (nu Beredskabsstyrelsen) den 15. juni 1985 /ref.[3]/.

Områder, hvor der anvendes trykflasker skal være indrettet iht. Justitsministeriets bekendtgørelse nr.305 af 30. september 1944 om "Opbevaring af transportable beholdere med sammentrykkede, fordråbede eller under tryk opløste luftarter" /ref.[4]/

Tekniske hjælpemidler som opstilles i eksplosionsfarlig atmosfære skal opfylde kravene i Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 696 af 18. august 1995 om indretning af tekniske hjælpemidler til anvendelse i eksplosionsfarlig atmosfære /ref. [10]/.

2.2 Standarder og vejledninger

I forbindelse med udarbejdelsen af denne zoneklassifikationsrapport er nedenstående vejledninger og forskrifter anvendt.

2.2.1 Harmoniserede standarder

DS/EN 60079-10-1 Elektriske apparater til eksplosive atmosfærer – Del 10: Klassifikation af farlige områder /ref. [5]/

2.2.2 Vejledninger og forskrifter

Tekniske forskrifter for brandfarlige væsker udsendt af Statens Brandinspektion (nu Beredskabsstyrelsen) den 15. juni 1985 /ref.[3]/.

At-vejledning C.0.9 Arbejde i forbindelse med eksplosiv atmosfære af august 2005 /ref. [6]/

Beredskabsstyrelsens vejledning om klassifikation af eksplosionsfarlige områder (BRS' vejl.) af 30. juni 2003 /ref.[7]/

Ikke-bindende vejledning for god praksis med henblik på gennemførelse af direktiv 1999/92/EF, udsendt den 25. august 2003 af Kommissionen for europæiske fællesskaber. /ref. [8]/.

Svenska Elektriska Kommissionen, SEK Handbok 426 Klassning av explosionsfarliga områden (SEK 426), 3. udgave, 2004. /ref. [9]/.

3 BESKRIVELSE AF OMRÅDETYPEN

Herunder beskrives **Type 1**, **Type 2**, og **Type 3 områderne** samt de arbejdsprocesser, som vil kunne medføre dannelse af en eksplosionsfarlig atmosfære.

For at kunne beskrive områdernes anvendelse, set i forhold til eksplosionsfare og klassificering heraf, tages der udgangspunkt i lokaler med dimensionsgivende egenskaber, hvad angår størrelse, ventilation og luftskifte.

Data for et standard **Type 1**, **Type 2**, og **Type 3 område**:

Gulvareal	$(6,5 \times 3,0) = 19,5 \text{ m}^2$
Rumhøjde	3 m
Rum volumen	$58,5 \text{ m}^3$
Ventilationsmængde	$293 \text{ m}^3/\text{h}$ (afh. af antal stinkskabe)
Minimum luftskifte i rummet	5 /h
I rummet vil der generelt være en	Middel ventilationsgrad og acceptabel tilgængelighed
Bordareal i stinkskab	$(1,4 \times 0,6) = 0,84 \text{ m}^2$
Stinkskabshøjde	0,9 m
Stinkskabsvolumen	$0,76 \text{ m}^3$
Ventilationsflow (ved en lugeåbning på 100 mm)	$250 \text{ m}^3/\text{h}$
Lufthastighed	0,5 m/s
I stinkskabe vil der generelt være en	Høj ventilationsgrad og god tilgængelighed
Punktsug med en min. kapacitet	$100 \text{ m}^3/\text{h}$ (enkelte har dog $50 \text{ m}^3/\text{h}$)
Klima	$18-28^\circ\text{C}$

Udover stinkskab, vil trykflasker, analyseapparater, punktsug, kemikalieoplag samt computere være i anvendelse.

Områderne har velventilerede kemikalieskabe for opbevaring af kemikalier, som benyttes i det daglige arbejde. Typisk findes 1-2 kemikalieskabe i hvert lokale.

I tilknytning til arbejdslokalerne findes også selvstændige depotrum for opbevaring af brandfarlige væsker og gasser, som kun lejlighedsvis anvendes i det daglige arbejde.

3.1 Ventilationsforhold

Det tilstræbes, at der med den mekaniske ventilation indblæses og udsuges lige store luftmængder i de enkelte lokaler. Dette gælder uanset om ventilationens generelle formål er komfort eller personbeskyttelse.

Standardområder på DTU har et luftskifte på minimum 5 gange i timen.

Luftskifte = $(\text{ventilationsmængde} / \text{rummets volumen}) = 293 \text{ m}^3/\text{h} : 58,5 \text{ m}^3 = 5 \text{ /h}$.

Generelt vil der i **Type 1**, **Type 2** og **Type 3 områderne** være en **middel ventilationsgrad og acceptabel tilgængelighed**, jf. principperne i DS/EN 60079-10/ref. [5]/.

Ventilationsanlægget som betjener **Type 1**, **Type 2**, og **Type 3 områderne** er koblet på stinkskabe, kemikalieskabe og punktsug og det er forsynet med kontrolanordning ved ventilationssvigt.

Ventilationen kører kontinuerligt.

Lugeåbning i stinkskab	Ventilationsflow	Lufthastighed i lugeåbning*
mm	m ³ /h	m/s
100	250	0,5 ± 10%
200	500	0,5 ± 10%
300	750	0,5 ± 10%
400	1000	0,5 ± 10%
500	1250	0,5 ± 10%
700	1750	0,5 ± 10%

* Dog har nogle skabe nedsat sug til 0,3 i hvilesituation.

Generelt vil der i stinkskabe være en **høj ventilationsgrad og god tilgængelighed**, jf. principperne i DS/EN 60079-10/ref. [5]/.

For at sikre bortventileringen af eksplosionsfarlige dampe fra stinkskabe i **Type 3 områder**, er skabet forsynet med en EX-sikker ventilation, som er nødstrømsforsynet. Det betyder, at ventilationen også fungerer, selvom den centrale strømforsyning bortfalder.

Punktsug tilkobles manuelt til det centrale ventilationsanlæg. Trykket i kanalerne reguleres med tryktransducere. Der arbejdes alene under punktsug med en min. kapacitet på 50-100 m³/h.

Kemikalieskabene er koblet til det centrale ventilationsanlæg, og sikrer at eventuelle dampe fra anbrudte beholdere i skabet effektivt bortventileres. Ventilationen er ikke sikret mod strømsvigt, men der afgives alarm ved ventilationssvigt.

Generelt vil der i kemikaliedepoterne være en **middel ventilationsgrad og acceptabel tilgængelighed**, jf. principperne i DS/EN 60079-10/ref. [5]/.

3.2 Vilkår, begrænsninger og procedurer

For **Type 1 områder**, **Type 2 områder**, **Type 3 områder** og **Kemikalie oplagsområder** gælder nedenstående vilkår, som er fastlagt ud fra en konkret vurdering iht. Beredskabsstyrens bek. 590 af 26. juni 2003 om zoneklassifikation af eksplosionsfarlige områder.

Generelle arbejds- og indretningsmæssige vilkår, samt begrænsninger i **Type 1**, **Type 2** og **Type 3 områder**:

- Åben håndtering af brandfarlige væsker må kun ske i et ventileret stinkskab. Der må derfor ikke arbejdes med kar og lignende udenfor stinkskabet. Undtaget er et minimum af sprøjteflasker indeholdende sprit eller acetone.
- Der må kun være de, for det aktuelle forsøg, nødvendige opstillinger og brandfarlige kemikalier i stinkskabet, hvor der arbejdes. Opstillinger eller kemikalier fra tidligere eller fremtidige forsøg må ikke være til stede. Dette er for at sikre, at der bliver ryddet op efter forsøg, og at der ikke efterlades kemikalier mv. i gamle opstillinger, samt for at sikre, at der er ordentlig arbejdsrum omkring det aktuelle forsøg, så risikoen for spild og uheld reduceres.
- Brandfarlige kemikalier som ikke umiddelbart benyttes i forsøget, skal opbevares i ventilerede kemikalieskabe. Efter arbejdets ophør skal kemikalier stilles tilbage i kemikalieskabet.
- Begrænsninger i mængden af brandfarlige væsker relaterer sig til risikoen for afdampning fra åbne beholdere. Kemisk affald vil ofte være en blanding af flere kemikalier med forskellige flammepunkter. For at undgå tvivl, bør affaldet betragtes som en brandfarlig væske. Det forudsættes derfor, at affaldsbeholdere (max 5L) placeres hensigtsmæssigt i stinkskabet på plant underlag, således at væltning, spild og andre utilsigtede hændelser undgås, og så indholdet ikke udgør en væsentlig risiko for dannelse af en farlig eksplosiv atmosfære. Affaldsbeholderen skal så vidt muligt være lukket.
- Omhældning eller aftapning af brandfarlige væsker må ikke ske mens der er åben ild i stinkskabet, eller når der er andre varmekilder i brug, f.eks. varmeblæsere mv.
- Lukkede systemer (f.eks. HPLC) placeres som minimum under punktsug. Der arbejdes kun under punktsug i forbindelse med forsøgsopstillinger, såfremt disse ikke kan placeres i stinkskab/ aftræksskab, og såfremt dette i øvrigt anses for at være forsvarligt.

- På arbejdsstedet må der kun være de for forsøgene nødvendige trykflasker (max 3 trykflasker, og de skal være i brug), uanset om de indeholder brandfarlige gasser eller ej. Der må ikke være et egentligt oplag af trykflasker i lokalet, så reserveflasker skal opbevares i et særligt depotrum for trykflasker.
- Trykflasker på arbejdsstedet skal fastspændes til ikke brandbart materiale, og sikres enkeltvis mod væltning med en kæde eller lignende. Trykflaskerne må ikke udsættes for stærk varme fra ovne mv.
- Manuel aftapning fra lokal trykflaske af brandfarlig gas ved atmosfærisk tryk sker kun i stinkskaab, og der skal efterfølgende lukkes for gassen ved flaskeventilen.
- Kan forsøget med brandfarlige gasser ikke holdes inden for stinkskaabet, skal der i hvert enkelt tilfælde laves en særlig zoneklassificering af opstillingen, med mindre følgende kan opfyldes:
 - o Brandfarlige gasser med automatisk aftapning til længerevarende forbrug, anvendes alene i faste opstillinger, hvor trykflasken er fastmonteret enten i arbejdsområdet eller ved en central regulatorstation.
 - o Udtaget for gassen er forsynet med en trykregulator, som er forsynet med en sikkerhedsventil, der ikke afblæser til rummet.
 - o Fra den centrale regulatorstation eller fra den lokale trykflaske føres gassen i fuldsvejste/ trykfaste rør til det gasforbrugende apparat.
 - o Hvis apparatet registrer en fejl i gastilførelsen, f.eks. trykfald, lukker apparatet automatisk for gastilførelsen.
 - o Hvis apparatet ikke har en funktion, så den kan detektere lækager i apparatet, er det nødvendigt at opstille en gasdetektor, som ved detektering af en brandfarlig gas i rummet, hvor koncentrationen overstiger f.eks. 25% af nedre eksplosionsgrænse (LEL), afbryder for gastilførelsen. Hvis lokalet er godt ventileret, kan der alternativt kobles en afspæringsventil på gastilførelsen, som aktiveres ved ventilationssvigt.
 - o Den centrale regulatorstations installationer efterses og trykprøves af montøren årligt eller efter installationsfirmaets forskrifter. Dette dokumenteres i en logbog.
 - o Brugeren tryktester/tæthedstester fra gasudtag til apparat hver gang en lokal trykflaske skiftes eller en samling/kobling åbnes (sæbevand, lækagespray eller lign), og dette dokumenteres i en logbog. Alternativt til brugerens tryktest, kan anvendes punktsug på samtlige samlinger/koblinger og ventiler.

- o Overskydende/ uforbrugt brandfarlig gas fra apparatet skal ledes ind i stinkskab, eller forsynes med punktsug.
 - o De trykfaste rør, samlinger, koblinger og ventiler vedligeholdes og kontrolleres for mekanisk overlast.
 - o Det er en ekstra sikkerhed, hvis der anvendes trykflasker med neddrosløst ydelse, således at der maksimalt kan ske udslip af en størrelse svarende til forbruget, tillagt en vis sikkerhedsmargin.
 - o Forsøgsoptstillinger med automatisk aftapning, skal godkendes af universitetets ATEX-ansvarlige eller anden kompetent person
- Brug af bunsenbrænder tilkoblet det centrale gasanlæg kan ske, når bunsenbrændere efterses inden ibrugtagning. Defekte brændere skal øjeblikkeligt erstattes af nye. Brugeren er altid til stede, og lukker for det børnesikrede gasudtag efter brug, eller hvis brugeren lugter de duftstoffer, der er tilsat gassen.
 - Ventilationen kører kontinuerligt, stinkskabsflow er minimum 250 m³/h (ved en lugeåbning på 100mm) og lufthastigheden er minimum 0,5 m/s over stinkskabets lugeåbning. I hvilesituationen er lufthastigheden sat ned til 0,3 m/s.
 - Punktsug i lokalet har en kapacitet på minimum 50-100 m³/h.
 - Luftsiftet i arbejdslokalet er minimum 5 gange i timen.

Særlige arbejds- og indretningsmæssige vilkår og begrænsninger i **Type 1 områder**:

- Der er ikke nogen begrænsninger for brugen af stoftyper. For at reducere eksplosionsfare og dermed klassificering af lokalet og tilhørende udstyr, er der sat en grænse for åbne beholderes størrelse på 1 liter, som vil kunne risikere at vælte. Derudover er der en max beholderstørrelse på 1 liter for åbne beholdere, for at minimere den samtidige afdampning. Der er ingen krav om opsynspligt, så længe der ikke forefindes opstillinger med fremtidige forsøg eller afsluttede forsøg, som tilsammen medfører en klassificerbar atmosfære. Det kan tillades, at forsøg forløber om natten.
- Brandfarlig gas må kun anvendes ved midlertidig manuel aftapning af max 1 liter brandfarlig gas ved 1 atm. til beholder/ballon i stinkskab. Gassen skal forbruges umiddelbart efter aftapningen, så den eksplosionsfarlige atmosfære fjernes så hurtigt som muligt. Er dette ikke muligt, skal forsøget foretages i **Type 3 områder**. Der må ikke være åben ild eller varme overflader i stinkskabet, og ventilationen skal køre ved fuld styrke. Der er opsynspligt under aftapningen, og ved uheld lukkes for flaskeventilen.

- Mængdebegrænsningen ved håndtering af brandfarlige væsker og gasser medfører, at området er uklassificeret, og derfor ikke behøver back-up på ventilationen eller EX-sikkert udstyr.

Særlige arbejds- og indretningsmæssige vilkår og begrænsninger i [Type 2 områder](#):

- Der er ikke nogen begrænsninger for brugen af stoftyper. For at reducere eksplosionsfare og dermed klassificering af lokale og tilhørende udstyr, er der sat en mængdebegrænsning på 3 liter, som vil kunne risikere at vælte, og en grænse for åbne beholderes størrelse på 3 liter, for at minimere afdampningen.
- Brandfarlig gas må kun anvendes ved midlertidig manuel aftapning af max 1 liter brandfarlig gas ved 1 atm. til beholder/ballon i stinkskab. Gassen skal forbruges umiddelbart efter aftapningen, så den eksplosionsfarlige atmosfære fjernes så hurtigt som muligt. Er dette ikke muligt, skal forsøget foretages i [Type 3 områder](#). Der må ikke være åben ild eller varme overflader i stinkskabet, og ventilationen skal køre ved fuld styrke. Der er opsynspligt under aftapningen, og ved uheld lukkes for flaskeventilen.
- Der stilles krav om, at den forsøgsansvarlige, eller en af denne instruerede person, skal overvåge forsøget – også nætter og weekender! Da der er en normal risiko forbundet med arbejdet, skal der centralt i arbejdsområdet etableres et elektrisk nødstop eller lignende, hvorved det er muligt, manuelt at afbryde strømmen til samtlige strømuttag, som er placeret i/ på stinkskabet. I tilfælde af ventilationssvigt, spild eller andre utilsigtede hændelser, fjernes derved de nærmeste tændkilder. Forsøget standses, så udslip begrænses (f.eks. ved at lægge låg på åbne beholdere, trykke på forceret ventilation, lukke for flaskeventilen og lukke stinkskabslugen).
- Opsynspligten medfører, at området er uklassificeret, og derfor ikke behøver back-up på ventilationen eller EX-sikkert udstyr.

Særlige arbejds- og indretningsmæssige vilkår og begrænsninger i **Type 3 områder**:

- Der er en mængdebegrænsning på håndteringen af brandfarlige væsker (max 50L), svarende til oplagsgrænsen for opbevaring af brandfarlige opløsningsmidler. Forsøg kan køre uden opsyn – også nætter og weekender.
- Brandfarlig gas må anvendes ved midlertidig manuel aftapning af brandfarlig gas til beholder/ballon i stinkskab. Gassen skal forbruges umiddelbart efter aftapningen, så den eksplosionsfarlige atmosfære fjernes så hurtigt som muligt. Der må ikke være åben ild eller varme overflader i stinkskabet, og ventilationen skal køre ved fuld styrke. Der er opsynspligt under aftapningen, og ved uheld lukkes for flaske-ventilen.
- Der er i **Type 3 områder** mulighed for at indrette *midlertidige* forsøgsopstillinger, som automatisk aftapper brandfarlige gasser til forsøgsopstillingen. Slangen fra trykflasken til forsøgsopstillingen skal være trykfast og sikkert fastholdt, så der ikke er risiko for udslip. Forsøgsopstillingen, hvor gassen forbruges, skal være placeret i stinkskabet.
- Da der er en ikke ubetydelig risiko forbundet med arbejdet, indrettes området med en særlig EX-sikret ventilation, som er tilsluttet en nødstrømsforsyning (back-up). Det er derfor ikke sandsynligt, at der i den normale brug af området, vil dannes en farlig eksplosiv atmosfære, når arbejdet foregår i stinkskabet. En ansvarlig person skal dog alarmeres hvis nødstrøms-forsyningen går i gang. Forsøget skal afsluttes, og normale forhold skal reetableres.

Procedure ved uovervågede forsøgsopstillinger i **Type 1** og **Type 3 områder**

- Hvis en kolbe springer, eller der på anden vis lækker brandfarlige væsker, er det nødvendigt, at kolbens indhold ikke er større, end at spildet kan forblive indenfor stinkskabets opkant.
- Sørg for at arbejde i lukkede systemer, fx kolber forsynes med en prop.

Arbejds- og indretningsmæssige vilkår og begrænsninger i **Kemikalie oplagsområder**:

- Der foregår ikke en åben håndtering af brandfarlige væsker eller gasser, f.eks. omhældning eller aftapning i eller ved kemikalieskabene eller i depotrum.
- Emballagen er tæt lukket
- Brandfarlige væsker opbevares i ventilerede kemikalieskabe eller ventilerede køleskabe i **Type 1**, **Type 2** og **Type 3 områder**, eller
- Brandfarlige væsker og gasser opbevares i ventilerede kemikalieskabe/ køleskabe i ventilerede depotrum, med et luftskifte på minimum 1 gang i timen. eller
- Brandfarlige væsker og gasser opbevares udenfor kemikalieskabe i ventilerede depotrum, med et luftskifte på minimum 1 gang i timen.
- Alle trykflaskedepoter skal godkendes af beredskabschefen.
- Kemikalie oplagsgrænser overholdes.
- Der må ikke føres tændkilder ind på området.
- Da der er en stor iboende risiko forbundet med opbevaringen, skal der EX-skiltes på kemikalieskabene/ køleskabene, (og evt på indgangsdøren til hele depotrummet, se afsnittet om skiltning) og områder, der er zoneklassificerede skal indrettes med eksplosionssikrede elektriske installationer og udstyr.

Procedure ved ventilationssvigt i **Type 1**, **Type 2**, **Type 3 områder** eller **Kemikalie oplagsområder**:

I **Type 1 områder** er der kun opsynspligt under aftapning af brandfarlig gas. Forsøget stoppes i tilfælde af ventilationssvigt, og flaskeventilen og lugen til stinkskalet lukkes.

I **Type 2 områder** er der opsynspligt, for hurtigt og effektivt, at kunne gribe ind i tilfælde af ventilationssvigt, spild eller anden utilsigtet hændelse. Forsøget skal stoppes, enten ved at lukke de åbne afdampende overflader med låg eller lignende, således at udslip af brandfarlige dampe stoppes. Lugen på stinkskalet skal lukkes, og strømmen til stinkskalets udtag fjernes (manuelt ved afbryder). Arbejdes der med trykflasker, skal der lukkes for gastilførelsen.

I **Type 3 områder**, hvor der er nødstrømsforsyning på ventilationen, skal en ansvarlig person alarmeres hvis nødstrømsforsyningen går i gang. Forsøget skal afsluttes, og normale forhold skal reetableres.

I **Kemikalie oplagsområder** skal kemikalieskabsdøren holdes lukket, indtil ventilationen starter op igen.

Procedure ved spild i **Type 1**, **Type 2**, **Type 3 områder** eller **Kemikalie oplagsområder**:

Spild af brandfarlige væsker fx under transport giver i løbet af få minutter en eksplosiv atmosfære, hvorfor det er vigtigt at handle hurtigt. Der skal indenfor 5 minutter være tørret op, således at de eksplosive dampe fjernes.

Ved spild på gulvet:

- Evakuer området
- Overvej om der skal anvendes åndedrætsværn
- Sluk al elektricitet i nærheden af spildet
- Hav et spild-kit indenfor rækkevidde (fx Vermaculit)
- Dæk spildet med Vermaculit
- Anvend forceret ventilation, hvis muligt
- Åbn evt stinkskabsluger eller vinduer
- Fej affaldet op i en metalspand eller et spændelågsfad

Ved spild i stinkskab:

- Sluk al elektricitet og fjern varme overflader i nærheden af spildet
- Tør stinkskabets bund med sugende materiale (fx køkkenrulle)
- Anvend forceret ventilation, hvis muligt
- Send affaldet til Kommunekemi

3.3 Oplagsgrænser for brandfarlige væsker

Kravene til opbevaring af brandfarlige væsker er beskrevet i "Tekniske forskrifter for brandfarlige væsker" udsendt af Statens Brandinspektion (nu Beredskabsstyrelsen) 15. juni 1985.

Brandfarlige væsker inddeles efter flammepunkt i tre klasser I, II og III. Hver klasse har en underklasse -1 eller -2, hvor -1 er for væsker, der ikke er vandblandbare, og -2 er for væsker der er vandblandbare.

Mængden af brandfarlige væsker opgøres ved at omregne væskerne til oplagsenheder, som tælles sammen. Følgende er definitionen af 1 oplagsenhed (OE):

1 liter af klasse I (Klasse I: flammepunkt $< 21^{\circ}\text{C}$)

eller 5 liter af klasse II (Klasse II: $21^{\circ}\text{C} \leq \text{flammepunkt} \leq 55^{\circ}\text{C}$)

eller 50 liter af klasse III (Klasse III: $55^{\circ}\text{C} < \text{flammepunkt} \leq 100^{\circ}\text{C}$)

Væsker med flammepunkt over 100°C kaldes *brandbare* væsker, og regnes ikke for *brandfarlige*. *Brandfarlige* væsker har flammepunkt under 100°C .

Der er to krav til opbevaringsgrænserne i **Type 1**, **Type 2**, og **Type 3 områder**.

I hvert laboratorium må der højst opbevares 50 OE, når rummet er et selvstændigt rum adskilt fra gang og andre rum med en massiv dør.

Der må højst opbevares 800 OE totalt i den brandsektion, som laboratoriet er en del af.

Depotrum for opbevaring af brandfarlige væsker, der er placeret i forbindelse med eller i laboratoriet, regnes også med i den totale mængde på 800 OE.

4 ZONEKLASSIFIKATION

4.1 Generelt - sammenhæng mellem udslipsskilde, ventilation og klassifikation

Nedenfor er virkningen af ventilation og udslipshyppigheden på zonetyper listet i en tabel. Tabellen er en gengivelse af tabel B.1 i DS/EN 60079 –10 /ref. [5]/. Tabellen er iht. standarden brugt som praktisk rettesnor til klassificering af zoner.

Sammenhæng mellem udslipsskilde, ventilation og klassifikation.

	Ventilation						
	Ventilationsgrad						
	Høj (VH)			Middel (VM)		Lav(VL)	
	Tilgængelighed						
Udslips-grad	God	Acceptabel	Dårlig	God	Accep- tabel	Dårlig	God, accep- tabel, dårlig
Konti- nuerlig	(zone 0 NE)	(zone 0 NE)	(zone 0 NE)	Zone 0	Zone 0	Zone 0	Zone 0
	Intet klassifi- ceret område ^{a)}	Zone 2 ^{a)}	Zone 1 ^{a)}		+	+	
					Zone 2	Zone 1	
Primær	(zone 1 NE)	(zone 1 NE)	(zone 1 NE)	Zone 1	Zone 1	Zone 1	Zone 1
	Intet klassifi- ceret område ^{a)}	Zone 2 ^{a)}	Zone 2 ^{a)}		+	+	ell.
					Zone 2	Zone 2	Zone 0 ^{c)}
Sekun- dær ^{b)}	(zone 2 NE)	(zone 2 NE)	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 2	Zone 1
	Intet klassifi- ceret område ^{a)}	Intet klassifi- ceret område ^{a)}					og evt Zone 0 ^{c)}

^{a)} Zone 0 NE, 1 NE eller 2 NE angiver en teoretisk zone med meget lille udstrækning (NE, negligible extent) under normale forhold.

^{b)} Zone 2 området, som opstår som følge af en sekundær udslipsskilde, kan blive større end det zone 2 område, der opstår som følge af en primær eller kontinuerlig udslipsskilde. I sådanne tilfælde skal den største afstand anvendes.

^{c)} Zone 0 kravet er gældende i de tilfælde, hvor ventilationsgraden er så lav og udslippet så stort, at en eksplosiv gasblanding praktisk taget vil være til stede kontinuerligt (forholdene nærmer sig en uventileret situation).

Note "+" angiver "omgivet af".

Under normale omstændigheder betragtes en sammenhængende eksplosiv atmosfære på mere end 10 liter altid som værende farlig eksplosiv atmosfære /ref. [8]/. Ikke bindende vejledning punkt 2.2.4. Mindre volumener kan negligeres såfremt forholdene i øvrigt taler herfor.

4.2 Zoneklassifikation og udstrækning iht. DS/EN 60079-10-1

Zoneklassifikationen for de forskellige aktiviteter/processer i **Type 1**, **Type 2**, **Type 3**, og **Kemikalie oplagsområderne** er fastlagt ved ingeniørmæssige vurderinger af anerkendte klassifikationseksempler for lignende områder opstillet i Beredskabsstyrelsens vejledning (BRS) /ref. [7]/, DS/EN 60 079-10-1/ref. [5]/ samt SEK Handbok 426 /ref.[9]/.

I områderne anvendes en lang række forskellige produkter, hvoraf en del vil kunne medføre dannelse af en eksplosiv atmosfære. For at definere grænseværdier for stofmængder, der anvendes i områderne, anvendes carbondisulfid, diethylether samt hydrogen, som værende repræsentanter for væsker og gasser, der kan danne farlig eksplosiv atmosfære. Materialedata er fra Kemibrug.dk.

Materialedata for mest kritiske materiale anvendt som benchmark

Brandbart materiale	Flammepunkt	Nedre eksplosionsgrænse LELm	Nedre eksplosionsgrænse LELv	Masse-Fylde	Selv-antændelses temp.	Damptryk	Kogepunkt
	°C	Kg/m ³	Vol%	g/cm ³	°C	KPa v 25°C	°C
Carbon-disulfid	-33	0,04	1,3	1,3	90	47,9	46
Diethyl-ether	-40	0,05	1,9	0,7	170	71,7	35
Hydrogen	-	0,003	4,0	0,07	560	0,17	-253

Beregninger, der tager udgangspunkt i benchmark stofferne carbondisulfid, diethylether og hydrogen, som ligger til grund for zoneklassificeringen, er angivet i bilag A-E.

Nedenstående zoneklassifikation dækker alle stoftyper, og dermed også stoffer med meget varierende flammepunkter. For at gøre brugen af Zoneklassifikationsrapporten så enkel som mulig, skelnes der ikke imellem de enkelte stoffers flammepunkter. Alle stoffer med et flammepunkt under 30⁰C, eller stoffer som opvarmes til indtil 10⁰C under flammepunktet, regnes med som en brandfarlig væske. Det værste udslip i områderne danner baggrund for vurderingen af rummets ventilationsgrad.

Udslipsskilder, ventilationsforhold samt zoneklassifikation og udstrækning

Udslipsskilde		Ventilation DS/EN 60 079-10-1/ref. [5]/		Zoneklassifikation SEK Handbok 426 /ref.[9]/		
I stinkskab	Udslips-grad	Ventilations-grad	Tilgængelighed	Område type	Bemærkninger	Zone og udstrækning
Forsøgsopstillinger med åbne beholdere. - Afdampning fra fri væskeoverflade	Kontinuerlig	Høj	god	Type 1 område	Max 1l brandfarlig væske. Beholdere placeres, så væltning undgås. Der er procedurer for ventilationssvigt og uovervågede forsøg.	Zone 0 i beholder
				Type 2 område	Max 3l brandfarlig væske. Opsynspligt. Ved ventilationssvigt stoppes forsøget, og tændkilder fjernes, ved manuelt at slukke for strømforsyningen.	Uklassificeret i og omkring stinkskab
				Type 3 område	Optil 50l brandfarlig væske. Damp bortventileres, da back-up på ventilationen.	Se Bilag B
Spild fra beholder i stinkskabets bund. - Afdampning af brandfarlige væsker	Kontinuerlig	Høj	god	Type 1 område Type 2 område Type 3 område	Der er procedurer for spild.	Uklassificeret Se Bilag C
Forsøgsopstillinger med lukkede kredsløb. - Lækage af brandfarlige væsker i samlinger/åbninger eller ved lukning af procesudstyr.	Sekundær	Høj	god	Type 1 område Type 2 område Type 3 område	Der er procedurer for ventilationssvigt.	Uklassificeret
Forsøgsopstilling med bunsenbrænder - Opvarmning ved brug af F-gas	Kontinuerlig	Høj	god	Type 1 område Type 2 område Type 3 område	Bunsenbrændere kontrolleres før brug. Defekte brændere skal øjeblikkeligt erstattes af nye. Der er opsynspligt.	Uklassificeret
Forsøgsopstilling m. tilslutning til brandfarlig gas. 200 bar flaske med regulator. - Gasudslip fra installationer	Primær	Høj	god	Type 2 område Type 3 område	Brandfarlig gas er overvåget, og der er procedurer for ventilationssvigt, eller gassen bortventileres, da back-up på ventilationen.	Uklassificeret

Udslipsskilde		Ventilation DS/EN 60079-10-1/ref.[5]/		Zoneklassifikation SEK Handbok 426 /ref.[9]/		
Sted	Udslips-grad	Venti-lations-grad	Til-gænge-lighed	Område type	Bemærkninger	Zone og udstræk-ning
I stinkskab Forsøgsopstil-ling med manuel aftapning af brandfarlig gas - Håndtering af brandfarlig gas	Kontinu-erlig	Høj	god	Type 1 område Type 2 område	Max. 1 l brandfarlig gas ved 1 atm. Opsyn under aftapning. Hvis ventilationen svigter stoppes brugen af gassen. Ingen varme overflader i stinkskabet.	Uklassifi-ceret Se Bilag D
	Kontinu-erlig	Høj	god	Type 3 område	Mindre mængder brandfarlig gas ved 1 atm. Opsyn under aftapning. Ingen varme overflader i stinkskabet. Brandfarlig gas bortventileres, da back-up på ventilationen.	Uklassifi-ceret Se Bilag D
I ventilations-anlæg som betjener stinkskabet Forsøg med udslip og bortventilering af brandfarlig gas	Primær	Høj	god	Type 3 område	Der kan være et vedvarende udslip af brandfarlige gasser og dampe. Der vil derfor blive bortventileret gasser, som vil kunne antændes, og medføre en eksplosion i ventilationssystemet.	Zone 1 Indenfor ventila-tions-systemet
I ventilerede kemikalieskabe Væske-beholdere.	Sekun-dær	Middel	Accep-tabel	Type 1 område Type 2 område Kemi-kalie depot	Lukkede anbrudte beholdere.	Zone 2 Indenfor skabet. Uklassifi-ceret udenfor skabet.
				Type 3 område	Der back-up på ventilationen	Uklassifi-ceret
I depotrum Væske-beholdere udenfor kemikalieskabe	Sekun-dær	Middel	Accep-tabel	Kemi-kalie depot	Større oplag af lukkede anbrudte beholdere.	Zone 2 I hele rummet.
I flaskedepot Trykflasker	Sekun-dær	Middel	Accep-tabel	Tryk-flaske depot	Større oplag trykflasker.	Zone 2 I hele rummet. (Hvis udendørs: uklassifi-ceret)

Udslipskilde		Ventilation DS/EN 60079-10-1/ref.[5]		Zoneklassifikation SEK Handbok 426 /ref.[9]		
Sted	Udslips-grad	Venti-lations-grad	Til-gænge-lighed	Område type	Bemærkninger	Zone og udstrækning
I lokalet, uden for stinkskab Trykflasker ell centralanlæg m. brandfarlig gas tilsluttet til gasforbrugende apparater. - Koblinger og samlinger. - Sikkerheds-ventil ®ulator	Sekun-dær	Middel	Accep-tabel	Type 1 område Type 2 område Type 3 område	Gasudtag med trykregulator og sikkerhedsventil, der ikke afblæser til lokalet. Fuldsvejste rørføringer. Tæthedstestning og gasdetektorer, der lukker for gassen ved udslip.	Uklassifi-ceret
I lokalet, uden for stinkskab Trykflasker ell centralanlæg m. brandfarlig gas tilsluttet til gasforbrugende apparater. - Koblinger og samlinger - Sikkerheds-ventil ®ulator	Sekun-dær	Middel	Accep-tabel	Type 1 område Type 2 område Type 3 område	Ikke trykfaste rørføringer eller ingen tæthedstestning eller ingen punktsug på ventiler, koblinger og samlinger eller ingen gasdetektion.	Zone 1 (½ m i diameter) og zone 2 ud til 2m i diameter
I lokalet, under punktsug Forsøgsopstillinger med lukkede kredsløb. - Lækage af brandfarlige væsker i samlinger/åbninger.	Sekun-dær	Middel	Accep-tabel	Type 1 område	Der foreligger lokale procedurer for uovervågede forsøgsopstillinger og ventilationssvigt	Uklassifi-ceret indenfor sug.
				Type 2 område	Der er procedurer for ventilationssvigt.	
				Type 3 område	Back-up på punktsug	
I lokalet, uden for stinkskab Tab af emballage under transport - Spild på gulv	Sekun-dær	Middel	Accep-tabel	Type 1 område Type 2 område Type 3 område	Procedurer for spild.	Uklassifi-ceret Se Bilag E

5 AFMÆRKNING AF KLASSIFICEREDE OMRÅDER

Kemikalieskabslåger samt indgangsdøre til kemikaliedepoter, hvori brandfarlige kemikalier er opbevaret udenfor kemikalieskab, skal, jf. bilag 2 til Indenrigs- og sundhedsministeriets bekendtgørelse nr. 590 om klassifikations af eksplosionsfarlige områder /ref. [2]/ markeres med nedenstående advarselsskilte:



Der opsættes tydelige og holdbare skilte, som angiver, at der bag skabslågen eller i depotet kan være forekomst af farlige eksplosiv atmosfære, og brug af åben ild er derfor ikke tilladt. Skiltningen skal være udført i overensstemmelse med Arbejdstilsynets bestemmelser om sikkerhedsskiltning.

5.1 Tændkilder i de klassificerede områder

Tændkilder i de zoneklassificerede områder skal kortlægges og risikovurderes med henblik på at minimere risikoen for antændelse af et eventuelt udslip af brandbare dampe og gasser. I nedenstående tabel er kravene til materiel for anvendelse i *EX*-områder opstillet.

Zoneklas-sifikation	Materiel omfattet af ATEX 94/9/EF direktivet: Kategori vælges som	Øvrige tekniske hjælpemidler:
0	II 1 G	Tændkilder skal undgås ved Problemfri drift (normal drift) forudsigelige forstyrrelser og sjældent forekommende driftsforstyrrelser
1	II 1 G eller II 2 G	Problemfri drift (normal drift) og forudsigelige forstyrrelser
2	II 1 G, II 2 G eller II 3 G	Problemfri drift (normal drift)

Tabellen gælder for alle former for tændkilder. Kategorien af tekniske hjælpemidler, elektriske såvel som ikke-elektriske, der tages i brug første gang i virksomheden efter 30. juni 2003 skal vælges på baggrund af zoneklassifikationen, som vist i ovenstående tabel, medmindre en konkret risikovurdering viser noget andet.

6 BESKYTTELSESFORANSTALTNING FOR BEGRÆNSNING AF VIRKNING AF EKSPLOSION

Det kan ikke afvises, at der i den normale drift af arbejdsstedet eller i depotrum vil kunne ske en antændelse af brandfarlige gasser eller dampe. Det vurderes dog, at sandsynligheden herfor er acceptabel lille. Dannelsen af en eksplosionsfarlig atmosfære forudsætter svigt i ventilationen, samtidigt med at der sker et udslip, og evt. *EX*-udstyr skal svigte og danne en tændkilde.

Den primære risiko for dannelse af eksplosiv atmosfære er ved ventilationssvigt, hvor der udløses alarmer, hvor personalet eller en anden operatør kan gribe ind efter anviste instrukser. Den anden primære risiko for farlig eksplosiv atmosfære er ved spild af kemikalier, hvor personalet typisk vil være til stede, og kan nå at tørre spildet op efter anviste instrukser. I begge tilfælde sikres det, at alle personer forlader lokalet hurtigt, når opgaver i relevant instruks er udført.

Skulle der alligevel ske en eksplosion i stinkskab eller kemikaleskab, vil det medføre overfladiske skader på personer i umiddelbar nærhed, pga. glassplinter m.v., da der er krav om brug af beskyttelsesbriller. Der vil ikke i den normale drift være risiko for flere kvæstede personer.

DTU udarbejder lokalt en udvidet APV, hvis det skønnes, at der er en øget risiko for eksplosionsdannelse, hvori der redegøres for håndtering og konsekvens af en eventuel eksplosion i **Type 1**, **Type 2**, **Type 3** og **kemikalie oplagsområderne**. Se uddrag fra Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 696 om indretning af tekniske hjælpemidler herunder:

3.1.5 Trykaflastningsanordninger

Sikringssystemer, som kan forventes at blive udsat for påvirkninger ud over deres belastningsevne, skal ved konstruktionen forsynes med passende trykaflastningsanordninger, som ikke medfører fare for personale i nærheden.

3.1.6 Systemer til standsning af eksplosioner

Systemer til standsning af eksplosioner skal planlægges og konstrueres således, at de reagerer tidligst muligt efter en begyndende eksplosion og modvirker den optimalt under hensyntagen til maksimal trykstigningshastighed og maksimalt eksplosionstryk.

3.1.7 Eksplosionsafkoblingssystemer

Afkoblingssystemer, hvormed bestemt materiel i tilfælde af begyndende eksplosion med kort varsel kan isoleres, ved hjælp af passende anordninger, skal planlægges og konstrueres således, at ild ikke kan brede sig inden i dem, og at de bevarer deres mekaniske styrke under normale driftsforhold.

7 KONKLUSION

For **Type 1**, **Type 2**, **Type 3** og **Kemikalie oplagsområderne** er der opstillet vilkår for arbejde og indretning, skiltning og krav om EX-udstyr. Vilkårene er fastlagt ud fra en konkret vurdering iht. Beredskabsstyrens bek. 590 af 26. juni 2003 om zoneklassifikation af eksplosionsfarlige områder.

Det vurderes, at der i forbindelse med **Type 1 områderne**, ikke dannes en farlig eksplosiv atmosfære pga. stofmængdebegrænsningen på 1 liter i åbne beholdere og max. 1 l gas ved 1 atm., der forbruges under opsyn. Der vil derfor ikke være krav om EX-sikkert udstyr i lokalet udover kemikalieskabet. Der stilles ikke krav om back-up på ventilationsanlægget.

Det kan umiddelbart konkluderes, at der i forbindelse med **Type 2 områderne** ikke dannes eksplosiv atmosfære under normal drift, for så vidt angår stinkskabe og processer under punktsug. Dette skyldes kravet om opsynspligt i forbindelse med hvert forsøg. Opsyn med forsøgsgangen er medvirkende til en hurtig indgriben og begrænsning af et eventuelt udslips omfang. Derfor er sandsynligheden for dannelse af farlig eksplosiv atmosfære meget begrænset.

Det vurderes, at der, i forbindelse med **Type 3 områderne** ikke dannes eksplosiv atmosfære i normal drift for så vidt angår stinkskabe og processer under punktsug. Dette skyldes, at disse er forsynet med back-up på strømforsyningen til ventilationssystemet.

Zoneklassificeringen af **Kemikalie oplagsområderne** vurderes til en zone 2. Derfor skal det pågældende område forsynes med eksplosionssikret udstyr/ installationer, og der skal skiltes med EX-skilte, for at markere, at der ikke må anvendes åben ild eller andre varmekilder.

Zoneklassificering:

Type 1, Type 2, Type 3 områder:

Uklassificeret i hele området.

Kemikalieskabe/ køleskabe: Zone 2 inden for skabet.

Kemikaliedepot: Uklassificeret i rummet, ved opbevaring af brandfarlige kemikalier i ventilerede kemikalieskabe.

Kemikaliedepot: Zone 2 i hele rummet, ved opbevaring af brandfarlige kemikalier udenfor kemikalieskabe.

Kemikalieskabe og depoter: Uklassificeret, hvis der er back-up på ventilationen.

Ventilationssystemet, som betjener stinkskabet i Type 3 områder: Zone 1.

DTU udarbejder lokalt den udvidede arbejdspladsvurdering for alle 4 områder.

8 REFERENCER

- [1] Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 478 af 10. juni 2003 om arbejde i forbindelse med eksplosiv atmosfære.
- [2] Indenrigs- og Sundhedsministeriets bekendtgørelser 590 af 26. juni 2003 om klassifikation af eksplosionsfarlige områder.
- [3] Tekniske forskrifter for brandfarlige væsker udsendt af Statens Brandinspektion (nu Beredskabsstyrelsen) den 15. juni 1985.
- [4] Justitsministeriets bekendtgørelse nr.305 af 30. september 1944 om "Opbevaring af transportable beholdere med sammentrykkede, fordråbede eller under tryk opløste luftarter".
- [5] DS/EN 60079-10-1 Elektriske apparater til eksplosive atmosfærer – Del 10: Klassifikation af farlige områder.
- [6] Arbejdstilsynets At-vejledning C.0.9 Arbejde i forbindelse med eksplosiv atmosfære af august 2005.
- [7] Beredskabsstyrelsens vejledning om klassifikation af eksplosionsfarlige områder af 30. juni 2003.
- [8] Kommissionen for europæiske fællesskaber. Ikke-bindende vejledning for god praksis med henblik på gennemførsel af direktiv 1999/92/EF. Vejledning udsendt den 25. august 2003.
- [9] Svenska Elektriska Kommissionen, SEK Handbok 426 Klassning av explosionsfarliga områden, 3. udgave, 2004.
- [10] Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 696 af 18. august 1995 om indretning af tekniske hjælpemidler til anvendelse i eksplosionsfarlig atmosfære [ref. 9].

BILAG A – MATERIALEDATA

I de følgende beregninger for zoneklassificering, anvendes følgende parametre samt data for carbondisulfid, diethylether og hydrogen:

Udslips- egen- skaber for brandbart materiale	Mol- vægt	Nedre eksplo- sions- grænse	Nedre eksplo- sionsgrænse LELm DS/EN 60079-10 s. 44 ($0,416 \times 10^{-3} \times M \times \text{LELv}$)	Damp- tryk	Udslipsgrad Kontinuerlig = 0 primær = 1 Sekundær = 2	Sikker- heds- faktor DS/EN 60079- 10 s. 44	Udslips- Hastighed Alm drift (Se bilag B og D)
	M g/mol	LELv Vol%	LELm kg/m ³	P ₀ KPa ved 25°C		k	E _v = dG/dt kg/s
Carbon- disulfid	76,1	1,3	0,041	47,9	2	0,25	0,00004
Diethyl- ether	74,1	1,9	0,059	71,7	2	0,25	0,000058
Hydrogen	2,0	4,0	0,003	0,17	2	0,25	0,0000014

Udslipskilde			Bemærkninger se også kap 3
Radius af 1 l åben beholder	r	5,5 cm	
Ventilationsegenskaber i stinkskab			
Ventilationsflow (ved en lugeåbning på 100 mm)	F	250 m ³ /h	Normal drift
Lufthastighed	u	0,5 m/s	Normal drift
Antal luftskifter /s	C	0,092 /s	Normal drift 250 m ³ /h i et volumen på 1,4 x 0,6 x 0,9 m ³
Ventilationsflow (ved en lugeåbning på 100 mm)	F	150 m ³ /h	I hvileposition
Lufthastighed	u	0,3 m/s	I hvileposition
Antal luftskifter /s	C	0,055 /s	I hvileposition 150 m ³ /h i et volumen på 1,4 x 0,6 x 0,9 m ³
Tilgængelighed		God	
Ventilationsegenskaber i lokalet			
Ventilationsflow	F	293 m ³ /h	
Lufthastighed	u	0,01 m/s	Et luftskifte på 5 gange/h i et 6,5 m rum vil give en lufthastighed på ca. $6,5 \times 5 / 3.600 = 0,01$ m/s.
Antal luftskifter /s (=5 /time)	C	0,001 /s	
Kvalitetsfaktor 1= Ideel (fx puntsug) 5= Reduceret (diffust sug)	f	1	
Tilgængelighed		Acceptabel	
Rummets egenskaber			
Rum volumen	V ₀	58,5 m ³	
Omgivelsestemp (T= 25°C (18-28°C))	T	298 K	
Stinkskabs dimensioner		(1,4 x 0,6 x 0,9)m ³	

Til beregning af fordampning i de følgende bilag anvendes en beregningsmetode fra bogen "Industrial Fire Protection Engineering", Zalosh, R.G., Wiley 2003, ISBN: 0-471-49677-4. Formlen er baseret på udslip i det fri, hvor turbulens giver forøget fordampning. Anvendelsen af metoden er således på den sikre side.

Fordampningen beregnes af:

$$E_v = \frac{M_v \cdot k \cdot A \cdot P_{sat}}{R \cdot T_L}$$

Hvor:

- E_v er fordampningshastigheden i kg/min
- M_v er molvægten i kg/kmol
- k er masstransportkoefficienten i m/min
- A er arealet af spildet i m²
- P_{sat} er mætningstrykket for væskedampene ved den aktuelle temperatur i Pa
- R er idealgaskonstanten = 8314 J/(kmol·K)
- T_L er væsketemperaturen i K.

Masstransportkoefficienten udregnes ifølge Zalosh efter følgende udtryk ved udendørs forhold:

$$k = 0,15 \cdot u^{0,78} \cdot \left(\frac{18}{M_v} \right)^{1/3}$$

Hvor:

- hvor u er lufthastigheden i m/s.

BILAG B - Beregning af fordampning fra beholdere i stinkskab og vurdering af klassifikation ved normal drift og i hvilesituation.

Afdampning af carbondisulfid henholdsvis diethylether fra beholdere i stinkskab med samlet overfladeareal på 0,03 m², svarende til fx til 3 stk. beholdere med Ø5,5 cm åbning.

Diethylether og lufthastighed på ca. 0,5 m/s

$$k = 0,15 \cdot 0,5^{0,78} \cdot \left(\frac{18}{74,1} \right)^{1/3} = 0,0545$$

$$E_v = \frac{74,1 \cdot 0,0545 \cdot 0,03 \cdot 71700}{8314 \cdot (273,15 + 25)} = 0,0035 \text{ kg / min} = 5,8 \cdot 10^{-5} \text{ kg / s}$$

Tilsvarende fås:

Diethylether og lufthastighed på 0,3 m/s: $E_v = 0,00235 \text{ kg/min} = 3,9 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s}$

Carbondisulfid og lufthastighed på 0,5 m/s: $E_v = 0,00239 \text{ kg/min} = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s}$

Carbondisulfid og lufthastighed på 0,3 m/s: $E_v = 0,00161 \text{ kg/min} = 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s}$

Vurdering af klassifikation

Metodikken i DS/EN 60079-10 er primært egnet til udslip, der står på i længere tid, dvs. ikke kortvarige udslip under normal drift eller i forbindelse med spild, der relativt hurtigt kan opsamles. For at vurdere ventilationsgraden i denne situation er formlerne i afsnit B 4.2 i DS/EN 60079-10 anvendt.

Diethylether og lufthastighed på ca. 0,5 m/s.

$$dG/dt = 5,8 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s}$$

$$LEL_m = 0,059 \text{ kg/m}^3$$

$$T = 298 \text{ K}$$

$$k = 0,25, \text{ kontinuerligt udslip}$$

$$f = 1, \text{ punktudsugning placeret hensigtsmæssigt.}$$

$$C = 0,092 \text{ gange /s}$$

Minimum mængde frisk luft for at fortynde dampene beregnes som:

$$(dV/dt)_{\min} = \frac{dG/dt_{\max}}{k \cdot LEL_m} \cdot \frac{T}{293} = \frac{5,8 \cdot 10^{-5}}{0,25 \cdot 0,059} \cdot \frac{298}{293} = 0,0040 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Det hypotetiske volumen beregnes som:

$$V_z = \frac{f \cdot (dV/dt)_{\min}}{C} = \frac{1 \cdot 0,0040 \text{ m}^3 / \text{s}}{0,092} = 0,04 \text{ m}^3$$

Det hypotetiske volumen er mindre end 0,1 m³ og jf. standarden, er ventilationsgraden derfor høj.

Carbondisulfid og lufthastighed på ca. 0,5 m/s.

$$dG/dt = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s}$$

$$LEL_m = 0,041 \text{ kg/m}^3$$

$$T = 298 \text{ K}$$

$$k = 0,25, \text{ kontinuerligt udslip}$$

$$f = 1, \text{ punktudsugning placeret hensigtsmæssigt.}$$

$$C = 0,092 \text{ gange /s (250 m}^3\text{/h)}$$

Minimum mængde frisk luft for at fortynde dampene beregnes som:

$$(dV/dt)_{\min} = \frac{dG/dt_{\max}}{k \cdot LEL_m} \cdot \frac{T}{293} = \frac{4,0 \cdot 10^{-5}}{0,25 \cdot 0,041} \cdot \frac{298}{293} = 0,0040 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Det hypotetiske volumen beregnes som:

$$V_z = \frac{f \cdot (dV/dt)_{\min}}{C} = \frac{1 \cdot 0,0040 \text{ m}^3 / \text{s}}{0,092} = 0,043 \text{ m}^3$$

Det hypotetiske volumen er mindre end 0,1 m³ og jf. standarden, er ventilationsgraden derfor høj.

Da det hypotetiske volumen er lidt større for carbondisulfid, betyder det, at carbondisulfid er mere kritisk end diethylether, hvorfor der alene regnes på carbondisulfid, når ventilationen går i hvileposition.

Carbondisulfid og lufthastighed på ca. 0,3 m/s.

$$dG/dt = 2,7 \cdot 10^{-5} \text{ kg/s}$$

$$LEL_m = 0,041 \text{ kg/m}^3$$

$$T = 298 \text{ K}$$

$$k = 0,25, \text{ kontinuerligt udslip}$$

$$f = 1, \text{ punktudsugning placeret hensigtsmæssigt.}$$

$$C = 0,055 \text{ gange/s (150 m}^3\text{/h svarende til 0,3 m/s)}$$

Minimum mængde frisk luft for at fortynde dampene beregnes som:

$$(dV/dt)_{\min} = \frac{dG/dt_{\max}}{k \cdot LEL_m} \cdot \frac{T}{293} = \frac{2,7 \cdot 10^{-5}}{0,25 \cdot 0,041} \cdot \frac{298}{293} = 0,0027 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Det hypotetiske volumen beregnes som:

$$V_z = \frac{f \cdot (dV/dt)_{\min}}{C} = \frac{1 \cdot 0,0027 \text{ m}^3 / \text{s}}{0,055} = 0,049 \text{ m}^3$$

Det hypotetiske volumen er mindre end 0,1 m³ og jf. standarden, er ventilationsgraden derfor høj.

Efter principperne i DS/EN 60079-10 vil der ikke være klassificeret som eksplosionsfarligt område for et primært udslip når ventilationsgraden er høj og ventilationen er i drift med et ventilationsflow på 0,5 m/s eller i hvileposition med et ventilationsflow på 0,3 m/s.

Svigt af ventilation, der er en sjældent forekommende hændelse, håndteres ved, at der afgives alarm i laboratoriet. Brugere er instrueret i, at de ved alarm for svigtende ventilation skal afbryde arbejdet og begrænse afdampningen fra beholdere mv. Der er ligeledes procedurer for uovervågede forsøgspstillinger.

BILAG C - Beregning af fordampning fra spild i stinkskab og vurdering af klassifikation ved normal drift.

Afdampning af carbondisulfid fra spild i hele stinkskabets areal med samlet overfladeareal på $1,4 \times 0,6 = 0,84 \text{ m}^2$.

Carbondisulfid og lufthastighed på ca. 0,5 m/s.

I følge formelen i Bilag A er: $E_v = 0,067 \text{ kg/min} = 0,0011 \text{ kg/s}$

Vurdering af klassifikation

Vurderingen er foretaget ud fra varigheden og sandsynligheden kombineret med den aktuelle udslipshastighed. Det er en del af metodikken, at man ikke regner med 2 samtidige hændelser med lav sandsynlighed, fx spild i stinkskab samtidig med svigt af ventilation.

Udslippet i dette uheldsscenario (stort spild der kan dække hele stinkskabet) kan, hvis det står på i længere tid, opbygge et volumen med eksplosionsfarlig atmosfære uanset at ventilationen er i drift. Da spildet er af begrænset omfang, og der er en person til stede, vurderes det, at spildet kan opsamles/opsuges i vermiculit indenfor 5 minutter. Se procedure for håndtering af spild.

Fordampningshastigheden er fundet til $0,0011 \text{ kg/s}$. Der regnes med, at arealet hvorfra der sker fordampning, begynder at blive mindre efter 3 min, da spildet bliver opsamlet. Arealet regnes at aftage lineært indtil 5 min fra udslippet opstod.

$LEL_m = 0,041 \text{ kg/m}^3$. Luften skiftes ca. 27 gange i løbet af 5 minutter ($0,092 \text{ gange/s} \times 300 \text{ s}$), og der startes med ren luft ved $t=0 \text{ s}$.

Efter 5 min er der således overslagsmæssigt følgende mængde dampe, der ikke er blevet fortyndet: $(0,0011 \times 180 + \frac{1}{2} \times (0,0011+0) \times 120) / (27+1) = 0,009 \text{ kg}$ eksplosionsfarlige dampe

Dette svarer til $0,009 / 0,041 = 0,23 \text{ m}^3$ eksplosionsfarlig atmosfære ved en koncentration svarende til nedre eksplosionsgrænse. I praksis vil koncentrationen være væsentligt højere lige ved væskeoverfladen svarende til, at volumen af den eksplosionsfarlige atmosfære reelt er væsentligt mindre end ovennævnte værdi. Når spildet er opsamlet vil dampene være fortyndet indenfor 1-2 minutter.

Som det fremgår af ovenstående er den enkelte hændelse kortvarig, og samtidig er erfaringen, at spild af denne størrelsesorden kun forekommer sjældent. Det samlede omfang vurderes således at være mindre end 1 time pr. år fordelt på kortvarige hændelser og dermed under det vejledende tidskriterium for klassifikation. På denne baggrund, og da det er meget usandsynligt, at der både spildes brandfarlige kemikalier og ventilationen går samtidigt, vurderes det ikke, at der skal klassificeres som følge af spild i stinkskabet.

BILAG D - Beregning af gasudslip i stinkskab og vurdering af klassifikation ved normal drift.

Udslip af hydrogen i stinkskab i forbindelse med aftapning til 1 l beholder med atmosfærisk tryk.

Der tages udgangspunkt i en udslipshastighed, svarende til at beholderen på 1 l fyldes med hydrogen i løbet af 60 sekunder. Der er regnet på hydrogen med en nedre eksplosionsgrænse på 4 vol%, der er meget kritisk. Gassens rumvægt er 0,07 i forhold til luft (rumvægt for luft ca. 1,2 kg/m³) svarende til en rumvægt pr. liter på ca. $0,07 \times 1,2 / 1.000 = 0,00008$ kg/l. Udslipshastigheden bliver da $dG/dt = 1,4 \cdot 10^{-6}$ kg/s.

Vurdering af klassifikation

Metodikken i DS/EN 60079-10 er primært egnet til udslip, der står på i længere tid, dvs. ikke kortvarige udslip under normal drift eller i forbindelse med spild, der relativt hurtigt kan opsamles.

Udslip af hydrogen og lufthastighed på 0,5 m/s

For at vurdere ventilationsgraden i denne situation er formlerne i afsnit B 4.2 i DS/EN 60079-10 anvendt. Der fås:

$$dG/dt = 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s}$$

$$LEL_m = 0,003 \text{ kg/m}^3$$

$$T = 298 \text{ K}$$

$$k = 0,25, \text{ kontinuerligt udslip}$$

$$f = 1, \text{ punktudsugning placeret hensigtsmæssigt.}$$

$$C = 0,092 \text{ gange /s (250 m}^3/\text{h)}$$

Minimum mængde frisk luft for at fortynde dampene beregnes som:

$$(dV/dt)_{\min} = \frac{dG/dt_{\max}}{k \cdot LEL_m} \cdot \frac{T}{293} = \frac{1,4 \cdot 10^{-6}}{0,25 \cdot 0,003} \cdot \frac{298}{293} = 0,0019 \text{ m}^3/\text{s}$$

Det hypotetiske volumen beregnes som:

$$V_z = \frac{f \cdot (dV/dt)_{\min}}{C} = \frac{1 \cdot 0,0019 \text{ m}^3/\text{s}}{0,092} = 0,02 \text{ m}^3$$

Det hypotetiske volumen er mindre end 0,1 m³ og jf. standarden, er ventilationsgraden derfor høj. Efter principperne i DS/EN 60079-10 vil der ikke være klassificeret som eksplosionsfarligt område for et primært udslip, når ventilationsgraden er høj og ventilationen er i drift med et ventilationsflow på 0,5 m/s. Svigt af ventilation, der er en sjældent forekommende hændelse, håndteres ved, at der afgives alarm i laboratoriet. Brugere er instrueret i, at de ved alarm for svigtende ventilation, skal lukke for flaskeventilen.

BILAG E: Beregning af fordampning af spild under transport og vurdering af klassifikation ved normal drift.

Spild på gulvet i et **Type 1**, **Type 2** eller **Type 3 område** af 2,5 L carbondisulfid i forbindelse med transport.

Carbondisulfid er i bilag B fundet at være mest kritisk. Spild antages at have en lagtykkelse på 1 mm svarende til et areal på 2,5 m². Lufthastighed er regnet at være 0,01 m/s, hvilket vurderes at være konservativt. Hermed fås i flg. formelen i bilag A: $E_v = 0,0094 \text{ kg/min} = 0,00016 \text{ kg/s}$.

Vurdering af klassifikation

Vurderingen er foretaget ud fra varigheden og sandsynligheden kombineret med den aktuelle udslipshastighed.

Udslippet i dette uheldsscenario (spild af 2,5 l på gulv) kan opbygge et volumen med eksplosionsfarlig atmosfære, uanset at ventilationen er i drift. Da spildet er af begrænset omfang, og der er en person til stede, vurderes det, at spildet kan opsamles/opsuges i vermiculit indenfor 5 minutter. Se procedure for håndtering af spild.

Fordampningshastigheden er fundet til 0,00016 kg/s. Der regnes med, at arealet, hvorfra der sker fordampning, begynder at blive mindre efter 3 min, da spildet bliver opsamlet. Arealet regnes at aftage lineært indtil 5 min fra udslippet opstod.

$LEL_m = 0,041 \text{ kg/m}^3$. Luftskiftet i selve laboratoriet er af størrelsesorden 5 gange i timen, svarende til at luften skiftes ca. 0,42 gange i løbet af 5 minutter, og der startes med ren luft ved $t=0 \text{ s}$.

Efter 5 min er der således overslagsmæssigt følgende mængde dampe, der ikke er blevet fortyndet: $(0,00016 \times 180 + \frac{1}{2} \times (0,00016 + 0) \times 120) / (0,42 + 1) = 0,027 \text{ kg}$ eksplosionsfarlige dampe.

Dette svarer til $0,027 / 0,041 = 0,66 \text{ m}^3$ eksplosionsfarlig atmosfære ved en koncentration svarende til nedre eksplosionsgrænse. I praksis vil koncentrationen være væsentligt højere lige ved væskeoverfladen, svarende til at volumen af den eksplosionsfarlige atmosfære reelt er væsentligt mindre end ovennævnte værdi. Når spildet er opsamlet, vil dampene være fortyndet indenfor få minutter.

Som det fremgår af ovenstående, er den enkelte hændelse kortvarig, og samtidig er erfaringen, at spild af denne størrelsesorden kun forekommer sjældent. Det samlede tidsrum med en eksplosiv atmosfære er væsentligt mindre end 1 time/år fordelt på kortvarige hændelser og dermed under det vejledende tidskriterium for klassifikation. På den baggrund er det vurderet, at der ikke skal klassificeres som eksplosionsfarligt område i **Type 1**, **Type 2** eller **Type 3 områder** som følge af spild.

BILAG F: Datablade for carbondisulfid, diethylether og hydrogen.

Datamaterialet er fra Kemibrug.dk

Carbondisulfid

Identifikation

CAS nr.: 75-15-0
15 mg/m³,
Grænseværdi: 5 ppm,
H₂O



F



T

R 11: Meget brandfarlig.
R 36/38: Irriterer øjnene og huden.
R 48/23: Giftig; alvorlig sundhedsfare ved længere tids påvirkning ved indånding.
R 62: Mulighed for skade på forplantningsevnen.
R 63: Mulighed for skade på barnet under graviditeten.
S 16: Holdes væk fra antændelseskilder - Rygning forbudt.
S 22: Undgå indånding af støv.
S 36/37: Brug særligt arbejdstøj og egnede beskyttelseshandsker.
S 45: Ved ulykkestilfælde eller ved ildebefindende er omgående lægebehandling nødvendig; vis etiketten, hvis det er muligt.

Fysisk-kemiske egenskaber

Molvægt:	76,13	Kogepunkt:	46°C
Smeltepunkt:	-112°C	Massefylde:	1,266 g/cm ³
Selvantændelsestemperatur:	90°C	Flammepunkt:	-33°C
Antændelsestemperatur:			
Eksplosionsgrænse:	1,3-60,0%	Damptryk mm Hg:	360 mm Hg, 25°C/47,9kPa
Fordampningshastighed:	1,8 (Diethylether=1)	VHI(VHR):	94740
Log. Octanol:Vand:	1,94	Mætningskoncentration:	1244 g/m ³ , 20°C
Lethal Concentration (LC50):		Effect Concentration (EC50):	
Relativ massefylde, gas (luft=1):		Relativ massefylde, væske (vand=1):	

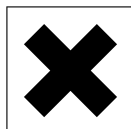
Diethylether

Identifikation

CAS nr.: 60-29-7
Grænseværdi: 100 ppm, 303
mg/m³, O



Fx



Xn

R 12: Yderst brandfarlig.
R 19: Kan danne eksplosive peroxider.
R 22: Farlig ved indtagelse.
R 66: Gentagen udsættelse kan give tør eller revnet hud.
R 67: Dampe kan give sløvhed og svimmelhed.
S 9: Emballagen skal opbevares på et godt ventileret sted.
S 16: Holdes væk fra antændelseskilder - Rygning forbudt.
S 29: Må ikke tømmes i kloak afløb.
S 33: Træf foranstaltninger mod statisk elektricitet.

Fysisk-kemiske egenskaber

Molvægt:	74,14	Kogepunkt:	34,6°C
Smeltepunkt:	-116,0°C	Massefylde:	715 kg/m ³
Selvantændelsestemperatur:	170,0°C	Flammepunkt:	-40°C
Antændelsestemperatur:			
Eksplosionsgrænse:	1,9-48%	Damptryk mm Hg:	538 mm; 25°C/71,7kPa
Fordampningshastighed:	12 (butylacetat = 1)	VHI(VHR):	6060
Log. Octanol:Vand:	0,89	Mætningskoncentration:	1,776 kg/m ³
Lethal Concentration (LC50):		Effect Concentration (EC50):	
Relativ massefylde, gas (luft=1):		Relativ massefylde, væske (vand=1):	

Hydrogen

Identifikation

CAS nr.: 1333-74-0

Grænseværdi:



Fx

R 12: Yderst brandfarlig.

S 9: Emballagen skal opbevares på et godt ventileret sted.

S 16: Holdes væk fra antændelseskilder - Rygning forbudt.

S 33: Træf foranstaltninger mod statisk elektricitet.

Fysisk-kemiske egenskaber

Molvægt:	2,02	Kogepunkt:	-252,8 °C
Smeltepunkt:	-259,2 °C	Massefylde:	0,070 g/cm ³ ; (21 °C; 1 atm)
Selvantændelsestemperatur:	560 °C	Flammepunkt:	
Antændelsestemperatur:			
Eksplodingsgrænse:	4,0-74,2%	Damptryk mm Hg:	1240000 mm/1.653,2 bar; 165 Pa; 25 °C
Fordampningshastighed:		VHI(VHR):	
Log. Octanol:Vand:	0,45	Mætningskoncentration:	
Lethal Concentration (LC50):		Effect Concentration (EC50):	
Relativ massefylde, gas (luft=1):	0,07	Relativ massefylde, væske (vand=1):	0,07