

Roger Almgren

Räddningstjänst vid olycka med gaser



Roger Almgren, född 1965, tjänstgör som brandingenjör och ansvarar för den förebyggande avdelningen på Räddningstjänsten Östra Skaraborg sedan 2001. Åren 1991-2001 arbetade han som lärare vid Räddningsverkets skola i Skövde och undervisade främst inom ämnesområdet miljö och farliga ämnen.



Roger Almgren

Räddningstjänst vid olycka med gaser

Räddningsverket

Räddningstjänst vid olycka med gaser
Andra reviderade utgåvan

Författare: *Roger Almgren*

Projektledare: *Niklas Larsson*

Formgivning: *Per Steffensen*

Foto omslag: *Thomas Johansson*

Tryck: NRS Tryckeri AB, Huskvarna 2007

Utgivningsår: 2007

Beställningsnummer: U30-578/07

ISBN: 978-91-7253-338-7

Innehåll

Räddningskemi 7

Allmänt om gaser 7

Brandfarliga gaser

Väte 11 • Metan 12 • Etan 13 • Propan 13
Butan, n-butan 14 • Eten, etylen 14 • Etyl, acetylen 16

Icke brandfarliga, icke giftiga gaser

Luft 16 • Kväve, nitrogen 17 • Syre, oxygen 17
Koldioxid 18 Helium 19 • Neon 19 • Argon 21
Lustgas, dikväveoxid 21

Giftiga gaser

Ammoniak 22 • Klor 23 • Svaveldioxid 24
Svavelväte 25 • Etenoxid, etylenoxid, oxiran 25

Nitrösa gaser, kväveoxider

Kväveoxid, kvävedioxid 26 • Cyanväte, vätecyanid,
blåsyra 27 • Fosgen, karbonylchlorid 27 • Klorväte 28
Koloxid, kolmonoxid 28 • Ozon 29 • Vinylchlorid,
kloreten 29

Påverkan på människa och miljö 30

Hantering, emballage, märkning 32

Lagstiftning 34

Taktik 35

Beslutsstöd 35

Faktalitteratur 35 • Databaser 35 • Kartmateriel 36
Riskinventering och riskplanering 37

Externa resurser 37

Spridning 39

Spridningsberäkningar 40 • Uppskattning
av spridning 42

Risker 42

Brandfarliga gaser 42 • Icke brandfarliga,
icke giftiga gaser 44 • Giftiga gaser 44

Riskområde 44

Riskavstånd – tumregler 45

Organisation av skadeplats 46

Skydd/skyddsnivå 47

Brandfarliga gaser 47 • Icke brandfarliga, icke giftiga gaser 47
Giftiga gaser 47 • Giftiga och brandfarliga gaser 48

Åtgärder vid insats 49

Brandfarliga gaser 49 • Icke brandfarliga, icke giftiga gaser 49
Giftiga gaser 50 • Giftiga och brandfarliga gaser 51

Förebyggande åtgärder 51

Förebyggande samhällsplanering 52

Erfarenheter från inträffade olyckor 52

Propanolyckan i Göteborg 1981 52 • Mexico city 1984 53
Ammoniakolyckan utanför Hässleholm 1992 53 • Tågolyckan i
Kälarne 1997 54 • Gasololyckan på Tegeluddsvägen 1998 55
Tågurspårningen med klorvagnar i Kungsbacka 2005 56

Teknik 57

Skyddsutrustning 57

Metoder för begränsning avverkan av gasutsläpp 58

Återkondensering 58 • Uppsamling 60 • Pumpning 61
Nedtvättning 61 • Kylning 61 • Kontrollerat utsläpp 61
Ventilation 62

Metoder för indikering och mätning 62

Metoder för sanering 63

Ordförklaringar 64

För vidare läsning 68

Illustrationer och foto 69

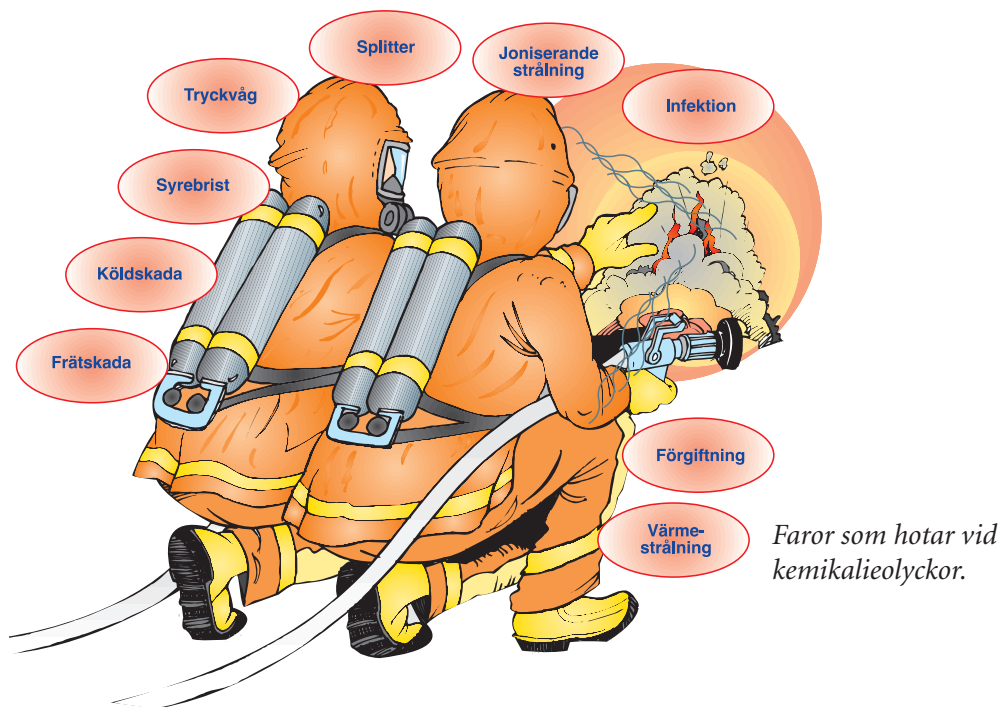
Kemberäkningar gaser 70

Förord

Människan har genom historien lärt sig att utnyttja de resurser som jorden ställer till hennes förfogande. Hon har hittat nya lösningar för att utvinna markens, luftens och vattnets resurser. Dessa lösningar har skapat nya hanterings- och förvaringssätt för olika ämnen. Gaser kan bl. a. utvinnas ur luft, vatten, naturgas, råolja och genom kemiska reaktioner. De har många användningsområden i det moderna industrisamhället. Hanteringen av gaser medför emellertid stora risker. Gaser sprids snabbt och lätt med vinden och stora områden kan bli inblandade vid en olycka. Gaserna kan ge mycket stora riskområden på sin spridningsbild. Det ställs stora krav på den insatspersonal som tjänstgör vid en eventuell kemikalieolycka. För att lyckas så bra som möjligt med en insats måste man inom räddningstjänsten veta hur spridningsbilden för gaser ser ut och hur den ska kunna utnyttjas och förändras. Man måste kunna fastställa och motverka de största farorna på en olycksplats. Därför är det också viktigt att behärska förekommande beslutsstöd. Beslutsstödet, underlaget för våra beslut, blir allt viktigare i takt med att samhällets komplexitet ökar.

Den mängd kemikalier som hanteras och transporteras i Sverige ökar ständigt. Alla svenska kommuner berörs av denna kemikaliehantering. För att räddningstjänsten ska kunna möta de ökande riskerna krävs bättre planering, utbildning, förebyggande verksamhet och beslutsstöd.

Räddningstjänst vid olycka med gaser syftar till att ge läsaren fakta om olika gaser och därmed öka förståelsen för den teknik och taktik som lämpar sig bäst för att insatsresultatet vid olycka med gaser ska kunna bli så bra som möjligt. Boken innehåller en sammanfattning av räddningskemi, taktik och teknik vid olycka med gaser. Den vänder sig främst till befäl som arbetar i utryckningstjänst vid räddningstjänsten, men kan mycket väl läsas också av andra målgrupper. Endast de vanligaste gaserna och de gaser som medför synnerligen stora risker tas upp i boken. Handlingsmönster för hur man ska hantera brandfarliga, giftiga, brandfarliga och giftiga samt icke brandfarliga, icke giftiga gaser i allmänhet, ges i boken.



Till hjälp för läsaren återfinns ett avsnitt med ordförklaringar samt en referenslista med litteratur för vidare läsning i slutet av boken.

Många kemikalier utgör en direkt risk för människor och miljö. Den mängd kemikalier vi utsätts för bestämmer till stor del hur stor risken för påverkan är. Kontakt med en kemikalie eller följderna av en kemisk reaktion, kan leda till flera reaktioner på människor och i miljön, beroende på kemikalens egenskaper. För en människa kan upptaget av en kemikalie ske genom inandning, förtäring eller via slemhinnor och hud.

I Räddningstjänst vid olycka med gaser beskrivs de faror som människor och miljö kan utsättas för vid gasolyckor. För att kunna förstå och hantera den miljö som kan uppstå i riskområdet på en skadeplats är det viktigt att känna till farorna. Valet av skyddsutrustning baseras i stor utsträckning på dessa faror. De påverkar kroppen på olika sätt och det är viktigt att vid varje insats klargöra farorna och hur kroppen kan påverkas av dem.

Räddningskemi

I detta kapitel används huvudsakligen följande indelning av gaser:

- Brandfarliga gaser
- Icke brandfarliga, icke giftiga gaser
- Giftiga gaser

För en kemist kan detta vara en ovanlig indelning, men ur räddningstjänstsynpunkt är den naturlig. Vissa gaser är både brandfarliga och giftiga. Sådana gaser behandlas under den grupp som utgör den största risken.

Olyckor med gaser medför olika risker, beroende på var i tillverknings- eller transportkedjan olyckan inträffar. Det kan handla om i stort sett vad som helst från ett läckage i en gasflaska med ofarlig gas, till en brandutsatt tank med giftig och brandfarlig kondenserad gas. Varje olycka måste bedömas utifrån dess kritiska faktorer, som sedan leder till en taktisk inriktning. Ingen olycka är den andra lik.

Allmänt om gaser

Gemensamt för gaser är att de har en kokpunkt som ligger under normal temperatur, dvs. de är i gasform vid normalt tryck och temperatur. En gas är enligt ADR:s definition ett ”ämne som är fullständigt gasformigt vid 20 °C och normaltrycket 101,3kPa (1,013 bar) eller som vid 50 °C har ett ångtryck som är högre än 300 kPa (3 bar).” Dessa ämnen transporteras under beteckningen klass 2, gaser. I övrigt har gaserna varierande egenskaper förutom att de är just gaser. De kan vara brandfarliga, giftiga, frätande, explosiva eller oxiderande. Gasmolekyler har hög rörelsehastighet, upp till

Brandfarliga gaser

Väte, H_2
Metan, CH_4
Etan, C_2H_6
Propan, C_3H_8
Butan, C_4H_{10}
Eten, etylen, C_2H_4
Propen, C_3H_6
Etyl, acetylen, C_2H_2

Ej brandfarliga, ej giftiga gaser

Luft
Kväve, nitrogen, N_2
Syre, oxygen, O_2
Koldioxid, CO_2
Helium, He
Neon, Ne
Argon, Ar
Lustgas,
dikväveoxid, N_2O

Giftiga gaser

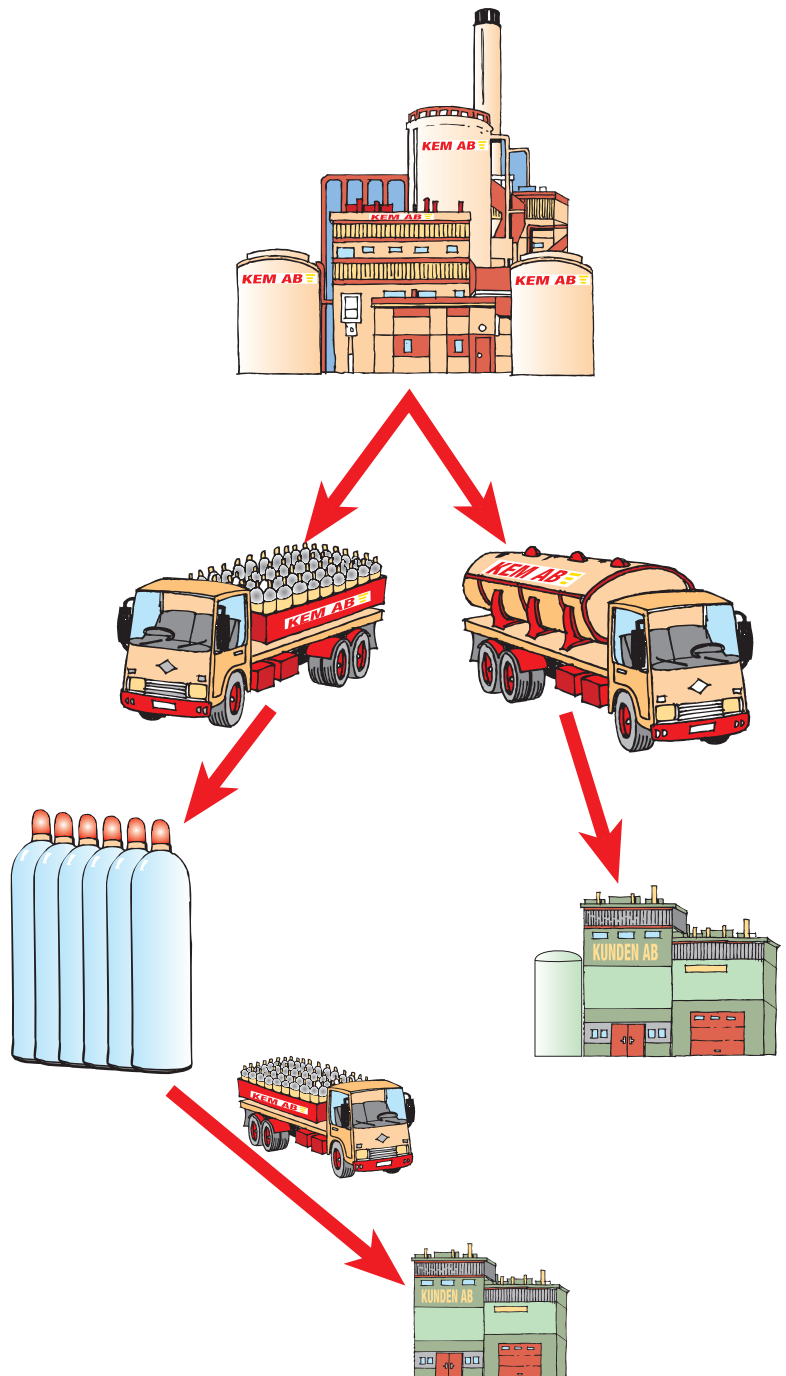
Ammoniak, NH_3
Klor, Cl_2
Svaveldioxid, SO_2
Svavelväte, H_2S
Etenoxid, etylenoxid,
oxiran, C_2H_4O
Nitrösa gaser,
kväveoxider, NO_x
(Cyanväte, vätecyanid,
blåsyra, HCN)
Fosgen, CCl_2O
Klorväte, HCl
Kolmonoxid, CO
Ozon, O_3
Vinylklorid,
kloreten, C_2H_3Cl

1000 m/s, och diffunderar därför lätt i varandra. En gas fördelar sig snabbt i ett slutet utrymme så att koncentrationen blir lika i hela utrymmet.

En gas kan normalt inte förekomma som en enskild atom, undantaget är ädelgaserna. Väte (H) förekommer alltid som en vätemolekyl (H_2) som kallas vätgas, eller i förening med andra ämnen. I fortsättningen skrivs i denna bok vätgas som väte, kvävgas som kväve osv. då atomerna aldrig kan förekomma enskilt utan alltid som molekyler.

Ovanstående indelning används vid presentationen av de vanligaste industrigaserna. Färgindelningen följer den färgmärkning som etiketten ska ha enligt ADR, dvs. rött för brandfarliga gaser, vitt för giftiga gaser och grönt för de gaser som bedöms som varken giftiga eller brandfarliga. Cyanväte som finns med under giftiga gaser är egentligen en giftig vätska då ämnets kokpunkt är 26 °C

Tillverkning och distribution. Från produktionsenheten levereras framför allt flytande gaser, nedkylda eller under tryck, i tankbil till fyllningsstationer eller direkt till lagertankar hos kunder med stor gasförbrukning. Från fyllningsstationerna distribueras gaserna i gasform med lastbil, i enstaka flaskor, i flaskkorgar eller flaskpaket till agenter eller direkt till stora kunder.



Allmänna gaslagen: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T$

p = trycket, mäts i Pa, pascale

V = volymen, m^3 , kubikmeter

n = antal mol

R = konstant = 8,3143 J, joule/mol K

T = temperatur, mäts i K, kelvin

För två gaser (1) och (2) ger lagen dessutom:

$p_1 V_1 = p_2 V_2$ vid konstant temperatur

$p_1 / T_1 = p_2 / T_2$ vid konstant volym

$V_1 / T_1 = V_2 / T_2$ vid konstant tryck

Koncentration av gas anges antingen i

volymprocent **vol %**

eller miljondelar **ppm = parts per million**

eller milligram per kubikmeter luft **mg/m³**

1 % (vol) = 10 000 ppm

Omräkningsformel mellan ppm och mg/m³:

Konc. [mg/m³] = Konc. [ppm] · molvikt [g] / 24,1

(Halt i mg/m³ luft = halt i ppm · molvikt i g / 24,1)

**Konc. [mg/m³] = Konc. [ppm] · molvikt
24,1**

24,1 = molvolymen uttryckt i liter

vid 20 °C och 101,3 kPa,

dvs. vid normal temperatur och normalt tryck.

Vid beräkningar av gaser har man stor hjälp av allmänna gaslagen. Den gäller för ideala gaser. Exempel på beräkningar återfinns i kemberäkningar längst bak i boken. Där visas beräkningar med allmänna gaslagen och omvandling mellan mg/m³ och ppm.

Brandfarliga gaser

Brandfarliga gaser är ämnen som är gasformiga vid 20 °C och som har ett brännbarhetsområde i gas/luftblandningar. Det innebär att de är brännbara endast i vissa koncentrationer. Brännbarhetsområdet har en övre och en undre gräns; undre brännbarhetsgräns (UB) och övre brännbarhetsgräns (ÖB). Gas/luftblandningen är inte brännbar om koncentrationen ligger utanför brännbarhetsgränserna. Brännbarhetsområdet är specifikt för varje enskilt ämne och kan förändras om förutsättningarna ändras. Det påverkas av syrekonzentration, temperatur och tryck. De brännbarhetsområden som anges i tabellerna nedan gäller vid 20 °C, normalt lufttryck och vid normal syrekonzentration i luft. Brännbarhetsområdet kallas även för explosionsområde i viss litteratur och på varuinformationsblad.

Väte H₂



Kokpunkt:	-253 °C
Densitet (l):	70 kg/m ³
Densitetstal(g):	0,071
Ångtryck 0 °C:	mkt högt
Ångtryck 20 °C:	mkt högt
Molvikt:	2,02 g/mol
Flampunkt:	-240 °C
Brännbarhetsområde:	4,0–77,0 %
Energivärde:	120,0 MJ/kg
UN-nr:	1049/1966
CAS-nr:	1333-74-0
EG-nr:	215-605-7

Väte är en mycket brandfarlig och extremt lättantändlig gas som inte är vattenlös. Den är både luktlös och färglös. Väte är den minsta och lättaste molekyl som förekommer, vilket medför att väte är den svåraste gasen att lagra i behållare då den har en tendens att läcka också i till synes täta behållare. Väte är 14 ggr ”lättare” än luft. Det medför att vätgas snabbt stiger om den kommer lös och vid utsläpp inomhus ansamlas den inledningsvis i taknivå innan den börjar diffundera i rummet. Väte är det vanligast förekommande ämnet i universum men bara det nionde i ordningen på jorden. Väte har tre kända isotoper där den vanligaste, protium (99,98 %), består av en proton och en elektron. De andra isotoperna är deuterium (0,015 %), en proton, en neutron och en elektron, och tritium (0,0001 %) som består av en proton, två neutroner och en elektron.

Det finns två vanliga sätt att framställa väte. Det ena är genom reduktion av kolväten och det andra är genom elektrolys av vatten, då väte och syre bildas. Väte används industriellt för framställning av ammoniak, för rening av raffinaderiprodukter, inom stålindustrin och som bränsle när det krävs en ren förbränning utan farliga restprodukter.

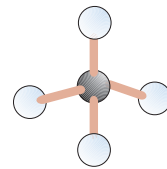
I framtiden förväntas användningen av väte som energibärare öka i omfattning. Ett exempel är användning av väte i bränsleceller, t.ex. i fordon. Kan väte framställas ur vatten med hjälp av förnybara energikällor minskas beroendet av fossila, icke förnybara bränslen. Detta skulle innebära minskad belastning på miljön eftersom restprodukten vid förbränning av väte är vattenånga. För räddningstjänstens del skulle emellertid en sådan förändring medföra nya risker i nya miljöer.

Metan CH₄

Metan är en färg- och luktlös brännbar gas som inte är vattenlöslig. Metan är den minsta kolvätemolekylen, uppbyggd av fyra väteatomer och en kolatom. Alla kolväten där atomerna binds till varandra med endast enkelbindningar kallas för mättade kolväten. Metan är först i raden av mättade kolväten, därefter kommer etan, propan, butan osv. De mättade kolvätena kallas också för alkaner (metanserien) och de känns lätt igen på att namnet slutar på -an.

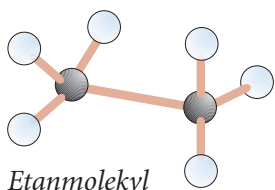
Metan är huvudbeståndsdel i det vi kallar för naturgas (LNG). Naturgas från Nordsjön innehåller över 90 % metan. Metan används både som bränsle och som råvara i den kemiska industrin, bl.a. för framställning av metanol. Som bränsle har metan stora fördelar genom betydligt renare förbränning än andra längre kolväten. Metangas bildas även vid förruttelseprocesser, t.ex. i sumpmarker, gruvor, avfall och gödselstackar, därav namnen sump.g.a.s och gruvgas.

Metan är en vanlig energikälla i reningsverk, avfallsanläggningar och vid större lantgårdar med stora djurbesättningar. Där går den också under det mer tilltalande namnet biogas. Biogas blir allt vanligare som fordonsbränsle när nya miljövänliga fordonsbränslen införs. Biogas bidrar inte till växthus-effekten eftersom gasen inte tillför koldioxid till atmosfären då den produceras från biologiskt material. Fordonstankar med biogas medför en ny risk för räddningstjänsten. De kan påträffas i vilken trafikolycka som helst och tankarnas tryck kan vara så högt som 230 bar. Vid gastankningsstationer kan trycket vara upp mot 260 bar.



Metanmolekyl

Kokpunkt:	-161 °C
Densitet (l):	466 kg/m ³
Densitetstal(g):	0,55
Ångtryck 0 °C:	mkt högt
Ångtryck 20 °C:	mkt högt
Molvikt:	16,05 g/mol
Flampunkt:	-188 °C
Brännbarhetsområde:	5,0-15,0 %
Energivärde:	50,0 MJ/kg
UN-nr:	1971/1972
CAS-nr:	74-82-8
EG-nr:	200-812-7

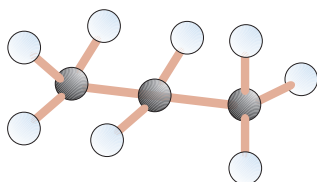


Etanmolekyl

Kokpunkt:	-88 °C
Densitet (l):	509 kg/m ³
Densitetstal(g):	1,04
Ångtryck 0 °C:	3 200kPa
Ångtryck 20 °C:	3 770kPa
Molvikt:	30,08 g/mol
Flampunkt:	-135 °C
Brännbarhetsområde:	3,0–15,5 %
Energivärde:	47,5 MJ/kg
UN-nr:	1035/1961
CAS-nr:	74-84-0
EG-nr:	200-814-8

Etan C₂H₆

Etan är en färglös brännbar gas som förekommer i naturgas. Den är den andra i ordningen av de mättade kolvätena. Metan har en högre kokpunkt och ett lägre ångtryck än etan. Det hänger samman med att etanmolekylen är nästan dubbelt så stor, tung och klumpig som metanmolekylen (jämför molvikterna). Molekylstorleken påverkar alltså kokpunkt och ångtryck. Längre ner i serien av mättade kolväten syns sambandet tydligt. Etan förekommer allmänt i naturgas och kan användas vid framställning av eten och i djupfrysanläggningar som köldmedium.



Propanmolekyl

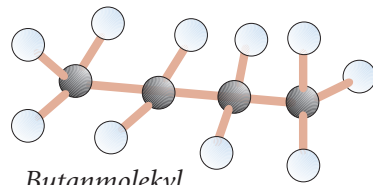
Kokpunkt:	-42 °C
Densitet (l):	501 kg/m ³
Densitetstal(g):	1,56
Ångtryck 0 °C:	480 kPa
Ångtryck 20 °C:	850 kPa
Molvikt:	44,09 g/mol
Flampunkt:	-104 °C
Brännbarhetsområde:	2,1–9,5 %
Energivärde:	46,4 MJ/kg
UN-nr:	1978 (1965)
CAS-nr:	74-98-6
EG-nr:	200-827-9

Propan C₃H₈

Propan är en färg- och luktlös brännbar gas som är svårlös i vatten. Före försäljning till kund tillsätts ett luktämne som gör lukten tydlig och oangenäm. Den är den tredje i ordningen av mättade kolväten (alkaner). Tillsammans med butan är propan en av huvudbeståndsdelarna i gasol (LPG). Propan utvinns ur naturgas eller råolja. Den bildas också vid råoljedestillation, krackning och reformering (raffinaderigas). Världsproduktionen för gasol (propan och butan) är drygt 100 miljoner ton per år och det motsvarar cirka 5% av den totala världsproduktionen av oljeprodukter. Propan har många användningsområden, bl.a. som industribränsle för uppvärmning, torkning, bränning, härdning och smältning. Särskilt järn- och stålindustrin är storförbrukare av propan. Till hushålls- och fritidsbränsle används propan i mindre gasolflaskor. Propan används också i fordonsbränsle, både rent och som högoctankkomponent i bensin. Inom petrokemisk industri är propan en viktig råvara. Propan används även som substitut för stads- och naturgas, som drivgas i sprayflaskor och som miljövänligt köldmedium i kylanläggningar.

Butan, n-butan C_4H_{10}

Butan är en färg- och luktlös brännbar gas som inte är vattenlöslig. Före försäljning till kund tillsätts ett luktämne som gör lukten tydlig och oangenäm. Den är den fjärde i ordningen av de mättade kolvätena (alkaner) och den sista som uppträder som en gas vid normal temperatur. Alkanserien fortsätter med pentan, hexan, heptan, oktan osv. Dessa är brandfarliga vätskor vid normal temperatur. Butan är den andra huvudbeståndsdel i gasol tillsammans med propan. Butan utvinns ur råolja eller naturgas och har samma användningsområden som propan. Förutom n-butan finns även iso-butan som har liknande egenskaper som n-butan, men något lägre kokpunkt ($-12\text{ }^\circ\text{C}$) och därmed även ett högre ångtryck (300kPa). Användningsområdet för iso-butan sammanfaller med användningsområdet för n-butan och propan. Iso-butan används t.ex. som kylmedium i kylskåp och som skumningsmedel vid framställning av plastiska isolermaterial.



Butanmolekyl

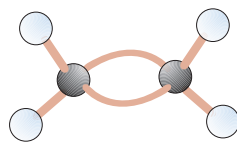
Kokpunkt:	$-1\text{ }^\circ\text{C}$
Densitet (l):	579 kg/m^3
Densitetstal(g):	2,04
Ångtryck $0\text{ }^\circ\text{C}$:	105 kPa
Ångtryck $20\text{ }^\circ\text{C}$:	220 kPa
Molvikt:	58,12 g/mol
Flampunkt:	$-60\text{ }^\circ\text{C}$
Brännbarhetsområde:	1,9–8,5 %
Energivärde:	45,7 MJ/kg
UN-nr:	1011 (1965)
CAS-nr:	106-97-8
EG-nr:	203-448-7

Eten, etylen C_2H_4

Eten är en brandfarlig, lukt- och färglös gas. Den är den första och minsta molekylen i kedjan av omättade kolväten (alkener). Eten består av två kol och fyra väteatomer, där kolatomerna är dubbelbundna till varandra. Kolväten som innehåller en eller flera dubbelbindningar kallas med ett gemensamt namn för alkener och har alla namn som slutar på -en. Dubbelbindningen medför att eten blir något mer reaktivt än etan, p.g.a. att ett dubbelbundet kol inte är lika stabilt som ett enkelbundet.

Reaktionen polymerisation sker under högt tryck, hög temperatur och i närvaro av en katalysator. Polyeten är en av de vanligaste plasterna i vårt samhälle. Den används t.ex. i påsar, kärl, flaskor, bildelar, hushållsartiklar och byggmaterial.

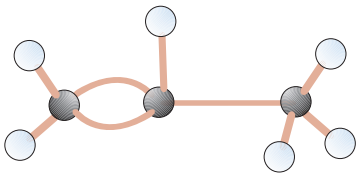
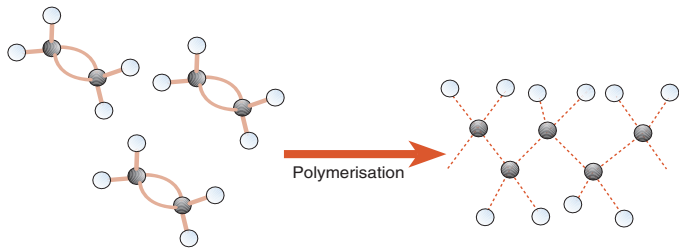
Eten är en mycket viktig kemikalie i den petrokemiska industrin. Vid framställning av eten utgår man framförallt från råolja och naturgas. Eten används sedan för framställning av polyeten (plast), etanol (lösningsmedel m m), tensider (tvättmedel), etenglykol (kylarvätska), polyvinylklorid (PVC-plast) och trikloreten (lösningsmedel).



Etenmolekyl

Kokpunkt:	$-104\text{ }^\circ\text{C}$
Densitet (l):	569 kg/m^3
Densitetstal(g):	0,98
Ångtryck $0\text{ }^\circ\text{C}$:	4 100 kPa
Ångtryck $20\text{ }^\circ\text{C}$:	6 034 kPa
Molvikt:	28,05 g/mol
Flampunkt:	$-121\text{ }^\circ\text{C}$
Brännbarhetsområde:	2,7–34 %
Energivärde:	47,2 MJ/kg
UN-nr:	1038, 1962
CAS-nr:	74-85-1
EG-nr:	200-815-3

Vid polymerisation av eten till polyeten sker en kedjereaktion där monomeren (eten) bildar makromolekyler som kallas polymerer (polyeten).



Propenmolekyl

Propen C_3H_6

Propen är en brandfarlig, färglös gas med en något sötaktig lukt. Propen är den andra i ordningen av alkener. Propen är liksom eten en viktig kemikalie i den petrokemiska industrin och används i stort sett för samma ändamål som eten. Med propen som basråvara kan man framställa polypropen, fenolplast, epoxiplast, polyester, polyuretancellplast och acetton.

Kokpunkt:	-48 °C
Densitet (l):	519 kg/m ³
Densitetstal(g):	1,49
Ångtryck 0 °C:	600 kPa
Ångtryck 20 °C:	1 020 kPa
Molvikt:	42,09 g/mol
Flampunkt:	-108 °C
Brännbarhets- område:	2,0–11,7 %
Energivärde:	45,8 MJ/kg
UN-nr:	1077
CAS-nr:	115-07-1
EG-nr:	204-062-1

Etyn, acetylen C_2H_2

Acetylen är en brandfarlig, färglös gas som har en karakteristisk lukt av vitlök. Acetylen, som innehåller en trippelbindning, är mycket instabil och om den antänds under tryck övergår förbränningen lätt i en explosion.

Förbränningsenergin är hög och tillsammans med syre kan temperaturen uppgå till 3100 °C. Acetylen lämpar sig därför väldigt bra för svetsning och skärning. Kolväten med trippelbindning benämns alkyner och kännetecknas av att namnen slutar på -yn. Det rätta kemiska namnet på acetylen är således etyn. Eftersom acetylen sedan länge är ett inarbetat handelsnamn har det emellertid fått kvarstå.

Acetylen används som ren produkt framför allt vid svetsning och gasskärning inom verkstadsindustrin, men det är också en viktig basprodukt i den petrokemiska industrin vid framställning av bl.a. akrylonitril, vinylklorid och vinylacetat. Det ursprungliga sättet att framställa acetylen är att tillsätta vatten till kalciumkarbid, CaC_2 , som tillverkas genom bränning av koks och kalk. En nyare framställningsteknik utgår från kolväten som naturgas eller längre kolväten.



Etynmolekyl

Kokpunkt:	-84 °C (Subl)
Densitet (l):	620 kg/m ³
Densitetstal(g):	0,91
Ångtryck 0 °C:	2 500 kPa
Ångtryck 20 °C:	4 460 kPa
Molvikt:	26,04 g/mol
Flampunkt:	-237 °C
Brännbarhetsområde	1,8–82,0 %
Energivärde:	48,2 MJ/kg
UN-nr:	1001
CAS-nr:	74-86-2
EG-nr:	200-816-9

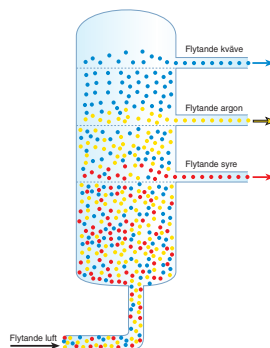
Icke brandfarliga, icke giftiga gaser

Luft

Luft är inte en enskild gas utan en blandning av en mängd gaser. Till största delen består dock luft av kväve och syre. Luft används ibland som en referensgas i räddningstjänst-sammanhang t.ex. då vi jämför densitetstalen för olika gaser. Referensvärdet är då satt till ett för luft.

Molvikten för luft är 28,95 g/mol. Densiteten för luft är 1,20 kg/m³. Luft används helt naturligt i många processer. En av anledningarna är naturligtvis att råvaran är gratis. Luft är också råvara vid framställning av flera andra gaser.

I tabellen på nästa sida kan vi se att luft innehåller ett



Fraktionerad destillation. Vid fraktionerad destillation används ämnens olika kokpunkter för att skilja dem åt.

Luftens sammansättning

Gas	Formel	Mängd, vol %	Kommentar
Kväve, nitrogen	N ₂	78,084	-
Syre, oxygen	O ₂	20,946	-
Argon	Ar	0,934	Ädelgas
Koldioxid	CO ₂	0,033	Stiger = växthuseffekt
Övriga		0,003	Ädelgaser, H ₂ O, CH ₄ N ₂ O, H ₂ , O ₃ , m.fl.

antal gaser i olika mängd. Dessa gaser kan utvinnas (renas) genom fraktionerad destillation. Beroende på att gaserna har olika kokpunkter kan de skiljas och utvinnas. Det är framför allt kväve, syre och argon och ytterligare några ädelgaser som utvinns ur luft. Övriga gaser förekommer i för liten mängd för att vara intressanta i detta sammanhang.



Kvävemolekyl

Kokpunkt:	-196 °C
Densitet (l):	1250 kg/m ³
Densitetstal(g):	0,97
Ångtryck 0 °C:	mkt högt
Ångtryck 20 °C:	mkt högt
Molvikt:	28,01 g/mol
Flampunkt:	-
Brännbarhetsområde:	-
Energivärde:	- MJ/kg
UN-nr:	1977/1066
CAS-nr:	7727-37-9
EG-nr:	231-783-9

Kväve, nitrogen N₂

Kväve är en lukt- och färglös gas som varken är giftig eller brandfarlig. De två atomerna i kvävemolekylen, hålls samman av en trippelbindning som är mycket stark. Detta gör att kväve har låg reaktionsbenägenhet och därför betraktas som en inert gas.

Kväve framställs genom destillation av luft enligt principen i bilden ovan. Kväve används inom ett flertal olika områden, t.ex. där man snabbt vill kyla ned något eller vill ha en inert miljö. Vanligt förekommande är kväve i livsmedelsindustrin, kemiindustrin och återvinningsindustrin.

Kväve lagras och hanteras antingen som en komprimerad gas (gasfas) eller nedkyld (djupkyld) under sin kokpunkt som vätska och ligger då trycklös i en termosliknande behållare eller tank.



Syremolekyl

Syre, oxygen O₂

Syre är en gas som varken är giftig eller brandfarlig, men som kan reagera explosivt tillsammans med brännbara ämnen såsom brandfarliga gaser och vätskor. För att en brand eller

explosion ska uppstå krävs syre. Livet på jorden är helt beroende av syre för att kunna fortgå. Alla förbränningsprocesser kräver nämligen syre för att kunna äga rum. Detta gäller även förbränningen i kroppen. När ett ämne förbränns sker en oxidation och restprodukten blir bl.a. oxid. Vid fullständig förbränning av metan, med fri tillgång till syre, bildas två oxider, koldioxid (CO₂) och vatten (H₂O). Syre är jordens vanligast grundämne. Av den del av jorden som vi kan undersöka, världshaven, jordskorpan och atmosfären, motsvaras nästan 50 % av syre.

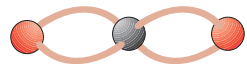
Syre är en gas som framställs framförallt genom destillation av luft men också genom elektrolys av vatten. Syre används framför allt inom tekniska processer där man vill öka förbränningshastigheten eller göra förbränningen mer fullständig, t.ex. vid stålframställning. Syre används även inom andra områden t.ex. till andningsgas, vid framställning av kemikalier som t.ex. väteperoxid och som blekmedel för t.ex. pappersmassa. Syrgas är en av de vanligaste kemikalierna i industrin. Stålindustrin är den största konsumenten. Vid stålframställningen används syre för att rena järnsmältan från orenheter genom oxidation. Syre hanteras och lagras på samma sätt som kväve.

Koldioxid CO₂

Koldioxid är en lukt- och färglös, stabil gas som bildas vid förbränningsprocesser där det finns fri tillgång till syre. Koldioxid anses inte som giftig, men den är farlig i högre koncentrationer. Den har ett hygieniskt gränsvärde eftersom den påverkar människans andning och syreupptagningsförmåga. I människans utandningsluft finns cirka 4 % koldioxid från cellandningen i kroppen. Koldioxid används som köldmedium, vid mineralvattenframställning (kolsyra), som skyddsgas vid svetsning, som korrosionshämmare i ledningssystem, som växthusgas, inom livsmedelsindustrin och som inert brandsläckningsgas. Koldioxid kan utvinnas från jäsningsprocesser, ur brandgaser eller kemiska processer. Koldioxid löst i vatten bildar kolsyra (H₂CO₃).

Fortsättning syre

Kokpunkt:	-183 °C
Densitet (l):	1140 kg/m ³
Densitetstal(g):	1,11
Ångtryck 0 °C:	4 000 kPa
Ångtryck 20 °C:	4 220 kPa
Molvikt:	32,00 g/mol
Flampunkt:	-
Brännbarhetsområde:	-
Energivärde:	- MJ/kg
UN-nr:	1073/1072
CAS-nr:	7782-44-7
EG-nr:	231-956-9



Koldioxidmolekyl

Kokpunkt:	-79 °C subl
Densitet (l):	772 kg/m ³
Densitetstal(g):	1,53
Ångtryck 0 °C:	3 100 kPa
Ångtryck 20 °C:	5 800 kPa
Molvikt:	44,1 g/mol
Flampunkt:	-
Brännbarhetsområde:	-
Energivärde:	- MJ/kg
UN-nr:	1013/2187
CAS-nr:	124-38-9
EG-nr:	204-696-9

Koldioxid har den egenheten den inte har någon vätskefas vid normalt tryck. Den sublimerar, dvs. övergår direkt från fast fas till gas när den förångas.



Heliummolekyl

Kokpunkt:	-269 °C
Densitet (l):	kg/m ³
Densitetstal(g):	0,14
Ångtryck 0 °C:	mkt högt
Ångtryck 20 °C:	mkt högt
Molvikt:	4,00 g/mol
Flampunkt:	-
Brännbarhetsområde:	-
Energivärde:	- MJ/kg
UN-nr:	1963/1046
CAS-nr:	7440-59-7
EG-nr:	231-168-5
Förnimbarhet:	luktlös

Helium He

Helium är den första gasen i gruppen ädelgaser och reagerar inte gärna med andra ämnen. Helium är det näst lättaste ämnet på jorden, det är bara väte som är lättare. Väte väger bara hälften så mycket som helium. Helium kommer framför allt från naturgas där den förekommer naturligt i olika koncentrationer beroende på naturgasfyndighetens läge. Helium används bland annat som ballonggas då den till skillnad från väte ej är brännbar. Gasen används även inom områden där man kräver en inert miljö, andningsgasblandningar för dykare eller för nedkylning av supraledare då helium har en mycket låg kokpunkt (-269 °C). Den absoluta nollpunkten är -273 °C.

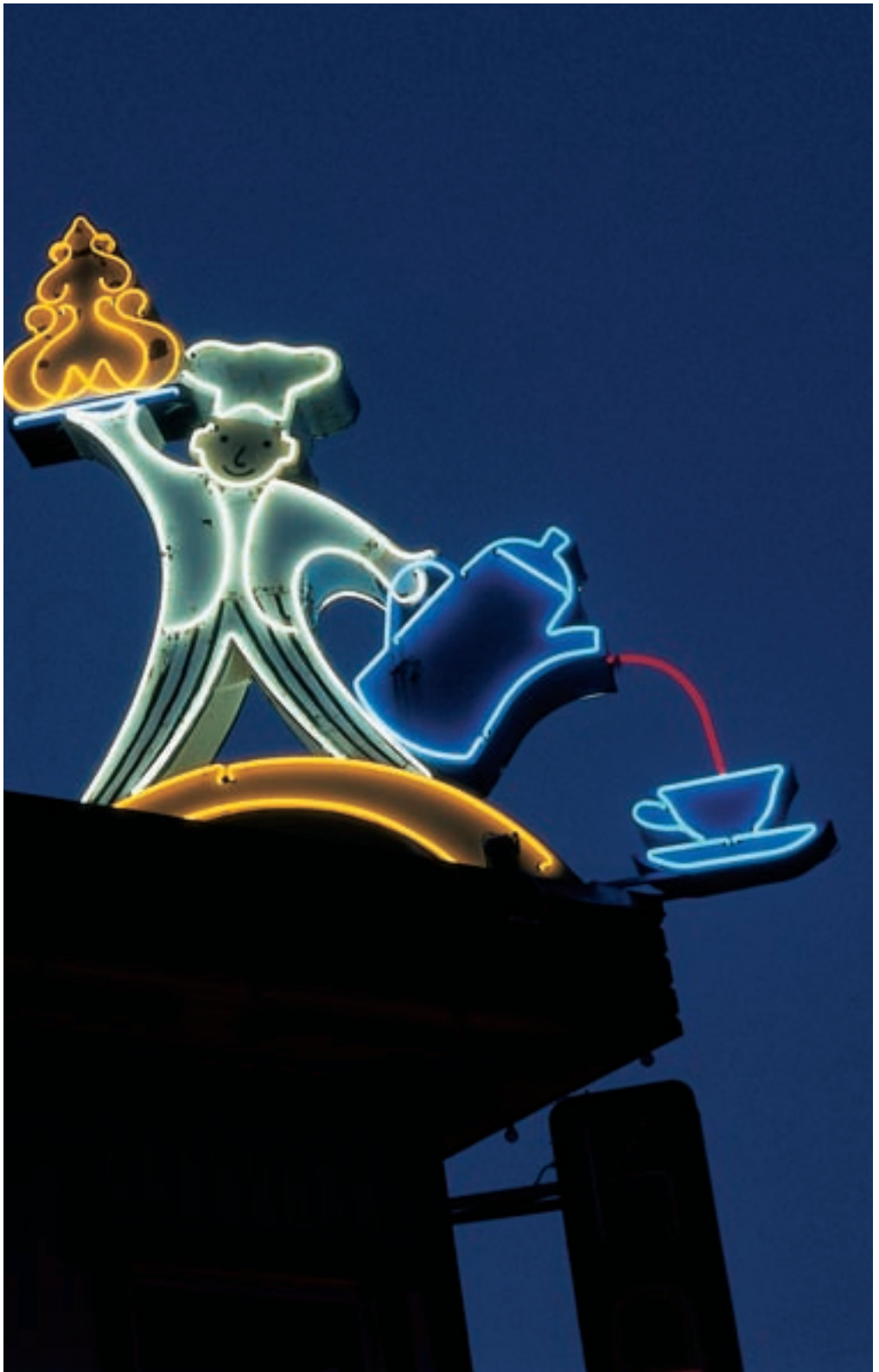


Neonmolekyl

Kokpunkt:	-246 °C
Densitet (l):	1206 kg/m ³
Densitetstal(g):	0,70
Ångtryck 0 °C:	mkt högt
Ångtryck 20 °C:	mkt högt
Molvikt:	20,18 g/mol
Flampunkt:	-
Brännbarhetsområde:	-
Energivärde:	- MJ/kg
UN-nr:	1913, 1065
CAS-nr:	7440-01-9
Förnimbarhet:	luktlös

Neon Ne

Neon är en mycket stabil gas, den andra i gruppen ädelgaser. Neon framställs genom destillation av luft precis som syre och kväve, men neon förekommer i mycket låg koncentration i luften. Neons mest kända användning är i neonskyltar och neonbelysning. I denna typ av belysning har man neon vid lågt tryck i ett glasrör och låter elektrisk ström passera genom röret så att gasen påverkas och ger ifrån sig ett rött sken. Med hjälp av olika gasblandningar kan man framställa belysningar som ger olika färgsken.

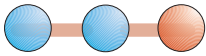




Argon Ar

Argonmolekyl

Kokpunkt:	-186 °C
Densitet (l):	1 690 kg/m ³
Densitetstal(g):	1,38
Ångtryck 0 °C:	mkt högt
Ångtryck 20 °C:	mkt högt
Molvikt:	39,94 g/mol
Flampunkt:	-
Brännbarhetsområde:	-
Energivärde:	- MJ/kg
UN-nr:	1951, 1006
CAS-nr:	7440-37-1
EG-nr:	231-147-0
Förnimbarhet:	luktlös



Lustgasmolekyl

Kokpunkt:	-88 °C
Densitet (l):	785 kg/m ³
Densitetstal(g):	1,53
Ångtryck 0 °C:	3 060 kPa
Ångtryck 20 °C:	5 070 kPa
Molvikt:	44,02 g/mol
Flampunkt:	-
Brännbarhetsområde:	-
Energivärde:	- MJ/kg
UN-nr:	1070, 2201
CAS-nr:	10024-97-2
Hygieniskt gränsvärde:	
	500 ppm (KTV)
	100 ppm (NGV)

Wästerlunds konditori,
Sandö. Bilden visar ett
användningsområde
för neon. Neon ger ett
rött ljus när det an-
vänds i neonskyltar,
argon ger ett blått ljus.

Argon är en ädelgas som framställs genom destillation av luft, på samma sätt som syre och kväve. Argon används bl.a. som skyddsgas vid svetsning där den bildar ett skyddande hölje runt metallsmältan så att syre inte kan komma åt att oxidera denna. Detta gör att man kan svetsa vid hög temperatur utan att skadliga gaser bildas och dessutom få ett gott slutresultat. Argon används även som skyddsgas i lampor, där den genom sin reaktionsovillighet förhindrar att glödtråden i lampan förstörs. Argon hanteras och lagras på samma vis som kväve.

Lustgas, dikväveoxid N₂O

Lustgas har en sötaktig lukt och bedövande verkan. Den är starkt oxiderande eftersom den innehåller bundet syre. Lustgas kan reagera våldsamt, till och med explosivt, tillsammans med brännbara ämnen. Lustgas används som svagt bedövningsmedel då gasen har en narkotisk verkan på människan.

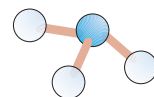
Giftiga gaser

Ammoniak NH₃

Ammoniak är en färglös, giftig, alkalisk (basisk) gas med stickande lukt. Ammoniak är brännbar, men kräver både hög koncentration och en energirik tändkälla för att användas. Brandrisken bör dock beaktas vid utsläpp inomhus. Ammoniak är löslig i vatten och kan lösas upp till 35 % i rumstempererat vatten.

Största delen av den ammoniak som används i Sverige går till framställning av salpetersyra och kvävehaltiga gödningsmedel. Ammoniak används även vid framställning av vissa plaster och som kylmedia i kylanläggningar där det blir allt vanligare sedan freonernas skadeverkningar blivit kända. Inom lantbruket används ammoniak som gödningsmedel och för lutning av halm. Ammoniak används också för rening av rökgaser vid förbränningsanläggningar där man vill minska utsläppen av kväveoxider.

Ammoniak hanteras och lagras oftast i tryckkärl som en kondenserad gas. Den kan även kylagras så att gasen lagras i vätskefas under sin kokpunkt och vid atmosfärstryck. Det tredje alternativet är att lösa ammoniaken i vatten för att förenkla hantering och lagring. Då krävs varken tryckkärl eller kyla.



Ammoniakmolekyl

Kokpunkt:	-33 °C
Densitet (l):	612 kg/m ³
Densitetstal(g):	0,60
Ångtryck 0 °C:	410 kPa
Ångtryck 20 °C:	857 kPa
Molvikt:	17,03 g/mol
Flampunkt:	-68 °C
Brännbarhetsområde:	15–28 %
Energivärde:	MJ/kg
UN-nr:	1005(2672)
CAS-nr:	7664-41-7
EG-nr:	231-635-3
Hygieniskt gränsvärde:	50 ppm (TGV) 25 ppm (NGV)
Förnimbarhet:	~10 ppm
Skyddsmask	
filtertyp:	Gasfilter typ K



Tryckkärl för förvaring och transport av ammoniak.

Behållaren kan innehålla max. 1350 kg.



Klormolekyl

Kokpunkt:	-34 °C
Densitet (l):	1410 kg/m ³
Densitetstal(g):	2,49
Ångtryck 0 °C:	359 kPa
Ångtryck 20 °C:	649 kPa
Molvikt:	70,91 g/mol
Flampunkt:	-
Brännbarhetsomr:	-
Energivärde:	- MJ/kg
UN-nr:	1017
CAS-nr:	7782-50-5
EG-nr:	231-959-5
Hygieniskt gränsvärde:	
1 ppm (TGV)	
0,5 ppm (NGV)	
Förorebarhet:	~0,5 ppm
Skyddsmask filtertyp:	
Gasfilter typ B/P3 M	

Klor Cl₂

Klor är en gulgrön gas med starkt stickande lukt. Gasens starka jonbindningstendens gör att den är mycket reaktiv och ett starkt oxidationsmedel. Vid upphettning över 100 °C kan klor reagera med vanligt stål, vilket kan vara en risk om en behållare upphettas vid brand. Relativt snabbt kan då hål uppstå i stålbehållaren. Vätskefasen har en orangebrun färg. Klor är svårlösligt i vatten, mättnadskoncentrationen är ca 0,5%. I vatten sönderdelas klor långsamt till saltsyra (klorväte löst i vatten). Klor reagerar med ammoniak under bildning av ammoniumklorid (salmiak NH₄Cl) som lätt känns igen som en blåvit rök. Detta kan utnyttjas vid detektering av klor. På likartat sätt kan ammoniak påvisas med saltsyra eftersom salmiak bildas även vid denna reaktion.

Klor används inom plastindustrin för tillverkning av PVC-plast (polyvinylklorid), framställning av klorerade kolväten och som tillsats i vatten för vattenrening. Tidigare användes även stora mängder klor för blekning av pappersmassa men denna användning är nu helt borta i Sverige. Klor förekommer i mindre mängder i vissa rengöringsmedel, vid medicinsk tillverkning och i övrig kemisk industri. I Sverige tillverkas klor framförallt för plastindustrins behov. Tillverkningen sker för närvarande på tre platser. Kloranvändningen förväntas sjunka ytterligare då klor anses ha skadlig inverkan på miljön.

Vid framställning av klor utgår man från vanligt koksalt, natriumklorid (NaCl). Vid elektrolys av natriumklorid i vattenlösning får man förutom ren klorgas (Cl₂) också natriumhydroxid (NaOH) som är ett starkt basiskt (alkaliskt) ämne och vätgas (H₂). Klor hanteras och transporteras som kondenserad gas i tryckkärl.

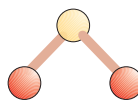


Fat för lagring och transport av svaveldioxid.

Svaveldioxid SO₂

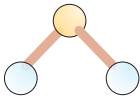
Svaveldioxid är en färglös gas med stickande lukt som lätt kan kondenseras till en färglös vätska. Svaveldioxid är löslig i vatten upp till ca 10 % under bildning av svavelsyrighet, som långsamt oxideras till svavelsyra (H₂SO₄).

Svaveldioxid används framför allt till svavelsyratillverkning, men också inom cellulosaindustrin samt för blekning, konservering och rengöring inom livsmedelsindustrin. Svaveldioxiden hanteras och transporteras som kondenserad gas i tryckkärl.



Svaveldioxidmolekyl

Kokpunkt:	-10 °C
Densitet (l):	1386 kg/m ³
Densitetstal(g):	2,3
Ångtryck 0 °C:	150 kPa
Ångtryck 20 °C:	340 kPa
Molvikt:	64,06 g/mol
Flampunkt:	-
Brännbarhetsområde:	-
Energivärde:	- MJ/kg
UN-nr:	1079
CAS-nr:	7446-09-5
EG-nr:	231-195-2
Hygieniskt gränsvärde:	5 ppm (TGV) 2 ppm (NGV)
Förnimbarhet:	~1 ppm
Skyddsmask filtertyp:	Gasfilter typ E



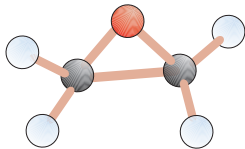
Svavelvätemolekyl

Kokpunkt:	-61 °C
Densitet (l):	789 kg/m ³
Densitetstal(g):	1,19
Ångtryck 0 °C:	990 kPa
Ångtryck 20 °C:	1 760 kPa
Molvikt:	34,08 g/mol
Flampunkt:	-173 °C
Brännbarhets- område:	4,3 – 44 %
Energivärde:	MJ/kg
UN-nr:	1053
CAS-nr:	7783-06-4
EG-nr:	231-977-3
Hygieniskt	15 ppm (TGV)
gränsvärde:	10 ppm (NGV)
Förnimbarhet:	0,000 5 ppm
Skyddsmask filtertyp:	
Gasfilter typ	B/P2 M

Svavelväte H₂S

Svavelväte är en giftig, brandfarlig och illaluktande gas. Svavelväte bildas i förruttelseprocesser där det finns begränsad tillgång till syre. Lukten av svavelväte kan kännas från ruttna ägg. Vid förbränning av svavelväte bildas svaveldioxid och vatten. Svavelväte kan t.ex. bildas i gödselbrunnar m.m.

Vid arbete i slutna utrymmen såsom gödseltankar eller andra tankar, ska man alltid säkerställa att miljön i tanken är bra. Man ska alltid misstänka att svavelväte kan bildas om organiskt material under nedbrytning förvaras i ett slutet kärl.



Etenoxidmolekyl

Kokpunkt:	11 °C
Densitet (l):	871 kg/m ³
Densitetstal(g):	1,56
Ångtryck 0 °C:	55 kPa
Ångtryck 20 °C:	145 kPa
Molvikt:	44,05 g/mol
Flampunkt:	-56 °C
Brännbarhets- område	2,0 – 100 %
Energivärde:	25 MJ/kg
UN-nr:	1040
CAS-nr:	75-21-8
EG-nr:	200-849-9
Hygieniskt	5 ppm (KTV)
gränsvärde:	1 ppm (NGV)
Skyddsmask filtertyp:	
Ej filtermask	

Etenoxid, etylenoxid, oxiran C₂H₄O

Etenoxid är en färglös gas med sötaktig lukt. Den är slemhinneretande, giftig och brandfarlig. Speciellt kan noteras att gasen är brännbar i ren form, dvs. utan tillförsel av syre (luft). Gasen polymeriserar i närvaro av föroreningar, t.ex. rost, varvid värme utvecklas och risk för självantändning uppstår.

Etenoxid används flitigt i den kemiska industrin i synteser. Den dominerande produkten är etylenglykol som bl.a. används som frostskyddsvätska i kylsystem på bilar. Etenoxid används dessutom som bekämpningsmedel (T-gas) mot skadeinsekter och som desinfektionsmedel.

Nitrösa gaser, kväveoxider NO_x

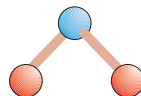
Kväveoxid NO , kvävedioxid NO_2

Kväveoxider är samlingsnamnet för gaser som består av syre (O) och kväve (N). Nitrösa gaser kallas ofta de kväveoxider som har kraftig giftverkan på människor. Dessa är kväveoxid (NO) och kvävedioxid (NO_2). Ibland kallas de även för NO_x -gaser. Nitrösa gaser förekommer naturligt i atmosfären som en följd av bakteriell och vulkanisk verksamhet. De bildas också vid åskväder och vid förbränning av oljeprodukter, gassvetsning, tobaksrökning, sönderfall av salpetersyra och explosiva ämnen. Kväveoxider bildas vid förbränningsprocesser och om salpetersyra får reagera med metall eller organiskt material. Kväveoxid tillverkas i ett mellanled vid salpetersyraframställning.



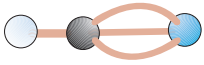
Kväveoxidmolekyl

Kokpunkt:	-152 °C
Densitet (l):	1270 kg/m ³
Densitetstal(g):	1,06
Ångtryck 0 °C:	mkt högt
Ångtryck 20 °C:	mkt högt
Molvikt:	30,01 g/mol
Flampunkt:	-
Brännbarhetsområde:	-
Energivärde:	- MJ/kg
UN-nr:	1660,
CAS-nr:	10102-43-9,
EG-nr:	233-271-0
Hygieniskt	50 ppm (KTV)
gränsvärde:	25 ppm(NGV)
Skyddsmask filtertyp:	Gasfilter typ NO/P3



Kvävedioxidmolekyl

Kokpunkt:	21 °C
Densitet (l):	1500 kg/m ³
Densitetstal(g):	1,63
Ångtryck 0 °C:	25 kPa
Ångtryck 20 °C:	96 kPa
Molvikt:	46,01 g/mol
Flampunkt:	-
Brännbarhetsområde:	-
Energivärde:	- MJ/kg
UN-nr:	1067
CAS-nr:	10102-44-0
EG-nr:	233-272-6
Hygieniskt	5 ppm (TGV)
gränsvärde:	2 ppm (NGV)
Förnibarhet:	0,1ppm
Skyddsmask filtertyp:	Gasfilter typ NO/P3 M

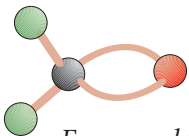


Cyanvätemolekyl

Kokpunkt:	26 °C
Densitet (l):	680 kg/m ³
Densitetstal(g):	0,93
Ångtryck 0 °C:	40 kPa
Ångtryck 20 °C:	80 kPa
Molvikt:	27,03 g/mol
Flampunkt:	-18 °C
Brännbarhetsområde:	6 – 47 %
Energivärde:	MJ/kg
UN-nr:	1051
CAS-nr:	74-90-8
EG-nr:	200-821-6
Hygieniskt gränsvärde:	4 ppm (TGV) ppm (NGV)
Förnibarhet:	1 ppm
Skyddsmask filtertyp:	B P2

Cyanväte, vätecyanid, blåsyra HCN

Cyanväte är en färglös gas eller vätska med karakteristisk lukt av bittermandel i lägre koncentrationer. Den är helt blandbar med vatten. Cyanväte framställs framförallt genom en reaktion mellan metan, luft och ammoniak. I reaktionen bildas cyanväte, vatten och en mindre mängd andra ämnen. Cyanväte är mycket giftigt och förlamar snabbt andning och hjärta. Cyanväte användes förr ofta vid bekämpning av ohyrar. Numera används gasen inom industrin vid framställning av syntetfiber. Cyanväte ingår i gruppen allmämförgiftande kemiska stridsmedel och tros ha använts av Irak i kriget mot Iran och mot kurderna i norra Irak. Gasen är direkt dödande vid en koncentration av 300 mg/m³ och inom 30 minuter vid 150 mg/m³. Cyanväte användes i de tyska koncentrationslägrens gaskamrar under andra världskriget. Där gick gasen under namnet Zyklon B. Cyanväte bildas vid bränder och är en av de giftiga beståndsdelarna i brandrök.



Fosgenmolekyl

Kokpunkt:	8 °C
Densitet (l):	1380 kg/m ³
Densitetstal(g):	3,4
Ångtryck 0 °C:	75 kPa
Ångtryck 20 °C:	157 kPa
Molvikt:	98,92 g/mol
Flampunkt:	-
Brännbarhetsområde:	-
Energivärde:	- MJ/kg
UN-nr:	1076
CAS-nr:	75-44-5
EG-nr:	200-870-3
Hygieniskt gränsvärde:	0,050 ppm (TGV) ppm (NGV)
Skyddsmask filtertyp:	Gasfilter typ B/P3 M

Fosgen, karbonylklorid CCl₂O

Fosgen är en färglös gas som är svårslöslig i vatten. Den har en lukt av (unket) hö. Också i kondenserad form är den färglös. Fosgen förekommer vid plasttillverkning av polyuretanplaster och insektsmedel. Den levereras oftast som kondenserad gas i tryckkärl. Fosgen har även använts som kemiskt stridsmedel vid konflikter p.g.a. sin höga giftighet.

Klorväte HCl

Klorväte är en giftig, färglös gas som är löslig i vatten. I vattenlösning kallas den för saltsyra. P.g.a. sin vattenlöslighet angriper gasen de övre luftvägarna vid inandning och har en mycket irriterande frätande verkan. Vid förbränning av PVC (en mycket vanlig plast i byggnader) bildas klorväte. Även vid låga koncentrationer i luften bidrar klorvätet till kraftigt ökad korrosion på metallytor. Klorväte hanteras och transporteras ofta som en tryckkondenserad gas eller i vattenlösning. Klorväte framställs genom att väte och klor upphettas tillsammans eller genom att svavelsyra får reagera tillsammans med koksalt. Klorväte används inom industrin för framställning av klorider.



Klorvätemolekyl

Kokpunkt:	-85 °C
Densitet (l):	910 kg/m ³
Densitetstal(g):	1,3
Ångtryck 0 °C:	2600 kPa
Ångtryck 20 °C:	4300 kPa
Molvikt:	36,47 g/mol
Flampunkt:	-
Brännbarhetsområde:	-
Energivärde:	- MJ/kg
UN-nr:	1050
CAS-nr:	7647-01-0
EG-nr:	231-595-7
Hygieniskt gränsvärde:	5 ppm (TGV) ppm (NGV)
Förorening:	~ 5 ppm
Skyddsmask filtertyp:	Gasfilter typ B

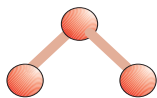
Koloxid, kolmonoxid CO

Koloxid är en färg- och luktlös gas som redan vid låga koncentrationer är giftig för människor. Koloxiden är dessutom mycket brandfarlig och är en av beståndsdelarna i rökgaser som kan leda till övertändning. Vid inandning av koloxid binds gasen vid hemoglobinet i blodet och slår på så vis ut syreupptagningsförmågan. Koloxid bildas vid ofullständig förbränning av kolhaltiga bränslen där syretillförseln är otillräcklig.



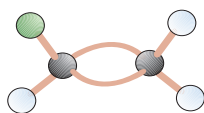
Koloxidmolekyl

Kokpunkt:	-192 °C
Densitet (l):	1250 kg/m ³
Densitetstal(g):	0,97
Ångtryck 0 °C:	mkt högt
Ångtryck 20 °C:	mkt högt
Molvikt:	28,01 g/mol
Flampunkt:	-193 °C
Brännbarhetsområde:	12,5 – 74 %
Energivärde:	10,1 MJ/kg
UN-nr:	1016
CAS-nr:	630-08-0
EG-nr:	211-128-3
Hygieniskt gränsvärde:	100 ppm (KTV) 35 ppm(NGV)
Förorening:	Luktlös
Skyddsmask filtertyp:	Ej filtermask



Ozonmolekyl

Kokpunkt:	-112 °C
Densitet (l):	2140 kg/m ³
Densitetstal(g):	1,7
Ångtryck 0 °C:	mkt högt
Ångtryck 20 °C:	mkt högt
Molvikt:	48,00 g/mol
Flampunkt:	-
Brännbarhetsområde:	-
Energivärde:	- MJ/kg
UN-nr:	-
CAS-nr:	10028-15-6,
EG-nr:	233-069-2
Hygieniskt	0,3 ppm (KTV)
gränsvärde:	0,1 ppm (NGV)
Förnibarhet:	~ 0,01ppm
Skyddsmask filtertyp:	Ej filtermask



Vinylkloridmolekyl

Kokpunkt:	-13 °C
Densitet (l):	911 kg/m ³
Densitetstal(g):	2,15
Ångtryck 0 °C:	165 kPa
Ångtryck 20 °C:	342 kPa
Molvikt:	62,5 g/mol
Flampunkt:	-78 °C
Brännbarhetsområde:	3,6 – 33 %
Energivärde:	20 MJ/kg
UN-nr:	1086
CAS-nr:	75-01-4
EG-nr:	200-831-0
Hygieniskt	5 ppm (KTV)
gränsvärde:	1 ppm (NGV)
Förnibarhet:	~
Skyddsmask filtertyp:	Gasfilter typ AX

Ozon O₃

Ozon är en färglös gas med stickande lukt. Den består av tre syreatomer. Ozon är ett starkt oxidationsmedel. Den extra syreatomen (jmf syrgas) gör att ozon reagerar lätt med biologiskt material, då molekylen är mycket reaktiv. Detta leder till att ozon är mycket farlig att inandas, även i låga koncentrationer.

Ozon är en mycket giftig gas som finns naturligt i de övre luftlagren. Där bildas ozon när syremolekyler sönderdelas av ultraviolett strålning från rymden och sedan slås samman till ozonmolekyler. Ozonet skyddar jorden mot alltför stark ultraviolett strålning. Även vid åskväder bildas ozon naturligt. En alltför hög ozonhalt vid markytan ger upphov till skador på vegetationen. Ozon bildas även vid svetsning och därför används skyddsgaser för att förhindra ozonbildning. Skyddsgaserna förhindrar syremolekylerna från att komma i kontakt med de varma elektroderna. Ozon kan också användas för att oxidera bort otrevliga lukter, t.ex. rök- eller mögellukt. Då ozonet är mycket reaktivt kan man relativt enkelt få bort sådana lukter genom att höja ozonhalten.

Vinylklorid, kloreten C₂H₃Cl

Vinylklorid är en giftig och brandfarlig gas som vid förbränning bildar klorhaltiga förbränningsgaser. Vinylklorid är råvara vid tillverkning av PVC (polyvinylklorid) och vinylkloriden tillverkas i sin tur av klor och eten. Vinylkloriden hanteras ofta som en tryckkondenserad gas.

Påverkan på människa och miljö

Det är svårt att avgöra hur olika kemikalier påverkar människan. Vi vet helt enkelt för litet om hur människan påverkas. Individuella skillnader mellan människor, för få vetenskapliga studier, nya kemikalier med okända egenskaper osv. är faktorer som bidrar till svårigheterna. Man har ändå försökt att uppskatta riskerna med ett antal kemikalier och för dessa har hygieniska gränsvärden satts upp.

Arbetsmiljöverket (AV) är ansvarig myndighet i Sverige när det gäller arbetarskydd. AV ger ut föreskrifter om hygieniska gränsvärden. AV förklarar begreppet hygieniskt gränsvärde på följande sätt: ”Ett hygieniskt gränsvärde anger den högsta halt av en luftförorening, under vilken en för föroreningen exponerad person avses vara skyddad mot ohälsa. Detta gäller även för långvarig och upprepad exposition, dvs. under ett helt arbetsliv. Variationen i känslighet mellan individer är dock stor. Det kan inte uteslutas, att ett fåtal personer i en stor grupp, som är exponerad för halter kring eller under gränsvärdet, kan få lindriga och övergående besvär. Ett litet antal kan till och med få sjukdomssymptom.”

Hygieniska gränsvärden används för att bedöma luftens kvalitet på arbetsplatser. Det betyder att de inte är direkt överförbara till en räddningstjänstsituation. En person som

Kemdykare i arbete vid olycka med gasutsläpp.





Ammoniaktankar.

utsätts för en kemikalie vid ett enskilt tillfälle (engångsdos) kan normalt ta emot en högre dos utan att få bestående men. Vid teoretiska beräkningar av riskområden används ibland dubbla takgränsvärdet som ett grovt mått på gränsen för riskområdet. Detta förenklade sätt att använda ett gränsvärde kan ej anses vara riktigt. Det är alltför många faktorer som påverkar en kemikalies giftighet för att man ska kunna göra en sådan förenkling. FOI förordar att man gör en giftighetsanalys av det ämne som ska riskvärderas innan beräkningarna påbörjas. Då kan hänsyn tas till hur kemikalien påverkar människa och miljö samt hur kemikalien tas upp av kroppen.

Vid samtidig exposition av flera olika kemikalier uppkommer ofta samverkande effekter. Denna samverkan erhålls om kemikaliernas verkan är likartad. Den totala effekten av flera enskilda ämnen kan ibland bli summan av varje enskilt ämne, men ibland kan olika kemikalier förstärka varandras effekt så att effekten blir betydligt större.

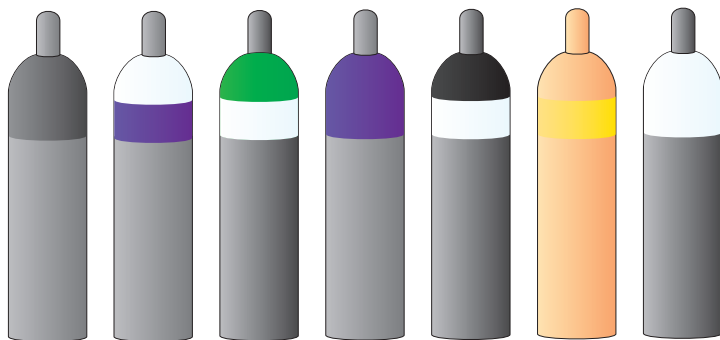
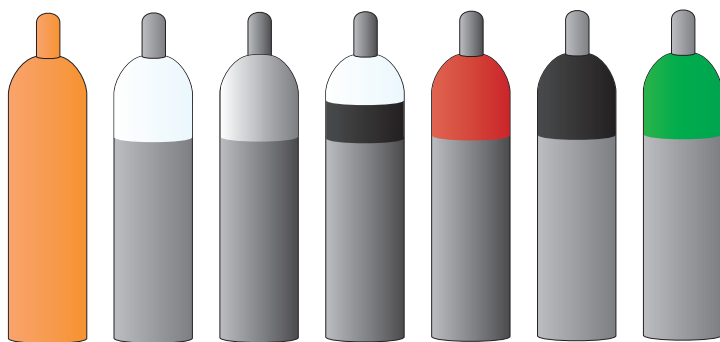
Hantering, emballage, märkning

Det finns en standard för hur gasflaskors bröst ska färgmärkas.

Vid sidan av transportmärkningen finns ingen standard för märkning av större tanktransporter. Däremot finns det en viss standard för hur tankvagnar ska vara konstruerade.

På nästa sida visas två exempel på hur olika tankvagnar, tankcontainrar, tankbilar och småtankar för olika typer av gaser kan se ut.

Vid landsvägstransport av gaser gäller naturligtvis ADR. Där föreskrivs att emballaget, behållaren, ska märkas med någon av etiketterna 2, 3, 5, 6.1 eller 8 och fordonet skyltas. Vid transport av kondenserade gaser på järnväg har de vagnar som är avsedda för dessa gaser ett 30 cm brett orange fält målat längs hela vagnen. Vanligt förekommande storlek på tankvagnar är 57 ton för klor och svaveldioxid och 40 ton för ammoniak och gasol.



Exempel på färgmärkning för gasflaskor. Nya flaskor förses med denna märkning, men det finns fortfarande en stor mängd gamla flaskor med äldre märkning.



*Tankbil för transport
av svaveldioxid. Total
lastmängd är 35 ton.*

*Bulkleverans
av ammoniak. Behål-
laren kan innehålla 10
ton.*



Lagstiftning

Vid transport av gaser gäller internationella regler för hur gaserna ska förpackas och märkas och för hur de får transporteras. För landsvägstransport gäller ADR, för järnvägstransport RID och för sjötransport IMDG. Vid hantering och försäljning av gaser gäller svenska regler. Det är framför allt Räddningsverket som ger ut föreskrifter om hur gaser ska hanteras och märkas men även Arbetskyddsstyrelsen ger ut föreskrifter om hantering av och exponering för gaser. Några viktiga lagar, förordningar och föreskrifter vid hantering av gaser är:

- Lagen (SFS 2006:263) och förordningen (SFS 2006:311) om transport av farligt gods,
- Lagen (SFS 1988:868) och förordningen (SFS 1988:1145) om brandfarlig och explosiv vara, med tillhörande föreskrifter (SÄIFS och SRVFS)
- Kemikalieinspektionens föreskrifter (KIFS)
- Arbetsmiljölagen med tillhörande föreskrifter (AFS)
- Miljöbalken (SFS 1998:808) med tillhörande föreskrifter (NFS)

För vissa gaser gäller speciella säkerhetsregler för de behållare som gasen ska förvaras i. För gasol (propan- och butanblandningar) t.ex. krävs en säkerhetsventil på behållare som är större än 1 kg. För gasflaskor som innehåller luft eller koldioxid krävs sprängbleck. Skillnaden mellan en säkerhetsventil och ett sprängbleck är att säkerhetsventilen stänger igen när trycket sjunker under öppningstrycket, medan sprängblecket sprängs bort så att hela innehållet i flaskan släpps ut.

Taktik

Beslutsstöd

Den mest använda faktalitteraturen vid kemolyckor är fortfarande SBF:s Farligt godspärmar. Dessa har funnits och använts inom räddningstjänsten sedan 1984 och var det enda fältmässiga beslutsstödet tills de bärbara datorerna började flyttas ut i brandbilar och befälsfordon. Farligt godskorten kommer säkerligen att ha sin givna plats också i fortsättningen även om de troligen kommer att förändras i takt med framtida krav och användarnas kunskapsnivå.

Faktalitteratur

Det finns en hel del litteratur som lämpar sig som beslutsstöd vid kemolyckor, framför allt vid förebyggande planering eller som stöd för en stab som arbetar vid en större keminsats. Speciellt kan följande litteratur rekommenderas som beslutsstöd vid gasolyckor:

- Skydd och insatser vid gasolyckor, SP rapport 1994:57
- Giftiga gasmoln, FOA rapport C40322-4.5, augusti 1994
- ADR-S Statens räddningsverks föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, SRVFS.

(Fler exempel ges i litteraturlistan).

Databaser

Förändringarna har varit stora på datasidan de senaste åren. Bättre databaser med mer komplett information finns nu tillgängliga. Här kommer dock endast de som är väl lämpade för räddningstjänstens verksamhetsområde att nämnas. Troligen kommer utvecklingen att fortsätta mot allt bättre

beslutsstöd. Även tillgången på bra information på Internet har ökat. Många kemiföretag har t.ex. lagt ut sina varuinformationsblad så att de är tillgängliga över nätet. Man ska dock vara försiktig med information som inte kommer från säkra källor, dvs. kända kemiföretag. Nedan beskrivs två bra och lättarbetade databaser som finns på CD/DVD-skivor.

- RIB (Räddningsverket, Integrerat beslutsstöd för skydd mot olyckor) innehåller bl.a. farliga ämnen med information om alla kemikalier som är farligt gods och får transporteras på väg och järnväg, och flera spridningsprogram som kan användas för att beräkna kemikaliespridningen från gasmoln och i mark. ADR- och RID-regelverken finns i fullt.ex.t samt ett biblioteksprogram med många sökbara titlar i sammanfattning eller fulltext.
- Kemiska ämnen (Prevent) version 12 omfattar 28 000 olika ämnen med 310 600 sökbara namn. Programmet har många olika sökfunktioner bl.a. kemiska namn och handelsnamn på svenska, engelska, tyska och franska, CAS-nummer, EG-nummer, UN-nummer, frit.ex.t och bruttoformel. Förutom kemikaliedelen finns möjligheten att skriva ut säkerhetsdatablad, transportkort och varningsetiketter, lagar och regler, information om förgiftningar och flera beräkningsprogram.

Kartmateriel

Kartmateriel är tyvärr ett ofta försummat beslutsstöd ute på räddningstjänsterna men de har mycket information att ge. Kartor krävs för att man ska kunna förutsäga hur spridningen av en kemikalie kommer att se ut. När det gäller gasspridning behövs i första hand en vanlig geografisk karta, men även tillgång till geologiska kartor krävs om man ska kunna skatta spridningen av lösningar och vätskefas av gasen i mark och vatten. De geologiska kartorna beskriver markförhållandena på skadeplatsen och kan ge ovärderlig information till den som vill veta hur snabbt en vätskefas kan sprida sig i marken och hur grundvattenförhållandena är på platsen. Även på kartsidan finns det enkla och bra kartprogram på CD för den som utnyttjar PC. En vanlig karta

kan ge information om naturskyddsområden, men man kan även få hjälp av kommunens miljöskyddskontor när det gäller skyddsvärda områden och privata dricksvattenbrunnar.

Riskinventering och riskplanering

Ett bra förebyggande arbete är ett ypperligt beslutsstöd vid en kemolycka. Här finns mycket att göra, både när det gäller att inventera och upprätta insatsplaner för de fasta riskerna i kommunen och för de risker som transport av kemikalier genom kommunen innebär. Exempel på fasta risker kan vara industrins kemikalier, kylanläggningar vid isbanor, klorering av dricksvattnet och klorering av badvattnet i badhus. Man bör även göra en analys av tänkbara transportolyckor som kan inträffa längs transportlederna inom kommunen. Vissa av dessa risker bör även leda till att man gör insatsplaner för transportolyckor. Vid förebyggande planering har man gott stöd av de databaser och den faktalitteratur som finns på marknaden, men även av erfarenheter från inträffade olyckor.

Externa resurser

Samverkansavtalet

Genom initiativ från Eka Chemicals tillkom i början av 1990-talet för svensk kemiindustri avtal med Räddningsverket.

I avtalen, som går under benämningen Samverkansavtalet, åtar sig industrin att medverka i räddningsarbetet vid olyckor och incidenter där någon av följande industrikemikalier är inblandade:

- ammoniak
- klor
- svaveldioxid
- natriumhydroxid
- kaliumhydroxid
- salpetersyra
- saltsyra
- svavelsyra
- rykande svavelsyra (oleum)
- natriumhypoklorit



Avtalen innebär att räddningsledare eller SOS-central på uppdrag av räddningsledare begär assistans från kemiföretagen. Den kommunala räddningstjänsten får betala för industrins medverkan.

Företagen kan åka ut till olycksplatsen med utrustning och personal eller lämna assistans per telefon. Avtalen utnyttjades bland annat vid tågurspårningarna i Kävlinge, Kälarne och Kungsbacka. Medverkande företag täcker idag Sverige från följande orter: Helsingborg, Stenungsund, Skoghalla, Karlskoga, Köping samt Rönnskär. Kontaktinformation om de företag som medverkar finns i pärmen Samverkansavtalet 2006 som Räddningsverket skickar till alla räddningstjänster, samt på www.raddningsverket.se

Nedvättning av gasmoln.

Räddningsverkets miljöskyddsförråd

Räddningsverkets regionala kemresurser mot olyckor med farliga ämnen består av 11 st. koordinatörer och 6 st. mobila miljöskyddsförråd.

Koordinatorerna skall bl.a. fungera som expertstöd i planeringssyfte, höja kunskapen om risker med kemikaliehantering och åtgärder vid olyckor med farliga ämnen, vara initiativtagare i planeringssammanhang samt informera om kemberedskapsfrågor i övrigt för räddningstjänst och samverkande parter inom regionen.

I de mobila miljöskyddsförråden finns utrustning för att bl.a. kunna:

- Pumpa kemikalier med olika egenskaper och samla upp dessa
- Läktra vätskor från tankar
- Indikera gaser och vätskor
- Länsa in brinnande kemikalier på vatten
- Sända bilder från skadeplats till stab eller expert
- Täta läckage
- Möjliggöra samband i terräng
- Varna allmänhet
- Vara reparationsverkstad och ledningsutrymme
- Skydda insatspersonalen mot olika faror samt sanera personal.

Förråden är placerade vid räddningstjänsterna i Perstorp, Skövde, Stenungsund, Köping, Kramfors samt Luleå vilket gör att insatstiden ska vara mindre än 2,5 timmar för större delen av landet. Utrustningen finns i 2 st. containrar på lastväxlare. Containrarna är gjorda för att kunna flygas med Hercules och delar av helikopter.

De mobila miljöskyddsförråden följs av utbildad personal, minst 2 st. materieltekniker, som kan hjälpa till vid olycksplats och visa materielens funktion.

Spridning

Gasmoln sprids i vindriktningen och späds successivt ut genom luftens turbulens. Många olika faktorer påverkar hur snabb utspädningen blir, t.ex. vindhastighet, temperatur, solinstrålning, terrängförhållanden, gas-/vätskefasutsläpp, källstyrka och jetstrålens hastighet. Andra faktorer som påverkar spridningen är naturligtvis gasens fysikaliska och kemiska egenskaper, t.ex. densitet, kokpunkt, ångtryck och löslighet. Några av dessa faktorer påverkan redovisas nedan.

Vindhastighetens påverkan på ett gasmolns spridning är givetvis stor. Med svag eller ingen vind går det inte att fastställa en säker spridningsriktning och man kommer att få ett cirkulärt riskområde. Vid stabil vind (>2 m/s) sprids gasen i en bestämd riktning. Ju kraftigare vind desto mindre blir spridningskonen. Vid en första uppskattning av spridningen, antas att gasen sprider sig i en kon som har en vinkel på

60°. Centrumlinjen på 60°-vinkeln läggs i den huvudsakliga vindriktningen.

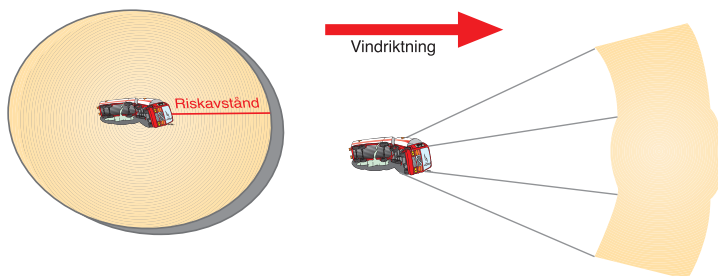
Vindhastigheten är också avgörande för hur snabbt gasen blandar sig med omgivande luft, dvs. vilken koncentration gasmolnet har på olika avstånd från utsläppsstället. Hög vindhastighet kan påverka gaskoncentrationen både positivt (lägre koncentration) och negativt (högre koncentration). Ytråheten påverkar också spridningsbilden avsevärt. Med ytråhet menas markförhållandena på platsen. Stor ytråhet föreligger om det finns många buskar, träd eller hus som kan skapa turbulenta förhållanden som medför en stor omrörning i luftströmmen.

På öppna ytor utan föremål som kan skapa turbulens i luftströmmen, t.ex. en vattenyta eller ett öppet fält, föreligger liten ytråhet. Med stor ytråhet kommer turbulensen att öka i luftströmmen, vilket medför att gaskoncentrationen blir lägre men volymen på gasmolnet blir större. Vid liten ytråhet kan istället gasmolnet hålla ihop, med högre koncentration som följd, vilket medför att riskavståndet blir större.

Solinstrålningen på gasmolnet påverkar också spridningsbilden. Vid kraftig solinstrålning kommer termiken att öka, dvs. uppåtgående luftströmmar bildas och ökar turbulensen, vilket leder till större utspädning och därmed lägre gaskoncentration.

Spridningsberäkningar

Bra och relativt verklighetstroga spridningsberäkningar kan utföras med hjälp av spridningsprogram. Att göra spridningsberäkningar för att bedöma riskområde och spridning kräver emellertid goda teoretiska kunskaper samt tillförlitliga data om utsläppet. För det första måste man ha säkra data om käll-



Cirkulärt riskområde och riskområde med 60° vinkel.

Det cirkulära riskområdet används vid instabil vind och då explosionsrisk föreligger. Det koniska riskområdet används då vinden är stabil i en riktning och vindhastigheten överstiger 2 m/sek.



*Övning i att använda
vatten som skydd mot
brinnande gasol.*

styrkan (kg/sek), vilken kan beräknas om man vet hålarean och trycket i tanken (se bilaga 1). Uppgifter om vindhastighet och vindriktning kan lätt fås. Även solinstrålning och stabilitetsklass kan uppskattas på ett relativt enkelt sätt. Terrängens påverkan kan vara betydligt svårare att skatta. Detta tar ofta inte datormodellerna någon hänsyn till. Sammanfattningsvis kan sägas att det krävs mycket goda kunskaper om spridning och spridningsberäkningar för att man ska kunna utnyttja spridningsprogram i ett akutskede. Däremot kan de vara ett ovärderligt hjälpmedel som beslutsstöd i planeringskedet.

Spridningsprogram användes för att uppskatta spridningen av ett eventuellt läckage från de järnvägsvagnar med ammoniak som spårade ur i Kävlinge våren 1996 samt vid olyckan med klorvagnar utanför Kungsbacka 2005. Spridningsberäkningarna användes som beslutsstöd när över 9000 personer utrymdes från två samhällen i närheten av järnvägsolyckan i Kävlinge och från de områden som spärrats av i samband med olyckan i Kungsbacka. Risk förelåg för att vagnarna skulle rämna vid lyftet och hela innehållet skulle då komma ut momentant. Detta skedde inte, men man hade vidtagit alla tänkbara åtgärder för att minska följderna av ett s.k. worst case.

Uppskattning av spridning

Med hjälp av de kunskaper vi har om spridning av gaser från inträffade olyckor, forskning och spridningsberäkningar, kan vi på ett enkelt sätt och med relativt gott resultat uppskatta spridningen av gasutsläpp. Faktorer som påverkar riskområdet vid en sådan uppskattning är: typ av läckande kemikalie, kemikalies kemiska och fysikaliska egenskaper, källstyrka, total mängd, emballagetyper, påverkan på människan (hygieniska gränsvärden), vindhastighet, vindriktning, temperatur, väder och omgivningens topografi. Med dessa bakgrundsfakta kan man göra en uppskattning av riskområdet och komma ganska nära verkligheten. Uppskattningen bör så snart som möjligt verifieras genom indikering eller annan metod för att fastställa ett riskområde.

Risker

Gaser är den faroklass som ger de största riskområdena. Detta p.g.a. gasernas spridningsbild. En gas sprider sig snabbt över ett stort område. Vid hög giftighet kan även mycket låga koncentrationer ge bestående skador på människor, också vid kort exponeringstid. Brandfarliga kondenserade gaser ger även de stora riskavstånd om det finns risk för kärlsprängning av större kärl.

Brandfarliga gaser

Riskerna med brandfarliga gaser är brand och explosion. Konsekvenserna av en olycka beror på lagringsförhållanden och mängd. Vid mindre mängder är det kärlet som bestämmer hur stort riskavståndet blir, då en kärlsprängning kan ge splitter upp till 300 meter. Man får inte underskatta sprängkraften av brandfarlig gas innesluten i ett rum. Vid utsläpp inomhus kan även mindre mängder ge upphov till brand- och explosionsrisk. *När man handskas med utsläpp av brandfarlig gas som ej antänt inomhus, ska man alltid indikera för att kontrollera om man har en brännbar blandning i lokalen.* Vid utsläpp av mindre mängder utomhus föreligger brandrisk vid utsläppsstället och upp till någon meter därifrån.

Vid större lagringsmängder är det gasen tillsammans med lagringsförhållandena och omgivningen som avgör riskområdet. Här är det lämpligt att betrakta två fall. Dels utsläpp av brandfarlig gas utan brand, dels brandutsatt behållare.

Vid utsläpp av brandfarlig gas utan brand måste naturligtvis risken för antändning av gasmolnet och följderna därav beaktas. Antändning av ett gasmoln får normalt ett relativt lugnt förlopp där gasen förbränns under några sekunder. I gasmolnet kan temperaturen uppgå till 1000–1500 ° C, vilket leder till att ett område runt det brinnande gasmolnet utsätts för kraftig värmestrålning. Under ogynnsamma förhållanden kan förbrännings hastigheten öka vilket kan leda till en gasmolnsexplosion med snabb förbränning och tryckökning som följd. Detta kallas även för UVCE = Unconfined Vapour Cloud Explosion.

Riskområdet vid ett kontinuerligt utsläpp från största vätskefasledningen på en järnvägsvagn ger normalt ett riskavstånd som ej överstiger 300 meter. Momentanutsläpp från en större tank eller cistern ger betydligt större riskavstånd.

Vid brandutsatt behållare med brandfarlig gas finns risk för kärlsprängning där hela innehållet kommer ut på en gång med omedelbar antändning som följd. För mindre behållare, så som gasflaskor, blir riskavståndet 300 meter. Vid kärlsprängning av större behållare med kondenserad brandfarlig gas, så kallad BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), kan riskavståndet för oskyddade personer bli upp till 1000 meter. Att riskavståndet blir så stort beror framförallt på splittrrisken.

Låt oss ta ett exempel där en järnvägsvagn med gasol utsätts för en sticklåga från ett läckage i en fläns. Vid värme påverkan från sticklågan hettas metallen snabbt upp varvid hållfastheten snabbt sjunker. Dessutom värms innehållet så att trycket ökar i tanken. Vagnen spricker och hela innehållet antänds spontant. Detta ger upphov till ett svampliknande brinnande gasmoln med upp till 200 meters radie. Inom detta område antänds allt brännbart omedelbart. Utanför gasmolnet utsätts omgivningen för kraftig värmestrålning som ger brännskador på oskyddade människor och kan antända brännbart material upp till 500 meter från gasmolnets centrum. Dessutom splittras behållaren och ger upphov till

splitter i olika stora fragment som sprider sig upp till 1000 meter från olyckscentrum. Forskning och erfarenheter har visat att det finns risk för BLEVE redan efter tre minuters punktuppvärmning av en cistern.

(Exempel på enkla beräkningar med brandfarliga gaser finns i avsnittet Kemberäkningar längst bak i boken).

Icke brandfarliga, icke giftiga gaser

De risker som icke brandfarliga, icke giftiga gaser utövar på människan är ofta små, men behållaren som de förvaras i kan utgöra en stor risk vid brand. Ett brandutsatt kärl kan alltid ge splitter ifrån sig om det inte har någon form av inbyggd tryckavlastning. Sådana kärl behandlas som andra tryckkärl vid brand med ett riskavstånd på upp till 300 meter.

Vid läckage av gas där kärlet ej är värmepåverkat, blir riskavståndet litet. Riskområdet begränsas till det område inom vilket gasen kan tränga undan och sänka syrehalten så att miljön blir skadlig för människor. Detta riskområde blir mindre än 50 meter utomhus. Inomhus begränsas det av lokalen där utsläppet skett.

Giftiga gaser

Giftiga gaser är de kemikalier som kan ge de allra största riskavstånden. Vid större utsläpp kan de ge riskavstånd på flera kilometer, beroende på utsläpps- och väderförhållanden. Vid stora utsläpp av giftiga gaser kan situationen snabbt bli svår att överblicka, vilket ställer höga krav på räddningsledare och räddningstjänstpersonal. Riskerna kan vara förgiftning, köldskada, frätskada och splitterskada vid risk för kärlsprängning. Förgiftningsrisken är den mest överhängande risken och också den risk som kan ge de största riskavstånden. Olika åtgärder kan vidtas för att minska riskområdet och behovet av utrymning. Åtgärderna måste anpassas och prioriteras med hänsyn till kemikalien och de förhållanden som råder på olycksplatsen.

Riskområde

De riskavstånd som anges på nästa sida ska ses som tumregler vid en insats mot gaser. I ett inledande skede kan de

användas för en grov uppskattning. När man skaffat sig ytterligare information om de skadeplatsfaktorer som styr riskområdet, kan man göra en noggrannare bedömning av riskområdet. Tumreglerna för gasmoln grundar sig på maximalt utsläpp från en vätskefasanslutning på en transportbehållare, dvs. brott på en ledning med en dimension av ca 25–50 mm, beroende på kemikalie.

Avstånden är satta så att ingen människa utanför riskområdet ska få bestående men av en exponering. De kan emellertid få obehag och lindriga skador som kan kräva medicinsk behandling. (Riskavstånden för giftiga gaser har tagits fram tillsammans med experter vid dåvarande FOA, numera FOI).

Riskavstånd – tumregler

Brandfarliga gaser

Fall	Riskavstånd	Typ av risk
Brandutsatt gasflaska	300 m	splitter
Brandutsatt tank/cistern, risk för BLEVE	1000 m	värme/splitter
Gasmoln	300 m	värme/splitter

Icke giftiga, icke brandfarliga gaser

Fall	Riskavstånd	Typ av risk
Brandutsatt gasflaska	300 m	splitter
Brandutsatt tank/cistern, risk för rämning	1000 m	splitter
Gasmoln	50 m	varierande

Giftiga gaser

Fall	Riskavstånd	Typ av risk
Brandutsatt gasflaska	300 m	splitter
Brandutsatt tank/cistern, risk för rämning	3000 m	förgiftning/ splitter
Gasmoln, öppen mark och stark solinstrålning	1000 m	förgiftning
Gasmoln, bebyggelse e.dy., stark solinstrålning	500 m	förgiftning
Gasmoln, öppen mark, ingen solinstrålning	1600 m	förgiftning
Gasmoln, bebyggelse e.dy., ingen solinstrålning	800 m	förgiftning

Organisation av skadeplats

Ett riskområde delas in i het, varm och kall zon. Den heta och den varma zonen ligger innanför den inre avspärningen. Modellen för zonindelning används för att enklare beskriva var olika risker finns och var särskild skyddsutrustning behövs i riskområdet.

Som exempel kan ett mindre läckage med flytande ammoniak användas. Den heta zonen kan definieras som det område där personer riskerar att få ammoniak i aerosol eller vätskeform direkt på kroppen. I detta område föreligger risk för förgiftning, frätskada och köldrisk med en temperatur ner mot -70°C . I denna heta zon krävs övertrycksventilerad kemskyddsdräkt med köldskydd.

I direkt anslutning till den heta zonen kan man utsättas för höga gaskoncentrationer, men ingen vätskefas och därmed heller ingen stark kyla. Där räcker övertrycksventilerad kemdräkt som skydd. I övriga delar av den varma zonen kan man arbeta i branddräkt och andningsskydd. I vissa fall kan andningsskyddet vara en filtermask.

I den kalla zonen ska man kunna arbeta utan särskild skyddsutrustning.

Zonindelning på skadeplats där riskavståndet gäller som avståndet till gräns mellan varm och kall zon.



Skydd/skyddsnivå

Brandfarliga gaser

Vid insats mot brandfarliga gaser ska all personal inom riskområdet bära branddräkt och tryckluftsapparat. Den personal som ej är direkt inblandad i insatsen, ska utnyttja det skydd som avstånd och naturliga hinder ger.

Icke brandfarliga, icke giftiga gaser

Vid insats mot behållare med gaser som varken är giftiga eller brandfarliga krävs normalt ingen speciell skyddsutrustning utomhus, såvida behållaren inte är brandutsatt. Inomhus däremot ska tryckluftsapparat användas tills gaskoncentrationen har fastställts. Gasen kan nämligen tränga undan luften så att syrehalten blir för låg, speciellt i lågt liggande utrymmen vid utsläpp av tunga gaser. Vid läckage av syre ska man vara extra försiktig, eftersom en högre syrehalt ger snabbare förbränning vid brand. Vid läckage av syre bör branddräkt och tryckluftsapparat användas.

Giftiga gaser

Vid läckage av giftiga gaser kan skyddsnivån branddräkt med filtermask till kemdräkt med köldskydd och tryckluftsapparat användas beroende på kemikalie och situation.

Kemdykare i arbete på skadeplats.



Sådana situationer kräver att räddningsledaren gör en extra noggrann analys, så att rätt skyddsnivå används.

Branddräkt och tryckluftsapparat kan användas vid låga koncentrationer där gasen ej tas upp av huden. Det kan gälla en snabb livräddande insats i ett litet begränsat utrymme med ammoniak, en livräddningssituation utomhus där man kan styra undan ett aerosolmoln med hjälp av sin skyddsstråle eller vid indikering inomhus där man vet att koncentrationen är relativt låg.

Kemdräkt och tryckluftsapparat används då man exponeras för en gas som har hög koncentration eller som tas upp via huden men inte medför någon köldrisk.

Kemdräkt med köldskydd och tryckluftsapparat används vid insats mot giftiga kondenserade eller nedkylda gaser, där det finns risk för att man får vätska eller aerosol på sig, t.ex. vid försök att tätta eller stänga en ventil på vätskefasen med läckage av ammoniak.

Giftiga och brandfarliga gaser

Ämnen som är både brandfarliga och giftiga är svårast att skydda sig emot. Här krävs skyddsutrustning som skyddar mot både brand och giftiga kemikalier. Det enklaste är att använda sig av en kemskyddsdräkt utanpå branddräkten. Nackdelen med dessa dräkter i nuvarande utformning är att det lätt bildas imma på siktskivan, vilket gör det svårt att läsa av manometern. Det kan också vara svårt att komma åt reservluften och ansluta revitox vid behov. Dessutom kan det kännas lite klumpigt med både larmställ och kemdräkt. De flesta av dessa problem kommer troligen att lösas med nya material och nya tekniska lösningar i framtiden.

Ett annat sätt att angripa problemet är att ta bort en av riskerna. Vid utsläpp av giftigt och brandfarligt ämne kan i vissa fall en av riskerna elimineras med en teknisk åtgärd. Därmed kan också skyddet mot brand/förgiftning utslutas och personalen kan arbeta i branddräkt eller kemdräkt beroende på vilken risk som eliminerats.

Åtgärder vid insats

Brandfarliga gaser

Helt avgörande för vilka åtgärder som behöver vidtas vid läckage av brandfarliga gaser, är gasmängd, typ av förvaringskärl och om det brinner eller ej.

Vid *brand* behöver kärlet kylas för att kärlsprängning ska förhindras. Riskområdet ska utrymmas och enkla åtgärder, t.ex. att stänga ventiler för att stoppa utflödet, ska övervägas. Kontrollerad avfackling kan också vara en åtgärd. Acetylen-gasflaskor kräver en speciell behandling vid brand, då de kan utgöra en risk även efter det att gasläckaget stoppats och branden släckts. Risk för sprängning föreligger upp till 24 timmar efter upphettning p.g.a. den kemiska reaktion som kan pågå i flaskan då acetylen sönderdelas till kol och väte. Beskjutning har blivit ett allt vanligare sätt att oskadliggöra acetylenflaskor och eliminera riskerna. (Se {handstil} Beskjutning av acetylen-gasflaskor).

Vid läckage *utan brand* är det den utläckande gasen som utgör den största risken, inte kärlet. I detta läge ska allt göras för att förhindra antändning av gasen och stoppa utflödet. Andra åtgärder är utrymning av riskområdet vid explosionsrisk, ventilering av utrymmen som innehåller gas och inblandning av vatten i gasmolnet både för att späda och eventuellt också lösa gasen.

Icke brandfarliga, icke giftiga gaser

Vid läckage av gaser som varken är brandfarliga eller giftiga är riskerna normalt sett små om utsläppet sker utomhus. Vid läckage inomhus måste däremot riskerna övervägas noggrannare. Syre kan t.ex. ge explosiva blandningar med ångor från brandfarliga ämnen utanför normalt brännbarhetsområde, då höjd syrehalt förändrar brännbarhetsområdet. Även gaser som normalt inte är giftiga kan tränga undan luften (syret) eller sänka syrehalten till en så låg nivå att atmosfären blir farlig för människan vid läckage inomhus. Åtgärderna vid insats blir helt olika beroende på om läckan är inomhus eller utomhus.

Utomhus ska man försöka täta läckan eller stänga venti-

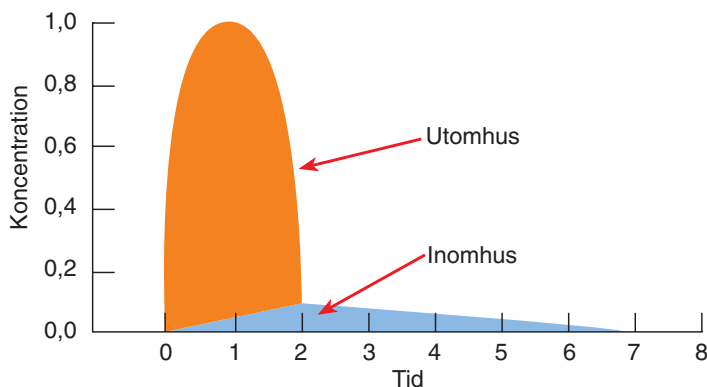
ler. Inomhus kan man behöva ventilera lokalen innan man tätar, om det finns risk för skador på människor. Vid brand måste risken för kärlsprängning beaktas.

Giftiga gaser

Vid läckage av giftiga gaser kan man räkna med att riskområdet blir stort. Detta kräver vissa speciella åtgärder från räddningstjänstens sida. Personer som befinner sig utomhus inom riskområdet måste utrymmas, alternativt inrymmas. De som skadats av kemikalien måste omhändertas, eventuellt saneras och behandlas för skadorna. Personer som redan befinner sig inomhus måste varnas för riskerna och uppmanas att stanna inomhus, stänga fönster och dörrar samt stänga av ventilationen om det är möjligt. Utrymning av dessa personer måste övervägas med hänsyn till risker, koncentrationer och resurser.

Skyddsnivåerna kan variera inom riskområdet, vilket innebär att personalen som jobbar inom riskområdet har olika skydd beroende på vilken arbetsuppgift de ska utföra. Första åtgärd efter akut livräddning blir att försöka stoppa utflödet på enklast möjliga sätt och därmed minska riskområdet och antalet personer som utsätts för kemikalien.

Koncentrera resurserna på att kontrollera möjligheten att stänga ventiler, täta mindre hål med plugg och spännband eller återkondensera om det är läckage av kondenserad gas i vätskefas! Vid återkondensering ska vätskan samlas upp i avsett tryckkärl eller i ett öppet kärl. Om vätskan samlas upp i ett kärl som ej är ett tryckkärl och detta tillsluts kan



Bilden visar skillnaden på koncentration av en gas inomhus och utomhus vid ett utsläpp. Förutsättningen är att fönster och dörrar är stängda och ventilationen avstängd.

kärlet sprängas när trycket stiger då vätskan förångas och tryck bildas. Pumpa över återstående vätska från behållaren till nytt helt kärl. Vid läckage av vattenlöslig gas kan vissa delar av gasmolnet tvättas ned med hjälp av vattendimma. Gasens löslighet bör överstiga 10 % om nedtvättningen ska ha någon nämnvärd effekt och vattenmängden måste vara stor. Indikering kan med fördel användas vid läckage inomhus samt vid speciellt skyddsvärda objekt inom ett riskområde som t.ex. daghem, sjukhus eller skola. Någon form av sanering av skadade, av insatspersonal och utrustning kan krävas. Kemikalietyper och i vilken utsträckning personer och materiel har utsatts för kemikalien avgör vilken sanering som krävs.

Giftiga och brandfarliga gaser

De åtgärder som krävs vid en insats mot brandfarlig och giftig gas är en kombination av de åtgärder som kan utföras mot giftiga gaser och mot brandfarliga gaser. Speciellt för dessa gaser är dock att man noga måste ta reda på de risker som föreligger och använda rätt skyddsutrustning vid insats. Vid risk för brand krävs alltid branddräkt som skydd. Vid behov kan branddräkten kompletteras med stänkskydd eller kemdräkt.

Förebyggande åtgärder

När det gäller förebyggande åtgärder kan stora insatser göras för att förbättra kunskaperna om vilka kemikalier som används, lagras och transporteras i kommunen. Förebyggandesidan inom räddningstjänsten måste ta ett tydligt ansvar för inventering och uppföljning av kemikalieanvändningen i kommunen. Vid tillsyn av brandskyddet och vid tillsyn av brandfarlig vara kan även en kemikalieinventering göras som sedan förs in på insatsplanen för objektet. För speciellt farliga verksamheter eller verksamheter där man bedömer risken för olyckor som stor bör även en riskanalys göras, med bedömningar av hur olyckor med befintliga kemikalier kan utvecklas. Man bör även göra liknande riskanalyser av kända kemikalietransporter genom kommunen. Även ut-

bildningen av personal som jobbar med förebyggande måste förbättras vad gäller kunskap om kemikalier och deras risker.

Tillsammans med kommunens miljöskyddsförvaltning bör räddningstjänsten inventera särskilt känsliga och särskilt skyddsvärda områden så att dessa är kända för räddningstjänstpersonalen. Dessa områden läggs sedan in på räddningstjänstkartan så att rätt åtgärder kan vidtagas vid olyckor med kemikalier.

Förebyggande samhällsplanering

På samhällsnivå behövs en bättre planering för inför olyckor. På lokalnivå måste samhällsplaneringen i kommunen även ta med olycksriskerna som en viktig faktor vid övervägningar om lämplig markanvändning. Samhälls- och stadsbyggnadskontor måste ta olycksriskerna på allvar, även om sannolikheten för en olycka ofta är låg i samband med upprättandet av en ny detaljplan. Även byggnadsnämnder, miljöförvaltning och räddningstjänst måste delta i samhällsplaneringen, genom att påpeka brister i samband med upprättande av översiktsplaner och detaljplaner.

Erfarenheter från inträffade olyckor

Propanolyckan i Göteborg 1981

Den 8 maj 1981 inträffade ett läckage av propan i Arendal efter det att en rörledning sprängts sönder vid ett attentat. Rörledningen kom från ett av raffinaderierna i området. Rörsektionen stängdes men trots detta innehöll sektionen 95 m³ propan i vätskefas, vilket motsvarar cirka 50 ton. Två brandmän från Göteborgs brandförsvär körde av misstag in i gasmolnet, med ett utryckningsfordon, vilket antände gasmolnet 55 minuter efter attentatet. En av brandmännen omkom och den andre brännskadades svårt.

Efter utredning av olycksförloppet har man kommit fram till att explosionstrycket vid olyckan ej gav några personskador. Det var enbart värmestrålningen från förbränningen som skadade brandmännen. Läckagets flöde har uppskattats till 5–10 kg/s. Vinden var svag vid tillfället och gasmolnets

utbredning uppskattades till 200 meter i vindriktningen, 100 meter mot vindriktningen och en största bredd av 150 meter. Det brandskadade området var cirka 40 000 m² efter explosionen, vilket motsvarar en radie på knappt 115 meter. Den viktigaste erfarenheten från olyckan var att det är oerhört viktigt att avspärrningar efterföljs, även av brandpersonal och att beslut i stort (BIS) når fram till samtlig personal som ska arbeta på platsen.

Mexico city 1984

Den 19 november 1984 antändes i San Juanico i Mexiko ett läckage i en mellanlagringscentral av en evighetslåga. Läckaget utvecklade sig till den största olyckan genom tiderna med en brandfarlig gas. Flera stora tankar exploderade (BLEVE) inom anläggningen. 600 personer omkom och 7000 skadades, de flesta inom en radie på 300 meter från anläggningen. Det brandskadade området blev cirka 100 000 m², vilket motsvarar en radie på knappt 180 meter. Tankdelar från behållare som exploderat hittades upp till 1200 meter från anläggningen. En av orsakerna till den ödesdigra utgången av olyckan, var den dåliga utformningen av anläggningen och att det hade tillåtits bebyggelse i nära anslutning till anläggningen.

Ammoniakolyckan utanför Hässleholm 1992

En landsvägstransport med ammoniak körde av vägen mellan Hässleholm och Örkelljunga den 31 juli 1992, när chauffören väjde för ett rådjur. I lasten fanns fyra tankar med ammoniak. Två av dessa hamnade på sidan när släpet välte och det uppstod läckage på minst två ställen. Ingen människa skadades allvarligt, trots att ytterligare ett fordon körde in i gasmolnet och körde av vägen. Räddningstjänsten lyckades tätta båda läckagen, genom att stänga en ventil och genom att tätta med träplugg.

Efter olyckan har man beräknat att 5 ton av totalt 6 ton ammoniak läckte ut. Skadorna på miljön blev lokala. Vegetationen inom några hundra meter från olycksplatsen skadades. Vegetationsskadorna blev emellertid ej bestående, utan växtligheten återhämtade sig efterföljande växtsäsong.



Tågolyckan i Kälarne 1997

*Tågolyckan i
Kälarne 1997.*

Fredagen den 4 juli 1997 spårade ett godståg med 37 vagnar ur några kilometer sydväst om Kälarne i Jämtland. Sju vagnar innehöll farligt gods. Av dessa hade fem någon typ av kondenserad gas. Tre vagnar innehöll svaveldioxid, en ammoniak och en etylenoxid. Av dessa fem vagnar stod endast en av svaveldioxidvagnarna kvar på spåret. De andra två svaveldioxidvagnarna hade spårat ur, men stod kvar på banvalven. Samtliga svaveldioxidvagnar bedömdes som oskadade. Både ammoniakvagnen och etylenoxidvagnen bedömdes däremot som allvarligt skadade. Ammoniakvagnen var lastad med 42 ton. Den hade kastats av spåret och ena kortsidan hade borrar sig in i vägbanken som låg parallellt med olycksplatsen. Denna vagn lyftes senare, under torsdagen, med hjälp av kranbilar över till en lastbilstrailer för överpumpning till annan järnvägsvagn. Under själva lyftet avspärrades och evakuerades ett område med en radie på 5 km runt olycksplatsen. Lyftet gick bra och ingen ammoniak läckte ut.

Etylenoxidvagnen var lastad med 50 ton och vagnen hade fått ena kortsidan skadad. Under lördagen började etylenoxid att läcka från en fläns. Troligen hade tryckökningen i tan-

ken gjort att läckaget uppstått. Under kvällen avtog läckan och upphörde sedan av sig själv. Under läckageskedet uppmättes en koncentration av 150 ppm av etylenoxid i anslutning till vagnen. Under måndagen pumpades etylenoxiden över till en ny järnvägsvagn. Detta kunde ske utan missöden. Räddningstjänst vid olyckan upphörde först fredagen den 14 juli. (Fakta från Tågolyckan i Kälarne – Observatörsrapport, Räddningsverket.)

Gasololyckan på Tegeluddsvägen 1998

Den 13 februari 1998 klockan 06:30 lossnade en slang på ett släp lastat med gasol. Slangen hamnade mellan boggin på det främre hjulparet och slets loss från släpet varvid ett stort hål uppstod i tankmanteln på släpet. Ur hålet strömmade flytande gasol.

Ett stort gasmoln bildades på platsen och flera större bostads- och kontorshus låg inom riskområdet. Föraren på lastbilen larmade SOS och stoppade även trafiken på olycksplatsen.

Efter cirka fem minuter var den första räddningsstyrkan på plats. Första åtgärderna blev att spärra av så att fler människor inte kom in i riskområdet och att förhindra att antändning av gasmolnet. Inga hus utrymdes på platsen, men däremot stoppades tunnelbanan och tre tunnelbanestationer utrymdes och stängdes. Viktigt meddelande till allmänheten gick ut via radio och TV.

Vätskeläckaget från vagnen pågick i ungefär en och en halv timma. Vid åttatiden övergick det till gasfasläckage och då var den värsta risken över, eftersom riskområdet minskar drastiskt då endast gasfas läcker. Fortfarande fanns dock risk för att brännbara koncentrationer hade trängt in i källare, i dagvattenbrunnar eller ner i tunnelbanan. Efter mätningar kunde dock konstateras att några brännbara blandningar inte fanns kvar på dessa ställen. Klockan 10:30 kunde gasläckan tätas och släpvagnen transporteras bort från platsen.

Vattendimma användes på platsen för att begränsa gas-spridningen och för att minska antändningsrisken. Senare diskuterades om vattendimma kunde bidra till att statisk elektricitet kunde bildas. I en FOA rapport, Antändningsrisker genom statisk elektricitet vid vattenbegjutning av gasolutsläpp



(P21-374/01) från 2001, konstateras dock att en sådan risk är försumbar. Vid utsläpp inom processindustrin bör man däremot vara försiktig. Statens haverikommission har gjort en utredning om olyckan och rapporten finns på RIB. Där finns också videodokumentation och en intervju med räddningsledaren som kan fungera som bra utbildningsmaterial.

*Tågurspårningen
med klorvagnar i
Kungsbacka 2005*

Tågurspårningen med klorvagnar i Kungsbacka 2005

Den 28 februari 2005 spårade ett tåg med tolv klorvagnar ur strax norr om Kungsbacka. Loket och fyra vagnar spårade ur medan övriga åtta vagnar stod kvar på spåret. Varje vagn innehöll cirka 60 ton kondenserat klor.

De fyra vagnar som hade spårat ur tömdes på olycksplatsen innan de kunde lyftas bort med hjälp av lyftkranar. Bl.a. fick 500 meter ny väg byggas fram till olycksplatsen för att man skulle kunna ta dit lyftkranar.

Räddningsarbetet tog totalt 17 dygn och var avslutat vid midnatt mellan den 16 och den 17 mars. Tågtrafiken på järnvägen var avstängd under hela operationen. Utrustning och personal från tre av Räddningsverkets kemdepåer användes under arbetet, samt givetvis personal och utrustning från Räddningstjänsten Storgöteborg.

Teknik

Skyddsutrustning

Vid arbete med brandfarliga gaser krävs alltid skydd mot brand, dvs. branddräkt med tryckluftsapparat. Eventuellt kan branddräkten kompletteras med en kemskyddsdräkt utanpå branddräkten om kemikalien dessutom är giftig eller frätande.

Vid arbete med giftiga gaser krävs kemskyddsdräkt om kemdykarna utsätts för vätske- eller aerosolfas samt om gasen kan penetrera eller skada huden. Arbete som utförs i låga koncentrationer av gas som ej är hudgenomträngande kan utföras i branddräkt och andningsskydd även om det gäller giftiga gaser. För arbete i miljö med giftiga gaser i låg koncentration, under 1% = 10 000 ppm, kan med fördel filtermask med lämpligt filter användas istället för tryckluftsapparat. Detta medför att personalen får en längre aktionstid och man belastar inte heller luftförrådet i onödan, då tillgången på fyllda luftflaskor många gånger kan vara en begränsande faktor för insatsen.



Exempel på skyddsutrustning

Metoder för att begränsa verkan av gasutsläpp

Återkondensering

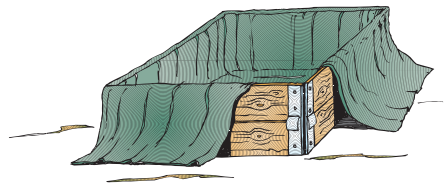
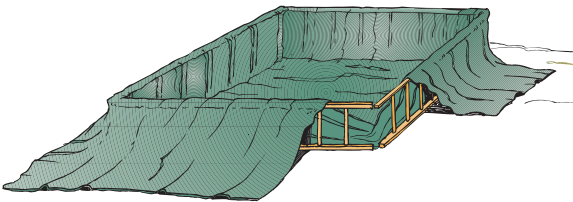
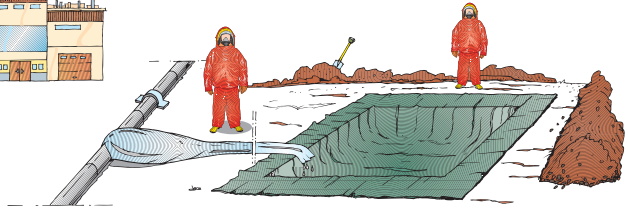
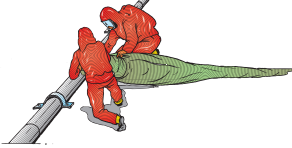
Återkondensering (impaktering) är en enkel metod för att återföra aerosol från en kondenserad gas till vätskefas. Den del som redan övergått till gasfas kan ej kondenseras med denna metod, som alltså endast fungerar vid läckage i vätskefas. Metoden är enkel och effektiv för att minska riskområdet.

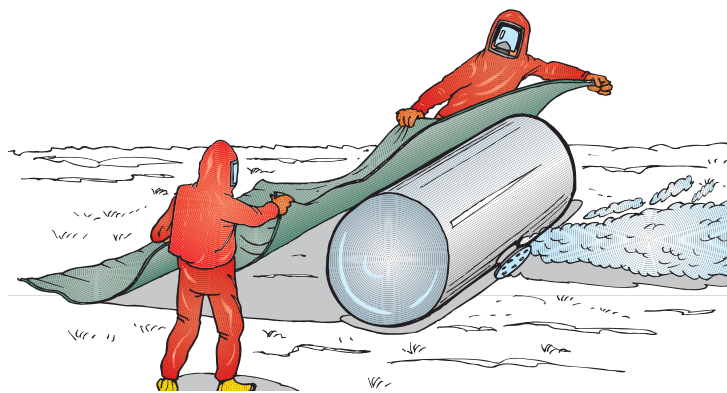
Återkondensering kan i teorin användas på alla typer av kondenserad gas men den rekommenderas ej på brandfarliga gaser. Det finns risk för antändning genom statisk elektricitet vid återkondenseringen, vilket utsätter personalen för oacceptabla risker.

För att nå ett så bra resultat som möjligt med återkondenseringen krävs följande åtgärder: Marken ska täckas så att värme från och eventuell kemisk reaktion med markmaterialet ej påverkar den återkondenserade vätskan. Impakteringen ska göras så tät som möjligt vid läckan så att ingen luft följer med i jetstrålen. All luft som tillförs innebär nämligen att ytterligare vätska förångas till gas. Vätskan ska samlas upp i någon typ av kärl/bassäng så att kontakten med marken och luften blir så liten som möjligt. Däremot får kärlet inte vara helt tätt, om det inte är ett tryckkärl, för i kärlet kommer trycket att öka med stigande vätsketemperatur. Trycket på innesluten vätska följer ångtrycket för ämnet.

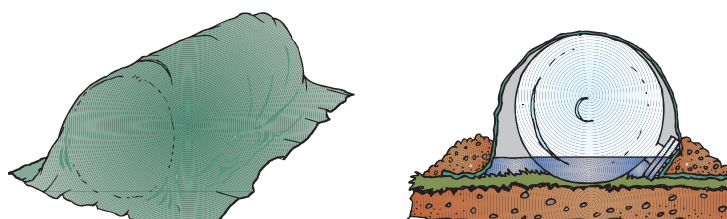
Vid återkondensering måste man också beakta att den vätska som läcker ut kan ha en temperatur som ligger trettio till fyrtio grader under kokpunkten för ämnet. Vid läckage av ammoniak ger detta en temperatur på ca $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ i vätskefasen. Som skydd mot kylan vid arbete vid läckan krävs köldskydd. Speciellt utsatta kroppsdelar är händerna. För att skydda händerna bör flera skikt användas. Fiberinnervante, gummihandske och köldskyddshandske ger ett gott skydd för händerna. Materialet i återkondenseringsutrustningen ska vara sådant att det inte blir sprött och spricker av kylan. Efter lyckad återkondensering krävs tillräckligt stora kärl för uppsamling av återkondenserad vätska.

Återkondensering
med tratt vid läckage
av gas i vätskefas.
Den återkondenserade
vätskan kan samlas
upp i något av de tre
enkla uppsamlings-
kärnen.





Återkondensering med hjälp av stor presenning för att täcka en hel tank.



Uppsamling

En läckande kondenserad gas kan samlas upp på flera sätt; i tryckkärl avsett för den läckande gasen, i invallning för vidare pumpning till lämpligt kärl eller i öppet kärl. För att minska avångningen från den uppsamlade vätskan i invallning eller öppet kärl bör man skydda den från att komma i direkt kontakt med marken, genom att placera en presenning mellan underlaget och vätskan. Vätskan bör även täckas så att värmeförlusten till ytan blir så liten som möjligt, även om denna åtgärd har mindre betydelse än påverkan från markvärmens. Lämpliga uppsamlingskärl kan vara svåra att få tag på, men för tillfällig förvaring, upp till ett dygn, kan man använda en bassäng byggd med skarvstegar och presenning eller en sopcontainer med en presenning som tätskikt. Sopcontainerar kan ofta erhållas snabbt från kommunens renhållningsföretag. Tänk emellertid på att sopcontainerar ofta är dränerade för att inte samla regnvatten.

Pumpning

För att pumpa en återkondenserad gas krävs en pump som klarar låga temperaturer. Pumpen bör vara tryckande (dränkbar) eller av förträngningstyp för att klara det höga ångtrycket och ha ett pumphus med innanmäte av metall eller likvärdigt material för att klara de låga temperaturer som uppstår vid återkondensering. En vanlig dränkbar pump med innanmäte i rostfritt stål är lämplig för pumpning av giftiga kondenserade gaser.

Nedtvättning

Nedtvättning är en användbar metod för att minska riskområdet om den läckande gasen är löslig i vatten. För att nedtvättningen ska ge avsedd effekt bör lösligheten i vatten vara minst 10%. Vatten kan naturligtvis användas även på gaser med lägre löslighet, för att skapa en turbulent miljö i gasmolnet, så att det blandas snabbare med luften och späds ut till en lägre koncentration. Skyddsstråle kan även användas för att tillfälligt flytta på ett gasmoln. På detta sätt kan spridningsriktningen ändras för att skydda något eller någon. Fina vattendroppar i ett gasmoln minskar dessutom antändningsrisken vid läckage av brännbara gaser.

Kylning

Om tryckbehållare utsätts för värmepåverkan stiger trycket i behållaren och risk för rämning uppstår. För att minska på trycket kan kylning utföras. Detta är speciellt viktigt då behållaren innehåller kondenserade gaser, eftersom behållarna snabbt kan stumfyllas om temperaturen på den inneslutna vätskan stiger. För att utföra kylning av en större tank krävs stora mängder vatten, en rekommendation är minst 2000 liter/minut och kylpunkt.

Kontrollerat utsläpp

I vissa fall finns det möjligheter att kontrollera ett utsläpp. Exempelvis kan man ha ett utsläpp i vätskefas som inte går att stoppa. Då kan man försöka att vända behållaren så att utsläppet sker i gasfas istället. Då minskas utsläppet väsentligt och dessutom sjunker trycket drastiskt i behållaren. Har

man däremot en stor behållare som är omöjlig att vända finns alltid möjligheten till avfackling eller utsläpp i gasfas för att minska trycket i behållaren och därigenom också få ett mindre utsläpp.

Ventilation

Vid utsläpp av gas kan ventilation vara en metod för att sänka gaskoncentrationen. Inomhus kan man enkelt ventileras genom att öppna fönster och dörrar, samt även använda fläktar. Fläktarna måste då placeras så att de ej utgör en tändkälla eller sprider gasen till närliggande utrymmen. Även utomhus kan olika typer av ventilering förekomma för att skapa en turbulent miljö så att gaserna späds ut snabbare. Sänks gaskoncentrationen på detta sätt kan även riskområdet minskas.

Metoder för indikering och mätning

Indikering och mätning av gaser kan medföra vissa svårigheter, speciellt vid läckage utomhus. Inomhus kan bra värden fås utan större svårigheter om rätt utrustning används. För brandfarliga gaser är en explosimeter lämplig om man är intresserad av att veta om miljön är brandfarlig eller inte. För noggrannare mätningar rekommenderas elektroniska specialinstrument för varje enskild gas. För mätningar av giftiga gaser kan analysrör/reagensrör (s.k. Drägerrör) användas eller elektroniska instrument med sensorer för varje enskild gas. Vid mätning bör man ta hänsyn till gasens densitet, så att man utför mätningen där koncentrationen kan antas vara störst, dvs. i golvnivå för tunga gaser och i taknivå för lätta gaser. Det är betydligt svårare att göra mätningar utomhus då koncentrationen fluktuerar kraftigt över tiden beroende på väder och vind. Utomhusmätningar kräver snabba instrument och mätning över en längre tid. Om man ska använda mätvärden från mätningar utomhus vid spridningsbedömningen av ett gasutsläpp måste alla faktorer som påverkar mätresultatet tas med. Tillförlitligheten är alltså betydligt lägre vid utomhusmätningar.

Indikeringsutrustning.



Metoder för sanering

Kemikalietyyp och exponering är helt avgörande för hur grundlig saneringen behöver vara. De personer och den materiel som endast har blivit utsatt för gasfasen kan vanligtvis saneras genom vädring (självsanering). Materiel och personer som utsatts för vätskefasen kräver ofta sanering med någon typ av saneringslösning. Det är oerhört viktigt att snabbt ta av ytterkläderna på en skadad person som behöver saneras då vanligtvis större delen av kemikalimängden sitter i dessa. Personen måste också snabbt få på sig nya, torra och varma kläder eller filter, för att inte kylas ner.

Den enklaste saneringslösningen är vatten som är lämplig för vattenlösliga ämnen. Vissa ämnen kan lösas genom tillsats av tvällösning (skumvätska). Ämnen som ej är vattenlösliga kräver andra saneringslösningar, t.ex. fotogen, sprit eller natriumhypoklorit, beroende på kemikalienes löslighetsegenskaper. Vid sanering av personer används alltid vatten. Vattnet bör vara tempererat, 35–37 °C, så att den/de som saneras inte kyls ned. Varmvatten kan lätt ordnas med hjälp av brandbil eller motorspruta genom s.k. rundkörning. Vid rundkörningen utnyttjas den friktionsvärme som bildas i pumpen. Denna friktionsvärme värmer vattnet som sedan kan utnyttjas för sanering. Ett krav är dock att volymen vatten som pumpas runt inte är för stor, max 250 liter. Vid för stor volym tar det orimligt lång tid innan vattnet blir tempererat. Andra sätt att ordna varmvatten är att utnyttja någon typ av varmvattenberedare eller att hämta varmvatten på ett värmeverk eller liknande.

Ordförklaringar

Adiabatisk förångning: Vid adiabatisk förångning tar ämnet energi från sig självt för att förångas. Vid denna process kyls vätskefasen snabbt ned till ämnets kokpunkt. När kokpunkten nås minskar avångningen kraftigt och endast energi som tillförs utifrån bidrar till ytterligare avångning. Exempel: Vid gasfasutsläpp av en kondenserad gas sker adiabatisk förångning i behållaren. Detta kan tydligt ses på en gasolflaska vid kraftigt uttag av gas. Då bildas ett ispansar på flaskans utsida. Det är kondenserad vattenånga som fryser p.g.a. den låga temperaturen på gasolvätskefasen i flaskan.

Destillation: Genom destillation kan blandningar av vätskor/gaser delas upp om de har olika kokpunkter. Blandningen upphettas med stigande temperatur eller kyls med sjunkande temperatur och de olika fraktionerna fångas upp när respektive kokpunkt nås.

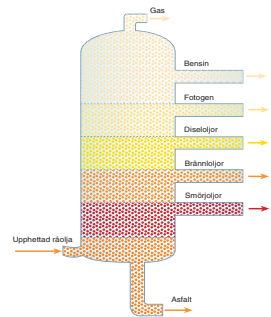
Diffundera: Inställa sig i jämvikt med lika koncentration. En gas kan diffundera, dvs. den fördelar sig jämnt i luften trots t.ex. densitetsskillnader.

Elektrolys: En metod att med hjälp av elektricitet spjälka (sönderdela) ett ämne i mindre beståndsdelar.

Gasol: Handelsnamnet för en gasblandning som i huvudsak består av propan och butan men som även kan innehålla etan, pentan, propen, buten m.m. Gasol har en karakteristisk lukt som kommer från ett tillsatsämne som heter metylmerkaptan. Både propan och butan är däremot luktlösa.

Grundämne: Ett grundämne är ett ämne som innehåller endast ett slags atomer. Vi känner till 112 st grundämnen, endast ett fåtal av dessa är i gasform vid normalt tryck och temperatur. De gasformiga grundämnena är förutom ädelgaserna väte, kväve, syre, fluor och klor.

Hygieniskt gränsvärde: Högsta godtagbara genomsnittshalt (tidsvägt medelvärde) av luftförorening i inandningsluften. Luftförorening kan vara ett ämne eller en blandning av äm-



Destillationstorn för råolja.

nen. Ett hygieniskt gränsvärde är antingen ett nivågränsvärde eller ett takgränsvärde. De hygieniska gränsvärdena beslutas av arbetarskyddsstyrelsen och ges ut i en gränsvärdeslista, AFS 1996:2.

Ideal gas: En ideal gas följer Boyles och Gay-Lussacs lagar. I verkligheten uppför sig ingen gas på detta sätt, men med hjälp av den s.k. ideala gaslagen får man oftast ett bra närmevärde. Förutsättningen för ideal gas modellen är att molekylernas egenvolym och kraftverkan mellan molekylerna försummas.

Inert gas: En inert gas reagerar inte gärna med andra ämnen. Dessa reaktionsobenägna gaser kan användas vid brandsläckning.

Impaktering: Se återkondensering.

Isotop: De flesta grundämnen har isotoper, vilket betyder att de har samma atomnummer men olika masstal. Dvs. de har samma antal protoner men olika antal neutroner.

Katalysator: En katalysator är ett ämne som påverkar reaktionshastigheten i en reaktion utan att själv delta eller förändras.

Kritisk temperatur: Den temperatur (och däröver) då ett ämne ej kan förekomma i annat tillstånd än gas oberoende av tryck.

Kritiskt tryck: Det tryck som råder vid den kritiska temperaturen då vätskan övergår till gas.

Kritisk volym: Den volym som upptas av en mol gas vid det kritiska trycket och den kritiska temperaturen.

LNG: Engelsk förkortning som står för Liquefied Natural Gas, vilket översatt blir naturgas i vätskeform, det som vi kallar för naturgas. Se Naturgas.

LPG: Engelsk förkortning som står för Liquefied Petroleum Gas, vilket enkelt översatt blir petroleumgas i vätskeform, det som vi i Sverige kallar för gasol. Se Gasol.

Naturgas: Naturgas är idag världens tredje största energikälla, efter olja och kol. Användningen av naturgas förväntas öka i framtiden. Naturgas är en blandning av framförallt korta kolväten där metan (CH_4) utgör den största delen.

Innehåll naturgas	Formel	mängd, vol %
Metan	CH_4	91,1
Etan	C_2H_6	4,7
Propan	C_3H_8	1,7
Butan	C_4H_{10}	1,4
Kväve	N_2	0,6
Koldioxid	CO_2	0,5

I tabellen visas sammansättningen av naturgas från Nordsjön.

Nivågränsvärde: Hygieniskt gränsvärde för exposition under en hel arbetsdag (8 tim).

Oxidation: Oxidation definieras som avgivande av elektroner. Vid en oxidation sker också en reduktion, vilket kallas redoxreaktion.

Polymerisation: Process där mindre molekyler slås samman för att bilda makromolekyler som består av upprepade strukturenheter.

Reduktion: Reduktion definieras som upptagande av elektroner. Vid en reduktion sker också en oxidation, vilket kallas redoxreaktion.

Stadsgas: Gasformigt bränsle som framställs genom spaltning i gasverk och distribueras i ett samhälle genom rörledning. Stadsgas kan bestå av i stort sett vilka brännbara gaser som helst. Vanligtvis innehåller stadsgasen någon eller några av följande gaser: metan, etan, propan, butan, koldioxid, svavelväte och vätgas.

Syntes: Bygga upp komplexa molekyler med hjälp av mindre molekyler.

Takgränsvärde: Hygieniskt gränsvärde för exposition under en period av 15 minuter eller annan period som framgår speciellt. Takgränsvärdet kan vara ett riktvärde för räddningstjänsten.

Ångtryck: Ångtrycket anger det tryck som ämnet utövar på

omgivningen. Ångtrycket är direkt proportionellt mot temperaturen. Ångtrycket anges normalt sett vid 20 °C och enheten som används är Pascal (Pa) eller bar. Vid kokpunkten för ett ämne är alltid ångtrycket 101,3 kPa och vid temperaturer under smältpunkten är ångtrycket vanligtvis lågt, dvs. nära 0 kPa.

Återkondensering: Vid utsläpp av en tryckkondenserad gas i vätskefas uppstår dels en andel adiabatiskt förångad gas, dels en jetstråle med aerosol som mycket snabbt förångas vid kontakt med luft. Vid sammanfösning av aerosolstrålen, i en tratt eller liknande, förhindras tillförseln av luft och de små vätskedropparna slås åter samman till vätska, men nu vid atmosfärstryck och en temperatur som ligger under vätskans kokpunkt. Denna vätska kallas för återkondenserad gas trots att det inte är en gas som återkondenserats. Den gas som bildas genom adiabatisk förångning vid ett utsläpp kan inte omvandlas till vätska igen med denna metod.

Ädelgas: Ädelgaserna, grupp åtta i periodiska systemet, har det gemensamt att de är väldigt stabila, dvs. de reagerar inte gärna med andra ämnen. Stabiliteten beror på att de har samtliga elektronskal fyllda och befinner sig i en inre jämvikt. Ädelgaserna är helium, neon, argon, krypton, xenon och radon. P.g.a. sin reaktionsovillighet har ädelgaserna blivit viktiga industri-gaser. De används bl.a. när det krävs en inert miljö.

För vidare läsning

Alfredsson, C. Carlsson, C-H. (2006) *Räddningstjänst och miljö*. Karlstad. Räddningsverket, beställningsnummer U30-652/06, ISBN 91-7253-280-7

Birgerson, Sterner, Zimerson, (1998) *Kemiska hälsorisker, toxicologi i kemiskt perspektiv*. Malmö. Liber, ISBN 91-47-04515-9

Björnström, H. Setterwall, T. (2002) *Beskjutning av acetylenflaskor*. Karlstad. Räddningsverket, beställningsnummer U30-616/02, ISBN 91-7253-142-8

Drysdale, D.(1998) *An introduction to fire dynamics*. Chichester. Wiley ISBN 978-0-471-97291-4

Eriksson, H. (1994) *Underlagets inverkan på förångning av kondenserade gaser*, Umeå. FOA--R 94-00070-4,5—SE, ISSN 1104-9154

Eriksson, H, (1999) *Att sanera eller inte?* Umeå. FOA-R--99-01238-990—SE.

FOI, (2002) *Kemiska vapen – hot, verkan och skydd*. Stockholm. FOI orienterar om, ISBN 91-7056-108-7

Forsgren, C.(1998) *Kemi – Översikt för räddningstjänstpersonal*. Karlstad. Räddningsverket, beställningsnummer U30-581/99, ISBN 91-88891-83-6

Giftiga gasmoln! (1994) Umeå. FOA rapport C 40322-4,5

Jönsson, B. Kullberg, R.(1986) *Fysik – Gas, vätska, fast fas*. Lund. Studentlitteratur ISBN 91-44-25551-9

Källström, H. & Mourujärvi, H.(1999), *Teknik vid kemikalieolycka*. Karlstad. Räddningsverket, beställningsnummer U30-582/99, ISBN 91-88891-67-4

Ohlén, G. Larsson, N. *Räddningstjänst vid olycka med frätande ämnen*. Karlstad. Räddningsverket, beställningsnummer U30-600/00, ISBN 91-7253-057-X

Personsanering vid händelser med farliga ämnen, (2005)
Karlstad. Räddningsverket. Stockholm. Socialstyrelsen,
Artikelnummer 2005-107-2

Runesson, T-L. (2005) *Räddningstjänst vid olycka med radioaktiva ämnen*. Karlstad Räddningsverket, beställningsnummer U30-641/05, ISBN 91-7253-250-5

Svensson, S, Cedergårdh, E, Mårtensson, O, Winnberg, T, (2005), *Taktik, ledning, ledarskap*. Karlstad. Räddningsverket, beställningsnummer U30-646/05, ISBN 91-7253-262-9

SFPE handbook of fire protection engineering, (2002) 3.ed.
Quincy. (NFPA) ISBN 0-87765-451-4

Transport av farligt gods. (2004) lärobok, Stockholm. Prevent, ISBN 91-7522-830-0

Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. (1997) Umeå. FOA-R 97-00490-990 SE ISSN 1104-9154

Winter, S. (1984), *Uppkomst och utbredning av explosiva eller giftiga gasmoln*. Umeå. FOA rapport C 40160-C1

Elektroniska källor:

Air Liquide, Kursdokumentation från grundläggande kurs i gasteknologi,

<http://www.airliquide.se/en/index.asp>

2007-04-02

Arbetsmiljöverket, Hygieniska gränsvärden och åtgärder mot luftföroreningar, AFS 2005:17

http://www.av.se/dokument/afs/afs2005_17.pdf

2007-04-02

Illustrationer och foto

Illustrationer: Lars Gylldorff

Foto: Peter Lundgren (20, 30, 31, 38, 41, 58)

Jeanette Fredenberg (24, 33 överst) Conny Sillén (22, 33)

Tomas Johansson (47) Tore Eriksson (54) Kjell Collstedt (56)

Kemberäkningar gaser

Allmänt

Area- och volymeräkningar

Area cirkulär yta $A = \pi \cdot r^2$ $r = \text{Radie}$
 $A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}$ $D = \text{Diameter}$

Volym cylinder $V = B \cdot H$ $B = \text{Cylinderns tvärsnittsarea}$
 $H = \text{Cylinderns höjd}$

Volym sfär $V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3$

Volym kub $V = B \cdot L \cdot H$ $L = \text{Längden på ena sidan av kuben}$

Beräkning av densitetstal

Beräkningar med utgångspunkt från molmassa (se periodiska systemet).

Molmassan för luft är 28,56 g/mol: $O_2 = 32 \text{ g/mol} \cdot 0,21 \text{ (\% i luft)} = 6,72$
 $N_2 = 28 \text{ g/mol} \cdot 0,78 \text{ (\% i luft)} = 21,84$
 $21,84 + 6,72 = 28,56 \text{ g/mol}$

28,56 g/mol representerar talet **1** för luft i farligt godskortet.

Fråga: Vad blir densitetstalet för svaveldioxid?

Svaveldioxid (SO₂) S väger 32 g/mol + 2 · O som väger 16 g/mol = 64 g/mol
 $\frac{64 \text{ g/mol}}{28,6 \text{ g/mol}} = 2,24$

Svar: Densitetstalet för svaveldioxid är 2,24

Beräkning av gas/luftblandning

En gas/luftblandnings densitetstal kan skilja från gasens densitetstal då hänsyn tas till mättnadskoncentrationen (detta bör beaktas vid utflöde inomhus).

Exempel

Fråga: Kommer en gas med densitetstalet 2,3 och mättnadskoncentrationen 9 % vid 20 °C att vara tung eller lätt i blandning med luft?

$$(0,09 \cdot 2,3) + (0,91 \cdot 1,0) \approx 1,12$$

Gasens Luftens

Förenklad uppställning: $(0,09 \cdot 2,3) + 0,91 \approx 1,12$

Svar: Densitetstalet för gas/luftblandningen är 1,12 vilket innebär att gasen följer lufthavets rörelser (mellan densitetstal 0,9 - 1,25 beräknas gasblandningen följa lufthavets rörelser).

Beräkning av ångtryck på ett förenklat sätt, där man antar att ångtrycket är proportionellt mot temperaturen.

Fråga: Vad blir ångtrycket på ammoniak vid +2 °C?

Ammoniak (NH₃)

Kokpunkt: -34 °C (Ångtryck vid kokpunkt ≈ 100 kPa)

Ångtryck vid +24 °C: 880 kPa

Från -34 °C till +20 °C ger differensen 54 °C

880 kPa till 100 kPa ger differensen 780 kPa

$$\frac{780}{54} = 14,4 \text{ (Ångtrycket förändrar sig med 14,4 kPa per °C)}$$

Differensen från -34 °C till +2 °C är 36 °C ≈ 36 · 14,4 = 518,4 kPa

Då vi utgår från 100 kPa blir ångtrycket 518 kPa + 100 kPa = 618 kPa

Svar: Ångtrycket vid +2 °C är ca 618 kPa

Allmänna gaslagen

Formel

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

p = gasens tryck (100 000 Pa \approx atmosfärstryck)

V = gasens volym (m^3)

n = gasens mängd (mol) där $n = \frac{m}{M}$

m = massan (gram)

M = molmassa (g/mol)

R = gaskonstant 8,3144 ($\text{J/mol} \cdot \text{K}$)

T = temperaturen i K ($0 \text{ }^\circ\text{C} = 273 \text{ }^\circ\text{K}$)

Exempel

Fråga: Hur stor blir gasvolymen av 1 kg propan vid en temperatur av $20 \text{ }^\circ\text{C}$?

$$\text{Propan (C}_3\text{H}_8\text{): } n = \frac{1000 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 22,727 \text{ mol}$$

$$V = \frac{22,727 \cdot 8,314 \cdot 293}{100\,000} = 0,533 \text{ m}^3$$

Svar: 1 kg propan ger 553 liter gas.

$$\text{Enhetsanalys: } \frac{\text{mol} \cdot \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot \text{K}}{\text{Pa}} = \frac{\text{J}}{\text{Pa}} = \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = \text{m}^3$$

Källstyrka trycklagrad vätska

(Formeln gäller kondenserad gas i vätskefas, där utsläppet sker i direkt anslutning till tank.)

Formel (förenklad):

$$Q = C_d \cdot A \sqrt{2 \cdot \Delta P \cdot \rho}$$

Q = Källstyrkan (kg/s)

C_d = Flödeskoefficient (Sätts ofta till 0,6)

A = Utloppsarean (m²)

ΔP = Tryckskillnad (Ångtryck - atmosfärstryck i Pascal)

ρ = Densitet på vätskan (kg/m³)

Exempel med "förenklad" formel

Fråga: Hur lång tid tar det innan en tank (12 ton) med ammoniak är tom om ett rör med 4 cm² hålyta brister i botten på tanken? (Temp 20 °C).

$$Q = \underset{\text{Flödes-}}{0,6} \cdot \underset{880-100}{0,0004} \sqrt{2 \cdot \underset{=780 \text{ kPa}}{780} \cdot \underset{\text{Densitet på}}{800}} \quad Q = 8,48 \text{ kg/s}$$

$$\text{Tankens tömningstid} = \frac{12\,000 \text{ kg}}{8,48 \text{ kg/s}} \approx 1\,415 \text{ s} = \frac{1\,415 \text{ s}}{60} \approx 23,5 \text{ min}$$

Svar: Tanken töms på 23,5 minuter.

Formel (normal):

$$Q_1 = C_d A_p \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho} + 2 g H}$$

Q = Källstyrkan (kg/s), massflöde

A = Utloppsarean (m²)

ΔP = Tryckskillnad (Ångtryck - atmosfärstryck i Pascal)

ρ = Densitet på vätskan (kg/m³)

C_d = Flödeskoefficient, sätts ofta till 0,6, beror på utsläppshålets konstruktion och belägenhet

g = Tyngdaccelerationen = 9,81 (m/s²)

H = Vätskans höjd över utsläppspunkten (m)

Exempel med "normal" formel:

Fråga: Hur lång tid tar det innan en tank (12 ton) med ammoniak är tom om ett rör med 4 cm² hålyta brister i botten av tanken? (Temp 20 °C)

$$Q = 0,6 \cdot 0,0004 \cdot \underset{\substack{880-100 \\ =780 \text{ kPa}}}{800} \sqrt{\frac{2 \cdot 780 \cdot 1000}{\underset{\substack{p \\ \text{(densitet)}}}{800}} + 2 \cdot 9,81 \cdot 2} \quad Q = 8,56 \text{ kg/s}$$

$$\text{Tankens tömningstid: } \frac{12\,000 \text{ kg}}{8,56 \text{ kg/s}} \approx 1401 \text{ s} \quad \frac{1401 \text{ s}}{60} \approx 23,3 \text{ min}$$

Svar: Tanken töms på ca 23 minuter.

Källstyrka trycklöst lagrad vätska

Formel

$$Q_1(t) = C_d A_p \sqrt{2gH_0} - t(C_d A)^2 p \frac{g}{a}$$

$Q_1(t)$ = Källstyrkan (kg/s), massflöde vid tiden t

A = Utloppsarean (m^2)

ρ = Densitet på vätskan (kg/m^3)

C_d = Flödeskoefficient, sätts ofta till 0,6. Beroende på utsläppshålets konstruktion och belägenhet

g = Tyngdaccelerationen = 9,81 (m/s)

H_0 = Ursprunglig vätskehöjd över utsläppspunkten (m), (vid $t=0$)

t = Tid (s)

a = Tankens tvärsnittsytan (m^2)

$$t = \left(1,67 \cdot \frac{a}{A} \right) \left(\frac{2 \cdot H_0}{g} \right)^{0,5}$$

t = Tid (s) tills ytan är vid utsläppsöppningen

a = Tankens tvärsnittsarea

A = Utloppsarean (m^2)

H_0 = Vätskeytans höjd (m) över utsläppsöppningen

g = Gravitationsacceleration, konstant 9,81 (m/s)

Exempel

Fråga: Hur lång tid tar det innan tanken är tom?

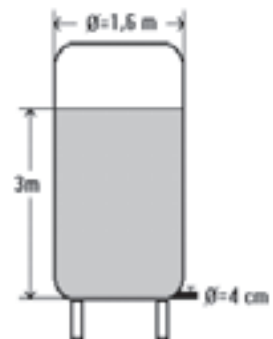
$$a = \pi \cdot 0,8^2 = 2,01 \text{ m}^2$$

$$A = \pi \cdot 0,02^2 = 0,00126 \text{ m}^2$$

$$t = \left(1,67 \cdot \frac{2,01}{0,00126} \right) \left(\frac{2 \cdot 3}{9,81} \right)^{0,5} = (2664,05)(0,61)^{0,5} = 2077,96$$

$$t = 2077,96 \approx 35 \text{ min}$$

Svar: Tömningstiden för tanken är ca 35 minuter.



Beräkning av strålning från pölbrand

Avgiven total effekt, q [kW]

$$q = m'' \cdot \Delta h_c \cdot A_p$$

q = Från branden totalt avgiven effekt (kW)

m'' = Förbränningshastighet per ytenhet (kg/s · m²)

Δh_c = Effektiv förbränningsvärme (kJ/kg)

A_p = Pölens area (m²)

Strålningsandel

Strålningsandelen, X_E av den totala effekten beräknas vanligen till 0,15 - 0,35 av den totala effekten. Vid era beräkningar kan ni anta X_E till 0,3. Exakta X_E för olika bränslen går att finna i tabellverk.

$$q_r = X_E \cdot q$$

q_r = Emitterad effekt (strålning)

Av atmosfären absorberad strålning

En viss del av strålningen tas upp av atmosfären (luften), faktorn kan vara så stor som 20 - 40 % på 100 meters avstånd. Vi gör dock en förenkling här och sätter korrektionsfaktorn T till 1.

Geometrisk synfaktor

Den geometriska synfaktorn beror på flammans form och det mottagande föremålets orientering. Vi gör här en förenkling och antar att all strålning kommer från en enda punkt och att föremålet är vinkelrätt orienterat mot flammen.

$$F_p = \frac{1}{4\pi X^2}$$

F_p = Synfaktor för en punktkälla (m⁻²)

X = Avståndet mellan punktkälla (flammen) och det mottagande föremålet (m)

Mottagen strålning

Genom att använda ovanstående samband kan vi nu beräkna mottagen strålning för ett föremål eller en person på ett bestämt avstånd från en pölbrand.

$$q'' = T \cdot q_r \cdot F_p$$

q'' (kW/m²)

Termisk strålning, mottagen på ett avstånd X (m) från flammen.

Exempel

Fråga: En pöl på 300 m² bensen har läckt ut och antänts. På 60 meters avstånd från pölkanten ligger en skadad man. Kommer han att få brännskador om han ligger kvar?

Total effekt = $0,085 \cdot 40 \cdot 100 \cdot 300 = 1\,022\,550$ kW (se tabellen i bilagan)

Avgiven strålning = $0,3 \cdot 1\,022\,550 = 306\,765$ kW

Synfaktor = $1/4\pi \cdot 60^2 = 0,0000221 = 2,21 \cdot 10^{-5}$

Mottagen strålning = $1 \cdot 321\,552 \cdot 2,21 \cdot 10^{-5} = 6,78$ kW/m²

Kommer en strålning av 7 kW/m² att ge värmestrålningsskador?

Svar: Litteratur i ämnet säger att 1 kW/m² ger brännskador av första graden på oskyddad hud. Vid 7 kW/m² får man snabbt, på några sekunder, brännskador.

Eldklots utbredning vid BLEVE

Formel

$$D_{\max} = 5,25m^{0,314}$$

D_{\max} = Eldklotets maximala diameter

m = Ämnets massa

Exempel

Vid BLEVE-olyckan i Mexico City 1984, som minst omfattade en halvfull 1600 m³ propantank, blev som vi vet följderna mycket svåra. Men hur **stort** blev eldklotet?

$$\text{Massan av propan} = 0,5 \cdot \underset{\text{Volymen}}{1600 \text{ m}^3} \cdot \underset{\text{Densitet}}{510 \text{ kg/m}^3} = 408000 \text{ kg}$$

$$D_{\max} = 5,25(408000)^{0,314}$$

$$D_{\max} \approx 300 \text{ meter}$$

Svar: Eldklotsdiametern är ca 300 meter vilket stämde väl med vad som observerades.

Gaser sprids snabbt och lätt med vinden och stora områden kan bli inblandade vid en olycka. På grund av sin spridningsbild, kan gaserna ge mycket stora riskområden och det ställs höga krav på den insatspersonal som tjänstgör vid en kemikalieolycka.

Räddningstjänst vid olycka med gaser syftar till att ge läsaren fakta om olika gaser och därmed öka förståelsen för den teknik och taktik som lämpar sig bäst vid denna typen av olyckor. Den ger handlingsmönster för hur man ska hantera våra vanligaste gaser och de gaser som medför synnerligen stora risker. Boken vänder sig framför allt till befäl som arbetar i utryckningstjänst vid räddningstjänsten men kan även användas i andra sammanhang.



651 80 Karlstad
Telefon 054-13 50 00
Telefax 054-13 56 00
www.raddningsverket.se

Beställningsnummer U 30-578/07
ISBN 978-91-7253-338-7

Beställ från Räddningsverket
Telefon 054-13 57 10
Telefax 054-13 56 05