



Skyddskapacitet larmställ kopplat till fordonsbrand

Håkan Wingfors och Andreas Fredman
hakan.wingfors@foi.se

Dagens presentation

- Bakgrund
- Syfte-begränsningar
- Resultat
- Diskussion-Är riskerna överdrivna?
- Sammanhang och implikationer

Är gränserna mellan rök/kem exakta?

- AFS 2007:7
- Skyddsnivåerna rök vs. kem
- Brand- och rökgaser
- Kemikalieutsläpp
- Val av insatsmetodik

Det är gråzon och era insatser vilar på goda kunskaper, klok metodik, bra skyddsutrustning, tillförlitlig rapportering av tillbud, dialog och att bra riskbedömningar genomförs



Elbilsbränder

- Termisk rusning, brand ~2 kg HF (gas) under 10-30 min
- Garage-öppen terräng
- + rökgaser (CO, HCN, HCl, NH₃, NO_x, aldehyder, VOC, bensen, PAH, metaller och partiklar)
- Är övriga bränder fria från HF? (ungefär hälften från vanlig bil)

OBS! Utsläppsmängder vid olyckor med transport, hantering och användning av HF (l,g,aq) kan vara i storleksområdet flera ton

Chemical compound	Structure	CAS#	Concentration (µg/m ³)
1-phenylethanone		98-86-2	1
2-methyl-1,3-dioxolane		497-26-7	2
2-methylcyclopent-2-en-1-one		1120-73-6	0.2
6-methyloxan-2-one		823-22-3	0.1
Benzic acid		65-85-0	0.1
Diethyl carbonate (DEC)		105-58-8	1000
Diethyl phosphorofluoridate		359-74-7	0.5
Dimethyl carbonate (DMC)		616-38-6	1
Ethyl prop-2-enyl carbonate		1469-70-1	0.1
Ethyl propyl carbonate		35363-40-7	0.1
Ethylbenzene		100-41-4	2
Ethylmethyl carbonate (EMC)		623-53-0	1000
Styrene		100-42-5	5

Lejon et al 2015

Table 1. Identified combustion products of HFO-1234yf. GC-MS match factors ranged from 90 to 98.

Chemical compound	Structure	CAS#	Analytical technique	Emission factor [mg/g Fuel]
2,3,3,3-Tetrafluoropropene (HFO-1234yf)		754-12-1	GC-MS/FTIR	220-480
Carbonyl fluoride	COF ₂	353-50-4	FTIR	170-360
Carbon dioxide	CO ₂	124-38-9	GC-MS/FTIR	120-320
Hydrogen fluoride	HF	7664-39-3	Dräger	70-240
Water	H ₂ O	7732-18-5	GC-MS	60-170
Carbon monoxide	CO	630-08-0	FTIR	5-80

Magnusson et al 2016

Snabb toxikologiutbildning

- Allt är giftigt!, det beror bara på dosen
- Ämnen har ett LD₅₀ (H₂O>90g/kg, bot.tox~1 ng/kg)
- Dosen beror på koncentration och tid(frekvens)
- Akut och kronisk toxicitet (HCN,LD₅₀ 2 mg/kg NGV, 1,8 ppm)

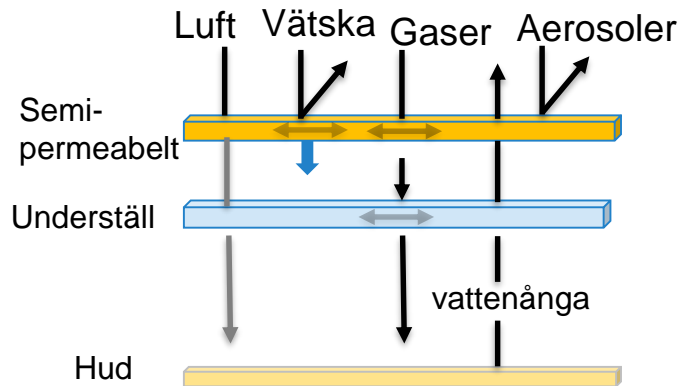
Säkrare gränsvärden kan sättas!

Exponeringsvägar: inhalation, hud, oralt

- Cancerframkallande ämnen- **svårare med gränsvärden**

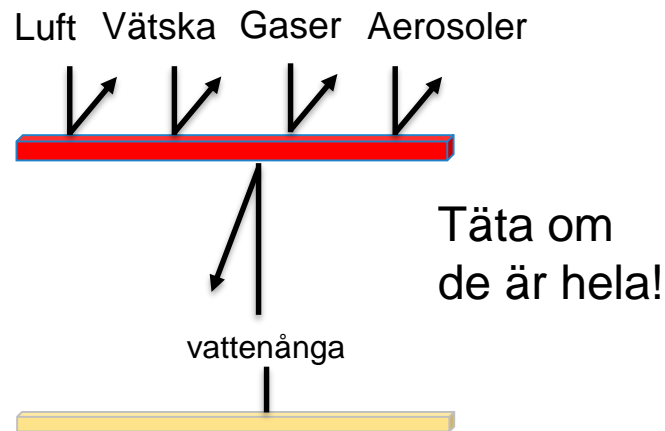
Penetration och permeation av skyddsplagg

Larmställ



Inläckage i öppningar, dragkedjor, defekter

Kemdräkt



Upptag av gaser via hud

- Ett antal relativt reaktiva gaser har ett lågt upptag via hud i ~1000 ppm (0,1 %) under 20-30 min
- Detta verkar gälla tex. metylbromid, ammoniak, sulfurylfluorid, klorpikrin, vätecyanid, klorgas, fosfin, vätesulfid och etylenoxid enligt *in vitro*-studier
- En akut eller dödlig inhalationsrisk i samtliga fall!

Upptag av gaser via hud

- Inte speciellt välstuderat
- Ofta ses huden som en god barriär till skydd mot de flesta gaser
- Några väl kända undantag finns rapporterat från arbetsmiljön

Testämnen-Gaser eller vätskor i gasform

Ämne	kokpunkt	Ångtryck	HGV	AEGL 3, 30 minuter	Gasfasens hudpenetrerande förmåga
HF	19,5 °C	104 kPa	2 ppm	62 ppm	okänd
HCN	26 °C	100 kPa	1,8 ppm	30 ppm	låg
COF ₂	-85 °C	5600 kPa	-	1 ppm	låg
C ₆ H ₁₂	81 °C	10,4 kPa	200 ppm	-	medelhög
Fina partiklar	-	-	2,5 mg/m ³	-	låg

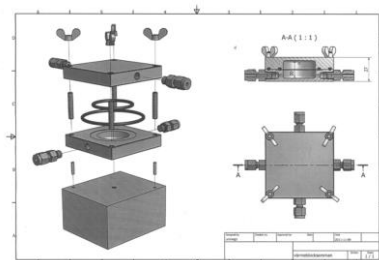
Komplettera tidigare studie
då vi visade att 1,4-tioxan,
Dietylkarbonat och dimethyl-
karbonat permeerade genom
larmställ inom 1 minut.

HF penetrerade inte vid 55 ppm

Inhalation av rökgaser ska undvikas
under alla omständigheter!

Genomförande av försök-materialtest

- HCN
- HF
- Cyklohexan
- Karbonylfluorid
- Förbränningspartiklar (20 nm upp till 1 μm)



- 1:A gammalt och använt Viking Goretex®-ställ och ett “vanligt” underställ
- 2:B Nytt Viking Goretex® och ullunderställ (sport) (Räddningstjänsten stor-Göteborg)

Resultat HF, COF₂

Hög koncentration
~ brand i slutet
utrymme

HF 3500 ppm	1:A	2:B
Antal prov	2	2
Genomsnittlig skyddstid	>20 min	>20 min

COF ₂ 1000 ppm	1:A	2:B	1 (Gore)	2 (Gore)
Antal prov	2	2	1	1
Genomsnittlig skyddstid	> 20 min	> 20 min	> 20 min	> 20 min

Ett bra skydd mot HF i gasfas!

Gammalt och nytt larmställ likvärdiga!

Resultat, Förbränningspartiklar

Förbränningspartiklar	1:A	2:B
Antal prov	3	3
Genomsnittlig skyddsfaktor	~2000	~2000

Skyddet mot partiklar är också bra!

Resultat

Cyklohexan 900 ppm	1:A	2:B
Antal prov	4	3
Genomsnittlig skyddstid	4 min 28 sek	25 sek

HCN 4000 ppm	1:A	2:B
Antal prov	3	3
Genomsnittlig skyddstid	100 sek	40 sek

Tidigare studie visade att

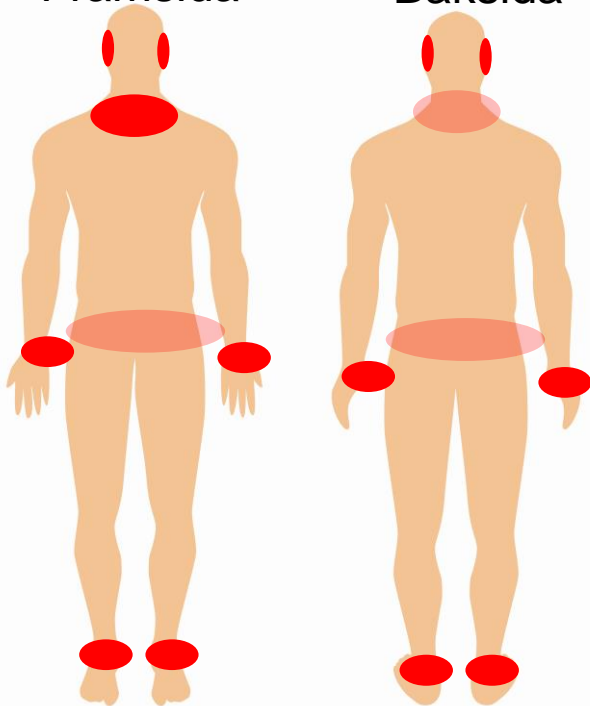
Dietylkarbonat
Dimetylkarbonat och
1,4-tioxan vid ~1000 ppm
trängde igenom
på ca 1 minut i
vanligt larmställ

Men flera gaser permeerar igenom ganska lätt!

Var brukar det kunna läcka i ett tvådelat ställ?

Framsida

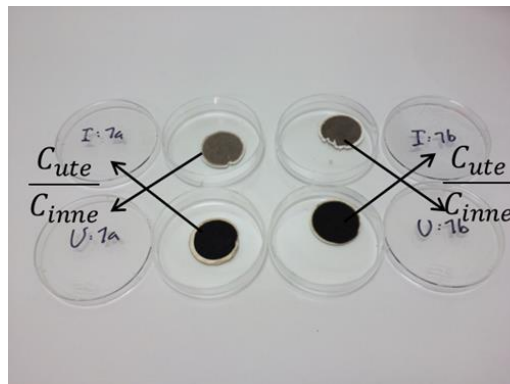
Baksida



Realistiska skyddsfaktorer på larmställ under typiska rökdykningsövningar (20 minuter insats)

~146 (10-1000) (Wingfors et al 2017)

Stora kunskapsluckor! Få studier!



Vad betyder detta

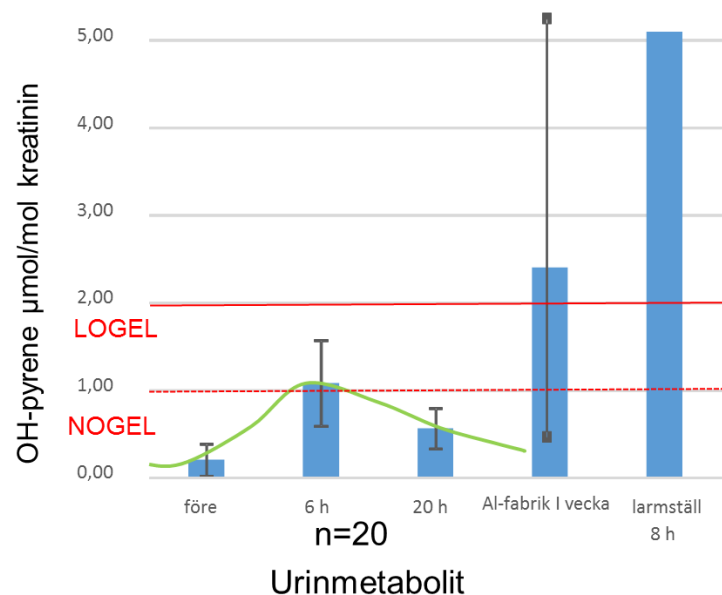
- Det finns en viss skyddskapacitet i larmställ/underställs kombinationer
- Skyddet i larmställ mot HF i gasfas bättre än vi tidigare trott
- Det går ändå inte att dra slutsatsen de är helt gas eller partikeltäta!

Skellefteåmodellen

- Klädlager kan fungera som en reservoar för gaser/partiklar
- Ta av kläder efter insats och packa i påse (behåll andningsskydd till sist)
- Duscha följt av tvätta kläder!
- Välj metodik som minskar er tid i rökfyllda miljöer

Klädlagers betydelse vid hudexponering

- Kan skydda och fördröja exponering
- Kan bidra till ökad hudexponering (Morrison o.a. 2016)
- 80-90 % av kontaminering kan undvikas genom avklädning (Levitin o.a. 2003)



Så här säger industrin: HF en av de farligaste ämnena som hanteras i industrin

1. Skydda andningsvägar
2. Skydda ögon
3. Skydda hud mot vätskefasen

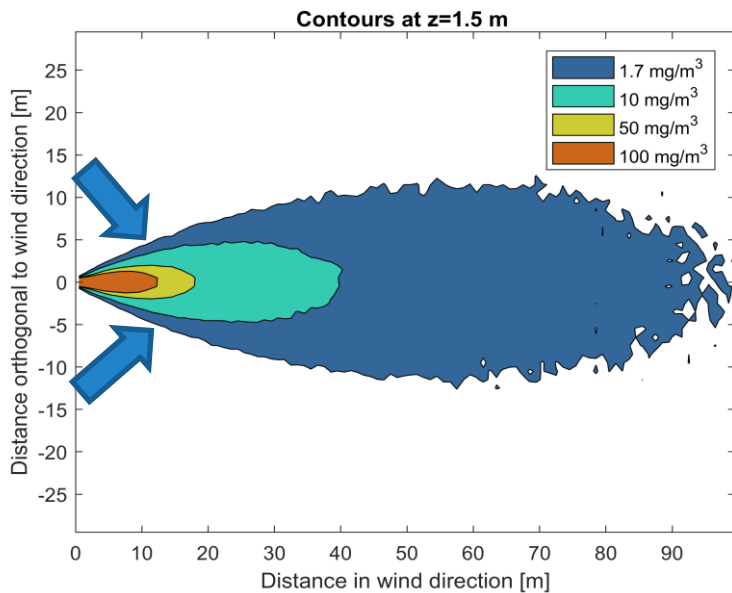
Det är farligt så säkerhet är prio 1!

Vid läckage från tank eller liknande

1. Utrym
2. Vattendimma eller annan bevattning för att få ner gaskoncentrationerna
3. Kemdräkt och tryckluftsapparat
4. Inga med larmställ är välkomna att delta vid räddningsarbete

Vad är typiska HF-koncentrationer vid en bilbrand i öppen terräng?

2 kg HF gas under 30 min vind 2 m/s



Detta är ett teoretiskt exempel utan hänsyn till plymlyft, skiftande vindriktningar, variation i brandförlopp.

Frågor som behöver ställas inför en insats:

1. Tid för insats
2. Insatsmetodik (avspärning, övertrycksfläkt, vatten)
3. Vad kan uppnås med insatsen (liv att rädda?)
4. Skyddsnivå
5. Säkerhetsaspekter
6. Saneringsmöjligheter

~1 ppm innanför dräkt i fem minuter?

Slutet utrymme –typ flerbilsgarage

- I brist på realistiska data används en lufthalt på 2000 mg/m^3 ($2500 \text{ ppm}=0,25 \%$)
- $\sim 20 \text{ mg/m}^3$ innanför dräkt i 20 minuter (skyddsfaktor 100)?
- Söker efter referenser i litteraturen som kan ge vägledning.
- Vid korta livräddande insatser med larmställ och tryckluftsapparat verkar det osannolikt att hudupptaget av HF från gasfas ska ge allvarliga eller långsiktiga hälsoeffekter (se referenser)
- 2 kg HF(g) blandar sig homogent i 1000 m^3 , inga sänkor eller reaktioner i övrigt
- Använd övertrycksfläkt/
Vattendimma framför er, kort tid, klä av er efteråt

Rekommendationer skyddsnivå med dagens kunskapsnivå

1. Bilbrand öppen terräng
2. Bilbrand slutet utrymme
3. Olycka med konc. HF eller fluorvätesyra

Vid symptom påbörja
personsanering
kontakta sjukvården
(giftinformationscentralen)

1. Rökdyknivå, jobba säkert och Skellefteåmodellen
2. Kemdräkt eller Rökdyknivå för livräddning, annars utvändig släckning, övetrycksfläkt, vattendimma, korta tiden, ta av kläder direkt efteråt,
3. Kemdräkt!