

Antändningsrisker genom statisk elektricitet vid vattenbegjutning av gasolutsläpp

Kurt Dyhr, FOI

Räddningsverkets kontaktperson:
Ingvar Hansson, Enheten för skadebegränsande verksamhet telefon 054-13 52 67

Innehållsförteckning

Abstract.....	5
Sammanfattning.....	7
Inledning	9
Problemställning	10
Olyckor och incidenter som inträffat vid vattenbegjutning i explosiv miljö ..	11
Antändningsenergier och statisk elektricitet	12
Antändningsenergier	12
Statisk elektricitet.....	12
Olika typer av statisk urladdning	12
Redovisning av tidigare försök	16
Mätningar genomförda av Tolson	16
Mätningar genomförda av Post et al	17
Slutsatser.....	19
Referenslista.....	20

Abstract

One way to disperse an accidental release of propane is to use water jets from ordinary fire fighting equipment.

The aim with this investigation is to examine if there is a risk for ignition by static electricity from an ordinary water jet with length of approximately twenty meter and with a diameter of approximately of four meter. The hydrostatic pressure is 10 bar.

This investigation has shown that the ignition risk by a spark from the water droplet cloud in the jet to a conducting object is negligible. Also, in a normal road environment the risk to charge other objects in the surroundings with static electricity from a water spray, is negligible. A process plant environment however is more complex and caution has to be exercised.

Sammanfattning

Ett sätt att minska antändningsrisken och skadekonsekvenserna vid ett utsläpp av gasol är att späda ut gasmolnet genom att spruta in en vattendimma i gasmolnet med en brandslang.

Räddningsverket har gett FOA i uppdrag att utreda om det finns risk för antändning genom statisk elektricitet av ett gasolmoln när man använder en brandslang som ger en 'jet' som är maximalt ca 20 meter lång och har en diameter på maximalt ca 4 meter och ett tryck i brandslangen av ca 10 bar.

Denna undersökning har visat att risken för överslag till ett jordat föremål p g a statisk elektricitet från vattendimmelnet och därmed antändning av gasmolnet är så gott som försumbar. I en vanlig omgivning med en gasolbil som står vid en vanlig väg så är risken att vattendimmelnet skall ladda upp föremål i omgivningen som sedan ger ett överslag så gott som försumbar. I processindustrin är miljön i anslutning till ett gasmoln mer komplex och man måste därför där vara mer försiktig.

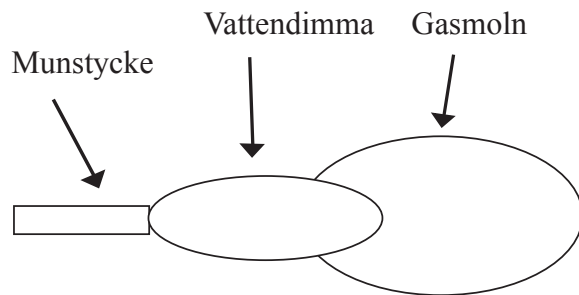
Inledning

En gasollastad tankbil började läcka och gav upphov till en omfattande räddningsinsats på Tegeluddsvägen i Stockholm 1998-02-13. Ca 7 ton gasol läckte ut. För att dispergera och styra undan bildat gasolmoln använde räddningstjänsten besprutning med vatten ur TFT-rör.

I Statens haverikommissions slutrapport om olyckan framfördes att besprutning med vatten i form av små droppar möjligen skulle kunna ge upphov till uppladdning av dropparna med statisk elektricitet varför räddningsinsatsen i sig skulle kunna medföra risk för tändning av gasolmolnet. Haverikommissionen gav Räddningsverket i uppdrag att utreda hur det förhåller sig i detta avseende.

FOA har därför av Räddningsverket fått i uppdrag, beställning KD-12642-1-0, 2000-05-26, att göra en förstudie över vad som är känt om huruvida en spridd vattenstråle kan skapa så kraftig statisk elektricitet att risk finns för antändning/explosion av en gasol-luftblandning.

Problemställning



Figur 1. Beskrivning av problemet.

I denna rapport undersöks om en normal 'jet' som är maximalt ca 20 meter lång och maximalt ca 4 meter i diameter från en vanlig brandslang med 10 bars tryck kan laddas upp med tillräcklig statisk elektricitet så att en gnista med tillräcklig energi kan slå över till ett annat föremål och antända propangasmolnet. Skyddsjordning av själva utrustningen och risken med att föremål i omgivningen kan laddas upp diskuteras också i denna rapport.

Olyckor och incidenter som inträffat vid vattenbegjutning i explosiv miljö

1969 inträffade tre stora explosionsolyckor på tre av Shells supertankers, Marpesa som sjönk och Mactra och King Haakon VII, under rengöring av tankarna med vatten under 10 bars tryck. Som antändningskälla angavs statisk elektricitet (1). Skillnaden mellan det fall som undersöks i denna undersökning och tankerolyckorna är att vid rengörningen av tankarna byggdes det upp en vattendimma under lång tid och i en stor volym omgiven av stålväggar.

Vid en olycka med en sprucken destillationskolonn, sprutade man vatten på sprickan. Då såg man en gnista som slog från kolonnens ojordade metallomslutning, som fungerade som isolering runt kolonnen, till vattenstrålen. Det skedde i det här fallet dock ingen antändning. Ojordade ledande (och även icke-ledande) föremål kan alltså fungera som kondensatorer och lagra laddning (2).

Det har skett olyckor när man har tvättat tankar med vattenånga. Vid en olycka misstänker man att orsaken till antändning genom statisk elektricitet berodde på att själva ångaggregatet inte var jordat (1).

Antändningsenergier och statisk elektricitet

Antändningsenergier

Gas	Antändningsenergi
Metan	0.33 mJ
Propan	0.31 mJ
Vätgas	0.002 mJ
Acetylen	0.03 mJ

Tabell 1. Sammanställning av antändningsenergin för några explosiva gaser vid stökiometrisk blandning.

I tabell 1 finns antändningsenergierna för några gaser vid stökiometrisk blandning. Antändningsenergierna är låga (under 0.5 mJ). För att en brännbar gas ska antändas så måste bränsle/luft-blandningens koncentration ligga mellan övre och undre explosionsgränserna. Antändningsenergierna blir högre ju längre som man kommer ifrån stökiometrisk bränsle/luft-blandning. I ett gasmoln som begjuts med vattendimma så kommer koncentrationen av bränsle/luft hela tiden att variera i olika delar av molnet eftersom man skapar turbulens och rör in luft i gasmolnet under vattenbegjutningen.

Statisk elektricitet

Olika typer av statisk urladdning

Glor (1988) och Lüttgens och Glor (1989) skilde mellan sex olika typer av elektrostatiske urladdningar, nämligen (3):

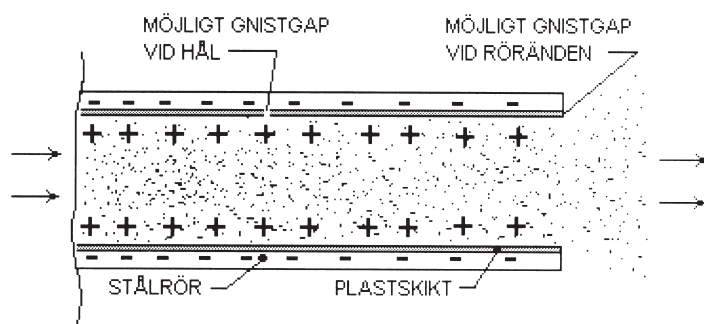
- Gnisturladdning
- Glimurladdning
- Koronauraddning som fortplantas
- Glimurladdningar som fortplantas
- Urladdning längs pulvrets/dammets yta i bulk (gäller vid hantering av damm)
- Blixtliknande urladdning

Gnisturladdningar inträffar när en elektrisk laddning ackumuleras på ett elektriskt ledande, ojordat föremål och urladdas till jord över ett mindre luftgap. Ett exempel på en gnisturladdning är när en person har laddats upp statiskt en kall, torr vinterdag och ska låsa upp bildörren. När han för fingret mot bilen känner han att det slår en gnista från fingret. Energin i en sådan

gnista (upp till som mest ca 60 mJ) är tillräcklig för att antända en propan/luft-blandning. Överslag kan också ske från exempelvis ojordade flänsar, transportband m m inom processindustrin. Ett riktvärde på fältstyrkan för att en gnista ska slå genom luft är ca 3 kV/mm. Ligger gnistgapet under 1 mm krävs det en lägre spänning än 3 kV.

Glimurladdningar (borsturladdningar) inträffar mellan en ensam krökt, jordad metallektrod (krökningsradie 5-50 mm) och uppladdade, icke ledande föremål som exempelvis skyltar eller andra föremål av exempelvis plast eller gummi. Glimurladdningar kan antända explosiva gasblandningar.

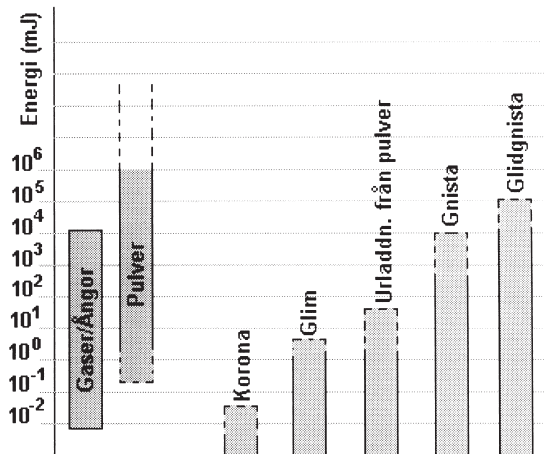
Glidgnistor (glimurladdningar som fortplantas), som i normala fall har mycket högre energier än vanliga glimurladdningar, inträffar när ett dubbelt laddningsskikt med motsatt polaritet alstras över en jordad eller ojordad tunn platta (< 8mm) och en ytladdning på $2.7 \cdot 10^{-4} \text{ C/m}^2$ av något icke ledande material som exempelvis plast. Orsaken till det höga laddningsenergierna är att de motsatta laddningarna (se figur 2) gör att de icke ledande ytorna ackumulerar mycket högre laddningstätheter än om plattan bara laddats på ena sidan. Kritisk spänning för ett överslag genom ett tunt skikt ligger på ca 4 kV om skiktet ligger på 10 mm och 8 kV för ett 200 mm skikt. Glidgnistor uppstår normalt i belagda rör och kärl vid pulvertransport och transport av olika organiska vätskor som exempelvis toluen.



Figur 2. Exempel på hur glidgnistor kan alstras vid pneumatisk pulvertransport.

Koronaurladdningar inträffar under samma förhållanden som glimurladdningar, men via vassa egg- och nålspetsar. Koronaurladdningarna sker vid lägre fältstyrkor än glimurladdningar och ger därför lägre urladdningsenergi. Energin är normalt för låg för att antända en propan/luft-blandning.

Blixtliknande urladdning - som i princip kan inträffa inuti en elektriskt isolerad behållare utan elektrisk ledande förbindelse från insidan till jord - motsvarar urladdningar i ett åskmoln.



Figur 3. Jämförelse mellan områden för minsta tändenergi hos gaser och damm i luft och olika elektrostatiska urladdningstypers energier. De streckade delarna av staplarna motsvarar det approximativa området för maximi- och minimigränsen (Glor 1988) (3).

Av de urladdningar som finns listade enligt ovan skulle en antändning kunna ske genom att en gnisturladdning sker från brandslangen eller från vattendimolnet om vattentankar och pumpar som sitter uppe på ett fordon inte är jordade. Man misstänker att ojordad utrustning som sedan ger ett överslag är olycksorsak till åtminstone en olycka vid rengöring av tankar med ångaggregat. En brandman som är statistiskt uppladdad på en dålig elektrisk ledningsförmåga till jord skulle också kunna ge antändning.

Vattendimolnet skulle också kunna ladda upp icke jordade ledande och icke ledande föremål i omgivningen som exempelvis tanken eller andra delar på en gasbil. Vad som talar emot detta är att det bildas en vattenfilm på tankbilen som gör den tillräckligt elektriskt ledande och därigenom hindrar uppladdning genom statisk elektricitet. Vid antistatbehandling av ytor bildas det en tunn ledande vattenfilm på antistatbehandlade ytor, som hindrar uppkomsten av statisk elektricitet (4). Vid en luftfuktighet på 60 till 70 % är uppkomsten av statisk elektricitet osannolik (4).

Om energin i ett överslag från själva vattendimolnet till jord är tillräcklig för att antända en propanluftblandning behandlar vi i fortsättningen av rapporten.

Risken för glimurladdning, som skulle kunna ske på ett plastföremål som laddats upp i omgivningen som exempelvis en papperskorg eller en skylt på en tankbil, är också ytterst liten eftersom föremålet begjuts med vatten och blir ledande.

Glidgnistor (glimurladdningar som fortplantas) har påträffats i till exempel snabba pneumatiska pulvertransportörer och snabba transportband beklädda med isolermaterial. Glidgnistor kan vi alltså bortse ifrån i vår undersökning.

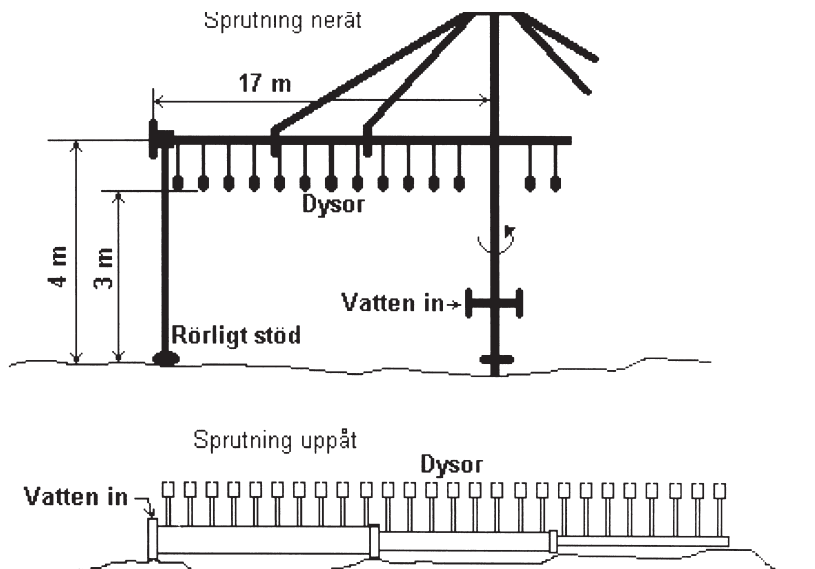
För att koronaururladdningar ska ske krävs spetsiga föremål som exempelvis knivegg eller nålar och de energier som alstras genom koronaururladdningar är små. Koronaururladdningarna sker vid lägre fältstyrkor än glimurladdningar och ger därför lägre urladdningsenergier. Energin är normalt för låg för att antända en propan/luft-blandning. Koronaururladdningar kan vi alltså bortse från i denna undersökning.

Blixtliknande urladdningar kan vi också bortse från i vår undersökning.

Redovisning av tidigare försök

Orsaken till att följande två undersökningar har genomförts av Tolson (5) och Post et al (6) är dels de tre explosionsolyckorna som inträffade i tre av Shells supertankers 1969 (se kapitel 3. Olyckor och incidenter som inträffat vid vattenbegjutning i explosiv miljö), dels en utredning av riskerna vid tvättning av tankar inom processindustrin.

Mätningar genomförda av Tolson



Figur 4. Försöksuppställning av 'standard' sprinklers som användes vid mätning av elektrisk fältstyrka och laddning (C) av Tolson (5). Flöde 60 l/s och 7 bars tryck.

Tolson (5) genomförde en mätning av det elektriska fältet och den laddning som bildades vid användning av sprinklers. Vid experimenten användes en försöksuppställning enligt figur 4. Vattenflödet i anläggningen var 60 l/s och trycket låg på ungefär 7 bar. Ett antal olika standard-munstycken användes vid experimenten.

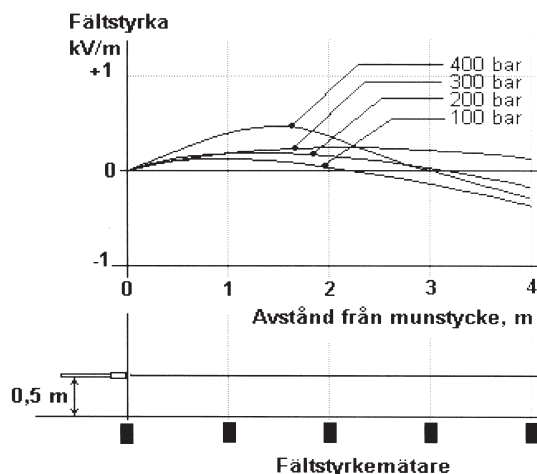
Mätningar från försöken visade att styrkan på det elektriska fältet var låg (under 200 V/m). Vid experimenten användes en laddningsmätare som placerade på olika ställen vid vattendimolnet som sprutades ur sprinklermunstyckena. Laddningen var så pass låg att ingen laddning kunde detekteras i instrumentet. Detektionsgränsen låg på 10 nC.

Tolson menar att det är vanligt att mätfel kan uppstå vid mätning av laddning (C) och elektrisk fältstyrka (V/m), men att de uppmätta värdena är så pass låga att antändningsrisken på en statisk elektricitet är försumbar.

Mätningar genomförda av Post et al

Post et al (6) genomförde experiment med olika lösningsmedel och vatten där laddningsdensiteten (C/m^3) och den elektriska fältstyrkan (V/m) uppmättes.

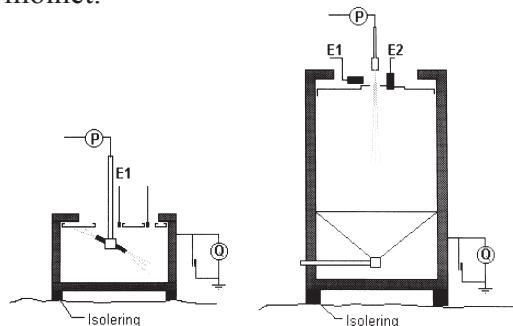
Experimenten genomfördes med industrisprinklermunstycken i isolerade tankar med volymen 1, 6 och 24 m^3 och ett experiment med industrisprinklermunstycken där mätningen skedde utanför tankarna.



Figur 5. Uppmätt fältstyrka (V/m) vid försök med sprinklermunstycke (1.2 mm) vid olika tryck (100 - 400 bar) där vatten dimmolnet sprutas rätt ut.

Vid ett av försöken sprutade man ut en vattendimma direkt från ett munstycke ut i det fria. Vid dessa försök uppmättes enbart fältstyrkan (V/m) och inte laddningsdensiteten (C/m^3). Detta är det försök som stämmer mest överens med vår undersökning om den statistiska elektriciteten i ett vattendimmoln är tillräcklig för att ge ett överslag som antänder ett moln av brännbar gas.

Resultaten från försöken visar att fältstyrkan är låg och varierar mellan +/- 0.5 kV/m vid 400 bars tryck. Trycket i brandslangar är betydligt lägre, ca 10 bar. Att fältstyrkan är negativ i slutet av vattendimmolnet förklaras med att det finns en högre andel negativt laddade droppar i slutet av vattendimmolnet.

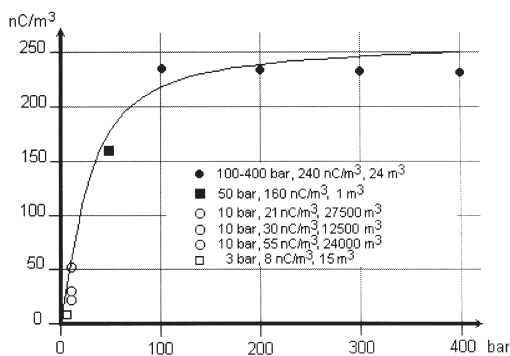


Figur 6. Försöksuppställning över olika containrar 1 m^3 och 24 m^3 som var isolerade från marken (jord).

Medium	Tryck (bar)	Munstycke (mm)	Fältstyrka i punkt E1, (kV/m)	Fältstyrka i punkt E2, (kV/m)
Industrivatten med konduktiviteten $2.5 \cdot 10^{-3} \text{ S/m}$	100	1.5	5-10	5-10
	400		5-10	5-10
	100	2.5	10-20	10-20
	400		10-20	10-20

Tabell 2. Sammanställning över hur fältstyrkan (kV/m) i en vattenspraydimma från sprinklermunstycke beror på trycket (100-400 bar). Försöken genomfördes i en jordad 24 m^3 container (Se figur 6).

I tabell 2 är mätningar över fältstyrkan sammanställda för tryck mellan 100-400 bar för försök i isolerade 24 m^3 containrar. Den maximala fältstyrkan ligger på 20 kV/m. Enligt författaren så är inte fältstyrkan tillräckligt hög för att orsaka antändningsproblem vid vattenbegjutning.



Figur 7. Sammanställning över framräknade laddningsdensiteter (nC/m^3) vid tryck 0-400 bar från försök genomförda i 1 m^3 och 24 m^3 containrar som är isolerade från marken (jord) och försök som genomförts i supertankers och andra 'stora volymer' (6).

I figur 7 finns en sammanställning över framräknade laddningsdensiteter (nC/m^3) i 1 m^3 och 24 m^3 containrar som är isolerade från marken (jord) och försök som genomförts i supertankers och andra 'stora volymer'.

Enligt Post et al så är de beräknade laddningsdensiteterna (nC/m^3) så pass låga i vattendimman att det inte uppstår urladdningar som kan antända ett gasmoln i de volymer som ingick i undersökningen. Vid vattentryck på ca 10 bar (som i brandslang) blir laddningsdensiteten lägre och bör hamna under 100 nC/m^3 . Post et al jämför inte laddningsdensiteterna (nC/m^3) med några kända värden, som inte leder till antändning.

Slutsatser

I vår rapport så undersöks om en normal 'jet' som är maximalt ca 20 meter lång och maximalt ca 4 meter i diameter från en vanlig brandslang med 10 bars tryck kan laddas upp med tillräcklig statisk elektricitet så att det bildas en gnista med tillräcklig energi för att antända ett gasmoln. Mätningar av fältstyrkorna visar att dessa är låga och bör i vårt fall ligga under +/- 0.5 kV/m och laddningsdensiteten bör ligga under 100 nC/m³. Alltså bör det inte finnas någon risk för antändning genom statisk elektricitet. Men antändningsenergien för en propan/ luftblandning vid stökimetrisk koncentration är också låg, ca 0.3 mJ.

I denna undersökning har vi inte hittat några gränsvärden på fältstyrka (V/m) och laddningstäthet (nC/m³) där man kan säga att antändningsrisken är lika med noll. Därför har vi samtalat med två experter Dr. Owe Fredholm, Kemikontoret och Dr Martin Glor, Member of the Executive Committee, Institute of Safety & Security, Basel.

Dr. Owe Fredholm säger att det med hänsyn till redovisade uppmätta värden på fältstyrkorna inte finns någon risk för att det skulle kunna ske ett gnistöverslag från vattendimolnet till ett jordat föremål. Antändning genom statisk elektricitet är därför inte möjlig (7).

Dr. Martin Glor säger att risken är så gott som obefintlig att det skulle kunna ske ett gnistöverslag från vattendimolnet till ett jordat föremål som skulle kunna orsaka en antändning. Vidare säger Dr. Martin Glor att risken för att man skulle kunna ladda upp ett föremål i normal omgivning som exempelvis delar på en tankbil på en väg som sedan ger ett överslag genom gnistor eller glimurladdningar är så gott som obefintlig. Går man däremot in i en processindustri bör man vara försiktig eftersom man inte säkert vet vilken utrustning som där kan vattenbegjutas (8).

Brandbilar med vattenpumpar som inte är jordade skulle kunna ge upphov till höga laddningar av statisk elektricitet. Det har i andra sammanhang skett olyckor när man har tvättat tankar med vattenånga där själva ångaggregatet inte var jordat (1).

Referenslista

1. Lees F.P.
Loss Prevention in the Process Industries, Hazard Identification ,
Assessment and Control
1995, Vol. 2, Second Edition, ISBN 0 7506 1547 8
2. Kletz, T. A.
What went wrong?
1998, Gulf Publishing Company, Houston, Texas, USA
3. Eckhoff K. E.
Dammexplosioner
1994, Brandförsvarsföreningens Service AB, 115 87 Stockholm
4. Lundquist S., Fredholm O., Lövstrand
Statisk elektricitet, Avsnitt 5 Elinstallatören nr 2, 1975
5. Tolson P.
Examination of possible electrostatic hazards arising from the use of water
spray barriers to disperse flammable vapours 1989, Journal of Electrostatics
23 (89) april
6. Post L., Glor M., Lüttgens G., Maurer B.
The avoidance of ignition hazards due to electrostatic charges occurring
during spraying of liquids under high pressure 1989, Journal of
Electrostatics 23 (89)
7. Personligt samtal mellan Dr. Owe Fredholm, Kemikontoret och Stefan
Lamnevik, FOA, September 2000
8. Personligt telefonsamtal mellan Dr. Martin Glor, Member of the
Executive Committee, Institute of Safety & Security, Basel och Kurt Dyhr,
FOA, September 2000