

Håkan Eriksson
Jan Burman, Lennart Thaning och Stellan Winter

Hur farlig är en ishall med ammoniak?

Beräkningar av riskavstånd vid vådautsläpp av ammoniak samt
hur stora byggnader påverkar spridningen av gaser



Håkan Eriksson
Jan Burman, Lennart Thaning och Stellan Winter

Hur farlig är en ishall med ammoniak?

Beräkningar av riskavstånd vid vådautsläpp av ammoniak samt
hur stora byggnader påverkar spridningen av gaser

Dokumentets utgivare FÖRSVARETS FORSKNINGSANSTALT Avdelningen för NBC-skydd 901 82 UMEÅ	Dokumentnamn och dokumentbeteckning FOA-R—98-00885-990--SE	
	Dokumentets datum December 1998	Uppdragsnummer E4631
	Projektamn (ev förkortat)	
Upphovsman(män) Håkan Eriksson, Jan Burman, Lennart Thaning och Stellan Winter	Uppdragsgivare Statens räddningsverk	
	Projektansvarig	
	Fackansvarig	
Dokumentets titel Hur farlig är en ishall med ammoniak? Beräkningar av riskavstånd vid vådautsläpp av ammoniak samt hur stora byggnader påverkar spridningen av gaser.		
Sammanfattning Rapporten behandlar riskerna kring ishallar och hur stora byggnader inverkar på spridningen av gaser. Utgångspunkten är utsläpp av ammoniak vid ishallar. Beräkningarna visar att utsläpp som sker inomhus i kylmaskinrum ger små konsekvenser för människor i omgivningarna. Vid utsläpp som sker utomhus förkortas riskavståndet som följd av den turbulens som skapas av den stora byggnaden. Jämfört med motsvarande utsläpp i fritt fält reduceras riskavståndet till hälften eller mindre. Utsläpp av ammoniak från en kylanläggning i en ishall medför i de flesta fall riskavstånd på upp till 100 meter. För räddningstjänstens insatsplanering innebär det att svåra skador på människor, p.g.a. ammoniakexponering, endast kan förväntas i ishallens närmaste omgivning.		
Nyckelord Ammoniak, riskavstånd, ishallar		
Övriga bibliografiska uppgifter	Språk Svenska	
ISSN 1104-9154	ISBN	
	Omfång 31 sidor	Pris Enligt prislista

Issuing organization Defence Research Establishment Div. of NBC Defence S-901 82 UMEÅ Sweden	Document name and doc. ref. No. FOA-R—98-00885-990--SE	
	Date of issue December 1998	Project number E4631
	Project name (abbrev. if necessary)	
	Author(s) Håkan Eriksson, Jan Burman, Lennart Thaning and Stellan Winter	
Initiator or sponsoring organization Swedish Rescue Services Agency		Project manager
Scientifically and technically responsible		
Document title How hazardous is an ice-hockey arena with ammonia? Calculations of risk distances and the influence of large buildings on dispersion during accidental releases of ammonia.		
Abstract <p>The report deals with the influence of large buildings on the consequences of accidental releases of ammonia from ice-hockey arenas. Calculations show that an indoor release is not hazardous to people outside the building. When a release occurs outdoors, the risk distance is reduced as a result of the influence exerted by the large building. When compared to a release in open field, the reduction is 50 % or more.</p> <p>The risk distance from an accidental release of cooling-media from an ice-hockey arena equipped with modern ammonia-based cooling system is hardly ever more than one hundred metres. The conclusion is that the rescue services, when planning, need not anticipate any severe injuries to people exposed to ammonia beyond that distance.</p>		
Key words Ammonia, risk distance, ice-hockey arenas		
Further bibliographic information	Language Swedish	
ISSN 1104-9154	ISBN	
	Pages 31	Price Acc to pricelist:-

Innehåll

1. Sammanfattning	5
2. Bakgrund	6
3. Allmänt om gasspridning	7
4. Effekter av ammoniak på människor	8
5. Allmänt om ishallar	9
6. Beräkningsunderlag	11
7. Utsläpp, spridning och skadeutfall	12
7.1 Anläggning med 60 kg ammoniak	13
7.2 Anläggning med 600 kg ammoniak	14
8. Kommentarer och diskussion	21
9. Avvikelser från grundfallen	22
10. Förebyggande arbete - samhällsplanering	25
11. Räddningstjänst - insatsplanering	26
12. Slutsatser	27
13. Referenser	28

Bilaga 1. Enkätformulär

Bilaga 2. Sammanställning av enkätsvar

Bilaga 3. Principskiss över en kylanläggning

1. Sammanfattning

Rapporten behandlar riskerna kring ishallar och hur stora byggnader inverkar på spridning av gaser. Utgångspunkten är utsläpp av ammoniak vid ishallar.

Ishallar med moderna kylanläggningar, som har upp till 75 kg ammoniak och då enbart i själva kylmaskineriet – *'fullständigt indirekt system'* – medför endast små risker för människor som befinner sig i ishallens omgivning.

En ishall med *'delvis indirekt system'*, som innehåller cirka 600 kg ammoniak – d.v.s. grundtypen för ishallar under 70- och 80-talet – medför risker för skador endast inom ett begränsat område utanför ishallen. I de flesta tänkbara fall begränsar sig riskområdet till den av vinden skapade lävak som finns i lä bakom byggnaden och i många av dessa fall uppnås inte ens skadliga koncentrationer av gasen inom lävaken.

Ur räddningstjänstsynpunkt bör ett riskavstånd på 100 m vara en bra utgångspunkt för insatsplanering inför ett vådautsläpp av ammoniak vid en ishall.

I samhällsplaneringen bör en helhetssyn råda inför det utbyte av freon som lagstiftningen påbjuder under början av 2000-talet. Ammoniak är mindre skadligt för miljön än vad freon är, vilket medför att ammoniak kan vara *en* kandidat vid detta utbyte. En bedömning från fall till fall får avgöra om ammoniak kan accepteras ur risksynpunkt.

2. Bakgrund

Spridning av gaser invid stora byggnader - industrier, ishallar och liknande - kan innebära skillnader mot spridning i ett 'vanligt' landskap. För att utröna om dessa skillnader har avgörande betydelse för insatsplaneringen har beräkningar gjorts med ishallar som utgångspunkt. Valet av ishallar som beräkningsunderlag beror på den förhållandevis rika förekomsten av ishallar i landet, vilket medför att många kommuner kan nyttja rapporten.

Många av räddningstjänsterna i Sverige har inte erfarenheter av olyckor med kemikalier i tillräcklig omfattning för att göra en heltäckande insatsplanering för dylika händelser. Av denna anledning är planeringen av insatser vid kemikalieolyckor eftersatt i många kommuner. Användandet av datormodeller för att skaffa underlag till planering börjar bli allt mer vanligt förekommande inom räddningstjänsterna. Programmen är ofta en god hjälp för att få insikt i hur kemikalier, främst gaser, sprider sig i atmosfären och då också hur riskbilden ser ut.

Ny miljölagstiftning innebär att många ishallar kommer att behöva byta köldmedium i början av 2000-talet. Kravet är att ersätta freonerna, i första hand CFC men sedermera också HCFC, med något mindre miljöskadligt — vad är inte klart idag, men ammoniak är med sina goda kylgenskaper en stark kandidat. Ammoniak anses också mindre skadlig för miljön än vad freonerna är i ett globalt perspektiv*. Lagstiftningen innebär att många kommuner måste ta beslut om nya investeringar i kylanläggningar. Hänsyn till riskerna i samhället har varit föremål för många diskussioner under senare tid - bland annat i projekt om byggandet av 'det robusta samhället', 'beredskapshänsyn i samhällsplaneringen' med flera. Nu ges chansen att fundera i dessa banor, kanske med en säkrare investering som följd, även om kostnaderna initialt visar sig vara något större.

Rapporten har för avsikt att ge räddningstjänsten ett bra underlag för planering när det gäller insats vid olyckor i ishallar och liknande byggnader. Den kan också hjälpa samhällsplanerarna att ta ställning till ovan nämnda investering. Den är dessutom tänkt som incitament för att gå vidare med planering för andra händelser där kemikalier är inblandade.

Andra typer av anläggningar där det finns respektabla mängder ammoniak är fryshus - exempelvis i Sundsvalls hamn med 15 ton och i Malmö hamn med 50 ton - samt större klimatanläggningar - exempelvis i NK-varuhuset i Stockholm med 600 kg. - Även sådana anläggningar bör på sikt moderniseras så att mindre mängder ammoniak krävs.

Arbetet har utförts av FOA NBC-skydd i Umeå på uppdrag av Risk och Miljöavdelningen vid Statens Räddningsverk i Karlstad.

Lars Tapani, Umeå brandförsvaret, har varit behjälplig med framtagande av enkätunderlaget samt gett räddningstjänstsynpunkter på rapporten.

* Ammoniaks uppehållstid i atmosfären begränsas sig till några dygn. Freonerna kan uppehålla sig i atmosfären under flera år och bidrar till nedbrytningen av stratosfärens ozonskikt samt till en ökning av växthuseffekten.

3. Allmänt om gasspridning

Vid utsläpp av en tryckkondenserad gas (vätska) bildas ett gasmoln som med vindens hjälp sprids till omgivningarna. Släpps tryckkondenserad gas rakt ut i luften kommer hela den utsläppta mängden att snabbt förångas och bli luftburen. Om vätskestrålen istället träffar ett hinder, vägg eller liknande, kommer en del av vätskan inledningsvis att förbli vätskeformig och gashalterna i luften blir jämförelsevis lägre än om all vätska förångas direkt. Sker utsläppet i direkt anslutning till en byggnad sprids gasen inledningsvis i en s.k. lävak och därifrån vidare i vindens riktning. En lävak är en luftvirvel som bildas i lä bakom stora hinder i terrängen, t.ex. byggnader. Lävaken bidrar till en första utspädning av gasmolnet. Storleken på lävaken, och då också dess betydelse för utspädningen, står i proportion till hindrets storlek. Generellt brukar man räkna med att lävaken har samma dimension som hindret. Beräkningsmässigt antas att gaskoncentrationen är densamma i hela lävaken – i realiteten kan koncentrationen vara högre i utsläppets absoluta närhet. Från lävaken sprids sedan gasen vidare och koncentrationerna avtar med avståndet från utsläppet. Gaskoncentrationerna kommer relativt snabbt (inom några minuter) att stabiliseras på olika avstånd från byggnaden, varefter de förblir förhållandevis konstanta under hela förloppet. Vilka gaskoncentrationer som uppstår på olika avstånd är beroende av utsläppets storlek och varaktighet, rådande vindstyrka m.m. Generellt kan man säga att högre vindstyrka minskar koncentrationen på ett givet avstånd. Bebyggelse, framför allt höga byggnader, bidrar också till ökad turbulens i luftmassan och ökar utspädningen. Spridning över vattenyta vid svag vind medför å andra sidan att utspädning av ett gasmoln kan gå långsamt beroende av att turbulensen är svag. Utspädningen beror också på atmosfärens stabilitet. S.k. stabil skiktning, vars uppkomst gynnas av svag vind och kall mark, ger sämst utspädning och därför också de högsta koncentrationerna. Stabil skiktning är vanligt förekommande under klara vinterdygn och klara sommarnätter med relativt svag vind.

Om utsläppet inte avbryts kommer inomhuskoncentrationerna i intilliggande byggnader efterhand att stiga mot samma koncentrationer som utomhus. Hastigheten med vilken koncentrationerna stiger inomhus beror av vilken ventilationsrat, d.v.s. antalet luftomsättningar per timme, som byggnaden har. Avstängning av ventilationen kan fördröja inläckning av gas avsevärt och är en bra skyddsåtgärd för människor som befinner sig inomhus, även under en relativt lång tidsperiod (timmar).

4. Effekter av ammoniak på människor

De i denna rapport beskrivna följderna av utsläpp grundar sig på de effekter som uppstår på människor vid exponering av ammoniak. Beskrivningarna av konsekvenser grundas på följande 'skadenivåer':

Luktröskel*	Förnimmelse av lukt - ej säkert identifierbar som ammoniak, ≈5 ppm.
Uttalad lukt*	Tydlig lukt av ammoniak. Lindrig irritation i ögon och andningsvägar kan uppträda, dock ofarligt, ≈50 ppm.

Irritation	Måttlig till stark irritation i andningsvägar och ögon. Upplevs som besvärande men effekten är i regel snabbt övergående.
Lindriga skador	Mycket kraftig irritation med symptom från andningsvägar och ögon. Stimulering av andningen, upplevelse av andningsbesvär - andnöd. Lindriga skador kan uppträda på andningsvägarnas slemhinnor. Dessa är troligen inte av allvarlig natur. Bestående besvär efter exponeringen i form av hosta kan uppträda. Symptomen är så kraftiga att exponerade personer kan förväntas söka sjukvård.
Svåra skador	Kraftig påverkan av andningsvägar och ögon resulterande i svåra andningsbesvär - kvävningsskänsla, kraftig hosta och uttalade synsvårigheter. Risk för utvecklande av lungödem och permanenta ögonskador. Kategorin kräver akuta sjukvårdsinsatser.
Dödliga skador	Kraftigt lungödem, kvävning.

* Fast koncentrationnivå – ej tidsberoende.

5. Allmänt om ishallar

I Sverige finns idag totalt cirka 230 ishallar. Variationerna på hallarna är stora. Förutom ålder och storlek varierar utförandet relativt mycket, naturligtvis beroende på bland annat åldern men även i vilket syfte hallen byggts. De största hallarna rymmer förutom rinkens och stora läktare kanske också curlingbanor, kaféer m.m. medan de allra minsta i stort sett endast rymmer en rink avsedd för 'allmänhetens åkning'. Dessutom är det relativt vanligt att ishallen är sammanbyggd med ytterligare en ishall. Ishallarna är ofta placerade på ett fritidsområde där även andra fritidsverksamheter samsas om utrymmet, ofta med många stora byggnader inom ett begränsat område. Bostadsbebyggelse finns oftast på ett par hundra meters avstånd eller mer.

Uppskattningsvis används ammoniak som kylmedium i cirka hundra ishallar, övriga har freon - vanligen av typ R22. Av ishallarna med ammoniak finns i huvudsak två typer, där de äldre typerna kräver cirka 600 kg ammoniak för att kyla en ishockeybana medan de modernaste bara kräver några tiotals kg. Det modernare systemet introducerades i slutet av 1980-talet och finns i cirka tjugofem hallar. Nästan alla ishallar har idag saltlösning i kylslingorna under isen. Dispenser från detta finns, men är då förenat med villkor för att begränsa antalet människor som kan exponeras för ammoniak i händelse av en olycka.

Utomhusbanor, för både ishockey, bandy och skridskoåkning, har oftast ammoniak även i kylslingorna under isen – s.k. '*direktverkande system*'. Mängderna ammoniak i sådana anläggningar uppgår för en ishockeybana till cirka två ton och för en bandybana/skridskobana till mellan sex och åtta ton.

Kylanläggningarnas utförande regleras av lagar och förordningar m.m. som sammanfattas i svensk kylnorm. Normen medför att anläggningarna uppfyller vissa krav på säkerhet för att förhindra oavsiktliga utsläpp. Erfarenheterna visar dock att det inträffat en del vådautsläpp av ammoniak vid isanläggningar (tabell 1). De flesta större olyckorna har inträffat på utomhusbanor med ammoniak i kylslingorna i marken. Anledningar till utsläppen är bland annat att rör i marken skadats av en arbetsmaskin eller att rör i marken korroderat. Andra händelser som har orsakat utsläpp av ammoniak är maskinhaverier och felhandlingar i samband med servicearbeten. De händelser som är mest frekventa är när systemen inte töms för sommaren och sommartemperaturen medför en tryckhöjning i systemet så att säkerhetsventilerna löser ut. Detta ger ofta uttryckning av räddningstjänsten och rubriker i lokalpressen men är alltså ingen olycka utan en följd av felaktiga rutiner där säkerhetssystemet träder i funktion.

Risker för olyckor på ishallar/isanläggningar finns också på grund av gasol, som ofta används till drivmedel för ismaskiner och uppvärmning av läktare. Olyckor med gasol medför i huvudsak brandskador. Utsläpp av gasol behandlas inte i denna rapport.

Tabell 1. Exempel på inträffade olyckor med utsläpp av ammoniak vid isanläggningar.

Plats	Händelse	Antal skadade
Vänersborg, utomhusbana	maskin skadade rör i mark	42
Munkedal, ishall	servicearbete	2
Kalmar, ishall	servicearbete	1
Umeå, ishall	kompressorhaveri	0
Härnösand, ishall	servicearbete	0
Mölnadal, ishall	ventilhaveri	0
Örnsköldsvik, curlinghall	korrosion i markrör	0

Den enkät som utgjort underlag för denna rapport visar att cirka 60 % av svarande anläggningar har gaslarm av något slag. Dessa fördelar sig på ammoniaklarm för skydd mot förgiftning och gaslarm för skydd mot brand- och explosions-skador.

6. Beräkningsunderlag

Underlaget till beräkningarna bygger på en enkätförfrågan till det 40-tal kommuner som 1996 hade ishockeylag i elitserien eller division I (enkätformuläret finns som bilaga 1). Svar har inkommit från tjugotalet av dessa, vissa med flera hallar, och antalet hallar i underlaget motsvarar cirka femton procent av det totala antalet i Sverige. Mängderna ammoniak varierar inom ett mycket stort intervall - från 35 kg till mer än 7 ton. Variationerna i ammoniakmängder tyder på att det inom ett antal av anläggningarna finns fler än ett kylsystem alternativt att uppgiften härrör från en bandy- eller skridskobana. En sammanställning av enkätsvaren finns som bilaga 2.

Vi väljer att beräkna utsläpp från de två grundtyperna - d.v.s. ishallar med 60 respektive 600 kg ammoniak. Ett exempel i avvikelseavsnittet (avsnitt 9) kommenterar skillnaderna för en anläggning med 6000 kg ammoniak.

De skadehändelser som ligger till grund för beräkningarna bygger på förväntade olyckor i enkätsvaren. Grundförutsättningarna för beräkningarna har valts som ett genomsnitt av de uppgifter som kommit in genom enkäten och lyder som följer:

En enkel 'islada' med måtten 76 x 46 x 12 m³ ventilerad med 1 luftomsättning per timme. I ishallens ena hörn är ett kylrum med måtten 10 x 6 x 3 m³ inrymt. Ventilationen i kylrummet är 10 luftomsättningar per timme. Ishallen är placerad på en stor plan yta utan andra byggnader i närheten.

Väderförhållandena har valts för att ge ett ur spridningssynpunkt ' normalt' väder - med vindstyrka 5 m/s och neutral skiktning i atmosfären - samt ett 'värsta fall' - vindstyrka 2 m/s med stabil skiktning. Båda vädertyperna är relativt vanligt förekommande och kan uppträda under alla årstider.

Ett antal avvikelser från grundfallet kommenteras med avseende på riskavstånd i avsnitt 9.

DEFINITION:

Riskavstånd definieras i denna skrift som det avstånd på vilket **5 %** av exponerade människor får **svåra skador** som kräver akut vård på sjukhus.

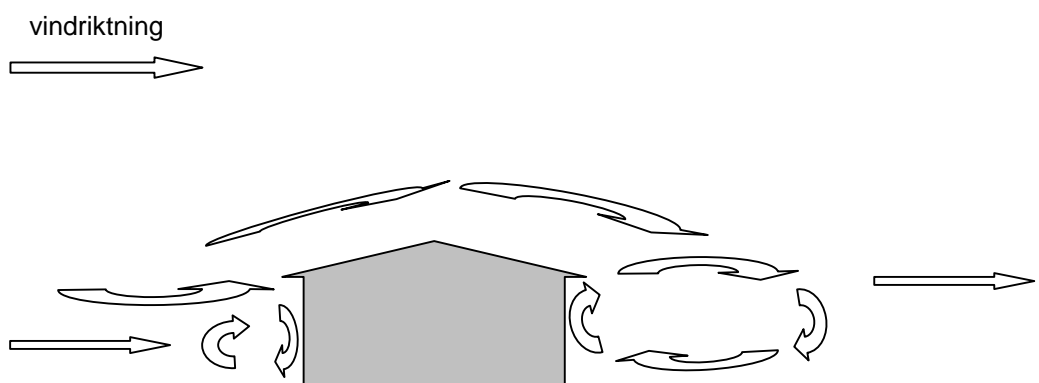
Observera! De **gaskoncentrationer** som krävs för att människor skall ådra sig en viss skada påverkas i hög grad av den **tid** de utsätts för gasen men också av **individuella skillnader** mellan människor.

7. Utsläpp, spridning och skadefall

Utsläpp som sker invid en större byggnad påverkas av byggnaden på så sätt att gasen primärt sprids i en så kallad lävak, som tar upp en volym i storleksordningen lika stor som byggnaden. Följden av detta blir att gaserna späds ut innan de sprids vidare till omgivningarna och riskavstånden reduceras jämfört med spridning i fritt fält. På korta avstånd kan det ha avgörande betydelse för riskavståndet medan betydelsen avtar på längre avstånd. Se mer om gasspridning i avsnitt 3.

Lävak i beräkningsexemplet utgörs av en volym motsvarande ishallens genomsnittliga mått (geometriskt medelvärde) och är placerad intill ishallen på läsidan. Generaliseringen innebär att lävakens volym i beräkningarna kan vara något underskattad vid vind rakt mot ishallens långsida och något överskattad vid vind rakt mot ishallens kortsida.

Effekten av en lävak kan bäst förstås av illustrationerna i figur 1 nedan samt figur 2 på sidan 16 och når i exemplet cirka 40-80 m ut från byggnaden. Lävakens volym är huvudsakligen beroende av byggnadens storlek. Vindens riktning i förhållande till byggnadens placering och utsläppets läge har också viss inverkan på spridningsförloppet.



Figur 1. Bilden illustrerar luftens strömning runt en byggnad. En lävak uppstår i lä av byggnaden. I lävak

I lävak blandas den utsläppta gasen med luften så att i stort sett samma koncentration uppnås i hela lävak. Oavsett var på byggnaden utsläppet sker kommer huvuddelen av gasen att blandas upp i lävak. En mindre luftvirvel uppstår också mot byggnadens lovartsida.

7.1 Anläggning med 60 kg ammoniak

I slutet av 1980-talet lanserades en ny typ av kylanläggningar där behovet av ammoniak var kraftigt reducerat. Ammoniakinnehållet i denna typ av anläggningar - enhetsaggregat med 'fullständigt indirekt' system - är från cirka 35 kg och upp till 75 kg. Den övre gränsen styrs av regelverk, där det ställs andra krav på kylmaskinrummets utformning vid större mängder ammoniak. Mängden ammoniak i dessa kylanläggningar är tillräcklig för att kyla upp till två ishockeybanor.

Utsläpp

Utsläpp i denna typ av anläggning kan bara ske inomhus, eftersom ammoniak bara finns i själva kylmaskinen. Det erforderliga värmeutbytet utanför maskinen sker med andra medier, exempelvis glykol/vatten, vatten, luft och saltlösningar.

Beräkningarna utgår från en anläggning som har 60 kg ammoniak och förutsätter att hela ammoniakmängden kommer fri på tio sekunder. Detta scenario är troligen överskattat, vilket innebär att den momentant frisläppta mängden i realiteten blir mindre.

Spridning

Vid utsläppet sprids gasen primärt endast i rummet och kommer sannolikt att ventileras ut med ordinarie ventilation (se utsläpp inomhus i avsnitt 7.2). Spridningsberäkningarna utgår från att den i kylrummet uppnådda koncentrationen ventileras ut via normal ventilation. Under de första sekunderna kommer källstyrkan till omgivningarna att vara cirka 0,3 kg/s. Redan inom tiotalet sekunder sjunker källstyrkan till mindre än 0,1 kg/s. Det akuta förloppet tar totalt cirka tolv minuter och därefter återstår endast mindre rester att vädra ut.

Skadeutfall

Den låga källstyrkan och den relativt korta utsläppstiden medför att det **inte uppstår några skador på människor som befinner sig utanför lokalen** - oavsett väderbetingelser. Uttalad lukt av gasen kan upplevas på ett avstånd av några hundratal meter från utsläppet och det innebär i princip att man på detta avstånd känner tydlig lukt av ammoniak, men påverkas inte på annat sätt.

Om ventilationen från kylutrymmet stängs av vid olyckshändelsen så blir källstyrkan avsevärt mycket lägre men tidsförloppet blir i motsvarande grad utdraget.

OBSERVERA! De halter som uppnås i rummet (enligt beräkningsunderlaget) ligger inom brännbarhetsområdet för ammoniak. Ammoniak, i lämplig blandning med luft, har i försök visat sig kunna antändas vid måttliga antändningsenergies (se referenser).

7.2 Anläggning med 600 kg ammoniak

Tidigare utföranden av kylmaskinerier till ishallar innebär behov av cirka 600 kg ammoniak för en ishockeybana. Det finns både äldre anläggningar - från 1970-talet och tidigare - som byggts om för att anpassas till förbudet mot ammoniak i kylslingorna under isen och anläggningar efter samma princip som byggts nya på 1980-talet. Dessa system kallas 'delvis indirekta'.

Utsläpp

Utsläpp i denna typ av anläggning kan ske både **utomhus** och **inomhus**, eftersom ammoniak finns både i kylmaskineriet och i en kondensator, som normalt är placerad utomhus.

De olika källstyrkorna har beräknats med utgångspunkt från ett standardutförande på denna typ av kylanläggningar. Läckorna har beräknats för att representera ett litet och ett större läckage. Det mindre läckaget motsvarar en relativt stor korrosionsskada på en svetsfog och det större läckaget motsvarar ett rörbrott. Båda läckagen beräknas ske från den del av kylsystemet där vätska står under högt tryck, d.v.s. mellan kondensator och kylbatteri (förångare). Se principalskiss över ett kylmaskineri i bilaga 3.

Vid beräkningarna förutsätts att 360 kg, d.v.s. drygt halva ammoniakmängden, läcker ut och att resterande mängd ligger kvar i systemet under långsammare förångning. Detta innebär en utsläppstid vid den större läckan på en minut och vid den mindre läckan på tolv minuter. Därefter kommer ammoniak att långsamt avdunsta från systemet och konsekvenserna för omgivningen bedöms då vara betydligt mindre.

Anläggningens utformning och platsen för läckaget avgör hur mycket vätskeformig ammoniak som kan slippa lös i varje enskilt fall. Beräkningarna utgår från ett schabloniserat fall där den utsläppta mängden för de flesta fall är överskattad – framför allt gäller det utomhusfallet där möjliga vätskeutsläpp normalt är mindre.

OBSERVERA! Ombyggda äldre anläggningar kan ha en lagertank med större mängd ammoniak placerad utomhus.

Spridning

Spridningsberäkningar har utförts för de två varianterna att utsläppet sker utomhus strax ovan marknivå respektive inomhus i kylmaskinrummet. Beräkningar redovisas för **5 m/s med neutral skiktning** i atmosfären och vindstyrka **2 m/s med stabil skiktning** ('värsta fall').

Skadeutfall

Redovisade riskavstånd för **svåra skador** bygger på definitionen i faktarutan på sidan 11. I rapporten redovisas dessutom motsvarande riskavstånd för lindriga skador. För att ge en bild av gasens hela påverkansområde redovisas också beräknat område för att känna uttalad lukt av gasen. Detta innebär i princip att man vid områdets gräns känner lukt av ammoniak, men påverkas inte på annat sätt.

Utsläpp utomhus

Vid utsläpp som sker utomhus förutsätts att hela den frigjorda mängden ammoniak förgasas momentant. Många fältförsök har visat att frisläppt tryckkondenserad gas i normala fall genast övergår i gasfas och mycket litet eller ingenting hamnar på marken i form av vätska. Beräkningarna redovisas nedan i fyra olika fall där källstyrkan och väderbetingelserna varierar.

Fall 1

Utsläpp utomhus med källstyrkan 6 kg/s, vinden 5 m/s, neutral skiktning i atmosfären och utsläppstiden 1 minut.

Riskavståndet för **svåra skador** håller sig i detta fall **inom byggnadens lävak** och uttalad lukt kan kännas upp emot 1 km. Gränsen för lindriga skador hamnar inom lävaken eller strax utanför.

Fall 2

Utsläpp utomhus med källstyrkan 6 kg/s, vinden 2 m/s, stabil skiktning i atmosfären och utsläppstiden 1 minut.

Riskavstånden i detta fall blir för **svåra skador** cirka **200 m** och uttalad lukt av gasen kan kännas på flera kilometers avstånd från utsläppsplatsen. Lindriga skador på människor kan uppträda ut till cirka 500 m.

Fall 3

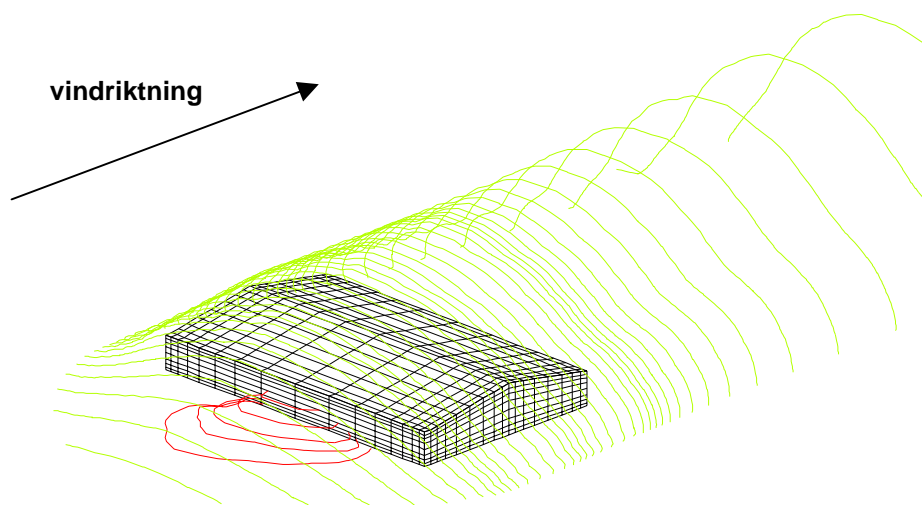
Utsläpp utomhus med källstyrkan 0,5 kg/s, vinden 5 m/s, neutral skiktning i atmosfären och utsläppstiden 12 minuter.

Riskavståndet för **svåra skador** ligger **inom byggnadens lävak**. Avståndet för uttalad lukt når ut till cirka 200 m. Lindriga skador begränsar sig också till lävaken, även i det fall exponering sker under hela tidsförloppet.

Fall 4

Utsläpp utomhus med källstyrkan 0,5 kg/s, vinden 2 m/s, stabil skiktning i atmosfären och utsläppstiden 12 minuter.

Riskavståndet för **svåra skador** håller sig även i detta fall **inom lävaken**. Uttalad lukt kan komma att kännas uppemot 1 km. Om människor flyr fältet inom någon minut kommer inte heller några lindriga skador att uppstå utanför lävaken. Eftersom spridningsområdet är begränsat kan man tänka sig att det är en sannolik händelseutveckling. Blir man däremot kvar i gasmolnet under hela tidsförloppet kan lindriga skador uppkomma ut till cirka 200 m.



Figur 2. Utsläpp utomhus enligt fall 4.

Illustrationen ovan visar hur vinden böjer av vid husväggen och gasmolnet sprider sig runt och över hela byggnaden. Vindriktningen är rakt mot ishallens långsida. Den skapade turbulensen mot huset medför en snabbare utspädning av gasen, varför skadeområdet blir mindre än i ett fall med utsläpp i öppet fält. Figuren visar ungefärliga dimensioner på de områden inom vilka man kan förvänta sig att människor får svåra skador (rött område) samt inom vilka man kan förnimma gasen (grönt område). De angivna områdena motsvarar koncentrationerna 850 mg/m^3 respektive $3,5 \text{ mg/m}^3$. De svåra skadorna förutsätter att personerna befinner sig inom rödmarkerat område under hela utsläppsförloppet. Notera att det gröna området sträcker sig utanför bildens täckningsområde och når i detta fall över 1 km från utsläppspunkten.

Förutom i utsläppets absoluta närhet blir ammoniakkoncentrationen i stort sett lika i hela lävaken som täcker nästan hela molnets bredd och når cirka 40–80 m ut från byggnaden.

Riskavstånd vid utsläpp utomhus

Maximalt riskavstånd för svåra skador vid utsläpp utomhus uppgår till 200 m. Detta uppnås i ett enda av de beräknade fallen – alla övriga beräkningsfall ger riskavstånd inom byggnadens lävak. Detta gäller även om exponering sker under hela utsläppsförloppet. De flesta beräkningsfallen ger dessutom riskavstånd för lindriga skador som håller sig inom eller nära dimensionen för lävaken.

Uttalad lukt av gasen kan i det värsta fallet komma att upplevas några km bort men begränsar sig i de flesta fall till mindre än 1 km.

Utsläpp i fritt fält utomhus (= inga byggnader)

Motsvarande utsläpp i fritt fält utomhus - med den högre vindstyrkan, 5 m/s – ger vid källstyrkan 6 kg/s under en minut ett riskavstånd på ungefär 100 m. Vid källstyrkan 0,5 kg/s blir motsvarande avstånd cirka 50 m.

Vid väderförhållanden som motsvarar den svagare vinden blir motsvarande avstånd cirka 450 respektive 230 m. (Se tabell 2.)

Tabell 2. Riskavstånd för ammoniak vid utsläpp vid ishall jämfört med utsläpp i fritt fält. Sammanställning av beräkningsfallen för anläggning med 600 kg ammoniak.

Källstyrka (kg/s)	Exponeringstid (min)	Vindstyrka (m/s)	Utsläppsplats	Riskavstånd* (meter)		
				Svåra skador	Lindriga skador	Uttalad lukt
6	1	5	byggnad	<100	100	800
6	1	2	byggnad	200	550	3600
0,5	1	5	byggnad	<100	<100	200
0,5	12	5	byggnad	<100	<100	200
0,5	1	2	byggnad	<100	<100	900
0,5	12	2	byggnad	<100	200	900
6	1	5	fritt fält	100	200	900
6	1	2	fritt fält	450	800	4000
0,5	1	5	fritt fält	30	50	250
0,5	12	5	fritt fält	50	100	250
0,5	1	2	fritt fält	125	250	1100
0,5	12	2	fritt fält	230	400	1100

* Notera: <100 innebär att riskområdet begränsas av byggnadens lävak. I många av fallen uppnås inte skadliga doser ens inom lävaken, utom möjligen i utsläppets absoluta närhet.

Utsläpp inomhus

DEFINITIONER:

Källstyrka avser den mängd ammoniakgas per tidsenhet (i kg/s) som sprids till omgivningarna.

Utsläppshastighet (utsläppsrat) avser hur mycket ammoniak per tidsenhet (också i kg/s) som släpps ut vid läckagestället.

Vid utsläppen **utomhus** är källstyrkan och utsläppshastigheten lika stora eftersom det förutsätts att hela den utsläppta mängden momentant blir luftburen.

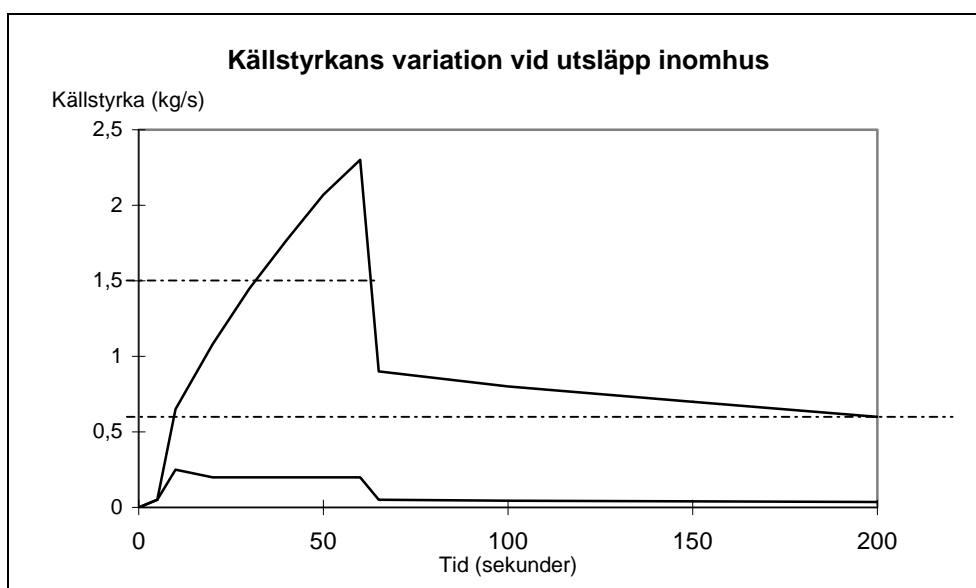
Vid utsläppen **inomhus** är första steget att ammoniak sprids inne i rummet och först därefter, i jämförelsevis lägre takt, sprids till omgivningarna. Detta medför att källstyrkan och utsläppshastigheten i detta fall skiljer sig åt. Med källstyrka menas följaktligen i inomhusfallet den mängd per tidsenhet (kg/s) som från kylmaskinrummet sprids till omgivningarna. Spridningen antas i huvudsak ske via ventilationen.

Vid utsläpp inomhus kommer ammoniak delvis att förångas och delvis att förbli vätska. Av vätskan kommer en del att bilda små svävande droppar, aerosol, och resten att falla till golvet och bilda pölar. Hur mycket av aerosolen som faller till golvet alternativt ventileras ut och förångas utomhus styrs av de förhållanden som råder i rummet vid olyckstillfället. Faktorer som påverkar aerosolbildningen är exempelvis om och hur vätskestrålen träffar maskindelar, väggar eller liknande. Aerosolens beteende beror sedan till stor del av hur kraftig ventilationen är i rummet.

Vid ett hastigt utsläpp i ett rum med volymen 180 m³ kommer cirka 33 kg ammoniak att förgasas. Temperaturen i rummet sjunker samtidigt till mellan -60 och -70°C. Resterande mängd ammoniak kommer att föreligga som aerosol eller pölar som förgasas i den takt ny värme tillförs via golv, väggar och ventilation.

Under de inledande sekunderna, med hastig temperatursänkning, kommer luft att sugas in i rummet. Efterföljande fas medför att luft-ammoniakblandningen under cirka en minut kommer att tryckas ut ur rummet med en relativt högt flöde. Efter denna något kaotiska inledning stabiliseras utflödet till att sakta avta i styrka. Gasen sprids via ventilationen till omgivningarna (figur 3). Källstyrkan kommer att bli lägre än i utomhusfallet. Vilka nivåer det blir beror huvudsakligen av andelen aerosol och ventilationsraten, ju högre ventilation desto högre källstyrka. Utsläppshastigheten (0,5 kg/s eller 6 kg/s) påverkar inte källstyrkan på samma sätt som vid utomhusutsläpp. Skulle utsläppshastigheten vara 0,5 kg/s i kylrummet halveras källstyrkan ut från byggnaden jämfört med om utsläppshastigheten är 6 kg/s, men pågår i stället under dubbelt så lång tid.

Resonemanget nedan grundar sig på fallet med utsläpp av 6 kg/s inomhus. Mängden ammoniak som kan ventileras ut ur byggnaden (vid ventilationsraten 10 luftomsättningar per timme) varierar från maximalt 0,9 kg/s, när all vätska blir luftburen, till mindre än 0,1 kg/s, när all vätska faller till golvet. Källstyrkan ut från byggnaden har för beräkningarna satts till 0,6 kg/s. Detta representerar ett av de högsta troliga värdena relaterat till resonemanget ovan, där hälften av vätskan faller till golvet och den andra hälften ventileras ut. Huvuddelen av ammoniak kommer att spridas från ventilationsutloppet under cirka 10 minuter. Därefter återstår endast mindre restavdunstning.



Figur 3. Maximalt respektive minimalt möjliga källstyrkor från kylmaskinrummet vid utsläpp av 6 kg/s inomhus. Den källstyrka som kan förväntas vid ett utsläpp ligger någonstans mellan de båda kurvorna. Vid beräkningarna har antagits en medelkällstyrka på 0,6 kg/s under 600 s (10 min) alternativt en medelkällstyrka på 1,5 kg/s under 60 s (1 min).

Om människorna i närområdet blir varse vad som hänt och relativt snabbt flyr till oexponerade områden kommer den kraftiga 'puffen' under den första minuten, med en maximal medelkällstyrka på cirka 1,5 kg/s, att vara dimensionerande.

Om människor däremot, av något skäl, blir kvar inom exponerat område under hela förloppet dimensioneras utfallet av den valda medelkällstyrkan på 0,6 kg/s (jämför figur 3). Exponeringstiden blir i detta fall tio minuter. Om ventilationen omedelbart stängs av kommer den inledande fasen där ammoniak trycks ut ur byggnaden under den första minuten att vara dominerande även här. Därefter kommer endast några gram per sekund att strömma ut ur byggnaden.

Riskavstånd vid utsläpp inomhus

Det maximala riskavståndet för svåra skador håller sig för samtliga beräknade fall inom byggnadens lävak. Riskavståndet är alltså **mindre än 100 m**. Detta gäller vid samtliga väderförhållanden. Uttalad lukt av gasen når som längst ut till 1 km. (Se tabell 3.)

De flesta beräkningsfallen ger också riskavstånd för lindriga skador som håller sig inom eller nära dimensionen för lävaken.

Tabell 3. Riskavstånd för ammoniak vid utsläpp inomhus i kylmaskinrum vid ishall.
Sammanställning av beräkningsfallen för anläggning med 600 kg ammoniak.

Källstyrka (utsläppsrat inom parentes) (kg/s)	Exponeringstid (min)	Vindstyrka (m/s)	Riskavstånd* (meter)		
			Svåra skador	Lindriga skador	Uttalad lukt
0,6 (6)	1	5	<100	<100	200
0,3 (0,5)	1	5	<100	<100	100
0,6 (6)	10	5	<100	<100	200
0,3 (0,5)	20	5	<100	<100	100
0,6 (6)	1	2	<100	<100	1000
0,3 (0,5)	1	2	<100	<100	650
0,6 (6)	10	2	<100	200	1000
0,3 (0,5)	20	2	<100	150	650

* Notera: <100 innebär att riskområdet begränsas av byggnadens lävak. I många av fallen uppnås inte skadliga doser ens inom lävaken, utom möjligen i utsläppets absoluta närhet.

8. Kommentarer och diskussion

I de flesta av de beräknade fallen når koncentrationerna inom byggnadens lävak – *i kombination med möjlig exponeringstid* – inte upp till nivån för svåra skador över huvud taget. I några enstaka fall närmar sig nivån den för svåra skador och i ett fall når riskavståndet för svåra skador utanför lävaken. Även för lindriga skador håller sig nivån för flertalet beräknade fall inom lävaken eller uppnås inte alls. Ammoniakluft och irritation kan komma att upplevas på längre håll – i vissa fall flera kilometer.

De i rapporten redovisade beräkningarna bör kunna representera samtliga möjliga skadehändelser för utsläpp av ammoniak vid en ishall där ammoniakmängderna inte överskrider 600 kg. Kombinationer av möjliga källstyrkor och utsläppstider för de begränsade mängder ammoniak som finns i de två beräknade typerna av ishallar ger att andra varianter ryms inom de redovisade fallen.

Målsättningen för räddningsinsatser vid kemikalieolyckor måste i första hand vara att ingen människa skall skadas så svårt att hon får *bestående skador* av händelsen. I andra hand att människor inte påverkas över huvud taget. Man kan dock tvingas acceptera att några personer påverkas av kemikalien på kort sikt, d.v.s. måttlig - kraftig irritation eller kraftig lukt under en kort tid.

Mot bakgrund av det ovan sagda bör räddningstjänstens insatsplanering för händelser med vådautsläpp av ammoniak vid ishallar kunna utgå från ett **riskavstånd på 100 m**. Ytterligare stöd för detta är att de i beräkningarna utsläppta mängderna med stor sannolikhet är överskattade för de flesta ishallar.

9. Avvikelser från grundfallen

Följande avsnitt behandlar ett antal avvikelser från de grundförutsättningar som använts i beräkningsfallen. Avvikelserna påverkar spridningsförlopp och skadefall på mer eller mindre avgörande sätt. Under varje rubrik följer kommentarer på hur avvikelsen påverkar riskområdet, ibland anges också ungefär hur stor förändringen kan förväntas bli. Alla angivelser i detta avsnitt avser skillnader från grundfallen i avsnitt 7.

Kylmaskinrummets storlek och konstruktion

Vid utströmning av vätskeformig ammoniak i ett begränsat utrymme kommer en stor del av det värme som finns i rummets luftvolym att åtgå till förgasning av ammoniak. Följden blir att temperaturen sjunker snabbt och rummets luftmassa blir mindre volymkrävande, vilket innebär att ett undertryck skapas i rummet. För att utjämna detta undertryck kommer luft utifrån att sträva efter att komma in i rummet. Rummets konstruktion blir avgörande för om och hur denna luftvolym tar sig in i rummet. En klen konstruktion kan rasa in, en stark tät konstruktion behåller sitt undertryck och släpper in luften mycket långsamt emedan en konstruktion anpassad till att släppa in luften på ett kontrollerat sätt inte alls påverkas. Ett rum med liten volym medför att delar av ammoniaken förblir vätskeformig och ett rum med stor volym medför att all ammoniak snabbt förgasas. Allt beror på en jämvikt mellan ammoniakmängd, rumsvolym och temperatur. Det krävs cirka 7 kg luft för att förångas 1 kg ammoniak.

Enligt beräkningsfallen kommer riskavstånden, utanför ishallen, vid utsläpp inomhus att bli obetydliga, under förutsättning att rummet är intakt. Ovanstående resonemang innebär att vissa krav på rummets konstruktion är nödvändiga.

Kylmaskinrummets ventilation

Ventilationen i de anläggningar som omfattas av enkäten varierar från 1-88 luftomsättningar per timme, med ett genomsnittsvärde på 28. Variationerna kan bero på dels att siffrorna representerar endera grundventilation eller nödventilation och dels att ventilationen ofta utnyttjas till att föra bort överskottsvärme från maskinrummet.

Svensk kylnorm påbjuder en grundventilation på minst två luftomsättningar per timme för ett kylmaskinrum och dessutom en nödventilation som är betydligt kraftigare. Nödventilationens storlek är beroende av en rumsfaktor som beräknas efter en viss formel. Avsikten med nödventilationen är att snabbt vädra ut ammoniak från maskinrummet vid en olycka. Skulle ett ammoniakutsläpp ske i kylmaskinrummet skall nödventilationen dessutom starta automatiskt. Beräkningarna i denna rapport antyder att en forcerad ventilation kan medföra skadliga koncentrationer utomhus, medan avstängd ventilation medför 'riskfri' omgivning. Kylnormens direktiv kan alltså medföra en förhöjd risk för människor som befinner sig i ishallens närmaste omgivning.

En helhetssyn ur risksynpunkt borde låta ishallens läge avgöra om ventilationen skall ökas eller rentav slås ifrån vid en olycka.

Ishallens ventilation är viktig

Ventilationen i de ishallar som omfattas av enkäten varierar från 0,03-2,5 luftomsättningar per timme, med ett genomsnittsvärde på 1. Ventilationen i ishallen kan spela en viktig roll för skadeutfallet inne i hallen. Även om ammoniakkoncentrationerna i många fall inte kommer att bli så höga vid en olycka, medför enbart lukten en stor risk för att panik skall bryta ut i en fullsatt ishall. En sådan situation kan medföra nog så många och svåra personskador.

Det kan rekommenderas att ventilationen till ishallen utrustas med automatisk avstängning som träder i funktion vid ammoniakutsläpp.

Läckage på taket

Många av anläggningarna har system där kondensorn är placerad ute på taket till kylmaskinrummet. Utsläppet kan då komma att ske på taket i stället för vid marknivå. Detta påverkar inte resultaten av beräkningarna då det är omblandningen i lävaken som är styrande. I fallen med utsläpp inomhus kommer huvuddelen av utsläppet till omgivningarna att ske via ventilationsutloppen, vilka ofta är placerade på taket.

Annan källstyrka

Ett utsläpp vid en ishall kommer, p.g.a. den begränsade mängd ammoniak som finns i systemet, inte att påverkas mer än marginellt av variationer som beror av högre eller lägre källstyrkor. Är källstyrkan högre blir utsläppet kortare i tid och vice versa, vilket i stort innebär att riskavstånden bara varierar inom ett litet intervall.

Det bör tas i beaktande att människor i närområdet, som tidigare nämnts, sannolikt har stora möjligheter att ta sig ur gasbemängd område inom en relativt kort tid.

Annan typ av läckage

De utsläpp som ligger till grund för beräkningarna är läckage på högtryckssidans vätskefas. Alla andra typer av läckage – vätskeutsläpp på lågtryckssidan, utsläpp från gasfas m.m. - kommer att ge kortare riskavstånd. Se principskiss över ett kylsystem i bilaga 3.

Vindstyrka och vindriktning

Vindstyrkan har avgörande betydelse för riskavståndet vid en olycka. Kraftigare vind medför snabbare utspädning av gasen och därav kortare riskavstånd. Vid 'vindstilla' kan gasmolnet komma att breda ut sig i alla riktningar och omblandningen blir mycket liten. Lävakens storlek varierar något med vindens riktning i förhållande till byggnaden men riskavståndet håller sig inom angivna riskavstånd.

Anläggning med större mängder ammoniak ger längre riskavstånd

Ett utsläpp från en kylanläggning med 6 ton ammoniak medför i vissa fall avsevärt längre riskavstånd, framför allt om utsläppet sker utomhus. Detta gäller speciellt för utsläppet med den högre källstyrkan. Huvudorsaken är att utsläppstiden blir så mycket längre, vilket medför att den toxiska effekten ökar kraftigt. Resonemanget bygger på att människor exponeras under längre tid än i de tidigare beräknade fallen. Skulle människorna lyckas fly till oexponerade områden inom tider som motsvarar de tidigare beräkningsfallen gäller också samma riskavstånd som för dem.

Analogt med tidigare resonemang har antagits att 3,6 ton släpps ut, varefter resterande mängd ligger kvar i systemet och avdunstar långsammare.

Antagandet att människor snabbt flyr från gasbemängt område är inte lika självklart vid utsläpp av större mängder. Inom korta avstånd gäller samma antagande som tidigare men på längre avstånd kan det vara svårt att förstå vad som hänt och följderna av detta är att större förvirring kan förväntas.

När utsläppet har sådan omfattning att riskavståndet blir flera hundra meter minskar den stora byggnadens inverkan och riskavstånden blir i stort sett lika om det finns någon byggnad eller ej.

Motsvarande de utsläpp som redovisats för beräkningsfallen utomhus - med väderförhållanden som motsvarar den svagare vinden - fås vid källstyrkan 6 kg/s under tio minuter (totalt 3,6 ton) ett riskavstånd på cirka 550 m och uttalad lukt kan kännas upp till 4 km. Vid källstyrkan 0,5 kg/s under 120 minuter blir motsvarande avstånd 200 m respektive cirka 1 km.

Väderförhållandena som motsvarar den starkare vinden ger riskavstånden 100 och 800 respektive <100 och 200 m.

Utsläpp inomhus medför endast marginella öknings av riskavståndet, speciellt om ammoniak får ventileras ut sakta med avstängd ventilation. Huvudorsaken till detta är att en stor del av ammoniaken kommer att föreligga som vätska och den kommer att förångas i den takt ny värme tillförs. Här finns möjligheter att hålla en viss kontroll på hur snabbt man vill att förångningen skall ske, exempelvis genom att starta och stoppa ventilationen eller öppna och stänga dörrarna.

10. Förebyggande arbete - samhällsplanering

Inför eventuella ny- eller ombyggnationer av en ishall bör man allvarligt väga in riskbilden i det slutliga ställningstagandet. Detta kan bli aktuellt i många kommuner inom de närmaste åren eftersom nya miljökrav medför att freon i befintliga anläggningar skall ersättas av andra köldmedier. Vid byte av kylmedium är ammoniak på grund av sina goda kylgenskaper ett bra alternativ till freon. Väljer man att investera i en modern anläggning av den typ som nämnts i denna rapport tar man hänsyn till miljöriskerna samtidigt som hälsoriskerna för människor i omgivningarna, vid ett vådautsläpp, inte ökar i nämnvärd omfattning.

I kylnormen finns anvisningar om hur kylmaskinrum skall vara konstruerade. Det finns också anvisningar om ventilation i kylrum. För vissa anläggningar finns krav på ammoniaklarm – *”Kylmaskinrum skall utrustas med fast installerad och kalibrerad gasvarnare”* -. En kommentar om hänsyn till omgivningarna (*”befolkade utrymmen”*) finns också, men normen påbjuder automatisk nödventilation av kylmaskinrum vid ammoniakläckor - *”Utlöst låglarm skall larma personal och automatiskt starta nödventilation”* -. Normens formulering om nödventilation har skrivits mot bakgrund av Arbetskyddsstyrelsens kungörelser, vilka enbart tar hänsyn till arbetstagarna på ett arbetsställe. Det bör övervägas om inte ventilationens eventuella till- eller frånslag skall bedömas från fall till fall utifrån de faktiska förhållandena på respektive plats. I vissa fall kan det vara bättre för personer i ishallens omgivning om ventilationen stängs av vid vådautsläpp av ammoniak.

OBSERVERA att påståendet ovan strider mot anvisningarna i kylnormen, där automatiskt tillslag av nödventilationen påbjuds vid ammoniakläckage.

Det är rekommendabelt att det finns lättillgängliga nödstopp för ventilationsanläggningarna både för kylrummet - för att hindra utflödet - och för ishallen - för att minska inflödet till denna. Även förhållandevis låga koncentrationer kan skapa panikkänslor och tumult i en fullsatt ishall.

Utsläpp av ammoniak utomhus kan ge konsekvenser inom ett avstånd på något hundratal meter. Detta kan medföra att planering för snabba åtgärder i omgivande byggnader m.m. måste ske. Det kan exempelvis vara aktuellt med lättillgängliga nödstopp också för de närliggande byggnadernas ventilationsanläggningar. I samband med detta måste också personal och andra funktionärer informeras, till exempel i driftsinstruktioner, om varför och hur dessa anordningar skall brukas.

Hänsyn måste också tas till att utsläpp inomhus ofta medför höga ammoniakhalter i rummet med risk för antändning som följd. Förekomsten av heta ytor och risken för gnistbildning i elektrisk utrustning måste beaktas. Brännbarhetsområdet för ammoniak är 15-28 % inblandning i luft. Rummets storlek, i förhållande till den totala ammoniakmängden, avgör om risken kan uppstå.

Vid ett hastigt utsläpp av vätskeformig ammoniak kommer temperaturen i kylrummet att sjunka kraftigt. Detta sker så snabbt att undertryck uppstår i kylrummet. När detta skall utjämnas uppstår ett kraftigt tryck mot väggarna utifrån, vilka om de inte är tillräckligt hållfasta kan komma att rasa in. Det kan i sådana fall vara bra att det finns konstruktioner som tillåter luft att snabbt komma in i lokalen. Som exempel kan nämnas att ett rum med

en volym på 500 m³ där 70 kg ammoniak släpps ut under tio sekunder kräver ett insläpp av cirka 90 m³ luft under samma tid.

I det förebyggande arbetet är det viktigt att ha ett löpande samarbete med bland andra anläggningsägaren/verksamhetsutövaren och miljö- och hälsoskyddsförvaltningen. Exempelvis i samband med utbyte av freon i ishallarna är det viktigt att riskhänsyn kommer in i bilden redan från start, innan alla parter 'låst sina positioner'.

11. Räddningstjänst - insatsplanering

Enkätsvaren visar att många av kommunerna inte har någon insatsplan för ishallar och ännu färre har gjort riskanalys för att konstatera vilka och hur stora risker en ishall för med sig. Förhoppningsvis kan denna rapport ge hjälp och underlag till att en sådan planering ska kunna genomföras. De insatsplaner som finns innehåller ofta en detaljerad planritning över ishallen medan taktisk och teknisk planering inte är lika väldokumenterad.

Följande avsnitt är ämnat som underlag för respektive kommuners räddningstjänst vid insatsplanering för ammoniakutsläpp vid ishallar.

Mot bakgrund av redovisade beräkningsfall och resonemanget runt ishallar bör det vara relativt enkelt att planera för en snabb och effektiv räddningsinsats vid vådautsläpp av ammoniak. Insatsplanen skall vara ett stöd för utryckningsledaren att fatta viktiga beslut vid en olycka. Riskavstånd på 100 m bör kunna utgöra utgångspunkt för insatsplanering vid vådautsläpp av ammoniak vid en 'normal' ishall.

Beräkningarna visar att utsläpp inomhus - i ett stängt kylrum med minimal ventilation - inte medför några större konsekvenser för människor som befinner sig utanför byggnaden. Öppnas dörrarna för att göra någon åtgärd kommer riskområdet däremot att kunna bli större (jämför utsläpp utomhus). Detta faktum innebär också att insatsplanen bör innehålla instruktioner om att inte öppna kylmaskinrummets dörrar förrän läget är under fullständig kontroll med avseende på människor i omgivningarna.

Utvärdring av kylmaskinrummet - med forcerad ventilation - bör ske endast om detta kan göras utan risk för omgivningarna. Normalventilationen kan också behöva stängas för att dämpa utflödet ur rummet. Insatsplanen bör innehålla instruktioner för när och hur nödstoppen skall användas.

Insatsplanen bör innehålla instruktioner för hur idrottsutövare och eventuell publik i hallen skall hanteras. I vissa lägen kan en utrymning av hallen vara bra, i andra kan det vara bäst att stanna kvar. Här gäller att planen är tydlig och klar med förberedd information till de som befinner sig i hallen. Automatiskt nödstopp av ventilationen till hallen bör övervägas.

Vid insatsplanering bör det finnas ett särskilt avsnitt med åtgärder för utsläpp inomhus då konsekvensbilden skiljer sig från när utsläppet sker utomhus. Brännbarhetsområdet för ammoniak är 15-28 % inblandning i luft. Dessa koncentrationer uppnås lätt när utsläpp av vätskeformig ammoniak sker i ett slutet utrymme. Ammoniak har i försök visat sig tända vid måttlig tändenergi. (Se referenser.)

12. Slutsatser

Resultaten av de beräkningar som redovisas i denna rapport ger möjlighet att dra följande slutsatser:

- Ishallar med små mängder ammoniak - i så kallade indirekta enhetsaggregat - innebär **ingen allvarlig risk** för människor som befinner sig utomhus vid ishallen.
- Enskilda ishallar med kylmaskinerier innehållande storleksordningen 600 kg ammoniak medför riskavstånd för svåra skador på mindre än **100 m**.
- Utsläpp inomhus innebär ofta att ammoniakhalterna i kylmaskinrummet uppnår brännbarhetsområdet – 15-28 %.
- Insatsplaner och driftinstruktioner måste anpassas till de lokala förhållandena.

13. Referenser

Fischer S., Forsén R., Hertzberg O., Jacobsson A., Koch B., Runn P., Thaning L. & Winter S. 1995. Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker. Andra reviderade och utökade upplagan.

FOA-R—97-00490-990—SE.

Svensk Kylnorm. Säkerhetsanvisningar för kyl- och värmepumpanläggningar med ammoniak. Kylbranschens samarbetsstiftelse. Utgåva 1. Mars 1996.

Eriksson H., Gullstrand J. och Seiman M. 1998. Insatsplanering – kem. En hjälp till räddningstjänstens planering inför stora kemikalieolyckor. FOA-R—98-00858-990—SE.

Ozonedbrytande ämnen. Handbok för miljöhandläggare 1996. Naturvårdsverket.

Lamnevik S. 1995. Explosioner av ammoniak/luft -blandningar, Landskrona-försöken 1994. FOA dnr 95-36/S.

Lamnevik S. 1995. Ammoniak/luft-explosioner, litteratur- och erfarenhetsstudie. FOA dnr 95-3262/S.

Carlsson T., Lamnevik S. 1996. Bestämning av minsta tändningsenergi vid explosion av ammoniak-luftblandningar. Slutlig rapport. FOA dnr 96-2169/S.

Carlsson T., Lamnevik S., Niréus K., Ormegard K. & Sandberg B. 1996. Ammoniak/luft-explosioner, Landskrona-försöken 1996. FOA dnr 96-5244/S.

Frågeformulär för ishallar.

1. Kommun

Kommunens namn: _____ Antal ishallar: _____

2. Byggnad

Ishallens namn: _____ Byggnadsår: _____

Ishallens mått (lxbxh): _____

Enkel beskrivning av hallens utseende och ventilationens in- och utloppsplatser bifogas.
(bifoga gärna foto eller skiss).

Ventilation: mekanisk till-/frånluft mekanisk frånluft självdrag

Luftomsättning (ange så bra ni kan i m³/h alt. antal luftväxlingar): _____Avstånd till annan verksamhet/bostäder: _____/
(bifoga gärna en kartbild)

Kommentar: _____

3. Kylanläggning

Kylanl. fabrikat _____ Byggår _____ Ombyggd år _____

Köldmedium: _____ Mängd: _____ Köldbärare: _____
(under isen)

Placering: utomhus inomhus egen byggnad

Kylrummets storlek (lxbxh): _____

Ventilation: mekanisk till-/frånluft mekanisk frånluft självdrag

Luftomsättning (ange så bra ni kan i m³/h alt. antal luftväxlingar): _____

Gaslarm: finns finns ej

Kommentar: _____

4. Planering/räddningstjänstRiskanalys: finns Insatsplan: finns
finns ej finns ej

Finns dessa är vi tacksamma om vi kan få en kopia av dem.
(kan ge tips för att förbättra beredskapen för andra och andras kan ge er goda idéer).

Vilken händelse bedömer ni troligast kommer att ge gasutsläpp hos er? _____

Vilken händelse bedömer ni kommer att ge det största gasutsläppet hos er? _____

En svensk "genomsnittsishall" har följande utseende:

Ett utsnitt från 33 hallar med totalt 28 kylanläggningar i 20 kommuner

Byggnad:	enhet	medelvärde	spännvidd
byggår	årtal	1977	1958-1994
längd	m	76	100-65
bredd	m	46	73-34
höjd	m	12	24-6
volym	m ³	35000	96000-12000
ventilation	m ³ /h	40000	180000-800
ventilationsrat	oms/h	1	2,5-0,03
ventilationstyp	till/från	%	
	från	%	
avstånd från annan verksamhet	m	70	250-15
avstånd från bostäder	m	200	500-50
Kylanläggning:			
byggår	årtal	1977	1962-1994
ombyggd	årtal	1989	1976-1995
rummets längd	m	9,5	15-5
rummets bredd	m	6,4	9-4
rummets höjd	m	3,5	5-2,5
rummets volym	m ³	160	900-80
ventilation	m ³ /h	6700	12700-125
ventilationsrat	oms/h	28	88-1
ventilationstyp	till/från	%	
	från	%	
	självdreg	%	
ammoniak	%	50	
ammoniakmängd	kg	1600	7300-35
freon	%	50	
freonmängd	kg	600	2000-100
gaslarm	%	60	
Riskhantering:			
riskanalys	finns	%	23
	saknas	%	50
	okänt	%	27
insatsplan	finns	%	36
	saknas	%	40
	okänt	%	24
troligaste skada	maskinhaveri, säkerhetsventil, rörbrott, mindre läckage		
största skada	rörbrott, brand		

Principskiss över ett kylsystem

