



# Briab

The right side of risk

---

## PM – Riskbedömning kylsystem med ammoniak

2016-05-16



# Briab

The right side of risk

## 1 INLEDNING

På IBMs DPC-anläggning (Data Processing Center) i Kistadal används ammoniak för att kyla företagets teknikutrymmen. Totalt innehåller systemet 157 kg kondenserad ammoniak och fördelad på tre separata system om vardera 59 kg.

### 1.1 Uppdrag

Briab Brand & Riskingenjörerna har fått i uppdrag av Skanska AB att genomföra en riskbedömning för kylanläggning innehållande ammoniak med avseende på påverkan på planerad ny bebyggelse inom Kv. Odde.



Figur 1. IBMs DPC-anläggning med kylanläggning.

### 1.2 Syfte och mål

Syftet med riskutredningen är att utreda den påverkan som ammoniak kan ha på omgivningen vid en eventuell olycka. Vid behov föreslås åtgärder som gör att påverkan på omgivningen inte medför en förhöjd risk.

Målet med utredningen är att utgöra ett beslutsunderlag för planeringen av exploatering av det aktuella området.

### 1.3 Rapportstruktur

Avsnitt 2 och 3 redogör för de generella egenskaperna hos ammoniak och utformningen av den aktuella kylanläggningen. I avsnitt 4 presenteras därefter resultat från tidigare spridningsberäkningar för systemet och ett liknande system. Dessa utvärderas därefter utifrån de förutsättningar som gäller för den aktuella verksamheten. Avsnitt 5 innehåller en kvalitativ analys av verksamheten och dess påverkan på omgivningen vid en eventuell olycka. I avsnitt 6 presenteras slutligen den slutsats och de rekommendationer som studerade och genomförda analyser leder till.

STOCKHOLM  
Magnus Laduläsgatan 65  
118 27 Stockholm



## 2 AMMONIAK

Ammoniak är vid normalt tryck och temperatur en färglös gas med starkt stickande lukt. Kokpunkten för vattenfri ammoniak vid atmosfärstryck (101,325 kPa) är -33°C. Gasen förvaras normalt som vätska, då antingen nedkyld eller under tryck. Ammoniak är mycket lösligt i vatten. Vid 20°C löser sig cirka 700 l ammoniakgas i 1 l vatten. Vid kontakt med vatten utvecklas värme vilket leder till att flytande ammoniak snabbt förångas. Det är därför viktigt att undvika att ammoniak i vätskefas kommer i kontakt med vatten för att förhindra spridning av gasen.

### 2.1 Effekt på personer

Ammoniak är ett frätande och mycket toxiskt ämne. Låga koncentrationer ger framförallt upphov till ögonirritationer och irritation i luftvägarna. Vid måttliga koncentrationer (100-1000 ppm) består den största risken i att det kan vara svårt att hålla ögonen öppna vilket leder till att det är lätt att förlora orienteringen. Höga koncentrationer (>1000 ppm) kan ge upphov till frätskador på slemhinnor, hud och ögon vid längre exponering. I Tabell 1 nedan beskrivs de vanligaste effekterna vid specifika koncentrationer med avseende på exponeringens varaktighet.

**Tabell 1. Effekt på människors liv och hälsa**

Konc. (ppm)	Effekter	Varaktighet av exponering
5	Luktgräns för många människor	-
25	Tydlig lukt, inga skadliga effekter för normalperson	Maximalt tillåten koncentration för en arbetsdag (nivågränsvärde)
50	Inga skadliga effekter för normalperson, lukten känns tydligt av de flesta personer (luktgräns kan variera 1-50 ppm)	Maximal tillåten koncentration för vistelse i 15 minuter (takgränsvärde) förlängd upprepade exponering framkallar inte några skador.
100	Besvärande att vistas i utan andningsskydd, lindriga ögonirritationer	-
300	Maximal tolerabel utan allvarliga störningar.	1 timme
400-700 (IDLH <sup>1</sup> 500)	Irritation av näsa och hals, ögonirritation, tårbildning. Personer kan omkomma om de är särskilt känsliga (t.ex. barn och astmatiker)	Sällsynt exponering upp till 1 timme orsakar vanligen ingen allvarlig påverkan.
2000-3000	Krampaktig hostning, svår ögonirritation	Ej tillåten koncentration, personer kan omkomma efter längre exponering

<sup>1</sup> IDLH = Immediately Dangerous to Life or Health



5000-7000	Krampaktig andning, snabb kvävning	Ej tillåten koncentration, personer kan omkomma efter kortvarig exponering
6200	LC50 <sup>2</sup>	30 minuter
10800	LC50	10 minuter

## 2.2 Påverkan på miljön

Den effekt som ammoniak har på miljön beror dels på den utsläppta mängden och dels på exponeringstiden. Då ammoniak är mycket lösligt i vatten är det som tidigare nämnts således väldigt viktigt att se till att det, för att hindra spridning av ämnet, inte tillåts läcka till vattendrag eller grundvattentäkter. Ammoniak är en stark bas vilket innebär att det höjer pH-värdet i omgivningen på kort sikt om det skulle läcka ut. Det är även akuttoxiskt och kan redan vid låga koncentrationer leda till död och förgiftning av fiskar och andra vattenorganismer. (Räddningsverket, 2000) Med hjälp av en modell framtagen av Försvarets forskningsanstalt (Försvarets forskningsanstalt (FOA), 1998) kan ett miljöolycksindex för ammoniak beräknas med hänsyn till de konsekvenser ett utsläpp får på vattenlevande organismer och vattendrag. Indexet beräknas med hjälp av omgivningsparametrar, akutgiftighet hos ämnet, viskositeten, lösligheten i vatten samt kemikaliemängd. Utifrån indexet kan sedan en lämplig nivå på miljöriskbedömningen göras. På en längre tidsskala fungerar det också som gödningsmedel, varför en stark övergödning av området kring utsläppskällan kan inträffa. I vattendrag kan detta orsaka syrebrist, vilket i sin tur leder till fiskdöd. Utsläpp av ammoniak i luft respektive mark kan ge upphov till svedning av skog och allvarlig påverkan på djur och växter. (Räddningsverket, 2000)

## 2.3 Explosiva och brandfarliga egenskaper

Ammoniak är klassad som brandfarligt, men brännbarheten begränsas av en nedre och en övre brännbarhetsgräns som för ammoniak är 15 respektive 30 procent. Trots att det finns data för brännbarhetsgränser är ammoniak svårantändbart och klassificerad som icke brännbart. (AGA i Sverige AB, 2014) Brännbarhets-/explosionsgränserna påverkas dock även av tryck, fukthalt samt närvaro av andra gaser eller aerosoler. Den termiska antändningspunkten är cirka 630°C. Utomhus kan ammoniak inte brinna utan stöd av annan låga och således är sannolikheten för antändning av ammoniak utomhus mycket låg. Inomhusbränder kan leda till tryckökning och därmed eventuellt till skador på utrustning eller byggnad om det inte finns tillräckliga tryckavlastningssystem installerade.

---

<sup>2</sup> LC50 = Lethal Concentration 50%





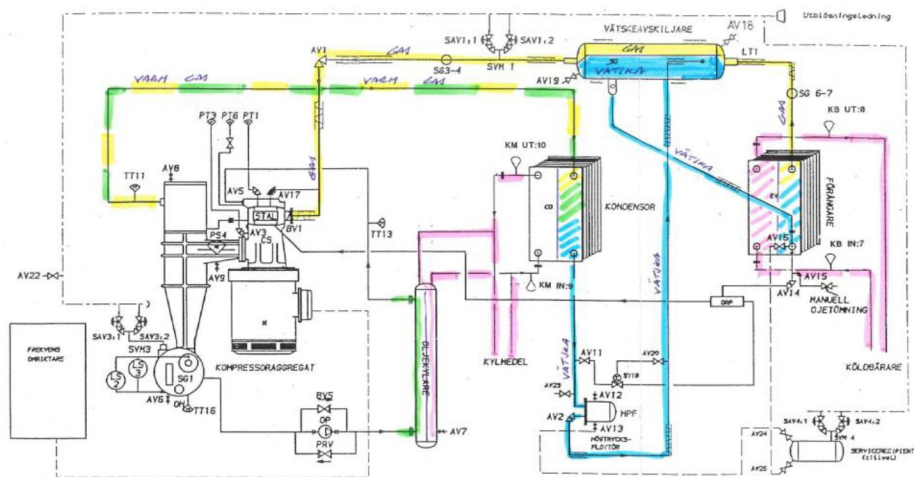
### 3 VERKSAMHETENS AMMONIAKHANTERING

Ammoniak används som arbetsmedium i kylmaskiner. Totalt finns tre kylmaskiner med vardera 59 kg ammoniak (d.v.s. totalt 177 kg).

Frånluften från nödventilationen och avblåsningsledningen från säkerhetsventiler mynnar högt på kylmaskinrummets södra fasad.

Anläggningen uppfyller krav enligt Svensk Kylnorm (Svenska Kyl&Värmepump föreningen, 2007), vilket innebär att ett antal skyddsfunktioner finns installerade. Dessa utgörs av bland annat:

- Gaslarm/gasvarnare för ammoniak, med tillhörande styrfunktioner såsom larm till personal, start av nödventilation och stop av kylmaskineri.
- Nöd- och grundventilation
- Elinstallationer utförda med hänsyn till explosionsrisk (strömlöst vid detekterat låglarm ammoniak)
- Nödbelysning installeras i kylmaskinrummet.
- Manöver- och övervakningspanel inkl nödstoppsknappar och manuella avstängningsknappar för nödventilationen finns utanför dörr till anläggningen.
- Utrymningslarm aktiveras av gaslarmet i kylmaskinrummet och direkt angränsande utrymmen.
- Aggregaten är tryckavsäkrade
- Kylmaskinrummet utgör egen brandcell i brandteknisk klass EI 60



Figur 2. Utformning av ammoniaksystemet i verksamheten.



Figur 3. Kylanläggning

Vid en eventuell olyckshändelse där ammoniak läcker ut i kylmaskinutrymmet kommer nödventilationen att starta automatiskt och släppa ut ammoniaken.

### 3.1 Grundläggande förutsättningar och antaganden.

Utrymmet som kylmaskinerna är lokaliserade i är i omkring 13,5 meter långt och 8 meter brett vilket ger en area på runt 110 m<sup>2</sup>. Under förutsättning att takhöjden är omkring 3 meter ger det en rumsvolym på i storleksordningen 300 m<sup>3</sup>.

Eftersom ammoniak har en molvikt på 17 g/mol innebär det att för ett system på 59 kg och ett antagande om en generell molvolym på 22 dm<sup>3</sup>/mol kommer det vid en fullständig förångning av ammoniaken bildas omkring 76 m<sup>3</sup> ammoniak. Detta innebär att koncentrationen i utrymmet vid en perfekt blandning kommer att vara i storleksordningen 25 volymprocent.

Den uppmätta kapaciteten hos nödventilation är 10260 m<sup>3</sup>/h enligt driftsinstruktionen vilket motsvarar 2.85 m<sup>3</sup>/s. Då luftens densitet vid 20 °C är omkring 1.2 kg/m<sup>3</sup> och ammoniaks relativa densitet är 0.6 innebär det att källstyrkan ammoniak vid en koncentration om 25 volymprocent är omkring 0.5 kg/s.

Nödventilationen består av två aggregat med vardera en diameter på 0.25 meter vilket medför att lufthastigheten på utgående luft konservativt räknat är minst 29 m/s.



## 4 UTVÄRDERING AV TIDIGARE GENOMFÖRDA KVANTITATIVA ANALYSER

### 4.1 Tidigare genomförda simuleringar

En riskutredning med avseende på hantering av brandfarlig vara har upprättats av ÅF (Carlsson, 2012). I utredningen konstateras att sannolikheterna för allvarliga utsläpp är  $2.0 \cdot 10^{-5}$ , vilket underskrider den frekvens ( $3.5 \cdot 10^{-5}$ ) som anges vara relevant för att beräkna skyddsavstånd enligt EIGA (EIGA, 2007). Denna frekvens är dock högre än vad som generellt brukar anses vara acceptabelt i planprocessen och konsekvenserna behöver således utredas ytterligare för att säkerställa att olycksriskerna inte är oacceptabla.

#### 4.1.1 Analys av anläggningen med ALOHA

Som en del av riskutredningen med avseende på brandfarlig vara genomförde ÅF simuleringar med ALOHA som en känslighetsanalys för konsekvensberäkningarna vid en eventuell olycka. Beräkningarna förutsatte en källstyrka för ammoniak om 0.06 kg/s utifrån en antagen koncentration om 50 % och en nödventilation motsvarande 0.2 m<sup>3</sup>/s.

**Tabell 2. Tidigare genomförda simuleringar med ALOHA.**

ID	Modell	Utsläpp (kg/s)	Varaktighet (min)	Stabilitets-klass	Vindhastighet (m/s)	Tid på dygn	Om-givning
A	Passiv	0,06	15	B	4	Dag	Stad
B	Passiv	0,06	15	D	3	Dag	Stad
C	Passiv	0,06	15	E	2	Natt	Stad

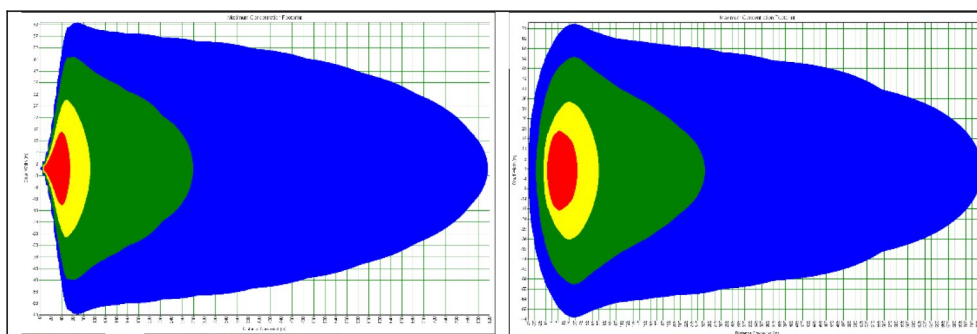
**Tabell 3. Resultat från tidigare genomförda simuleringar med ALOHA.**

ID	Avstånd (m) inom vilket koncentrationen för följande gränsvärden överskrider utomhus		
	50 ppm	300 ppm	2000 ppm
A	70 m	30 m	Endast närzon
B	165 m	65 m	Endast närzon
C	355 m	135 m	40 m



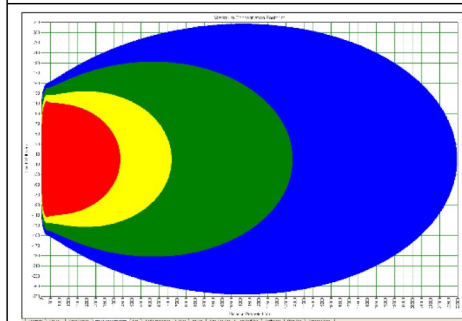
#### 4.1.2 Analys av liknande anläggning med 60 kg ammoniak med PHAST - Känslighetsanalys

Utöver de analyser som har gjorts av ÅF med mjukvaran ALOHA finns även tidigare genomförda analyser med hjälp av analysprogrammet PHAST. PHAST är en mjukvara för spridningsberäkningar som har utvecklats av DNV för kvantitativa riskanalyser inom processindustrin. Antagandena från den analysen förutsätter att ett direkt utsläpp utomhus, vilket innebär att utsläppet inte antas gå via ventilationen.

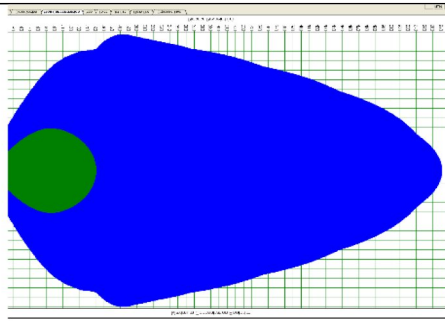


**Figur 4.** Storleken på det område där maxkoncentrationen överskrider 100, 500, 2500 och 6000 ppm vid läckage genom Ø 5mm hål. Stabilitetsklass D vindhastighet 1,5 m/s

**Figur 5.** Storleken på det område där maxkoncentrationen överskrider 100, 500, 2500 och 6000 ppm vid tankbrott. Stabilitetsklass D, vindhastighet 1,5 m/s



**Figur 6.** Storleken på det område där maxkoncentrationen överskrider 5, 25, 50 och 100 ppm vid ett tankbrott. Stabilitetsklass F, vindhastighet 1,5 m/s



**Figur 7.** Storleken på det område där maxkoncentrationen överskrider 100 eller 500 ppm vid öppning av nödventil med utsläpp uppe på tak (8 meter över mark). Stabilitetsklass D vindhastighet 1,5 m/s

Resultaten från dessa simuleringar indikerar att dödliga koncentrationer av ammoniak skulle kunna uppstå på avstånd där bostäder planeras vid ett tankbrott eller vid ett mindre hål på processutrustningen.





## 4.2 Kommentarer till tidigare analyser

Resultaten från tidigare analyser bedöms ej vara direkt applicerbara för den aktuella anläggningen och den specifika frågeställningen då de baseras på andra förutsättningar. Däremot ger tidigare analyser en fingervisning om det riskområde som den aktuella mängden ammoniak kan ge upphov till.

Normalt sett medför låga vindhastigheter och ett stabilt väder de förutsättningar som ger de längsta konsekvensavstånden. Med en nödventilation som ger en lufthastighet som överstiger 30 m/s kommer de utspädningseffekter som normalt ger en minskad koncentration inte längre vara dominerande och vanliga modeller kan därför ej heller nyttjas.

Till följd av den stora kapaciteten hos nödventilationen och den resulterande lufthastigheten bedöms ytterligare analyser ej ge tillförlitliga resultat utan risken behöver hanteras kvalitativt.



## 5 KVALITATIV ANALYS AV OMGIVNINGSPÅVERKAN VID UTSLÄPP

Ammoniak är vid standardtryck och standardtemperatur (STP – 1 atm, 273 K) en lätt gas med en relativ densitet på 0.59 jämfört med luft. Detta innebär att tempererad ammoniak i gasfas är lättare än luft och därmed kommer att stiga uppåt. I ett kylsystem är dock ammoniaken kondenserad vilket innebär att när den släpps ut kommer den antingen vara kyld eller i vätskefas vilket innebär att dess densitet är högre och att lyftkraften är begränsad.

Vid ett läckage av ammoniak inuti kylmaskinrummet kommer nödventilationen att starta. Då kapaciteten på nödventilationssystemet är mycket stor kommer det enbart vara vid större momentana utsläpp som mycket höga koncentrationer kan uppstå inuti kylmaskinrummet och därmed i den luft som släpps ut via nödventilationen. Vid mindre utsläpp kommer utspädningseffekten att vara mycket stor och därmed kommer de resulterande koncentrationer att vara låga.

Nödventilationsaggregaten är placerad högt upp i kylmaskinrummet vilket medför att den ammoniak som vädras ut har värmts upp tillräckligt mycket för att få tillräcklig lyftkraft för att lämna golvnivån. Från aggregaten leds ammoniaken ut via ett ventilationsraster. Rastret öppnar upp till omkring 80 grader vilket innebär att den luft som ventileras ut riktas svagt nedåt ut på den öppna gård där kyltornen är placerade. Gården omgärdas av ett 3 meter högt plank, se Figur 8, vilket innebär att det uppstår en betydande turbulens när nödventilationen aktiveras och den kraftiga luftströmmen från aggregaten träffar det omgivande planket. Turbulensen leder till en ökad luftinblandning och därmed också lägre ammoniakkoncentrationer i luften. Det relativt höga planket leder även till att den ammoniak som lämnar gården har fått ytterligare lyftkraft. Ammoniaken bedöms därmed inte sjunka ner och påverka personer som befinner sig på marknivå utan förväntas enbart kunna ge påverkan på högre höjder.



Figur 8. Plank som omgärdar den öppna gården med kyltorn.



## 6 SLUTSATS OCH REKOMMENDATIONER

Vanliga spridningsberäkningar som nyttjats för tidigare utredningar bedöms ej ge tillförlitliga resultat då nödventilationen ger upphov till mycket höga lufthastigheter. Dessa skapar en kraftig luftström, som medför att de normala utspädningsmodellerna ej fungerar.

Den kvalitativa analys som därför har genomförts utifrån utformningen av anläggningen och framförallt placeringen av nödventilationen indikerar att utformningen medför en stor turbulens och därmed en ökad luftinblandning vilket både sänker ammoniakkoncentrationen och ökar ammoniakens lyftkraft. Detta medför i sin tur att farliga ammoniakkoncentrationer ej förväntas uppstå runt anläggningen för personer som befinner sig på marknivå.

Högre koncentrationer förväntas enbart uppstå mycket temporärt på högre höjder i det direkta närområdet till kylanläggningen. Den enda riskreducerande åtgärd som därmed bedöms vara rimlig och effektiv är att friskluftsintag på tillkommande byggnader i direkt anslutning (inom 40 meter) till kylanläggningen vänds bort från kylanläggningen.

## 7 REFERENSER

AFS 1997:7. (1997). *Arbetskyddsstyrelsens föreskrifter om gaser samt styrelsens allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna.*

AFS 2001:4. (2001). *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om gasflaskor och allmänna råd vid tillämpningen av föreskrifterna.*

AFS 2008:13. (2008). *Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2008:13) och allmänna råd om skyltar och signaler.*

AGA i Sverige AB. (2014). *Säkerhetsdatablad ammoniak, vattenfri.*

Carlsson, J. (2012). *IBM Kista - Riskutredning - Hantering av brandfarlig vara.* ÅF.

EIGA. (2007). *Determination of safety distances IGC Doc 75/07/E.* Brussels: European industrial gases association.

Försvarets forskningsanstalt (FOA). (1998). *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker. Andra reviderade och utökade upplagan.* Stockholm: FOA.

Räddningsverket. (2000). *Vägledning för riskbedömning av kyl- och frysanläggningar med ammoniak.* Karlstad: Räddningsverket.

Svenska Kyl&Värmepump föreningen. (2007). *Svensk Kylnorm – Säkerhetsanvisningar för kyl- och värmepumpsaggregat, Utgåva 1.*