

# **Dupont Chemosweds arbetsgång vid en konsekvensanalys**

OLOF AXELSSON

---

Avd f Ergonomi och aerosolteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet

Olof Axelsson

**Illustrations:**

Olof Axelsson

**Number of pages:** 71

**ISRN:** LUTMDN/TMAT-5084-SE

**Keywords:**

Conseqensanalysis, Explosions calculations, Disseminationmodels, Risk management

**Sökord:**

Konsekvensanalys, Explosionsberäkningar, Spridningsmodeller, Riskhantering

**Abstract:**

Risk management is a very important ingredient in how to run a company. Therefore risk assessment of the processes in the company is very important. Dupont Chemoswed is very aware of this factor and has therefore asked for a consequence analysis. This report is the result of this analyse. The report also investigates Dupont Chemosweds way of working with consequence analysis and gives an advice for how the company can improve their risk management work.

**Language:** Svenska

© Copyright: Ergonomi och aerosolteknologi, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2005.

Avd f Ergonomi och  
aerosolteknologi  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet  
Box 118  
221 00 Lund

[eat@eat.lth.se](mailto:eat@eat.lth.se)  
<http://www.eat.lth.se>

Telefon: 046 - 222 80 18  
Telefax: 046 - 222 44 31

Division of Ergonomics and  
Aerosoltechnology  
Lund University  
P.O. Box 118  
SE-221 00 Lund  
Sweden

[eat@eat.lth.se](mailto:eat@eat.lth.se)  
<http://www.eat.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 80 18  
Fax: +46 46 222 44 31



## Summary

This report can be divided into two parts. The first part contains a consequence analysis for the company Dupont Chemosweds factory that is located in Malmö city to investigate the consequences of a spread of a toxic substance or an explosion in one of the production halls. The second part focus on the risk management for the company based on how the company has being working on the consequence analysis.

The factory is making medicine substances. The processes demand different types of solvent, which means that the substances must be held at the facility. This handling results in a various amounts of risks that the company must manage. One way has been this report that can be divided into three chapters. The report discusses two big risks namely the fact that an explosion will occur in some one of the four process locals or an uncontrolled discharge of one of the solvents.

The writer has together with the company's executive team and supervisors from the Swedish Department of Fire Safety Engineering discussed different scenarios for which the author should investigate. The supervisor on the company and the writer has then together made a list of the solvents that is interesting for the analysis. The solvents have then been simulated in the for the report current model for spreading solvents and the impact of an explosion with the solvents in the process locals. For the calculations and simulations there have then been an uncertainty- and sensitivetyanalysis carried out.

To carry out the simulations a program called SLABVIEW was used. The program was developed in the USA and was build from the SLAB MODEL.

When making the explosion calculates it became clear that the factory would sustain structural damage if an explosion should occur. This is the fact for an explosion in every process local. Further more it is shown that for a release of a solvent there is a possibility that the nearby compartments will experience harmful concentrations. Since the company only have requested an investigation of the consequences and not the probability of occurrence there will be no suggestions of solutions for the company how they can minimise their risk.

About the study of the company's risk management the author analysed their work from viewing two models. From these two models the writer has discussed the company's risk management proclaiming that the need to involve their employees more than today.

The result of the report is thought to be the ground for a continues discussion within the company of how the consequences that has been analysed can be reduced and if the suggestions be economically defended. Furthermore the author hope that the result of the study of the company's risk management will mean that a discussion will start about how the company can be better when working with consequence- and risk analyses, this to continue to be one of the best company's in the word in risk management.



## Sammanfattning

Den här rapporten kan indelas i två delar. Den första består av en genomförd konsekvensanalys för företaget Dupont Chemosweds fabrik som ligger i centrala Malmö för att undersöka konsekvenserna av ett worst case scenario både för spridning av ett lösningsmedel samt en explosion i någon av produktionshallarna. Andra delen utgår från arbetet med att ta fram konsekvensanalysen för att studera riskhanteringsprocessen på företaget vid framtagningar av konsekvensanalyser.

Fabriken framställer läkemedelssubstanser. Processerna för framställningen kräver olika lösningsmedel som därför måste lagras på området. I och med denna hantering uppstår en mängd olika risker som företaget måste beakta. Ett sätt har varit den här rapporten som kan indelas i tre kapitel. Rapporten behandlar två stora risker nämligen det att en explosion skulle inträffa i någon av de fyra produktionshallarna samt ett okontrollerat utsläpp av aktuella lösningsmedel.

Författaren har tillsammans med företagsledningen samt handledare från Avdelningen för brandteknik arbetat fram ett antal olika scenarion för vad anses att författaren skall undersöka. Handledaren på företaget har sedan tillsammans med författaren listat aktuella lösningsmedel som varit aktuella för konsekvensanalysen. Aktuella lösningsmedel har därefter simulerats i för arbetet aktuell spridningsmodell och dess påverkan på produktionshallarna har beräknats. För beräkningarna och simuleringarna har sedan en känslighetsanalys samt osäkerhetsanalys utförts.

Vid simuleringarna användes ett program som heter SLABVIEW. Programmet bygger på SLAB-modellen och har utvecklats i USA.

Vid explosionsberäkningarna framkom det indikationer på att byggnaden skulle ådra sig strukturella skador om en explosions skulle inträffa. Detta gäller för explosion i samtliga produktionshallar. Vidare visar det sig att ett eventuellt utsläpp av lösningsmedel i luften kommer att innebära att det finns en möjlighet för att skadliga koncentrationer kan uppträda i runtomkringliggande bebyggelse. Eftersom företaget endast velat utreda huruvida verksamheten är behäftad med nämnda konsekvenser och inte intresserat sig för förslag till sannolikheten att dessa uppträder.

Vad gäller studien av riskhanteringsprocessen på företaget utgick författaren från två modeller när arbetet undersöktes. Utifrån dessa har sedan en diskussion förts som resulterat i slutsatsen att företaget kan i större utsträckning än idag involvera de anställda i riskhanteringsprocessen.

Resultaten av det här examensarbetet är tänkt att ligga till grund för en fortsatt diskussion inom företaget för hur de konsekvenser som analyserats kan minskas och om dessa åtgärder kan försvaras ekonomiskt. Vidare är undertecknads förhoppning att resultatet av studien av företagets riskhantering skall innebära att en diskussion inleds om huruvida företaget kan förbättra arbetet med konsekvensanalyser och riskanalyser. Detta för att i framtiden fortsätta att vara ett företag i framkant som det idag är vad gäller riskhantering.



## Innehållsförteckning

1 Inledning .....	11
1.1 Bakgrund .....	11
1.2 Mål och syfte .....	11
1.3 Indelning .....	11
1.4 Metod .....	12
1.5 Avgränsningar .....	12
2 Verksamhetsbeskrivning .....	15
2.1 Historik .....	15
2.2 Anläggningsbeskrivning .....	15
??Figur 2.1 Översiktspild över Sorgenfri industriområde .....	16
2.3 Produktinformation .....	17
2.4 Säkerhetsarbete .....	17
2.5 Framtid .....	18
3 Riskinventering och identifiering .....	20
3.1 Explosionsscenarion .....	20
3.2 Spridningsscenario .....	21
4 Konsekvensanalys .....	23
4.1 Utsläpp av lösningsmedel .....	23
4.1.1 Scenariobeskrivning .....	23
4.1.2 Beskrivning av ingående lösningsmedel .....	23
4.2 Beräkningar .....	24
4.3 Spridningsmodell .....	25
4.5 Resultat .....	26
4.5.1 Metanol .....	26
4.5.2 Cyklohexan .....	27
4.5.3 Etanolisk saltsyra .....	28
4.5.4 Klorvätegas .....	28
4.5.5 Dimetylformamid .....	29
4.6 Diskussion .....	30
5 Explosionsberäkningar .....	34
5.1 Cubbage and Simmonds .....	35
5.2 Laminär förbränningshastighet och turbulens .....	35
5.3 Geometri .....	36
5.4 Cubbage and Marshall .....	36
5.5 Rasbash .....	37
5.6 Resultat .....	37
5.6.1 Gröna hallen .....	37
5.6.2 Gula Hallen .....	38
5.6.3 Blå Hallen .....	38
5.6.4 Röda hallen .....	39
5.7 Avslutande diskussion .....	39
6 Osäkerhetsanalys .....	41
7 Känslighetsanalys .....	44
8 Riskhanteringsprocessen .....	47
8.1 Teori .....	47
8.2 Duponts egenbild .....	48



8.3 Duponts säkerhetskultur.....	48
8.4 Vad speglar en god säkerhetskultur .....	48
8.5 Konsekvensanalysens plats i riskhanteringsprocessen .....	49
8.6 Uppföljning och återkoppling.....	49
8.7 Analys av Duponts arbete med aktuell konsekvensanalys .....	49
8.8 Faktisk arbetsgång för framtagande av Konsekvensanalys .....	49
8.9 Allmänna förhållanden på Dupont.....	50
8.10 Slutsatser .....	51
8.11 Förslag på åtgärder.....	52
9 Nomenklatur .....	54
10 Referenser .....	58
Bilaga 1 Massflödesberäkningar .....	58
Bilaga 2 (explosionsberäkningar) .....	61
Bilaga 3 (sorgenfri industriområde).....	67
Bilaga 4 (tanklager).....	69
Bilaga 5 (fabriken).....	72
Bilaga 6 (industritomten) .....	74
Bilaga 7 (indata till SLABVIEW för alla lösningsmedel förutom Klorvätegas).....	75
Bilaga 8 (indata till SLABVIEW för Klorvätegas).....	76



## 1 Inledning

Den här rapporten är skriven utifrån egna erfarenheter och intryck som erhållits under arbetets gång på Dupont Chemoswed.

### 1.1 Bakgrund

Företag i dagens Sverige blir allt mer komplexa. Ett viktigt redskap för att klara dagens konkurrens är ha en god förståelse för företagets risker och kunna hantera dessa. Det företag som lyckas bra med detta kommer att ha ett försprång gentemot andra företag som har en dålig riskhantering. Dupont är världskänt för att vara ett företag som ligger långt framme i den processen. Företaget har insett vikten av en god riskhanteringsprocess anser författaren.

Med anledning av detta åtog sig undertecknad att göra den konsekvensanalys som företaget lagt ut som examensarbete vid LTH. Författaren hade ett intresse i att studera företagets riskhanteringsprocess. Genom att arbeta med konsekvensanalysen kunde författaren på ett bra sätt studera företagets riskhanteringsarbete med risk- och konsekvensanalyser. Rapporten vänder sig främst till handledare på Dupont Chemoswed samt övriga personer i företagsledningen.

### 1.2 Mål och syfte

Målet med den här rapporten är att utföra en konsekvensanalys för Dupont Chemoswed och att studera hur företaget utarbetar en konsekvensanalys ur ett vetenskapligt perspektiv. En djupare kunskap inom området skall också erhållas då arbetet med att ta fram en konsekvensanalys jämföres med vetenskapliga rön angående metoder för att effektivt arbeta med riskhantering inom moderna företag. Rapporten syftar till att bredda författarens och läsarens kunskap inom området för hur riskhanteringsprocessen kan implementeras i ett företags löpande verksamhet.

### 1.3 Indelning

Rapporten består av en inledning som följs av en konsekvensanalys för att avslutningsvis behandla företagets riskhanteringsprocess.

Arbetet inleds med att beskriva företagets verksamhet där den historiska utvecklingen speglas. Från att vara ett företag som tillverkar endast en produkt till att som idag ingå i ett av världens största kemiföretag. Vidare beskrivs för examensarbetet aktuell anläggning samt vad företaget tillverkar idag och en allmängiltig redogörelse för lösningsmedel som är aktuella för konsekvensanalysen. Vidare följer en kort inblick i företagets säkerhetsarbete idag och hur man ser på framtiden.

Konsekvensanalysen inleds med en redogörelse för hur arbetet med riskinventering och identifiering genomfördes. Detta följs av analysen för utsläpp av ett lösningsmedel innehållande beräkningsgång, en beskrivning av spridningsmodellen som användes, resultat samt diskussion. Vidare följer en redogörelse för konsekvenserna av en explosion i någon av produktionshallarna. Kapitlet följer samma struktur som avsnittet om ett utsläpp av ett lösningsmedel. Konsekvensanalysen avslutas med att diskutera hur en variering av indata påverkar resultaten samt vilka osäkerheter som finns inbakade i analysen.

Sista delen består av en studie av företagets arbetsprocess med aktuell konsekvensanalys. Kapitlet redogör för företagets säkerhetskultur och vad som speglar en god säkerhetskultur. Vidare ges några metoder för hur företaget kan arbeta med riskhantering. Efter denna presenteras den analys som författaren utarbetat utifrån de upplevelser som undertecknad varit med om under arbetets gång. Avslutningsvis presenteras de för kapitlet konstaterade slutsatser som författaren dragit samt en diskussion. Sist påträffas de bilagor som är aktuella för arbetet.

## 1.4 Metod

Konsekvensanalysen bygger på scenarion som framtagits i samarbete med företagsledningen, författaren samt biträdande handledare från Institutionen för Brandteknik vid LTH. Detta skedde under ett möte som hölls på Duponts anläggning. Därefter följde ett möte mellan författaren och kontaktpersonen där det bestämdes vilka lösningsmedel som skulle innefattas av konsekvensanalysen. Ämnena valdes med anledning av dess kemiska egenskaper som antogs kunna ge den värsta effekten vid spridning och mängder som hanteras.

Vid ett flertal tillfällen har fabriken besökts där författaren bildat sig en uppfattning om de fabriksknutna faktorer som ingår i konsekvensanalysen. Dessa har sammanställts för att utgöra underlag till både explosionsberäkningarna och beräkningarna för ett utsläpp av ett lösningsmedel. Explosionsberäkningarna är analytiska och görs för hand. Beräkningarna bygger på tre korrelationer, Cubbage and Simmonds, Cubbage and Marshall samt Rasbash. Anledningen till varför dessa används beskrivs närmare i stycket explosionsberäkningar. Analysen av riskavstånd för ett utsläpp sker med hjälp av ett datorprogram som heter SLABVIEW samt analytiska handberäkningar. Det som beräknas analytiskt är massflödet av ämnet som läcker ut. Massflödet används därefter i SLABVIEW som itererar fram ett approximativt riskavstånd.

För analysen av företagets riskhanteringsprocess valdes endast arbetssättet för den aktuella konsekvensanalysen att diskuteras. Inledningsvis samlades information in under arbetets gång för att därefter analyseras och diskuteras utifrån några givna metoder för hur en god riskhantering kan uppnås.

## 1.5 Avgränsningar

Då rapporten bygger på en konsekvensanalys kommer olika händelsers sannolikheter att i stor del ignoreras. Vidare kan sägas att analysen endast beskriver scenarion som kan uppkomma vid Duponts fabrik vid kvarteret Degeln. Vid explosionsberäkningarna studeras endast de egendomsskador som kan uppkomma på grund av tryckuppbyggnad. Dessutom antager rapporten ett värsta scenario vad gäller explosionsberäkningarna, beskrivs mer ingående under stycket explosionsberäkningar. Anledningen till detta är att författaren har haft svårigheter att komma över material om explosioner med lösningsmedel i industrilokaler. Dessutom är området väldigt komplicerat samt att undertecknad haft begränsat med tid till beräkningarna och efterforskning.

Vad gäller genomförda spridningsberäkningar tas endast hänsyn till värden som kan vara skadliga för människan alltså inte värden som exempelvis kan innebära olika former av lindriga irritationer eller dålig lukt. Vidare analyseras endast utsläpp där uppkommet håll i förvaringskärl är lokaliserat i botten. Undertecknad väljer också att

använda sig av en spridningsmodell det vill säga datorprogrammet SLABVIEW.  
Anledningen till de begränsningar som gjorts är också här begränsad tid.

Vad gäller analysen av företagets riskhantering studeras endast hur företaget arbetar med aktuell analys och inte Dupont riskhantering generellt. Vidare studeras arbetet endast utifrån två på förhand valda modeller som beskriver hur ett företag kan uppnå en god riskhantering.



## 2 Verksamhetsbeskrivning

Dupont Chemoswed är ett kemiföretag som tillverkar läkemedelssubstanser samt utvecklar produktions- och analysmetoder. Verksamheten utövas vid två anläggningar som är belägna inom kvarteret Degeln samt smedjan i Malmö. Anläggningen som ligger i kvarteret Smedjan hyser företagets pilotanläggning där produktutveckling sker samt QC som sysslar med kvalitetskontroll av substanser och tillverkningsprocesser. Tillverkningsfabriken är placerad inom kvarteret Degeln några hundratals meter från Smedjan.

### 2.1 Historik

Dupont Chemoswed härstammar från 1919 då Ferrosan grundades. Ferrosan lanserade en medicin mot järnbrist vilken var en stor folksjukdom vid tiden. 1940 utvecklade företaget en substans som ingick i en tuberkulosmedicin. Eftersom sjukdomen var ett allvarligt problem vid den här tiden uppstod en enorm efterfrågan på ämnet. Detta resulterade i att Chemoswed föddes som hade till uppgift att tillverka och leverera substansen till andra företag som tillverkade själva medicinen. Tillverkning förlades inledningsvis till kvarteret Smedjan (Hermansson, H. & Sörqvist, M 2001).

För att klara en ökad efterfrågan byggdes i början av 60-talet en fabrik i Malmös dåvarande utkant inom kvarteret Degeln. 1980 såldes Ferrosan till Pågens familjebageri för att sedan igen 1984 säljas till företaget Sonesson, som ingått ett samarbete med Leo i Helsingborg. 1986 övertog Pharmacia verksamheten som 1994 beslutade att avveckla Chemoswed i och med ett förvärv av ett italienskt läkemedelsföretag. Företagets räddning blev att Dupont som är ett av världens största läkemedelsföretag köpte tillverkningen av Warfarin samt processutvecklingen på Smedjan, vilket skedde 1996. Tabletttillverkningen köptes av Ferring vilket resulterat i att Dupont Chemoswed delar Smedjan med QPharma som idag ombesörjer tabletttillverkningen (Rolf Lantz).

1970 började Chemoswed tillverka Natriumwarfarin som är den aktiva substansen i Waran som har blodförtunnande egenskaper. Medicinen konsumeras framförallt av äldre personer med hjärtproblem. Företaget hade tills för några år sedan ensamrätt på substansen enligt patentskyddslagen, vilket ledde till att produkten idag är företagets största. Dupont har idag ca 93000 anställda vara ca 50 stycken jobbar för dotterbolaget Chemoswed (Hermansson, H. & Sörqvist, M 2001).

### 2.2 Anläggningsbeskrivning

Aktuell anläggning för den här rapporten är fabriken som är belägen inom kvarteret Degeln. Därför kommer endast denna att omfattas av en anläggningsbeskrivning. För att förtydliga det som beskrivs i detta stycke hänvisas läsaren till bilaga 3 till 6.

Fabriken är som tidigare nämnts belägen inom kvarteret Degeln bredvid kontinentalbanan mot Köpenhamn. Kontinentalbanan har en trafiktäthet på ca 250 tåg per dygn. Av detta är cirka 40 stycken godståg, resterande är persontåg (Hermansson, H. & Sörqvist, M 2001).

Tomten delas med QPharma som tillverkar läkemedel i tablettform. Tillsammans sysselsätter företagen på tomten ca 150 personer varav 50 stycken är anställda av Dupont Chemoswed. Området är inhägnat med ett högt stängsel som löper runt hela tomten, dessutom sker in och utpassering genom centralvakten som är bemannad av en väktare. Produktionen är uppdelad i två skift som arbetar 5 dagar i veckan, varav det ena jobbar på förmiddagen för att lösas av på eftermiddagen av skift två (Rolf Lantz)

Duponts verksamhet innefattar en tankfarm respektive en fabrik på området. Tankfarmen är lokaliserad norr om fabriken på ett avstånd av ungefär femtio meter. Figur 2.1 visar en bild över området.



Figur 2.1 Översiktsbild över Sorgenfri industriområde

Figuren visar fabriksområdet där fabriken är gulmarkerad och tanklagrets position är markerat med ett rött kryss. Fabriken rymmer fyra stycken produktionshallar av varierande storlek som är indelade efter färger. Det finns röd, blå, grön och gul färg. Tillverkningen sker efter kundbeställning satsvis. För tillfället är Warfarin den största produkten volymmässig. Vid tillverkning används förutom reaktanterna lösningsmedel. Dessa kan variera men i den här rapporten diskuteras metanol, etanolisk saltsyra, klorvätegas, cyklohexan samt dimetylformamid. Alla lösningsmedel lagerhålls i tankfarmen förutom klorvätegas som förvaras, då det används, utomhus i anslutning till fabriken. Råvaror förvaras inne i fabriken i ett råvarulager som är beläget på översta våningen.

Samtliga produktionshallar representerar en egen brandcell. Anledningen till detta är att brandfarlig vara hanteras i produktionen. Hallarna är dessutom Ex-klassade vilket bland annat innebär att endast godkänd utrustning får användas inom området då risken för antändning av exempelvis gnistor anses som hög. Ett Ex-klassat område delas in i tre olika zoner där zon 0 har den högsta säkerhetsgraden medan zon 2 har den lägsta. Inom zon 0 förekommer explosiv blandning ständigt. Reaktorns innanmäte är ett exempel på en sådan zon i Duponts fabrik. Zon 1 innebär att



explosiv blandning kan förekomma och zon 2 att explosiv blandning inte förväntas förekomma. Alla zonindelningar avser normal drift. Zon 1 och 2 motsvaras av olika delar av produktionshallarna och fabriken.

Efter att lösningsmedlet fullgjort sin uppgift i processen avlägsnas det och förbränns i fabriken's ångpanna, som är belägen i södra änden av fabriken. Panna används i sin tur till uppvärmning dels av reaktorer men även till uppvärmning av fabriken i övrigt (Hermansson, H. & Sörqvist, M 2001).

## 2.3 Produktinformation

Vid produktion hanteras en mängd kemiska produkter så som lösningsmedel, reaktanter samt slutprodukter. Alla dessa medför effekter på människor i olika omfattning. Då den här rapporten endast behandlar lösningsmedel kommer endast de ingående lösningsmedlen att diskuteras.

Ett lösningsmedel används i en kemisk process för att precis som namnet antyder lösa olika kemiska ämnen. De som analyseras i den här rapporten är alla brandfarliga. Detta innebär att de har en flampunkt under 21°C samt en kokpunkt på mellan ca 50-110°C. Då tanklagret är beläget utomhus innebär detta en förvaring av lösningsmedel vid atmosfärstryck. Detta innebär att en uppvärmning av förvaringskärl till följd av en brand kan leda till följdkonsekvenser av en initial händelse. Förvaringsvolymen varierar mellan olika lösningsmedel upp till 40m<sup>3</sup> för metanol.

Då rapporten endast syftar till att utreda konsekvenser av utvalda lösningsmedel kommer ingen redogörelse för olika slutprodukter och reaktanter att genomföras.

## 2.4 Säkerhetsarbete

I och med att Chemoswed ägs av Dupont som är ett av världens bästa företag på riskhantering är säkerhetstänkandet på företaget väl utvecklat. Även ett stort engagemang av ledningen bidrar till en god säkerhetskultur. Bland annat medverkar Dupont Chemoswed i SAFIR som är en sammanslutning av olika företag i främst Malmö kommun vad gäller riskhantering.

Ledningens tydliga engagemang har i stor utsträckning bidragit till en god medvetenhet bland alla anställda vad gäller säkerhetsfrågor. Detta blir speciellt tydligt i samband med besök ute i fabriken på de olika skiften. Säkerhetsarbetet leds av en PSM-grupp (Process Safety Management) som har till uppgift att utarbeta riktlinjer för hur säkerhetsarbetet på företaget skall genomföras. Det finns också en grupp som kallas RCSG (Responsible Care Strategic Group). Denna skall arbeta med olika arbetsmiljörelaterade frågor inom alla delar av företaget. Dessutom utföres årliga skyddsronder, företaget har en heltidsanställd säkerhetskoordinator. Företaget har också en omfattande rutin för hur incidenter skall rapporteras och följas upp. Allt detta bidrar till att företaget ständigt utvecklar sitt eget säkerhetstänkande och man i många år ansetts som världsledande inom riskhantering (Hermansson, H. & Sörqvist, M 2001).

Det höga säkerhetsmedvetandet har resulterat i att företaget har investerat i olika tekniska säkerhetssystem på anläggningen. Inne i fabriken har ett

skumanläggningssystem installerats som utlöser när en värmedetektor samt en partikeldetektor larmar. Inom några minuter skall systemet skumfylla produktionshallarna för att begränsa eventuella materiella skador som eventuellt uppkommer i och med brand (Dan Klingberg).

Tankfarmen som är belägen i fabriken omedelbara närhet huserar tre skumaggregat som räddningstjänsten kan koppla in sig på samt två oscillerande vattenkanoner. Vattenkanonernas uppgift vid eventuell brand är att kyla omgivande byggnader samt tankfarmen. Skumaggregatens uppgift är att begränsa uppkommen brand inom tankfarmen. Dessutom finns en katastrofbasäng för uppsamling av släckvatten för att hindra att förorenat släckvatten lämnar området. Aktivering av katastrofbasängen sker manuellt av personalen. För att förhindra att kontaminerat vatten strömmar ut i de kommunala vattenledningarna har avloppssystemet en inbyggd tröghet som gör att det tar en viss tid för vattnet att transporteras i systemet. Omkopplaren kan nås från tre ställen på området. Vid en större olycka finns dessutom katastroftankar belägna i Malmö hamn dit kontaminerat vatten kan transporteras. Tankarnas kapacitet motsvaras av 15000m<sup>3</sup> och hyrs gemensamt av medlemmarna i SAFIR (Anders Fila)

## **2.5 Framtid**

I och med att marknaden blir allt mer krävande måste Dupont vara ett flexibelt företag. Utökad produktion kan innebära att företaget inom några år behöver bedriva tillverkning alla dagar i veckan dygnet runt för att klara en ökad efterfrågan. Den planerade utökningen kräver en utbyggnad av befintligt produktlager. Dessutom måste tankfarmens förvaringskapacitet utökas. Detta medför att nya tekniska lösningar måste genomföras. Med anledningen av att nya produkter tas i bruk och att därmed nya processer installeras krävs nya riskanalyser. Allt detta för att möta nya och befintliga kunders önskemål och krav (Hermansson, H. & Sörqvist, M 2001).



### **3 Riskinventering och identifiering**

Den här rapporten bygger på en förfrågan från Dupont Chemoswed ställd till LTH angående en konsekvensanalys. Utgångspunkten för analysen var företagets fabrik och deras produktionshallar. Med anledningen av detta avgränsades riskinventeringen till att endast inbegripa angivet område. Inventeringen genomfördes på ett gemensamt möte med ledningen och författaren där olika alternativ diskuterades. Författaren roll var att hörsamma de förslag som ledningen gav och värdera dessa utifrån den områdeskunskap en brandingenjör besitter. Anledningen till den passiva rollen är att undertecknad ej besitter någon större detaljkunskap om de processer som aktuella för företaget. Diskussionen utmynnade i ett antal risker för vilka konsekvenser företagets ledning ville undersöka. Scenariona indelades i två huvudgrupper, nämligen explosionsscenario samt okontrollerad spridning av lösningsmedel i luft. Nedan listas de olika scenariona gruppvis.

#### **3.1 Explosionsscenarier**

##### **Gula hallen**

- Utsläpp av Metanol i Gula hallen och därefter antändning.
- Utsläpp av Cyklohexan i Gula hallen och därefter antändning.
- Utsläpp av Dimetylformamid i Gula hallen och därefter antändning.
- Utsläpp av Klorvätegas i Gula hallen och därefter antändning.
- Utsläpp av Etanolisk Saltsyra i Gula hallen och därefter antändning.

##### **Blå hallen**

- Utsläpp av Metanol i Blå hallen och därefter antändning.
- Utsläpp av Cyklohexan i Blå hallen och därefter antändning.
- Utsläpp av Dimetylformamid i Blå hallen och därefter antändning.
- Utsläpp av Klorvätegas i Blå hallen och därefter antändning.
- Utsläpp av Etanolisk Saltsyra i Blå hallen och därefter antändning.

##### **Röda hallen**

- Utsläpp av Metanol i Röda hallen och därefter antändning.
- Utsläpp av Cyklohexan i Röda hallen och därefter antändning.
- Utsläpp av Dimetylformamid i Röda hallen och därefter antändning.
- Utsläpp av Klorvätegas i Röda hallen och därefter antändning.

- Utsläpp av Etanolisk Saltsyra i Röda hallen och därefter antändning.

## **Gröna hallen**

- Utsläpp av Metanol i Gröna hallen och därefter antändning.
- Utsläpp av Cyklohexan i Gröna hallen och därefter antändning.
- Utsläpp av Dimetylformamid i Gröna hallen och därefter antändning.
- Utsläpp av Klorvätegas i Gröna hallen och därefter antändning.
- Utsläpp av Etanolisk Saltsyra i Gröna hallen och därefter antändning.

## **3.2 Spridningsscenario**

- Spridning av Metanol i luft.
- Spridning av Cyklohexan i luft.
- Spridning av Dimetylformamid i luft.
- Spridning av Klorvätegas i luft.
- Spridning av Etanolisk saltsyra i luft.

Vad gäller aktuella explosionsscenario tas ingen hänsyn till uppkomst dvs. bakomliggande faktorer eller sannolikheter. Anledningen till detta är att rapporten endast syftar till att beskriva den värsta tänkbara konsekvensen av en händelse. Inte heller spridningsscenario analyseras ur ovan nämnd aspekt. Med konsekvens menas i den här rapporten tryckuppbyggnadsvärden, och lite om hur detta kan komma att påverka fabriken, för explosionsberäkningarna och spridningsavstånd för spridningsberäkningarna. Rapporten kommer alltså inte att diskutera medicinska konsekvenser på människor eller miljökonsekvenser.

Scenariona presenterades sedan på ett nytt möte den här gången med aktuella handledare från avdelningen för brandteknik på LTH. Handledarna fick chansen att utifrån deras kunskaper värdera kvaliteten av aktuella scenarion. Ingen kritik framkom under mötet varvid förslagen godkändes.

För samtliga scenarion gäller ett antal antaganden som leder fram till en förenkling av verkligheten. Dessa presenteras senare i rapporten. Det är väldigt viktigt att förstå detta när rapporten läses.



## 4 Konsekvensanalys

Detta avsnitt kommer att behandla den konsekvensanalys som har utförts vid Dupont Chemoswed. Analysen behandlar två möjliga händelser. Dessa redogörs för närmare i respektive stycke under rubriken scenariobeskrivning. Företaget hanterar dagligen brandfarliga varor vilket medför risker för olika utsläpp samt brand.

### 4.1 Utsläpp av lösningsmedel

För att förstå eventuella konsekvenser vid ett ofrivilligt utsläpp av lösningsmedel krävs någon form av verktyg för analysen. Antingen kan beräkningar göras för hand eller så kan datorprogram användas. Den här rapporten använder båda.

Handberäkningar används för att beräkna massflödet av lösningsmedlet. Detta värde använd sedan i datorprogrammet som visar spridningens omfattning givet i avstånd till olika koncentrationer.

Analysen inleds med en beskrivning av det scenario som antages och ingående parametrar. Därefter redogörs det för de olika lösningsmedlen som ingår i studien där toxiska effekter klargörs för att följas av ett stycke som närmare beskriver de beräkningar som gjorts. Vidare beskrivs datorprogrammet SLABVIEW som är det program som används. Detta följs av resultat och efter detta en avslutande sammanfattning med innehållande diskussion.

#### 4.1.1 Scenariobeskrivning

Det scenario som antages för den här rapporten är att en truckförare vid arbete penetrerar ett förvaringskärl. Detta leder till att lösningsmedel forsar ut och förångas och därmed uppkommer en luftburen spridning. Anledningen till att just detta scenario valts är att situationen bedömts av författaren och kontaktpersonen på Dupont Chemoswed som ett för företaget troligt scenario.

Ovanstående gäller för samtliga utsläpp med ett undantag. Vad gäller klorvätegasen förvaras denna i en trycksatt behållare. Vid penetration av denna sker spridningen i form av en jet. Detta beskrivs närmare i avsnittet klorvätegas.

Som tidigare nämnts, antages ett hål uppkomma då exempelvis en truck penetrerar förvaringskärl. Arean av hålet skattas till ca  $0.003\text{m}^2$  och anses bli skarpkantat. Utsläppstiden är beräknad utifrån insatstider vid kemikalieolycka som författaren delgivit av räddningstjänsten i Malmö. Utsläppstiden är i den här rapporten satt till 40 minuter. Vidare har ett antal olika vindförhållanden antagits från 3m/s till 12 m/s. Huruvida detta påverkar resultatet redovisas i osäkerhetsanalysen. Luftfuktigheten är satt till 50 %. Vad gäller temperatur så har tre olika temperaturer använts vid simuleringarna, 273, 283 samt 293. Betydelsen av dessa kommer att diskuteras i osäkerhetsanalysen. Anledningen till att dessa tre valdes är att de anses spegla temperaturförhållandena för södra Sverige.

#### 4.1.2 Beskrivning av ingående lösningsmedel

Dupont Chemoswed tillverkar läkemedel vilket innebär att det förvaras olika former av kemikalier på fabriksområdet. Bland dessa väljer den här rapporten att utreda ett antal utvalda lösningsmedel. Anledningen till att nedanstående lösningsmedel valts är att dessa förekommer relativt frekvent i tillverkningen och att de kan ha en hälsovådlig inverkan på människor. Därför bedöms de som intressanta av företaget.

Förekommande lösningsmedel och dess biverkningar samt förvaringssätt presenteras nedan.

- Metanol
- Cyklohexan
- Etanolisk saltsyra
- Klorvätegas
- Dimetylformamid

*4.1.2.1 Metanol* förvaras i tankfarmen. Ämnet är giftigt vid inandning. Risk för allvarliga bestående hälsoskador. Dessa är ej närmare preciserade i säkerhetsbladet. NGV är satt till 200 ppm (Dan Klingberg).

*4.1.2.2 Cyklohexan* är ett lösningsmedel som förvaras i fat som ställts på ett uppsamlingskar. Lösningsmedlet irriterar hud och kan ge lungskador vid förtäring. Ångorna gör att man blir dåsig och omtöcknad. Rekommenderat NGV är 300 ppm i luft (Dan Klingberg).

*4.1.2.3 Etanolisk saltsyra* är en starkt frätande substans som kan ge lungskador vid inandning som dessutom verkar starkt frätande på slemhinnor, andningsvägar samt tänder. Förvaras på fat. Gällande NGV är satt till 5 ppm (Dan Klingberg).

*4.1.2.4 Klorvätegas* fräter på ögon, slemhinnor, tänder och hud. Kan ge lungödem som är livshotande. Lungödem innebär en syrebrist i blodet som finns i lungblåsan. NGV sätts till 5 ppm. Klorvätegasen levereras av AGA gas i gasflaska (Dan Klingberg).

*4.1.2.5 Dimetylformamid* kan vara farligt vid inandning. Vid kontakt med huden kan kemikalien irritera ögonen. Misstänkt cancerframkallande med skador på njurar och lever som följd. NGV är 10 ppm i luft. Kemikalien förvaras i stora plastdunkar (Dan Klingberg).

Samtliga ämnen är, som kan utläsas ovan, hälsovådliga vid inandning. Symptom och behandling kommer inte att redovisas i den här rapporten då den har till syfte att klarlägga avstånd till olika hygieniska gränsvärden för respektive lösningsmedel.

## 4.2 Beräkningar

För beräkningar i SLABVIEW krävs som tidigare nämnts en del indata. Det som kommer att redogöras för i detta stycke är hur massflödet beräknats för de olika lösningsmedlen. Rapporten utgår ifrån att alla lösningsmedel förutom klorvätegas förvaras som underkyld vätska. Den sistnämnda kemikalien förvaras i gasflaska.

Vid beräkningarna av underkyld vätska utgår rapporten från att tanktrycket är lika med omgivningstrycket. Detta gör att en förenkling kan göras vid beräkningen av massflödet, ses nedan då formlerna studeras. Formeln för massflödet bygger på Bernoullis ekvation. Den drivande kraften är att massflödet drivs av trycket från vätskepelaren. Formlerna som använts är som följer:

$$Q=C_d*A*(2(P_o-P_a)/\rho_f)^{1/2} \quad (4,1)$$



$$P_0 = g\Delta H / v_f + P_T \quad (4,2)$$

$P_0$  betecknar stagnationstrycket som till stor del är höjdberoende. Vid beräkningarna i den här rapporten sätts  $P_T$  till atmosfärstryck. Anledningen är att kemikalierna förvaras som underkyld vätska. Den specifika volymen i vätskefas ( $v_f$ ) definieras i rapporten som  $1/\rho$  för ämnet.  $Q$  betecknar massflödet av vätskan. Formeln innehåller en konstant  $C_d$  som i rapporten anges till 0,6.  $C_d$  är en kontraktionsfaktor som maximalt kan uppgå till 1.0. Maximal kontraktionsfaktor inbegriper ett hål med helt rundade kanter. Anledningen till att värdet antages vara 0.6 är att rapporten bedömer att det hål som skulle kunna orsakas på förvaringskärlet skulle motsvara ett skarpkantat hål. Ett lägre  $C_p$  innebär ett mindre utflöde där värdet 0 motsvarar en tät behållare utan utströmning (Konsekvensanalys xxxx).

I och med att  $P_T$  antages vara lika med atmosfärstryck ( $P_a$ ) kan  $P_a$  strykas ur formel 4,1. Detta gör att massflödet kan antagas förändras med arean av hålet, densiteten samt höjden av vätskenivån. Det antages att hålet uppkommer i nedre delen av förvaringskärlet under vätskeytan. Vidare antages att hålet uppträder i botten av behållaren.

Vad gäller klorvätegas så förvaras den i en gasflaska. Detta gör att vid ett utsläpp kan massflödet av den utströmmande gasen beräknas som kritisk strömning. Formeln som används vid beräkning redovisas nedan. Drivraften i massflödet styrs av trycket i behållaren. Så länge trycket är större i behållaren än omgivande tryck kommer ett massflöde att uppstå på grund av att gasen strävar att uppnå jämvikt med omgivande luft.

$$Q = 0,667 C_d A P_0 / (RT_0)^{1/2}$$

$$P_0 = 1,83 P_a$$

Ingående parametrar är samma som för vätskeutströmning.  $P_0$  beräknas som en faktor multiplicerat med atmosfärstryck.

### 4.3 Spridningsmodell

SLABVIEW är ett datorprogram som används då intresse finns att bedöma konsekvensen av ett utsläpp. Programmet anger hur långt från utsläppskällan olika koncentrationer uppnås. Programmet utformades 1990 av Donald L. Ermark med hjälp av U.S Department of Energy, USAF Engineering and Services Center och American Petroleum Institute. Programmet bygger på SLAB-modellen som först utvecklades i forskningssyfte. SLABVIEW används till riskanalyser bland både konsulter men även andra myndigheter för att bilda sig en ungefärlig uppfattning om ett utsläpps storlek. Programmet är inte utformat för att vara ett verktyg ute på en olycksplats. SLABVIEW bygger på att olika koncentrationsområden räknas fram för att sedan presenteras för användaren i form av koncentrationsgränser (<http://www.ess.co.at/HITERM/MODELS/slab.html>).

Programmet hanterar fyra olika typer av utsläppsmodeller. I den här rapporten används två av dessa. Det ena är ett utsläpp i vätskeform som bildar en pöl vilken förångas. Andra scenarion motsvaras av en horisontell jet.

Spridningsmodellerna bygger på bevarande av massa, energi och rörelse. Det som avgör vilken modell som används är framförallt gasens densitet. Vid en tunggasmodell så måste hänsyn tagas till att gasen måste blandas med omgivande luft för att spridningen skall bli möjlig. Vid densiteten liknade den för luft krävs inte den uppblandningen av luft utan gasen följer luftens rörelser omedelbart.

Vidare beräknas spridningen antingen som en stabil plym, ett transient moln eller en kombination av de båda. Vid ett kortvarigt utsläpp beräknas spridningen enligt ett transient moln medan ett långvarigt utsläpp beräknas enligt en stabil plymmodell. Vad gäller utsläpp som ligger mitt emellan de två beräknas dessa som en kombination av de två modellerna. För dessa gäller inledningsvis under utsläppsfasen att de behandlas enligt en stabil plymmodell för att sedan övergå till ett transient moln när det inte längre förekommer något massflöde av kemikalien ut ur behållaren.

Anledningen till att SLABVIEW används för beräkningar i den här rapporten är att programmet är bra på att ta hänsyn till många olika parametrar. Därmed speglas verkligheten på ett godtagbart sätt vilket gör att programmet får anses vara användbart i den här rapporten.

För att modelleringar i SLABVIEW skall kunna genomföras krävs handberäkningar för massflödet ut ur behållaren. Hur detta beräknas redovisas i kapitel 4.2. Indata som har använts i SLABVIEW kan studeras i bilaga 7.

## 4.5 Resultat

Utsläppstiden antages för samtliga lösningsmedel, förutom klorvätegas, till 2400 sekunder. För klorvätegas beräknades utsläppstiden till 10,4 sekunder. Detta beror på att behållaren endast rymmer en begränsad mängd gas. Beräknade resultat för respektive lösningsmedel redovisas nedan. Avstånden i samtliga tabeller återges i meter.

### 4.5.1 Metanol

Vid modellering av kemikalien beräknades två massflöden, 12 respektive 24 kg/s. Hur dessa beräknats kan studeras under rubriken beräkningar. Vidare antogs maximal pölarea till 40 respektive 70 m<sup>2</sup>. Tabellen nedan gäller för massflödet 24 kg/s, pölarean 70 m<sup>2</sup> och 200 ppm.

Temp (K)	12 m/s	9 m/s	6 m/s	3 m/s
273	290	250	349	250
283	290	250	349	255
293	290	255	349	255

Vidare presenteras värdena för massflödet 12 kg/s, pölarean 40 m<sup>2</sup> och 200 ppm.

Temp (K)	12 m/s	9 m/s	6 m/s	3 m/s
273	146	145	201	146
283	171	146	201	146
293	171	147	201	146

Ovanstående värden får anses som stora och därmed finns risk för runtomkringboende. Viktigt att veta är att koncentrationen motsvarar det så kallade nivågränsvärdet (NGV). Eftersom det speglar den högsta koncentration som en människa tillåts vistas i under 8 timmar får det anses av vikt att titta på andra värden speglar en mer akut situation. För detta används korttidsgränsvärdet (KTV). Dessutom anges ERPG 2 värdet. KTV anger den koncentration av en kemikalie som människan kan utsättas för i max 15 minuter utan att skadas. ERPG 2 är den koncentration som en människa kan exponeras för i maximalt 1 timme utan att ådra sig allvarliga skador.

Vid närmare studie av kartor över området kan det konstateras att det är främst ett utsläpp av metanol med flödet 24 kg/s och en pölarea på 70 m<sup>2</sup> som får anses utgöra en betydande risk för runtomkringboende varför detta väljs att modelleras enligt KTV samt ERPG 2. För övrigt antages temperaturen till 283 K samt vindhastigheten till 6 m/s. Varför dessa parametrar väljs diskuteras i kommande stycke som behandlar osäkerheter. Resultatet återges i tabellen nedan.

KTV	250 ppm	339
ERPG2	1000 ppm	135

Som synes blir även dessa värden betydande och kräver därför viss diskussion. Vad gäller KTV värdet kan det konstateras att det föreligger en stor risk för runtomkringboende att de kommer att drabbas av koncentrationer som överstiger dessa. Vidare kan det konstateras att ERPG2 värdet kommer att uppnås också det utanför fabriksområdet. ERPG2 koncentrationen kommer dock antagligen inte att drabba bostadsområdet.

#### 4.5.2 Cyklohexan

För cyklohexan gäller samma förutsättningar som för metanol. Det som skiljer är utsläppsmängd/tidsenhet. Massflödet som antogs för cyklohexan blev 6,9 kg/s och 13,8 kg/s. Detta motsvara att en respektive två gaffelarmar skulle penetrera behållaren. I försöket antages behållaren stå på ett uppsamlingskar som motsvarar 1,08 m<sup>2</sup>. Försöket motsvaras i SLABVIEW av ett utsläpp i vätskeform vilket resulterar i att en pöl bildas nedanför behållaren med en area av 1,08 m<sup>2</sup> som avdunstar och därmed sker en spridning av ämnet i luften. Tabellerna nedan anger avstånden för NGV för massflödet 6,9 respektive 13,8 kg/s.

Temp (K)	12 m/s	9 m/s	6 m/s	3 m/s
273	67	63	77	63
283	68	63	77	63
293	70	63	77	63

Temp (K)	12 m/s	9 m/s	6 m/s	3 m/s
273	90	119	120	93
283	91	119	120	93
293	93	121	120	95

Det som kan konstateras utifrån tabellerna är att det krävs det större av de två massflödena för att koncentrationer som överstiger NGV skall uppnås. Detta medför att det inte behöver utredas huruvida KTV eller ERPG2 för massflödet 6,9 kg/s

uppnås. Detta i och med att NGV inte uppnås utanför fabriksområdet där det finns bostäder och risken för ett utsläpp skulle anses få allvarliga konsekvenser.

Vad gäller det större massflödet är det av vikt att en utförligare simulering utföres där även KTV och ERPG2 redovisas. Enligt samma förutsättningar som tidigare presenteras resultaten av simuleringen på nästa sida.

KTV	370 ppm	100
ERPG2	1300 ppm	67

Det som kan sägas om resultaten som återges i tabellen är att det finns en risk vid ett utsläpp. Det är främst risk för att KTV överskrides. ERPG2-värdet kommer enligt analysen inte att överskridas utanför fabriksområdet.

#### 4.5.3 Etanolisk saltsyra

Detta lösningsmedel har visat sig innebära väldiga problem vid modellering i SLABVIEW. Anledningen till det är att programmet tolkar ämnet som en gas vilket innebär en större spridning i programmet än i verkligheten. Detta fenomen är det väldigt svårt att ta hänsyn till men rapporten kommer ändå att ge ett förslag på spridningsmodell. Bakomliggande parametrar är samma som för övriga lösningsmedel. Massflödet är 1,96 respektive 3,92 kg/s för de beräknade modellerna. Vid modellering antages ett utsläpp av ämnet kunna åskådliggöras som ett utsläpp av HCl i gasform. För att beräkna de massflöden som använts vid modellering har det antagits att etanolisk saltsyra innehåller ca 25 % HCl samt att allt förångas momentant och sprids som ett moln. Ämnet antages förvaras på ett likadant uppsamlingskar som cyklohexan. Resultaten åskådliggörs nedan i tabellerna.

Temp (K)	12 m/s	9 m/s	6 m/s	3 m/s
273	103	103	122	103
283	103	103	122	103
293	103	103	122	103

Temp (K)	12 m/s	9 m/s	6 m/s	3 m/s
273	122	104	142	104
283	122	104	142	104
293	122	104	142	104

Värdena gäller för NGV. Resultaten antyder att det finns en risk för komplikationer för runtomkringboende vilket medför att en ytterligare analys är att föredra. Resultaten för aktuell studie presenteras nedan.

KTV	20 ppm	54
-----	--------	----

Värdena i ovanstående tabell antyder att det inte finns någon risk för att KTV överstiges utanför fabriksområdet.

#### 4.5.4 Klorvätegas

Detta är det enda av lösningsmedlen som är en gas. Detta innebär att vid spridning kommer angivna koncentrationer uppnås mycket snabbare än för övriga lösningsmedel. Vidare kommer också utsläppet att fortgå under mycket kortare tid

vilket innebär att det gasmoln som bildas snabbare kommer att försvinna. Det medför att människor kommer att utsättas för exponering under en kortare tid. Detta är någonting som läsaren bör ha klart för sig när de värden som presenteras studeras. NGV presenteras i tabellen nedan.

Temp (K)	12 m/s	9 m/s	6 m/s	3 m/s
273	54	54	64	44
283	54	54	64	44
293	54	54	64	44

Värdena gäller för massflödet 3,56 kg/s och en utsläppstid på 10,4 sek. Som synes är utsläppstiden väldigt kort. Vad gäller riskavstånden kan det konstateras att det kan föreligga en viss risk för att koncentrationer som kan vålla besvär kan uppkomma utanför fabriksområdet vilket innebär att en vidare simulering vad gäller KTV och ERPG2 måste utföras. Anledningen till att en vidare simulering görs är att klorvätegas anses ha de allvarligaste effekterna på människor. Vad gäller klorvätegas är NGV och ERPG2 samma vilket kan tyckas är något märkligt. Anledningen till detta kan inte den här uppsatsen ge något bra svar på men antagligen har det med lösningsmedlets toxiska egenskaper att göra. Värdena i den andra simuleringen presenteras nedan.

KTV, ERPG2	20 ppm	20
------------	--------	----

Som kan utläsas i tabellen finns inte någon risk att NGV eller ERPG2 uppnås utanför fabriksområdet. Det som skulle kunna inträffa under stabila väderförhållanden är att ett moln bildas som sedan driver iväg in över närbelägen bebyggelse. Även om ett sådant moln skulle uppstå, kommer antagligen det att uppträda på en högre höjd än vad människor befinner sig på. Detta innebär att risken för runtomkringboende får betecknas som minimal även om den finns.

#### 4.5.5 Dimetylformamid

Detta är det sista lösningsmedel som ingår i analysen. Ingångsdata är lika som för övriga lösningsmedel med undantag från klorvätegasen. Massflödet är 8,25 kg/s för aktuellt scenario. Resultaten för NGV presenteras nedan.

Temp (K)	12 m/s	9 m/s	6 m/s	3 m/s
273	54	54	669	44
283	54	54	669	44
293	54	54	669	44

Ovanstående värden är de överlägset största i den här rapporten. Det kan konstateras att ett utsläpp av detta lösningsmedel kommer att spridas väldigt långt. Närliggande bostadsområden kommer med största sannolikhet att drabbas av NGV koncentrationer. Det som är viktigt att ha klart för sig är att NGV motsvarar den koncentration som en människa får utsättas för i åtta timmar. Faktum kvarstår dock att det inte är önskvärt att uppleva dessa koncentrationer utanför fabriksområdet. I det här fallet är det liksom tidigare nödvändigt med en vidare analys av vilka värden som kan uppmätas. Resultat för ERPG2 presenteras nedan. Anledningen till att inte

avståndet för KTV presenteras är att avståndet bedöms som orimligt. Det simulerade värdet är ca 675 meter vilket inte kan anses som troligt.

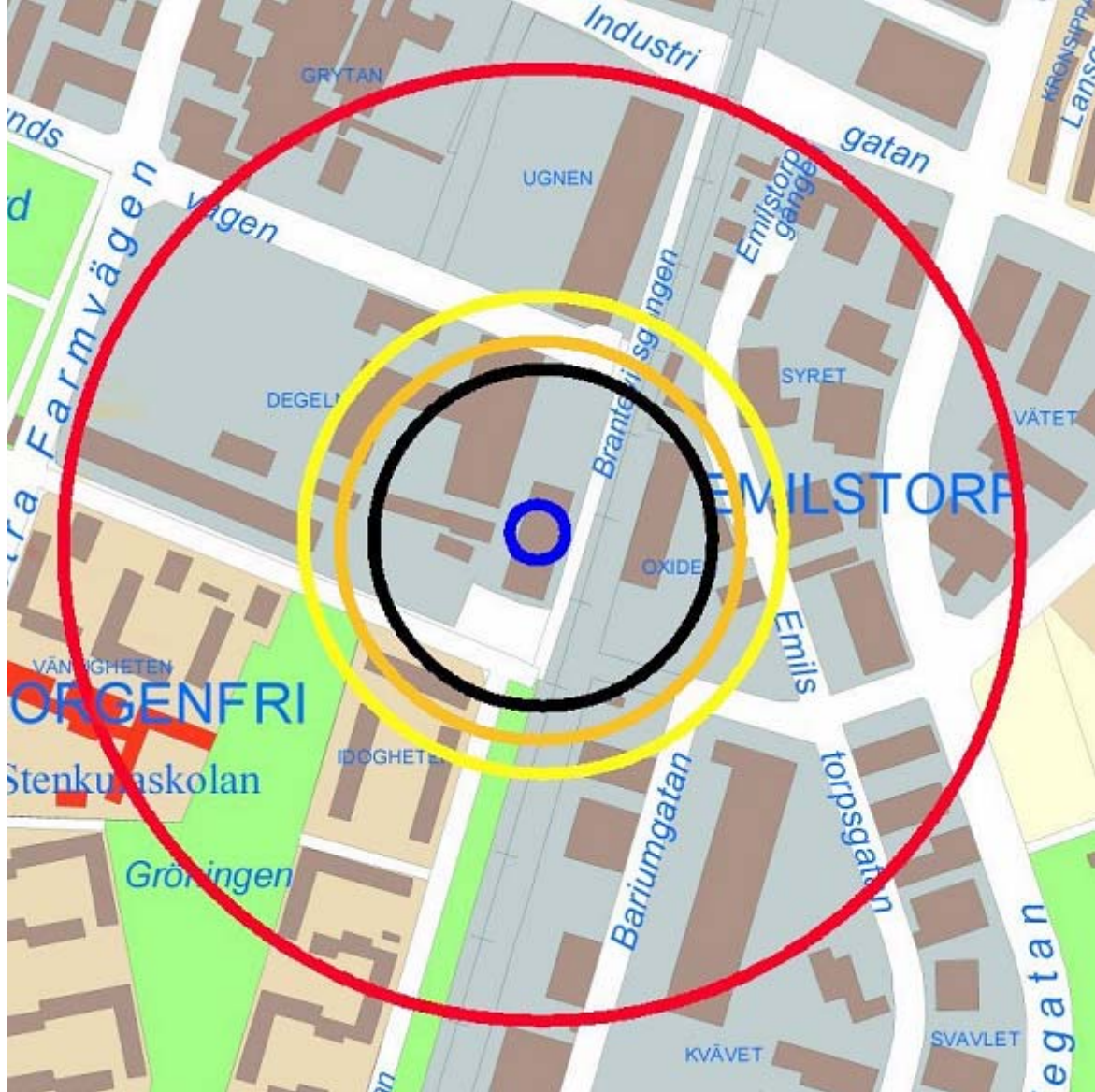
ERPG2	100 ppm	170
-------	---------	-----

Det som tydligt kan utläsas är att ett oavsiktligt utsläpp av dimetylformamid är det alvarligaste scenarion vad gäller spridning av lösningsmedel i luft. Även avstånden för KTV (orimligt) samt ERPG2 blir mycket stora, respektive stora.

## 4.6 Diskussion

När effekterna av utsläpp av olika lösningsmedel diskuteras är det viktigt att understryka att dessa bygger på en simulering. Till detta kommer att en del antagande gjorts. Detta gör att värdena i rapporten ej skall tolkas som definitiva utan ett underlag till en fortsatt utredning av konsekvensen av ett utsläpp. Eftersom detta enbart är en konsekvensanalys kommer inte några förslag till åtgärder för att minska risken för utsläpp och dess konsekvenser att presenteras. Diskussionen kommer att inledas med en sammanfattning av riskavstånden för respektive lösningsmedel. Därefter diskuteras vilka konsekvenser som ett utsläpp kan medföra.

För att förtydliga de avstånd som kommer att presenteras väljes dessa att åskådliggöras i en bild nedan.



- Metanol
- Dimetylformamid
- Klorvätegas
- Etanolisk saltsyra
- Cyklohexan

Det är KTV som åskådliggörs grafisk då rapporten anser att de ger en god bild av riskerna vid ett utsläpp förutom för DMF där ERPG2-värdet åskådliggörs eftersom KTV anses som orimligt (se DMF avsnittet). Metanol är det lösningsmedel som ger det längsta riskavståndet (339 meter). Detta beror på att det uppsamlingskar som finns under metanoltankarna är betydligt större än övriga. Som synes i bilden ovan kommer närliggande bebyggelse att drabbas. I bilaga 3 presenteras en karta som visar vilka hus som är bostäder, skolor, fabriker osv.

Näst längst riskavstånd gäller för DMF. Riskavståndet för DMF är 170 meter. Även detta utsläpp innebär att närläggna bostadshus kommer att drabbas. Den tredje största utsläppsarean uppkommer för etanolisk saltsyra och anges till 142 meter. Det sista ämnet som kommer att påverka närläggna bebyggelse är cyklohexan vilket har ett riskavstånd på 100 meter. Vad gäller klorvätegasen så kommer ett utsläpp inte innebära att KTV uppnås utanför anläggningens gränser.

Det man kan säga om ovanstående stycke är att alla utsläpp utom klorvätegas skulle innebära en risk för boende runt omkring. Läsaren bör ha klart för sig är att de koncentrationer som är aktuella i den här rapporten anger utomhuskoncentration. Detta innebär att värdena ej är applicerbara på de personer som vistas inne i bostadshuset. Detta gör att risken för skador på dem som befinner sig inomhus kommer att vara betydligt mindre. Avslutningsvis skall det också konstateras, som nämnts tidigare, att de värden som presenterats i den här rapporten är resultat av en datorsimulering som bygger på ett antal förenklingar av verkligheten. Alltså bör värdena endast ses som en uppskattning av de risker som finns för Dupont vid ett utsläpp av lösningsmedel och inte som något exakt mått på hur nära det är säkert att bo Duponts fabrik.



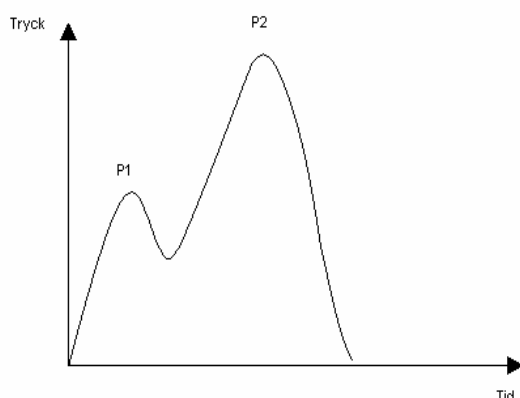


## 5 Explosionsberäkningar

Dupont Chemoswed är ett kemiföretag som dagligen hanterar mer eller mindre brandfarliga ämnen, därigenom finns det en sannolikhet att en explosion kan uppstå. Eftersom fabriken är relativt centralt lokaliserad med omgivande bostadsbebyggelse innebär en explosion, som nämnts i inledningen, att fabriken med stor sannolikhet inte skulle återuppbyggas.

En explosion som uppkommer till följd av ett läckage av ett lösningsmedel som sedermera förångas i en lokal och som sedan antänds är egentligen en väldigt snabb förbränningsprocess som genererar en kraftig tryckhöjning i lokalen under en väldigt kort tid. I den här rapporten behandlas ventilerade explosioner. En ventilerad explosion skiljer sig från icke ventilerad på det sättet att vid den förstnämnda innebär konstruktionen av brandrummet att det finns någon form av avlastningskonstruktion som avlastar tryckuppbyggnaden i rummet. Detta resulterar i en tryckuppbyggnadskurva likt den som presenteras nedan.

Tryckavlastningskonstruktioner kan existera även om konstruktören av rummet inte beaktat en explicit tryckavlastningskonstruktion, då i form av exempelvis fönster. Att explosionen är ventilerad beskriver att det finns någon form av tryckavlastande funktion i byggnaden, exempelvis ett fönster. Ett ventilerat explosionsförlopp består av två tryckmaximum. Vid antändning ökar trycket snabbt för att nå den första tryckpeaken ( $P_1$ ).  $P_1$  motsvarar det tryck där tryckavlastningskonstruktionen ger med sig. Detta medför en trycksänkning som bland annat är proportionell mot arean av tryckavlastningskonstruktionen, ju större area desto mer tryckavlastas utrymmet vilket medför ett lägre  $P_1$ . Tryckavlastningskonstruktionen hjälper som tidigare nämnts nu att tryckavlasta utrymmet. Tryckuppbyggnaden fortsätter upp till andra tryckmaximum eftersom förbränningen resulterar i en större tryckuppbyggnad än vad tryckavlastningskonstruktionen klarar av att hantera. Detta för att därefter avklinga och dö ut. Den andra tryckpeakens värde är också beroende av arean av tryckavlastningskonstruktionen. En större tryckavlastningsarea medför ett lägre värde på den andra tryckpeaken (Rj.Harris 1983). För att ytterligare förtydliga förloppet väljes detta att åskådliggöras i figur 5.1



De explosionsberäkningar som genomföres i den här rapporten bygger på olika korrelationer. En korrelation är en formel som är framtagen utifrån gjorda experiment. Det är viktigt att ha klart för sig att dessa är framtagna för specifika scenarion som uppträder i en specifik geometri.

*Figur 5.1 tryckprofilen vid en ventilerad explosion*

Korrelationerna är framtagna utifrån experiment som är utförda. Experimentet gick till på det sättet att en explosiv blandning leddes in i ett brandrum som hade formen av en kub. Kuben hade på ena sidan en försvagning som hade till uppgift att ge vika innan kuben skulle rämna. Efter att den explosiva blandningen letts in antändes den varpå försvagningen gav vika och den expanderande gasen kunde strömma ut. Under tiden mättes trycket och en tryckkurva erhöles. Utifrån geometriska värden och tryck togs ett antal korrelationer fram som idag använd bland annat i den här rapporten för att fastställa de tryckuppbyggnader som uppkommer vid en eventuell explosion med lösningsmedel som tändkälla. De tre korrelationerna som används redovisas nedan.

## 5.1 Cubbage and Simmonds

$$P_1 = S_0 (4.3 KW + 28) / V^{1/3}$$

$$P_2 = 58 S_0 K$$

$P_1$  motsvarar det tryck som tryckavlastningskonstruktionen brister vid och  $P_2$  motsvarar i de flesta fall maximalt tryck som explosionen genererar.  $P_2$  kan dock i vissa fall bli lägre än  $P_1$ . Detta beskrivs dock inte mer i den här rapporten eftersom författaren inte anser att sådana förhållanden är aktuella. Formeln bygger på att  $K \leq 5$  (förhållandet mellan tryckavlastningsarean och arean av väggen som tryckavlastningskonstruktionen är placerad på) samt att  $W \leq 24 \text{ kg/m}^2$ , som är vikten av tryckavlastningsmaterialet. Vad gäller  $W$  så innebär detta värdet inga problem då  $W = 10,4 \text{ kg/m}^2$ . I den här rapporten hur mycket  $1 \text{ m}^2$ , av de fönster som återfinnes i fabrikslokalen, väger. Det är nämligen fönstren i det här fallet som fungerar som tryckavlastare då det inte finns speciellt designade tryckavlastningskonstruktioner i fabrikslokalen (Rj.Harris 1983).

## 5.2 Laminär förbränningshastighet och turbulens

Det som avgör de materiella konsekvenserna av en explosion är hur stor tryckuppbyggnad som genereras av explosionen. De faktorer som i stor utsträckning påverkar tryckuppbyggnaden i den här korrelationen förutom  $K$ -värdet är reaktionshastigheten som i sin tur är direkt proportionell mot den laminära förbränningshastigheten. Att få fram adekvata värden för de lösningsmedel som är aktuella för den här rapporten har visat sig var mycket svårt. Författaren har efter samråd med handledare valt att skatta den laminära förbränningshastigheten till 0,4 då det anses stämma väl överens med de värden som har påträffats för andra kemikalier. Den laminära förbränningshastigheten har i princip aldrig understigit 0,3 och övergått 0,5 i de tabeller som undertecknad studerat (Rj.Harris 1983). För att erhålla reaktionshastigheten multipliceras den laminära förbränningshastigheten med turbulensfaktorn. Turbulensfaktorn redogörs för i stycket nedan. Antagandet av laminär förbränningshastighet medför att resultaten kommer att innehålla en osäkerhet, diskuteras i osäkerhetsanalysen.

Turbulensfaktorn speglar omgivningens inverkan på flamhastigheten. Ett stort rum med mycket utrustning medför en större turbulensfaktor och därmed en hög reaktionshastighet. I det här fallet sätts turbulensfaktorn till 4 på grund av att lokalerna som aktuella får betraktas som stora och att det finns en stor mängd utrustning som stör luftflödet i lokalerna. Turbulensfaktorn kan variera mellan 1-5 (Harris 1983). Där 1 innebär att luften flödar helt utan störningar som fåverkar flamhastigheten vid en eventuell explosion.

### 5.3 Geometri

Som tidigare nämnts innebär ovanstående korrelation vissa begränsningar. Vad gäller K-värdet skall detta vara mindre än 5. Så är inte fallet för de geometriska förhållanden som råder för beräkningarna i den här rapporten. K-värdet är det förhållande som råder mellan arean av väggen som tryckavlastningsmaterialet återfinns på och arean av tryckavlastningskonstruktionen. I det här fallet alltså kvoten mellan arean av ytterväggen som avlastningskonstruktionen är placerad på och arean av fönsterrutorna. För det aktuella fallet uppgår K-värdet för ett scenario till ca 120, detta får betraktas som ett extremt högt värde vilket medför att både  $P_1$  och  $P_2$  blir orimligt stora. Detta medför att korrelationen inte kan användas för de scenarion som medför väldigt stora K-värden. Det man däremot kan konstatera efter genomförda beräkningar, kan studeras i bilaga 2, är att även om alla fönsterrutor skulle gå sönder och på sätt verka som tryckavlastare så skulle det maximala tryck som uppstår bli väldigt högt. Det framräknade trycket skulle enligt författarens åsikt innebära en allvarlig påverkan på byggnaden och risk finns för att lokalen skulle rämna om jämförelse med att en tegelvägg motstår ett tryck på 150 mbar görs. Detta eftersom beräknat tryck avsevärt överstiger vad en tegelvägg kan motstå.

Det kan också nämnas att det har funnits en del svårigheter att uppskatta volymen av produktionslokalerna. Författaren anser dock inte att volymmåttet behöver vara angivet exakt då volymen i beräkningarna upphöjs till en tredjedel. Jämförs exempelvis volymen av ”gula hallen”, som är den största produktionshallen om hallvolymen jämföres. En ökning av volymen med  $10 \text{ m}^3$  medför en ökning av formelvärdet med endast 0,03mbar vilket enligt författaren endast har en marginell betydelse i den här rapporten.

### 5.4 Cubbage and Marshall

Den här korrelationen behandlar samma problemställning som *Cubbage and Simmonds* korrelation. En skillnad är att *Cubbage and Marshall*'s korrelation inte uttrycker de tryck som genereras som  $P_1$  samt  $P_2$  utan säger att det maximala tryck som generas kan uttryckas bland annat med hjälp av det tryck som krävs för att tryckavlastningskonstruktionen skall ge vika ( $P_v$ ). Korrelationens begränsningar är, förutom de som gäller för *Cubbage and Simmonds*, att  $W$  inte får understiga  $2,4 \text{ Kg/m}^2$  och att  $P_v$  inte får överstiga 490 mbar. Huruvida korrelationen är aktuell för de olika scenariona återkommer rapporten till senare.  $P_v$  erhålles på så sätt att *Cubbage and Simmonds*'s formel för beräkning av  $P_1$  använd och sedan ansätts  $P_v = P_1$ . Korrelationen ser ut som följer:

$$P_m = P_v + 23 (4.3 KW + 28) / V^{1/3} ([f(\lambda, \lambda_0)])$$

I den här rapporten sätts den sista termen innehållande lambda till 1 i och med att det är en konsekvensanalys (Rj.Harris 1983). Fysikaliskt innebär detta att maximalt tryck som kan uppträda i rummet anges. Anledningen till detta är att rapporten intresserar sig för maximalt tryck för respektive scenario. Detta är enligt de rekommendationer som finns.

## 5.5 Rasbash

Vad gäller *Rasbash* korrelation så är den väldigt lik *Cubbage and Simmonds* korrelation med det undantag att  $P_v$  inte får överstiga 70 mbar vilket är väsentligt lägre än 490 mbar. Korrelationen åskådliggörs nedan.  $P_v$  erhålles på så sätt att *Cubbage and Simmonds*'s formel för beräkning av  $P_1$  använd och sedan ansätts  $P_v = P_1$ .

$$P_m = 1,5P_v + 77,7S_0K$$

## 5.6 Resultat

Nedan kommer de beräkningsresultat som erhållits att visas. I detta stycke kommer inte någon diskussion, om huruvida resultaten kan användas för att säga någonting om konsekvensen av en given händelse, att föras. Det kommer att redogöras för senare i rapporten efter genomgång av alla formler som använts för formelberäkning.

### 5.6.1 Gröna hallen

Detta är den största av produktionshallarna volymmässigt. Hallen består av tre plan där det är öppet mellan planen. De beräkningar som utföres i den här rapporten bygger på antaganden och resultaten bör därför endast ses som riktvärden för aktuell fabrik och för de scenarion som återges i rapporten. Resultaten kan, enligt författaren, användas till att bilda sig en uppfattning av vilka konsekvenser som kan följa av en eventuell explosion. För gröna hallen ges följande resultat då samtliga rutor i lokalen antas brista och på så sätt verka som tryckavlastare.

*Cubbage and Marshall*:  $P_1 = 22$  mbar,  $P_2 = 300$  mbar

*Cubbage and Simmonds*:  $P_m = 211$  mbar

*Rasbash*:  $P_m = 436$  mbar

Framräknade värden har en tendens att variera, detta beror på att det är korrelationer som används vid beräkningarna och att dessa därmed är anpassade just för de betingelser som gällde för respektive försök. Det som kan sägas är att värdena generellt är väldigt stora, om man jämför med 150 mbar som en tegelvägg motstår (Harris 1983), och eventuellt kan medföra allvarliga strukturella skador på byggnaden. Det är viktigt att känna till att dessa värden speglar det scenario som innebär lägst tryckuppbyggnad. Tryckuppbyggnaden kommer nämligen till stor del att bero av arean av de tryckavlastningsluckor som återfinns i lokalen. Vid ovanstående beräkningar antogs att alla fönsterrutor i lokalen gick sönder samtidigt vilket i verkligheten är orimligt. Det troliga är att ett eller möjligtvis flera fönster skulle ge med sig. Därmed minskar avlastningsarean vilket resulterar i en högre tryckuppbyggnad. Anledningen till att endast ett eller flera fönster skulle ge med sig är att det finns sprickor i vissa fönster, och att fönstrena med stor sannolikhet inte är insatta samtidigt. Detta medför att vissa fönster är i sämre kondition än andra. Det är nämligen så att tryckuppbyggnaden går så fort att övriga fönster som inte gått sönder i första skedet inte hinner krackelera och därmed hjälpa till att tryckavlasta innan maximalt tryck uppnåtts i lokalen. Anledningen till att endast det resultat där alla

fönstren i lokalen går sönder samtidigt finns presenterat är att övriga scenarion med mindre antal fönster som tryckavlastar faller utanför korrelationernas avgränsningar. Dessa scenarion resulterar nämligen i ett betydligt högre K-värde vilket medför att det blir orimligt höga tryck. De framräknade trycken uppgår i dessa scenarier till mellan 1000-1400 mbar vilket är orimligt. Det som däremot går att konstatera är, att det för ett troligt explosionsscenario i "gröna hallen" skulle genereras ett högre tryck än de resultat som angivits på föregående sida. Detta medför att risken för strukturella skador på byggnaden inte kan uteslutas.

### 5.6.2 Gula Hallen

Även detta är en produktionslokal. De resultat som presenteras för den här lokalen liknar de värden som presenteras i ovanstående stycke. Detta beror på att nästan samtliga ingångsvärden är identiska förutom volymen. Hur de olika parametrarna påverkar resultatet redogörs för i kommande kapitel som behandlar och diskuterar de osäkerheter som finns i korrelationerna. Framräknade resultat presenteras nedan:

*Cubbage and Marshall:*  $P_1 = 27$  mbar,  $P_2 = 300$  mbar

*Cubbage and Simmonds:*  $P_m = 224$  mbar

*Rasbash:*  $P_m = 443$  mbar

Även för denna lokal gäller beräkningarna för det att samtliga rutor ger med sig och tryckavlastar rummet. Placeringsmässigt ligger "gula hallen" sämre till jämfört med tidigare nämnd produktionshall om hänsyn togs till hur byggnaden totalt påverkas. Detta med anledning av att hallen ligger mer centralt placerad. Även för den här produktionshallen blir värdena väldigt höga. På samma sätt utföres dessa beräkningar precis som föregående där det antages att alla fönster går sönder. Beräkningar med mindre antal medverkande fönster resulterar även här i ett acceptabelt K-värde för korrelationerna överstiges. Detta resulterar i orimligt höga värden på maxtryck (ca 1000-1400 mbar). Det som kan sägas är dock att även för den här hallen finns risk för strukturella skador om en explosion skulle inträffa.

### 5.6.3 Blå Hallen

Detta är den största av produktionshallarna vilket innebär att lägsta tryck kommer att generas i lokalen. Resultat enligt följande:

*Cubbage and Marshall:*  $P_1 = 21$  mbar,  $P_2 = 210$  mbar

*Cubbage and Simmonds:*  $P_m = 165$  mbar

*Rasbash:*  $P_m = 313$  mbar

Ovanstående värden skiljer sig som synes från övriga. Detta beror till en stor del på att den totala fönsterarean är större vilket medför ett lägre K-värde som i sin tur ger generellt lägre tryck för alla korrelationer. Det som är intressant för dessa värden är att de innebär att lokalen kan klara en explosion. Svårigheten är att värdena ligger hyfsat nära gränsen för vad fabriken kan motstå. Jämför med att en tegelvägg klarar cirka 150 mbar (Harris 1983). Det är därför oerhört svårt att dra några slutsatser om huruvida byggnaden kommer att ådra sig strukturella skador eller ej. Ett vidare resonemang om samtliga resultat följer i slutet av kapitlet.

### 5.6.4 Röda hallen

Detta är den produktionslokal som ligger närmast färdigvarulagret. Resultaten från beräkningarna redovisas nedan:

*Cubbage and Marshall*:  $P_1 = 28$  mbar,  $P_2 = 300$  mbar

*Cubbage and Simmonds*:  $P_m = 228$  mbar

*Rasbash*:  $P_m = 445$  mbar

Dessa värden ligger klart över gränsen för vad som får anses vara inom de ramar som byggnaden står pall för. Det som kan sägas utifrån värdena är att risken för strukturella skador på fabriken är, enligt författarens mening betydande.

### 5.7 Avslutande diskussion

Vad gäller de värden som presenterats kan det generellt konstateras att maximalt tryck som genereras av en explosion i någon av hallarna kommer att leda till strukturella skador på byggnaden. Vilken omfattning skadorna får är det däremot svårare att säga något om. Det som kan konstateras är att resultaten överstiger de värden som en byggnad klarar av (Rj.Harris 1983). Vad gäller röda hallen blir inte tryckuppbyggnaden lika stor som i övriga produktionslokaler. Detta beror på att fönsterarean i nämnd hall är större än den i övriga. Det som den här rapporten kan fastslå är att vidare beräkningar bör göras innan några åtgärder vidtages. Anledningen till rekommendationen är att de korrelationer som använts för beräkningar i den här rapporten antager att lösningsmedel sprider sig i hela lokalen och att väl omblandade förhållanden råder. Vidare antages att en tillräckligt stor mängd lösningsmedel läcker ut för att kunna fylla hela lokalen med lösningsmedelsångor. I och med att detta är en konsekvensanalys och inte en riskanalys över utvalda scenarion gör att rapporten inte kommer att fokusera på några rekommendationer vad gäller verksamheten eller skyddsåtgärder. Detta med anledning av att inte scenarionas sannolikheter beaktas. Eftersom sannolikheten kan vara så liten skulle kanske en åtgärd som utföres för att minska risken för en explosion bli väldigt kostsam i förhållande till hur mycket sannolikheten för en explosion minskar vilket medför att åtgärden inte blir ekonomiskt försvarbar. Dessutom så är det oerhört svårt att säga huruvida en byggnad kan motstå de tryck som generas vid en explosion. Den litteratur som författaren studerat anger olika gränsvärden för strukturella skador. Detta medför att det finns en stor osäkerhet kring vad som exakt skulle ske vid en explosion.





## 6 Osäkerhetsanalys

Som tidigare nämnts har en hel del antagande gjorts vilket inneburit en förenkling av verkligheten. Detta kapitel har till syfte att klargöra vilka parametrar som varit svåra att skatta och därmed medfört att en osäkerhet har implementerats i analysen. Första delen behandlar spridningsmodellernas ingående parametrar och avslutningsvis diskuteras explosionsberäkningsparametrarna.

En spridningsmodell innehåller alltid en viss osäkerhet oavsett hur sofistikerat datorprogrammet som används än må vara. Ingående parametrar diskuteras nedan för att jämföras och slutligen klargöra vilka som medför en osäkerhet för resultatet. Även de parametrar som ingår i de analytiska handberäkningarna kommer att diskuteras. För att få en bra struktur i texten inleds den med analysen av handberäkningarna för att avslutas med en utvärdering av osäkerheterna i SLABVIEW.

Det har antagits att trycket inne i behållaren kan likställas med atmosfärstryck på grund av att lösningsmedlena förvaras utomhus. Det finns ett undantag och det gäller klorvätegasen. Den levereras av AGA-gas i en trycksatt behållare vilket inneburit ett högre tryck. Eftersom gasflaskan levereras från en underleverantör skulle det vara orimligt att i rapporten experimentera med olika tryck eftersom sannolikheten att gasflaskan skulle variera i tryck får anses som infinitesimal. Studeras formeln för framräkning av trycket inne i behållaren så kan det utläsas att höjden på vätskenivån spelar roll. Rapporten antar för samtliga lösningsmedel att förvaringsbehållaren är full. Detta för att räkna på det största massflödet på grund av vätskenivån och därmed kan det medverka till att överskatta resultatet eftersom behållarna sällan är toppfyllda. Naturligtvis spelar hålets storlek på behållaren en stor roll till hur omfattande spridningen blir. Ett större hål medför ett större massflöde som i sin tur resulterar i att mer av lösningsmedlet kan avdunsta och därmed ökar också spridningsavståndet. Hålets storlek är framtaget utifrån gjorda mätningar på den truck som fabriken förfogar över. Naturligtvis finns en möjlighet att undertecknad mätt fel med sannolikheten för detta bedöms som liten. Däremot infinner sig en större osäkerhet vad gäller utformningen på det uppkomna hålet. Rapporten antar att hålet som bildas är skarpkantat och utifrån intryckt. Värdet som antogs är 0,6 vilket motsvara ett skarpkantat hål. Kontraktionsfaktorn för ett intryckt hål är 0,5. Anledningen till att det större värdet antogs är att det är svårt att sja om huruvida hålet blir intryck mycket eller lite och därför antogs det värde som resulterade i ett större massflöde för att analysen inte skall underskatta massflödet med avseende på utformningen av penetrationshålet. Vad gäller den kinematiska viskositeten för de olika lösningsmedlen innefattas inte den av någon osäkerhet eftersom den beror av densiteten och den har varit lätt att leta fram i tabeller.

Vad gäller SLABVIEW diskuteras endast de parametrar som undertecknad själv antagit utan hjälp av tabeller.

Vindhastigheten antages till 3, 6 respektive 12m/s. Eftersom författaren själv antagit dessa värden medför de naturligtvis en osäkerhet men i och med att undertecknad valt flera olika värden förväntas ända verkligheten att speglas väl. Visserligen är övre gränsen satt till 12m/s vilket medför att kraftiga vindförhållanden så som storm och orkan speglas. Men eftersom de största riskavstånden uppträdde vid 6m/s antages att storm och orkanhastigheter skulle späda koncentrationen så pass mycket att ett

kortare riskavstånd skulle registreras. Dessutom anses orkaner inträffa såpass sällan att de därför inte medtages i beräkningarna. Temperaturen är satt från 273°K till 293°K vilket får anses spegla södra Sveriges klimat väl. Visserligen kunde både lägre och högre värden ha antagits men som diskuteras i känslighetsanalysen spelar temperaturen en marginell roll för spridningsavståndet.

Vad gäller explosionsberäkningarna föres diskussionen på ett liknande sätt som för utsläpp av lösningsmedel.

I den här rapporten beror resultatet av explosionsberäkningarna i stor utsträckning på hur många fönster som togs med i beräkningarna. Det är väldigt svårt att sja om alla fönster i lokalen går sönder och verkar som tryckavlastare eller om endast ett fönster medverkar. Detta innebär en väldigt stor osäkerhet vid beräkning av tryck. Anledningen till svårigheten att bestämma hur många fönster som medverkar tryckavlastande beror på att fönsterrutorna byts ut oregelbundet vilket medför att det blir väldigt svårt att uppskatta hållbarheten hos de olika fönsterrutorna. En annan parameter som spelar den största rollen är reaktionshastigheten som i beräkningarna av maximalt tryck upphöjs med två. Detta innebär att en högre reaktionshastighet medför ett mycket högre maximalt tryck. I rapporten skattas ett medelvärde av den laminära förbränningshastigheten, som är direkt proportionell mot reaktionshastigheten vilket medför en stor osäkerhet. Dessutom ligger en stor svårighet att översätta beräknade tryckvärden till huruvida konstruktionen motstår en eventuell explosion. Sammanvägds osäkerheterna i den här rapporten kan det konstateras, som författaren påpekar att värdena endast bör ses som en ungefärlig skattning av maximal tryckuppbyggnad i produktionshallarna och att en utförligare beräkning bör genomföras innan några åtgärder vidtages.



## 7 Känslighetsanalys

I detta stycke ligger fokus på hur känsligt resultatet är för olika förändringar av ingående parametrar. Stycket är indelat på samma sätt som osäkerhetsanalysen varvid utsläpp av lösningsmedel diskureas först för att följas av en analys av explosionsberäkningarnas ingående parametrar. Naturligtvis beror resultatet av alla parametrar mer eller mindre. I det här stycket skall ett försök att svara på hur mycket en ändring av ingående parametrar påverkar resultatet. Samtliga ingående parametrar kommer inte att diskuteras i det här stycket eftersom en del inte går att ändra.

Vad gäller de analytiska handberäkningarna för massflöde kan det direkt konstateras att en del parametrar har en större betydelse än andra. Parametrar som är direkt proportionella mot massflödet är hålets area samt kontraktionsfaktorn. Eftersom kontraktionsfaktorn inte kan ändras särskilt mycket kommer massflödet inte att påverkas mer än några procent. Hålets area kan däremot variera beroende på om det antages att en eller två gaffelben penetrerar förvaringsbehållaren. Detta gör att det får anses att den sistnämnda har en större inverkan på resultatet om den jämföres med kontraktionsfaktorn eftersom den kan varieras mer. Vidare studeras parametrar som inte är direkt proportionella mot massflödet. Dessa är den kinematiska viskositeten, atmosfärstryck samt vätskepelarens nivå i förvaringsbehållaren. Atmosfärstryck kan ej varieras eftersom behållarna inte kommer att flyttas. Den kinematiska viskositeten är också svår att ändra eftersom den beror av densiteten som får anses som relativt konstant. Kvar blir då vätskepelarens höjd. Denna parameter är direkt proportionell mot trycket i behållaren men endast proportionell mot massflödet med en faktor roten ur. Det medför att en ändring av vätskepelaren inom de höjder som är aktuella i den här rapporten inte har någon betydande inverkan på massflödet. De parametrar som hittills diskuterats gäller för de analytiska handberäkningarna, vidare skall ingående parametrar i SLABVIEW diskuteras.

En undersökning av vindhastigheter visar att resultatet beror av vinden. Den längsta spridningen simulerades vid en vind hastighet av 6m/s. Maximal och minimal vindhastighet sattes till 12 respektive 3m/s. Anledningen till fenomenet antages vara att vid låga hastigheter hinner inte vinden transportera lösningsmedlet utan utspädningen går fortare. Vid högre hastigheter tros turbulens påskynda en koncentrationsminskning vilket resulterar i ett kortare riskavstånd

Vad gäller förvaringstemperatur har den ingen direkt påverkan på resultatet. En ändring innebär endast marginella förändringar om de intervall som ändringen sker ligger inom ramarna för temperaturväxlingarna för södra Sverige. Det är framför allt dessa parametrar som undertecknad anser som intressanta för den här diskussionen med anledning av att de är lättast att, med utgångspunkt för den erfarenhet som undertecknad har an spridningsmodellen, dra några kvalificerade slutsatser om som är ordentligt underbyggda. Dessutom är det dessa som antages kan ändras i programmet utifrån gällande förutsättningar.

Vad gäller explosionsberäkningarna så har rumsgeometrin en viss betydelse. Ett mindre rum genererar ett högre tryck. Men rumsstorleken har inte en så stor betydelse som kan tros. Rummets volym upphöjs i beräkningarna för maximalt tryck till en tredjedel vilket innebär att variationerna av rummets storlek spelar liten roll. Det som däremot har en väldigt stor betydelse är förhållandet mellan

tryckavlastningskonstruktionens area kontra arean av väggen den är applicerad på men eftersom de är konstant i detta fall så har inte denna parameter trots dess betydelse analyserats djupare. Nämnda resonemang gäller för alla parametrar utom två, laminära förbränningshastigheten samt turbulensfaktorn. Studeras den laminära förbränningshastigheten kan, som tidigare nämnts, konstateras att den är ett medelvärde av de tabeller som finns att tillgå. Vidare analys visar att förändringen av parametern inte kan bli särskilt stor varför en ändring inte inverkar på resultatet i särskilt stor utsträckning. Turbulensfaktorn kan varieras, som tidigare nämnts från 1-5. Förhållandena i lokalen innebär att det värde som satts inte kan ändras i någon större utsträckning vilket innebär att även denna parameter inverkar relativt lite på resultatet eftersom den också multipliceras med den laminära förbränningshastigheten som har ett värde på 0,4. Slutsatsen blir alltså att de parametrar som kan vara aktuella att ändra inte påverkar resultatet i någon större utsträckning varför det anses att en djupare analys inte krävs.



## 8 Riskhanteringsprocessen

Ett företags verksamhet medför risker både för omgivningen samt dess anställda men också mot företaget självt. Dagens samhälle har helt andra acceptansnivåer angående risker än för hundra år sedan när industrialiseringen startade. Idag handlar många företags överlevnad om hur väl de hanterar sina risker. Ett företag som råkar ut för en olycka kanske inte klara konkurrensen efter en sådan på grund av medförda produktionsstörningar och nedsvärtad image. Detta gör att det idag satsas mycket på riskhantering inom företag och organisationer. Dupont anser sig själva som ett företag som ligger långt fram i utvecklingen och tillämpningen av riskhanteringsstrategi.

### 8.1 Teori

De metoder som kommer att användas är Kolbs teori om lärande samt Argyris teori om lärande i en organisation. Anledningen till detta är att de är väl förankrade och beprövade samt att de är erkända av ledande forskare inom ämnet.

#### *Kolb*

David Kolb utexaminerades från Harvards universitet i USA 1964. Han anser att lärande kan beskrivas utifrån två aspekter. Den första bygger på hur människor inhämtar information. Den andra bygger på hur vi som människor bearbetar och behandlar den inhämtade informationen. Med bakgrund av detta bygger sedan Kolb upp en cykel av hur någonting först upplevs för att sedan vidare reflekteras. Efter följer det abstrakta tänkandet som i sin tur följs av ett aktivt experimenterande för att sedan igen kopplas ihop med de konkreta upplevelserna (<http://larstilar.cfl.se/?sid=1305>). Figur 8.1 åskådliggör cirkeln.

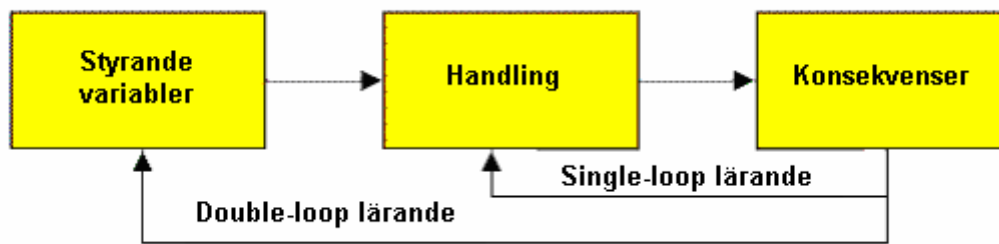


Figur 8.1 Kolbs lärandecirkel (<http://larstilar.cfl.se/?sid=1305>).

Ovan visas de olika delmomenten och hur de hänger ihop.

#### *Argyris*

Chris Argyris, även han Harvardprofessor, har utformat en princip kring lärande organisationer som behandlar vilken nivå lärande i företaget är på. Det han kallar för single-loop learning innebär att företaget endast fel avkänns och korrigeras men företaget ser inte över varför felet uppkommer. Double-loop learning däremot speglar ett företag som avkänner fel och dessa korrigeras men också att företaget ifrågasätter dess rutiner. Double-loop learning är den högsta formen av lärande som kan tillämpas i ett företag enligt Argyris (<http://www.psychology.lu.se/psyk/till%20hemsida%20-%20annat/Magnus%20Larsson%2020050914.pdf>). Figur 8.2 åskådliggör schematisk de två processerna.



Figur 8.2 Argyris lärandemodell

Figuren visar tydligt att single-loop lärandet endast ser till att förhindra att gjorda fel inte upprepas utan någon djupare reflektion om varför felet uppkommer medan Double-loop lärandet däremot visar en djupare förståelse till varför problemen uppkommer och hur man på ett djupare plan kan komma tillrätta med problemet.

## 8.2 Duponts egenbild

Dupont är känt världen över inom riskhanteringsrådet och ses som världsledande inom disciplinen. Dessutom anses företaget ha en lärande organisation i mycket större utsträckning än andra företag. Detta bevisas delvis genom att företaget säljer sin egen riskhanteringsstrategi men också genom de erkännanden företaget fått runt om i världen av auktoriteter inom området. Företagets goda riskhantering fanns i författarens åtanke när exjobbssarbetet inleddes.

## 8.3 Duponts säkerhetskultur

Samtliga anställda har genom åren lärt sig att minska uppkomsten av risker med hjälp av ett säkerhetsmedvetet handlande och varför detta arbete är viktigt. Dessutom finns det väl utformade dokument för hur ett tillbud eller olycka skall följas upp för att dels förhindra att situationen uppkommer igen dels att den anställda skall få så stora möjligheter till återanpassning som möjligt (<http://www.dupont.com/>). Till exempel insåg företaget att fallolyckor var en förekommande olycka inom verksamheten varpå det skickades ut dokument som påtalade att samtliga anställda borde hålla i trappträcket vilket samtliga anställda insåg och därmed infördes detta som en normal del i verksamheten (Dan Klingberg). Författaren anser att en viktig del i att lyckas som företag är att satsa på sina medarbetare. Detta görs på Dupont genom att företaget hela tiden försöker göra de anställdas arbetssituation säkrare och bättre med hjälp av riskanalyser och månadsmöten.

## 8.4 Vad speglar en god säkerhetskultur

Den största osäkerheten inom ett företag vad gäller fel eller risker kan knytas till den mänskliga faktorn som medverkar till ca 80 % av alla olyckor som sker. En god säkerhetskultur speglar den medvetenhet som finns hos företaget om exempelvis det ovan nämnda samt om andra risker. Dessutom återspeglas en kunskap och förmåga att förhindra risker (Åsa Ek 2005). Det viktigaste för att ovan nämnda skall fungera är att det finns ett djupgående intresse hos företagsledningen för dessa frågor och att det aktivt arbetas med detta.

För att skapa en god säkerhetskultur gäller att identifiera riskbeteenden och minimera dessa. Företaget bör ha en lärande organisation och en god hantering av information



för att kunna bearbeta och göra något av informationen som ges. För att detta skall fungera krävs en god rapporteringsapparat som inte bestraffar den enskilde som rapporterar en brist. När en brist rapporteras krävs också att företaget kan anpassa sig efter situationen och eventuellt ändra en process för att minska risken. Detta kräver en flexibel organisation (Åsa Ek 2005).

## **8.5 Konsekvensanalysens plats i riskhanteringsprocessen**

Riskhanteringsprocessen kan indelas i flera bitar. Inledningsvis bestämmer sig företaget för att en konsekvensanalys av verksamheten skall göras. Detta börjar med en inventering av vilka risker som uppträder inom verksamheten. Därefter identifieras riskerna där orsakskedjor diskuteras för att följas av en beräkning av sannolikheten för att de olika delarna i kedjan skall uppträda och på så sätt erhålls sannolikheten för ett valt scenario som utmynnar i en konsekvens. Efter detta studeras möjliga konsekvenser av ett scenario. Det är det sistnämnda som är själva konsekvensanalysen. Slutligen vägs sannolikheten för en händelse ihop med dess konsekvens och ett riskmått erhålls. Detta är inte fallet för en konsekvensanalys utan en riskanalys. Avslutningsvis görs ofta en osäkerhets- och känslighetsanalys.

## **8.6 Uppföljning och återkoppling**

När konsekvensanalysen är färdig skall den presenteras och implementeras i företaget. Presentationen kan ske på olika sätt men den bör göras så att skiftpersonal samt ledning invigs i presentationen. Efter presentationen av konsekvensanalysen är det viktigt med återkoppling för att på så sätt bättre förankra analysen hos de anställda och visa att det finns ett engagemang hos ledningen. Detta inbegriper det som brukar kalas en lärande organisation. Precis som Eva Kronqvist (2005) menar författaren att en utbildning av personalen inom området är viktigt för att ett företag hela tiden skall utvecklas och bli ett lärande företag. Det sistnämnda kan ske på en mängd olika sätt men det som är viktigt är att analysen inte bara arkiveras utan följs upp med eventuella förändringar inom processen om dessa skulle visa sig nödvändiga.

Det finns olika synsätt på en lärande organisation, författaren anser att (Kolb 1984) visar på en viktig lärandemodell när han talar om erfarenhetsbaserat lärande. Modellen bygger på att erfarenheter transformeras och att företaget på så sätt hela tiden förblir en lärande organisation. En lärande organisation kan vara olika bra på att lära. Detta redogörs för närmare under rubriken Kolb. Det är detta som kan åstadkommas genom den återkoppling som beskrivits som så viktig.

## **8.7 Analys av Duponts arbete med aktuell konsekvensanalys**

Stycket syftar till att försöka analysera hur företagets riskhanteringsprocess har sett ut för aktuell konsekvensanalys som utförts av undertecknad vid företaget. I och med detta kan det inte sägas något om företagets riskhantering i andra sammanhang utan endast explicit för den här konsekvensanalysen. Analysen beskriver hur arbetet med konsekvensanalysen fortskred och hur företaget förberett sig med att ta fram scenarion.

## **8.8 Faktisk arbetsgång för framtagande av Konsekvensanalys**

Företaget inledde sitt arbete med att skicka en förfrågan till LTH om hjälp i form av ett examensarbete som innebar en konsekvensanalys av företagets fabrik. Konsekvensanalysen inleddes med samtal med företagsledning, Berit Andersson och

Daniel Gojkovic från LTH samt undertecknad där det inledningsvis bestämdes vilka riskers konsekvenser som var av intresse för företaget och om dessa var möjliga för undertecknad att vetenskapligt undersöka.

Efter mötet med handledare och ledning följde ett antal diskussioner mellan handledare samt undertecknad vilka lösningsmedel som skulle ingå i analysen. Tillsammans bestämdes det att ett antal olika lösningsmedel som var vanligt använda inom processerna skulle analyseras. Beslutet byggde på vad handledaren ansåg som lämpligt vilket enligt författaren verkade bra, eftersom handläggaren besitter väldigt god kompetens ämnas kemiska egenskaper och de mängder som hanteras på företaget. Konsekvensanalysen gjordes för att analysera vad ett worst case scenario betydde för konsekvenser.

Efter samtalen med handledaren gjordes en litteraturstudie inom de områden som var aktuella för analysen. Undertecknad utförde aktuell konsekvensanalys med hjälp av beräkningar som är vedertagna för liknande beräkningar. Under tiden som arbetet utfördes fanns en god kontakt mellan representanter från företags olika delar som kunde tänkas vara till hjälp för författaren. I skrivande stund är konsekvensanalysen utförd och författaren kan därför inte redogöra för hur konsekvensanalysen kommer att mottagas eller följas upp.

## **8.9 Allmänna förhållanden på Dupont**

Det får anses råda en väldigt god sammanhållning inom företaget. Den goda sammanhållningen beror antagligen på företagets storlek samt att verksamheten är så pass känslig för störningar som den är eftersom företaget är beläget där det är i Malmö och att verksamheten lätt kan tänkas flyttas till en annan geografisk plats än Malmö om en stor olycka skulle inträffa. Enligt ledningen kan mycket väl konsekvensen av en olycka innebära att företaget läggs ned i Sverige och förläggs utomlands (Rolf Lantz). Författaren upplever att anställda känner en social trygghet i företaget på grund av dess litenhet (endast ca 50 anställda på företaget), detta är också en mycket positiv egenskap för att en god säkerhetskultur skall utvecklas inom företaget vilket styrks av Eva Kronqvist skrift som också understryker dess vikt. Den goda sammanhållningen i ett företag möjliggör en ökad initiativförmåga hos de anställda och att fler enskilda initiativ tas i verksamheten (Eva Kronqvist 2005). Ovanstående är en förutsättning för att företaget skall kunna bedriva sin verksamhet på den plats i Malmö där företaget är beläget idag.

En annan viktig del är att de anställda får positiv feedback på det arbete som utförs. Detta sker enligt vad som framkommit till författaren endast i begränsad skala. Positiv feedback är en viktig del för motivationen såväl hos anställda som hos ledning. Ett positivt forum för feedbacken på de anställdas arbete kan vara det månadsmöte som företaget håller. På detta möte får anställda en enligt författaren god möjlighet att kommunicera direkt med ledningen om det aktuella läget och vad som kan förbättras för att minska eventuella risker, som också är viktigt för en lärande organisation vilket Argyris understryker genom sin modell för double-loop lärande.

En nackdel anses av undertecknad vara det faktiska fysiska avstånd som finns mellan kontoret och fabriken i och med att verksamheten är delad. Detta gör betydelsen av månadsmötet ännu viktigare. En nackdel med månadsmötet som framkommit är att en del anställda är missnöjda med tiden för mötet då de anser att mötet bör ligga mitt i veckan istället för innan helgdag. Detta diskuteras i avsnittet ”förslag till åtgärder”.

Just kommunikationen är viktig för att lyckas med det som Argyris modell visar på, nämligen att ett djupare angreppssätt vad gäller risker medför att företaget bättre kan förstå och minimera dessa.

Ytterligare en viktig del i en god säkerhetskultur för att riskhanteringen skall bli effektiv är att företaget arbetar kontinuerligt med dessa frågor. Författaren anser att Dupont gör så eftersom under den tid som undertecknad befann sig på företaget planerades hela tiden för fler risk- och konsekvensanalyser eftersom ledningen insett att deras verksamhet snabbt kan förändras vilket innebär att de analyser som gjorts tidigare helt eller till viss del inte speglar den verksamhet som bedrivs efter en eventuell förändring.

En kontinuerlig återkoppling ökar övriga medarbetares acceptans för analysen förutsatt att de involverats från början, men i och med att dessa inte aktivt deltagit från början anses de inte gynnas i någon större utsträckning av återkoppling under arbetet med analysen. Detta gör att efterarbetet med analysen viktig eftersom de anställda annars kan känna att ledningen inte hör samman deras åsikter vilket leder till att riskhanteringen på företaget riskerar att försämrans.

## 8.10 Slutsatser

Som nämndes i 8.9 fanns det inte med någon representant för skiftpersonalen när författaren och aktuella handledare från skolan samt ledningen från Dupont diskuterade de scenarion som skulle kunna vara möjliga för konsekvensanalysen. Kolbs lärandecykel visar tydligt på kopplingen mellan att faktisk uppleva en risk för att kunna utvärdera den bättre än om den inte upplevs. Författaren anser att företaget i det initiala skedet redan från början skulle tillse att någon representant för personalen som jobbar med processerna på fabriken satt med i mötena. Detta för att skiften antagligen har en betydligt bättre bild av vilka risker som det dagliga arbetet medför samt att ledningen signalerar till personalen att de är intresserade av vad de anställda har för synpunkter och att det finns en tillit till deras kompetens inom området. Vikten av det sistnämnda belyser Eva Kronqvist. Ett tidigt medbestämmande i processen hos de anställda skulle enligt författaren medverka till att personalen skulle utveckla det redan stora intresse för en säker arbetsplats som idag finns hos de anställda. Dessutom skulle säkerligen en hel del nyttig kunskap införskaffas om vilka ytterligare risker som personalen upplever existerar inom tillverkning, vilket skulle bidra till att ledningen tillskansar sig en informationsgrund som kan användas då fortsatta risk- och konsekvensanalyser skall utföras. Det sistnämnda blir då ett direkt bevis på att den lärande organisation finns som Argyris visat vara så effektiv genom sin modell för en lärande organisation. På detta sätt skulle riskhanteringsprocessen ytterligare utvecklas eftersom, enligt författarens mening, det finns ett förtroende hos ledningen för medarbetarnas vilja och kompetens att minimera riskerna i det dagliga arbetet. Detta kan tydligast iakttagas genom den säkerhetskultur som finns implementerad inom företaget. Företagets säkerhetskultur presenteras i aktuellt stycke.

Vidare anser undertecknad, att vid diskussionen om vilka lösningsmedel som kunde anses aktuella för rapporten, att en kontakt med skiftpersonalen kan vara viktig eftersom de mer explicit kan svara på hur hanteringen av de olika lösningsmedlen sköts på fabriken. Detta innebär att de kan besitta värdefull information för konsekvensanalysen vilket skulle innebära att kanske något annat lösningsmedel

skulle kunna inkluderas medan något av de ingående skulle kunna exkluderas. På så sätt skulle konsekvensen effektivare skraddarsys för verksamheten i fabriken och de anställdas möjligheter att påverka analysen skulle enligt författarens uppfattning stärka genomslagskraften hos analysen speciellt om någon förändring i verksamheten skulle bli en följd av analysen. Detta på grund av att personalen skulle känna en större delaktighet i riskhanteringsarbetet vilket Eva Kronqvist visar på är en positiv egenskap för en organisation. De förändringar som tidigare sagts kunnat bli aktuella för företaget till följd av analysen blir dessutom enklare att genomföra om de anställda från början känner en delaktighet (Rolf Lundin 2005).

Precis som Rolf Lundin visar anses inte ett tvingande av förändring leda till att en acceptans och därigenom förbättring av verksamheten eftersom de anställda då kan ha svårt att se kopplingen mellan förändringen och en lägre risk. Undertecknad vill inte mena på att så är fallet på Dupont men kan anse att ledningen bör tillämpa en större delaktighet för de anställda vad gäller konsekvensanalyser av den typ som ligger till grund för detta examensarbete.

Det finns naturligtvis olika redskap för att värdera vilka risker som bör beaktas vid en konsekvensanalys. Vid framställningen av den här rapporten deltog inte författaren själv i processen med att arbeta fram vilka risker som skulle analyseras utifrån ett konsekvensinriktat synsätt. Inledningsvis skulle en grovanalys av förekommande risker för att på så sätt få sig en bild av verksamheten. Efter detta kan antingen en What if-analys eller en HAZOP-analys användas. What if-analysen redogör för vad som händer om exempelvis en slang lossar under påfyllning av tanklagret. Detta är en bra metod för att ringa in risker som annars är svåra att upptäcka om brainstorming endast används. HAZOP-analysen tittar på olika avvikelser i processen för att på detta sätt utröna vilka risker som kan antas viktiga för analysen. Detta arbete kan sedan ligga till grund för hur arbetet med konsekvensanalysen skall utföras.

Som nämnts i analysen kommer inte den här rapporten diskutera företagets implementering av konsekvensanalysen av den enkla anledningen att analysen inte presenterats för företaget i skrivande stund. Däremot kommer en del tips för hur implementeringen av konsekvensanalysen kan göras. Kort kan sägas att detta är en av de viktigaste delarna i riskhanteringsprocessen eftersom författaren anser att ett företags mått på hur effektiv riskhantering som företaget genomför beror till stor del på hur konsekvensanalysen mottages av de anställda. Företaget bör därför satsa på den här delen och försöka att på bästa sätt förankra aktuell konsekvensanalys i processen i de fall ledningen anser det lämpligt.

## **8.11 Förslag på åtgärder**

Detta stycke kommer att delas upp i två delar. Den första kommer att fokusera på åtgärdsförslag vid implementeringen av konsekvensanalysen medan i den andra delen förslag på förbättringar till nästa konsekvens som skall genomföras. Nedanstående text gör endast gällande författarens åsikter utifrån den information som denne tillskansat sig om huruvida vilka förbättringar som bör göras efter vad denne upplevt vid arbetet med konsekvensanalysen.

### *Implementering*

Vad gäller implementeringen av gjord konsekvensanalys föreslås att företaget presenterar analysen för samtliga anställda på ett av deras månadsmöte. De anställda bör också få chansen att komma med synpunkter för att därigenom uppnå en ökad acceptans för konsekvensanalysen om den medför några eventuella förändringar i verksamheten. Vidare bör en enkät skickas ut en tid efter det att konsekvensanalysen presenterats för att på så sätt bättre kunna klargöra huruvida de förändringar som eventuellt blir aktuella utifrån konsekvensanalysen genomförts eller ej.

### *Kommande konsekvensanalys*

Ledningen borde bättre försöka att införskaffa sig information om vilka risker som finns inom verksamheten, exempelvis genom en enkät som kan delas ut till personalen vid ett månadsmöte där personalen skälvt får nedteckna och rangordna de risker som de upplever finns inom företaget. Vidare bör vid de inledande samtalen representanter från skiftpersonalen sitta med för att bättre utreda vilka konsekvenser som bör analyseras eftersom de har en bättre kännedom om exempelvis fysiska förhållanden på plats. Veckomöten mellan en kontaktperson från ledningen och skiftpersonalen samt den som utför analysen kan också vara att föreslå för att minska risken för feltolkningar av det som framkommit under förstudien. Vidare bör den som utför konsekvensanalysen placeras vid fabriken för att på så sätt lära känna skiftpersonalen bättre och få en bättre överblick i hur det dagliga arbetet fortskrider. Detta för att bättre kunna förstå vilka åtgärder som kan vara bäst lämpade för att minimera risken för eventuella konsekvenser. Avslutningsvis bör en kontinuerlig återkoppling ske mot personalen under arbetets gång för att på så sätt öka genomslagskraften hos de anställda eftersom en förståelse för varför eventuella åtgärder är viktiga då uppnås.

## 9 Nomenklatur

A	Hålets tvärsnittsarea	m <sup>2</sup>
A <sub>p</sub>	Pölarea	m <sup>2</sup>
A <sub>påverkad</sub>	Area på tank påverkad av strålning	m <sup>2</sup>
a <sub>y</sub>	Stabilitets- och bebyggelseparameter	-
a <sub>z</sub>	Stabilitets- och bebyggelseparameter	-
B	Dimensionslöst masstransporttal	-
b <sub>y</sub>	Stabilitets- och bebyggelseparameter	-
b <sub>z</sub>	Stabilitets- och bebyggelseparameter	-
C	Koncentration gas i luft/gasblandning	Vol%
C <sub>d</sub>	Kontraktionsfaktor	-
c <sub>p, a</sub>	Specifikt värme vid konstant tryck, för luft	J/kgK
c <sub>p, g</sub>	Specifikt värme vid konstant tryck, för gas	J/kgK
c <sub>p, l</sub>	Specifikt värme vid konstant tryck, för vätska	J/kgK
D	Pöl-/flamdiameter	m
d	Partikeldiameter	mm
F <sub>max</sub>	Maximal vinkelkoefficient från cylinder	-
g	Tyngdacceleration	m/s <sup>2</sup>
h	Konvektivt värmeövergångstal	W/m <sup>2</sup> K
.h	Höjdskillnad från utsläppshål till vätskeyta i tank	m
H <sub>eff</sub>	Utsläppshöjd över mark	m
.H <sub>c</sub>	Förbränningsvärme	J/kg
k <sub>a</sub>	Konduktivitet för luft	W/mK
K <sub>r</sub>	Korrektionsfaktor för ytskrovlighet	-
K <sub>rp</sub>	Korrektionsfaktor för ytskrovlighet	-
K <sub>s</sub>	Korrektionsfaktor för atmosfärsstabilitet	-
K <sub>yt</sub>	Korrektionsfaktor för samlingstidens påverkan	-
k	Stålningsfaktor	1/m
L <sub>b</sub>	Längdskala för tunggasutsläpp	m
L <sub>f</sub>	Flamhöjd	m
LC <sub>50</sub>	Koncentration där 50 % av de exponerade omkommer	kg/m <sup>3</sup>
LD <sub>10</sub>	Lägsta dödlig dos	mg/kg
LEL	Undre explosionsgräns	Vol%
LFL	Undre brännbarhetsgräns	Vol%
M <sub>a</sub>	Molvikt för luft	kg/kmol
M <sub>g</sub>	Molvikt för gas	kg/kmol
M <sub>ge</sub>	Effektiv molvikt för gas	kg/kmol
M <sub>l</sub>	Molvikt för vätska	kg/kmol
<i>m</i> &	Massflöde ut ur behållare	kg/s
<i>g m</i> &	Massflöde som sprids	kg/s
<i>m</i> ' ' &	Massavbrinning från pöl	kg/m <sup>2</sup> s
<i>v m</i> ' ' &	Avdunstning från pöl	kg/m <sup>2</sup> s
<i>s</i> ' <i>m</i> &	Massavbrinning från pöl med oändlig diameter	kg/m <sup>2</sup> s
Nu	Nusselts tal	-
P <sub>a</sub>	Atmosfärstryck	Pa
P <sub>a, mm Hg</sub>	Atmosfärstryck	mm Hg

$P_0$	Tryck i behållare	Pa
$P_{ra}$	Prandtls tal för luft	-
$P_{v, \text{ mm Hg}}$	Ångtryck	mm Hg
$q$	Strålning från pölbrand	W/m <sup>2</sup>
$q_{in}$	Infallande strålning från pölbrand på föremål	W/m <sup>2</sup>
$Q&$	Effektutveckling från pölbrand	W
$Re$	Reynolds tal	-
$t$	Tid	s
$t_m$	Medelvärdesbildningstid	s
$t_5$	Medelvärdetid	s
$T_a$	Lufttemperatur	K
$T_b$	Kokpunkt	K
$T_{g,0}$	Gastemperatur vid tiden 0	K
$T_{flamma}$	Gastemperatur i flammor	K
$T_{inne}$	Inomhustemperatur	K
$T_t$	Temperatur i behållare, vid tiden t	K
$T_{ute}$	Utomhustemperatur	K
$T_0$	Temperatur i behållare, vid tiden 0	K
$U$	Vindhastighet på 10 m höjd	m/s
$UEL$	Övre explosionsgräns	Vol%
$UFL$	Övre brännbarhetsgräns	Vol%
$V$	Volym på rum/utsatt tank	m <sup>3</sup>
$v_a V&$	Volymflöde luft	m <sup>3</sup> /h
$v_g V&$	Volymflöde gas	m <sup>3</sup> /h
$x$	Horisontellt avstånd i vindriktning	m
$x_{max}$	Avstånd där tunggasspridning upphör	m
$x_{y0}$	Avstånd i y-led till virtuell källa	m
$x_{z0}$	Avstånd i z-led till virtuell källa	m
$y$	Horisontellt avstånd vinkelrätt mot vindriktning	m
$Y_{FR}$	Massfraktion bränsle i vätskepöl	-
$Y_{FW}$	Massfraktion bränsle vid ytan i gasfas	-
$Y_{F8}$	Massfraktion bränsle i luft ovanför vätskepöl	-
$z$	Vertikalt avstånd från mark	m
$z_0$	Skrovlighetslängd	m
$z_{01}$	Referenslängd för skrovlighet	m
$z_{03}$	Referenslängd för skrovlighet	m
$a_c$	Absorptionsfaktor för koldioxid vid strålning	-
$a_w$	Absorptionsfaktor för vattenånga vid strålning	-
$\cdot y$	Stabilitets- och bebyggelseparameter	-
$\cdot z$	Stabilitets- och bebyggelseparameter	-
$\cdot a$	Kinematisk viskositet för luft	m <sup>2</sup> /s
$\cdot l$	Specifik volym för vätska	m <sup>3</sup> /kg
$\cdot a$	Densitet för luft	kg/m <sup>3</sup>
$\cdot g$	Densitet för gas	kg/m <sup>3</sup>

$\rho_l$	Densitet för vätska	kg/m <sup>3</sup>
$S_y$	Standardavvikelse i y-led	m
$S_{y0}$	Mått på hur snabbt en plym tillväxer i sidled	m/m
$S_{y0}$	Standardavvikelse i y-led vid $x=0$ m	m
$S_z$	Standardavvikelse i z-led	m
$S_{z0}$	Standardavvikelse i z-led vid $x=0$ m	m
$t$	Tidskonstant	s
$S_0$	Förbränningshastighet	



## 10 Referenser

### *Personella*

Anders Fila, Säkerhetskoordinator, Dupont Chemoswed, Celsiusgatan 35, 201 80 Malmö, tfn 040-383342 [anders.fila@swe.dupont.com](mailto:anders.fila@swe.dupont.com).

Dan Klingberg, Forskning och utvecklingschef, Dupont Chemoswed, Celsiusgatan 35, 201 80 Malmö, tfn 040-383320 [dan.klingberg@swe.dupont.com](mailto:dan.klingberg@swe.dupont.com).

Rolf Lantz, Tidigare platschef nu pensionerad, Dupont Chemoswed, Celsiusgatan 35, 201 80 Malmö.

### *Internet*

(<http://larstilar.cfl.se/?sid=1305>), Nationellt centrum för flexibelt lärande, 2005-10-30

<http://www.psychology.lu.se/psyk/till%20hemsida%20-%20annat/Magnus%20Larsson%2020050914.pdf>, Magnus Larsson, 2005-10-30

### *Litteratur*

Ek Åsa, Ergonomi och aerosolteknologi, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet 2005

Fisher S., Forsén R., Hertzberg O., Jacobsson A., Koch B., Runn P., Thaning L., Winter S., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Metoder för bedömning av risker*, tredje reviderade upplagan, Försvarets forskningsanstalt, 1998

Harris RJ, *The investigations and control of gas explosions in buildings and heating plant*, ISBN 0-419- 13220-1, 1983

Kronqvist Eva, *Sambandet mellan personalens och företagets effektivitet – en fallstudie I två kraftföretag*, Avdelningen för Ergonomi och Aerosolteknologi, Lunds Tekniska Högskola, 2005

Lundin Rolf, *Varför uppstår motstånd vid förändringar*, Avdelningen för Ergonomi och Aerosolteknologi, Lunds Tekniska Högskola, 2005

## Bilaga 1 Massflödesberäkningar

$$C_d=0,6$$

$$A=0,1*0,03=0,003\text{m}^2$$

### Metanol

*Hål uppträder i botten:*

$$V_f=1/\rho= 1/790$$

$$P_0=9,81*3,7/V_f+T_T$$

$$Q_{1\text{ hål}}=0,6*0,003(2(9,81*3,7/(1/790))/(1/790))^{1/2}= 12,1\text{ kg/s}$$

$$Q_{2\text{ hål}}= Q_{1\text{ hål}}*2=24,2\text{ kg/s}$$

$$\text{Total massa i en tank}= 20\text{m}^3*790=15800\text{ kg}$$

*Hål uppträder ovan vätskeyta:*

$$C_d=0,75$$

$$P_0= 1,83*101247=185282\text{ N/m}^2$$

$$Q=2,94*0,75*0,003*101247/(8314*293)^{1/2}*1,83^{0,231}*(1-1^{0,231}/1,83)^{1/2}=0,178\text{ kg/s}$$

### Cyklohexan

*Hål uppträder i botten:*

$$V_f=1/\rho= 1/779$$

$$P_0=9,81*1,2/V_f+T_T$$

$$Q_{1\text{ hål}}=0,6*0,003(2(9,81*1,2/(1/779))/(1/779))^{1/2}= 6,85\text{ kg/s}$$

$$Q_{2\text{ hål}}= Q_{1\text{ hål}}*2=13,7\text{ kg/s}$$

*Hål uppträder ovan vätskeyta:*

$$C_d=0,75$$

$$P_0 = 1,83 * 101247 = 185282 \text{ N/m}^2$$

$$Q = 2,94 * 0,75 * 0,003 * 101247 / (8314 * 293)^{1/2} * 1,83^{0,231} * (1 - 1^{0,231} / 1,83)^{1/2} = 0,178 \text{ kg/s}$$

## Dimetylformamid

*Hål uppträder i botten:*

$$V_f = 1/\rho = 1/944$$

$$P_0 = 9,81 * 1,2 / v_f + T_T$$

$$Q_{1 \text{ hål}} = 0,6 * 0,003 (2(9,81 * 1,2 / (1/944)) / (1/944))^{1/2} = 8,245 \text{ kg/s}$$

$$Q_{2 \text{ hål}} = Q_{1 \text{ hål}} * 2 = 16,49 \text{ kg/s}$$

*Hål uppträder ovan vätskeyta:*

$$C_d = 0,75$$

$$P_0 = 1,83 * 101247 = 185282 \text{ N/m}^2$$

$$Q = 2,94 * 0,75 * 0,003 * 101247 / (8314 * 293)^{1/2} * 1,83^{0,231} * (1 - 1^{0,231} / 1,83)^{1/2} = 0,178 \text{ kg/s}$$

## Etanolisk saltsyra

*Hål uppträder i botten:*

$$V_f = 1/\rho = 1/909$$

$$P_0 = 9,81 * 1,2 / v_f + T_T$$

$$Q_{1 \text{ hål}} = 0,6 * 0,003 (2(9,81 * 1,2 / (1/909)) / (1/909))^{1/2} = 7,94 \text{ kg/s}$$

$$Q_{2 \text{ hål}} = Q_{1 \text{ hål}} * 2 = 15,88 \text{ kg/s}$$

*Hål uppträder ovan vätskeyta:*

$$C_d = 0,75$$

$$P_0 = 1,83 * 101247 = 185282 \text{ N/m}^2$$

$$Q = 2,94 * 0,75 * 0,003 * 101247 / (8314 * 293)^{1/2} * 1,83^{0,231} * (1 - 1^{0,231} / 1,83)^{1/2} = 0,178 \text{ kg/s}$$

## Klorvätegas

$$Q=0,667*0,75*0,003*3700000/(8314*293)^{1/2}= 3,56 \text{ kg/s}$$

## Bilaga 2 (explosionsberäkningar)

### Gula Hallen

*En fönsterarea motsvarande alla (m) fungerar som tryckavlastare.*

$$\text{Hallvolym}=1020 \text{ m}^3$$

$$K=68/(1,4*0,6)=3,24$$

$$W=10,4$$

$$P_1=1,6(4,3*3,24*10,4+28)/1020^{1/3}=27 \text{ mbar}$$

$$P_2=58*1,6*3,24=300 \text{ mbar}$$

$$P_m=27+23(1,6^2*3,24*10,4/1020^{1/3})=224 \text{ mbar}$$

$$P_m=1,5*27+77*1,6*3,24=443 \text{ mbar}$$

*En fönsterarea motsvarande 0,75\*0,75 (m) fungerar som tryckavlastare.*

$$\text{Hallvolym}=1020 \text{ m}^3$$

$$K=68/(0,75^2)=121$$

$$W=10,4$$

$$P_1=1,6(4,3*121*10,4+28)/1020^{1/3}=864 \text{ mbar}$$

$$P_2=58*1,6*121=11229 \text{ mbar}$$

$$P_m=864+23(1,6^2*121*10,4/1020^{1/3})=8225 \text{ mbar}$$

$$P_m=1,5*864+77*1,6*121=16203 \text{ mbar}$$

*En fönsterarea motsvarande 1,40\*0,60 (m) fungerar som tryckavlastare.*

$$\text{Hallvolym}=1020 \text{ m}^3$$

$$K=68/(1,4*0,6)=81$$

$$W=10,4$$

$$P_1=1,6(4,3*81*10,4+28)/1020^{1/3}=580 \text{ mbar}$$

$$P_2=58*1,6*81=7516 \text{ mbar}$$

$$P_m=580+23(1,6^2*81*10,4/1020^{1/3})=5507 \text{ mbar}$$

$$P_m=1,5*864+77*1,6*81=11275 \text{ mbar}$$

*En fönsterarea motsvarande 1,40\*1,60 (m) fungerar som tryckavlastare.*

$$\text{Hallvolym}=1020 \text{ m}^3$$

$$K=68/(1,4*1,6)=30,4$$

$$W=10,4$$

$$P_1=1,6(4,3*30,4*10,4+28)/1020^{1/3}=221 \text{ mbar}$$

$$P_2=58*1,6*30,4=2821 \text{ mbar}$$

$$P_m=221+23(1,6^2*30,4*10,4/1020^{1/3})=2070 \text{ mbar}$$

$$P_m=1,5*221+77*1,6*30,4=4077 \text{ mbar}$$

## **Blå Hallen**

*En fönsterarea motsvarande alla (m) fungerar som tryckavlastare.*

$$\text{Hallvolym}=898 \text{ m}^3$$

$$K=2,27$$

$$W=10,4$$

$$P_1=1,6(4,3*2,27*10,4+28)/898^{1/3}=21 \text{ mbar}$$

$$P_2=58*1,6*2,27=210 \text{ mbar}$$

$$P_m=21+23(1,6^2*2,27*10,4/898^{1/3})=165 \text{ mbar}$$

$$P_m=1,5*21+77*1,6*2,27=313 \text{ mbar}$$

*En fönsterarea motsvarande 0,75\*0,75 (m) fungerar som tryckavlastare.*

$$\text{Hallvolym}=898 \text{ m}^3$$

$$K=68/(0,75^2)=121$$

$$W=10,4$$

$$P_1=1,6(4,3*121*10,4+28)/898^{1/3}=902 \text{ mbar}$$

$$P_2=58*1,6*121=11229 \text{ mbar}$$

$$P_m=902+23(1,6^2*121*10,4/898^{1/3})=8582 \text{ mbar}$$

$$P_m=1,5*902+77*1,6*121=16260 \text{ mbar}$$

*En fönsterarea motsvarande 1,40\*0,60 (m) fungerar som tryckavlastare.*

$$\text{Hallvolym}=898 \text{ m}^3$$

$$K=68/(1,4*0,6)=81$$

$$W=10,4$$

$$P_1=1,6(4,3*81*10,4+28)/898^{1/3}=605 \text{ mbar}$$

$$P_2=58*1,6*81=7516 \text{ mbar}$$

$$P_m=605+23(1,6^2*81*10,4/898^{1/3})=5746 \text{ mbar}$$

$$P_m=1,5*605+77*1,6*81=10887 \text{ mbar}$$

*En fönsterarea motsvarande 1,40\*1,60 (m) fungerar som tryckavlastare.*

$$\text{Hallvolym}=898 \text{ m}^3$$

$$K=68/(1,4*1,6)=30,4$$

$$W=10,4$$

$$P_1=1,6(4,3*30,4*10,4+28)/898^{1/3}=230 \text{ mbar}$$

$$P_2=58*1,6*30,4=2821 \text{ mbar}$$

$$P_m=230+23(1,6^2*30,4*10,4/898^{1/3})=2160 \text{ mbar}$$

$$P_m=1,5*230+77*1,6*30,4=4090 \text{ mbar}$$

## **Röda Hallen**

*En fönsterarea motsvarande alla (m) fungerar som tryckavlastare.*

$$\text{Hallvolym}=850 \text{ m}^3$$

$$K=3,24$$

$$W=10,4$$

$$P_1=1,6(4,3*3,24*10,4+28)/850^{1/3}=29 \text{ mbar}$$

$$P_2=58*1,6*3,24=301 \text{ mbar}$$

$$P_m=29+23(1,6^2*3,24*10,4/850^{1/3})=238 \text{ mbar}$$

$$P_m=1,5*29+77*1,6*3,24=443 \text{ mbar}$$

*En fönsterarea motsvarande 0,75\*0,75 (m) fungerar som tryckavlastare.*

$$\text{Hallvolym}=850 \text{ m}^3$$

$$K=68/(0,75^2)=121$$

$$W=10,4$$

$$P_1=1,6(4,3*121*10,4+28)/850^{1/3}=918 \text{ mbar}$$

$$P_2=58*1,6*121=11229 \text{ mbar}$$

$$P_m=918+23(1,6^2*121*10,4/850^{1/3})=8740 \text{ mbar}$$

$$P_m=1,5*918+77*1,6*121=16284 \text{ mbar}$$

*En fönsterarea motsvarande 1,40\*0,60 (m) fungerar som tryckavlastare.*

$$\text{Hallvolym}=850 \text{ m}^3$$

$$K=68/(1,4*0,6)=81$$

$$W=10,4$$

$$P_1=1,6(4,3*81*10,4+28)/850^{1/3}=617 \text{ mbar}$$

$$P_2=58*1,6*81=7516 \text{ mbar}$$

$$P_m=617+23(1,6^2*81*10,4/850^{1/3})=5853 \text{ mbar}$$

$$P_m=1,5*617+77*1,6*81=10905 \text{ mbar}$$

*En fönsterarea motsvarande 1,40\*1,60 (m) fungerar som tryckavlastare.*

$$\text{Hallvolym}=850 \text{ m}^3$$

$$K=68/(1,4*1,6)=30,4$$

$$W=10,4$$

$$P_1=1,6(4,3*30,4*10,4+28)/850^{1/3}=234 \text{ mbar}$$



$$P_2=58*1,6*30,4=2821 \text{ mbar}$$

$$P_m=234+23(1,6^2*30,4*10,4/850^{1/3})=2199 \text{ mbar}$$

$$P_m=1,5*234+77*1,6*30,4=4096 \text{ mbar}$$

## Gröna Hallen

*En fönsterarea motsvarande alla (m) fungerar som tryckavlastare.*

$$\text{Hallvolym}=1155 \text{ m}^3$$

$$K=3,24$$

$$W=10,4$$

$$P_1=1,6(4,3*3,24*10,4+28)/1155^{1/3}=26 \text{ mbar}$$

$$P_2=58*1,6*3,24=301 \text{ mbar}$$

$$P_m=26+23(1,6^2*3,24*10,4/1155^{1/3})=215 \text{ mbar}$$

$$P_m=1,5*26+77*1,6*3,24=438 \text{ mbar}$$

*En fönsterarea motsvarande 0,75\*0,75 (m) fungerar som tryckavlastare.*

$$\text{Hallvolym}=1155 \text{ m}^3$$

$$K=68/(0,75^2)=121$$

$$W=10,4$$

$$P_1=1,6(4,3*121*10,4+28)/1155^{1/3}=829 \text{ mbar}$$

$$P_2=58*1,6*121=11229 \text{ mbar}$$

$$P_m=829+23(1,6^2*121*10,4/1155^{1/3})=7891 \text{ mbar}$$

$$P_m=1,5*829+77*1,6*121=16151 \text{ mbar}$$

*En fönsterarea motsvarande 1,40\*0,60 (m) fungerar som tryckavlastare.*

$$\text{Hallvolym}=1155 \text{ m}^3$$

$$K=68/(1,4*0,6)=81$$

$$W=10,4$$

$$P_1=1,6(4,3*81*10,4+28)/850^{1/3}=557 \text{ mbar}$$

$$P_2=58*1,6*81=7516 \text{ mbar}$$

$$P_m=557+23(1,6^2*81*10,4/1155^{1/3})=5284 \text{ mbar}$$

$$P_m=1,5*557+77*1,6*81=10815 \text{ mbar}$$

*En fönsterarea motsvarande 1,40\*1,60 (m) fungerar som tryckavlastare.*

$$\text{Hallvolym}=1155 \text{ m}^3$$

$$K=68/(1,4*1,6)=30,4$$

$$W=10,4$$

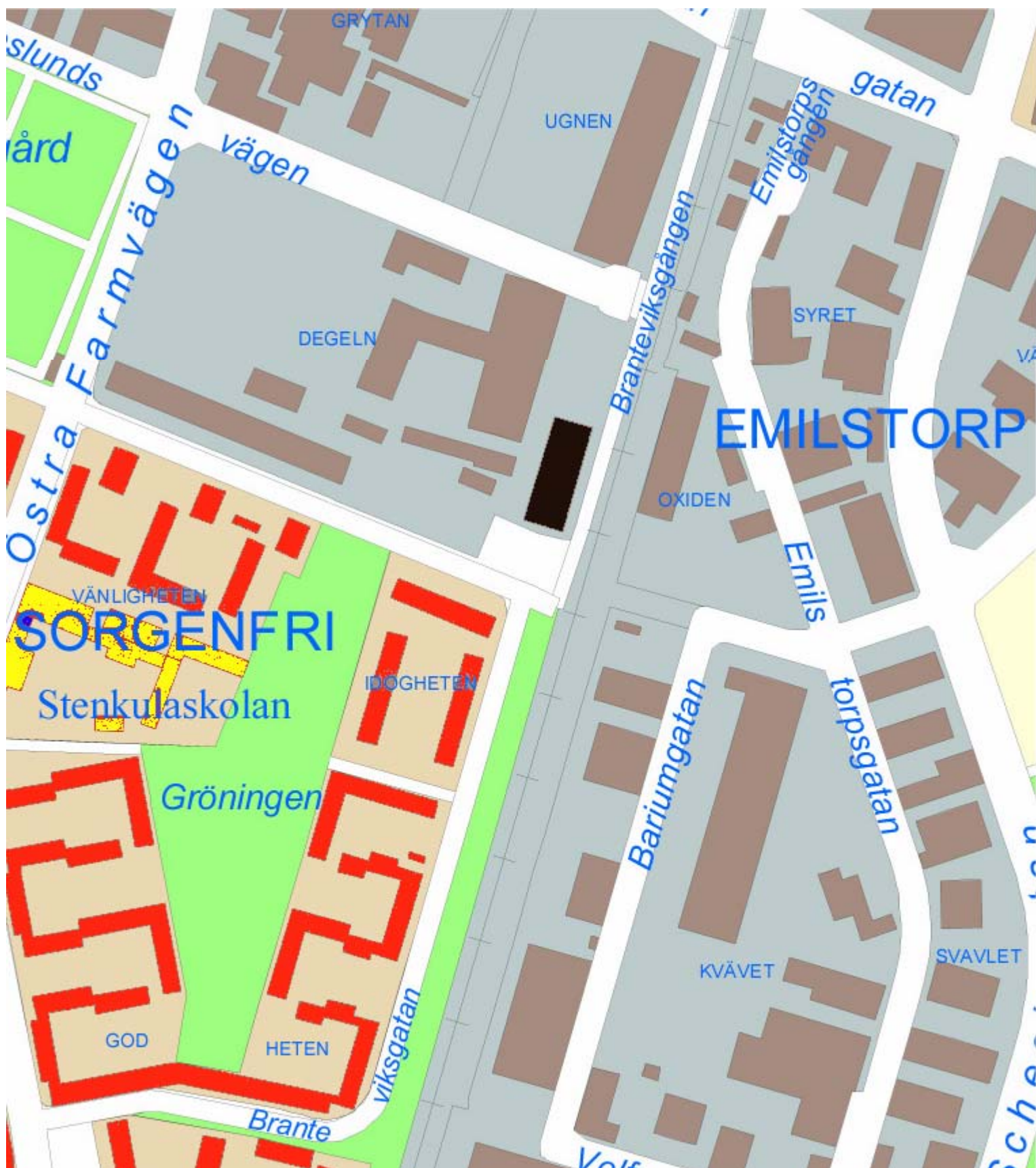
$$P_1=1,6(4,3*30,4*10,4+28)/1155^{1/3}=212 \text{ mbar}$$

$$P_2=58*1,6*30,4=2821 \text{ mbar}$$

$$P_m=212+23(1,6^2*30,4*10,4/1155^{1/3})=1986 \text{ mbar}$$

$$P_m=1,5*212+77*1,6*30,4=4063 \text{ mbar}$$

### Bilaga 3 (sorgenfri industriområde)



På föregående sida visas en bild över fabriksområdet som ligger på Emilstorp i Malmö. Det som mär rödmarkerat på kartan markerar bostadshus. Vidare är Stenkullaskolans byggnader gulmarkerade. Den svarta byggnaden motsvaras av fabriken medan andra industrier och företag är brunmarkerade.

## Bilaga 4 (tanklager)



*Fabrikens tankfarm sett från inkörningsgrinden för lastbilar*



*Tankfarmen sett från fabriken*



*Tankfarmen sett från baksidan*



*En del av invallningen för uppsamling av metanol vid läckage*



*Invallningen av metanoltankarna i en annan vy*

## Bilaga 5 (fabriken)



*Fabriken sett framifrån*



*Fabriken sett bakifrån (notera fönstrena som antas verka tryckavlastande)*



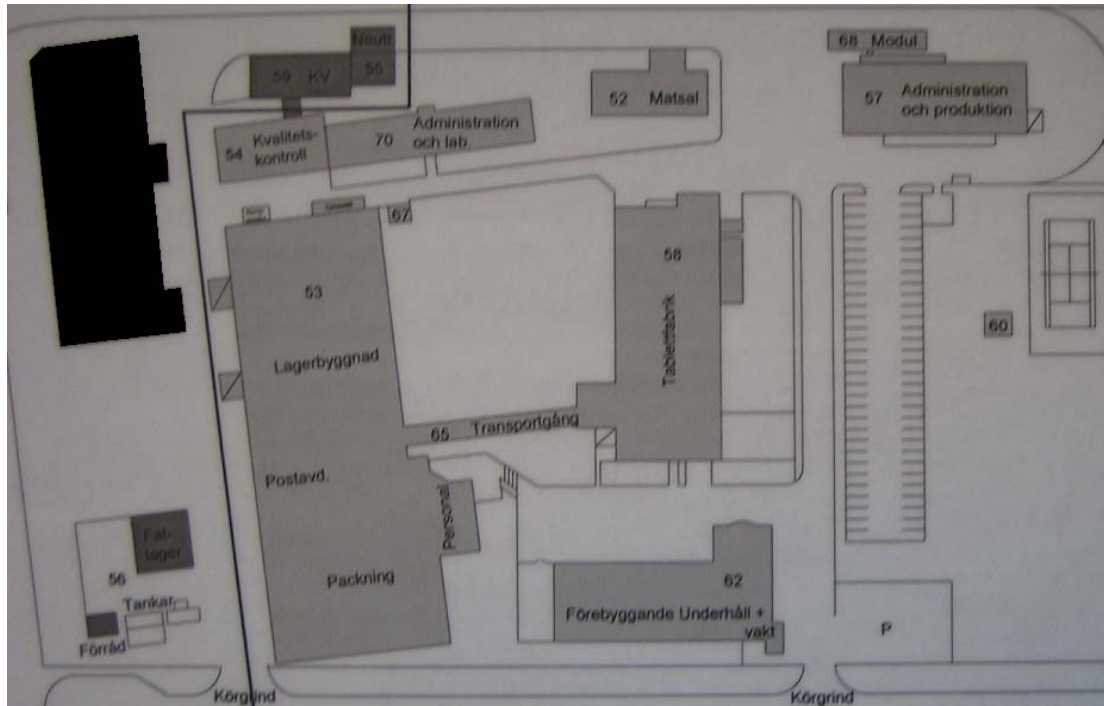


*Fabriken sett inifrån en av produktionshallarna*



*Samma hall som ovan fast nedervåningen*

## Bilaga 6 (industritomten)



*Karta över industritomten, tankfarmen nere till vänster (fabriken svartmarkerad)*

## **Bilaga 7 (indata till SLABVIEW för alla lösningsmedel förutom Klorvätegas)**

**Spill source type:** Evaporating pool release

**Source properties:** Respektive lösningsmedel (se bilaga 1)

### **Spill parameters:**

- Source area: Areal för invallningen eller uppsamlingskaret (se kapitel 4)
- Mass source rate: Det framräknade massflödet (se bilaga 1)
- Continuos source duration: Sattes till 40 min som var räddningstjänstens anspänningstid

### **Field parameters:**

- Concentration avg. time: Sattes till 1000 sekunder
- Max downwind distance: 1000 meter
- Heigt of concentration calculation: sattes till 1 meter

### **Met parameters:**

- Surface roughness height: 1 meter
- Ambient measurement height: 2 meter
- Ambient wing speed: Sattes till 3, 6, 9 resp. 12 meter/sekund
- Ambient temperature: Sattes till 273, 283 resp. 293 °K
- Relative humidity: sattes till 40%
- Stability class: varierades mellan A-D

## **Bilaga 8 (indata till SLABVIEW för Klorvätegas)**

**Spill source type:** Horizotal jet release

**Source properties:** Klorvätegas (se bilaga 1)

### **Spill parameters:**

- Mass source rate: Det framräknade massflödet (se bilaga 1)
- Continouos source duration: Sattes till 40 min som var räddningstjänstens anspänningstid
- Source height: 1 meter
- Material storage teperature: Sattes till 273, 283 resp. 293 °K
- Actual area of the opening: se bilaga 1

### **Field parameters:**

- Concentration avg. time: Sattes till 1000 sekunder
- Max downwind distance: 1000 meter
- Heigt of concentration calculation: sattes till 1 meter

### **Met parameters:**

- Surface roughness height: 1 meter
- Ambient measurement height: 2 meter
- Ambient wing speed: Sattes till 3, 6, 9 resp. 12 meter/sekund
- Ambient temperature: Sattes till 273, 283 resp. 293 °K
- Relative humidity: sattes till 40%
- Stability class: varierades mellan A-D