

Risicanalys av Trelleborgs hamn och rangerbangård

Anders Karmestam

**Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden**

**Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet**

Report 5090, Lund 2001

**Risicanalys av Trelleborgs
hamn och rangerbangård**

Anders Karmestam

Lund 2001

Risikanalys av Trelleborgs hamn och rangerbangård

Anders Karmestam

Report 5090

ISSN: 1402-3504

ISRN: LUTVDG/TVBB--5090--SE

Number of pages: 62

Illustrations: Anders Karmestam, Max Johansson

Keywords

Quantitative Risk Analysis (QRA), Trelleborg, harbour, Marshalling yard, probability consequence,

Abstract

This report is a risk analysis of the harbour area in Trelleborg, Sweden. The purpose is to provide basic data for decision- making concerning the harbour neighbourhood. The conclusions are based on calculations and computer simulations concerning the chemical spread in case of an incident. (Swedish)

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2001.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60

Department of Fire Safety Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 73 60

SAMMANFATTNING

Denna rapport är resultatet av ett examensarbete vid brandingenjörsprogrammet, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet. Arbetet har bedrivits i samarbete med Räddningstjänsten, Trelleborg.

Målsättningen med arbetet har varit att rapporten skall kunna utgöra en del av underlaget dels till räddningstjänstens insatsplanering men även som ett stöd i framtida plan- och byggprocesser i Trelleborgs hamn och dess närområde.

Arbetet inleddes med en inventering med avsikten att identifiera risker inom hamn- och spårområdet. Därefter utfördes en kvantitativ, probabilistisk, riskanalys utifrån ett antal dimensionerande scenarier. Slutligen har resultaten från riskanalysen använts för riskvärdering med förslag till åtgärder.

För hamnområdet identifierades följande dimensionerande scenarier:

- Sammanstötning mellan tåg och lastbil, medförande farligt gods
- Sammanstötning mellan två lastbilar varav en medförande farligt gods
- Vält lastbil medförande farligt gods

För rangerbangården har det dimensionerande scenariot varit urspårning av järnvägsvagn, innehållande farligt gods, i samband med rangering.

Utifrån de dimensionerande scenarierna har konsekvensberäkningar utförts. Dessa har baserats på kännedom om vilka ämnen som kan förväntas ge störst konsekvenser för hamnen och dess omgivning vid händelse av utsläpp. Konsekvenserna som studerats är:

- Utsläpp av kondenserad giftig gas (Ammoniak och Svaveldioxid)
- Brand i samband med utsläpp av kondenserad brandfarlig gas (Gasol)
- Brand i samband med utsläpp av brandfarlig vätska

Med hjälp av sannolikhets- och konsekvensberäkningarna har individrisk och samhällsrisk kunnat bestämmas. Dessa har därefter jämförts med acceptanskriterier föreslagna i Räddningsverkets rapport ”Värdering av risk”.

Beräkningarna visar att individrisken i princip överskrider den övre tolerabla gränsen inom hamnen och spårområdet. För övriga närområden ligger risknivån i gråzonen (ALARP-området) mellan övre och undre acceptanskriteriet. Detta har bedömts vara en acceptabel risknivå för befintliga verksamheter. Vid nyetablering bör en bedömning göras från fall till fall beroende av om den nya verksamheten förväntas bli persontät eller ej.

I rapporten lämnas förslag till förbättringar för att minska risknivån. Dessa är dels frekvensreducerande och dels konsekvensreducerande. De frekvensreducerande åtgärderna syftar till att minska risken för att en olycka skall inträffa medan de konsekvensreducerande åtgärderna syftar till att begränsa skadan.

Frekvensreducerande åtgärder

- Planskild tåg- och lastbilstrafik
- Tydlig utformning av trafikleder
- Identifiering av riskmoment med hjälp av trafikanalys.

Konsekvensreducerande åtgärder

- Centralt avstängningsbar ventilation för byggnader med publik verksamhet
- Placering av entréer eller motsvarande så att människor styrs till ytor med längsta möjliga avstånd från riskkällor
- Möjlighet att varna människor genom VMA (Viktigt Meddelande till Allmänheten)
- Uppdaterade och väl inövade insatsplaner för räddningstjänsten

SUMMARY

This report is the result of the final course taken by the author at the Fire Engineering programme at Lund University, Sweden. The work has been conducted in co-operation with the Trelleborg Fire Department.

The purpose of the work is that the report should be a part of the support to the Fire Department incident planning but also for the future needs in the process of plan - and constructions in the Trelleborg harbour and its neighbourhood.

The initial stage was an inventory to identify the risks and afterwards carry out a risk analysis of harbour- and rail area. The quantitative, probabilistic, analysis was executed with a number of methods from likelihood scenarios. Finally the result from the analysis was used for risk evaluation and some measures to reduce the risks are recommended.

Within the harbour area the following dimensioning scenarios were identified:

- Collisions between a truck carrying dangerous cargo and a train
- Collisions between two trucks where one is carrying dangerous cargo
- Overtaken truck carrying dangerous cargo

In the marshalling yard the dimensioning scenario is a derailing, of carriages carrying dangerous cargo, as a result of marshalling.

During the assignment the consequences of these scenarios have been calculated. This has been based on knowledge of which substances that would have the gravest consequences to the harbour and the surrounding area. These consequences could be:

- A leak of vaporised poison gas (Ammonia and Sulphur dioxide)
- Fire as a result of a leak of flammable gas (LPG)
- Fire in connection with a leak of flammable liquid

From the calculated probability and consequences the individual- and society risks have been assessed. These have been compared to the acceptable standards suggested in the report "Värdering av risk", published by the Swedish Rescue Services Agency.

The calculations show that the individual risk exceeds the highest tolerant level in the harbour and rail area. In the surrounding area the level of risk is in the grey area, ALARP (As Low As reasonable Possibly) between the higher and lower tolerances. This has been assumed to be an acceptable level for existing businesses. For new establishment a decision should be made from case to case depending on whether the business is expected to become public or not.

The report lists measures to reduce the risk. These are part reduce of probability and part reduce of consequences. The measures for reducing the probabilities aim to minimise the risk of an incident occurring, while the measures for the reducing the consequences aim to limit the damage.

Measures reducing the probability

- Plan separated train- and truck junctions
- Distinct shaping of the traffic routes in the harbour area
- Identification of risks with the help of traffic analysis

Measures reducing the consequence

- Central enclosure of ventilation in public buildings
- Buildings should be constructed so that people are directed away from sources of risks.
- In case of discharge of dangerous substances there should be the possibility of carrying out an Very Important Notice to warning the public
- Updated and well-practised incident planning for the fire brigade

FÖRORD

Jag vill rikta ett särskilt tack till mina handledare, Professor Sven- Erik Magnusson, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola och Räddningschef Christer Dahlsjö, Räddningstjänsten, Trelleborg.

Jag vill även tacka följande personer som på olika sätt hjälpt mig att färdigställa denna rapport: Jim Leveau, Trelleborgs hamn, Mats Gullberg SJ- gods Trelleborg samt min opponent Marie Hansson som löpande granskat mina utkast.

Ett speciellt tack till mina kurskamrater Max Johansson och Sandra Danielsson för hjälp med bildmaterial och redigering.

Trelleborg, November 2001

Anders Karmestam
Brandingenjörstuderande

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 SYFTE.....	1
1.3 METODIK	1
1.4 AVGRÄNSNINGAR OCH BEGRÄNSNINGAR	2
1.5 ACCEPTANSKRITERIER	3
1.5.1 Individrisk.....	3
1.5.2 Samhällsrisk.....	3
2. OBJEKTSBESKRIVNING	5
2.1 HAMNOMRÅDET	5
2.1.1 Färjetrafiken.....	5
2.2 RANGERBANGÅRDEN OCH SPÅROMRÅDET	6
3. RISKINVENTERING	7
3.2 TRANSPORT AV FARLIGT GODS.....	7
3.2.1 Järnväg.....	7
3.2.2 Lastbilstransporter	8
3.3 OLJEHAMNEN.....	9
3.4 BP- CHEMICALS.....	9
4. DIMENSIONERANDE SCENARIER	11
4.1 HAMNOMRÅDET.....	11
4.1.1 Utsläpp av brandfarlig vätska	12
4.2 RANGERBANGÅRDEN	12
4.2.1 Utsläpp av kondenserad giftig gas	12
4.2.2 Brand i samband med utsläpp av kondenserad brandfarlig gas.....	12
5. OLYCKSFREKVENSER	13
5.1 OLYCKOR I OMRÅDET.....	13
5.1.1 Rangerbangården.....	13
5.1.2 Hamnområdet.....	13
6. KONSEKVENSANALYS	15
6.1 KRITISKA GRÄNSVÄRDEN.....	15
6.1.1 Toxicitet.....	15
6.1.2 Värmestrålning.....	15
6.1.3 Antändning av brandfarlig gas.....	15
6.2 AMMONIAK.....	15
6.3 SVAVELDIOXID.....	16
6.4 GASOL.....	16
6.4.1 Gasmolnsexplosion/Flambrand (UCVE).....	16
6.4.2 BLEVE.....	17
6.4.3 Jetflamma	17
6.5 BRANDFARLIG VÄTSKA.....	17
7. RISKANALYS	19
7.1 INDIVIDRISK.....	19
7.1.1 Hamnområdet.....	20
7.1.2 Rangerbangården.....	20
7.1.3 Känslighetsanalys.....	20
7.2 SAMHÄLLSRISK.....	21

8. RISKVÄRDERING	23
8.1 OSÄKERHETER	23
8.2 FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER	23
8.2.1 <i>Frekvensreducerande åtgärder</i>	23
8.2.2 <i>Konsekvensreducerande åtgärder</i>	23
9. REFERENSER.....	25
ÖVRIG LITTERATUR.....	26
BILAGA A RISKINVENTERING.....	29
BILAGA B SANNOLIKHETSBERÄKNINGAR	37
BILAGA C KONSEKVENSBERÄKNINGAR	41
BILAGA D RISKBERÄKNINGAR.....	47

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Trelleborgs hamn är, mätt i hanterad godsmängd, Sveriges näst största. Under år 2000 transporterades ca 10,5 miljoner ton gods via Trelleborgs Hamn, en ökning med drygt 1 % jämfört med 1999. Sedan 1994 har godshanteringen ökat med ca 80%.

I dagsläget används elva färjor i reguljär trafik mellan Trelleborg och kontinenten. Med hjälp av dessa passerar årligen 130.000 järnvägsvagnar, närmare 350.000 lastbilsheter, 400.000 personbilar/bussar och 2 miljoner passagerare hamnen via fyra färjelinjer till Sassnitz, Rostock och Travemünde i Tyskland.

Eftersom det förekommer hantering av farligt gods, dels vid transportererna och dels i fasta anläggningar, skulle en olycka i hamn- eller på spårområdet kunna få stora konsekvenser för hamnen och dess omgivning.

Rapporten är resultatet av ett arbete i 10- poängkursen problembaserad brandteknisk riskvärdering vid brandingenjörslinjen, Lunds Tekniska Högskola. Arbetet har utförts i samarbete med Räddningstjänsten, Trelleborg.

1.2 Syfte

Avsikten med arbetet har varit att identifiera de största riskerna och bedöma risknivån i området. Syftet med rapporten är att åskådliggöra riskbilden, med vilken hamnen och rangerbangården påverkar sin omgivning. Vidare är målsättningen att rapporten skall kunna vara ett av många underlag för räddningstjänstens insatsplanering samt ett stöd i plan- och byggprocessen vid nyetablering i hamnen och dess närområde.

1.3 Metodik

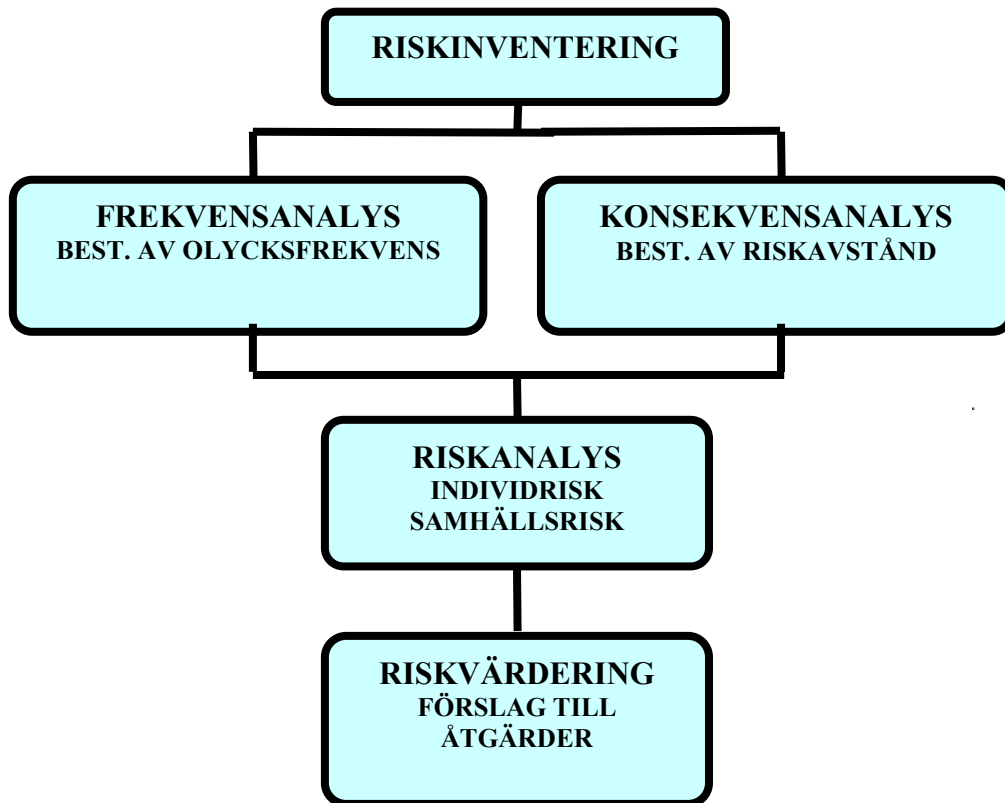
Risikanalysen har utförts med probabilistiska metoder där risken beräknats utifrån ett antal dimensionerande scenarier. Analysen beaktar riskerna för personer som befinner sig i eller i närheten av hamnområdet. Arbetet har delats in i följande delmoment: Riskinventering, frekvensanalys, konsekvensanalys samt riskanalys och riskvärdering. (Se figur 1.1)

Arbetet inleddes med en grundlig inventering av potentiella riskkällor i området. De identifierade risker som bedömts som mest aktuella har därefter analyserats djupare och använts som dimensionerande scenarier. Resultaten från riskberäkningarna har använts för att bedöma tolerabel risk med hjälp av acceptanskriterier.

Risk har i detta arbete traditionellt definierats som produkten av sannolikheten för en negativ händelse och dess konsekvenser, där enheten anges som antal döda/år. Rapporten behandlar två olika kvantitativa riskmått, individrisk och samhällsrisk.

Information och indata som har varit nödvändig för risikanalysen har erhållits genom platsbesök, intervjuer samt litteraturstudier.

Spridningsberäkningar har utförts med hjälp av datorprogrammet Chemsplus. För att beräkna sannolikhetsfördelningar har datorprogrammen @risk och Best Fit använts.



Figur 1.1 Metodbeskrivning

1.4 Avgränsningar och begränsningar

Risikanalyt inriktar sig endast på personsäkerhet. Miljö- och egendomsrisker har ej beaktats.

De personer som drabbas av ett utsläpp har i beräkningarna antagits befinna sig utomhus.

Rapporten behandlar endast den hantering som sker inom hamnens verksamhetsområde, dvs. transporter och annan hantering som sker utanför hamnområdet har ej beaktats.

Samtliga risker som behandlas i rapporten avser endast de som är relaterade till farligt godshandlingen. För att erhålla absolut risknivå skall dessa risker adderas till övriga risker som kan förekomma i området. Dessa kan t.ex. utgöras av storm, översvämning eller risken att bli påkörd av truck eller lastbil.

Skador som kan uppkomma i samband med sabotage eller liknande beaktas inte i rapporten. Vidare har förutsatts att anställd personal följer regler och interna säkerhetsföreskrifter.

På grund av bristande statistiskt underlag har i vissa fall ingenjörsmässiga bedömningar gjorts i beräkningarna.

Ovanstående avgränsningar och begränsningar är generella. Övriga, mindre och specifika antaganden, redovisas i aktuella kapitel eller bilagor.

1.5 Acceptanskriterier

De acceptanskriterier som används i denna rapport är de som föreslås i Räddningsverkets rapport "Värdering av risk"./1/ Kriterierna gäller vid nybyggnation eller nyetablering, normalt tolereras en högre risknivå för befintliga verksamheter. Det kan påpekas att kriterierna som föreslås inte är definitiva gränser utan snarare en zon där vissa åtgärder kan bli nödvändiga. I denna analys delas risken in i tre olika nivåer, dels att risken inte accepteras och dels att risken anses så liten att inga åtgärder är nödvändiga. Mellan dessa finns en gråzon ALARP, As Low As Reasonable Practicable. I denna zon bör riskerna reduceras så mycket det ur ett samhällsekonomiskt och tekniskt sätt är möjligt.

1.5.1 Individrisk

Individrisken beskriver risken för en enskild individ att omkomma till följd av en olycka i hamnen eller på rangerbangården. Individrisken är densamma oavsett hur många personer som vistas i området. Risken anges som en riskkontur som visar hur individrisken ändras med avståndet till olycksplatsen.

Kriterier för individrisk

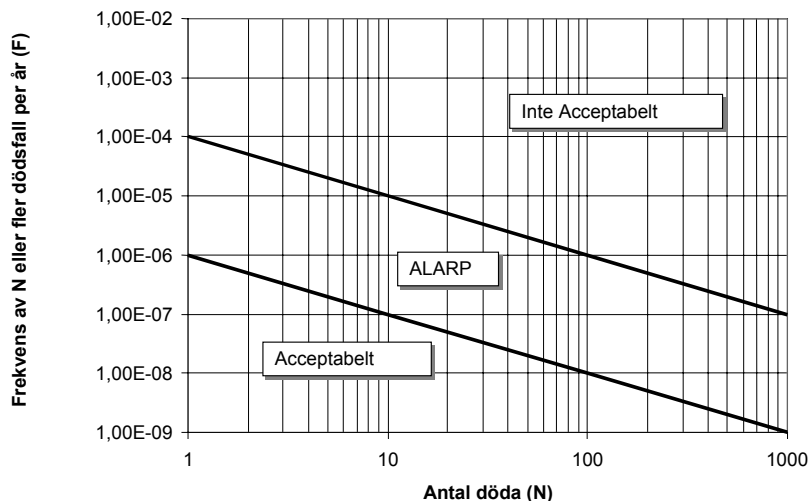
Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $10^{-5}/\text{år}$

Övre gräns för område där risker kan anses som små: $10^{-7}/\text{år}$

Detta innebär att 10^{-6} , som ligger mitt i ALARP- zonen, kan ses som medelacceptanskriterie.

1.5.2 Samhällsrisk

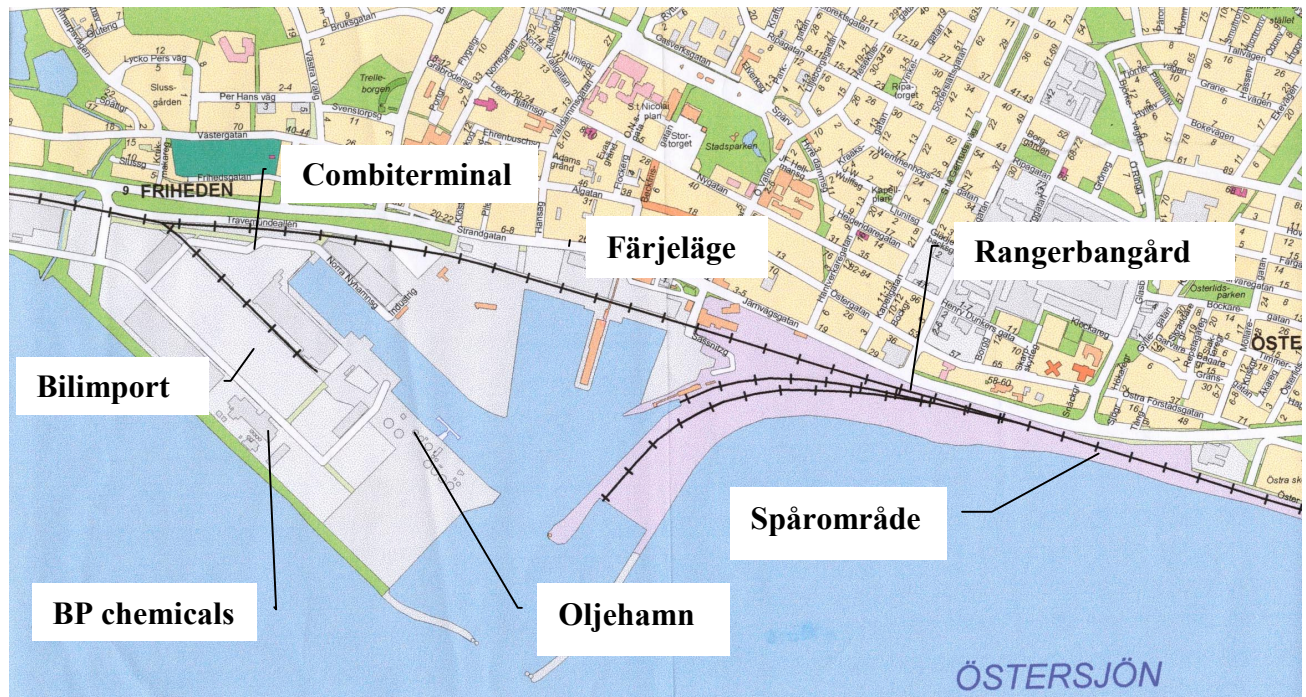
Samhällsrisk, även kallad kollektivrisken, uttrycker risken för att en grupp individer omkommer dvs. risken beror av antalet personer som drabbas av olyckan. Samhällsrisk presenteras här i form av en FN- kurva (se fig. 1.2 nedan) som visar frekvensen (F) som funktion av att N personer omkommer.



Figur 1.2 FN- kurva som beskriver acceptanskriterier för samhällsrisk.

2. OBJEKTSBESKRIVNING

Trelleborg är Sveriges sydligaste stad och hamnen utgör därmed den skandinaviska utgångspunkten för färjetrafik till och från kontinenten. Hamnen ansluter omedelbart till Europaväg 6, och är ändstation för järnvägen Malmö- Trelleborg. Med stöd av 43 §, Räddningstjänstlagen, är spår- och hamnområdet klassade som riskobjekt i Trelleborgs kommuns räddningstjänstplan. Hamnen har under senare år varit föremål för omfattande om- och nybyggnation. Detta har pågått även under detta arbetes gång varför vissa förutsättningar kan ha ändrats under tiden då arbetet pågått. (För översikt, se figur 2.1)



Figur 2.1 Trelleborgs hamn

2.1 Hamnområdet

Förutom färjeterminal finns, i hamnområdet, en traditionell oljehamn, en kemisk industri (BP Chemicals), en bilimport samt ett antal större och mindre industri- och lagerbyggnader. Även BP Chemicals och oljehamnen är 43 § anläggningar. Här finns även en combiterminal för omlastning mellan väg- och rälsbundet gods. Längs hamnområdet löper ett genomfartsspår som används av bilimporten, combiterminalen samt industrier väster om hamnområdet.

De byggnader som finns i hamnområdet består till största delen av industrier och kontorslokaler och människor vistas där framför allt dagtid. Ytor som saknar bebyggelse används i stor utsträckning som uppställningsplats för trailer- och combisläp. Omlastning av gods utförs av ett 40- tal stuveriarbetare vid Trelleborgs Hamn AB.

2.1.1 Färjetrafiken

Färjetrafiken för hamnen är under tillväxt och är i dagsläget Sveriges näst största, och en av de största i Skandinavien. De reguljära Färjeförbindelserna med Travemünde, Rostock och Sassnitz är fördelade enligt tabell 2.1.

Förutom den reguljära färjetrafiken förekommer leveranser med båtar till oljehamnen. Dessa sker cirka en gång per vecka och består framför allt av styrén och miljödiesel.

Färjeförbindelse	Ank./ avg. per vecka
<i>Travemünde</i>	35/35
<i>Rostock</i>	43/43
<i>Rostock, katamaran</i>	21/21(sommar) 14/14 (vinter)
<i>Sassnitz</i>	34/34
Totalt:	133/133
Begränsat antal passagerare, totalt*	18/18

Tabell 2.1 Reguljär färjetrafik för Trelleborgs hamn

* Begränsat antal passagerare tillämpas då andelen farligt gods uppgår till en viss kvantitet. Bestämmelserna regleras i Östersjöavtalet.

2.2 Rangerbangården och spårområdet

Bangårdsområdet är beläget omedelbart öster om själva färjeläget och det utgående spåret är starten på kontinentalbanan med riktning mot Malmö. Själva ankomst- och avgångsbangården består av fyra parallella spår med en total spårlängd av ca 2300 m. Dessutom finns två tåg färjebangårdar med en total spårlängd av 2500 m. Inom själva bangården är endast plankorsningarna för biltrafik avsedda för internt bruk.

Rangerbangården ägs av SJ- fastigheter, medan 90 % av spårlängden ägs av banverket. Bangården var fram till 1993 rangeringsknutpunkt men i dag rangeras endast tågset som är avgående med färjorna. De ankommande tågseten rangeras först i Malmö. En ombyggnad av bangården till sex parallella spår planeras, men detta är i skrivande stund inte klart. Om utbyggnaden verkställs kommer troligen all rangering att flyttas till Malmö.

3. RISKINVENTERING

För att erhålla en korrekt riskbild av hamnområdet behandlas, i detta kapitel, de riskfaktorer som finns i området med utgångspunkt från de anläggningar som är klassade enligt 43 §, Räddningstjänstlagen. För en mer detaljerad inventering hänvisas till bilaga A. Det kan även nämnas att Räddningstjänsten har kort körsträcka ner till hamnområdet och kan i normalfallet vara på plats inom fem minuter.

3.2 Transport av farligt gods

3.2.1 Järnväg

Andelen farligt gods utgör i dagsläget cirka 2 % av den totalt rälsbundna godsmängden fördelade enligt tabell 3.1, där import- och exportdelen är ungefär lika stora. Uppställning av farligtgodsvagnar sker, i väntan på vidare transport, på två speciella spår, där ett av dessa är strömlöst och det andra medger lätt åtkomlighet för räddningstjänsten vid händelse av utsläpp.

Klass	Typ av ämne	Exempel	Mängd (Ton/ år)
Klass 1	Explosiva ämnen	-	-
Klass 2	Komprimerade, kondenserade gaser	Ammoniak, Svaveldioxid, Gasol	17 200
Klass 3	Brandfarlig vätska	Toluen, Koldisulfid, l	9 900
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kalciumkarbid	36 200
Klass 5	Oxiderande ämnen	Ammoniumnitrat, Natriumklorat	28 500
Klass 6	Giftiga ämnen	Epiklorhydrin	3 100
Klass 7	Radioaktiva ämnen	Ytkontamitterat material	600
Klass 8	Frätande ämnen	Fluorvätesyra, Fosforsyra	12 100
Klass 9	Övriga farliga ämnen	Biprodukter, giftiga ämnen	1 800
Totalt:			109 400

Tabell 3.1 Mängd farligt gods som årligen passerar Trelleborgs hamn via järnväg/2/

Ett godståg har enligt SJ: s statistik cirka 30 vagnar i genomsnitt. Samtliga inkommande tågset inspekteras enligt SJ: s standardrutiner. Dessutom kontrolleras att fraktsedeln stämmer överens med aktuell skyltning. Om dessa inte överensstämmer utförs kontroll mot avsändaren. Vagnarna har ingen speciell placering i tågsetet vid färd på järnväg.

Personal i rangeringstornet kan vid en olycka snabbt få kontakt med fraktcentralen som har kopia på fraktsedeln. Via utplacerade telefoner på området kan rangeringspersonal få direktkontakt med SOS Alarm. Personalen i rangeringstornet får alltid förhandsbesked från stationen varifrån tågsetet kommer. Här finns information om antal vagnar, längd, vikt och antal axlar för samtliga vagnar i tågsetet.

En skyltad vagn betraktas, av personalen, som farligt gods även om den inte är fylld. Av de farligt godsvagnar som passerar Trelleborg är i genomsnitt 75 % fyraxlade. Motsvarande siffra för övriga vagnar är 60 %. De fyraxlade vagnarna väger 20-25 ton och lastar normalt ca 60 ton. En tvåaxlad vagn väger 14-18 ton och lastar cirka 25 ton. Av de farligt godsvagnar som passerar Trelleborg är ungefär hälften tomma.

Vid transporter genom färjeläget går en vakt före tåget och varnar med signalflagga eller vid mörker, med lykta. Vid växling mellan olika bangårdsområden ska hela vagnsetet vara kopplat till fungerande tryckluftsbroms. I samband med rangering får ett vagnset innehålla max 12 axlar. De största riskerna har bedömts uppstå i samband med rangering då detta är enda tillfället som vagnar når hastigheter över 20 km/h. Samtliga anställda vid bangården är RID- utbildade¹.

3.2.2 Lastbilstransporter

Andelen farligt gods utgör cirka sex procent av den totalt vägbundna godsmängden där importandelen utgör ca 70 procent. All in- och utfart av lastbilar sker i hamnens västra del, där utfarten omedelbart ansluter till Europaväg 6. Uppställning av lastbilar i väntan på avgång sker i anslutning till respektive kajplats. Det finns inga speciella uppställningsplatser för kvarstående lastbilar eller trailersläp innehållande farligt gods.

Klass	Typ av ämne	Exempel	Mängd (Ton/ år)
Klass 1	Explosiva ämnen	Pyrotekniska föremål, Fyrverkeri	400
Klass 2	Komprimerade, kondenserade gaser	Argon	5 600
Klass 3	Brandfarlig vätska	Heptaner, Färg, Lack	21 800
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Litiumaluminiumhydrid	1 400
Klass 5	Oxiderande ämnen	Fasta oxiderande ämnen	14 100
Klass 6	Giftiga ämnen	Klorättiksyralösning	3 000
Klass 7	Radioaktiva ämnen	Ytkontaminerat material	400
Klass 8	Frätande ämnen	Fosforsyra, Myrsyra	17 100
Klass 9	Övriga farliga ämnen	Flytande miljöfarliga ämnen	19 000
Totalt:			82 800

Tabell 3.2 Mängd vägbundet farligt gods som årligen passerar Trelleborgs hamn. /3/, /4/

Farligt godstransporterna består till största delen av styckegods, där cirka 10 procent av lastbilsheterna medför någon form av farligt gods. Rederiernas fraktsedlar visar att dessa omfattar allt ifrån några få kilo till 25 ton per enhet. Av- och pålastning sker via påkörningsramper vid färjornas för eller mittskepp. Lastbilsheterna körs ombord och iland av chaufförerna medan trailersläp och combilast lastas av stuveriarbetare anställda av Trelleborgs Hamn AB, där samtliga är ADR- utbildade².

Trailersläp och combilast som inte vidarebefordras direkt placeras ut inom hamnområdet i väntan på avgång. Dessa blir, enligt personalen, sällan stående mer än en till två dagar. Endast en mycket liten del av combilasten utgörs av farligt gods, och då så gott som uteslutande i form av styckegods.

De största riskerna har bedömts uppstå i samband med lastning och lossning av lastbilar och speciellt vid den flaskhals som kan uppstå vid Norra kajen där lastbilstrafiken korsar det genomgående järnvägsspåret i samma plan. Detta problem uppstår framför allt vid förseningar och då i samband med lossning av ankommande färjor. Vid avgående färjetransporter har personalen större möjlighet att styra trafiken vid förseningar.

¹ Statens Räddningsverks föreskrifter (SRVFS 1998:9) om inrikes transport av farligt gods på järnväg

² Statens Räddningsverks föreskrifter (SRVFS 1998:8) om inrikes transport av farligt gods på väg och i terräng.

3.3 Oljehamnen

Oljehamnen är av traditionellt slag och används framför allt för förvaring av dieselolja och styrén. Anläggningen består av ett tiotal cisterner varav sex används för förvaring. För fullständig inventering, se Bilaga A. Själva anläggningen ägs av hamnen men hyrs ut till olika entreprenörer. Påfyllning av cisternerna sker i huvudsak med båt. I dagsläget sker lossning av cirka 3000 m³ dieselolja cirka två gånger per månad. Med samma intervall sker lossning av 700- 1200 m³ styrén, som är ett måttligt brandfarligt ämne.

På grund av ett styrénutsläpp i början av 1990- talet förbereds alla lossningar av detta ämne med länsor, för att undvika ett utsläpp i vattnet. Med nuvarande förhållanden bedöms inte oljehamnen att tillföra någon risk för personskada, utan en olycka här skulle främst kunna orsaka stora skador på miljön. Av denna anledning har inga beräkningar gjorts.

3.4 BP- Chemicals

BP- Chemicals är en kemisk processindustri för framställning av polystyren, som används vid tillverkning av plast. Den styrén som används i processen lagras i två cisterner i oljehamnen och transporteras till fabriken via ett ca 250 meter långt pipelinesystem. Då anläggningen är placerad i hamnområdets västra del, där personantalet är lågt, bedöms de risker som anläggningen genererar framförallt att vara miljöbetingade och några beräkningar har av den anledningen inte utförts.

4. DIMENSIONERANDE SCENARIER

Utifrån riskinventeringen i kapitel 3 har ett antal dimensionerande scenarier (skadehändelser) valts ut att studera närmare. Dessa baseras på transportstatistik, insatsstatistik samt på kännedom om att vissa typer av ämne medför större konsekvens än andra i händelse av utsläpp.

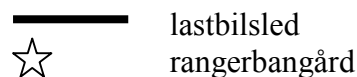
4.1 Hamnområdet

Den största potentiella riskkällan i hamnområdet har bedömts att vara lastning och lossning av lastbilar innehållande farligt gods. En speciell risk utgör den flaskhals som uppstår på norra kajen då lastbilstrafiken vid av- och påkörning korsar det genomgående järnvägsspåret i samma plan (figur 4.1). Flaskhalsarna uppstår framförallt i samband med förseningar i färjetrafiken och då främst med ankommande färjor.

Det inträffar i genomsnitt 0.3 sammanstötningar per år mellan lastbilar och tågset inom hamnområdet. Motsvarande siffra för kollision mellan lastbilar är 0.4. Lossning av lastbilar sker dels via fartygets för och dels mittskepps med hjälp av en ramp. Detta innebär att lastbilarna från rampen passerar de lastbilar som lossas från fören varför trängsel ofta uppstår.



Figur 4.1 Identifierade riskområden



De dimensionerande scenarierna är:

- Sammanstötning mellan lastbil och ett passerande tågset
- Sammanstötning mellan två lastbilar
- Vält lastbil

4.1.1 Utsläpp av brandfarlig vätska

Brandfarlig vätska motsvarar cirka 26% av de vägbundna farligt godstransporterna. Av dessa är cirka 65% av klass 3.1, vilket innebär en flampunkt under 21°C. Ett sådant utsläpp skulle kunna orsaka olika konsekvenser beroende av om vätskan antänds eller inte. En antändning skulle ge upphov till kraftig värmestrålning, vars storlek i första hand beror av utsläppets storlek och varaktighet. En sådan olycka skulle med stor sannolikhet leda till personskador.

4.2 Rangerbangården

De största riskerna inom bangårdsområdet har bedömts ske i samband med rangering. Vid övrig trafik inom området är maximalt tillåtna hastighet 10 km/h, och vid av och påkörning på färjor 5 km/h. En annan tänkbar risk är tekniskt fel på ventiler, rörbrott och liknande.

4.2.1 Utsläpp av kondenserad giftig gas

Kondenserad giftig gas utgör knappt 16% av de rälsbundna farligt godstransporterna, där Ammoniak och Svaveldioxid valts ut för att studeras närmare. Dessa båda ämnen transporteras tryckkondenserade och är mycket giftiga.

4.2.2 Brand i samband med utsläpp av kondenserad brandfarlig gas

Gasoltransporterna har fått uppmärksamhet på senare tid p.g.a. svåra tillbud (t.ex. i Borlänge och Lilleström, Norge, våren 2000). Vid utsläpp av gasol kan olika scenarier uppstå beroende av om gasolen antänds eller ej.

5. OLYCKSFREKVENSER

5.1 Olyckor i området

Då de främsta riskerna bedömts vara transport av farligt gods har en inventering av antalet olyckor gjorts, med hjälp av olycksstatistik för respektive område. Då statistiken delvis är bristfällig har även litteraturstudier och ingenjörsmässiga antaganden kompletterat undersökningen. För beräkning av sannolikhet för att olyckor leder till utsläpp har SRV:s ”Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg”/5/ använts. Beräkningarna finns redovisade i Bilaga B.

Principen för beräkning av sannolikheten kan delas in i tre steg:

1. Uppskattning av frekvensen för en önskad händelse med aktuellt ämne, dvs. urspårning, kollision eller liknande.
2. Bedömning av sannolikheten att olyckan leder till utsläpp av farligt ämne.
3. Sammanvägning av olycksfrekvensen med sannolikheten för utsläpp.

5.1.1 Rangerbangården

Förflyttningar på bangården sker dygnet runt, medan rangering i huvudsak sker på dagtid. Rangeringen sker med hjälp av att ett diesellok kör upp vagnarna på en banvall, varvid vagnarna släpps att rulla fritt nerför vallen. Utmed vallen ligger ett antal bromsbackar utplacerade för att successivt minska farten tills vagnen når 5 km/h. Ett vagnset får enligt SJ:s bestämmelser innehålla maximalt 12 axlar under rangeringen. I dagsläget rangeras enligt SJ cirka 65 % av de avgående vagnarna. För de avgående farligt godsvagnarna är motsvarande siffra 80-90 %. Dagligen anländer respektive avgår fem färjor med gods, bilar och passagerare. Resultaten av beräkningarna för rangerbangården redovisas i tabell 5.1.

Ämne	Olycksfrekvens ämne (år ⁻¹)	Sannolikhet för utsläpp	Frekvens utsläpp (år ⁻¹)	Frekvens utsläpp förväntat intervall
Ammoniak	$4.16 \cdot 10^{-3}$	0.01	$4.16 \cdot 10^{-5}$	24 000 år
Svaveldioxid	$3.82 \cdot 10^{-3}$	0.01	$3.82 \cdot 10^{-5}$	26 000 år
Gasol	$5.66 \cdot 10^{-3}$	0.01	$5.66 \cdot 10^{-5}$	17 500 år

Tabell 5.1 Förväntad olycksfrekvens för rangerbangården

5.1.2 Hamnområdet

Då lastning och lossning av lastbilar på norra kajen sker från två olika platser, där utfarten sammanfaller, finns en risk för kollision. Framförallt vid förseningar kan även lastbilar samtidigt lossas från en andra färja, varför det stundtals uppstår flaskhalsar i området kring av- och påkörningsrampen. Ibland sammanfaller dessutom lossningen samtidigt som tågset passerar hamnområdet via genomfartsspåret, som löper endast ett tiotal meter från den plats där lossningen sker. Rampen har nyligen tagits i bruk och några olyckor har hittills inte rapporterats. Tidigare har dock ett flertal olyckstillbud inträffat här.

Den vanligaste typen av vägbundet farligt gods är klass 3- produkter. Den övervägande delen är av klass 3.1, dvs. med flampunkt under 21°C. Då dessa är mycket brandfarliga har de bedömts att utgöra den största risken vid händelse av utsläpp. Resultaten av beräkningarna redovisas i tabell 5.2.

Typ av olycka (farligt gods klass 3.1)	Olycksfrekvens (år ⁻¹)	Sannolikhet för utsläpp	Frekvens utsläpp (år ⁻¹)	Frekvens utsläpp Förväntat intervall
Kollision lastbil- lastbil	$4.06 \cdot 10^{-3}$	$\frac{1}{6}$	$6.8 \cdot 10^{-4}$	1500 år
Kollision lastbil- tågset	$3.04 \cdot 10^{-3}$	$\frac{1}{6}$	$5.1 \cdot 10^{-4}$	2000 år
Vält lastbil	$2.03 \cdot 10^{-3}$	$\frac{1}{12}$	$1.7 \cdot 10^{-4}$	5900 år

Tabell 5.2 Förväntad olycksfrekvens för lastbilstrafiken

6. KONSEKVENSANALYS

Konsekvenserna av ett utsläpp beror av ett flertal olika faktorer. Tidigare analyser/6/ och /7/ visar att framför allt tre faktorer, håldiameter, vädrets stabilitetsklass och den rådande vindhastigheten, påverkar riskavståndet. Då det inte är möjligt att förutsäga vilka förhållanden som gäller vid ett eventuellt utsläpp måste dessa parametrar uppskattas. För att erhålla en så korrekt bild som möjligt har variationerna lagts in som fördelningar i datorprogrammet @Risk/8/, i stället för som konstanta, diskreta värden. På så sätt erhålls även resultaten som fördelningar över riskavståndet. Beräkningar för kapitlet redovisas i bilaga C.

Konsekvensanalysen har delats in i tre steg:

1. Definition av kritiskt gränsvärde för respektive ämne
2. Val av indata med avseende på de parametrar som varierar
3. Konsekvensberäkningar med hjälp av datorprogram

6.1 Kritiska gränsvärden

Samtliga kritiska gränsvärden som anges i detta avsnitt gäller för konsekvensen död. Konsekvenser av eventuella sekundärskador eller egendomsskador har ej beaktats.

6.1.1 Toxicitet

För utsläpp av tryckkondenserad giftig gas har LC_{50} (Lehtal Concentration) enligt den s.k. probitfunktionen/9/ använts. Det har antagits 10 minuters exponering och låg fysisk aktivitet d.v.s. andningsfrekvensen har satts till 15 l/minut.

6.1.2 Värmestrålning

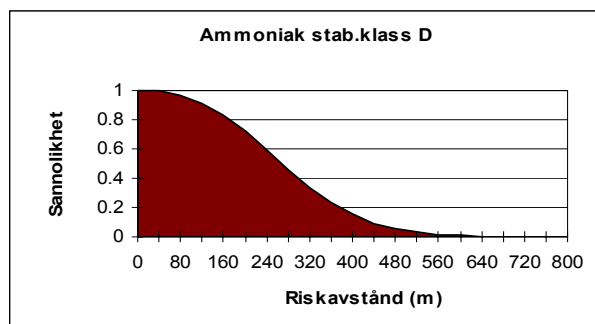
Enligt/7/ uppkommer livshotande skador vid 10 kW/m^2 . Detta har antagits att gälla vid brand till följd av utsläpp av brandfarlig vätska. Då exponeringstiden vid en eventuell BLEVE är kortvarig har kritiskt gränsvärde antagits vara 45 kW/m^2 . Detta motsvarar enligt/6/ 50% dödlighet vid 10 sekunders exponering.

6.1.3 Antändning av brandfarlig gas

Som kritiskt gränsvärde har använts en fjärdedel av den undre brännbarhetsgränsen. Detta kriteriet är ofta använt och kan anses vedertaget.

6.2 Ammoniak

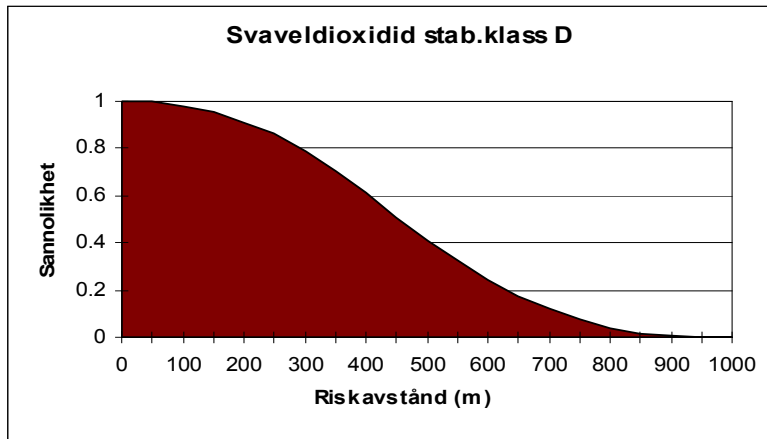
Tidigare riskanalyser visar att stabilitetsklassen inte inverkar nämnvärt på riskavståndet för ammoniak. Detta beror främst på den dimensionerande koncentrationen, LC_{50} -värdet, är förhållandevis högt (8500 ppm). Sannolikhetsfördelningen av riskavståndet visas i figur 6.1



Figur 6.1 Sannolikhetsfördelning av riskavståndet för ett ammoniakutsläpp

6.3 Svaveldioxid

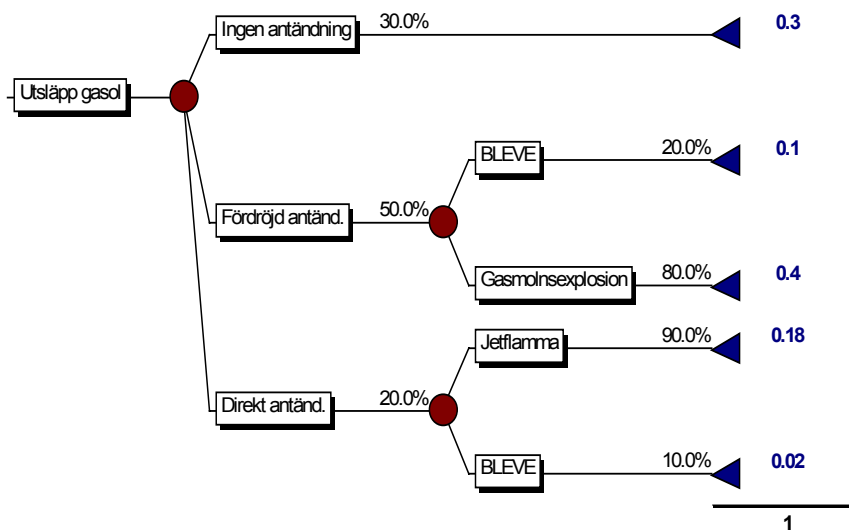
Riskavståndet för svaveldioxid varierar med stabilitetsklasserna. Stabilitetsklass F uppvisar i stort sett dubbelt så stort riskavstånd jämfört med stabilitetsklass D. Figur 6.2 visar sannolikhetsfördelningen för stabilitetsklass D. Fördelningar för övriga stabilitetsklasser redovisas i bilaga C.



Figur 6.2 Sannolikhetsfördelning av riskavståndet för ett svaveldioxidutsläpp. Stab. klass D.

6.4 Gasol

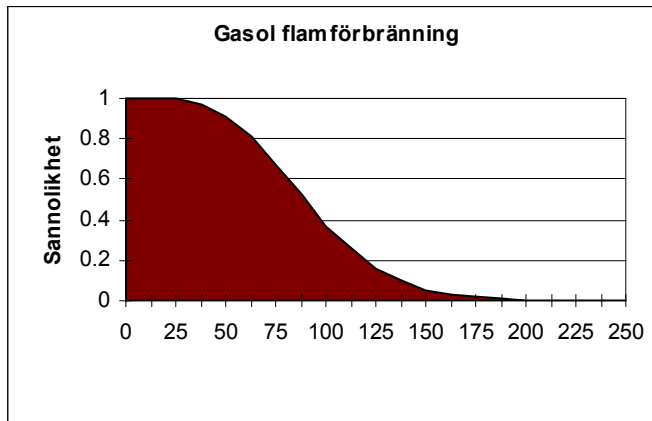
Ett utsläpp av Gasol kan leda till olika konsekvenser beroende av om gasolen antänds eller inte. Sluthändelserna kan enligt/9/ bli BLEVE, gasmolnexplosion eller jetflamma. Händelseträdet nedan beskriver de olika tänkbara utfallen. De sannolikheter som anges i händelseträdet är hämtade från FOA och har använts vid konsekvensberäkningarna.



Figur 6.3 Händelsetråd över tänkbara utfall vid gasolutsläpp/9/.

6.4.1 Gasmolnexplosion/Flambrand (UCVE)

Om gasol inte antänds omedelbart i samband med utsläpp kommer ett gasmoln att bildas. Om detta antänds i ett senare skede kommer en flamförbränning eller gasmolnexplosion att inträffa. Flamförbränningen förväntas få störst riskavstånd varför detta blir dimensionerande. Sannolikhetsfördelningen över riskavståndet framgår av figur 6.3.



Figur 6.4 Sannolikhetsfördelning av riskavståndet för flamförbränning 1/4 LEL och 10 kW/m²

6.4.2 BLEVE

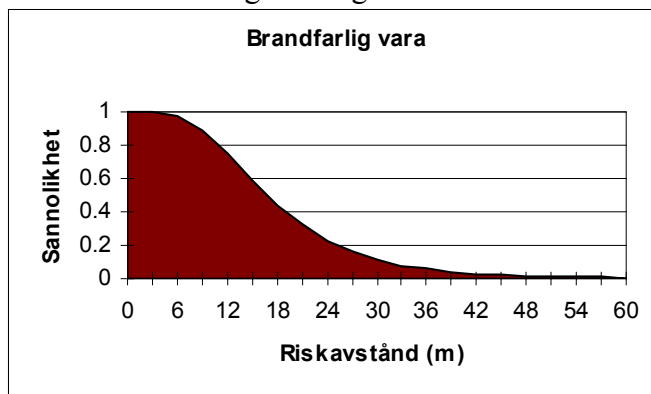
Om en upphettad tank med brandfarlig tryckkondenserad gas rämmer kan detta leda till BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). Detta innebär att en stor mängd vätska frigörs i atmosfären. Om denna antänds bildas ett eldklot som genom kraftig värmepåverkan riskerar att orsaka stora personskador. Beräkningar som redovisas i bilaga D visar att ett fixt riskområde på ca 220 meter kan ansättas. Vid en BLEVE finns även risk för sekundärskador i form av att tankfragment och byggnadsdelar slungas i väg över stora avstånd. Dessa skador förväntas bli lokala och har inte beaktats i analysen.

6.4.3 Jetflamma

Om gasolen antänds omedelbart i samband med utsläpp uppstår en jetflamma, vars längd främst beror av håldiametern. Då beräkningar visar att riskavståndet är mindre än 50 meter har inga avancerade beräkningar gjorts. Den största faran en jetflamma kan utgöra är om den riktas mot någon annat föremål som t.ex. en annan gasolvagn. Denna risk bedöms dock som försumbar och har inte beaktats i beräkningarna.

6.5 Brandfarlig vätska

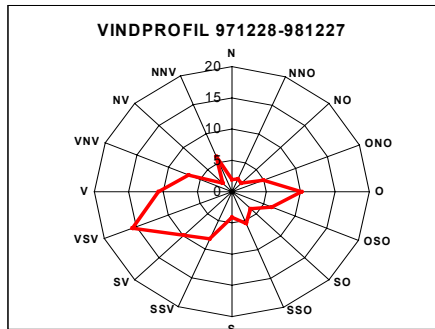
Vid ett utsläpp av brandfarlig vätska är riskavståndet beroende av om den pöl som bildas antänds eller inte. Vid en antändning är det främst strålningsvärmens som påverkar omgivningen. En antändning kan även leda till sekundärskador som t.ex. brandspridning. Detta har emellertid inte beaktats i konsekvensanalysen. Sannolikhetsfördelningen för riskavståndet framgår av figur 6.5.



Figur 6.5 Sannolikhetsfördelning av riskavståndet för en poolbrand. Gränsvärde 10 kW/m²

7. RISKANALYS

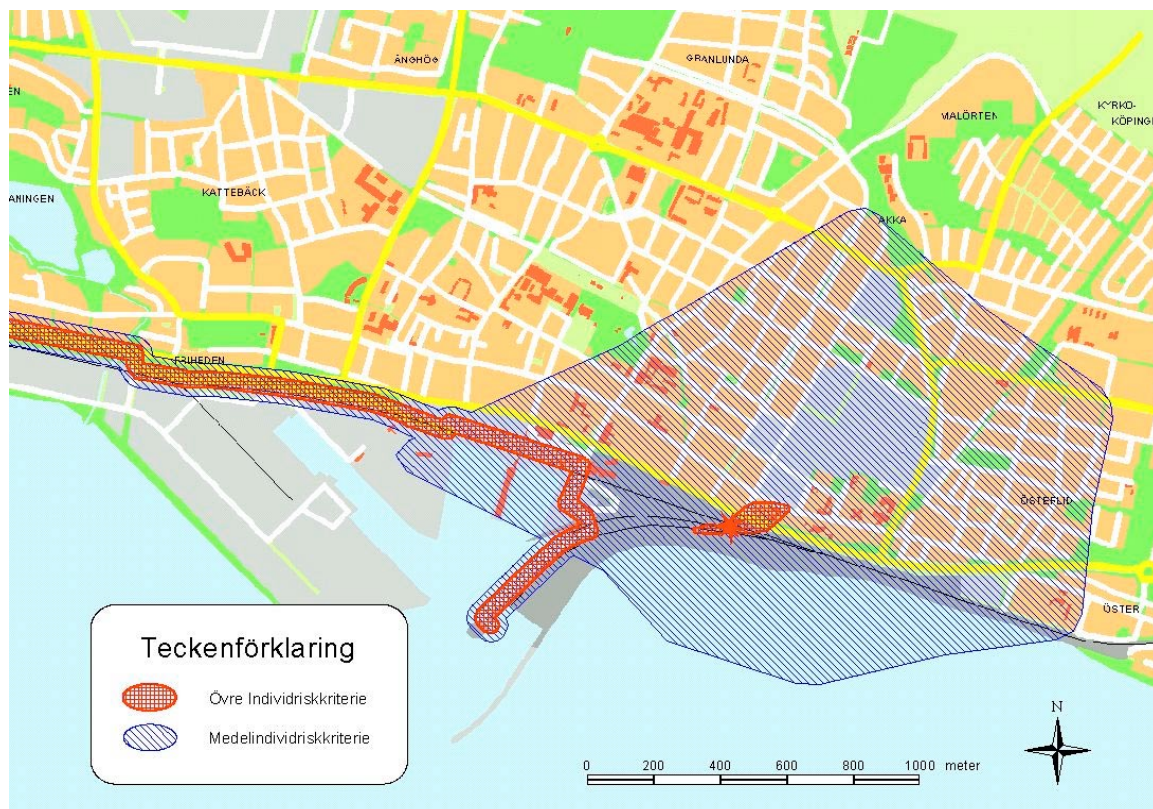
För att bestämma risken för omgivningen måste sannolikheten för en olycka och konsekvensen av denna vägas samman. Enligt kapitel 1.5 kan risken mätas på två olika sätt, individrisk och samhällsrisk. För att utföra beräkningarna måste vinddata för området vara känt. Den procentuella vindriktningsfördelningen presenteras i figur 7.1. Det kan påpekas att samtliga riskavstånd som presenteras i detta kapitel avser konsekvensen död. Skadade personer kommer att förekomma på längre avstånd än vad som anges här.



Figur 7.1 Procentuell fördelning över vindriktningen, varifrån vinden kommer/10/

7.1 Individrisk

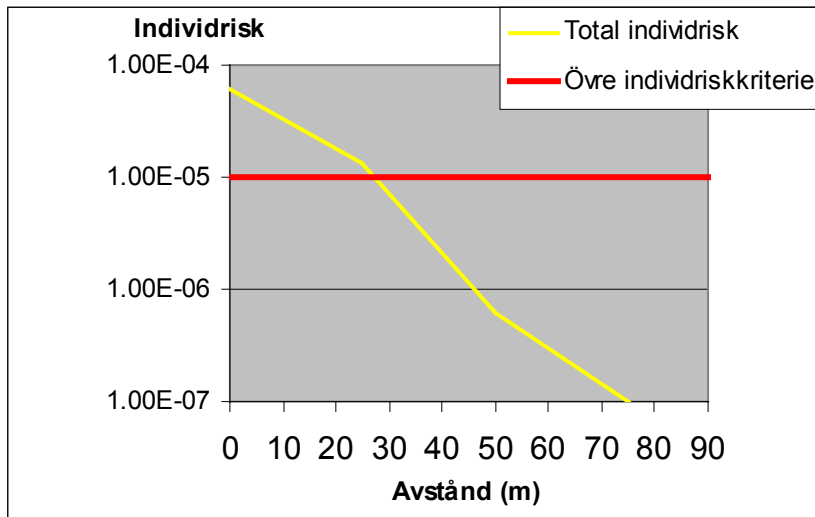
Individrisken anger risken för att en individ ska omkomma på ett visst avstånd från olycksplatsen. Den antar således olika värden beroende av var personer befinner sig geografiskt. Eftersom vissa vindriktningar förekommer oftare än andra skiljer sig riskavståndet för de olika väderstrecken. Figur 7.1 visar individriskprofilen för hamnområdet och rangerbangården där hänsyn tagits till vindriktningarna. För fullständiga beräkningar av individrisk, se bilaga D.



Figur 7.2 Individrisk för Hamnen och omgivningen.

7.1.1 Hamnområdet

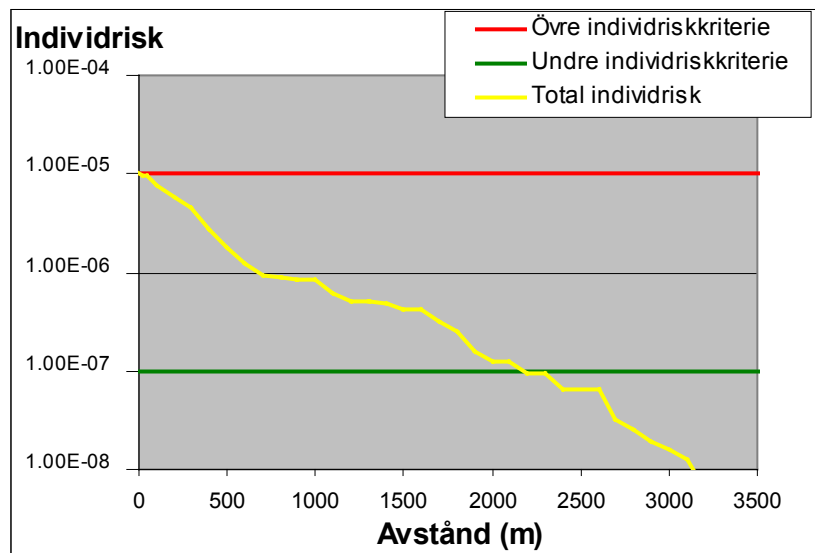
I hamnområdet överskrids det övre individriskkriteriet på ett avstånd av ca 25 meter från lastbilsleden genom färjeläget. Ytterligare 50 meter ligger i det s.k. ALARP- området. Som framgår av figur 7.2 uppgår det totala riskområdet till 75 meter. Om 10^{-6} används som medelacceptanskriterie blir riskavståndet ca 50 meter.



Figur 7.3 Medelindividriskens variation med avståndet från transportleden.

7.1.2 Rangerbangården

Av figur 7.1 framgår att det övre individriskkriteriet spårområdet överskrids lokalt för två typer av vindriktningar. De områden som ligger över gränsen är till större delen belägna inom själva anläggningen. Det område som ligger i ALARP- zonen uppgår i genomsnitt till ca 2200 meter (Figur 7.3). Om 10^{-6} används som medelacceptanskriterie blir det genomsnittliga riskavståndet ca 700 meter.

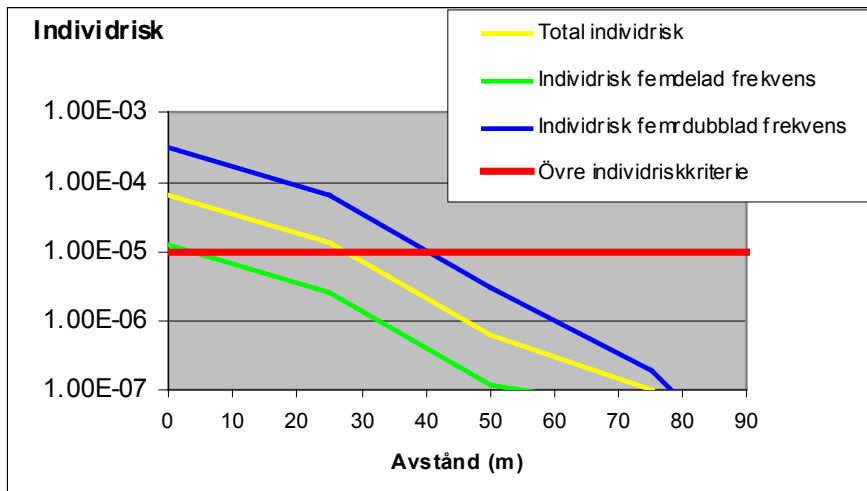


Figur 7.4 Medelindividriskens variation med avståndet från rangerbangården

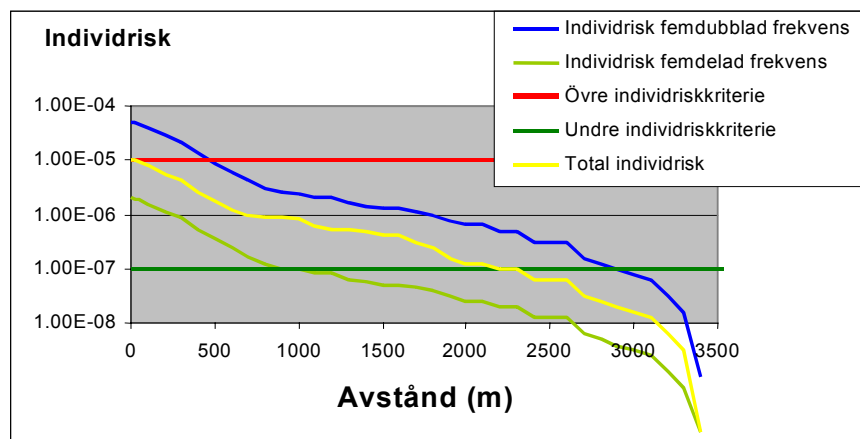
7.1.3 Känslighetsanalys

Då indata presenterats som fördelningar har osäkerheter beaktats i själva analysförfarandet. Emellertid har ingen hänsyn tagits till beräkningarnas känslighet för olycksfrekvenser. Av denna anledning analyseras i detta avsnitt individriskens känslighet för varierande frekvenser.

För hamnområdet respektive spårområdet har olycksfrekvenserna ökat respektive minskats med en faktor fem för att på så sett se hur detta påverkar slutresultatet. Resultaten av känslighetsanalysen framgår av figurerna 7.4 och 7.5.



Figur 7.4 Känslighetsanalys av medelindividrisiken för hamnområdet

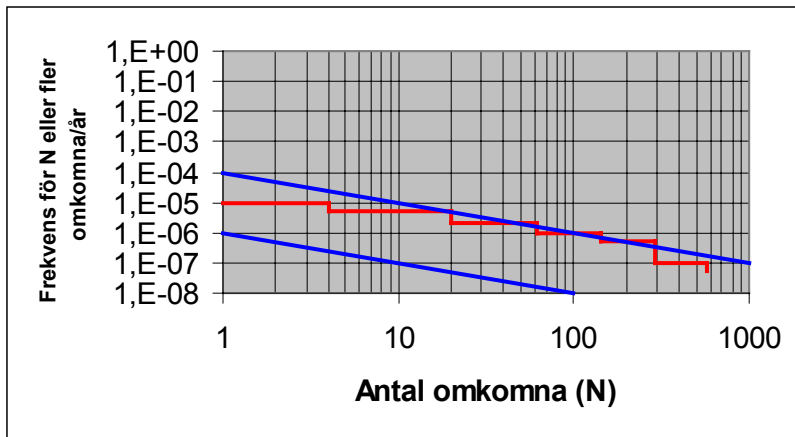


Figur 7.5 Känslighetsanalys av medelindividrisiken för rangerbangården

Även transportmängderna har lagts in som diskreta värden varför även dessa skulle kunna omfattas av en känslighetsanalys. Någon sådan har dock inte utförts.

7.2 Samhällsrisk

För att beräkna samhällsrisken är det nödvändigt att känna till hur många personer som förväntas uppehålla sig i områden som drabbas av utsläpp. Uppgifter om antalet boende i respektive område har erhållits från ekonomikontoret i Trelleborg/11/. Utifrån detta underlag har sedan uppskattningar gjorts för att bedöma hur många av dessa som kan förväntas att befinna sig utomhus. Uppskattningar av hur många personer som kan tänkas befinna sig i det direkta hamn- och spårområdet, d.v.s. resenärer och arbetande i och omkring färjeläget, har i huvudsak gjorts med hjälp av statistiskt material, samt bedömningar. Den totala profilen för samhällsrisken presenteras i figur 7.6.



Figur 7.6 Samhällsrisk i jämförelse med övre och undre acceptanskriteriet enligt kap. 1.5

Av figur 7.6 framgår att riskprofilen för fler döda än 20 i princip följer linjen för övre acceptanskriteriet. Kurvans utseende förklaras med att riskavståndet för Svaveldioxid, stabilitetsklass F, ger extremt långa riskavstånd. Till detta kommer att riskområdet delvis utgörs av det direkta hamnområdet som på dagtid har förhållandevis högt personantal.

8. RISKVÄRDERING

Resultaten visar att riskerna för närområdet, kopplade till de använda acceptanskriterierna, i stort sett ligger i gråzonen mellan undre och övre gränsen. Då de aktuella områdena huvudsakligen omfattar befintliga verksamheter kan detta anses som acceptabelt. Vid eventuell nyetablering, eller ändringar i detaljplaner för berörda områden, bör åtgärder för att reducera riskerna övervägas. För de längre riskavstånden måste även andra faktorer, som t.ex. andra riskkällor, vägas in vid beslutsfattande som gäller nyetablering eller verksamhetsförändringar.

8.1 Osäkerheter

Då analysen i allt väsentligt bygger på statistiskt underlag och enskilda bedömningar blir den också behäftad med osäkerheter. Det statistiska underlaget är, som tidigare nämnts, delvis bristfällig och de bedömningar som har gjorts kan komma att påverkas av den pågående ombyggnationen i hamnområdet. Kvantiteterna av farligt gods kan komma att förändras beroende av om företag väljer att förlägga transporter via Öresundsbron. Detta kommer troligen i framtiden att styras av prissättningar varför detta i dagsläget är omöjligt att kvantifiera.

Analysens giltighet kommer även att påverkas om de planerade verksamhetsförändringarna på rangerbangården genomförs. Om spårområdet byggs ut och rangeringen förläggs till Malmö kommer andra förutsättningar att gälla för anläggningen. Även här kan godskvantiteterna komma att påverkas av Öresundsbron.

8.2 Förslag till åtgärder

För att minska den generella risknivån i området kan riskreducerande åtgärder vidtas. Dessa åtgärder kan vara dels frekvensreducerande och dels konsekvensreducerande. Generellt sett är frekvensreducerande åtgärder att föredra då dessa syftar till att minska eller eliminera risken för skadehändelsen medan de konsekvensreducerande åtgärderna syftar till att begränsa skadan av en inträffad olycka.

8.2.1 Frekvensreducerande åtgärder

I hamnområdet bör tåg- och lastbilstrafik hållas planskild. Som alternativ kan samtliga plankorsningar förses med bommar eller ljussignaler. Vidare bör trafikleden utformas så tydligt som möjligt och vid behov kunna regleras med trafikljus. Den pågående trafikanalysen av färjeläget kan underlätta en identifiering av var de största problemen kan förväntas uppstå.

8.2.2 Konsekvensreducerande åtgärder

Vid nyetablering i hamnens omedelbara närhet bör publika lokaler förses med centralt avstängningsbar ventilation. Dessutom bör entréer placeras så att människor styrs till ytor med längsta möjliga avstånd från riskkällor och med byggnaden som fysisk barriär. Vidare kan avskärmade vegetation planteras mellan byggnader och riskområde. Det bör även finnas möjlighet att snabbt varna människor genom VMA (Viktigt meddelande till allmänheten).

Dessa förslag bör speciellt beaktas vid den pågående renoveringen av gamla ångkvarnen där såväl restaurang som samlingslokal skall inrättas. I befintliga byggnader bör eftersträvas verksamheter med lågt personantal som t.ex. lättare industri eller lager.

9. REFERENSER

- /1/ Davidsson, G m.fl., *Värdering av risk*, Det Norske Veritas, Statens räddningsverk 1997
- /2/ Listor över vagnar med farligt gods som passerat Trelleborg 990101-990930, SJ
- /3/ Listor över lastbilar med farligt gods 991201-991220, TT-Line
- /4/ Listor över lastbilar med farligt gods 990801-991030, Scandline
- /5/ Farligt Gods- Riskbedömningar vid transport. Handbok för riskbedömningar av transporter med farligt gods på väg eller järnväg, Statens Räddningsverk 1996
- /6/ Olsen, H. Ståhl, M ”Riskhänsyn vid fysisk plantering- en detaljstudie av Malmö hamn” Institutionen för Brandteknik, Lunds tekniska högskola, rapport 5034, 1999.
- /7/ L. Eriksson, *Kvantitativ Riskanalys -analys av risker i anslutning till Svågertorp som underlag till planprogram*, Skyddsavdelningen, Malmö brandkår, Malmö 1999
- /8/ Decision Tools Suite (@Risk, Precision Tree, Best Fit) Palisade Corporation, 1998
- /9/ Fischer, S m.fl. ”Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor”, Försvarets forskningsanstalt, 1995.
- /10/ Trelleborgs hamnkontor, ”Väderleksiakttagelser vid Trelleborgs hamn”, 971228-981227
- /11/ Ekonomikontoret, Trelleborg. Befolkningsstatistik 1999.
- /12/ SJ: missödesrapportering för Trelleborg 990101-990930
- /13/ Trelleborgs hamns missödesrapportering 1983- 1998
- /14/ Trelleborgs Räddningstjänsts, insatsrapporter 1998- 99
- /15/ Räddningstjänst I siffror, Statens Räddningsverk 1997
- /16/ Cox, A. W et al. “Classification of hazardous locations”, Institution of chemical engineers, 1990, ISBN 0-85 29 52 58-9
- /17/ ”Chems plus, Consequence modelling software”, version 2.0 Arthur D. Little 1991
- /18/ The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, The society of Fire Protection Engineering, 1997
- /19/ Helmersson, L. ”Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg”, VTI- rappotr nr 387:4, Väg och transportforskningsinstitutet, 1994.
- /20/ Karlsson, B Quiniere, J. G. ”Enclosure fire dynamics”, Lunds universitet, 1998.

/21/ CPQRA, Guidelines for chemical process Quantitative Risk Analysis, American institute of chemical engineers, New York, 1989.

Övrig litteratur

Räddningstjänstlagen, SFS 1986:1102.

Lagen om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor (SFS 1999:381).

Bättre plats för arbete, Allmänna råd 1995:5, Boverket, Karlskrona.

Plan- och Bygglagen (SFS 1992:1769)

BILAGA A RISKINVENTERING

Grovanalys

Objekt	Verksamhet	Skadehändelse (riskslag)	Konsekvens
Rangerbangården och spårområdet	Hantering av rälsbundet gods	Urspårning, kollision eller tekniskt fel som leder till haveri av tank eller rörbrott. Explosion, häftig brand och spridning av brandfarliga, giftiga gaser.	Frätskador och förgiftning Trycksador på byggnader Strål- och trycksador p.g.a. strålning och spridning av brand Risk för allvarliga miljöskador p.g.a. uttrinnande vätskor
Hamnområdet	Lastning och lossning av gods från färja Omlastning mellan väg och rälsbundet gods (combiterminal)	Kollision, vält lastbil/ släp eller tekniskt fel som leder till haveri av tank eller rörbrott Explosion, häftig brand och spridning av brandfarliga, giftiga gaser.	Frätskador och förgiftning Trycksador på byggnader Strål- och trycksador p.g.a. strålning och spridning av brand Risk för allvarliga miljöskador p.g.a. uttrinnande vätskor
Oljehamnen	Lagring av oljeprodukter	Risk för utsläpp av oljeprodukter samt cistern- och/ eller invallningsbrand	Kraftig rökutveckling och svårsläckt brand Stora miljöskador
BP Chemicals	Kemisk industri	Risk för utsläpp av styren i samband med lossning av båt eller brott på pipeline Risk för häftig brand	Kraftig rökutveckling och svårsläckt brand Stora miljöskador Förgiftning

Vägbundet farligt gods

UN-NR	KLASS	ÄMNE	TON/ÅR
12	1	PATRONER, HANDELDVAPEN O DYL.	86
44	1	TÄNDHATTAR	4
337	1	FYRVERKERI	124
431	1	PYROTEKNISKA FÖREMÅL	1
432	1	PYROTEKNISKA FÖREMÅL	210
1002	2	LUFT, KOMPRIMERAD	5
1006	2	ARGON, KOMPRIMERAD	4
1013	2	KOLDIOXID	40
1041	2	ETYLENOXID- OCH KOLDIOXIDBLANDNING	8
1044	2	BRANDSLÄCKARE MED KOMPRIMERAD GAS	165
1046	2	HELIUM	10
1050	2	VÄTEKLORID	88
1056	2	KRYPTON, KOMPRIMERAD	8
1057	2	CIGARETTTÄNDARE	25
1061	2	METYLAMIN	18
1066	2	KVÄVE	10
1072	2	OXYGEN	146
1078	2	KÖLDMEDIUM, BLANDNING F1 OCH F3*	8
1950	2	AEROSOLER	517
1951	2	ARGON, KYLD VÄTSKA	3813
1952	2	ETYLENOXID- OCH KOLDIOXIDBLANDNING	10
1954	2	KOMPRIMERAD GAS, BRANDFARLIG	10
1956	2	KOMPRIMERAD GAS, MAX 10% XENON*	165
1962	2	ETYLEN	55
1969	2	ISOBUTAN	62
1971	2	NATURGAS	190
1978	2	PROPAN	66
2037	2	GASER I SMÅ BEHÅLLARE	1
2187	2	KOLDIOXID, KYLD VÄTSKA	82
2188	2	ARSIN	1
3164	2	TRYCKSATTA FÖREMÅL MED EJ BRANDF. GAS*	14
3300	2	ETYLENOXID OCH KOLDIOXID, BLANDNING	34
1090	3	ACETON	3
1120	3	BUTANOL	895
1123	3	BUTYLACETAT	84
1133	3	LIM	123
1139	3	TÄCKLÖSNING	790
1145	3	CYKLOHEXAN	8
1146	3	CYKLOPENTAN	16
1169	3	AROMATISKA EXTRAKT, FLYTANDE	7
1170	3	ETANOL	78
1173	3	ETYLACETAT	20
1197	3	EXTRAKT SMAKÄMNEN, FLYTANDE	42
1203	3	MOTORBENSIN	142
1206	3	HEPTANER	1037

1210	3	TRYCKFÄRG	50
1219	3	ISOPROPANOL	56
1230	3	METANOL	93
1245	3	METYLISSOBUTYLKETON	88
1247	3	METYLMETAKRYLAT	190
1263	3	FÄRG (LACK, EMALJ M.FL.)	4902
1265	3	ISOPENTAN/ n-PENTAN	74
1266	3	PARFYMPRODUKTER	483
1268	3	PETROLIUMDESTILAT OCH LIKNANDE	26
1280	3	PROPYLENOXID	1234
1287	3	GUMMILÖSNING FLAMP. <23 C	4
1293	3	TINKTURER	5
1294	3	TOLUEN	1
1296	3	TRIETYLAMIN	110
1300	3	TERPENTINERSÄTTNING	1
1307	3	XYLEN	809
1866	3	HARTSLÖSNING	7031
1987	3	ALKOHOLER, BRANDFARLIGA*	185
1992	3	BRANDFARLIGA VÄTSKOR, GIFTIGA*	9
1993	3	BRANDFARLIGA VÄTSKOR*	1157
2053	3	METYLAMYLALKOHOL	24
2055	3	STYRENMONOMER, INHIBERAD	1
2265	3	N,N-DIMETYLFORMAMID	88
2293	3	4-METOXI-4-METYLPENTAN-2-ON	13
2301	3	2-METYLFORAN	26
2348	3	BUTYLAKRYLATER, INHIBERADE	163
3092	3	1-METOXI-2-PROPANOL*	12
3256	3	BRANDFARLIG VÄTSKA, FÖRHÖJD TEMP.*	1559
3295	3	FLYTANDE KOLVÄTEN*	140
1309	4	ALLUMINIUMPULVER, YTBELAGT	230
1325	4	BRANDFARLIGT FAST ÄMNE, ORGANISKT*	231
1328	4	HEXAMETYLENTETRAMIN	96
1334	4	NAFTALEN	14
1350	4	SVAVEL, FAST	36
1384	4	NATRIUMDITIONIT	72
1411	4	LITIUMALUMINIUMHYDRID	186
1418	4	MAGNESIUMPULVER	10
1868	4	DECABORAN	21
1944	4	SÄKERHETSTÄNDSTICKOR	120
2213	4	PARAFORMALDEHYD	24
2556	4	NITROCELLULOSA MED ALKOHOL	192
2557	4	NITROCELLULOSA MED ALKOHOL	6
3131	4	VATTENREAKTIVT FRÄTANDE ÄMNE, FAST*	76
3175	4	FASTA ÄMNEN INNEH. BRANDF. VÄTSKA*	48
3270	4	MEMBRANFILTER AV NITROCELLULOSA	1
1463	5	KROMTRIOXID, VATTENFRI	22
1479	5	OXIDERANDE ÄMNEN, FASTA*	11500
1486	5	KALIUMNITRAT	100

1490	5	KALIUMPERMANGANAT	24
1495	5	NATRIUMKLOLAT	840
1498	5	NATRIUMNITRAT	82
2014	5	VÄTEPEROXID, VATTENLÖSNING	10
3103	5	ORGANISKA PEROXIDER TYP C, FAST ÄMNE	12
3105	5	ORGANISKA PEROXIDER TYP D, FLYTANDE	5
3106	5	ORGANISKA PEROXIDER TYP D, FAST ÄMNE	48
3107	5	ORGANISKA PEROXIDER TYP E, FLYTANDE	10
3108	5	ORGANISKA PEROXIDER TYP E, FAST ÄMNE	22
3109	5	ORGANISKA PEROXIDER TYP F, FLYTANDE	226
3110	5	ORGANISKA PEROXIDER TYP F, FAST ÄMNE	80
3113	5	ORGANISKA PEROXIDER TYP C, FLYTANDE	64
3116	5	ORGANISKA PEROXIDER TYP D, TEMP. KONTR.	203
3139	5	OXIDERANDE VÄTSKA*	876
1199	6	FURFALDEHYD	4
1564	6	BARIUMFÖRENINGAR*	16
1588	6	CYANIDER*	10
1593	6	DIKLORMETAN	30
1618	6	BLYARSENITER	?
1664	6	NITROTOLUEN	11
1750	6	KLORÄTTIKSYRALÖSNING	1036
1897	6	TETRAKLORETYLEN	16
2078	6	TOLUENDIISOCYANAT	114
2291	6	BLYFÖRENINGAR*	559
2570	6	KADMIUMFÖRENINGAR	2
2662	6	HYDROKINON	10
2788	6	ORGANISKA TENNFÖRENINGAR	1
2810	6	GIFTIGA VÄTSKOR, ORGANISKA*	110
2811	6	GIFTIGA FASTA ÄMNEN, ORGANISKA*	78
2876	6	RESORCINOL	100
2927	6	GIFTIG VÄTSKA, FRÄTANDE, ORGANISK*	15
2929	6	GIFTIG VÄTSKA, BRANDFARLIG*	809
3144	6	NIKOTINFÖRENINGAR, FLYTANDE*	3
3282	6	ORGANISKA METALLFÖRENINGAR, GIFTIGA*	36
2910	7	RADIOAKTIVT MATERIAL, BEGR. KVANTITETER	44
2912	7	RADIOAKTIVT MATERIAL, LÅG SPEC. AKTIVITET*	28
2913	7	RADIOAKTIVT MATERIAL, YTKONT. FÖREMÅL*	141
2918	7	RADIOAKTIVT MATERIAL, KLYVBART*	207
1719	8	KAUSTIK ALKALI, FLYTANDE*	15
1727	8	AMMONIUMVÄTEFLOURID	21
1744	8	BROM	7
1759	8	FRÄTANDE FAST ÄMNE*	40
1760	8	FRÄTANDE VÄTSKA*	174
1779	8	MYRSYRA >70%	1863
1789	8	SALTSYRA	4
1790	8	FLUORVÄTESYRA	225
1805	8	FOSFORSYRA	1690

1813	8	KALIUMHYDROXID, FAST	10
1814	8	KALIUMHYDROXIDLÖSNING	350
1818	8	KISELTETRAKLORID	3
1823	8	NATRIUMHYDROXID, FAST	33
1824	8	NATRIUMHYDROXIDLÖSNING	52
1830	8	SVAVELSYRA	152
1833	8	SVAVELSYRLIGHET	80
1838	8	TITANTETRAKLORID	2
1848	8	PROPIONSYRA	268
1902	8	DIISOOKTYLSYRAFOSFAT	7
1903	8	FRÄTANDE VÄTSKA*	10
2031	8	SALPETERSYRA	55
2079	8	DIETYLENTRIAMIN	145
2209	8	FORMALDEHYDLÖSNING	14
2218	8	ACRYLSYRA, INHIBERAD	2852
2264	8	DIMETYL CYKLOHEXYLAMIN	3
2280	8	HEXAMETYLENDIAMIN, FAST	803
2289	8	ISOFORONDIAMIN	210
2585	8	ARYLSULFONSYROR, FASTA	32
2586	8	ALKYLSULFONSYROR, FLYTANDE	986
2672	8	AMMONIAKLÖSNING	106
2680	8	LITIUMHYDROXID MONOHYDRAT	4
2699	8	TRIFLUORÄTTIKSYRA	26
2735	8	AMINER, POLYAMINER FLYTANDE, FRÄTANDE	132
2789	8	ÄTTIKSYRA >80 VIKT% SYRA	6
2790	8	ÄTTIKSYRALÖSNING	10
2794	8	BATTERIER, SYRAFYLLDA	5115
2795	8	BATTERIER, FYLLDA MED ALKALISKA LÖSN.	397
2796	8	SVAVELSYRA MAX 51% SYRA	1
2920	8	FRÄTANDE VÄTSKA, BRANDFARLIG*	112
2922	8	FRÄTANDE VÄTSKA, GIFTIG*	144
2949	8	NATRIUMHYDROSULFID	28
3253	8	NATRIUMTRIOXOSILIKAT	425
3259	8	AMINER, FRÄTANDE, FASTA*	96
3262	8	BASISKA, FRÄTANDE, FASTA ÄMNEN*	16
3263	8	FRÄTANDE BASISKT ÄMNE, FAST*	29
3264	8	FRÄTANDE SYROR. OORGANISKA*	40
3265	8	FRÄTANDE SYROR. ORGANISKA*	118
3266	8	BASISKA FLYTANDE ÄMNEN, OORGANISKA*	55
3267	8	BASISKA FLYTANDE ÄMNEN, ORGANISKA*	85
3286	8	BRANDFARLIG, GIFTIG, FRÄTANDE VÄTSKA*	10
2211	9	EXPANDERADE POLYMERKULOR	737
3077	9	MILJÖFARLIGA ÄMNEN, FASTA*	102
3082	9	MILJÖFARLIGA ÄMNEN, FLYTANDE*	5643
3257	9	BRANDFARLIG VÄTSKA, FÖRHÖJD TEMP.*	12425
3268	9	KROCKKUDDAR/ GASGENERATORER MM.*	132
EJ UN-NR	OKÄNT		2147

Rälsbundet farligt gods

UN-NR	KLASS	ÄMNE	TON/ÅR	VAGNAR/ÅR
1965	2	GASOL*	3680	74
2187	2	KOLDIOXID, KYLD VÄTSKA	2350	47
1005	2	AMMONIAK, VATTENFRI	3850	77
1010	2	BUTADIENER	800	16
1017	2	KLOR	850	17
1037	2	ETYLKLORID	100	2
1040	2	ETYLENOXID	850	17
1079	2	SVAVELDIOXID	4690	94
1089	3	ACETALDEHYD	1400	28
1090	3	ACETON	110	2
1093	3	AKRYLNITRIL	390	8
1100	3	ALLYLKLORID	670	14
1917	3	ETYLAKRYLAT	220	5
1993	3	BRANDFARLIG VÄTSKA*	160	3
2310	3	PENTAN- 2,4-DION	50	1
3079	3	METAKRYLNITRIL	1730	37
3295	3	KOLVÄTEN, FLYTANDE	50	1
1120	3	BUTANOLER	450	9
1123	3	BUTYLACETATER	170	4
1129	3	BUTYRALDEHYD	150	3
1131	3	KOLDISULFID	1920	48
1170	3	ETANOL	110	2
1202	3	DIESELolja	280	6
1212	3	ISOBUTANOL	560	11
1294	3	TOLUEN	1400	28
1305	3	VINYLTRIKLORSILAN	50	1
1402	4	KALCIUMKARBID	35350	740
1408	4	JÄRNSILICID	150	4
2448	4	SVAVEL, SMÄLT	450	9
2950	4	MAGNESIUMGRANULAT	220	5
1485	5	KALIUMKLORAT	500	10
1495	5	NATRIUMKLORAT	7090	118
2014	5	VÄTEPEROXID	1450	29
1942	5	AMMONIUMNITRAT	19480	390
1664	6	NITROTOLUENER	110	2
1710	6	TRIKLORETYLEN	60	1
1738	6	BENSYLKLORID	50	1
1935	6	CYANIDLÖSNING*	50	1
2810	6	GIFTIG VÄTSKA, ORGANISK*	50	1
2927	6	GIFTIG VÄTSKA, ORGANISK*	480	10
2023	6	EPIKLORHYDRIN	2200	44
2312	6	FENOL	110	2
2912	7	RADIOAKTIVT MATERIAL*	560	11
1759	8	FRÄTANDE FAST ÄMNE*	1680	34
1760	8	FRÄTANDE VÄTSKA*	50	1

1779	8	MYRSYRA >90%	390	8
1789	8	SALTSYRA	280	6
1790	8	FLUORVÄTESYRA	4450	93
1805	8	FOSFORSYRA	4580	92
1823	8	NATRIUMHYDROXID, FAST	110	2
1830	8	SVAVELSYRA	270	5
1836	8	TIONOLKLORID	50	1
2079	8	DIETYLENTRIAMIN	110	2
2735	8	AMIMER, FLYTANDE*	50	1
2922	8	FRÄTANDE VÄTSKA, GIFTIG*	100	2
3082	9	MILJÖFARLIGA ÄMNEN,FLYTANDE	110	2
3170	9	BIPRODUKTER, ALLUMINIUMSMÄLTNING	1000	16
3290	9	GIFTIGA ÄMNEN, FASTA*	670	14

*NOS= Not Otherwise Specified.

Oljehamnen

UN-NR	KLASS	ÄMNE	MÄNGD[m3]
2055	3	STYREN	5000
*	*	MOBISOL 30	500
1212	3	DIESELÖLJA	3000
*	*	TJOCKOLJA	4500

* Ej klassat som farligt gods

BILAGA B SANNOLIKHETSBERÄKNINGAR

Sannolikhet för utsläpp på rangerbangården

Enligt SJ: s missödesrapportering/12/ inträffar i genomsnitt 3 urspårningar per år i samband med rangering. Då cirka 44 000 vagnar per år rangeras är sannolikheten för urspårning för en vagn:

$$N = 3 / 44\ 000 = 6.82 * 10^{-5}$$

Som jämförelse uppskattas, Enligt VTI /5/, sannolikheten för en urspårning på järnväg av:

$$N = TAF * 1.2 * 10^{-6}$$

N = antal urspårningar eller kollisioner

TAF = Tågets medelstorlek uttryckt i antal axlar

Eftersom tågseten högst tillåts innehålla tolv axlar vid rangering, där 60 % är fyraxlade och 40 % är tvåaxlade, blir sannolikheten för urspårning:

$$N = (0.6 * 16 + 0.4 * 12) * 1.2 * 10^{-6} = 1.73 * 10^{-5} (= 0.76 \text{ urspårningar/år})$$

För att vara på den säkra sidan används det högre, faktiskt uppmätta, värdet dvs. 3 urspårningar/år

Sannolikheten för läckage, givet urspårning, är enligt/5/: $P_{\text{läckage}} = 0.01$ för tjockväggiga tankar med trycksatta ämnen.

$$\Rightarrow P_{\text{utsläpp}} = 3 \cdot P_{\text{läckage}} = 3 \cdot 0.01 = 0.03$$

Därefter bestäms sannolikheten för vilket ämne som läcker ut enligt sambandet:

$$\text{Andel}(i) = \frac{N_i}{N_{\text{tot.}}}$$

N_i = Antal vagnar för aktuellt ämne (i)

$N_{\text{tot.}}$ = Totalt antal rangerade vagnar (44 000/år)

De berörda ämnenas fördelning redovisas i tabell B.1

Ämne	Antal rangerade vagnar	Andel (%)
Ammoniak	61	0.14
Svaveldioxid	56	0.13
Gasol	83	0.19

Tabell B.1 Andel rangerade vagnar för respektive ämne.

Fullständig missödesstatistik för 1999 redovisas i tabell B.2.

Typ av olycka	Frekvens (gångar/år)
Urspårning i samband med rangering	3
Urspårning annat	6
Saxning*	3
Påkörning av tågspärr	3
Utlösning av säkerhetsventil	1
Skenande vagn	1
Sammanstötning p.g.a. ej fri bredd	1

Tabell B.2. Olyckstillbud rangerbangård och spårrområde 1999. /12/

*Tillfälle då vagnen tappar markkontakt

Sannolikhet för utsläpp hamnområdet

För att bestämma sannolikheten för utsläpp i samband med lastning och lossning av lastbilar har i första hand statistik från Trelleborgs Hamn AB använts/13/. Då denna är bristfällig har vissa antaganden varit nödvändiga för beräkningarna.

En händelse som skulle kunna leda till utsläpp i hamnområdet är en kollision mellan tågset på genomfartsspåret och en lastbil som lossar från en ankommande färja. Andra tänkbara scenarier är att två lastbilar kolliderar vid lossning, eller att en lastbil eller släp välter. I tabell B.3 redovisas statistik från Trelleborgs Hamn AB.

Typ av olycka	Frekvens (gångar/år)
Kollision lastbil- tåg	0,3
Kollision lastbil- lastbil	0,4
Vält combisläp	0,6
Vält lastbil	0,2
Dieselutsläpp från lastbil	2
Läckande farligt gods	0,5
Styrenutsläpp vid lossning, oljehamnen	0,2

Tabell B.3 Olyckstillbud i hamnområde 1992- 99 /13/, /14/

Det är svårt att förutse hur den nya av- och påkörningsrampen kommer att påverka säkerheten vid lastning och lossning. I beräkningarna har olycksfrekvenserna därför antagits vara oförändrade. Detta har antagits att gälla även för kollision mellan lastbilar och tåg.

För att beräkna sannolikheten för olycka har följande samband använts:

$$P_{kol.} = \sum P_{it} + P_{il}$$

$$P_{it} = \text{Kollision lastbil} - \text{tåg}$$

$$P_{il} = \text{Kollision lastbil} - \text{lastbil}$$

$$P_{vf} = \text{Vält fordon (Lastbil)}$$

Enligt/15/leder 1/6 av farligt godsolyckor på väg till utsläpp. Detta har antagits att gälla i beräkningarna för kollisionsoolyckor. För vält lastbil antas risken för utsläpp att vara hälften så stort dvs. 1/12. Sannolikhet för antändning av brandfarlig vätska, givet utsläpp, är hämtade från/15/

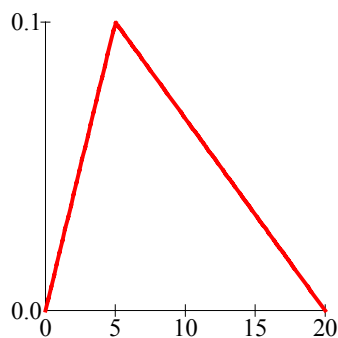
Fördelning av håldiametern

VTI/5/ har tagit fram hålstorleksfördelningar för olyckor med järnvägsvagn. Dessa presenteras i tabell B.4.

Diameter (cm)	Sannolikhet (%)
0-8	82
9-14	16
>14	2

Tabell B.4 Sannolikheter för håldiametrar/5/.

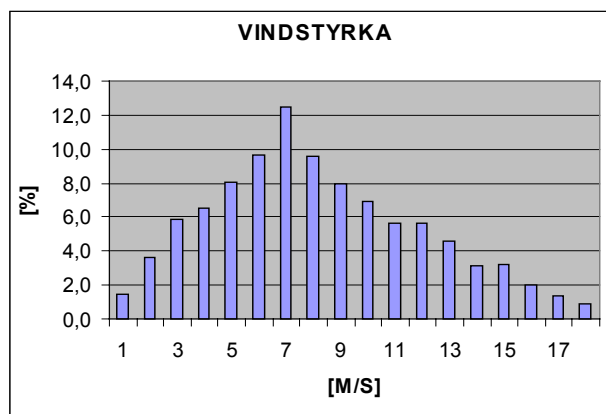
Vidare visar statistik/16/ att det ofta är tvåtums tankanslutningar som slås av varför en tyngdpunkt på 5 cm har lagts in i fördelningarna. Principskiss för triangelfördelning av hålstorlekar, i Bestfit, framgår av figur B.1. Den indata som använts i beräkningarna är Trig(0,5,12) som ger ett förväntat värde på 5 cm.



Figur B.1 Fördelning av håldiameter

Vinddata

Fördelning av vindhastigheter har kunnat bestämmas med hjälp av Trelleborgs hamns egen statistik/10/. Denna baseras på ca 1100 mätningar under perioden 971228-981227. Vidare har, med hjälp av datorprogrammet Bestfit/8/, en statistisk fördelning för vindhastigheter för respektive stabilitetsklass tagits fram



Figur B.2 Vindstyrkans fördelning, Trelleborg 971228-981227 /10/

Stabilitetsklasserna

Stabilitetsklasserna, indelade i skalan A-F, är främst beroende av tid på dygnet, mängden moln, vindhastighet och årstid.

- A= Mycket ostabilt
- B= Ostabilt
- C= Något ostabilt
- D= Neutralt
- E= Stabilt
- F= Mycket stabilt

De olika stabilitetsklasserna gäller endast för vissa vindhastigheter enligt tabell B.5

Stabilitetsklass	Vindhastighet (m/s)
A+B	0-4
C+D	2-
E+F	0-4

Tabell B.5 Giltiga vindhastigheter för respektive stabilitetsklass/9/

För att förenkla beräkningarna slås A och B ihop till B, C och D till D och E och F till F. Detta innebär att beräkningarna ligger på den säkra sidan då riskavståndet ökar successivt med stabilitetsklassen från A till F.

Fördelningen mellan de olika stabilitetsklasserna är hämtade från/6/ och bygger på mätningar från Malmö under åren 1995- 1998. Med tanke på att Malmö endast är beläget ca 30 km från Trelleborg antas fördelningarna överensstämma med varandra. Fördelningarna som använts i beräkningarna presenteras i tabell B.6.

Stabilitetsklass	Fördelning(%)	Fördelning
B	2,3	normalfördelning(2,47;0,95)
D	76,6	triangelfördelning(2,5,12)
F	21,1	normalfördelning(1,97;0,71)

Tabell B.6 Fördelning för stabilitetsklasserna/6/

BILAGA C KONSEKVENSBERÄKNINGAR

Kritisk koncentration, kondenserad gas

För att beräkna den kritiska koncentrationen för toxiska gaser har FOA: s modell/9/ använts. Som kritisk koncentration har LC₅₀ använts, då detta är gränsen för att 50 % av de exponerade förväntas att omkomma. Exponeringstiden är satt till 10 minuter och andningsfrekvensen till 15 liter/minut, vilket motsvarar låg fysisk aktivitet. Enligt FOA bestäms den kritiska koncentrationen enligt:

$$C_{ppm} = \frac{R \cdot T}{M \cdot P} \cdot \sqrt{\frac{e^{(-\alpha/\beta)}}{t}}$$

R = Konstant

T = Temperatur(293K)

M = Molmassa

P = trycket

α = Konstant

β = Konstant

t = Exponeringstiden (10 min)

Riskavstånd

Med hjälp av utdata från Chemsplus/17/ och sannolikhetsfördelningarna från bilaga B har, för håldiameter (D) och vindhastighet (u), ett regressionsuttryck för respektive ämne tagits fram i datorprogrammet Excel. Då riskavståndet beror av två variabler kan uttrycket skrivas:

$$X = k \cdot D^\alpha \cdot u^\beta$$

Genom simulering i @Risk/8/ kan riskavståndets variation presenteras med hjälp av en sannolikhetsfördelning, här redovisad som en CCDF- kurva (Complementary Cumulative Distribution Funktion). Fördelningen uttrycker sannolikheten för att riskavståndet är lika med eller längre än X meter. Dessa fördelningar används därefter som indata vid beräkningar av individ- och samhällsrisk.

Ammoniak

Av tidigare utförda riskanalyser, samt egna testsimuleringar, framgår att riskavståndet för Ammoniak inte varierar nämnvärt för de olika stabilitetsklasserna. De tankdimensioner och andra yttre förutsättningar som antagits framgår av tabell C.1. Tankdimensionen har valts efter uppgifter från/6/. Exponeringstiden på 10 minuter är för Ammoniak är något diskutabel eftersom ämnet har en mycket låg förnimbarhetsgräns varför människor kan tänkas sätta sig i säkerhet innan denna tid har uppnåtts.

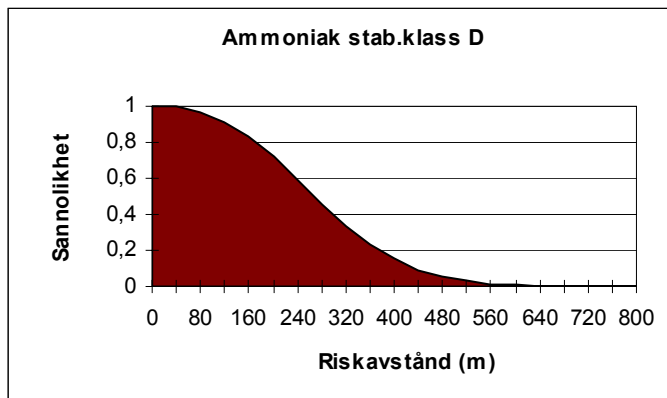
Konstanter	
Diameter _{tank}	2,6m
Längd _{tank}	14,8m
T _{omgivning}	283K
P _{omgivning}	101 325Pa
P ₀	700 000 Pa
C _d	0,62
Stab. Klass	D
C	LC ₅₀ =8500 ppm

Tabell C.1 Konstanter vid beräkningar för Ammoniak i Chemsplus

Regressionsanalysen av utdata från Chemsplus ger att riskavståndet för Ammoniak kan skrivas:

$$X = 9044 \cdot D^{0.912} \cdot u^{-0.463}$$

Resultatet erhålls som fördelning av riskavståndet enligt figur C.1



Figur C.1 Sannolikhetsfördelningen av riskavståndet för Ammoniak stabilitetsklass D

Svaveldioxid

För Svaveldioxid har stabilitetsklassen stor inverkan vid spridning. Av den anledningen har beräkningar gjorts för de olika klasserna för att sedan vägas samman i riskberäkningarna. Förutsättningarna för beräkningarna framgår av tabell C.2. Tankdimensionerna är hämtade från /6/ och kommer ursprungligen från Hydro.

Konstanter	
Diameter _{tank}	2,3m
Längd _{tank}	11,9m
T _{omgivning}	283K
P _{omgivning}	101 325Pa
P ₀	279 000Pa
C _d	0,62
Stab. Klass	B,D,F
C	LC ₅₀ =1000 ppm

Tabell C.2 Konstanter vid beräkningar för Svaveldioxid i Chemsplus

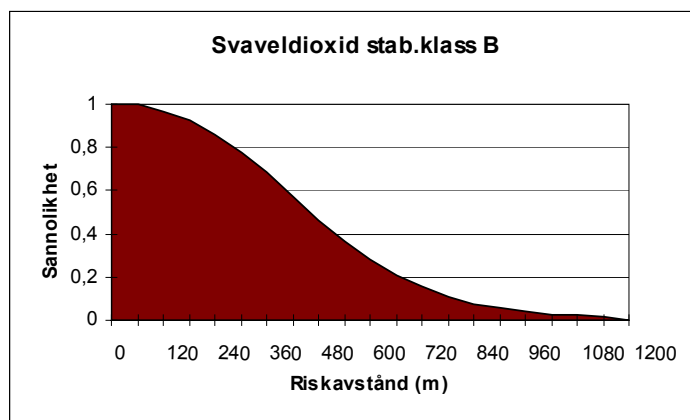
Regressionsanalysen av utdata från Chemsplus ger att riskavstånden för Svaveldioxid kan skrivas:

$$X_B = 10956 \cdot D^{0.961} \cdot u^{-0.463}$$

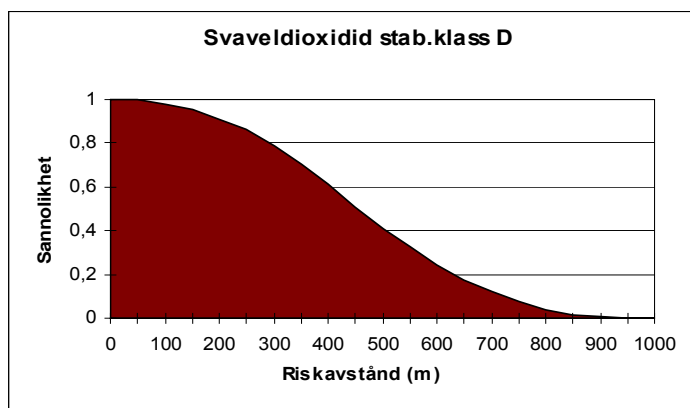
$$X_D = 8466 \cdot D^{0.921} \cdot u^{-0.135}$$

$$X_F = 45029 \cdot D^{1.136} \cdot u^{-0.337}$$

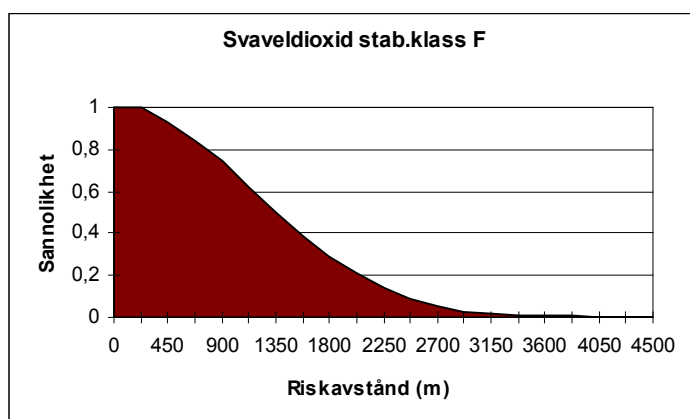
Resultaten erhålls som fördelningar av riskavståndet enligt figurerna C.2- C.4



Figur C.2 Sannolikhetsfördelning av riskavståndet för Svaveldioxid stab. Klass B.



Figur C.3 Sannolikhetsfördelning av riskavståndet för Svaveldioxid stab. Klass D.



Figur C.4 Sannolikhetsfördelning av riskavståndet för Svaveldioxid stab. Klass F.

Gasol

Beräkningarna har gjorts för $\frac{1}{4}$ av den undre brännbarhetsgränsen. Stabilitetsklassen har ingen inverkan eftersom riskavstånden är korta. Förutsättningarna för beräkningarna framgår av tabell C.3.

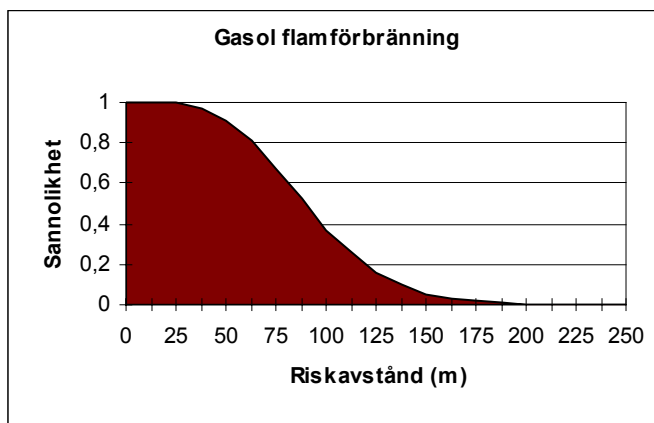
Konstanter	
Diameter _{tank}	2,3 m
Längd _{tank}	11,9 m
T _{omgivning}	283 K
P _{omgivning}	101 325 Pa
P ₀	731 000 Pa
C _d	0,62
Stab. Klass	D

Tabell C.3 Konstanter vid beräkningar för Gasol i Chemsplus

Regressionsanalysen av utdata från Chemsplus ger att riskavståndet för Gasol kan skrivas:

$$X = 2940 \cdot D^{0.963} \cdot u^{-0.509}$$

Resultatet erhålls som fördelning av riskavståndet enligt figur C.5



Figur C.5 Sannolikhetsfördelning av riskavståndet för Gasol.

Bleve

Strålningen från BLEVEN kan enligt/18/ uttryckas:

$$Q_i = E \cdot \tau \cdot F$$

Fullskaleförsök visar att emitterad effekt, E, ligger på cirka 350 kW/ m² för massor över 1000 kg /6/ Vinkelkoefficienten har bestämts med uttrycket:

$$F = \frac{X(D_c / 2)^2}{(X^2 + (D_c / 2)^2)^{3/2}}$$

$$\text{där } D_c = 5.8 \cdot m_f^{1/3}$$

Kritiskt gränsvärde är satt till 45 kW/ m². Beräkningar visar på ett riskavstånd på ca 220 meter för 10°C. Då variationer i temperaturen endast påverkar riskavståndet marginellt har riskavståndet satts till 220 meter.

Jetflamma

Vid jetflamma kommer endast ett begränsat område kring flammen att påverkas. Utifrån beräkningar i datorprogrammet GASOL, hämtat från/7/, har ett uttryck för riskavståndet tagits fram:

$$X = 5.5D + 0.51$$

Beräkningar visar att riskområdet kring flammen är mycket begränsat. Vid de längsta flamlängderna (ca 50 meter) ligger risken för andra gradens brännskada på ca 10 meter.

Brandfarlig vätska

Bensinbrandens storlek beror av avbrinningshastigheten enligt:

$$m_b = 0.048 \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot \text{s}$$

Avbrinningshastigheten beror av brandens yta som i sin tur beror av olika faktorer som t.ex. markförhållanden och utsläppsmängd. Statistik från 1990/19/ visar att ca 85% av utsläppen är av sådant slag att de volymmässigt inte kan skapa en brandyta som överstiger 100 m². En fördelning för brandarean har, i Best Fit, tagits fram /7/ som tydligt visar att den övervägande delen utsläpp kommer att ge liten brandyta. Med hjälp av denna kan den maximala effektutvecklingen skrivas:

$$Q = \Delta H_c \cdot m_b \cdot A \cdot \chi$$

$$m_b = \text{Massavbrinningshastigheten}(\text{kg} / \text{m}^2 \cdot \text{s})$$

$$\Delta H_c = \text{Förbränningsvärm}(\text{MJ} / \text{kg})$$

$$A = \text{Pölarean}(\text{m}^2)$$

$$\chi = \text{Förbränningseffektivitet}$$

Flammornas höjd bestäms med uttrycket /20/

$$H_f = 0.235Q^{2/5} - 1.02D$$

D = pölens diameter

Strålningen per ytenhet bestäms med uttrycket:

$$Q_r = \frac{0.35 \cdot H_c \cdot m_b}{1 + 4 \cdot H_f / D}$$

Den infallande strålningen beror av atmosfärens transmissionsförmåga och vinkelförhållande till branden, som kan uttryckas:

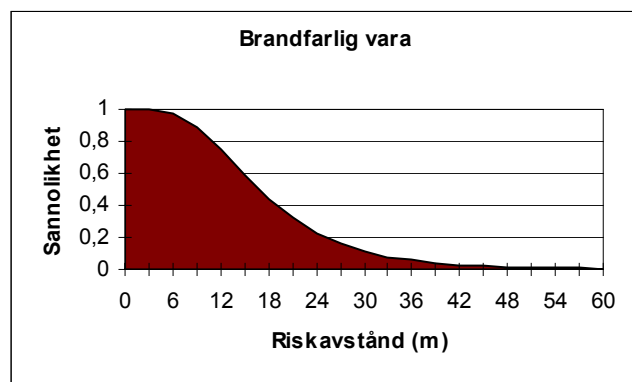
$$Q_i = E \cdot \tau \cdot F$$

Transmissionsförmågan och vinkelförhållanden har bestämts genom avläsning av diagram i /9/.

Genom regressionsanalys har därefter ett uttryck för riskavståndets variation med temperatur och poolarea tagits fram:

$$X_{\text{strålning}} = 212 \cdot 10^3 \cdot A^{0.52} \cdot T^{-2.05}$$

Detta uttryck har därefter använts vid simulering i @Risk för att ta fram sannolikhetsfördelningen över riskavståndet som framgår av figur C.6



Figur C.6 Sannolikhetsfördelning av riskavståndet för utsläpp av brandfarlig vätska.

Beräkningarna har utförts för bensin. För alkoholer är riskavståndet något kortare men för de flesta kolväten är riskavståndet något längre.

BILAGA D RISKBERÄKNINGAR

Individrisk

Individrisken i en viss punkt, för respektive ämne, erhålls genom att summera olycksfrekvensen för respektive ämne och därefter multiplicera med sannolikheten för riskavstånden från konsekvensberäkningarna. Frekvensen för olycka multiplicerat med sannolikheten för ett visst avstånd för varje ämne ger respektive ämnes bidrag till den totala risken i en viss punkt. Sambandet kan, enligt/21/ uttryckas:

$$IR_{\text{ämne},xy} = \sum F_r \cdot P_{\text{riskavstånd } xy}$$

Därefter har respektive ämnes bidrag summerats ihop och multiplicerats med sannolikheten för en viss vindriktning. Därefter har individrisken för en viss punkt (x,y) beräknats enligt:

$$IR_{xy} = \sum_{\text{ämne}=1}^n IR_{\text{ämne},xy} \cdot P_{\text{vind},xy}$$

Dessa beräkningar har därefter upprepats för en mängd punkter vilket har ledat fram till riskkonturen som presenteras i kapitel 7. Medelriskavståndet för de använda acceptanskriterierna sammanfattas i tabell D.1

Medelindividrisk	Riskavstånd
10^{-5}	0 m
10^{-6}	700 m
10^{-7}	2200 m

Tabell D.1 Medelindividriskavstånd för respektive kriteriegräns.

Samhällsrisk

För att beräkna samhällsrisk måste persontätheten för de berörda områdena vara känt. Detta har kunnat göras med hjälp av statistiskt material från Ekonomikontoret i Trelleborg/11/. Därefter har en uppskattning gjorts av hur många människor som kan förväntas att befinna sig utomhus. Då en riskanalys utfördes för ett bostadsområde i Stenungsund uppskattades att ca 10% av de boende vistades utomhus/6/. Eftersom det i hamnens närområde finns område med hög persontäthet som t.ex. färjeterminal, skolor, köpcentra och torg med handel har denna siffra dubblerats d.v.s. 20% av de boende har antagits befinna sig utomhus.

Befolkningsstatistiken visar att det i genomsnitt bor 50 personer/ hektar i de centrala delarna av Trelleborg och ca 35 personer/ hektar i utkanterna. Med hjälp av passagerarstatistik och uppgifter om antalet arbetande människor i hamnen och på bangården har persontätheten där antagits vara 50 personer/ hektar. Av dessa har 50% antagits befinna sig utomhus. Dessa personantal har därefter viktats med de olika vindriktningarna för att sedan beräkna medelvärdet enligt:

$$N = \sum (P_{vind} \cdot n_s) / 8 \cdot 30 / 45$$

N = Antalet döda

P_{vind} = Sannolikheten för respektive vindriktning

n_s = antalet omkomna i vindriktningen

30/45 = Reduktionsfaktor då utsläppsvinkeln är 30° och vindriktningens sektor är 45°

Då rangering i huvudsak sker under dagtid har inga uppskattningar gjorts för personantal nattetid.