

# **Förslag på ny led för farligt gods i Helsingborg**

En jämförelse mellan tre riskanalysmetoder

***Daniel Jönsson***

---

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

**Brandteknik  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet**

**Report 5122, Lund 2003**



# **Förslag på ny led för farligt gods i Helsingborg**

En jämförelse mellan tre riskanalysmetoder

**Daniel Jönsson**

**Lund 2003**

Förslag på ny led för farligt gods i Helsingborg  
*En jämförelse mellan tre riskanalysmetoder*

Daniel Jönsson

**Report 5122**

**ISSN: 1402-3504**

**ISRN: LUTVDG/TVBB--5122--SE**

Number of pages: 111

Illustrations: Planning Department, Helsingborg and Daniel Jönsson if no reference exists.

**Key words**

Transportation, dangerous goods, road, ADR, risk analysis, Helsingborg, harbour, Göteborg, CPR18E, CPQRA, individual risk, societal risk, Sweden

**Sökord**

Transport, farligt gods, väg, ADR, riskanalys, Helsingborg, hamn, fysisk ram, skyddsavstånd, Göteborg, CPR18E, CPQRA, individrisk, samhällsrisk, Sverige

**Abstract**

This report is comparing about ten different routes for transportation of dangerous goods to the harbour area in the city of Helsingborg in southern of Sweden. This is done by the use of three different methods for risk analysis. The report is pointing out one of the alternative routes as the best regarding societal risk and individual risk. A comparison is also made between the three different methods for risk analysis. Appropriate distances from the routes with dangerous goods to different activities are discussed.

**Language**

Swedish

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2003.

---

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  
Telefax: 046-222 46 12

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  
Fax: +46 46 222 46 12

## SAMMANFATTNING

Denna rapport utgör ett examensarbete på civilingenjörsprogrammet i riskhantering på LTH, Lunds Tekniska Högskola. Arbetet har skett på uppdrag av Stadsbyggnadskontoret i Helsingborg och har finansierats av Helsingborgs Stad. Rapporten kommer att vara ett av underlagen för en fördjupad översiktsplan för sektorn farligt gods i Helsingborg som kommer att fastställas under 2004. Tre mål finns:

- Riskanalysera transporterna med farligt gods och lyfta fram ett eller flera lämpliga alternativ som led för farligt gods till Helsingborgs hamnområde.
- Bedöma lämpliga minimiavstånd från transportleder för farligt gods till olika verksamheter. Även benämnt fysisk ram.
- Jämföra olika metoder för riskanalys, som metod för detta analysarbete. De tre metoderna är en göteborgsmetod, en holländsk (CPR18E) och en CPQRA.

### **Förslag på ny led för farligt gods i Helsingborg**

En hamnled planeras som ska gå i nord-sydlig riktning genom hela hamnområdet. Denna led ska sammankopplas med E4/E6/E20 i öster via lämplig led. Genom att använda tre olika riskanalysmetoder tar denna rapport fram lämplig/lämpliga alternativ ur risksynpunkt. Resultatet blir att samtliga tre använda metoder visar att den lämpligaste lösningen är att använda Rännarbanan som löper parallellt med Helsingborgs rangerbangård kombinerat med en ny väg längs järnvägsstickspåret till hamnen.

### **Lämpliga avstånd från leder med farligt gods till olika verksamheter**

De tre riskanalysmetoderna visar att den fysiska ramen från Göteborgsmetoden, med dess minimiavstånd från leder med farligt gods, med viss justering kan användas i stadsplanering. Mindre avstånd kan accepteras, men då krävs det en redovisning av vidtagna skyddsåtgärder och en riskanalys som visar att riskerna blir acceptabla.

- < 50 meter: Bebyggelsefri zon
- > 50 meter: Arbetsplatser och kommunikationscentra (järnvägs- och busstationer etc.)
- > 100 meter: Bostäder, hotell, köpcentrum, mindre samlingslokaler
- > 200 meter: Skolor, idrottsanläggningar, större samlingslokaler

### **Metodjämförelse**

Göteborgsmetoden tittar endast på en kategori farligt gods åt gången, istället för att beräkna den samlade risken som farligt gods genererar. Individrisk används ej, endast samhällsrisk. Dessutom används riskkriterier som accepterar större risker än vedertaget. Den holländska metoden, CPR18E, standardiserar arbetet och gör att resultatet av olika riskanalyser enkelt kan jämföras. Stort arbete har lagts på att ta fram bra statistiskt underlag och lämpliga beräkningsmodeller rekommenderas. Dock tas endast ett fåtal klasser med farligt gods med i beräkningarna, vilket är en brist. CPQRA är en vedertagen metod där användaren själv får avgöra vilka ämnen som skall tas med. Dock ges ingen ledning om sannolikheter för olyckor med farligt gods. I brist på bättre metod används den ibland kritiserade VTI-metoden för detta.

Det går inte att peka ut någon metod som mer lämplig än övriga. Därför rekommenderas att åtminstone två av dem (CPR18E och CPQRA) används.

### **Slutsats**

Helsingborg kan behålla nuvarande lokal trafikföreskrift och ändå anse risknivån vara acceptabel. Men då kan inte stadsdelarna Söder och Gåsebäck utvecklas som planerat. Dessutom passerar trafik med farligt gods idag tätt in på vissa bostadsområden. Därför rekommenderas en ny led.



## SUMMARY

This report is a master thesis at the program for Master of Science in risk management and safety engineering at Lund University. The work is financed by the city of Helsingborg in southern of Sweden. This report will be used by the city of Helsingborg in the further city planning. There are three objectives with the report:

- Perform risk analysis for the transportation of dangerous goods to the harbour area in Helsingborg, and suggest one or more routes as the best alternative.
- Decide which minimum distances, from route to other facilities, is appropriate.
- Compare three different methods for risk analysis. The methods are one used in Gothenburg, one Dutch method (CPR18E) and a regular CPQRA.

### **Proposal of a new route for dangerous goods in Helsingborg**

A route is planned in the north-south direction in the harbour area. This route is to be connected to the national highway system (route E4/E6/E20). This report shows that the best route to do this connection is to use the street Rännarbanan in combination with a new street long side the railway tracks to the harbour. All three methods give this result.

### **Appropriate distances from routes for dangerous goods to other facilities**

The three methods for risk analysis show that the distances used in the city of Gothenburg, Sweden, can be used in city planning with some changes.

- < 50 meters: No buildings at all
- > 50 meters: Working areas and communication centres (railway station etc.)
- > 100 meters: Residential buildings, hotels, shopping malls and small meeting places
- > 200 meters: Schools, sport arenas, large meeting places and halls

Shorter distances can be acceptable, but that will need a risk analysis that proves it.

### **Comparison of the methods**

The method from Gothenburg is only using one category of dangerous goods at the time. It is needful to see the risk generated from all categories at the same time. Individual risk is not used, only societal risk. Higher risk is allowed than normally used in risk analysis in Sweden. CPR18E, the Dutch method, is using a standardisation of inputs in the models. Thereby is the result from the analysis comparable with other risk analysis made with the same method. Good statistics and advanced models are provided. The method is only looking at the risk generated by a few numbers of categories of dangerous goods. CPQRA is a well-known method where it's up to the user to choose which categories of dangerous goods to involve in the calculations. There is nothing mentioned of the probabilities of accidents with transportation of dangerous goods. Therefore a Swedish method, called the VTI-method, is used instead.

No method is clearly better than the others. Therefore it's necessary to use at least two of them (CPR18E and CPQRA).

### **Conclusion**

The city of Helsingborg can accept the risks of today without any changes. But it will then be impossible to develop the area further. The route with dangerous goods is today located very close to residential buildings. It is therefore recommended to move the traffic.





# FÖRORD

Jag vill tacka följande:

*Avdelningen för brandteknik, LTH*

För ett mycket bra, givande och intressant utbildningsprogram för civilingenjörer i riskhantering.

*Handledarna*

Kurt Petersen, forskningschef, DTF, Danmarks TransportForskning  
Berit Andersson, universitetsadjunkt, avdelningen för brandteknik, LTH

*Projektstart*

Håkan Lindström, Caroline Dahl och Karin Kasimir, Stadsbyggnadskontoret  
Mats Rosander, Helsingborgs Brandförsvär

*Helsingborgs stad*

Stadsbyggnadskontoret, Tekniska Förvaltningen, Miljökontoret, Brandförsvaret och Helsingborgs Hamn som finansierat var sin femtedel av detta arbete.

*Statistik*

Anne-Marie Frisell, Tekniska Förvaltningen  
Birgitta Hansson, Tekniska Förvaltningen  
Marianne Toreblad, Kommunstyrelsens förvaltning  
Leif Magnusson, Helsingborgs Hamn AB  
Företag och bensinstationer i området

*Kartunderlag*

Christina Andersson och Karin Kasimir, Stadsbyggnadskontoret

Slutligen vill jag tacka Helén, min sambo, för hennes stöd under mina nya studieår.

*Daniel Jönsson*

Helsingborg, november 2003



# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

<b>1 INLEDNING .....</b>	<b>3</b>
1.1 SYFTE .....	3
1.2 METOD .....	3
1.3 AVGRÄNSNINGAR .....	3
1.4 RAPPORTENS UPPLÄGG .....	4
<b>2 BAKGRUND .....</b>	<b>5</b>
2.1 BESTÄLLARE .....	6
2.2 MALMÖLEDEN-OLJEHAMNSLEDEN .....	6
2.3 RUSTHÅLLSGATAN-KOPPARGATAN .....	6
2.4 INOM HAMNOMRÅDET .....	6
2.5 NY LED FÖR FARLIGT GODS TILL HAMNOMRÅDET .....	6
<b>3 FARLIGT GODS .....</b>	<b>7</b>
3.1 VAD ÄR FARLIGT GODS? .....	7
3.2 REGELVERK .....	7
3.2.1 Olika regelverk .....	7
3.2.2 Svenska myndigheter .....	7
3.3 KLASSINDELNING .....	8
3.3.1 Klass 1, Explosiva ämnen och föremål .....	8
3.3.2 Klass 2, Gaser .....	8
3.3.3 Klass 3, Brandfarliga vätskor .....	9
3.3.4 Klass 4, "Brandfarliga fasta ämnen, självantändande ämnen etc." .....	9
3.3.5 Klass 5, "Oxiderande ämnen och organiska peroxider" .....	10
3.3.6 Klass 6, "Giftiga och smittförande ämnen" .....	10
3.3.7 Klass 7, Radioaktiva ämnen .....	10
3.3.8 Klass 8, Frätande ämnen .....	11
3.3.9 Klass 9, Övriga farliga ämnen och föremål .....	11
3.4 RISKAVSTÅND VID OLYCKOR .....	11
3.5 TRANSPORTERADE MÄNGDER .....	11
3.5.1 Sverige .....	11
3.5.2 Till och från hamnområdet i Helsingborg .....	12
3.6 INTRÄFFADE OLYCKOR MED FARLIGT GODS .....	13
3.6.1 Sverige .....	13
3.6.2 Helsingborg .....	13
<b>4 RISKHANTERING .....</b>	<b>15</b>
4.1 RISK .....	15
4.1.1 Händelseträdd .....	15
4.1.2 Riskmatris .....	15
4.1.3 Summering av risk .....	16
4.2 RISKPROFIL .....	17
4.2.1 Individrisk .....	17
4.2.2 Samhällsrisk .....	18
4.2.3 Kriterier för acceptabla risknivåer .....	18
4.2.3.1 Individrisk .....	19
4.2.3.2 Samhällsrisk .....	19
4.3 RISKTYPER .....	20
4.3.1 IEC .....	20
4.3.2 Säkerhet, hälsa och miljö .....	20
4.3.3 Kommunens risker .....	21
4.4 RISKPERCEPTION .....	21
4.5 RISKHANTERING .....	22
4.5.1 Riskanalys .....	23
4.5.2 Riskvärdering .....	23
4.5.3 Riskreduktion/styrning .....	24

4.5.4 Osäkerheter.....	24
<b>5 VAL AV RISKANALYSMETODER.....</b>	<b>25</b>
5.1 GÖTEBORGSMETODEN .....	25
5.1.1 Motiv för att använda metoden .....	25
5.1.2 Metodens uppbyggnad .....	25
5.2 CPR18E, HOLLÄNDSKA METODEN.....	25
5.2.1 Motiv för att använda metoden .....	26
5.2.2 Metodens uppbyggnad .....	26
5.3 CPQRA, CHEMICAL PROCESS QUANTITATIVE RISK ANALYSIS .....	26
5.3.1 Motiv för att använda metoden .....	26
5.3.2 Metodens uppbyggnad .....	26
5.4 ÖVRIGA METODER SOM VARIT AKTUELLA .....	26
5.4.1 VTI-metoden.....	26
5.4.2 Hot Spots.....	27
<b>6 AKTUELLA MÖJLIGA LEDER FÖR FARLIGT GODS.....</b>	<b>29</b>
6.1 ALTERNATIV 1, MALMÖLEDEN-OLJEHAMNSLEDEN .....	30
6.1.1 Vägstandard.....	30
6.1.2 Omgivning.....	30
6.2 ALTERNATIV 2, RUSTHÅLLSGATAN-RÄNNARBANAN-NAFTAGATAN.....	30
6.2.1 Vägstandard.....	30
6.2.2 Omgivning.....	31
6.3 ALTERNATIV 3, RUSTHÅLLSGATAN-RÄNNARBANAN-SYDHAMNSGATAN.....	31
6.3.1 Vägstandard.....	31
6.3.2 Omgivning.....	31
6.4 ALTERNATIV 4, MALMÖLEDEN-RÄNNARBANAN-SYDHAMNSGATAN .....	31
6.4.1 Vägstandard.....	32
6.4.2 Omgivning.....	32
6.5 ALTERNATIV 5, MALMÖLEDEN-HÄSTHAGSVÄGEN-STRANDBADSVÄGEN.....	32
6.5.1 Vägstandard.....	32
6.5.2 Omgivning.....	32
6.6 ALTERNATIV 6, RUSTHÅLLSGATAN-LANDSKRONAVÄGEN-HÄSTHAGSVÄGEN-STRANDBADSVÄGEN.....	33
6.6.1 Vägstandard.....	33
6.6.2 Omgivning.....	33
6.7 ALTERNATIV 7, RUSTHÅLLSGATAN-INDUSTRIGATAN-STRANDBADSVÄGEN .....	33
6.7.1 Vägstandard.....	33
6.7.2 Omgivning.....	34
6.8 ALTERNATIV 8, MALMÖLEDEN OCH RUSTHÅLLSGATAN I KOMBINATION MED HAMNLEDEN.....	34
6.9 ALTERNATIV 9, MALMÖLEDEN-VERKMÄSTAREGATAN-NAFTAGATAN .....	34
6.9.1 Vägstandard.....	34
6.9.2 Omgivning.....	34
<b>7 GROVANALYS.....</b>	<b>35</b>
7.1 MÖJLIGA ALTERNATIV.....	35
7.2 GROVANALYS AV ALTERNATIVEN .....	35
7.3 RESULTAT .....	36
<b>8 GÖTEBORGSMETODEN .....</b>	<b>37</b>
8.1 DEN FYSISKA RAMEN.....	38
8.1.1 Bebyggelsefritt område .....	38
8.1.2 Avstånd till kontor och liknande .....	38
8.1.3 Avstånd till bostäder.....	39
8.1.4 Avståndet till publika verksamheter.....	39
8.1.5 Befintliga verksamheter och avsteg inom den fysiska ramen.....	39
8.2 TYPOMRÅDEN.....	39
8.3 KONSEKVENSER VID OLYCKOR MED FARLIGT GODS .....	40
8.4 FREKVENSER FÖR EN OLYCKA MED FARLIGT GODS .....	40
8.5 ACCEPTABEL RISK I GÖTEBORG.....	40
8.6 TRANSPORTBEHOV KONTRA KAPACITET I GÖTEBORG .....	41

8.7 GÖTEBORGSMETODEN I HELSINGBORG .....	42
8.7.1 Stråk A, Malmöleden-Oljehamnsleden.....	43
8.7.2 Stråk B, Rännarbanan.....	43
8.7.3 Stråk C, Hästhagsvägen.....	43
8.7.4 Stråk D, Rusthållsgatan-Koppargatan.....	43
8.8 RESULTAT .....	43
8.9 KOMMENTARER OM GÖTEBORGSMETODEN .....	43
8.9.1 Fysisk ram.....	44
8.9.2 Riskkriterier .....	44
8.9.3 Beräkningsgång.....	45
8.9.4 Tabeller, referenser och beräkningar.....	45
8.9.5 Klasser med störst risk.....	45
<b>9 CPR18E, HOLLÄNDSKA METODEN.....</b>	<b>47</b>
9.1 STEG 1: NYCKELTAL OCH GRÄNSVÄRDEN .....	47
9.1.1 Gränsvärden för individrisk.....	47
9.1.1.1 Holland.....	48
9.1.1.2 Helsingborg.....	48
9.1.2 Gränsvärden för samhällsrisk.....	49
9.1.2.1 Holland.....	49
9.1.2.2 Helsingborg.....	49
9.2 STEG 2: IPORBM.....	49
9.2.1 Holland.....	50
9.2.2 Helsingborg.....	50
9.3 STEG 3: DETALJERAD QRA.....	50
9.3.1 Utsläppta mängder.....	50
9.3.2 Olycks- och utsläppsfrekvenser.....	51
9.3.3 Sannolikheter för olika händelser.....	51
9.3.4 Sannolikheter för olika väderförhållande.....	52
9.3.4.1 Stabilitetsklasser.....	52
9.3.4.2 Vindriktning.....	53
9.3.4.3 Temperatur.....	53
9.3.5 Källstyrka, spridning och exponering.....	53
9.3.5.1 Brännbar vätska, LF (Liquid, flamable).....	54
9.3.5.2 Giftig vätska, LT (Liquid, toxic).....	54
9.3.5.3 Brännbar gas, GF (Gas, flamable).....	54
9.3.5.4 Giftig gas, GT (Gas, toxic).....	55
9.3.6 Skador.....	55
9.3.7 Individrisk.....	55
9.3.8 Samhällsrisk.....	57
9.4 RESULTAT .....	59
9.5 KOMMENTARER OM DEN HOLLÄNDSKA METODEN.....	59
9.5.1 Indata.....	59
9.5.2 Beräkningar.....	59
9.5.3 Klasser med störst risk.....	60
<b>10 CPQRA, CHEMICAL PROCESS QUANTITATIVE RISK ANALYSIS.....</b>	<b>61</b>
10.1 METODUPPBYGGNAD.....	61
10.1.1 Riskdefinition .....	61
10.1.2 Beräkningsgång.....	61
10.1.3 Incident, incidenthändelse och incidenthändelsefall.....	61
10.1.4 Omfattning av studien.....	61
10.1.5 Mål med CPQRA.....	62
10.1.6 Kvalitetssäkring.....	62
10.1.7 Riskkriterier .....	62
10.2 KONSEKVENSANALYS.....	63
10.2.1 Klass 1, Explosiva ämnen och föremål.....	63
10.2.2 Klass 2, Gaser.....	64
10.2.2.1 LPG.....	64
10.2.2.2 Kondenserade giftiga gaser.....	64
10.2.3 Klass 3, Brandfarliga vätskor.....	64
10.2.4 Klass 5, Oxiderande ämnen och organiska peroxider.....	64

10.2.5 Klass 6, Giftiga, vämjeliga och smittförande ämnen .....	64
10.3 FREKVENSER .....	65
10.4 VÄDER .....	65
10.5 INDIVIDRISK .....	65
10.6 SAMHÄLLSRISK .....	66
10.7 RESULTAT .....	67
10.8 KOMMENTARER OM CPQRA .....	67
10.8.1 Sannolikheter .....	67
10.8.2 Konsekvenser .....	68
10.8.3 Klasser med störst risk .....	68
<b>11 JÄMFÖRELSE AV METODERNA .....</b>	<b>69</b>
11.1 METODUPPBYGGNAD .....	69
11.2 FREKVENSER .....	69
11.3 KONSEKVENSER .....	70
11.4 RESULTAT .....	71
11.4.1 Individrisk .....	71
11.4.2 Samhällsrisk .....	71
<b>12 FÖRSLAG PÅ NY LED FÖR FARLIGT GODS OCH FÖRSLAG PÅ FYSISK RAM .....</b>	<b>73</b>
12.1 STEG 1 .....	73
12.2 STEG 2 .....	74
12.3 SÄNKNING AV SAMHÄLLSRISKEN .....	74
12.4 KOMMENTARER TILL FÖRSLAGET .....	76
12.5 FÖRSLAG PÅ FYSISK RAM FÖR LED FÖR FARLIGT GODS I HELSINGBORG .....	77
12.5.1 Lämplig dimensionering av fysisk ram i Helsingborg .....	77
12.5.2 Kommentarer .....	78
<b>13 DISKUSSION .....</b>	<b>79</b>
13.1 LÄMPLIGT/LÄMPLIGA ALTERNATIV PÅ NY LED FÖR FARLIGT GODS .....	79
13.2 FÖRSLAG PÅ FYSISK RAM LÄNGS LED FÖR FARLIGT GODS .....	79
13.3 JÄMFÖRELSE AV DE TRE ANVÄNDA RISKANALYSMETODERNA .....	80
13.3.1 Transporterade mängder farligt gods .....	80
13.3.2 Olycksstatistik .....	80
13.3.3 Val av beräkningsmodell .....	81
13.3.4 Riskkriterier .....	81
13.3.5 Lämpligaste metoden .....	81
13.4 OSÄKERHETER .....	81
13.4.1 Metodval .....	82
13.4.2 Statistik och beräkningar .....	82
<b>REFERENSER .....</b>	<b>83</b>
LITTERATUR .....	83
MÖTEN .....	85
TELEFONSAMTAL .....	86
DATORPROGRAM .....	86
<b>BILAGA A - INDIVIDRISK OCH SAMHÄLLSRISK .....</b>	<b>87</b>
<b>BILAGA B - GÖTEBORGSMETODEN .....</b>	<b>89</b>
<b>BILAGA C - CPR18E .....</b>	<b>91</b>
<b>BILAGA D - CPQRA .....</b>	<b>103</b>
<b>BILAGA E - STATISTIK .....</b>	<b>109</b>
<b>BILAGA F - PROBITFUNKTION .....</b>	<b>111</b>

# 1 INLEDNING

Helsingborg växer varje år med cirka 1 000 invånare vilket gör staden till en av de mest expansiva i landet. Nya företag startas och andra flyttar in, såsom möbelföretaget IKEA och sängfabrikanten Hilding Anders som flyttat sina respektive huvudkontor till Helsingborg. Allt detta medför att mer mark måste tas i anspråk för bostäder och företag. I dagsläget finns outnyttjad tomtmark centralt i Helsingborg i stadsdelarna Söder och Gåsebäck som angränsar till Malmöleden och Oljehamnsleden (fig. 2.1). Närheten till leden med farligt gods har medfört att det varit svårt att utnyttja dessa tomter. Flyttas trafiken med farligt gods ändras situationen och tillsammans med planerad nedgrävning av järnvägsspåren mellan Knutpunkten och Södergatsviadukten öppnas stora möjligheter för en utveckling av södra delen av centrala Helsingborg.

## 1.1 Syfte

Denna rapport är ett examensarbete på civilingenjörsprogrammet i riskhantering. Syftet är att jämföra alternativa dragningar av leden för farligt gods till Helsingborgs hamn. Nuvarande dragnings är inte optimal ur perspektivet samhällsplanering, där områden inte kan sammanfogas. Därför önskas en ny sydligare dragnings. Ett tiotal alternativ är möjliga och riskanalys av dessa görs i rapporten. Tre olika riskanalysmetoder används för att se om de ger liknande resultat. Resultatet utgör sedan ett av flera beslutsunderlag, där det även kommer att tas hänsyn till planarbetet i staden, trafiksituationen i området och ekonomiska aspekter. Stadsbyggnadskontoret kommer att välja ut några alternativ som kommer att studeras närmre. Slutligen blir det ett politiskt beslut om var trafiken med farligt gods till hamnområdet skall gå och vilka avstånd som skall krävas till olika verksamheter. Detta kommer att fastställas under 2004 i en fördjupad översiktsplan för sektorn farligt gods.

Rapporten har tre mål:

- Riskanalysera transporterna med farligt gods och lyfta fram ett eller flera lämpliga alternativ som led för farligt gods till Helsingborgs hamnområde.
- Bedöma lämpliga minimiavstånd från transportleder för farligt gods till olika verksamheter. I [Göteborg, 1999] benämnt fysisk ram.
- Jämföra tre olika metoder för riskanalys, som metod för detta analysarbete.

## 1.2 Metod

En grovanalys utförs för att minska antalet alternativ som sedan riskanalyseras genom tre olika metoder. De är:

- kvantitativ probabilistisk riskanalys, [CPQRA]
- holländsk metod beskriven i handboken ”Purple Book”, [CPR18E]
- schablon som används av stadsbyggnadskontoret i Göteborg, [Göteborg, 1999]

Resultatet från de tre metoderna jämförs och diskuteras.

## 1.3 Avgränsningar

Rapporten tar i riskhanteringsarbetet i första hand upp säkerhetsaspekten. I viss mån behandlas miljöaspekten, medan hälsoaspekten ej behandlas alls. Då detta endast är ett av flera beslutsunderlag tas ingen hänsyn till ekonomiska perspektiv. Ett alternativ som innebär nybyggnation av viadukter är till exempel dyrare än andra förslag. Detta beaktas inte i denna rapport när förslagen jämförs. Endast transporter med farligt gods på väg

beaktas, inte järnvägstransporter. Ingen hänsyn i beräkningarna tas till lastbilarnas chaufförer eller övriga trafikanter. Det är endast de som uppehåller sig (bor, arbetar, går i skola) i omgivningarna som ingår i befolkningsunderlaget. Lastbilar som väntar på färjetransporter tas bara med i statistikunderlaget för själva transporten ner till hamnområdet. Tiden de står uppställda inne i hamnområdet tas inte med, då denna rapport tittar enbart på transporter till och från området.

#### **1.4 Rapportens upplägg**

Rapporten börjar med att beskriva bakgrunden till dess uppkomst, och begreppen farligt gods samt riskhantering förklaras närmre. Val av analysmetoder förklaras också. Aktuella möjliga dragningar av en ny led för farligt gods i Helsingborg beskrivs och därefter görs en grovanalys för att se vilka alternativ som ska analyseras djupare. Sedan används tre riskanalysmetoder separat för att se vilka/vilket alternativ som är lämpligast ur risksynpunkt. Dessa metoder och deras resultat jämförs. Rapportern avslutas med en diskussion och med ett förslag på hur en ny led dras.

Beräkningar och statistikunderlag redovisas i bilagorna.



## 2 BAKGRUND

I gällande lokala trafikföreskrifter för Helsingborgs Stad [Helsingborg, 1999] hänvisas vägfordon med farligt gods på väg till/från hamnområdet till två olika leder. Norra delen av hamnområdet matas via Malmöleden-Oljehamnsleden och södra delen matas via Rusthållsgatan-Koppargatan (fig. 2.1). Det är önskvärt att hela hamnområdet matas av en led för farligt gods, eftersom mycket mark i ledernas närhet ej kan utnyttjas fullt ut. Det är väsentligt för staden i allmänhet och hamnen i synnerhet att en dragning fastställs en gång för alla. Intressanta frågeställningar, som behandlas i rapporten, vid lokalisering av en led för farligt gods är:

- Hur stora risker accepteras och var?
- Vilka avstånd bör användas från leden till olika verksamheter?
- Vilken typ av bebyggelse och verksamhet bör tillåtas?

Hamnen måste få finnas och måste kunna nås med bil och tåg. Detta projekt tittar dock enbart på vägtrafik. Det aktuella området innehåller bl.a. bostäder, industrier, skolor, köpcentrum och en pågatågsstation.

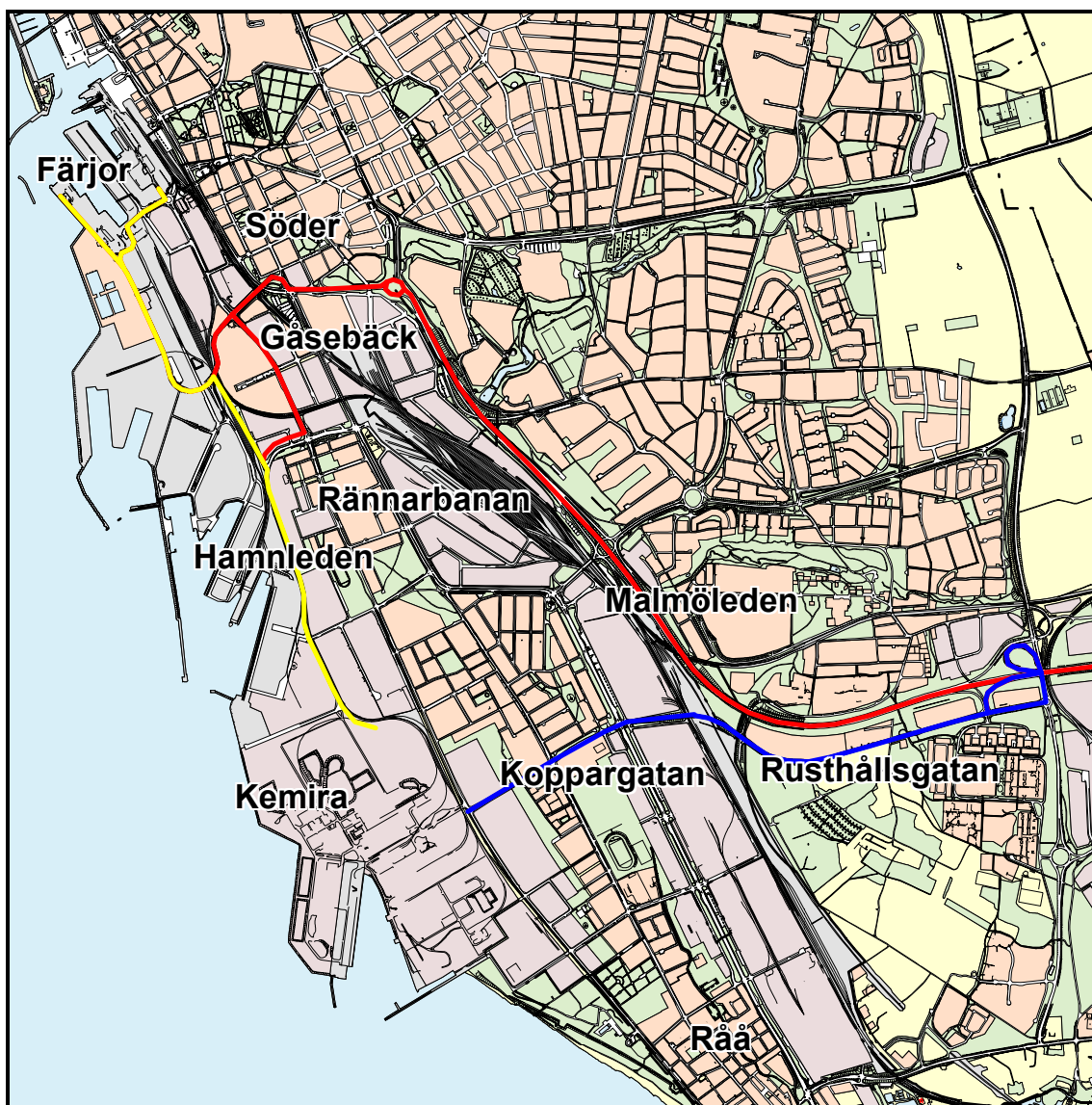


Fig. 2.1: Aktuellt område som behandlas i rapporten.

## 2.1 Beställare

Stadsbyggnadskontoret i Helsingborg har beställt den här rapporten för att kunna gå vidare med förnyandet av stadsdelarna Söder och Gåsebäck. Rapporten är ett av flera beslutsunderlag. Fem förvaltningar delar på kostnaden för rapporten:

- Stadsbyggnadskontoret
- Brandförsvaret
- Tekniska förvaltningen
- Miljökontoret
- Helsingborgs Hamn AB

## 2.2 Malmöleden-Oljehamnsleden

Stadsdelen Gåsebäck ligger avskärmd från andra stadsdelar genom två effektiva barriärer (fig. 2.1). I norr och öster går Malmöleden med motorvägs- och motortrafikledsstandard och i väster och söder ligger Helsingborgs stora rangerbangård. Detta har medfört att området förfallit, men det har en stor outnyttjad potential i sitt centrala läge. Kan Malmöleden få en minskad barriäreffekt kan stadsdelen knytas samman med Söder och bostäder kan etableras.

## 2.3 Rusthållsgatan-Koppargatan

Transporter med bil och lastbil till och från södra delen av hamnområdet där bland annat Kemira Kemi (fig. 2.1) är beläget sker i dag via Rusthållsgatan och Koppargatan. På vägen passeras Norrehedsskolan och bostadsområdet Miatorp med både småhusbebyggelse och hyresfastigheter.

En möjlighet är att låta Rusthållsgatan kvarstå som led för att det ska vara möjligt att nå industrierna längs Landskronavägen med farligt gods, samtidigt som trafiken på Koppargatan stoppas.

## 2.4 Inom hamnområdet

Mellan Kemira Kemis område och färjorna vid Knutpunkten ska Hamnleden gå (fig. 2.1). Detta innebär en sträckning från Stormgatan i söder till Oceangatan i norr. För närvarande är det inte möjligt att köra här utan att passera Gasmästaregatan. Vid Sydhamnen är det stopp om man inte kan passera de låsta grindarna vid Sydhamnsviadukten. Då färjetrafiken till Köpenhamn upphört med Danlink finns det nu utrymme för att ändra på trafikförutsättningarna i området.

## 2.5 Ny led för farligt gods till hamnområdet

Sträckningen skall gå söder om Gåsebäck och norr om bebyggelsen på Råå och förbinda E4/E6/E20 med Hamnleden. Dragningen kompliceras av att området innehåller bl.a. bostäder, industrier, stor bangård, pågatågsstation och ett nyetablerat handelsområde.

## 3 FARLIGT GODS

### 3.1 Vad är farligt gods?

Begreppet farligt gods avser transport av ett ämne som kan vara farligt om det släpps ut. Med farligt menas att det kan ge negativa effekter på människor, miljö och egendom om det hanteras felaktigt. Med transport avses förflyttning av godset med ett transportmedel, lastning och lossning samt förvaring och hantering i samband med transport [SFS, 1982]. Rätt hanterat är farligt gods inte farligt.

### 3.2 Regelverk

Reglerna är internationella och styrs av olika organisationer. OTIF, den internationella järnvägsfederationen, är helt fristående, medan övriga tre är en del av FN, Förenta nationerna. De fyra transportsätten, väg, järnväg, luftfart och sjöfart har separata regelverk [ASN, 2000].

Transportsätt	Kod	Organisation	Säte
Sjöfart	IMDG	IMO	London, Storbritannien
Landsväg	ADR	ECE	Genève, Schweiz
Järnväg	RID	OTIF	Bern, Schweiz
Luftfart	DGR	ICAO	Montreal, Kanada

Tab. 3.1: De olika transportkoderna.

#### 3.2.1 Olika regelverk

Allmänt kallas regelverken för FN-rekommendationerna. Till stor del liknar de varandra, men vissa skillnader finns.

IMDG: International Maritime Dangerous Goods code

ADR: Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route

RID: Règlement concernant le transport International ferroviaire des marchandises Dangereuses

DGR: Dangerous Goods Regulations

De svenska varianterna av ADR och RID benämns ADR-S och RID-S.

Dessa koder reglerar bl.a.:

- Klassning av godset (1-9)
- Tillåtna transportsätt
- Erforderliga transporthandlingar
- Erforderlig utbildning
- Tillåtna godskombinationer
- Förpackningar
- Skyddsutrustning

#### 3.2.2 Svenska myndigheter

Ansvaret för att dessa regler efterlevs i Sverige vilar på Räddningsverket (landsväg och järnväg), Sjöfartsverket (sjötransport) och Luftfartsverket (lufttransport). Dessa myndigheter har rätt att utfärda bestämmelser för transport av farligt gods. Tillsynen för landsvägstransporter görs av polis och tull. Undantaget är explosiva ämnen där tillsynen görs

av Räddningsverket, en uppgift som medföljde då SÄI, Sprängämnesinspektionen gick upp i Räddningsverkets organisation [SRV, 1999].

### 3.3 Klassindelning

På lastbilarnas farligt gods-skyltar finns ett övre fält med två eller tre siffror. Detta är farlighetsnumret, där man snabbt utläser ämnets farlighet. Siffrorna är kopplade till de olika klasserna. Den första siffran anger den största risken. En dubblerad siffra påvisar extra stor farlighet. Den fyrsiffriga koden på skyltens undre del är det aktuella ämnets unika kod, UN-numret. En helt blank skylt betecknar styckegods. Syftet med skylten är att underlätta för räddningspersonal så rätt åtgärder kan vidtas snabbt vid en ev. olycka [SRV, 2002].

Då denna rapport behandlar en led för farligt gods för fordon redovisas här klassindelningen för landsvägstransporter, ADR. I jämförelse med andra transportsätt är det främst klass 9 som varierar. Klass 4, 5 och 6 har inte ett definierat namn som täcker hela klassen, därav citationstecknen [ASN, 2000] i rubrik 3.3.4 – 3.3.6.

#### 3.3.1 Klass 1, Explosiva ämnen och föremål

Denna klass indelas i sex riskgrupper. Dessa riskgrupper baseras på explosionsrisken eller typen av explosion. Den farligaste klassen är 1.1, explosiva ämnen med mass-explosiva följder. Ämnena i sig är oftast ofarliga för människor och miljö och det är ovanligt att något händer. Men konsekvenserna blir oftast stora om något skulle hända, så därför anses klass 1 utgöra en av de farligaste klasserna. Vid en detonation kan tryckvågen få en hastighet på upp till 5 000 – 6 000 m/s, vilket slår sönder det mesta i sin väg. Även splitter kan uppstå och orsaka stor förödelse. Slutligen kan värmen som uppstår starta bränder som lätt kan få fäste i den söndersmulade omgivningen.

#### 3.3.2 Klass 2, Gaser

Med begreppet gaser avses i regelverken för transporter med farligt gods de ämnen som är i gasform vid 20°C och 1 bars tryck (normalt tryck). Gaser kan transporteras under tre olika förhållanden som alla syftar till att minska transportvolymerna. Olika gaser kan ha olika farligheter.

Om gasen trycks till en mindre volym, men kvarstår i gasfas så kallas den för komprimerad gas. Då trycket kan uppgå till 300 bar (300 gånger normalt lufttryck) är det risk för kärlsprängning om gasbehållaren utsätts för höga temperaturer. För att undvika det har de flesta behållare som innehåller komprimerad gas någon form av övertrycksskydd, antingen en ventil som öppnar eller ett sprängbleck som ger vika. Vanligt är att dessa skydd aktiveras vid ett övertryck på 50 %. För att in i det sista undvika att syrgas tillförs en brand har syrgasflaskor inga övertrycksskydd. Ett läckage i en behållare med komprimerad gas är i stort sett omöjligt att stoppa. All gas kommer att strömma ut.

Om det är möjligt kondenserar man gasen genom högt tryck och/eller låg temperatur. Övergår ämnet från gasfas till vätskefas kan man transportera mycket större volymer gas på ett smidigt sätt. Ett ev. läckage uppför sig olika beroende på om läckaget uppstår över eller under vätskeytan. Över vätskeytan är det gas som kommer att strömma ut via öppningen. Samtidigt kommer mer vätska att förgasas inne i behållaren som då får en allt kallare vätska. Slutligen kommer temperaturen i vätskan att sjunka till (strax under) kokpunkten och därmed avstannar förångningen och utsläppet. Detta går så snabbt att

det tidsbegränsade utsläppet ej hinner åtgärdas. Skulle däremot utsläppet ske i vätskefas kommer den utrunna vätskan att förgasas och ett kraftigt gasutsläpp sker. Detta utsläpp fortsätter tills vätskenivån sjunkit till samma nivå som utsläppspunkten. Därefter övergår utsläppet till gasfas enligt föregående. Om tanken och den utrunna vätskan täcks över med en presenning eller liknande sjunker temperaturen under presenningen snart till (strax under) kokpunkten och utsläppet avstannar. Vid hål på en fläns eller ett rör kan man med hjälp av en strut leda vätskan till ett uppsamlingskärl.

En tredje variant att transportera gas är att lösa den under tryck i en vätska och använda en behållare med en porös massa inuti. Ett exempel på detta är acetylen (etyn,  $C_2H_2$ ) som löses i aceton.

Riskerna med ämnena från klass 2 varierar från gas till gas. Argon är ofarligt utomhus och i stora lokaler. Dock kan i små utrymmen den utströmmande gasen tränga undan syret. En gas kan vara livsfarlig att andas in, som koldioxid som blockerar syreupptagningen i kroppen. Gasol är en brännbar gas vilken i värsta fall kan leda till en BLEVE, Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion, då kärlet med vätska rämningar och all vätska momentant förångas och antänds. Detta ger ett eldklot som kan vara över hundra meter i radie och som antänder stora delar av omgivningen. När acetylen utsätts för värme startar en sönderdelning av molekylerna vilket skapar en kraftig tryckökning. Har väl sönderdelningen startat går den ej att stoppa. En exploderande acetylenflaska kan kastas i väg flera hundra meter, vilket kräver ett stort skyddsavstånd. De gaser som mest förknippas med riskerna med farligt gods är de tre kondenserade gaserna ammoniak ( $NH_3$ ), svaveldioxid ( $SO_2$ ) och klorgas ( $Cl_2$ ). Ett stort utsläpp ger höga koncentrationer och sprids över stora områden, vilket kan skapa livsfarliga miljöer på kilometers avstånd från utsläppskällan.

### 3.3.3 Klass 3, Brandfarliga vätskor

Detta är den största klassen räknat i transporterade volymer. Anledningen till detta är de stora mängder bensin och olja som transporteras för att användas som drivmedel och för uppvärmning. I transportreguleringen definieras en brännbar vätska som en vätska med en flampunkt på högst  $61^\circ C$ . Flampunkt är den ämnesspecifika temperatur då ämnet börjar förgasas, vilket möjliggör en antändning.

Vid utströmning av en brännbar vätska uppstår lätt en stor pöl som vid antändning genererar kraftig värmestrålning och ofta kraftig rökutveckling. Vid tömning kan statisk elektricitet uppstå och antända vätskan. Dessa vätskor ger förutom risk för antändning även en stor risk att ett spill ger upphov till att mindre utrymmen fylls med brännbara ångor. En gnista från en strömbrytare kan vara tillräcklig för att antända gasblandningen med en kraftig explosion som följd. Även en BLEVE kan uppstå vid brand runt en behållare som i fallet med gasen i vätskefas. Brännbara vätskor som rinner ut okontrollerat kan kontaminera stora volymer mark. Sådana utsläpp blir alltid svåra och dyra att sanera, speciellt om utsläppet sker dolt under en lång tid.

### 3.3.4 Klass 4, ”Brandfarliga fasta ämnen, självantändande ämnen etc.”

Klass fyra består av tre riskgrupper som indelas efter det fasta ämnets egenskaper i samband med brand.

*Brandfarliga fasta ämnen* (klass 4.1) kan reagera våldsamt med oxidationsmedel. Vissa ämnen skapar vid brand giftiga gaser som är ohälsosamma att inandas och kan ibland

även tas upp genom huden. Metaller brinner vid mycket höga temperaturer (2 000°C) och då vatten sönderdelas i vätgas (knallgas) och syrgas vid 1 200°C går de inte att släcka på vanligt sätt.

*Självantändande ämnen* (klass 4.2) är ämnen som antänds vid kontakt med luft och måste därför hanteras i slutna behållare. Förutom att reagera med luft så reagerar de ofta även med andra ämnen. Ett exempel är vit fosfor som skapar en mycket giftig rök vid brand.

*Ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten* (klass 4.3) ställer krav på korrekt släckteknik. Av förståeliga skäl kan inte traditionellt vatten användas. Kalciumkarbid i kontakt med vatten bildar acetylen, natrium och vatten bildar vätgas. Det är mycket viktigt att dessa ämnen transporteras på ett säkert sätt. Precis som självantändande ämnen måste dessa förvaras skilda från luften som innehåller fuktighet. Oftast transporteras de i en skyddsvätska som ämnet inte kan reagera med.

### **3.3.5 Klass 5, "Oxiderande ämnen och organiska peroxider"**

Ämne som innehåller syre är farliga i samband med brand. Vid en normal brand är det ofta tillgången på syre som begränsar brandförloppet, men *oxiderande ämnen* (klass 5.1) tillför stora mängder syre till en brand. Det gör att en sådan brand blir våldsam och svårsläckt och en explosion kan inträffa. Kontakt med andra ämnen eller uppvärmning kan räcka för att starta processen. Oxiderande ämnen är hårt reglerade vad gäller samlastning med andra ämnen.

Förutom att innehålla syre utgör dessutom *organiska peroxider* (klass 5.2) även bränsle. De är mycket känsliga för höga temperaturer och kan reagera våldsamt med sig själv och utveckla extremt höga temperaturer. Dessutom kan de även vara frätande.

### **3.3.6 Klass 6, "Giftiga och smittförande ämnen"**

Klass 6 består av ämnen som allvarligt kan påverka människor och djurs hälsa. *Giftiga ämnen* (klass 6.1) kan tas upp i kroppen via andningsvägarna, huden, förtäring eller ögonen. I tillräckliga mängder är alla ämnen giftiga. Denna klass berör de ämnen som är giftiga redan i små koncentrationer. Det är viktigt att man omgående kan konstatera att en exponering skett så korrekt åtgärd kan sättas in så snabbt som möjligt. Bränder i dessa ämnen skapar ett likaledes giftigt släckvatten som allvarligt skadar miljön om det inte samlas upp.

Ämnen som innehåller smittspridande bakterier, virus eller parasiter benämns *smittförande ämnen* (klass 6.2). Merparten kommer från sjukvården. Smittvägarna är de samma som för klass 6.1, d.v.s. via andningsvägarna, huden, förtäring eller ögonen. Vid transport bör handskar och andra skyddsmedel användas och ev. skyddsmasker.

### **3.3.7 Klass 7, Radioaktiva ämnen**

Klass 7 är uppdelad i 13 olika förteckningar efter hur stort sönderfall som sker. Det gör att beroende på mängden kan samma ämne hamna i olika riskgrupper. Radioaktiva ämnen utsänder joniserande strålning som kan påverka ämnen som passeras. Levande celler kan skadas. Trots det kan människokroppen ej uppmärksamma en exponering. Strålningen delas upp i alfa-, beta-, gamma- och neutronstrålning som ger olika effekter och stoppas på olika sätt. Strålningsintensiteten minskar med kvadraten på avståndet. Tiden för exponering är direkt proportionell mot stråldosen.

### 3.3.8 Klass 8, Frätande ämnen

Frätande ämnen utgör en av de vanligaste klasserna. Syror och baser som avviker från pH-värde 7 är frätande. Speciellt syror med pH under 2 och baser med pH över 12 är starkt frätande. Dessutom ingår andra ämnen som har en vävnadsförstörande förmåga. Frätande ämnen är farligast vid ögonkontakt, men kan även vid hudkontakt ge kraftiga frätskador inom några sekunder. Vid kontamination är det viktigt att skölja rikligt med vatten. Utsläpp kan sedan spädas eller neutraliseras. Frätande ämnen som lätt förgasas kan påverka andningsvägarna, ögon och hud. Ämnena kan även vara giftiga. Vid utsläpp kan miljön skadas, speciellt då starka syror släpps ut.

### 3.3.9 Klass 9, Övriga farliga ämnen och föremål

Miljöfarliga ämnen som inte kan sorteras in under någon annan klass hamnar i klass 9, exempelvis spillolja och PCB. Exempel på andra ämnen som finns i klassen är asbest, litiumbatterier, livräddningsutrustning som automatiskt aktiveras (omonterade krockkuddar, livflottar och rutschbanor) och ämnen som utvecklar brandfarliga ångor.

## 3.4 Riskavstånd vid olyckor

För att hjälpa räddningstjänsten med bedömning av riskavstånd och avspärningar har Räddningsverket sammanställt en tabell (tab. 3.2) med initiala riskavstånd för de olika klasserna [RIB]. Tanken är att efter hand när räddningsledaren får mer beslutsstöd kan avstånden minskas ner. Dessa avstånd gäller vid olyckor, och risk för olyckor, och skall alltså inte användas vid samhällsplanering då man, förutom konsekvenser, även beaktar sannolikheten. Men det kan ändå vara intressant att ta del av dessa riskavstånd. De ger en bra jämförelse mellan de olika klasserna. Noterbart är det extremt stora (och i stadsmiljö omöjliga) riskavståndet för kondenserade gaser där tanken rämnar.

Klass	Specificering	Riskavstånd [m]
1	Explosiva ämnen	50 - 800
2	Kärlosprängning	300
	BLEVE	1 000
	Kondenserade gaser, läckage	100 – 1 000
	Kondenserade gaser, rämning	6 000 – 9 000
3	Pölbrand	50
4	Brandfarliga fasta ämnen	50 - 300
5	Syreavgivande ämnen	50 - 300
6	Gifter	100
7	Radioaktiva ämnen	50 - 100
8	Frätande ämnen	50 - 100
9	Övriga ämnen	50 - 100

Tab. 3.2: Initialt riskavstånd vid olyckor och risk för olyckor [RIB].

## 3.5 Transporterade mängder

Transporter av farligt gods utgör ungefär en promille av allt trafikarbete i Sverige [SRV, 1998a]. Dock är det endast på en mindre del av vägnätet som dessa transporter sker. På rekommenderade leder för farligt gods blir alltså andelen större.

### 3.5.1 Sverige

1995 transporterades cirka 15 miljoner ton farligt gods på väg i Sverige. Fyra femtedelar av denna mängd utgörs av klass 3, d.v.s. brännbara vätskor. Det rör sig då om bensin och diesel till fordon samt eldningsolja. Därefter kommer gaser samt frätande

ämnen med ungefär vardera nästan en tiondel av den totala mängden. Resterande sex klasser utgör tillsammans endast ett fåtal procent [SRV, 1998a].

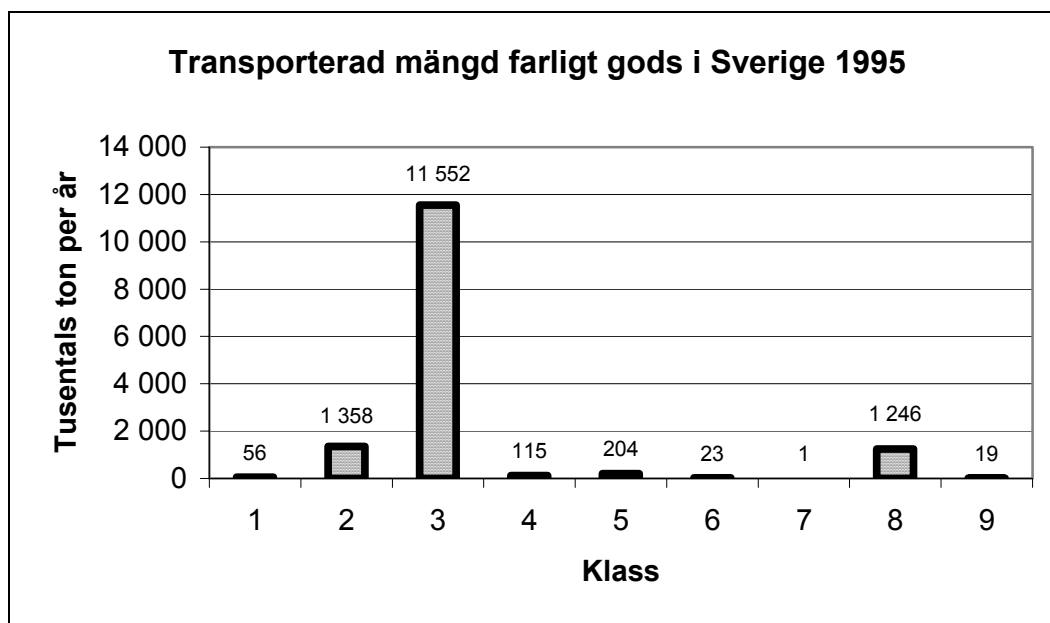


Fig. 3.1: Transporterad mängd farligt gods i Sverige 1995 fördelat efter klass [SRV, 1998a].

### 3.5.2 Till och från hamnområdet i Helsingborg

På den nya leden kommer det att gå farligt gods till och från Helsingborgs Hamn, färjetrafiken till Danmark samt industrier och bensinstationer i området. Tab. 3.3 visar nuvarande flöde som idag transporteras på två leder (Malmöleden-Oljehamnsleden samt Rusthållsgatan-Koppargatan), och som även ska transporteras på den nya leden. Totalt transporteras ungefär årligen 616 000 ton farligt gods fördelat på 27 000 transporter. Grovt uppskattat utgörs flödet på Malmöleden-Oljehamnsleden av trafiken till Helsingborgs Hamn och färjetrafiken vilket ger cirka 483 000 ton och 20 000 transporter per år. Flödet på Rusthållsgatan-Koppargatan blir då 133 000 ton och 1 000 transporter per år.

Klass	Helsingborgs Hamn		Färjetrafiken		Industrier		Bensinstationer		Totalt	
	Mängd [ton]	Transporter	Mängd [ton]	Transporter	Mängd [ton]	Transporter	Mängd [ton]	Transporter	Mängd [ton]	Transporter
1	0	0	6 007	721	0	0	0	0	6 007	721
2	35	4	9 324	1 116	17 400	750	6	143	26 765	2 013
3	362 815	9 179	27 435	3 324	7 045	1 822	9 740	457	407 035	14 783
4	32	3	2 995	289	4 820	140	0	0	7 847	432
5	4 781	321	7 080	476	26 336	741	0	0	38 197	1 538
6	1 030	107	2 324	242	1 646	185	0	0	5 000	534
7	0	0	1 186	84	0	0	0	0	1 186	84
8	1 867	144	47 937	3 701	62 157	2 058	0	0	111 961	5 903
9	1 307	103	7 301	574	3 288	440	0	0	11 896	1 117
<b>Totalt</b>	<b>371 867</b>	<b>9 862</b>	<b>111 589</b>	<b>10 527</b>	<b>122 692</b>	<b>6 135</b>	<b>9 746</b>	<b>600</b>	<b>615 894</b>	<b>27 125</b>

Tab. 3.3: Förväntad transporterad mängd farligt gods på nya leden till Helsingborgs hamn per år.

Då Öresundsförbindelsen mellan Malmö och Köpenhamn endast tillåter trafik med farligt gods på väg mellan 23.00 och 06.00 samt att det innebär en omväg för lastbilarna att köra via Malmö bedöms den inte påverka flödet av farligt gods i Helsingborg nämn-



vårt. Färjorna i Helsingborg transporterar alla typer av farligt gods som tillåts enligt IMDG-koden. Dock innebär detta att vissa ämnen anses så farliga att de ej får fraktas på passagerarfartyg. Därför transporteras sådana ämnen endast nattetid på vissa avgångar som ej tar passagerare.

### **3.6 Inträffade olyckor med farligt gods**

Då 15 miljoner ton farligt gods årligen transporteras på det svenska vägnätet inträffar det även olyckor med fordon lastade med farligt gods. Vägverket och Räddningsverket har utvärderat vägutformningens betydelse vid olyckor med farligt gods. [SRV, 1998a]. De konstaterar att i stort sett alla olyckor sker på landsväg och att de inträffar på sträckor och inte i korsningar. Många olyckor sker i kurvor och de flesta inträffar i dagsljus och utgörs av singelolyckor. Välter en tanktransport beror ett ev. läckage i de flesta fall på att tanken punkterats.

#### **3.6.1 Sverige**

Årligen polisrapporteras 100-120 fordon lastade med farligt gods som inblandade i trafikolyckor. Viltolyckor är ej inräknade. Var sjätte olycka leder till någon form av utsläpp [VTI, 1994]. 1950-1994 omkom en person i olycka med farligt gods inblandat (1987). Under samma tid omkom 1 200 inom flyg-, järnvägs- och sjöfartstrafiken. 45 000 dog i vägtrafikolyckor [Göteborg, 1999].

#### **3.6.2 Helsingborg**

Den mest kända olyckan i Helsingborg med farligt gods inträffade midsommardagen den 21 juni 1975 då en lastbil med campingutrustning på väg från Frankrike till Göteborg välte i korsningen Hästhagsvägen-Planteringsvägen. Lastbilen hade anlänt med Travemündefärjan som då angjorde Helsingborg. När lastbilen välte antändes den och då campingutrustningen bestod av 15 ton gasolflaskor till campingkök fick branden ett våldsamt förlopp. Exploderande och kringflygande gasflaskor antände ett fyravåningshus med lägenheter, ett fabriksområde samt närliggande skogs- och gräspartier. Gasolflaskor hittades flera hundra meter från lastbilen. Inga personer omkom, dock skadades några, under insatsen som varade i tio timmar [Helsingborg, 1975].

Under åren 1999-2002 var Helsingborgs brandförsvär insatta på 14 olyckor med fordon lastade med farligt gods inblandat [Ikaros]. Av dessa utgjordes fyra av överfyllda villatankar och i nio fall skedde läckage i samband med lastning/lossning. En olycka skedde under transport, där en lastbil med drygt 10 ton kiseljärn körde av vägen på E6/E20 söder om Helsingborgs södra trafikplats, med utsläpp som följde. Kiseljärn är brandfarligt och bildar brandfarliga ångor i kontakt med vatten.



## 4 RISKHANTERING

En risk kan aldrig helt elimineras, såvida inte riskkällan helt tas bort. Hur osannolikt något än är finns det alltid en liten sannolikhet att det inträffar. Däremot kan risken vara acceptabel, och riskhantering handlar om att avgöra om riskerna är just acceptabla eller inte och för vem som riskerna är acceptabla. Riskhantering kan även innebära att vidta åtgärder så risken blir acceptabel.

### 4.1 Risk

Det är viktigt att notera skillnaden mellan en risk och en riskkälla. Den allmänt vedertagna tolkningen är att begreppet risk är en sammanvägning av sannolikheten (L) och konsekvensen (X) för en (negativ) händelse. Riskkällan är en faktor som kan generera en risk med en viss sannolikhet och en viss konsekvens.

#### 4.1.1 Händelsetråd

En vanlig metod som används för att beskriva konsekvenser till följd av en initierande händelse och deras sannolikheter är händelsetråd.

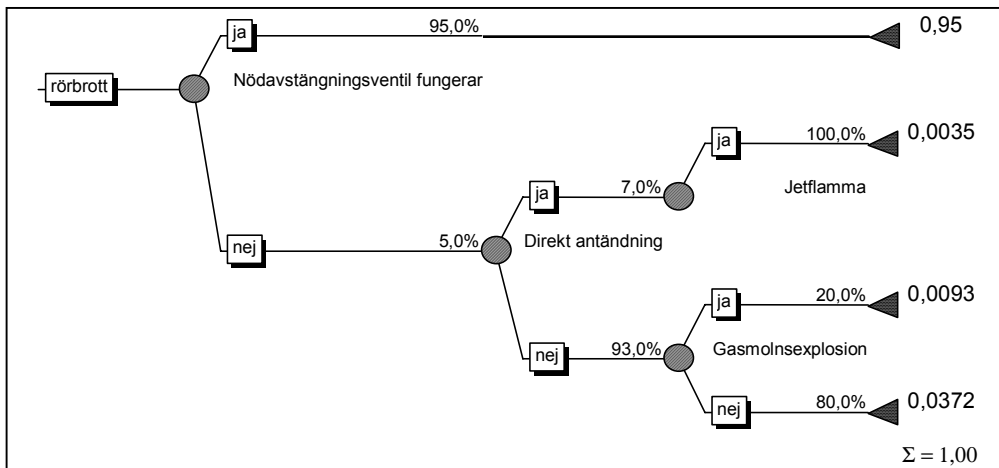


Fig. 4.1: Exempel på händelsetråd, i detta fall för brand i en gasklocka [LTH, 2002a].

Genom att identifiera kritiska delhändelser och ge dem sannolikheter för respektive utfall erhålls alla konsekvenser som kan tänkas uppstå och även deras respektive sannolikhet. För sannolikheterna längst till höger i händelseträdet skall den totala summan bli 1. Sannolikheten för att rörbrottet i fig. 4.1 skall ge en jetflamma är 0,35 % och sannolikheten för en gasmolnsexplosion är 0,93 %. Resultatet från ett händelsetråd kan sedan användas i riskmatriser och riskprofiler.

#### 4.1.2 Riskmatris

För att visa, värdera och jämföra risker med varandra kan man placera dem i en riskmatris. Y-axeln får indikera sannolikheten för händelsen och x-axeln får indikera konsekvensen. Det medför att ju längre upp till höger i diagrammet händelsen hamnar, ju större bedöms risken vara. Givetvis kan enheterna och skalorna på diagramaxlarna varieras. Sätts specifika värden ut såsom vissa belopp eller sannolikheter (frekvens) för händelserna benämns diagrammet kvantitativt. Graderas axlarna i mer vaga begrepp som liten, medium eller stor sannolikhet respektive konsekvens är det ett kvalitativt arbete. Det finns även ett mellanting, semikvantitativt, som anger sannolikhet och konsekvens i intervaller om vanligtvis en tiopotens.

Fig. 4.2 visar en riskmatris som används bl.a. inom processindustrin och som redovisas i Kemikontorets bok *Riskhantering 3* [Kemikontoret, 2001]. Eftersom den anger frekvens och numeriska värden i intervaller är den semikvantitativ.

	1	2	3	4	5	
> 1 gång per år						5
1 gång per 1-10 år				Högrisk		4
1 gång per 10-100 år		Mellanrisk				3
1 gång per 100-1000 år						2
< 1 gång per 1000 år	Lågrisk					1
Hälsa	Övergående lindriga obehag	Enstaka skadade, varaktiga obehag	Enstaka svårt skadade, svåra obehag	Enstaka döda eller svårt skadade	Några döda eller svårt skadade	
Miljö	Ingen sanering, liten utbredning	Enkel sanering, liten utbredning	Enkel sanering, stor utbredning	Svår sanering, liten utbredning	Svår sanering, stor utbredning	
Egendom	< 0,1 milj kr	0,1 - 1 milj kr	1 - 5 milj kr	5 - 20 milj kr	> 20 milj kr	

Fig 4.2: Uppskattning av åtgärdsprioritering i relation till frekvens och konsekvens av olyckor.

#### 4.1.3 Summering av risk

En riskuppskattning genomförs i tre steg.

1. Frekvensanalys, hur ofta inträffar oönskade händelser
2. Konsekvensanalys (X), hur påverkas omgivningen
3. Sannolikhetsanalys (L), sannolikheten att den oönskade händelsen skall ge konsekvenser för omgivningen

Riskuppskattningen summeras och risken R uttrycks som:

$$R = \{ \langle S_i, L_i, X_i \rangle \}_c$$

där S står för scenario, i står för ett specifikt scenario och c står för alla intressanta scenarier. Risken innefattar då summan av alla scenarier, deras sannolikheter och konsekvenser [Kaplan, 1997].

## 4.2 Riskprofil

Ett vanligt sätt att uttrycka en risk är att använda någon form av riskprofil. För ekonomiska risker kan en riskprofil som mäter i monetära enheter användas. När det gäller säkerhet används oftast individrisk samt samhällsrisk. Tittar man på samhällsrisk för en verksamhet är det oftast omgivningens risker som tas upp. För att förklara skillnaden mellan individrisk och samhällsrisk kan man titta på ett kontorshus som gränsar till en fabrik som hanterar giftiga gaser. Kontorshuset har 400 anställda på dagen och en person på natten (nattvakten). Individrisken är densamma dygnet runt, men samhällsrisk är 400 gånger större på dagen än på natten.

### 4.2.1 Individrisk

Individrisken mäts i sannolikhet per år för att en individ ska omkomma. Det kan även tolkas som frekvensen av en dödsolycka. Exempelvis ska individrisken  $10^{-5}$ /år tolkas som att sannolikheten att en person ska omkomma under ett år är en på hundra tusen alternativt omkommer en person under hundra tusen år, förutsatt att individen exponeras konstant för risken. För en riskkälla, såsom en fabrik eller liknande, kan man summera individriskerna och rita in dem i en riskkonturkarta där lika stora värden sammanbinds i riskkonturer.

För att illustrera begreppet individrisk används en tentamensuppgift från kursen Riskanalysmetoder [LTH, 2002b] som ges på civilingenjörsprogrammet i riskhantering på LTH. Förutsättningar och beräkningar redovisas i bilaga A. Metoden som används är Chemical Process Quantitative Risk Analysis [CPQRA], som redovisas i kapitel 10.

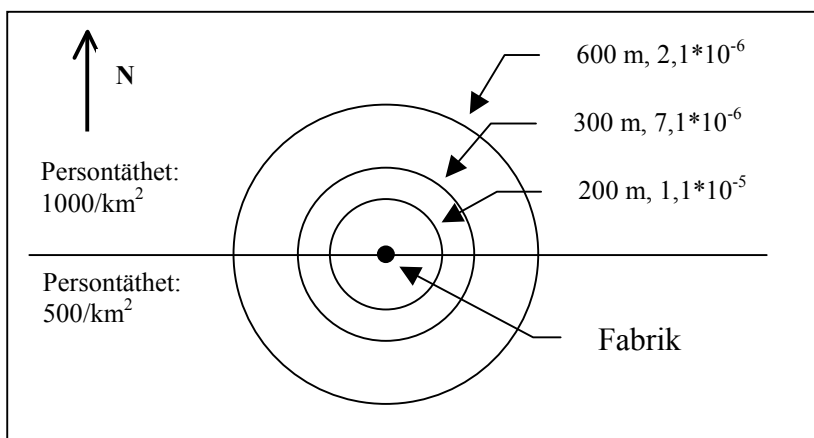


Fig. 4.3: Exempel på presentation av individrisk (avstånd och frekvens i bildens övre högra hörn).

Cirklarna i fig. 4.3 markerar avstånd för olika händelser som kan orsaka dödsfall utanför fabriksområdet. Individrisken är störst närmast fabriksområdet. Även om det bor fler människor norr om fabriken än vad det bor söder om den är individrisken densamma på bägge sidor. Noterbart är att utanför cirkeln med den största radien (i vårt fall 600 m) är individrisken 0, d.v.s. ingen på det avståndet kan omkomma p.g.a. en olycka på fabriksområdet. Givetvis finns det alltid en liten risk att det kan ske, men inte enligt vår förenklade modell av verkligheten. Detta ställer krav på att man i arbetet verkligen identifierar alla händelser som kan inträffa och som ger konsekvenser utanför fabriksområdet.

#### 4.2.2 Samhällsrisk

För beräkning av samhällsrisken bygger man vidare på den framtagna individrisken som visar frekvensen för en dödsolycka. När samhällsrisken beräknas tar man även hänsyn till hur många personer som uppehåller sig i omgivningen. I tentamensuppgiften beräknas även samhällsrisken. Man uppskattar hur många som omkommer genom att beräkna arean där alla omkommer kontra persontäthet. Arean fås fram genom att använda vissa kriterier som gränsvärden o.d.. Omges utsläppskällan av områden med varierande persontäthet spelar sannolikheten för vindriktningen in, för vissa typer av utsläpp, och påverkar samhällsrisken. Genom att beräkna hur många som omkommer i varje scenario samt frekvensen för respektive scenario kan man redovisa samhällsrisken i ett F/N-diagram, där F står för *frequency* (frekvens) och N för *numbers* (antal omkomna). I F/N-diagrammet summeras alla scenarion. Detta diagram används för att avgöra om verksamheten är acceptabel eller inte genom värdering mot kriterier. Enligt denna modell kan det inte omkomma fler än vad som maximalt ges i det framtagna F/N-diagrammet. Frekvensen blir noll för detta. Det ställer återigen krav på att alla möjliga scenarion som påverkar omgivningen tas upp.

I tentamensuppgiften beräknades även samhällsrisken för den fiktiva fabriksanläggningen. Beräkningarna redovisas i bilaga A, resultatet framgår av fig. 4.4.

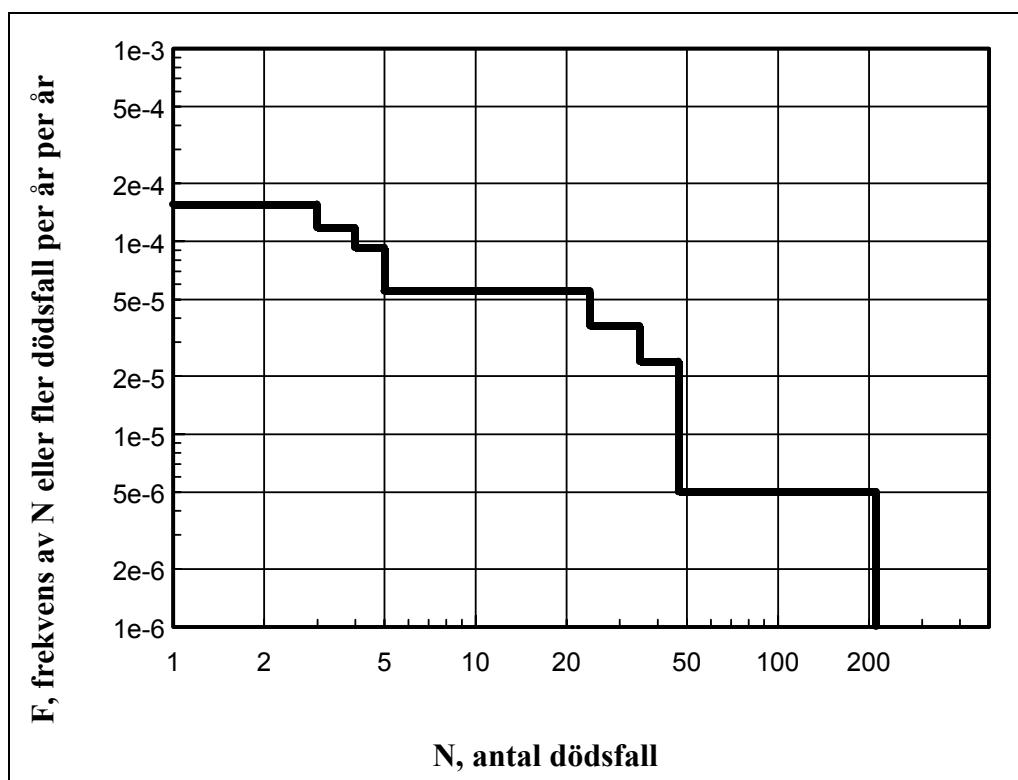


Fig. 4.4: Samhällsrisken från den fiktiva fabriken redovisad i ett F/N-diagram.

#### 4.2.3 Kriterier för acceptabla risknivåer

De beräknade individ- och samhällsriskerna kan jämföras med fastställda kriterier för acceptabel risk. Dessa kriterier varierar från land till land, och även inom länder. I Sverige finns inga fastställda kriterier, utan det är upp till var och en att själv bestämma detta. Därför är det viktigt att visa sina resultat på ett tydligt sätt så att andra själva kan bedöma dem. Det räcker inte med att bara slå fast att riskerna är acceptabla, utan underlaget för detta måste visas. DNV, Det Norske Veritas, har i en rapport beställd av

Räddningsverket [DNV, 1997], föreslagit kriterier för acceptabel risk. Dessa kriterier har nu blivit inofficiell standard i Sverige. Dock har Räddningsverket officiellt tagit avstånd från dessa, och anser det vara DNV som står för detta förslag.

#### 4.2.3.1 Individrisk

DNV föreslår att övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras skall vara  $10^{-5}$  per år. Risken får alltså aldrig överskrida detta. Som gräns för område där risker kan anses vara små är  $10^{-7}$  per år (tab. 4.1). Som jämförelse kan nämnas att sannolikheten att träffas av blixtnedslag under ett år anges ofta till  $10^{-7}$  [DNV, 1997].

Individrisk per år	Åtgärd
$> 10^{-5}$	Risken är inte tolerabel och måste åtgärdas
$10^{-7} - 10^{-5}$	Risken kan tolereras om det är för dyrt att åtgärda etc., men bör åtgärdas om det är rimligt och genomförbart
$< 10^{-7}$	Risken är tolerabel, och ingen åtgärd krävs

Tab. 4.1: Förslag från DNV på individriskkriterier [DNV, 1997].

För vår fiktiva fabrik skulle detta innebära att individrisken på 200 meters avstånd är för hög och måste åtgärdas. Skyddsåtgärder krävs så risken sjunker under  $10^{-5}$ . Övriga individrisknivåer kan anses vara acceptabla, men de fordrar en närmre studie och kommentarer.

I den här rapporten används även en holländsk metod [CPR18E] som använder  $10^{-6}$  som gräns för individrisk, vilket kommer från de holländska myndigheterna och används för nya etableringar. För befintliga anläggningar används  $10^{-5}$  som gräns [DNV, 1997]. Dessa gränser får inte överstigas.

#### 4.2.3.2 Samhällsrisk

Som samhällsriskkriterier föreslår DNV att övre gräns för områden där risker under vissa förutsättningar kan tolereras sätts till  $10^{-4}$  per år för en olycka med ett dödsoffer. Den övre gränsen för var risker kan anses vara små föreslås vara  $10^{-6}$  per år. Lutningen på F/N-diagrammet förslås vara -1, vilket innebär att acceptansen sjunker en tiopotens om olyckans dödsoffer stiger en tiopotens.

I Holland används en rekommenderad gräns med lutning -2. Där används ej begreppen försumbar, ALARP och ej acceptabel, utan endast en gräns finns. Denna gräns får å andra sidan överskridas om myndigheterna accepterar det.

Antal dödsoffer	Måste åtgärdas	Kan tolereras	Försumbart	Holland
1	$> 10^{-4}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	$< 10^{-6}$	$10^{-3}$
10	$> 10^{-5}$	$10^{-5} - 10^{-7}$	$< 10^{-7}$	$10^{-5}$
100	$> 10^{-6}$	$10^{-6} - 10^{-8}$	$< 10^{-8}$	$10^{-7}$
1 000	$> 10^{-7}$	$10^{-7} - 10^{-9}$	$< 10^{-9}$	$10^{-9}$

Tab. 4.2: Förslag från DNV på samhällsriskkriterier [DNV, 1997] samt gränser från Holland [CPR18E].

Zonen där risken kan tolereras enligt DNV kallas ALARP, As Low As Reasonable Possible, så lågt som det kan bli inom rimliga gränser. Värdena från tab. 4.2 ritas ofta in i F/N-diagram. Fig. 4.5 visar den fiktiva fabriken samhällsrisk kopplat till samhällsriskkriterier föreslagna av DNV. Som synes är samhällsrisken ej acceptabel. Fabriken måste åtgärda detta.

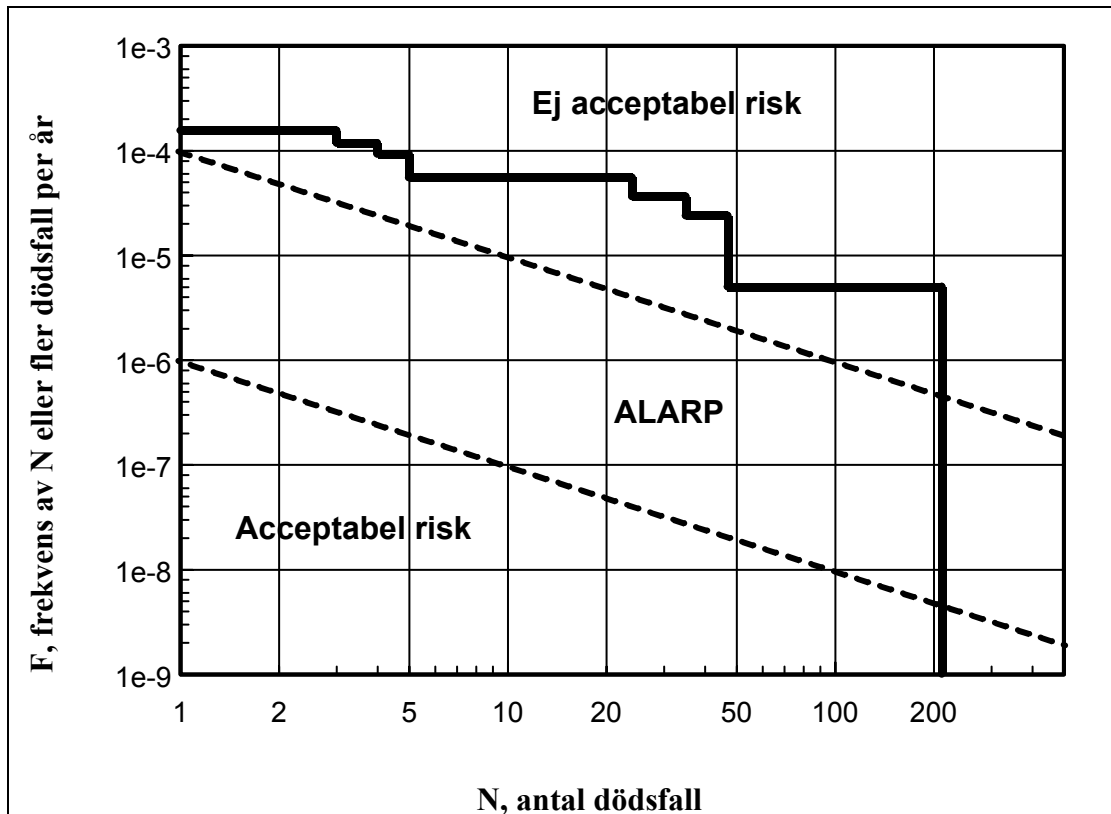


Fig. 4.5: Samhällsrisk från den fiktiva fabriken kopplad till riskkriterier föreslagna av [DNV, 1997].

### 4.3 Risktyper

Risk kan definieras och kategoriseras på olika sätt och enligt flera kriterier.

#### 4.3.1 IEC

International Electrotechnical Commission [IEC, 1995] har utfärdat en standard för riskanalys av tekniska system. I standarden anges två olika sätt att kategorisera risker. Den första möjligheten är att utgå från riskkällan och dess ursprung:

- Naturrelaterade riskkällor (översvämningar, jordbävningar, storm, åska etc.)
- Teknologiska riskkällor (industrier, transportsystem, konsumentprodukter, bekämpningsmedel, kemikalier, läkemedel etc.)
- Sociala riskkällor (överfall, krig, sabotage, smittsamma sjukdomar)
- Livsstilsrelaterade riskkällor (droger, alkohol, rökning, extremsporter etc.)

En annan möjlighet enligt [IEC, 1995] är att kategorisera riskerna efter deras konsekvenser och vem som drabbas.

- Individrisk (påverkan på enskilda individer)
- Yrkesrelaterade risker (påverkan på arbetare)
- Samhällsrisk (påverkan på hela samhället)
- Egendomsrisker och ekonomiska risker (affärsavbrott, böter etc.)
- Miljörisker (påverkan på mark, luft, vatten, växter, djur och kulturvärden)

#### 4.3.2 Säkerhet, hälsa och miljö

Riskhantering delas ofta upp i tre områden: *Säkerhet*, *hälsa* och *miljö* som förkortas SHM. På engelska blir förkortningen SHE, *Safety*, *Health* and *Environment*. Med säkerhet menas hantering av olycksrelaterade risker i tekniska system. När olyckan sker



uppkommer skador på människor och egendom oftast omedelbart. Hälsa avser risker där exponering kan ske under lång tid (upp till decennier) som avgaser, buller, rökning och asbest. Det är svårt att klarlägga samband mellan exponering och konsekvenser eftersom de drabbade ju även utsätts för andra faktorer under samma tidsrymd. Likaså är det svårt att påvisa orsak-verkansamband för miljöstörningar. Ekosystem påverkas och störs av många faktorer under lång tid. En stor miljörisk utgörs av gamla industriområden och nedlagda bensinstationer med utsläpp av kemikalier i marken som hotar grundvattnet.

#### 4.3.3 Kommunens risker

Boverket rekommenderar de svenska kommunerna att följande indelning av risktyper används [SRV, 1998b]:

- Natur (skred, översvämningar, radon etc.)
- Industri (kemikalier och farligt gods)
- Hamnar, flygplatser, terminaler (hantering av farligt gods)
- Kommunikationer, transporter (farligt gods)
- Höjd beredskap (sabotagerisk etc.)

#### 4.4 Riskperception

Människor uppfattar risker på olika sätt. Även om en kvantitativ riskanalys görs där riskerna får ett numeriskt värde och kan jämföras med andra risker som individen/samhället utsätts för värderas aktuell risk kanske annorlunda av enskilda individer. Det finns många kvalitativa aspekter som väger in och ökar den negativa uppfattningen om en risk. [Otway et al 1982] har kartlagt några sådana aspekter:

- Ofrivillig exponering
- Ingen egen kontroll
- Okända sannolikheter eller konsekvenser
- Liten erfarenhet
- Tidsfördröjning av konsekvenser
- Genetiska effekter
- Risker med mycket stora konsekvenser
- Inga påtagliga fördelar
- Andra som gynnas
- Risker med mänskliga orsaker (jämfört med naturrelaterade)

Personer och rent av hela samhällen som får sitt levebröd från en industrianläggning accepterar dess risker i större omfattning än andra utan koppling (ofrivillig exponering, inga påtagliga fördelar). Även om det omkommer väsentligt färre personer per år i flygolyckor än i bilolyckor är många flygrädda (stora konsekvenser). Farligt gods upplevs som en stor risk (ofrivillig exponering, okända sannolikheter eller konsekvenser). Trots att rökning bevisligen är farligt och dödar tusentals per år enbart i Sverige slutar man inte röka och nya rökare tillkommer (frivillig exponering, egen kontroll).

[Slovic et al, 1982] har gjort undersökningar och kunde härleda tre oberoende faktorer som visar hur folk uppfattar risker. De tre faktorerna är grad av fruktan, okändhet och exponeringsnivå. De två första redovisas i fig. 4.6 som är en förenkling gjord av Räddningsverket [SRV, 1988].

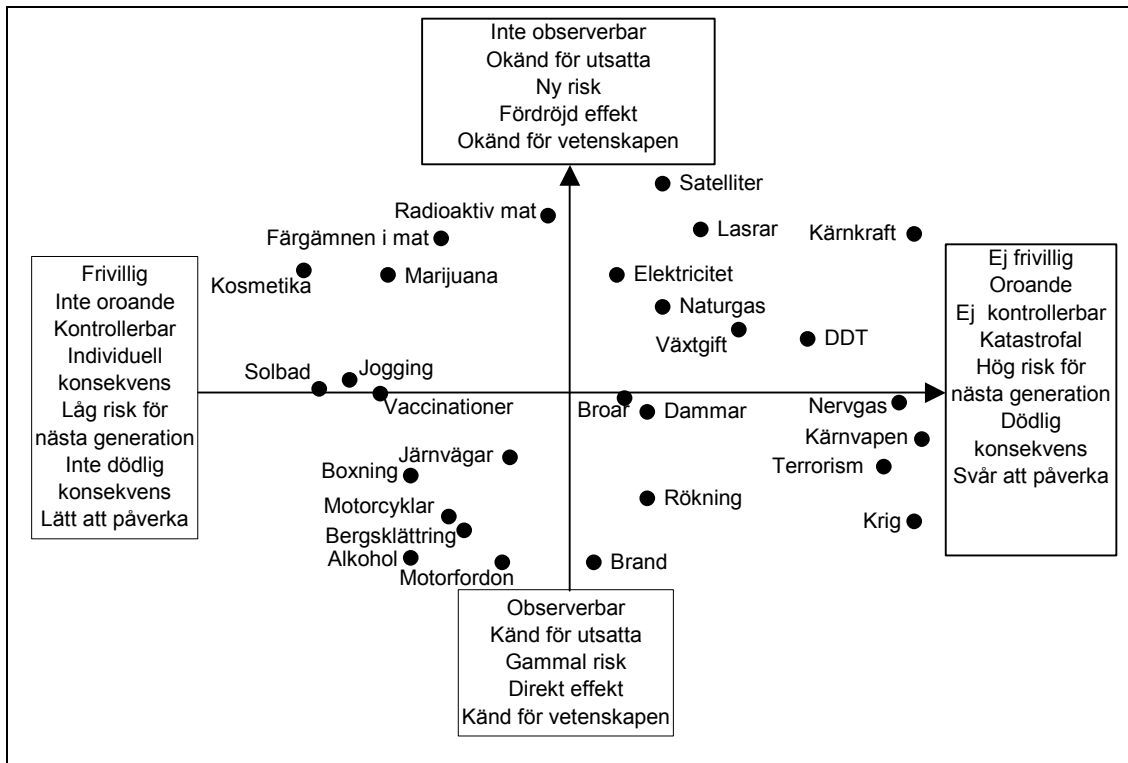


Fig. 4.6: Kvalitativa aspekter på risk. Förenklad figur av [SRV, 1989] baserad på [Slovic et al].

### 4.5 Riskhantering

Begreppet riskhantering (risk management) definieras i IEC-standarden [IEC, 1995] som hela processen från identifiering av risker till beslut om de ska åtgärdas eller inte. Det innefattar tre steg som benämns riskanalys (risk analysis), riskvärdering (risk evaluation) och riskreduktion/styrning (risk reduction/control) (fig. 4.7).

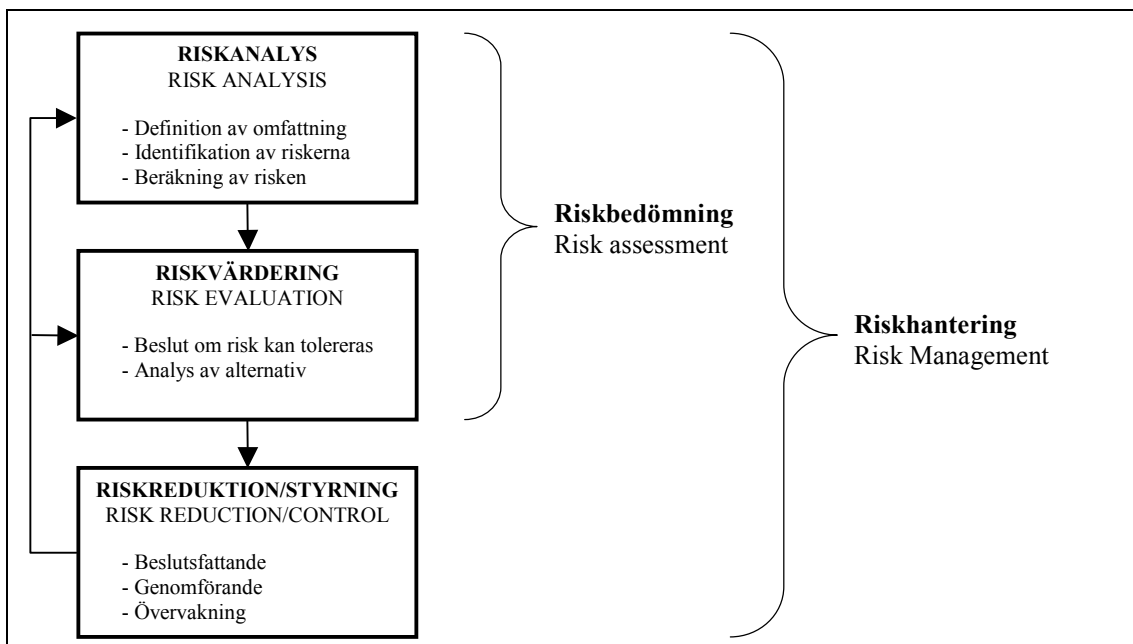


Fig. 4.7: Riskhanteringsprocessen enligt IEC-standardens IEC 300-3-9, 1995 [IEC, 1995], översättning enligt [LTH, 2003].

Definitionerna är inte enhetliga världen över. I amerikansk litteratur används ibland termen risk management för riskreduktion/styrning och risk assessment för riskhantering.

#### 4.5.1 Riskanalys

Riskanalys (risk analysis) är det första steget i riskhantering, och handlar om att bedöma vilka risker som finns och hur stora de är. Riskanalys inom säkerhet innebär enligt [IEC, 1995] att olycksrisker bedöms enligt fig. 4.8.

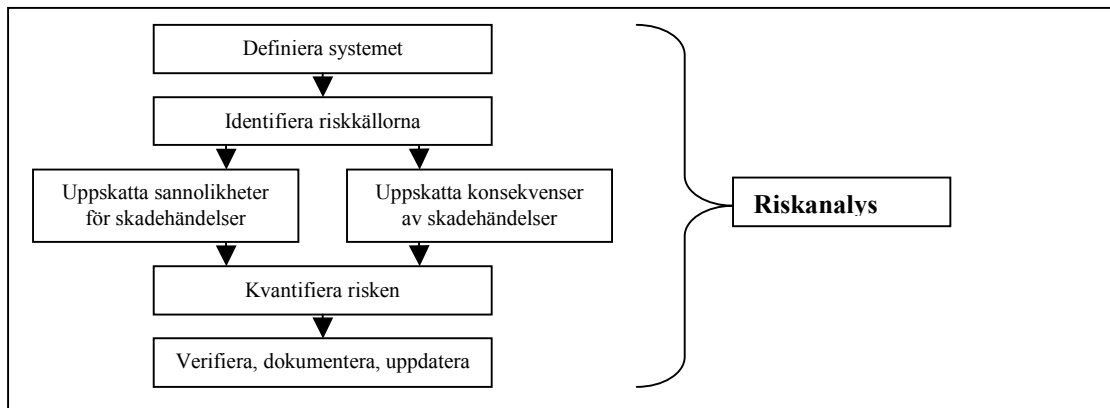


Fig. 4.8: Riskanalys inom säkerhet [IEC, 1995].

Den osäkra faktorn i riskanalysen är ofta uppskattningen av olika skadehändelsers sannolikheter och konsekvenser. Resonemanget för riskmatriserna i kapitel 4.1.2 gäller även för uppskattningen av skadehändelserna. Använder man numeriska värden både för sannolikheter och för konsekvenser är det en kvantitativ riskanalys. Är det däremot mer vaga begrepp som stor, medium eller lite som används är det fråga om en kvalitativ riskanalys. Ett mellanting är den semikvantitativa riskanalysen där man använder sig av intervaller. Antalet döda anges kanske i tiopotenser som 1-10, 10-100, 100-1 000 etc.

#### 4.5.2 Riskvärdering

I en riskbedömning bygger man vidare på riskanalysen med en riskvärdering (risk evaluation). Efter kartläggningen av riskerna ska de bedömas acceptabla eller ej. Finns det flera alternativ att tillgå kan man avgöra vilket som är lämpligast ur risksynpunkt. Hur risker uppfattas av olika personer diskuteras i kapitel 4.4.

När risker värderas kan man utgå från fyra principer [SRV, 2002]:

##### *Rimlighetsprincipen*

Kan en risk minskas eller elimineras med rimliga medel skall så ske.

##### *Proportionalitetsprincipen*

Riskerna bör inte vara oproportionerligt stora jämfört med nyttan av verksamheten.

##### *Fördelningsprincipen*

Riskerna bör inte bli oproportionerligt stora för dem som inte får nytta av verksamheten.

##### *Principen om undvikande av katastrofer*

Det är bättre med flera små olyckor än ett fåtal stora, då samhällets räddningsresurser bättre kan hantera situationen.

#### **4.5.3 Riskreduktion/styrning**

I riskreduktionen kan risken elimineras, genom att riskkällan tas bort, eller så minskas risken. Eftersom risk är en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens minskas risken antingen genom olycksförebyggande åtgärder (sannolikhetsminskning) eller genom skadebegränsande åtgärder (konsekvensminskande åtgärder). Självklart är det optimal riskreduktion om båda åtgärderna används.

#### **4.5.4 Osäkerheter**

Det är nödvändigt att ta upp de faktorer som kan generera osäkerheter i riskhanteringen. Det kan även vara av stor vikt att en osäkerhetsanalys görs för att fastställa resultatets riktighet.

## 5 VAL AV RISKANALYSMETODER

I detta arbete jämförs tre olika riskanalysmetoder med varandra. Ger de samma resultat eller skiljer det sig markant, och varför i så fall? Är de lika väl lämpade för den här specifika uppgiften? Metodernas tillförlitlighet, fördelar och nackdelar utvärderas. Gemensamt för alla metoderna är att de endast tar hänsyn till säkerhet, d.v.s. risken för människoliv. Metoderna som valts är Göteborgsmetoden, CPR18E (en holländsk metod) och CPQRA. Dessa beskrivs djupare i kapitel 8-10.

### 5.1 Göteborgsmetoden

1999 antog kommunfullmäktige i Göteborg en fördjupad översiktsplan för sektorn transporter av farligt gods [Göteborg, 1999]. Metoden innebar att generella avstånd togs fram för olika verksamheter i närheten av leder för farligt gods på järnväg och landsväg. Stort arbete har lagts ner och många olika aktörer har varit remissinstanser.

#### 5.1.1 Motiv för att använda metoden

Göteborg och Helsingborg har många gemensamma nämnare. Båda städerna ligger på västkusten och är transportstäder med stor hamnverksamhet. Transport av farligt gods är en naturlig del av städernas verksamheter och måste ske inom stadens gränser. För stadsplanering är det en lämplig metod genom sitt schablonartade utseende där man sätter ramarna en gång för alla för lämpliga verksamheter längs lederna för farligt gods. Avsteg kan tillåtas, men då krävs en riskanalys som visar lämpligheten i detta. Helsingborg växer med 1 000 invånare per år vilket kräver att mer mark tas i anspråk för bostäder, industrier, skolor, handelsområden, kommunikationer etc.. Därför är det viktigt att fastslå var transporter med farligt gods ska gå och vilka avstånd som ska gälla.

Ur perspektivet stadsplanering är det en intressant tanke att fastslå en fysisk ram som gäller och som alla kan planera efter. Därför är ett av syftena med denna rapport att ta ställning till om det är en bra metod, och om de använda måtten i Göteborg även kan användas i Helsingborg.

#### 5.1.2 Metodens uppbyggnad

Risker kan minskas genom skade- och olycksförebyggande arbete. Eftersom kommunen inte själv ansvarar för transporter av farligt gods är det främst genom skadeförebyggande arbete som kommunen kan minska riskerna för transporter med farligt gods. Sannolikheten för en olycka kan i viss mån minskas av kommunen genom ett förbättrat vägnät. Göteborgsmetoden minskar konsekvenserna för en olycka med farligt gods genom att kräva skyddsavstånd till bostäder, skolor, kontor och liknande. I viss mån är metoden olycksförebyggande. Genom att ha en bebyggelsefri zon om trettio meter på vardera sidan om lederna minskas sannolikheten att transporter som kör av vägen skadas av träd, byggnader och andra föremål. I den fördjupade översiktsplanen lyfter man fram att det huvudsakliga arbetet med att minska sannolikheterna ligger på transportörerna och regelverken. Metoder att minska sannolikheterna för en olycka med farligt gods är till exempel utbildning av förarna, reglerade arbetstider, bra behållare och gott fordonsunderhåll.

### 5.2 CPR18E, Holländska metoden

Holland har kommit långt inom riskhantering och har fastställt acceptanskriterier som gäller för hela landet. En bidragande orsak till detta är trångboddheten i landet. Det är

många människor som bor och arbetar på en begränsad yta. Det finns inte utrymme att ta till stora skyddsavstånd runt industrier och transportleder för farligt gods. Metoden redovisas detaljerat i handboken [CPR18E], populärt kallad ”Purple Book”.

### **5.2.1 Motiv för att använda metoden**

Det är intressant att utforska en metod som fastslagits och används nationellt. Metoden utgår från de fastställda acceptanskriterierna i Holland som ibland används även i svenska riskanalyser i avsaknaden av fastställda svenska acceptanskriterier.

### **5.2.2 Metodens uppbyggnad**

Metoden är en form av QRA, Quantitative Risk Analysis. Det intressanta är att indata är standardiserat i stor utsträckning och nationell olycksstatistik finns framtaget, även om möjlighet finns att använda lokal statistik. Endast ett par transportklasser inom farligt gods pekas ut som stora risker. För dessa har beräkningar gjorts som pekar ut hur stora transportmängder inom respektive klass som krävs för att överskrida acceptanskriterierna. Man skiljer på tre olika vägtyper: motorväg, landsväg och stadsgata. Den holländska metoden är endast olycksförebyggande. Genom att begränsa antalet transporter minskas sannolikheten för en olycka, medan konsekvenserna alltid blir de samma.

## **5.3 CPQRA, Chemical Process Quantitative Risk Analysis**

QRA är en allmänt vedertagen metod som används ofta. Tillvägagångssättet i [CPQRA] kommer att följas.

### **5.3.1 Motiv för att använda metoden**

CPQRA är ett kraftfullt verktyg som används i många riskanalyser. Metoden beskrivs i en handbok och ger en bra möjlighet att kvantifiera risker och ge förslag på hur de eventuellt ska kunna minskas.

### **5.3.2 Metodens uppbyggnad**

Metoden tittar både på sannolikheterna för ett utsläpp och för dess konsekvenser. Genom att identifiera flera möjliga händelser som kan påverka omgivningarna utanför analyserad verksamhet ges en riskbild som kan kopplas till acceptanskriterier. Både individrisk och samhällsrisk kan beräknas.

För beräkning av konsekvenser används de modeller som medföljer handboken [CPQRA]. De finns beskrivna i handboken och räkneexempel finns på medföljande CD-ROM. Dessa används efter vissa justeringar. Då [CPQRA] ursprungligen vänder sig mot fasta anläggningar ges inga direktiv för beräkningar av sannolikheter för olyckor med farligt gods. Därför används sannolikhetsdelen av VTI-metoden [SRV, 1996]. VTI-metoden i sin helhet diskuteras i kapitel 5.4.1.

## **5.4 Övriga metoder som varit aktuella**

Givetvis har fler metoder varit aktuella att ta upp i denna rapport.

### **5.4.1 VTI-metoden**

På uppdrag av Räddningsverket har VTI, Väg- och transportforskningsinstitutet, tagit fram en metod för att göra riskanalyser vid transport av farligt gods. Metoden finns för

både järnvägs- och landsvägstransporter. Metoden presenteras i *Farligt Gods, riskbedömning vid transport* [SRV, 1996]. Metoden har dock i sin helhet fått viss kritik. Räddningsverket har dragit tillbaka metoden och håller på att utvärdera den. Eftersom en ny version kommer ut så småningom är det inte meningsfullt att i denna rapport använda och utvärdera metoden i sin helhet ytterligare. Dock används delar av VTI-metoden som sannolikhetsunderlag i [CPQRA].

#### **5.4.2 Hot Spots**

En ny metod som tagits fram i Schweiz av [Gheorghe], för riskanalys för transport av farligt gods, är *Hot Spots* som baseras på att identifiera särskilda platser där riskerna kan vara särskilt stora. Exempelvis plankorsningar anses vara extra olycksdrabbade och analyseras djupare. Statistik visar dock att i Sverige sker de flesta olyckorna med farligt gods inte i korsningar utan på sträckor. Detta avhandlas i kapitel 3.6. Därför är *Hot Spots* kanske mindre lämplig som metod för detta arbete.





## 6 AKTUELLA MÖJLIGA LEDER FÖR FARLIGT GODS

För att nå hamnområdet från E4/E6/E20 finns ett antal alternativ (fig. 6.1) som uppstår genom användning av de olika viadukterna över järnvägen samt de större gatorna i väst-östlig riktning. Alternativ 1-8 är hämtade ur Helsingborgs översiktsplan [Helsingborg, 2002]. Alternativ 9 är föreslaget av rapportförfattaren. Statistik över trafikflöden (tab. E.1, bilaga E) kommer från Tekniska förvaltningen i Helsingborg [Möte, 1] som gör regelbundna trafikmätningar, med undantag för värden för Malmöleden som ursprungligen kommer från Vägverket. På Helsingborgs Stads hemsida på Internet finns en interaktiv karta med adressen <http://imap.helsingborg.se/internetwebmap/>.

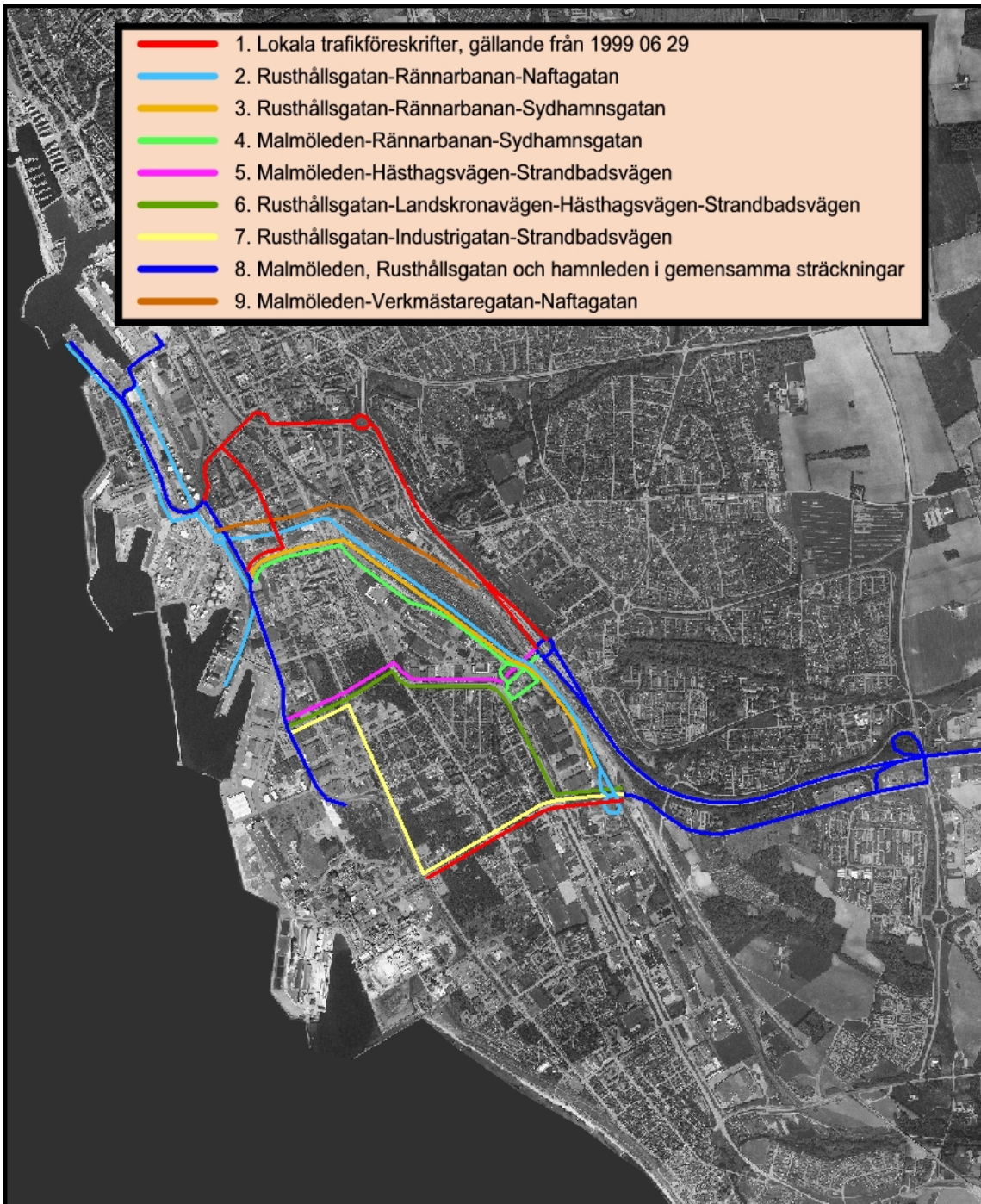


Fig. 6.1: De olika alternativa dragningarna av ny led för farligt gods.

## 6.1 Alternativ 1, Malmöleden-Oljehamnsleden

Detta är den nuvarande leden för farligt gods [Helsingborg, 1999] som går till det norra hamnområdet med Helsingborgs Hamns verksamheter, färjetrafiken och några företag. Leden följer Malmöleden fram till brandstationen på Gåsebäck i höjd med Södergatan. Där följer leden Oljehamnsleden till Atlantgatan. Även Bredgatan samt Gasmästaregatan vidare till Sydhamnsgatan är utpekade som leder för farligt gods.

### 6.1.1 Vägstandard

Malmöleden håller motorvägsstandard fram till cirkulationsplatsen vid Södra Stenbocksgatan. Fram till Bredgatan är trafiken separerad med mittbarriär. Korsningen vid brandstationen är en större ljusreglerad trafikplats där Malmöleden korsar Södergatan.

### 6.1.2 Omgivning

Eftersom Malmöleden är motorväg ända fram till Södra Stenbocksgatan finns det inga verksamheter i direkt anslutning till detta avsnitt av vägen. Vägen omges av vallar och stängsel. Till småhusbebyggelse på Kummelgatan och Svanhalsgatan är det ca. 50 m. Bostäder på Närlunda och Elineberg samt Gåsebäckshemmet ligger som närmst 100 m ifrån. Till fastigheterna på Gåsebäck är det ca. 50 m. Ramlösa station ligger väl skyddad bakom trafikplats Ramlösa.

Från Södra Stenbocksgatan passeras sedan Scandic Hotell, Sturzen-Beckers park, Tekniska förvaltningen, Brandstationen och några ödetomter som idag inte utnyttjas mer p.g.a. närheten till just trafiken med farligt gods. Oljehamnsleden passerar i en sänka ett 10-tal meter från HSB-husen i kvarter Sachsen. Både Oljehamnsleden och Bredgatan passerar Rönnowska skolans lokaler på avstånd på ner till 20 meter. En av byggnaderna ligger i direkt anslutning till Bredgatan.

## 6.2 Alternativ 2, Rusthållsgatan-Rännarbanan-Naftagatan

Rusthållsgatan är en led för farligt gods enligt gällande lokal trafikföreskrift [Helsingborg, 1999]. Rännarbanan går parallellt med Helsingborgs bangård väster om densamma genom ett industriområde på Planteringen. Detta alternativ förutsätter en ny väg under Planteringsvägen och Gasmästaregatan bredvid järnvägsspåret som leder ner i hamnområdet. Detta sker då i ett tråg under marknivå.

### 6.2.1 Vägstandard

Anslutningen till Rusthållsgatan från E4 sker via trafikplats Ättekulla. P.g.a. utformningen av trafikplatsen och vägnätet är anslutningen inte optimal för tung trafik. Området innehåller två cirkulationsplatser och verksamheter som genererar ett stort trafikflöde med många in- och utfarter. Rusthållsgatan har 70 km/h som hastighetsgräns. Detta alternativ kräver att en anslutning mellan Rusthållsgatan och Rännarbanan utformas och färdigställs. I dagsläget måste trafiken passera Landskronavägen.

Rännarbanan har 50 km/h som hastighetsgräns och håller en sämre standard. Ett utnyttjande av vägen som led för farligt gods kräver en upprustning av vägen. Vägen bör rätas upp och ordentliga korsningar behövs. Anslutningen till Naftagatan finns inte för närvarande. Detta alternativ använder samma tråg under marknivå som stickspåret till hamnområdet använder under Planteringsvägen och Gasmästaregatan.

### 6.2.2 Omgivning

Rusthållsgatan omges av ett område med bensinstationer med livs och hamburger-restauranger samt en större butik, EKO. Runristargatan på Ättekulla med villabebyggelse passerar på ett avstånd på 50 m. Huvudkontoret för Frigoscandia ligger vid Rusthållsgatan som sedan passerar över järnvägen via en viadukt. Rännarbanan går i syd-nordlig sträckning väster om järnvägsspåren och bangårdsområdet. Väster om Rännarbanan finns industrier och företag. Ramlösa station passerar på ett avstånd om ca. 50 m. Sticksåret under Planteringsvägen och Gasmästaregatan passerar ett industriområde med bl.a. företaget Nederman.

## 6.3 Alternativ 3, Rusthållsgatan-Rännarbanan-Sydhamnsgatan

Rusthållsgatan är en led för farligt gods enligt gällande lokal trafikföreskrift [Helsingborg, 1999]. Rännarbanan går parallellt med Helsingborgs bangård väster om densamma genom ett industriområde på Planteringen. Skillnaden mot föregående alternativ är att detta använder den befintliga vägen Sydhamnsgatan som led istället för att göra en väg bredvid järnvägsspåret under Planteringsvägen och Gasmästaregatan. Sydhamnsgatan är idag utpekad som led för farligt gods.

### 6.3.1 Vägstandard

Anslutningen till Rusthållsgatan från E4 sker via trafikplats Ättekulla. P.g.a. utformningen av trafikplatsen och vägnätet är anslutningen inte optimal för en stor trafikled. Området innehåller två cirkulationsplatser och verksamheter som genererar ett stort trafikflöde med många in- och utfarter. Rusthållsgatan har 70 km/h som hastighetsgräns. Detta alternativ kräver att en anslutning mellan Rusthållsgatan och Rännarbanan utformas och färdigställs. I dagsläget måste trafiken passera Landskronavägen.

Rännarbanan har 50 km/h som hastighetsgräns och håller en sämre standard. Ett utnyttjande av vägen som led för farligt gods kräver en upprustning av vägen. Vägen bör rätas upp och ordentliga korsningar behövs. Leden kommer då att korsa den hårt trafikerade Planteringsvägen för att kunna fortsätta på Sydhamnsgatan. Sydhamnsgatan har 50 km/h som hastighetsbegränsning.

### 6.3.2 Omgivning

Rusthållsgatan omges av ett område med bensinstationer med livs och hamburger-restauranger samt en större butik, EKO. Runristargatan på Ättekulla med villabebyggelse passerar på ett avstånd på 50 m. Huvudkontoret för Frigoscandia ligger vid Rusthållsgatan som sedan passerar över järnvägen via en viadukt. Rännarbanan går i syd-nordlig sträckning väster om järnvägsspåren och bangårdsområdet. Väster om Rännarbanan finns industrier och företag. Ramlösa station passerar på ett avstånd om ca. 50 m. Sydhamnsgatan har företaget Nederman och en kiosk på sin norra sida och bostadsbebyggelse på sin södra sida i direkt anslutning till vägen.

## 6.4 Alternativ 4, Malmöleden-Rännarbanan-Sydhamnsgatan

Malmöleden är en del av den nuvarande leden för farligt gods [Helsingborg, 1999] som leder till norra hamnområdet med Helsingborgs hamns verksamheter, färjetrafiken och några företag. I detta alternativ svänger trafiken av Malmöleden vid trafikplats Ramlösa och ansluter till Rännarbanan via Lagmansviadukten över järnvägen. Det kan i så fall bli aktuellt att förbättra anslutningen mellan Lagmansgatan och Rännarbanan. Därefter

används Sydhamngatan för anslutning till Hamnleden. Sydhamngatan är idag utpekad som led för farligt gods.

#### **6.4.1 Vägstandard**

Malmöleden håller motorvägsstandard med tillåten hastighet 110 km/h hela den aktuella vägsträckningen. Rännarbanan har 50 km/h som hastighetsgräns och håller en sämre standard. Ett utnyttjande av vägen som led för farligt gods kräver en upprustning av vägen. Vägen bör rätas upp och ordentliga korsningar behövs. Leden kommer då att korsa den hårt trafikerade Planteringsvägen för att kunna fortsätta på Sydhamngatan. Sydhamngatan har 50 km/h som hastighetsbegränsning.

#### **6.4.2 Omgivning**

Eftersom Malmöleden är motorväg ända fram till Södra Stenbocksgatan finns det inga verksamheter i direkt anslutning till detta avsnitt av vägen. Vägen omges av vallar och stängsel. Till småhusbebyggelse på Kummelgatan och Svanhalsgatan är det ca. 50 m. Rännarbanan går i syd-nordlig sträckning väster om järnvägsspåren och bangårdsområdet. Väster om Rännarbanan finns industrier och företag. Ramlösa station passeras på ett avstånd om ca. 50 m. Sydhamngatan har Nederman och en kiosk på sin norra sida och bostadsbebyggelse på sin södra sida i direkt anslutning till vägen.

### **6.5 Alternativ 5, Malmöleden-Hästhagsvägen-Strandbadsvägen**

Malmöleden är en del av den nuvarande leden för farligt gods [Helsingborg, 1999] som leder till norra hamnområdet med Helsingborgs hamns verksamheter, färjetrafiken och några företag. Via trafikplats Ramlösa och Lagmansgatan ansluter detta alternativ till Hästhagsvägen och vidare längs Strandbadsvägen ner i hamnområdet. Denna led används i stor utsträckning av tung trafik som ska till hamnområdet och från E4 skyltas den här leden för transporter till Skåneterminalen i hamnen.

#### **6.5.1 Vägstandard**

Malmöleden håller motorvägsstandard med tillåten hastighet 110 km/h hela den aktuella vägsträckningen. Lagmansgatan har 50 km/h som hastighetsbegränsning. Hästhagsvägen är en del av genomfartsleden Planteringsvägen-Hästhagsvägen-Landskronavägen som förbinder centrum med de södra delarna av Helsingborg. Tillåten hastighet här är 70 km/h. Strandbadsvägen är skyltad 50 km/h och passerar Industrigatan via en cirkulationsplats. Tidigare var detta en av Helsingborgs mest olycksdrabbade korsningar, men det har minskat stort sedan cirkulationsplatsen tillkom.

#### **6.5.2 Omgivning**

Eftersom Malmöleden är motorväg ända fram till Södra Stenbocksgatan finns det inga verksamheter i direkt anslutning till detta avsnitt av vägen. Vägen omges av vallar och stängsel. Till småhusbebyggelse på Kummelgatan och Svanhalsgatan är det ca. 50 m. Lagmansgatan passerar en bensinstation med livsmedel och snabbmatsrestaurang. Hästhagsvägen har på sin södra sida blandad bostadsbebyggelse och ett nyetablerat handelsområde på sin norra sida. Detta handelsområde innehåller bl.a. Willys, Överskottsbolaget och Jysk Bäddlager. Handelsområdet genererar mycket trafik och har många gåenden och cyklister. Strandbadsvägen är på båda sidor omgiven av grönområdet Triangel-skogen.

## 6.6 Alternativ 6, Rusthållsgatan-Landskronavägen-Hästhagsvägen-Strandbadsvägen

Rusthållsgatan är en led för farligt gods enligt gällande lokal trafikföreskrift [Helsingborg, 1999]. Via en kort passage på Landskronavägen använder detta alternativ Hästhagsvägen och Strandbadsvägen för att nå hamnområdet.

### 6.6.1 Vägstandard

Anslutningen till Rusthållsgatan från E4 sker via trafikplats Ättekulla. P.g.a. utformningen av trafikplatsen och vägnätet är anslutningen inte optimal för en stor trafikled. Området innehåller två cirkulationsplatser och verksamheter som genererar ett stort trafikflöde med många in- och utfarter. Rusthållsgatan har 70 km/h som hastighetsgräns. Landskronavägen och Hästhagsvägen är tillsammans med Planteringsvägen en genomfartsled som förbinder centrum med de södra delarna av Helsingborg. Tillåten hastighet här är 70 km/h. Strandbadsvägen är skyltad 50 km/h och passerar Industrigatan via en cirkulationsplats. Tidigare var detta en av Helsingborgs mest olycksdrabbade korsningar, men det har minskat sedan cirkulationsplatsen tillkom.

### 6.6.2 Omgivning

Rusthållsgatan omges av ett område med bensinstationer med livs och hamburgerrestauranger samt en större butik, EKO. Runristargatan på Ättekulla med villabyggnad passerar på ett avstånd på 50 m. Huvudkontoret för Frigoscandia ligger vid Rusthållsgatan som sedan passerar över järnvägen via en viadukt. Landskronavägen har på aktuellt vägavsnitt bostadsbebyggelse väster om vägen och industrier öster om vägen. I höjd med Lagmansgatan passerar en bensinstation med livsmedel och snabbmatsrestaurang. Hästhagsvägen har på sin södra sida blandad bostadsbebyggelse och ett nyetablerat handelsområde på sin norra sida. Detta handelsområde innehåller bl.a. Willys, Överskottsbolaget och Jysk Bäddlager. Handelsområdet genererar mycket trafik och har många gåenden och cyklister. Strandbadsvägen är på båda sidor omgiven av grönområdet Triangelkogen.

## 6.7 Alternativ 7, Rusthållsgatan-Industrigatan-Strandbadsvägen

Detta alternativ är till stor del redan idag en led för farligt gods enligt gällande lokal trafikföreskrift [Helsingborg, 1999]. Dagens led följer Rusthållsgatan och Koppargatan fram till Kemira Kemi. Detta alternativ viker sedan norrut längs Industrigatan för att via Strandbadsvägen nå hamnområdet.

### 6.7.1 Vägstandard

Anslutningen till Rusthållsgatan från E4 sker via trafikplats Ättekulla. P.g.a. utformningen av trafikplatsen och vägnätet är anslutningen inte optimal för en stor trafikled. Området innehåller två cirkulationsplatser och verksamheter som genererar ett stort trafikflöde med många in- och utfarter. Rusthållsgatan har 70 km/h som hastighetsgräns. Rusthållsgatan-Koppargatan har 30 km/h i anslutning till Norrehedsskolan. Industrigatan och Strandbadsvägen är skyltade 50 km/h. I korsningen mellan dessa vägar finns en cirkulationsplats. Tidigare var detta en av Helsingborgs mest olycksdrabbade korsningar, men det har minskat stort sedan cirkulationsplatsen tillkom.

### **6.7.2 Omgivning**

Rusthållsgatan omges av ett område med bensinstationer med livs och hamburger-restauranger samt en större butik, EKO. Runristargatan på Ättekulla med villabebyggelse passerar på ett avstånd på 50 m. Huvudkontoret för Frigoscandia ligger vid Rusthållsgatan som sedan passerar över järnvägen via en viadukt. Mellan Landskronavägen och Planteringsvägen passerar Rusthållsgatan genom ett bostadsområde med Norrehedsskolan. Det förs diskussioner i Helsingborg om nedläggning av skolor, däribland Norrehedsskolan. Koppargatan har endast tre större villor som ligger i direkt anslutning till vägen. Övriga bostäder ligger som närmst ca. 50 m från vägen. Industriegatan har på aktuellt avsnitt industrier på sin västra sida och villabebyggelse på sin östra sida. Strandbadsvägen passerar enbart industrier i detta alternativ.

## **6.8 Alternativ 8, Malmöleden och Rusthållsgatan i kombination med Hamnleden**

Detta förslag är inte längre aktuellt.

## **6.9 Alternativ 9, Malmöleden-Verkmästaregatan-Naftagatan**

Detta förslag har framförts av examensarbetaren. Alternativet använder motorvägen och viker sedan av längs bangården efter trafikplats Ramlösa och stryker Gåsebäck i söderkant. Därefter passerar järnvägen som enligt planeringen ska grävas ned. Leden följer sedan stickspåret under Planteringsvägen och Gasmästaregatan ner till Hamnområdet. På så sätt används en väg med separerad trafik och skyddsvallar så långt som möjlig. Alternativet undviker helt områden med bostäder, handelsområde och skolor.

### **6.9.1 Vägstandard**

Malmöleden håller motorvägsstandard med tillåten hastighet 110 km/h hela den aktuella vägsträckningen. Verkmästaregatan är idag en mindre väg som i så fall måste ersättas med en ny och bredare väg. Viadukt över järnvägen saknas och tråget under marknivå för befintligt järnvägsspår måste breddas.

### **6.9.2 Omgivning**

Eftersom Malmöleden är motorväg ända fram till Södra Stenbocksgatan finns det inga verksamheter i direkt anslutning till detta avsnitt av vägen. Vägen omges av vallar och stängsel. Till småhusbebyggelse på Kummelgatan och Svanhalsgatan är det ca. 50 m. Till bebyggelsen på Elineberg erhålls ett avstånd på över 100 m. Ramlösa station ligger först väl skyddad bakom Ramlösa trafikplats och ligger sedan ett flertal hundra meter från leden. Verkmästaregatan har bangården söder om sig och Gåsebäck norr om sig. Gåsebäck är idag ett rent industriområde, men avsikten är att området ska bindas samman med Söder och få blandad bebyggelse med bl.a. bostäder. Stickspåret under Planteringsvägen och Gasmästaregatan passerar ett industriområde med bl.a. företaget Nederman.

## 7 GROVANALYS

För att kunna lägga tillräcklig tid och kraft på att utvärdera de lämpliga alternativen är det av största vikt att tidigt gallra ut de förslag som ej bedöms som genomförbara. Det är inte meningsfullt att djupare utvärdera ett förslag för att sedan förklara att det inte går att utföra. Detta görs genom en grovanalys. Skälen till att ett alternativ utgår utan vidare utredning kan vara ekonomiska, politiska, praktiska etc. Det är möjligt att efter avslutat arbete på nytt lyfta fram ett tidigare förkastat alternativ.

### 7.1 Möjliga alternativ

I gällande översiktsplan för Helsingborgs stad, ÖP 2002 [Helsingborg, 2002] redovisas åtta förslag. De har nummer 1-8 nedan, där nummer 1 utgörs av nuvarande sträckning (lokala trafikföreskrifter, gällande från 1999-06-29) som ska utgå. Förslag nummer 9 ges av examensarbetaren. Examensarbetet förutsätter en hamnled mellan Kemira Kemi till färjorna som ska nås av alla alternativen. Dessa nio alternativ presenteras utförligare i kapitel 6:

1. Malmöleden-Oljehamnsleden
2. Rusthållsgatan-Rännarbanan-Naftagatan
3. Rusthållsgatan-Rännarbanan-Sydhamnsgatan
4. Malmöleden-Rännarbanan-Sydhamnsgatan
5. Malmöleden-Hästhagsvägen-Strandbadsvägen
6. Rusthållsgatan-Landskronavägen-Hästhagsvägen-Strandbadsvägen
7. Rusthållsgatan-Industrigatan-Strandbadsvägen
8. Malmöleden och Rusthållsgatan i kombination med Hamnleden
9. Malmöleden-Verkmästaregatan-Naftagatan

Alt.	Bostäder	Arbetsplatser	Motorväg	Standard	Korsningar o.d.
1	Bitvis mkt. nära	Ja, och skola	Ja	Hög	Två stora
2	Ett fåtal	Ja, många	Nej	Måste rustas upp	Någon större
3	Bitvis mkt. nära	Ja, många	Nej	Måste rustas upp	Flertal stora
4	Bitvis mkt. nära	Ja, många	Nej	Måste rustas upp	Flertal stora
5	Bitvis mkt. nära	Ja	Delvis	God	Passerar stort köpcentrum
6	Bitvis mkt. nära	Ja, många	Nej	God	Passerar stort köpcentrum
7	Bitvis mkt. nära	Ja, och skola	Nej	God	Flertal korsningar
8	Ej längre aktuell som alternativ				
9	Nej	I viss mån	Ja	Vägen finns ej	Nej

Tab. 7.1: Schematisk jämförelse av alternativen.

### 7.2 Grovanalys av alternativen

Vid ett möte med stadsbyggnadskontoret i Helsingborg [Möte, 2] utfördes grovanalysen. Metoden var ett resonemang kring alternativen:

- 2 och 3 nästan likvärdiga
- 4 och 5 passerar Ramlösa järnvägsstation
- 5 och 6 passerar handelscentrum på Hästhagsvägen (Willys m.fl.)
- 3, 4, 5 och 6 passerar i utkanten av bostadsområde
- 7 går igenom bostadsområde
- 1 och 7 passerar en skola (Rönnowska skolan respektive Norrehedsskolan)
- 2, 3 och 9 behöver nya trafikplatser
- 8 är en kombination av övriga alternativ och är inte aktuellt längre

Utgår i grovanalysen:

- 5 och 6 som passerar handelsområdet på Hästhagsvägen
- 8 har redan utgått
- 9 eftersom det bedöms vara svårt att göra en bra anslutning till Malmöleden

Man kan se de olika alternativen som fyra olika huvudstråk (fig. 7.1).

A: Malmöleden-Oljehamnsleden (Befintlig led för farligt gods)

B: Rännarbanan

C: Hästhagsvägen

D: Rusthållsgatan–Koppargatan (Befintlig led för farligt gods)

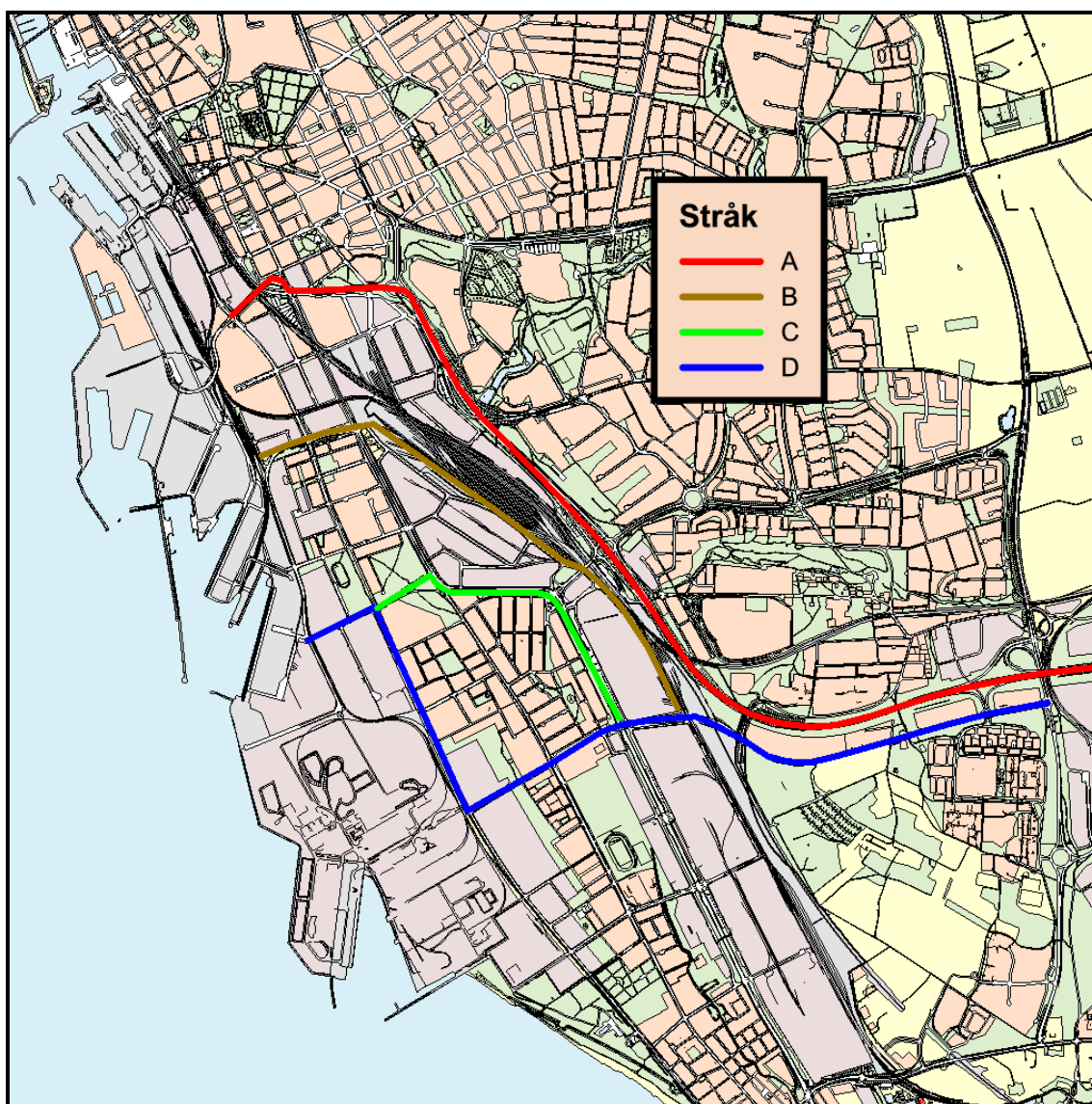


Fig. 7.1: Aktuella alternativ kan sammanfattas i fyra stråk, A-D.

### 7.3 Resultat

Resultatet blir att alternativ 1, 2, 3, 4 och 7 blir kvar. Då Hästhagsvägen gallrades ut kvarstår tre huvudstråk. Stråk A och D används idag som led för farligt gods och är dessutom intressanta som nollalternativ för jämförelse med övriga. Stråk B kan varieras genom att anslutningen från E4 till Rännarbanan kan ske via tre varianter. Dessa tre stråk analyseras djupare.



## 8 GÖTEBORGSMETODEN

För att ta ett helhetsgrepp om transporter av farligt gods och dess risker för omgivningarna har Göteborg antagit en fördjupad översiktsplan för sektorn transporter av farligt gods. Planen har tagits fram av stadsbyggnadskontoret, med hjälp av VBB Samhällsbyggnad och FOA Risk, och presenteras i en antagandehandling med tekniska bilagor samt med en karta med sammanfattning [Göteborg, 1999]. Den fördjupade översiktsplanen godkändes av byggnadsnämnden i Göteborg innan kommunfullmäktige antog den 1999.

Metoden bygger på fastställande av en fysisk ram, fig. 8.1, som anger lämpliga avstånd till olika verksamheter från vägar och järnvägar som är tillåtna transportleder för farligt gods. På dessa leder finns inga restriktioner för transporter av farligt gods och de utgörs av järnvägsspåren och huvudvägarna. Angivna avstånd i den fysiska ramen är bebyggelsefria områden, minsta avstånd till kontor och liknande samt minsta avstånd till bostäder. I första hand gäller avstånden vid nybebyggelse, men på sikt önskas även samma säkerhet för befintlig bebyggelse. Verksamheter utanför respektive fastställda mått behöver oftast ej ta hänsyn till trafikleder med farligt gods. Önskas etablering ske med avsteg från den fysiska ramen krävs en riskanalys och särskilda åtgärder måste troligen vidtas för att inte en lägre säkerhet, d.v.s. en högre risk, ska erhållas.

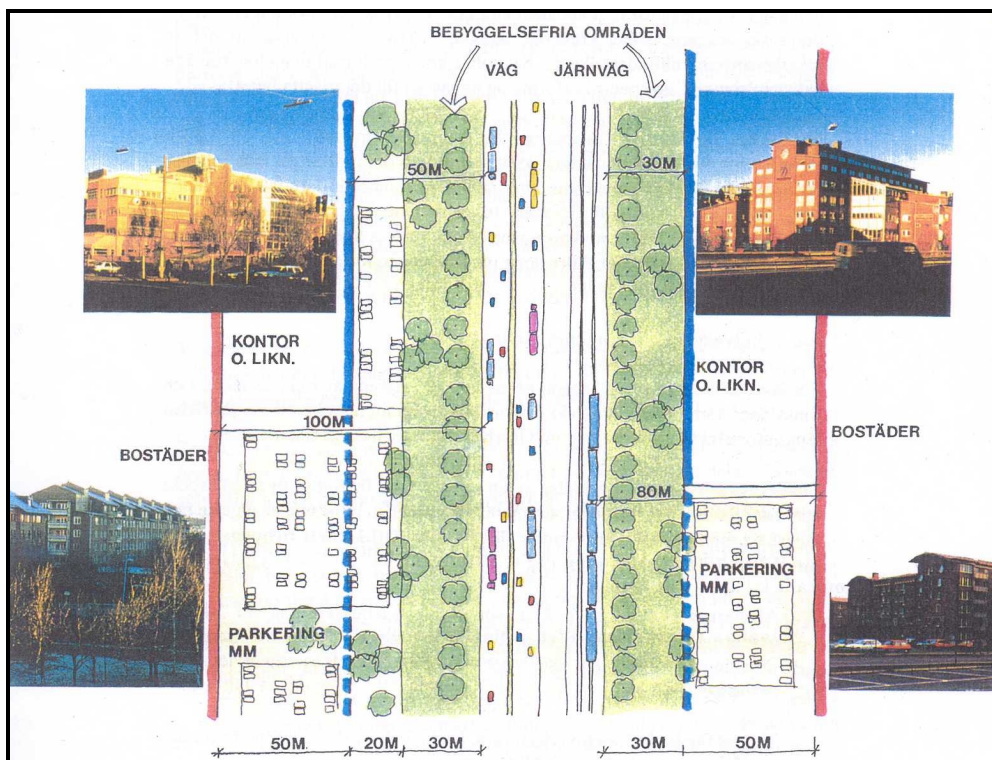


Fig. 8.1: Fysisk ram i Göteborg med minsta avstånd till olika verksamheter [Göteborg, 1999].

För att få fram måtten i den önskade fysiska ramen har man sammanvägt olika aspekter samt synpunkter från olika aktörer, såsom Vägverket, Banverket och VTI. Sedan har en uppskattning gjorts av hur många människor som rör sig i typområden med aktuell fysisk ram. Sannolikheter och konsekvenser uppskattas för olyckor med farligt gods i olika klasser. Det leder fram till en bedömning av hur många som omkommer och detta värderas slutligen enligt olika F/N-diagram.

## 8.1 Den fysiska ramen

Fig. 8.1 visar vilka avstånd som krävs till olika verksamheter från väg respektive järnväg enligt [Göteborg, 1999].

### 8.1.1 Bebyggelsefritt område

Både längs vägar och järnvägar för transporter med farligt gods önskas en bebyggelsefri zon om 30 meter där ingen verksamhet skall bedrivas. Viss biltrafik och parkering kan accepteras. Zonen skall vara vackert utformad samt planerad så att utrunnen vätska från trafikolyckor inte sprids okontrollerat. Större träd måste stå i bortre delen av zonen sett från transportleden. Skälen till att en sådan zon behövs är flera:

- Öka avståndet mellan människor i omgivningen och trafiken för att minska konsekvenserna vid en eventuell olycka.
- Minska skaderisken vid avåkning
- Bättre framkomlighet och åtkomlighet för räddningstjänsten
- Skydd mot magnetiska fält och trygga avstånd till elledningar
- Boendetrivsel
- Trafikanternas upplevelse av staden
- Skydd mot miljöförstöring från trafiken (buller, avgaser och vibrationer)
- Önskan från Vägverket och Banverket

Givetvis finns det även faktorer som talar för en minskning av en sådan zon:

- Samhällsekonomiskt är det ofta dyr, central tomtmark som inte används optimalt
- En förtätning av stadsbilden ger en bärkraftig stadsstruktur med bra underlag för kollektivtrafik och minskar ianspråktagandet av mark i stadens utkant. Den marken kan därmed användas för andra aktiviteter såsom jordbruk, jakt, friluftsliv, naturvård etc..
- Breda zoner skapar och förstärker barriäreffekter

Dessa aspekter sammanvägda tillsammans med att Göteborg är och marknadsför sig som en transportstad gör att staden beslutat sig för ett avstånd för bebyggelsefria områden om 30 meter från leder för farligt gods, även om det kostar samhällsekonomiskt.

### 8.1.2 Avstånd till kontor och liknande

Med kontor och liknande avses persontäta verksamheter där många personer kan exponeras för farliga utsläpp. De extra 20 metrarna som krävs för avståndet fram till kontor och bostäder längs vägar förklaras med att Vägverket förordar 50 meter jämfört med Banverkets 25 meter samt att riskerna med massexplosiva ämnen på väg är avsevärt större än för järnväg. Stadsbyggnadskontoret är noga med att påpeka att man utifrån detta inte får dra slutsatsen att vägtransporter är mer riskfyllda än järnvägstransporter. Dessa 20 meter som ligger mellan den bebyggelsefria zonen och kontor och liknande kan användas till verksamheter där ett fåtal människor vistas under en kort tid. Exempel på sådan verksamhet kan vara parkering, lagerbyggnad etc.. Det är alltså i första hand Vägverkets och Banverkets rekommendationer som ligger bakom avstånden till kontor och liknande. Viktigt att notera att dessa avstånd avses för bebyggelse med väl sammanhållen betongstomme. Höga fastigheter med stora glaspartier bör ligga på klart större avstånd. En explosion på en led för farligt gods kan annars medföra stora personskador i byggnaden p.g.a. tryckvåg och glassplitter.

### 8.1.3 Avstånd till bostäder

Med bostäder avses här sammanhållen bostadsbebyggelse med väl sammanhållen betongstomme. Avståndet till sådan bebyggelse från järnväg skall vara minst 80 meter. Från väg är avståndet 100 meter. Precis som för avstånd till kontor och byggnader är det större avståndet för vägar beroende på att Vägverket förordar 50 meter jämfört med Banverkets 25 meter samt att riskerna med massexplosiva ämnen på väg är avsevärt större än för järnväg (enligt [Göteborg, 1999]).

Till skillnad mot avståndet till kontor och liknande anges det inte i Stadsbyggnadskontorets fördjupade översiktsplan varför avståndet har valts till 50 meter utöver avståndet till kontor och liknande. Antagligen är det en jämkning mellan olika aspekter. Tidigare zoner har varit på 200 meter, olika instanser förespråkar 50-200 meter och VTI anser att samhällsekonomiskt är det inte försvarbart med någon som helst zon.

### 8.1.4 Avståndet till publika verksamheter

Skolor, barnstugor, vårdhem etc. och större idrotts- och fritidsanläggningar finns vanligtvis i bostadsområden på avstånd från genomfartsleder. Dessa verksamheter bör ligga längre bort från transportlederna än vad som medges för bostäder (8.1.3), enligt [Göteborg, 1999]. Större butiker och handelsområden ligger givetvis i närheten eller i direkt anslutning till större trafikvägar. Sådana verksamheter bör ligga på samma avstånd från leder för farligt gods som kontor och liknande (8.1.2).

### 8.1.5 Befintliga verksamheter och avsteg inom den fysiska ramen

Den fysiska ram som presenteras i den fördjupade översiktsplanen gäller i första hand nybyggnation och ändring av verksamhet i befintlig bebyggelse. Stadsbyggnadskontoret anser att samma säkerhetskrav bör gälla alla i Göteborg. Givetvis kan man inte börja riva befintlig verksamhet, men man kan på sikt kontoriserat närbelägna bostäder och utföra extra skyddsåtgärder vid utsatta områden.

## 8.2 Typområden

För att kunna uppskatta hur många personer som kan exponeras för utsläpp i samband med en olycka med farligt gods har typområden gjorts. Dessa typområden omfattar ett avstånd från vägen och järnvägen på 200 meter på vardera sidan och med avstånd till verksamheter enligt den fysiska ramen beskriven i föregående delkapitel. Tre typområden tas fram:

- Blandad bebyggelse
- Endast kontor och liknande
- Endast bostäder och liknande

Anledningen till att man väljer att använda sig av typområden och inte befintliga områden är att resultatet ska kunna användas under lång tid framöver där nya områden och leder kan uppstå och när befintliga områden ändrar karaktär. Eftersom skillnaden mellan väg och järnväg är att den bebyggelsefria zonen är 20 meter bredare för vägen påverkas inte persontätheten mer än marginellt. Som underlag för beräkningarna används demografisk statistik baserad på åldersfördelning, arbetsplatser o.d. samt uppskattningar om andelen utomhusvistelse och omsättning på parkeringsplatserna. Med kontor avses olika typer av arbetsplatser. Persontätheten redovisas i bilaga B, tab. B.1.

### 8.3 Konsekvenser vid olyckor med farligt gods

För de olika klasserna (1-9) inom farligt gods har en typsubstans valts för respektive klass. De olika klasserna beskrivs ingående i kapitel 3. Värsta rimliga scenario bedöms och beräkningar görs på utsläpp och skadeområde, vilket jämförs med persontätheten för de olika typområdena (tab. B.1 i bilaga B). Ett undantag har gjorts från värsta rimliga scenario. En tank med kondenserad gas (ammoniak, klor, svaveldioxid) som rämningar ger sådana stora konsekvenser att det inte bedöms rimligt att skadebegränsa genom stadsplanering. Resultatet blir att det endast är klass 1, 2 och 5 som bedöms kunna ge konsekvenser för omgivningen. Sammanställning visas i bilaga B, tab. B.2.

### 8.4 Frekvens för olyckor med farligt gods

Eftersom endast tre klasser bedöms kunna ge konsekvenser för omgivningen, på leder där den fysiska ramen finns, har sannolikhetsbedömningar för en olycka med farligt gods bara utförts för dessa klasser. Olycksfrekvensen för fordon med farligt gods i Sverige bedöms till  $3 \cdot 10^{-7}$  per kilometer. Referens till detta värde ges ej. Sedan görs antaganden för delhändelser baserade på diverse statistik från olika länder samt egna bedömningar. Resultatet redovisas i bilaga B, tab. B.3.

### 8.5 Acceptabel risk i Göteborg

Vanligtvis beräknar man ett F/N-diagram med utgång från sannolikheter och konsekvenser och ser om acceptabla nivåer enligt ett eller flera kriterier överskrids. Göteborgsmetoden har en egen beräkningsgång och upprättar först två olika kriterier ur resonemang om Riksdagens nollvision samt samrådsyttrande från Kemikontoret. Dessa kriterier skalas sedan ner från Sveriges befolkningens mängd, via Göteborgs mängd till att gälla för typområdena och en uppskattning om hur många som kan tänkas jobba och bo i respektive typområde (fig.8.2). Det antas vara rimligt att risken i bostadsområden skall vara tre gånger lägre än på arbetsplatser, som kontor.

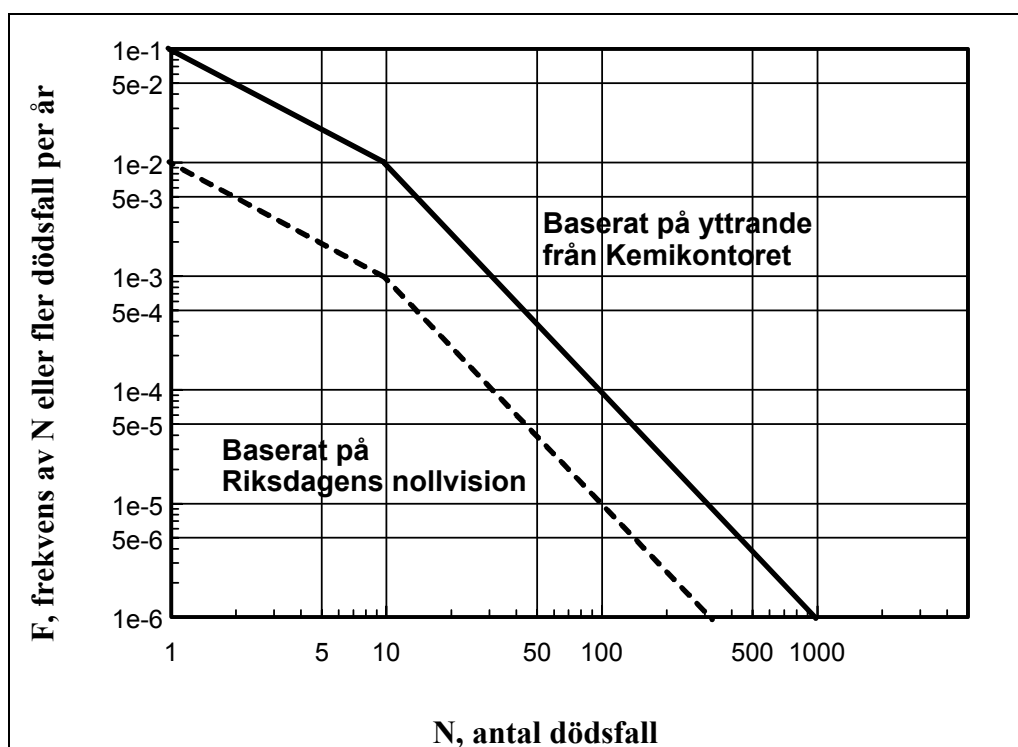


Fig. 8.2: Samhällsriskkriterier framtagna i Göteborgsmetoden [Göteborg, 1999].

För varje klass eller delklass farligt gods har man beräknat antalet maximalt omkomna vid en olycka inom ett typområde. Med detta värde utgår man från konsekvenserna på x-axeln i F/N-diagrammet (fig. 8.2) och läser av värdet på tolerabel olycksfrekvens på y-axeln enligt respektive kriterium. Därmed kan man räkna ut hur många transporter som kan passera typområdet utan att nå upp till denna olycksfrekvens. Kvoten mellan tolerabel olycksfrekvens och den sannolika frekvensen ger antalet tolerabla transporter. Den sannolika frekvensen framgår ur tab. B.3 i bilaga B. Eftersom den gäller per fordonskilometer och typområdet är två km långt skall tabellvärdena dubbleras. Resultatet presenteras som maximala antalet tolerabla transporter för de olika klasserna (tab. B.4, bilaga B), som ett intervall med beräknade värden, från de två kriterierna, som gränser. Övriga klasser bedöms ej utgöra någon personfara för omgivningen. Viktigt att notera är att de flesta lederna för farligt gods i Göteborg benämns som A-vägar och har inga restriktioner för transporter av farligt gods. Ett fåtal leder benämns B-vägar och tillåter inga transporter av de farligaste ämnena i klass 1.1, 2 och 5.

## 8.6 Transportbehov kontra kapacitet i Göteborg

Genom att utgå från nationell statistik har man i Göteborgsmetoden uppskattat antalet transporter i Göteborgsregionen inom de olika klasserna farligt gods. Ur dessa siffror uppskattas antalet transporter för klasserna i tab. 8.1. Slutligen bedöms antalet transporter som passerar typområdet dagtid. Dessa antal transporter benämns som årligt transportbehov och jämförs med kapaciteten för leden utan att acceptabel samhällsrisk överskrids. Kapaciteterna i tab. 8.1 är härledda ur tab. B.4 i bilaga B.

Klass		Transportbehov per år	Kapacitet, blandad bebyggelse	Kapacitet med endast bostäder
1.1	Massexplosiva ämnen	35-100	5 -50	85 – 850
2	Kondenserad, brandfarlig gas	5 000	10 000 – 100 000	30 000 – 300 000
2	Kondenserad, giftig gas	3 600	1 000 -10 000	600 – 6000
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	2 500	9 000 – 90 000	∞

Tab. 8.1: Göteborg, transportbehov inom fysisk ram kontra ledernas kapacitet (tolerabelt antal transporter, dagtid) [Göteborg, 1999].

Som synes i tab. 8.1 transporteras det mer massexplosiva ämnen och kondenserad giftig gas än vad kapaciteten medger, i alla fall om det lägre kapacitetsvärdet för blandad bebyggelse används. Det kommer från riskkriteriet som konstruerats fram ur riksdagens nollvision (fig. 8.2). Används i stället kriteriet baserat på yttrande från Kemikontoret fås det högre kapacitetsvärdet för blandad bebyggelse, vilket gör riskerna acceptabla helt för klass 2, och delvis för klass 1.

Med anledning av detta diskuteras olika sätt att minska riskerna. Den fysiska ramen är en skadebegränsande metod. Andra möjligheter att minska riskerna är tidsstyrning, maximering av last och överförande av transporter till järnväg, vilka bedöms omöjliga att genomföra. Slutligen poängteras att transportörerna har ett stort ansvar för att minska sannolikheterna genom att utbilda chaufförerna och ge dem möjligheter till rast och vila samt att hålla fordonen i bra skick. Slutsatsen blir att den större risken med främst massexplosiva ämnen får godtas. Sedan Göteborgsmetoden togs fram har Sverige gått med i EU, vilket bland annat fått konsekvenserna att maximal transporterad mängd massexplosiva varor är numera begränsad till 15 ton.

## 8.7 Göteborgsmetoden i Helsingborg

Används den fysiska ramen från Göteborgs fördjupade översiktsplan för sektorn farligt gods [Göteborg, 1999] på aktuella transportleder i Helsingborg blir det i vissa fall konflikter med befintliga bostads- och arbetsplatsområden (fig. 8.3). Bebyggelsefri zon finns längs Malmöleden som är motorväg och längs några delsträckor för övriga alternativ.

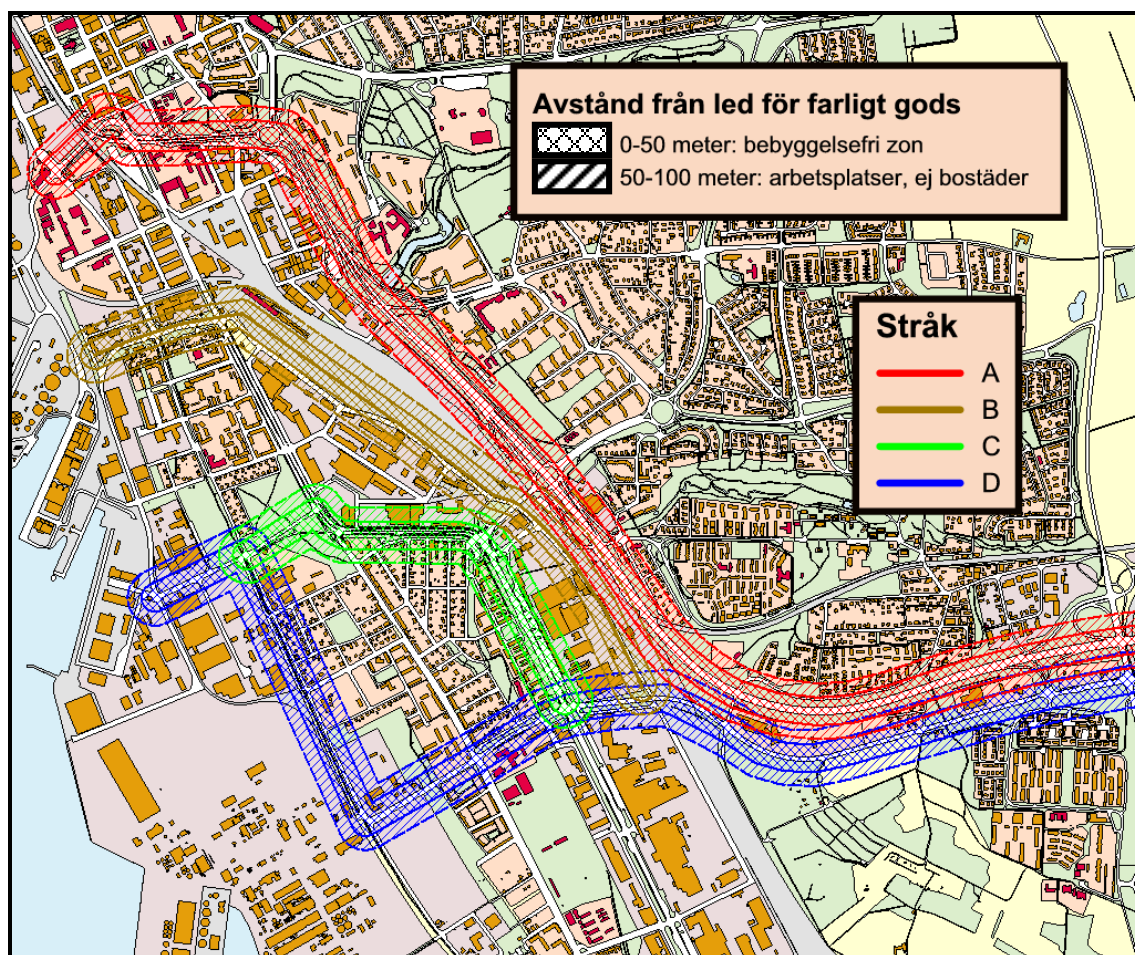


Fig. 8.3: Den fysiska ramen från Göteborgsmetoden [Göteborg, 1999] applicerad på de fyra aktuella stråken för farligt gods i Helsingborg (jämför med fig. 7.1).

Eftersom kapaciteten för den fysiska ramen har beräknats (tab. 8.2) är det lätt att jämföra med transporterade mängder i Helsingborg som redovisas i tab. 3.3 i kapitel 3. För att uppskatta antalet transporter för de särskilt intressanta ämnena används här samma procentandel som används i Göteborgsmetoden. Beräkningarna redovisas i bilaga B.

Klass	Transporter per år	Kapacitet, blandad bebyggelse	Kapacitet med endast bostäder
1.1 Massexplosiva ämnen	144	5 -50	85 – 850
2 Kondenserad, brandfarlig gas	52	10 000 – 100 000	30 000 – 300 000
2 Kondenserad, giftig gas	602	1 000 -10 000	600 – 6000
5 Oxiderande ämnen, organiska peroxider	1 600	9 000 – 90 000	∞

Tab. 8.2: Helsingborg, transportbehov inom fysisk ram kontra ledernas kapacitet (tolerabelt antal transporter, dagtid)

Jämfört med Göteborgs transportvolym är transportererna i Helsingborg betydligt mindre. Undantaget är klass 1.1 massexplosiva ämnen där det transporteras mer i Helsingborg. Därmed är riskerna i Helsingborg acceptabla, enligt [Göteborg, 1999], förutom klass 1.1, om den fysiska ramen används.

### 8.7.1 Stråk A, Malmöleden-Oljehamnsleden

Malmöleden har tack vare sin motorvägsstatus redan en bebyggelsefri zon. På några ställen hamnar fastigheter inom 100-metersavståndet. Ur fig. 8.3 ges att detta inträffar på Kummelgatan, Dunkärrsgatan, Torviggsgatan och Närlundavägen. På Gåsebäck hamnar vissa verksamheter innanför den bebyggelsefria zonen. Vid Oljehamnsleden hamnar kvarter Sachsen klart inom aktuella avstånd. Oljehamnsleden passerar även Rönnowska skolan på ett avstånd på 20 m.

### 8.7.2 Stråk B, Rännarbanan

Rännarbanan har redan en bebyggelsefri zon längs hela den nordöstra sidan mot bangården. Längs den andra sidan hamnar ett fåtal verksamheter inom den bebyggelsefria zonen. Avslutningen med Sydhamns-gatan ger bostäder och verksamheter som ligger inom avstånden. Används istället Stickspåret som innebär en ny väg längs järnvägsspåret ner till hamnen klarar sig bostäderna.

### 8.7.3 Stråk C, Hästhagsvägen

Detta stråk har utgått i grovanalysen (kapitel 7).

### 8.7.4 Stråk D, Rusthållsgatan-Koppargatan

Vid Rusthållsgatans början vid Ättekulla ligger bostäder på Torviggsgatan, Runristar-gatan och Stengatan närmare vägen än det stipulerade avståndet på 100 meter. Längs Rusthållsgatan-Koppargatan från Landskronavägen fram till Kemira Kemi på Industriegatan hamnar bostäder närmre leden än 100 meter, och i vissa fall närmre än 50 meter. Norrehedsskolan ligger endast ett 10-tal meter från leden. Industriegatan har på sin östra sida bostäder i direkt anslutning till vägen. Vissa verksamheter ligger i zonen som enligt [Göteborg, 1999] bör vara bebyggelsefri. Strandbadsvägen klarar sig utan anmärkning.

## 8.8 Resultat

Används Göteborgsmetoden i Helsingborg är det stråk B (Rännarbanan) som bäst klarar av att uppfylla avstånden som tolereras i den fysiska ramen. Rännarbanan bör dras närmre bangården för att klara bredden på den bebyggelsefria zonen. Vid Sydhamns-gatan underskrids avstånden och åtgärder behöver vidtas. En lämplig sådan är att anlägga en ny väg parallellt med järnvägens stickspår ner till hamnen drygt 100 meter norrut. Inga boende finns här och den bebyggelsefria zonen kan kompenseras av en dragning i ett öppet schakt som minska konsekvenserna för omgivningen vid en ev. olycka med farligt gods. Övriga stråk passerar bostadsområden i direkt anslutning.

## 8.9 Kommentarer om Göteborgsmetoden

Resultatet av grundarbetet för den fördjupade översiktsplanen för sektorn farligt gods [Göteborg, 1999] är den fysiska ramen, som ska ligga till grund vid stadsplanering längs lederna för farligt gods. Om avsteg önskas göra kräver detta en riskanalys. Det är bra att ramarna sätts så alla vet vad som gäller och kan planera därefter. En sådan långsiktig planering är nödvändig då stadsplanering gäller för kanske 50 år framåt i tiden.

Avstånden som gäller i den fysiska ramen (fig. 8.1) är rimliga. Däremot så finns det vissa synpunkter på arbetet vid fastställandet av avstånden i den fysiska ramen:

- kriterier för acceptabel risk
- beräkningsgången
- onummerade tabeller och dåligt med referenser
- avsaknad av osäkerhetsanalys

Det är även intressant att notera vilka klasser som upplevs medföra de största riskerna.

### **8.9.1 Fysisk ram**

För att få en långsiktighet i Göteborg har den fysiska ramen (fig. 8.1) tagits fram. Det är ett bra sätt att arbeta på då alla vet vad som gäller. Genom att lägga ned ett stort arbete med statistik, beräkningar och inhämtande av yttrande och remisser sparas mycket arbete i senare stadsplanering. Att avgöra om en risk är acceptabel eller inte handlar i slutändan alltid om politik. Skall man dra nytta av något får man kanske även stå ut med dess avigsidor. Särskilt när det gäller transporter av farligt gods, som är en förutsättning för vårt moderna samhälle, är det en politisk fråga. Kommunerna vill att deras medborgare skall ha sysselsättning. Industrier som kräver råvaror och ger produkter som klassas som farligt gods är stora arbetsgivare. Samtidigt har kommunerna ett ansvar för att tillse medborgarnas säkerhet. Genom att behandla transporter av farligt gods som en fördjupad översiktsplan har stadsbyggnadskontoret i Göteborg lyft upp frågan till politikerna som har fastställt planen. Det är positivt att man inte helt låst sig vid den fysiska ramen utan accepterar avsteg om de är acceptabla, vilket då kräver en separat riskanalys.

Den fysiska ramen minskar riskerna genom att mildra konsekvenserna av ett utsläpp. Det nämns även att transportörer har ett ansvar och då särskilt för att minska sannolikheterna för ett utsläpp. Vilket kan ske genom utbildning, fordonskontroll och korrekta arbetstider för chaufförerna. Kommunen kan minska risken ytterligare genom att begränsa antalet tillåtna transporter, endast tillåta transporter nattetid etc. men det medför problem. Det är svårt att kontrollera att det efterföljs och det medför dyrare transporter. Det finns internationella regelverk och lagstiftning [SFS, 1982] för transporter av farligt gods, och det får anses tillräckligt om de efterlevs.

### **8.9.2 Riskkriterier**

Då Sverige inte har fastställt nationellt vad som är acceptabel risk, måste varje enskild aktör själv bestämma sig för en nivå. Det kan medföra att samma risk bedöms olika i olika delar av landet, och rent av i angränsande kommuner. I Göteborgsmetoden resonerar man sig fram till två olika kriterier (benämnda aversionskurvor) för acceptabel risk. Den ena bygger på riksdagens nollvision och den andra utgår från ett remissyttrande från Kemikontoret (fig. 8.2). Sedan används dessa parallellt och då de skiljer sig en faktor tio skiljer sig även resultatet en faktor tio. Det hade varit bra med en jämförelse med andra riskkriterier. Sådana tillsammans med de egna två framtagna borde ha gett ett kriterium för acceptabel risk i Göteborg för transporter med farligt gods. I stället för att fastställa en acceptabel risk använder man dessa två kriterier (fig. 8.2) som uppges vara tänkbara mål för olyckor med farligt gods. Använda kriterier i [Göteborg, 1999] är klart lägre än vad som används normalt vid riskhantering.



### 8.9.3 Beräkningsgång

Det normala sättet att jämföra och värdera risker är att beräkna frekvenser och konsekvenser och redovisa dessa som samhällsrisk i ett F/N-diagram. I samma diagram läggs riskkriterier in för att se om en acceptabel risknivå uppnås. Göteborgsmetoden beräknar däremot konsekvenser och använder sedan sina två riskkriterier, som här kallas aversionskurvor, för att se antalet tolerabla transporter för respektive klass. Detta benämns den fysiska ramens kapacitet vilket jämförs med nuvarande antal transporter vilket benämns som behov. Det ger ingen samlad bild för riskerna som uppstår till följd av trafiken med farligt gods. Eftersom endast en klass åt gången, och även i något fall del av klass, kontrolleras framgår bara om risken genererad av just den klassen överskrider acceptabel risk. Däremot kan man ej dra någon slutsats om all vägtrafik med farligt gods genererar en acceptabel risk. Det gör att tab. 8.1 inte ger en helhetsbild över riskerna. Det hade varit önskvärt med en beräkning av samhällsrisk genom att utgå från befintligt antal transporter och boende och arbetande längs lederna. Sedan kan det framtagna F/N-diagrammet jämföras med valt riskkriterium för att se om acceptabel risk överskrids. Ingen hänsyn tas till vägens standard, utan alla leder förutsätts hålla motorvägsstandard.

Det faktum att endast en klass eller delklass åt gången används samtidigt som framtagna kriterier är betydligt mildare än vad som vanligen används gör att [Göteborg, 1999] underskattar riskerna med farligt gods.

### 8.9.4 Tabeller, referenser och beräkningar

Det är svårt att följa beräkningsgången i [Göteborg, 1999]. Många tabeller saknar numrering och hänvisning i texten. Figur- och tabelltexter har samma storlek och typsnitt som löptexten, vilket gör det rörigt. En tabell anger antalet omkomna som upp till 300. Fyra sidor däriifrån framgår det att det handlar om kondenserad giftig gas. En annan tabell anger de omkomna som upp till 30. Genom att läsa i texten framgår det slutligen att 300 måste vara antalet skadade, och inte omkomna. I vissa texter är referenserna klara och tydliga, medan de på andra ställen helt saknas. I en text anges att för stadsmotorväg i Sverige bedöms en olycksfrekvens av  $3 \cdot 10^{-7}$  per km för fordon med farligt gods som sannolikt. Det framgår ingenstans var denna siffra kommer ifrån. Beräkningar vid konsekvensbeskrivningar saknas helt och ingen redovisning sker av valda beräkningsmetoder. Endast resultatet redovisas.

För att beräkna transportbehovet antas att 65 % av de totala flödena skall kunna passera den föreslagna fysiska ramen. Därför sänks antalet årliga transporter med ungefär en tredjedel för de olika klasserna, dock inte för klass 5. Ingen motivering ges till detta. Sedan jämförs detta med tolerabelt antal transporter dagtid. Rimligen bör ett visst antal transporter ske nattetid och därför borde framräknat transportbehov minska något. Minskningen med en tredjedel hade motiverats bättre med transportfördelningen dagtid kontra nattetid. Gjorda antaganden verkar rimliga men det saknas helt analys om hur resultaten påverkas och hur osäkra de är.

### 8.9.5 Klasser med störst risk

Endast fyra klasser/delklasser inom farligt gods bedöms medföra risk för samhället om den fysiska ramen i Göteborgsmetoden används. Genom det beräknade antalet tolerabla transporter inom den fysiska ramen för respektive klass kan man se hur de rankas i

farlighet i Göteborgsmetoden. Talet som följer respektive klass/delklass anger antalet tolerabla transporter relativt den farligaste delklassen:

- Klass 1.1, Massexplosiva varor (1)
- Klass 2, Giftiga gaser (200)
- Klass 5, Oxiderande ämnen och organiska peroxider (1 800)
- Klass 2, Brännbara gaser (2 000)

## 9 CPR18E, HOLLÄNSKA METODEN

En QRA ställer stora krav på indata och att korrekta beräkningsmetoder som ger en bra verklighetsbild används. Även om QRA är en bra och välrenommerad metod för riskanalys blir den aldrig bättre än vad indata och metoder medger, precis som för alla modeller. Detta medför att resultatet av en QRA kan variera stort beroende på vem som utför den och vad syftet är. I Holland har myndigheterna önskat att standardisera indata, beräkningsmetoder och redovisning för att få ett verktyg som ger resultat som kan återupprepas och jämföras. För att nå dit här har omfattande guidelines tagits fram som detaljerat beskriver metodval, statistik, beräkningar och framför allt redovisning av resultatet.

Dessa guidelines är publicerade i fyra böcker som fått namn efter omslagets färg. Huvudboken är *Guidelines for Quantitative Risk Assessment ("Purple Book")* [CPR18E] där beräkningsgången utförligt beskrivs. Övriga guidelines är *Methods for determining and processing probabilities ("Red Book")* [CPR12E] med sannolikhetsberäkningar, *Methods for calculation of physical effects, part 1 and 2 ("Yellow Book")* [CPR14E] med spridningsberäkningar och *Methods for the determination of possible damage ("Green Book")* [CPR16E] med konsekvensberäkningar.

Handboken [CPR18E] är uppdelad i två delar. Första delen är den största och inriktar sig på fasta anläggningar (Establishments). Andra delen behandlar transport av farligt gods i olika former (Transport), där man skiljer på väg, järnväg, kanaler och pipelines. Transportdelen är utförd som ett påhäng till första delen av [CPR18E]. De detaljerade beräkningsgångarna återfinns i första delen, men är gemensamma för båda delarna. Även hur resultatet ska redovisas återfinns i detta kapitel.

Tillvägagångssättet för en riskanalys av transport av farligt gods sker i tre steg. Det första steget är att använda vissa nyckeltal för att se om specifika gränsvärden uppnås. Om gränsvärden uppnås eller om den undersökta trafikmiljön anses vara mer olycksdrabbad än genomsnittet används steg 2 som är ett speciellt datorprogram (IPORBM) som beräknar individ- och samhällsrisk för en vald vägsträcka. Dock kan man behöva komplettera med sista steget som är en detaljerad QRA.

Med farligt gods avses i [CPR18E] endast transport av farliga vätskor och gaser i bulk. Ingen hänsyn tas till mindre förpackningar och radioaktiva, explosiva eller oxiderande ämnen samt organiska peroxider.

### 9.1 Steg 1: Nyckeltal och gränsvärden

I det första steget tittar man på vissa nyckeltal för att se om gränsvärden överskrids och risken blir oacceptabel för den enskilda individen och samhället. Vad avser vägstandarden skiljer metoden på motorväg, landsväg och stadsgata. Inget av alternativen i detta arbete utgörs av landsväg. Malmöleden håller motorvägstandard medan övriga alternativ utgörs av stadsgator. Riskkriterierna individrisk och samhällsrisk som används förklaras utförligt i kapitel 4 i denna rapport.

#### 9.1.1 Gränsvärden för individrisk

Individrisk anger sannolikheten för att en individ ska omkomma under året. Ett vanligt vedertaget gränsvärde för individrisk är  $10^{-6}$  som anger att sannolikheten för ett dödsfall

under året är en på miljonen eller att under en miljon år omkommer en person. [CPR18E] använder  $10^{-6}$  som gränsvärde för individrisken.

#### 9.1.1.1 Holland

Enligt [CPR18E] är det transport av LPG (Liquefied Petroleum Gas), kondenserad brännbar gas, såsom gasol som utgör den största risken för omgivningen. Genom att jämföra antalet årliga LPG-transporter med vägstandarden ser man om man uppnår gränsvärdet  $10^{-6}$  i individrisk för aktuell vägsträcka. Vägstandarden som används är motorväg (motorway), landsväg (non-urban) och stadsgata (urban). Om inte gränsvärdena uppnås för LPG tittar man på brännbara eller giftiga vätskor och gaser.

Vägtyp	Gränsvärden för LPG [transporter/år]	Gränsvärden för alla farliga ämnen [transporter/år]
Motorväg	6 500	27 000
Landsväg	2 300	7 500
Stadsgata	8 000	22 000

Tab. 9.1: Gränsvärden som krävs för att uppnå en individrisk på  $10^{-6}$ . Med alla farliga ämnen avses endast brännbara eller giftiga vätskor och gaser [CPR18E].

Tabell 9.1 ska användas i det första steget och med en viss försiktighet. Den avser vägsträckor utan några konfliktpunkter som plankorsningar o.d. Om så är fallet förordas en mer detaljerad riskkvantifiering. Med alla farliga ämnen avses, som ovan nämnts, brännbara eller giftiga vätskor och gaser. Transporteras det stora mängder giftiga gaser eller vätskor finns ytterligare en tabell (tab. C.1, bilaga C) att tillgå som delar upp ämnena i olika klasser beroende på farlighet.

#### 9.1.1.2 Helsingborg

För aktuell sträckning av farligt gods transporteras inte LPG (gasol o.d.) i större mängder. På färjorna transporteras inte LPG i bulk [Telefon, 1] och transportererna till AGA Gas AB på Strandbadsvägen sker endast som styckegods och [CPR18E] tar endast hänsyn till transporter i bulk. Då inga transporter kunnat identifieras antas de vara 52 per år, vilket då motsvarar en transport i veckan. Eftersom inte nyckeltalen i vänstra kolumnen i tab. 9.1 nås, jämförs övriga transporterade mängder farligt gods med tabellens högra kolumn. Viktig att notera är att [CPR18E] endast menar brännbara eller giftiga gaser och vätskor i bulk med uttrycket "alla farliga ämnen". Antalet transporter per år på aktuell led i Helsingborg för dessa ämnen uppskattas till totalt 15 500 (bilaga C), vilket är mindre än gränsvärdet för motorväg (27 000) och stadsgata (22 000) enligt tab. 9.1. Av dessa 15 500 transporter utgörs 14 800 av transporter med bensin eller diesel.

Även tabell C.1, bilaga C, blir aktuell då svaveldioxid transporteras i Helsingborg från Kemira Kemis anläggning. Antalet transporter per år med lastbil från anläggningen uppgår till 550 stycken, vilket är betydligt mindre än gränsvärdena för svaveldioxid i tab. C.1 (4 000-8 000). Ytterligare transporter har inte identifierats, men ett antagande görs att en transport i veckan sker utöver Kemira Kemis transporter, vilket totalt ger 602 transporter om året. Det har inte framkommit att något annat ämne aktuellt för tab. C.1 transporteras i aktuellt område. Därmed överskrids inte individrisken  $10^{-6}$  enligt varken tab. 9.1 eller tab. C.1.

### 9.1.2 Gränsvärden för samhällsrisk

Kopplar man samman individrisken med befolkningstätheten får man fram samhällsrisken.

#### 9.1.2.1 Holland

Precis som för individrisken anser [CPR18E] att den största risken vid transport utgörs i första hand av LPG-produkter och i andra hand av brännbara eller giftiga gaser och vätskor. I tab. C.2 och C.3, bilaga C, redovisas tillåtna transportmängder för respektive vägtyp utan att gränsvärdet för samhällsrisk överskrids. Befolkningstätheten avser ett genomsnitt inom området upp till 200 m från vägen. Finns det lokala områden med mer än tre gånger så hög täthet som medeltalet skall det högre värdet användas. Metoden förutsätter att befolkningen bor direkt intill vägen. Om inte tillåtna gränsvärden överskrids för LPG (tab. C.2) så används även tab. C.3 med brännbara eller giftiga gaser och vätskor.

Gränsvärdena gäller för standardvägar. Finns det tecken på att vägsträckan är mer olycksdrabbad än genomsnittsvägen p.g.a. plankorsningar etc. skall gränsvärdena användas med försiktighet.

#### 9.1.2.2 Helsingborg

Eftersom inte LPG (gasol i bulk) transporteras i nämnvärda mängder används tab. C.3, bilaga C. Befolkningstätheten i Helsingborgs tätort [Telefon, 2] är 2 382 invånare per km<sup>2</sup>, vilket är detsamma som 24 personer per hektar, vilket avrundas uppåt till 30 personer per hektar. Tittar man noggrannare på aktuellt område i Helsingborg (bilaga C) fås maximal befolkningstäthet med boende på en sida om vägen till 98 (avrundas upp till 100) personer per hektar längs Oljehamnsleden mellan Södergatan och Bredgatan. Det innebär att maximalt antal transporter får vara 3 500.

I den holländska metoden tas endast hänsyn till giftiga eller brandfarliga vätskor och gaser i bulk. Dessa transporter är uppskattade till 15 500 per år för aktuell led (bilaga C). En närmre granskning av transporterade mängder visar att 11 300 transporter är brandfarliga vätskor till Oljehamnen som använder Malmöleden. Inte ens om nuvarande led för farligt gods Rusthållsgatan-Koppargatan samutnyttjas med Malmöleden kommer vi under 3 500 årliga transporter. Detta medför att en detaljerad QRA måste utföras (kapitel 9.3).

Granskas alla aktuella alternativ i Helsingborg är det fem vägavsnitt i Helsingborg som medger ett lägre antal transporter än 15 500, för att inte överskrida acceptabel (tab. C.4, bilaga C) samhällsrisk. Det innebär inte att transportererna skall förbjudas eller omflyttas direkt, utan istället krävs en noggrannare analys. De fem vägavsnitten, med gränsvärdet inom parantes, är:

- Malmöleden, trafikplats Elineberg – trafikplats Högaborg (10 500)
- Oljehamnsleden, Södergatan – Bredgatan (3 500)
- Sydhamngatan (5 000)
- Landskronavägen, Rusthållsgatan – Hästhagsvägen (9 000)
- Rusthållsgatan, Landskronavägen – Planteringsvägen (5 125)

## 9.2 Steg 2: IPORBM

IPORBM är den holländska förkortningen av Inter Province Committee for Risk Calculation Methodology.

### 9.2.1 Holland

Programmet beräknar individrisk och samhällsrisk med ett minimum av indata. Nödändig indata är vägtyp (motorväg, landsväg eller stadsgata), väglängd, befolkningstäthet längs vägen, transporterade mängder inom olika klasser av brandfarliga eller giftiga vätskor och gaser, andel transporter dagtid/nattetid, väderklass enligt Pasquill och ev. användningsmöjligheter. Utdata kan fås i form av text, individriskkonturer eller F/N-diagram. Precis som för steg 1 rekommenderas en detaljerad QRA om vägavsnittet innehåller konfliktpunkter såsom tunnlar, skarpa svängar och olycksdrabbade korsningar.

### 9.2.2 Helsingborg

IPORBM behandlas ej i detta examensarbete. Om tveksamheter råder om resultatet från datorsimulering rekommenderas i [CPR18E] att steg 3 (detaljerad QRA) utförs, vilket ändå skall ske i denna rapport.

## 9.3 Steg 3: Detaljerad QRA

Denna detaljerade QRA hanterar transporter av farligt gods i bulk och följer vedertagen praxis i Nederländerna. Händelser som medför förlust av last (LOC, loss of containment) identifieras och sannolikheten för förlusten beräknas. Precis som för de två första stegen efterlyses försiktighet om vägavsnitten innehåller tunnlar o.d.. Metoden lämpar sig bäst för vägar med en öppen trafikmiljö.

Indata som behövs är:

- Trafikflöde (antal transporter per år för varje klass eller ämne, dagtid och nattetid)
- Beskrivning av transporterna
- Beskrivning av vägstandarden (vägtyp, tunnlar)
- Olycksstatistik och trafikmängder
- Beskrivning av användningskällor
- Transporterade mängder för varje klass
- Beskrivning av omgivande terräng
- Meteorologisk statistik
- Befolkningsmängder i omgivningen

Nivån på utförd QRA kan variera beroende på om lokal olycksstatistik finns tillgänglig och om specifika kemikalier eller hela kategorier används i beräkningarna. Om möjligt bör lokal statistik användas.

### 9.3.1 Utsläppta mängder

[CPR18E] anger att en typisk lastbil avsedd för bulktransport av ej trycksatta vätskor innehåller 23 ton. För brännbara respektive giftiga gaser är siffrorna 20-25 ton och 16 ton. I den detaljerade QRA som beskrivs i [CPR18E] anges utsläppta mängder för olika scenarion. Dessa benämns *LOC, loss of containment events*. Kommentarer återfinns i bilaga C.

För transporter med trycksatt last anges två möjliga scenarion:

- Momentant utsläpp av allt innehåll
- Kontinuerligt utsläpp genom ett hål med arean 50 mm

För transporter med atmosfärstryck finns det tre möjliga scenarion (med bedömd sannolikhet inom parantes):

- Utsläpp av allt innehåll (0,15)
- Utsläpp av 5 m<sup>3</sup> av lasten (0,60)
- Utsläpp av 0,5 m<sup>3</sup> av lasten (0,25)

### 9.3.2 Olycks- och utsläppsfrekvenser

Frekvensen för olika farliga händelser (frequency hazardous event) för en specifik plats på transportleden per transporterad enhet per år kan ses som produkten av:

1. Initial olycksfrekvens per fordonskilometer (frequency initial accident)
2. Sannolikheten för att ett stort utsläpp (probability significant release; > 100 kg) ska ske vid en olycka för en transport med aktuellt ämne
3. Sannolikheten för att utsläppet skall medföra en viss händelse (probability event)

Produkten av den initiala olycksfrekvensen (1) och sannolikheten för ett större utsläpp (2) skall ske vid en olycka benämns i [CPR18E] utsläppsfrekvens (outflow frequency), d.v.s. hur ofta ett utsläpp sker relaterat till trafikmängden. Allmänna värden (per fordonskilometer) för olika vägtyper finns framtagna i [CPR18E] och redovisas i tab. 9.2. Dessa värden bygger på antalet kända transportolyckor med farliga ämnen, med kända utsläppsmängder, under en viss tidsperiod tillsammans med statistik över transporterade mängder farliga ämnen under samma tidsperiod. För att få fram frekvensen för olika farliga händelser multipliceras värdena ur tab. 9.2 med sannolikheten för utsläppet ska medföra en viss händelse (3), som redovisas i delkapitel 9.3.3.

Vägtyp	Utsläppsfrekvens [per fordonskilometer]	
	Trycksatt tank	Atmosfärstryck
Motorväg	4,32*10 <sup>-9</sup>	8,38*10 <sup>-9</sup>
Landsväg	1,22*10 <sup>-8</sup>	2,77*10 <sup>-8</sup>
Stadsgata	3,54*10 <sup>-9</sup>	1,24*10 <sup>-8</sup>

Tab. 9.2: Utsläppsfrekvens (outflow frequency) för olika vägtyper [CPR18E].

### 9.3.3 Sannolikheter för olika händelser

De händelser som ett utsläpp kan medföra och som bör tas upp i en QRA är:

- BLEVE
- Jetflamma
- Pölbrand
- Flamförbränning
- Explosion
- Förgiftning

Förgiftningsrisk uppstår om giftiga gaser eller vätskor strömmar ut. Övriga händelser kan uppstå om brännbara gaser eller vätskor släpps ut. Avgörande faktorer är utsläppets fas, flampunkt och om utsläppet antänds direkt, med viss fördröjning eller inte alls. [CPR18E] anger generella sannolikheter för antändning samt sannolikheter för olika händelser. Dessa summeras och sannolikheterna för alla möjliga händelser redovisas i tab. 9.3. GF = brännbar gas, LF2 = bensen, LF1 = diesel, GT = giftig gas, LT = giftig vätska.

Händelse	GF	LF2	LF1	GT	LT		
BLEVE	0,084	—	—				
Jetflamma	0,156	—	—				
Flamförbränning, momentant utsläpp	0,021	0	0				
Flamförbränning, kontinuerligt utsläpp	0,039	0	0				
Explosion	0	—	—				
Pölbrand, stor	—	0,0195	0,000645				
Pölbrand, mindre	—	0,078	0,00258				
Momentant utsläpp av giftig gas						0,105	—
Kontinuerligt utsläpp av giftig gas						0,195	—
Giftpöl, stor						—	0,15
Giftpöl, mindre				—	0,60		
Ingen antändning/försumbart giftig utsläpp	0,7	0,9025	0,996775	0,7	0,25		
<b>Summa</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		

Tab. 9.3: Sannolikheter för olika händelser vid utsläpp [CPR18E].

### 9.3.4 Sannolikheter för olika väderförhållande

#### 9.3.4.1 Stabilitetsklasser

Beroende på bl.a. marktemperatur, lufttemperatur och vindhastighet uppstår skiktningar i atmosfären som påverkar gasspridning i mycket stor utsträckning. Med utgång från detta delas vädret in i sex stabilitetsklasser, Pasquill A-F, där A och B är instabilt, C och D neutralt och E och F stabilt. Vid spridning av farliga gaser ger de stabila klasserna värst konsekvenser. Det som medverkar stort till detta är låga vindhastigheter då luftinblandningen blir låg och gasen sprider ut sig i markplan och täcker stora områden. Därför är det av stor vikt att sannolikheterna för de olika klasserna (tab. 9.4) vägs in i beräkningarna av individ och samhällsriskerna. I [CPR18E] används sex olika väderklasser där A och B slås samman till stabilitetsklass B med en vindhastighet på 3,0 m/s. Stabilitetsklass D delas in i tre vindhastigheter (1,5, 5,0 och 9,0 m/s). Stabilitetsklasserna E och F förutsätts ha en vindhastighet på 5,0 m/s respektive 1,5 m/s. Då det är olika mycket personer utomhus kontra inomhus beroende på tidpunkt på dygnet, behöver man skilja på dagtid och nattetid. Fig. 9.1 visar fördelning dag/natt. I beräkningarna är det även uppdelat efter årstid (tab. 9.4).

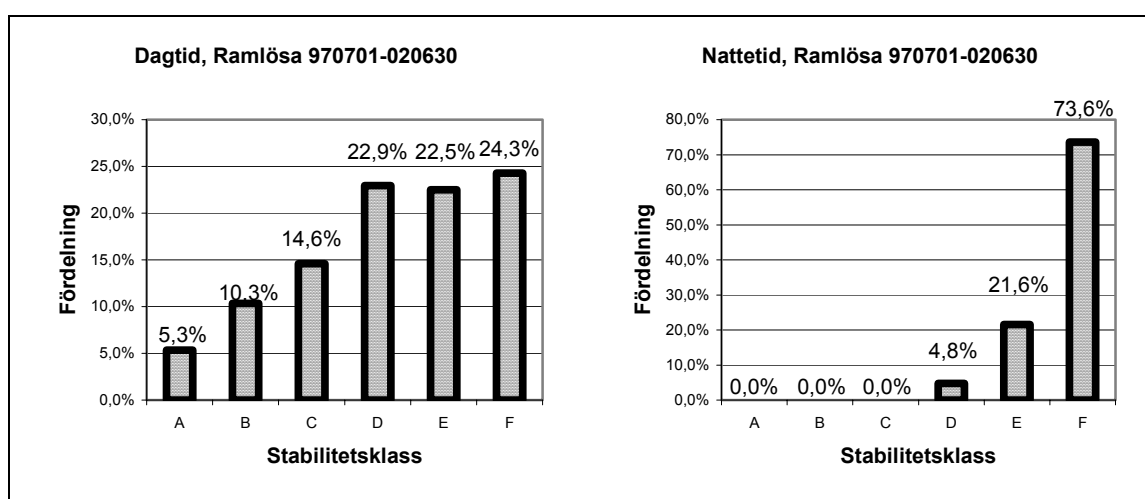


Fig. 9.1: Stabilitetsfördelning, Ramlösa dagtid kontra nattetid, årsgenomsnitt [SMHI, 2003].



Väderklass (Pasquill, vindhastighet, m/s)	B3,0	D1,5	D5,0	D9,0	E5,0	F1,5	Totalt
Vinter, dagtid (08-18)	0,046	0,060	0,183	0,031	0,336	0,344	1,000
Vinter, nattetid (18-08)	0,000	0,024	0,072	0,012	0,359	0,533	1,000
Vår/höst, dagtid (08-18)	0,272	0,051	0,155	0,026	0,232	0,263	1,000
Vår/höst, nattetid (18-08)	0,000	0,008	0,026	0,004	0,205	0,757	1,000
Sommar, dagtid (08-18)	0,597	0,040	0,122	0,020	0,109	0,111	1,000
Sommar, nattetid (18-08)	0,002	0,003	0,010	0,002	0,113	0,871	1,000

Tab. 9.4: Sannolikheter för olika stabilitetsklasser [SMHI, 2003].

### 9.3.4.2 Vindriktning

Separat sannolikhet för olika vindhastigheter är inte intressant då detta redan ingår i sannolikheterna för stabilitetsklasser. Däremot är det av intresse att veta fördelningen av vindriktningen. Den delas upp i sommar (jun-aug), vinter (dec-feb) och vår/höst (mar-maj och sep-nov) och redovisas i tabellform i bilaga E (tab. E.2), samt i fig. 9.2.

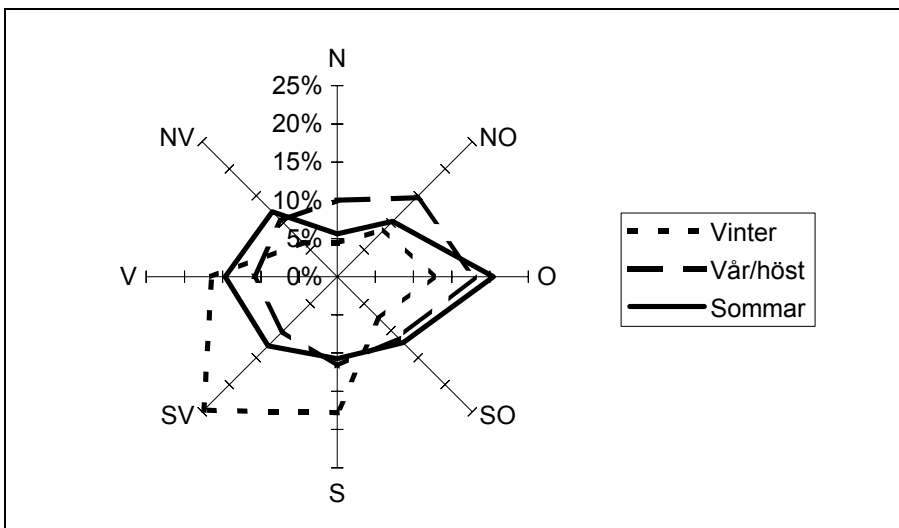


Fig. 9.2: Vindros för Helsingborg 2002, fördelad för årstiderna [SMHI, 2003].

### 9.3.4.3 Temperatur

Temperatur för vinter, vår/höst respektive sommar sätts till 0°C, 10°C och 20°C, vilket stämmer bra med statistik redovisad i bilaga E, tab. E.3.

### 9.3.5 Källstyrka, spridning och exponering

För att bestämma konsekvenserna beräknas utsläppets källstyrka och spridning samt exponering och skador härleds. [CPR18E] anger att utsläppsmodell för fordon oftast inte skiljer sig från utsläppsmodeller för fasta installationer. Därför hänvisas det till utsläppskapitlen i handbokens första del, den som är avsedd för fasta installationer. Några skillnader uppmärksammas dock. De redovisas i bilaga C. Beräkningsmodellerna som används återfinns i [CPR14E] och redovisas i bilaga C. För alla utsläpp används en probitfunktion som ger ett LC<sub>50</sub>-värde, gränsvärde där 50 % av exponerade dör, som möjliggör beräkning av avstånd och areor där en viss andel anses omkomma. För motorvägspartiet på Malmöleden samt för Rännarbanan har hänsyn tagits till en bebyggelsefri zon om 50 m. Detta gör att effekterna av brandfarliga vätskor elimineras och effekterna av brandfarliga gaser minskas. Däremot är skillnaden minimal för beräkningarna av effekterna av utsläppt svaveldioxid och metylisocyanat. Det är välkänt att det är mycket osäkerhet i dessa beräkningsmodeller i [CPR14E].

### 9.3.5.1 Brännbar vätska, LF (Liquid, flammable)

Konsekvenserna som kan orsakas av brännbara vätskor är värmestrålning från ett spill. Två scenarion rekommenderas i [CPR18E], stort spill (1 200 m<sup>2</sup>) respektive mindre spill (300 m<sup>2</sup>). Normalt sätts en generell strålning, som anses innebära död för exponerade, som gränsvärden, men i [CPR18E] har en probitfunktion tagits fram som används här. Alla inom spillytan samt exponerade för en strålning på 35 kW/m<sup>2</sup> förutsätts omkomma direkt. [CPR18E] föreslår nonan eller pentan som representativt ämne. Men då i stort sett all brännbar vätska som transporteras utgörs av bensin och diesel väljs dessa två ämnen istället och resultatet finns i tab. 9.5.

Spill	Alla dör		14 % av personer utomhus dör	
1 200 m <sup>2</sup>	30 m	0,14 ha	35 m	0,05 ha
300 m <sup>2</sup>	15 m	0,04 ha	20 m	0,03 ha

Tab. 9.5: Radie och areor där personer omkommer av pölbrand, beräknat för en sida av vägen.

### 9.3.5.2 Giftig vätska, LT (Liquid, toxic)

Precis som för brännbara vätskor antas två händelser vara möjliga för giftiga vätskor, ett stort spill (1 200 m<sup>2</sup>) respektive ett mindre spill (300 m<sup>2</sup>). Avdunstningen från pölen genererar ett gasmoln som sprids med vinden. Med en probitfunktion beräknas koncentrationen LC<sub>50</sub> där hälften av de exponerade omkommer. Med ett spridningsprogram [ALOHA] simuleras gasmolnets spridning och en area fås fram där hälften av alla personer beräknas omkomma. Som representativt ämne väljs metylisocyanat (MIC). Vid katastrofen i Bhopal, Indien 1984 var det MIC som släpptes ut från Union Carbides anläggning och dödade 2 500 personer och skadade 250 000 personer [FOI, 2002].

Resultatet (tab. C.8, bilaga C) varierar från 0,8 hektar till 58,2 hektar, beroende på pölarea, vindhastighet, vädrets stabilitetsklass och temperatur.

### 9.3.5.3 Brännbar gas, GF (Gas, flammable)

Som representativt ämne väljs propan. Tre händelser bedöms kunna uppstå vid utsläpp av brännbar gas: BLEVE, jetflamma och flamförbränning. Alla inom flammornas utbredning omkommer och för omgivningen beräknas en probitfunktion. Vid en BLEVE omkommer dessutom många av tryckvågen. I det här fallet visar beräkningarna att alla som omkommer av BLEVE omkommer av tryckvågen. De som befinner sig på ett avstånd som ger en dödlig strålning har redan omkommit av tryckvågen. En BLEVE är ett momentant utsläpp och utbredningen är cirkulär med skador på båda sidor om vägen.

Händelse	Alla omkommer	1,25 % av personer inomhus dör
Radie [m]	324	672
Yta [ha]	33	109
Yta (med bebyggelsefri zon) [ha]	27	102

Tab. 9.6: Radier och areor där personer omkommer av BLEVE (25 ton gasol). Notera att avstånd är från tanken, yta är respektive yta.

Beräkningar för jetflamma visar att den blir 40 meter lång och 6 meter bred. Antalet omkomna redovisas i tab. 9.7. En jetflamma är ett kontinuerligt utsläpp.

Mått	Längd [m]	Bredd [m]	Yta [ha]
Alla omkommer	43	30	0,13
14 % av personer utomhus dör	44	8	0,04

Tab. 9.7: Avstånd och yta där alla omkommer av jetflamma.

Simulering av utsläpp med fördröjd antändning ger måtten för flamförbränning, vilka redovisas i tab. 9.8. Detta kan ske både vid momentana och kontinuerliga utsläpp.

Mått	Momentant utsläpp	Kontinuerligt utsläpp
Längd [m]	5	5
Bredd [m]	18	3
Area [ha]	0,009	0,002

Tab. 9.8: Mått på antänt gasmoln vid flammförbränning.

#### 9.3.5.4 Giftig gas, GT (Gas, toxic)

Två händelser bedöms möjliga, ett momentant utsläpp där tanken rämnar och ett kontinuerligt utsläpp genom en sönderslagen ventil. För båda fallen beräknas koncentrationen i gasmolnet. Av de möjliga representativa ämnen för giftig gas är det naturligt att välja svaveldioxid som redan transporteras i området. Resultatet redovisas i tab. C.15, bilaga C och varierar för kontinuerligt utsläpp från 0,1 hektar till 12,1 hektar, och från 1,5 till 151,2 hektar för momentant utsläpp. De stora skillnaderna beror på väderförutsättningarna och främst då på aktuell stabilitetsklass.

#### 9.3.6 Skador

Sista steget i bedömningen av konsekvenserna är att koppla avstånd och areor till boende- och arbetsplatstätheterna. En första justering av tätheten sker genom antagandet att dagtid (8.00-18.30) är 70 % av de boende hemma i sitt bostadsområde, och på natten (18.30-8.00) är 100 % hemma i området. För arbetsplatser är motsvarande siffror 100 % respektive 0 %. För arbetsplatser med nattskift är nattandelen 20 % av dem som jobbar i området. Steg två är att fördela befolkningens vistelse inomhus kontra utomhus. Dagtid anses 93 % av befolkningen vara inomhus och resterande 7 % är utomhus. Natttid är 99 % inomhus och 1 % utomhus. Inga liknande värden för Sverige har gått att uppbringa. Däremot tyder inget på att föreslagna värden skulle vara orimliga och de används därför för Helsingborg. Detta sammanställs i tab. 9.9. Boende- och arbetstäthet redovisas i bilaga E, tab. E.4 och E.5.

Område	Tidpunkt	Andel inomhus	Andel utomhus	Total andel
Bostäder	Dagtid (8.00-18.30)	0,651	0,049	0,7
	Natttid (18.30-8.00)	0,99	0,01	1,0
Arbetsplatser	Dagtid (8.00-18.30)	0,93	0,07	1,0
	Natttid (18.30-8.00)	0,0	0,0	0,0

Tab. 9.9: Andel av total befolknings- och arbetsplatstäthet för dagtid respektive natttid [CPR18E].

#### 9.3.7 Individrisk

Individrisken, för en specifik plats, anger sannolikheten för att en person som vistas där ska omkomma under året till följd av händelse utlöst av undersökt riskkälla. I [CPR18E] anges  $10^{-6}$  som gränsvärde för individrisken. Enligt [DNV, 1997] är de holländska kriterierna  $10^{-6}$  för nya anläggningar och  $10^{-5}$  för existerande. Dessa kriterier får ej överstigas, under några omständigheter. Vid beräkning av individrisken tas hänsyn till:

- vägtyp
- antalet transporter
- sannolikheten för utsläpp per fordonskilometer
- sannolikheten för händelse kopplat till utsläppet
- årstid, tidpunkt på dygnet och väderförhållande och deras respektive sannolikhet
- utsläppets geometri (plymlängd, tryckvågor etc.)

Individrisker genererade av fasta installationer redovisas som isobarer i ringar runt riskkällan, vilket förklaras mer i kapitel 4. En led för farligt gods har däremot riskkällan utbredd längs en linje och individriskkonturerna blir då linjer på olika avstånd från vägen.

Då ingen hänsyn tas till boendetäthet, utan endast till vägtyp och antalet transporter blir individrisken samma längs samma sträckning. För Helsingborg blir det fem alternativ där individrisken ska beräknas:

- Malmöleden
- Oljehamnsleden
- Gasmästaregatan-Sydhamnsgatan (nuvarande trafik)
- Rusthållsgatan-Koppargatan
- All trafik på en led (istället för dagens två)

Uppskattningen av fördelningen av transporterade mängder redovisas i bilaga C och resultatet visas i tab. 9.10.

Alternativ	Brännbar vätska	Brännbar gas	Giftig vätska	Giftig gas
Malmöleden	12 503	26	26	26
Oljehamnsleden	12 503	26	26	26
Gasmästaregatan	985	12	12	12
Koppargatan	2 279	26	26	576
All trafik på en led	14 783	52	52	602

Tab. 9.10: Antal årliga transporter på de olika vägalternativen.

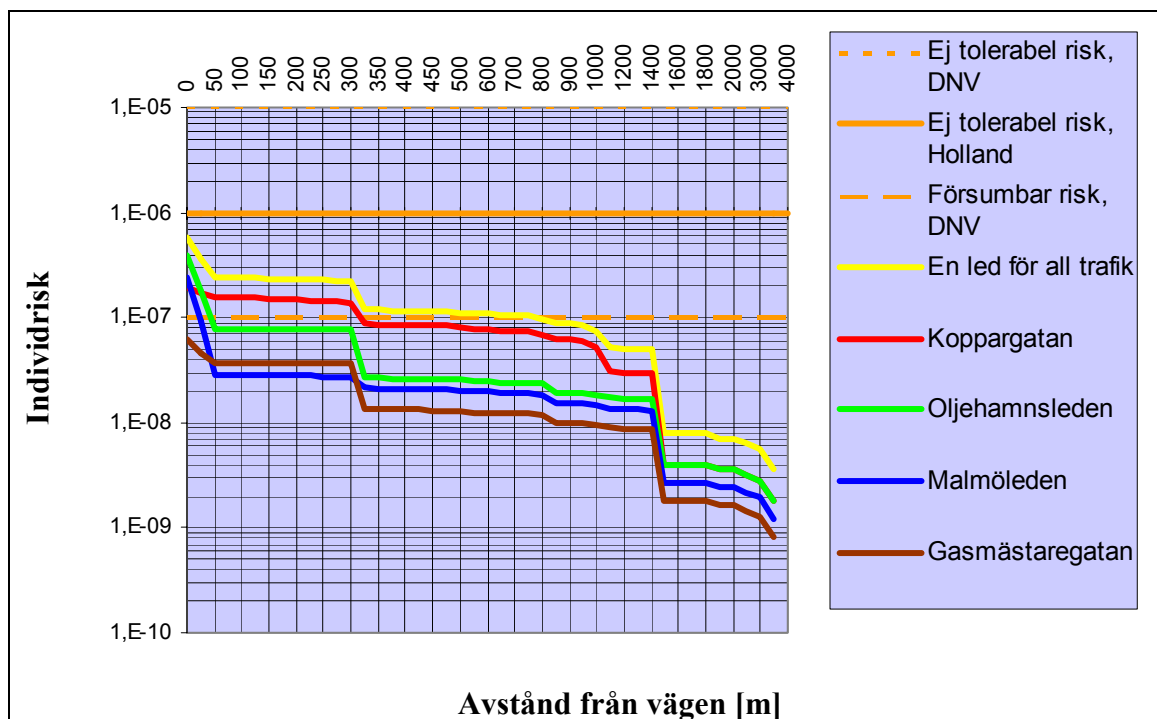


Fig. 9.3: Individriskkonturer för de olika alternativen, medelvärde för båda sidor om vägen. Namngivna är nuvarande flöden och dessa vägar har endast en del av det totala flödet.

Fig. 9.3 visar individriskerna som respektive alternativ genererar. Enligt [CPR18E] skall nivåerna  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$  och  $10^{-8}$  redovisas om de uppnås. Det är endast  $10^{-7}$  och  $10^{-8}$  som uppnås i vårt fall. Inget av alternativen överskrider acceptabelt gränsvärde,  $10^{-6}$ , för individrisken, enligt det holländska riskkriteriet [CPR18E]. Jämför man med föreslagna riskkriterier av [DNV, 1997] så ligger alla alternativen under gränsen för ej tolerabel risk,  $10^{-5}$ . Däremot är det bara Gasmästaregatan med nuvarande trafikflöde som helt ligger under gränsen för försumbar risk,  $10^{-7}$ , där den helt kan försummas. Övriga alternativ ligger i gråzonen där risken kan accepteras, men den bör minskas om det kan ske inom rimliga ramar.

Då väglängden inte spelar någon roll för individrisken samtidigt som alla stadsgator har getts samma olycksfrekvens blir individrisken densamma för alla stadsgator som kan få all trafik med farligt gods, exempelvis Rännarbanan, Koppargatan och Hästhagsvägen. Om endast en led används för det totala flödet blir givetvis individrisken högre. Fig. 9.3 visar att höjningen blir acceptabel.

De branta partierna i individriskkonturerna uppstår när maxavståndet passeras för ett ämne och dess konsekvenser. Det första branta partiet (mellan 0-50 m) beror på att de många diesel- och bensintransporterna maximalt kan orsaka dödsoffer på detta avstånd. Nästa branta parti (vid 300 m) beror på att BLEVE beräknas ge skador upp hit och det sista branta partiet (vid 1 500 m) beror på att de giftiga gaserna uppskattas ge dödsoffer på upp till detta avstånd. Noterbart är att de längsta avstånden ges av de giftiga vätskorna, där typämnet som [CPR18E] förordar är metylisocyanat vilket är ett extremt giftigt ämne. De flesta giftiga vätskor har betydligt mindre avstånd än metylisocyanat som bortre gräns för dödlighet. Individrisken skiljer sig något på vardera sidan om vägen p.g.a. vindförhållande (fig. 9.2). Fig. 9.3 visar ett medelvärde för respektive alternativ.

Individriskkonturerna (fig. 9.3) visar att nuvarande utformning av trafiken för farligt gods ger högst individrisk längs Koppargatan och Oljehamnsleden. Malmöleden och Gasmästaregatan ger lägre nivåer. Om all trafik med farligt gods förläggs längs endast en led kommer naturligtvis individrisknivåerna att höjas, dock fortfarande inom acceptabla nivåer. Fig. 9.3 visar att efter 50 meter har individrisken sjunkit markant. En bebyggelsefri zon om 50 meter minskar därmed avsevärt riskerna för ev. exponerade. Nästa stora minskning sker vid 300 meter då samtliga alternativ hamnar under eller i direkt anslutning till gränsen för försumbar risk [DNV, 1997]. Begränsningar i bebyggelsen kan inte krävas, med detta underlag, på ett så stort avstånd vid samhällsplanering. Längs en vägsträcka skulle detta ge stora ytor. Fig. 9.3 ger därmed stöd för en bebyggelsefri zon, däremot kan inga andra avstånd motiveras.

### 9.3.8 Samhällsrisk

Genom att fördela de uppskattade transportmängderna för varje alternativ som består av en kombination av gator fås ett underlag för samhällsrisk. Tre stråk har beräknats med olika varianter resulterande i sex alternativ enligt kap. 6:

- 1: Nuvarande led för farligt gods (Malmöleden-Oljehamnsleden-Gasmästaregatan samt Rusthållsgatan-Koppargatan), stråk A
- 2: Rusthållsgatan-Rännarbanan-Stickspåret, stråk B
- 3: Rusthållsgatan-Rännarbanan-Sydhamnsgatan, stråk B
- 4: Malmöleden-Rännarbanan-Sydhamnsgatan, stråk B
- 4b: Malmöleden-Rännarbanan-Stickspåret, stråk B
- 7: Rusthållsgatan-Koppargatan-Industrigatan-Strandbadsvägen, stråk D

Vid beräkning av samhällsrisk kopplas även in boende- och arbetstäthet. Hänsyn tas till fördelning dagtid kontra nattetid, vistelse utomhus kontra inomhus och sannolikheter för olika vindriktningar. Resultatet framgår av fig. 9.4.

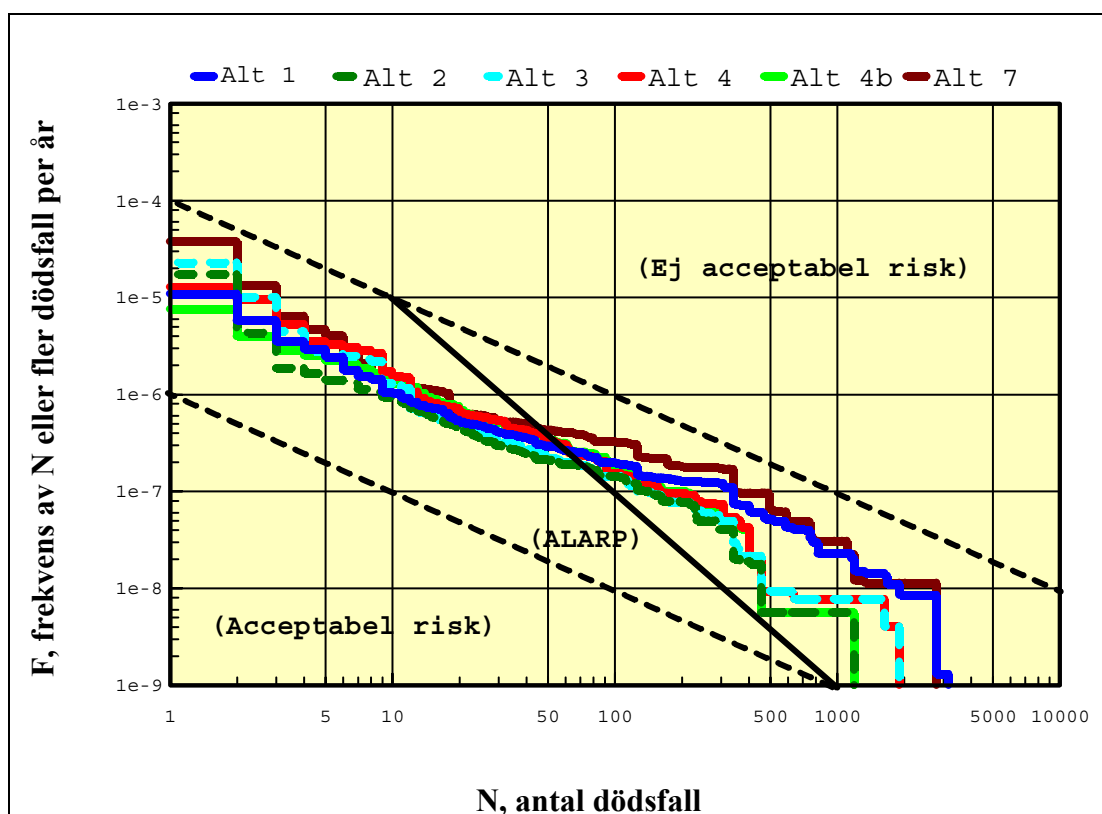


Fig. 9.4: Samhällsrisk för de olika alternativen med holländska kriterier [CPR18E] som heldragen linje. Streckade linjer och områdesnamn är kriterier föreslagna av [DNV, 1997].

[CPR18E] använder de kriterier som är fastställda av de holländska myndigheterna. Som synes i fig. 9.4 överskrider de väsentligt för N från 50-100 och uppåt för samtliga alternativ. Dock kan myndigheterna acceptera detta om det finns argument som talar för det. Som jämförelse har även kriterier föreslagna av [DNV, 1997] lagts in. Enligt dessa är alla alternativen acceptabla, men de ligger i ALARP-zonen (As Low As Reasonable Possible), vilket innebär att de bör minskas så mycket som möjligt inom rimliga gränser.

Tittar man närmre på de olika alternativen är det nuvarande två leder (Malmöleden samt Rusthållsgatan-Koppargatan) [Helsingborg, 1999] och framförallt alternativet med att transportera allt via Rusthållsgatan-Koppargatan-Industrigatan-Strandbadsvägen som ger de högsta värdena. De ligger ordentligt över kriterierna enligt [CPR18E] och ligger väldigt nära gränsen till oacceptabel risk enligt [DNV, 1997] De bör åtgärdas, och en lösning är då att använda något annat alternativ.

Anledningen till att nuvarande sträckning ger höga risker är att de båda befintliga lederna passerar tätt intill bostadsområden. Malmöleden-Oljehamnsleden passerar i kanten av Sachsen, ett helt kvarter med lägenheter i ca. 10 våningar, vilket gör att många vistas nära vägen. Rusthållsgatan passerar genom ett område med många flerfastighetshus, en stor skola och många arbetsplatser, vilket ökar samhällsriskerna.

Övriga alternativ som alla innehåller Rännarbanan ligger klart lägre. Används Stickspåret blir risken markant lägre jämfört med att använda Sydhamngatan, eftersom det inte ligger några bostäder vid det tänkta stickspåret. Att ansluta till Rännarbanan vid Ramlösa trafikplats från Malmöleden eller att använda Rusthållsgatan medför ingen

större skillnad. Troligen beror detta på skillnaderna i utsläppsfrekvens för olika typer av vägstandarder. Detta diskuteras mer i avsnitt 9.5.1.

## 9.4 Resultat

Sammantaget ger den holländska metoden att Rännarbanan är det bästa alternativet ur risksynpunkt, och allra bäst blir det om en ny väg byggs längs järnvägens stickspår. En bebyggelsefri zon om 50 meter är lämplig att införa.

## 9.5 Kommentarer om den holländska metoden

Det är ett bra grepp att ha en nationell standard med rekommenderade indata som redovisas noggrant i en serie handböcker. I Holland där mark är en bristvara är det önskvärt att utnyttja den optimalt, vilket ställer krav på riskanalys i många sammanhang. Därför bör rimligen riskanalyser ge liknande resultat oavsett vem som gör dem. De ska kunna jämföras mot varandra.

### 9.5.1 Indata

Handboken [CPR18E] styr noga upp vilken indata som skall användas. Det är bra att det nationellt lagts resurser på att ta fram underlag för hur ofta ett läckage sker per fordonskilometer. Det går att justera detta linjärt efter känd olycksfrekvens för aktuell sträcka. Tyvärr finns inte svensk statistik på nationell nivå som behövs för att kunna göra en sådan justering. Vidare har händelsetråd tagits fram för beräkning av sannolikheter för möjliga händelser. Det hade varit möjligt att istället direkt redovisa tabell 9.3 som framtagits i denna rapport. Men nu ges istället en förståelse för var värdena kommer ifrån, och det är också fritt att ändra något om det kan motiveras.

Noterbart är att [CPR18E] anser landsvägstransporter farligast (tab. 9.2), vilket låter rimligt med tanke på de höga hastigheter och avsaknaden av trafikseparering och planskilda korsningar. Däremot är det större risk att en transport med atmosfärstryck springer läck på en stadsgata än vad det är på en motorväg. För transporter med trycksatta tankar är det precis tvärtom. En trolig förklaring till detta är att det inte krävs särskilt höga hastigheter för att en tanktransport med last med atmosfärstryck ska punkteras vis kollision. En tank för gaser och vätskor satta under tryck har betydligt tjockare väggar och är förstärkta undertill. Detta gör att det krävs högre farter för att uppnå det krockvåld som krävs för att punktera tanken eller slå av en ventil.

Det är anmärkningsvärt att [CPR18E] inte tar hänsyn till transporter med massexplosiva varor. Detta sker med motiveringen att de transporterna är så få. Men riskbegreppet består ju av både konsekvenser och sannolikheter. Även om sannolikheterna är små för en olycka med massexplosiva varor så är konsekvenserna mycket stora eftersom det inte ger något skydd att vara inomhus nära explosionskällan.

### 9.5.2 Beräkningar

I handböckerna [CPR14E] finns det beräkningsmodeller noga beskrivna med tydliga beräkningsexempel. Tyvärr är de alldeles för detaljerade och komplicerade för att mäktas med. Som exempel kan nämnas 22 steg för att beräkna strålningen från en pölbrand, vilket endast kräver ett fåtal steg enligt en beprövad metod [SFPE, 1988]. Avancerade matematiska modeller används när man i verkligheten inte kan vara så exakt, utan måste anta vissa parametrar. Men det är accepterat att använda andra

beräkningsmetoder om de anses vara av god standard. Det finns många adekvata datormodeller att tillgå som förenklar jobbet avsevärt, utan att sänka standarden.

I denna rapport används [ALOHA] för beräkning av gasspridning. Aloha är ett windowsbaserat lättanvänt program framtaget av amerikanska myndigheter. Vid beräkning av konsekvenser vid kontinuerligt utsläpp av svaveldioxid används BfK som finns i [RIB]. BfK är ett datorprogram framtaget direkt för transporter av kondenserade gaser. För momentant utsläpp av svaveldioxid görs handberäkningar enligt FOA-handboken [FOA, 1998]. Som representativt ämne för giftiga vätskor föreslås MIC, metylisocyanat. Det är en extremt giftig vätska som inte ens får transporteras i Sverige. Det kan vara lämpligt att istället välja ett mindre giftigt ämne.

### **9.5.3 Klasser med störst risk**

[CPR18E] tar endast hänsyn till brandfarliga och/eller giftiga vätskor och gaser i bulk. Massexplosiva varor (klass 1) och radioaktiva ämnen (klass 7) anses transporterade i så små mängder att de kan försummas helt. Oxiderande ämnen samt organiska peroxider (klass 5) nämns över huvudtaget ej i [CPR18E].

Det är alltså följande klasser/delklasser (endast i bulk) som tas upp, listade från mest riskfylld till minst riskfylld:

- Klass 2, Brännbara gaser
- Klass 2, Giftiga gaser
- Klass 6, Giftiga vätskor
- Klass 3, Brännbara vätskor



## 10 CPQRA, CHEMICAL PROCESS QUANTITATIVE RISK ANALYSIS

En välanvänd metod för beräkning av individ- och samhällsrisker är [CPQRA] som är utgiven av CCPS, Center for Chemical Process Safety, som är en del av AIChE, American Institute of Chemical Engineers. Metoden är beskriven i en handbok som kom i en första upplaga 1989. 2000 kom den andra upplagan.

### 10.1 Metoduppbyggnad

CPQRA har sina rötter i probabilistiska riskanalyser (PRA) inom den amerikanska kärnkraftsindustrin från tidigt åttiotal.

#### 10.1.1 Riskdefinition

[CPQRA] tittar i första hand på akuta skador och ej långsiktiga kroniska hälsorisker. Definitionen på risk som används i [CPQRA] är densamma som beskrivs i avsnitt 4.1.3, men med andra beteckningar. Risk definieras som:

$$\text{Risk} = F(s,c,f)$$

s = möjliga scenarion

c = uppskattad konsekvens

f = uppskattad sannolikhet

#### 10.1.2 Beräkningsgång

Tillvägagångssättet i [CPQRA] för en riskanalys görs enligt följande steg:

1. Identifiera möjliga scenarion
2. Beräkna konsekvenserna för identifierade scenarion
3. Uppskatta frekvenserna för identifierade scenarion
4. Uppskatta skadorna som uppstår
5. Beräkna riskerna

#### 10.1.3 Incident, incidenthändelse och incidenthändelsefall

Tre begrepp används vid kartläggning av riskerna. Incident (incident) är själva grundhändelsen och definieras som *loss of containment or energy*. Incidenthändelse (incident outcome) är resultatet av incidenten, såsom explosion, gasmoln, pölbrand etc.. Incidenthändelsefall är de olika scenarion som kan uppstå och som beror på yttre omständigheter och främst då väderförhållanden. En incident kan ge flera incidenthändelser som i sin tur kan ge flera incidenthändelsefall. En lastbil med brännbar och giftig gas kan ge utsläpp av gasen (incident) som kan medföra BLEVE, flamförbränning, jetflamma eller gasmoln (incidenthändelse) som i sin tur kan uppföra sig olika p.g.a. av väderstabilitet, vindriktning, vindhastighet, temperatur, luftfuktighet, nederbörd o.s.v. (incidenthändelsefall).

#### 10.1.4 Omfattning av studien

Det är väsentligt att fastställa omfattningen av studien som skall göras, så arbetet kan struktureras och fördelas och att en projektplan kan göras. Som hjälp för detta har [CPQRA] en studiekub (study cube) med 27 celler (3\*3\*3). De tre axlarna (fig. 10.1) är riskuppskattningsteknik, studiekomplexitet och antalet undersökta incidenter.

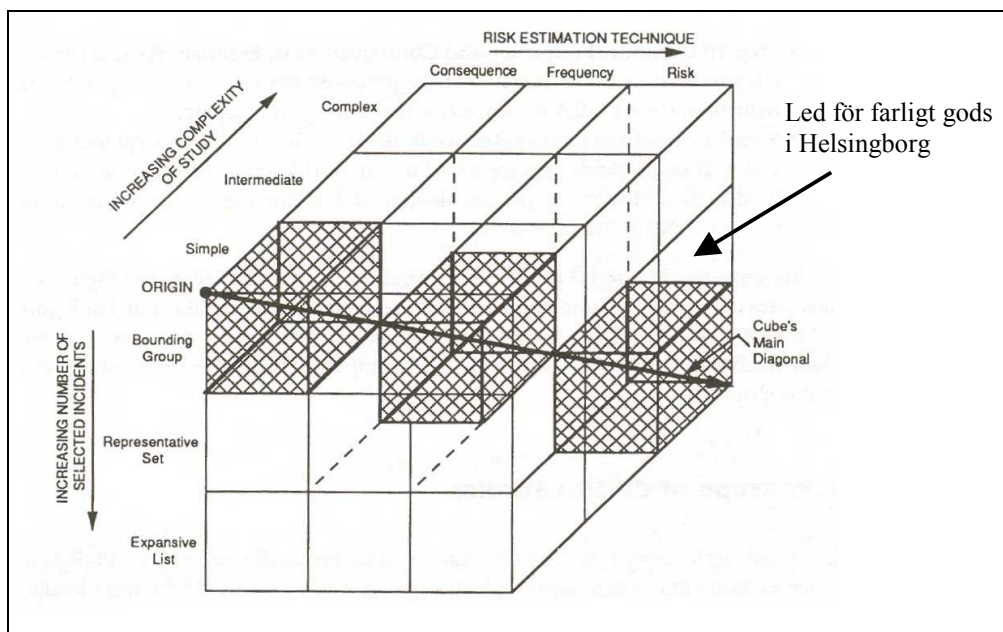


Fig. 10.1: Studiekuben (the study cube) med aktuell cell för denna riskanalys utpekad [CPQRA].

För att avgöra risken (estimation technique) med farligt gods i Helsingborg används både sannolikheter och konsekvenser för att fastställa risken. Komplexitetsgraden i riskanalysen med gradering enligt fig. 10.1 är komplex, eftersom modellerna som används för beräkningar är sofistikerade (tunggasmodeller etc.) och antalet undersökta incidenthändelsefall är stort. Omfattningen av undersökta incidenter utgörs av en representativ uppsättning. Detta gör att riskanalysen för en ny led för farligt gods till hamnområdet i Helsingborg hamnar i den utpekade cellen i fig. 10.1, vilket är bland de nio cellerna som hamnar i spektrumet komplex/risk CPQRA, vilket utgör den mest omfattande CPQRA. Den stora omfattningen gör att det är väsentligt att det mesta jobbet läggs på de delar som bidrar mest till resultatet.

### 10.1.5 Mål med CPQRA

I [CPQRA] listas ett antal tänkbara mål. Målet med CPQRA för aktuell riskanalys är att klargöra riskerna för omgivningen. Resultatet bör jämföras med fastställda riskkriterier.

### 10.1.6 Kvalitetssäkring

[CPQRA] betonar vikten av kvalitetssäkring av utfört arbete. En organisation som är ovan vid arbete med CPQRA bör låta någon externt analysera arbetet. Efter flertalet utförda CPQRA kan organisationen internt kvalitetssäkra arbetet. För att kunna kvalitetssäkras ställs vissa krav på rapporten:

- Fullständighet; rapporten skall täcka hela spektrumet i riskanalysstegen
- Omfattande; omfatta alla viktiga områden
- Konsekvent; arbetet ska innehålla en tydlig röd tråd
- Repeterbar; om beräkningarna upprepas skall resultatet bli detsamma
- Dokumenterad; allt av vikt som görs skall dokumenteras

### 10.1.7 Riskkriterier

CPQRA anger inga riskkriterier. Därför används här kriterier föreslagna av DNV [DNV, 1997]. De förklaras utförligt i kapitel 4.2.3.

## 10.2 Konsekvensanalys

För att minimera beräkningarna tas bara de farligt godsclasser med som anses kunna ge personskador i omgivningen. Incidenter som kan ske med lasten är utsläpp (LOC, loss of containment), värmepåverkan samt utsättning för stöt. För mer information om de olika klassernas hänvisas till kapitel 3.

### 1 Explosiva ämnen och föremål

Massexplosiva varor kan ge skador på flertalet kilometers avstånd.

### 2 Gaser

Gaser kan vara både giftiga och brännbara och ger i vissa fall personskador på flertalet kilometers avstånd från utsläppet.

### 3 Brandfarliga vätskor

Detta är den i särklass största klassen och ett spill kan ge en pölbrand med värme-strålning som kan antända omgivningen och orsaka dödsfall.

### 4 Brandfarliga fasta ämnen, självantändande ämnen och ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten

Dessa ämnen i fast form kan i värsta fall antändas och sprida brand, men ämnet sprids inte. Den rök som bildas är giftig, men inte värre än att drabbade kan sätta sig i säkerhet.

### 5 Oxiderande ämnen och organiska peroxider

I sig utgör dessa ämnen ingen risk för omgivningen, men i kombination med brandfarliga ämnen uppstår kraftiga explosioner vid händelse av brand.

### 6 Giftiga, vämjeliga och smittförande ämnen

En pöl som uppstår vid läckage av giftiga vätskor kan ge upphov till ett gasmoln som kan ge personskador på långt avstånd från utsläppet. Giftiga gaser sorterar under klass 2.

### 7 Radioaktiva ämnen

Radioaktiva ämnen indelas i klasser efter hur stort sönderfallet är. Klasser med höga sönderfall transporteras i små mängder med ett kraftigt strålskydd av bly. Någon akut skaderisk anses klassen inte utgöra.

### 8 Frätande ämnen

Skulle ett spill uppstå förutsätts omgivningen snabbt sätta sig i säkerhet. Det är endast vid direkt kontakt ämnena är farliga.

### 9 Övriga ämnen

Dessa ämnen anses ej kunna utgöra en personfara för omgivningen.

Det är alltså klass 1, 2, 3, 5 och 6 som antas utgöra en fara för omgivningen och tas därför med i beräkningarna. För klass 2, 3 och 6 är det giftiga och brandfarliga vätskor i bulk som tas med. För beräkning av LC<sub>50</sub>, det gränsvärde när hälften av de exponerade beräknas omkomma används beräkningsmodellerna från [CPQRA]. Bifogat i handboken finns en CD-rom med beräkningsmodellerna exemplifierade i Excel-filer. Valda indata redovisas i bilaga D.

#### 10.2.1 Klass 1, Explosiva ämnen och föremål

Maximal last massexplosiva ämnen får vara 15 ton. En sådan last som exploderar orsakar byggnadskollaps på ett avstånd av 195 m. Det ger en area på 11,9 hektar. Finns det en bebyggelsefri zon på båda sidor om vägen minskas arean till 8,1 hektar.

### 10.2.2 Klass 2, Gaser

Två typer av gaser antas vara skadliga, LPG och kondenserade giftiga gaser.

#### 10.2.2.1 LPG

Som representativt ämne väljs gasol. Händelser som kan uppstå är BLEVE, flamförbränning och jetflamma. Avstånd och areor redovisas i tab. 10.1. För de vägavsnitt som har en bebyggelsefri zon om 50 m har areorna minskat i samma omfattning. Flamförbränning antas följa vindriktningen, medan BLEVE och jetflamma drabbar båda sidor om vägen.

Händelse	Avstånd till LC <sub>50</sub>	Area för LC <sub>50</sub>	Area med bebyggelsefri zon
BLEVE	240 m	18,1 ha	13,3 ha
Jetflamma	12 m	0,05 ha	0 ha
Flamförbränning	572 m	4,3 ha	4,3 ha

Tab. 10.1: Avstånd och areor för brännbara gaser.

#### 10.2.2.2 Kondenserade giftiga gaser

Eftersom SO<sub>2</sub>, svaveldioxid, transporteras i området är det naturligt att välja det som representativt ämne. Ingen hänsyn tas till ev. bebyggelsefri zon. Eftersom plymen är smal i början och sedan ökar i bredd är den bebyggelsefria zonens area försumbar.

Utsläpp	Kontinuerligt						Momentant					
	B3,0	D2,0	D5,0	D9,0	E5,0	F2,0	B3,0	D2,0	D5,0	D9,0	E5,0	F2,0
Årstid												
Vinter	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,8	2,8	12,6	12,6	12,6	28,5	92,6
Vår/höst	0,2	0,5	0,2	0,1	0,5	1,6	3,3	15,3	15,3	15,3	34,5	112,7
Sommar	0,2	0,7	0,3	0,1	0,9	2,8	3,9	17,9	17,9	17,9	40,6	133,1

Tab.10.2: Area [ha] där hälften av de exponerade antas omkomma vid SO<sub>2</sub>-olycka [CPQRA].

### 10.2.3 Klass 3, Brandfarliga vätskor

Som representativa ämnen väljs bensin och diesel som utgör i stort sett alla transporter som sker i området med brandfarlig vätska. [CPQRA] ger en area på 0,13 hektar för kontinuerligt utsläpp och 0,28 hektar för momentant utsläpp, där alla antas omkomma beräknat för båda sidor om vägen. För vägalternativ med bebyggelsefri zon elimineras effekterna helt.

### 10.2.4 Klass 5, Oxiderande ämnen och organiska peroxider

I sig är ämnen från denna klass ej farliga, men i samband med brand fås ett oerhört snabbt brandförlopp som kan ske explosionsartat. Blandas ämnet med ett brännbart ämne innan antändning fås en explosion som är fullt jämförbar med massexplosiva ämnen från klass 1, såsom TNT. Tillsammans med lastbilens drivmedel kan en explosion ske som dödar hälften av de exponerade på ett avstånd på 114 m från lastbilen. Det ger en area på 4,1 hektar, med bebyggelsefri zon borträknad blir det 1,9 hektar.

### 10.2.5 Klass 6, Giftiga, vämjeliga och smittförande ämnen.

175 ton epiklorhydrin transporteras årligen i området och får därför utgöra representativt ämne för giftiga vätskor. En giftig vätska som kommer ut genererar ett vätskespill som avger giftiga ångor som sprids beroende på väderförhållandet. Ju varmare det är ju mer förångas och halterna ökar. Ju mindre det blåser ju mindre luft blandas in och halterna förblir höga. Resultatet visas i tab. 10.3. För vägalternativ med bebyggelsefri

zon minskas effekterna. För kontinuerligt utsläpp minskas den exponerade ytan med 0,10 hektar, och för momentant utsläpp är minskningen 0,20 hektar.

Utsläpp	Kontinuerligt, 300 m <sup>2</sup>						Momentant, 1 200 m <sup>2</sup>					
	Årstid	B3,0	D2,0	D5,0	D9,0	E5,0	F2,0	B3,0	D2,0	D5,0	D9,0	E5,0
Vinter	0,06	0,09	0,07	0,07	0,09	0,13	0,26	0,38	0,30	0,26	0,38	0,52
Vår/höst	0,07	0,11	0,09	0,07	0,11	0,16	0,28	0,46	0,35	0,30	0,46	0,64
Sommar	0,08	0,14	0,10	0,08	0,10	0,19	0,32	0,56	0,40	0,34	0,56	0,80

Tab. 10.3: Yta [ha] där hälften antas omkomma, förspill av epiklorhydrin [CPQRA].

### 10.3 Frekvenser

Vid beräkningen av risker med transporter med farligt gods är man intresserad av sannolikheten för att en händelse ska ske. Förutom sannolikheten för själva trafikolyckan/incidenten måste även hänsyn tas till sannolikheten för utsläpp och ev. sannolikhet för antändning. Dessa sannolikheter ger frekvensen för en viss olycka.

Klass	1	2	3	5	6	
Ämne	Massexplosiva ämnen	Brännbar gas	Giftig gas	Brännbar vätska	Oxiderande ämnen/ organiska peroxider	Giftig vätska
Malmöleden	144	26	26	13 488	800	26
Oljehamnsleden	144	26	26	13 488	800	26
Gasmästaregatan	—	12	12	985	—	12
Koppargatan	—	26	576	1 294	800	26
All trafik på en led	144	52	602	14 783	1 600	52

Tab. 10.4: Antal transporter per år på de olika vägalternativen.

För beräkning av sannolikhet för inträffad olycka med farligt gods används [SRV, 1996] som bygger på en metod framtagen av VTI, Statens väg- och trafikforskningsinstitut. Metoden bygger på olika index för olika vägtyper och hastigheter och visar sannolikheten för att en transport med farligt gods ska råka ut för en olycka (tab. 10.4 samt ekv. D.2, bilaga D). Sedan tillkommer sannolikheten för att lasten ska påverkas, alternativt att ett utsläpp ska ske. Dessutom kan utsläppen bli små/stora, antändning ske etc. Detta skiljer sig mellan de olika ämneskategorierna och påverkar sannolikheterna för respektive olycka.

Det statistiska underlaget med trafikolyckor är för litet för att kunna användas. Det bör helst vara över 50 st. per vägvagnsnitt totalt. Då fallet inte är så används i stället värden ur tabell i [SRV, 1996] baserat på ÅDT, årsdygnstrafik (fordon per dygn), vägtyp och hastighetsgräns. Beräkningarna redovisas i bilaga D.

### 10.4 Väder

Samma väderförutsättningar som i kapitel 8 används. Dock har vindhastigheten för två klasser höjts från 1,5 m/s till 2 m/s för att bättre stämma överens med statistik från [SMHI, 2003].

### 10.5 Individrisk

Individriskkonturerna för de olika alternativen (fig. 10.2) visar att nuvarande trafik på Gasmästaregatan genererar en *försumbar risk*. Övriga ligger över den föreslagna gränsen för *försumbar risk* men under *ej tolerabel risk*, enligt [DNV, 1997]. Högst ligger Malmöleden och Oljehamnsleden, vilket förklaras av att [SRV, 1996] ger en högre sannolikhet för utsläpp p.g.a. de högre hastigheterna (Malmöleden) respektive

större sannolikhet för kollision på trafikled (Oljehamnsleden). Med ett bebyggelsefritt område på 100 meter från vägen skulle riskerna från nuvarande trafik på Rusthållsgatan vara försumbara. Riskbegreppen förklaras mer ingående i kapitel 4.

Vad gäller en framtida led för farligt gods med all trafik samlad ger Rusthållsgatan (Malmöleden-Landskronavägen) och Malmöleden (trp Ätekulla-trp Ramlösa) högst värden beroende på att de har en högre hastighetsgräns som ökar troligheten för utsläpp. Övriga ligger något lägre. En bebyggelsefri zon om 100 meter skulle klart sänka nivåerna. En zon om 200 m skulle ge försumbara risker för alla alternativ. Det är ur risksynpunkt acceptabelt att lägga all trafik längs en led. Fig. 10.2 visar att individrisken blir något högre än nuvarande lösning, men det är ändå klart acceptabelt.

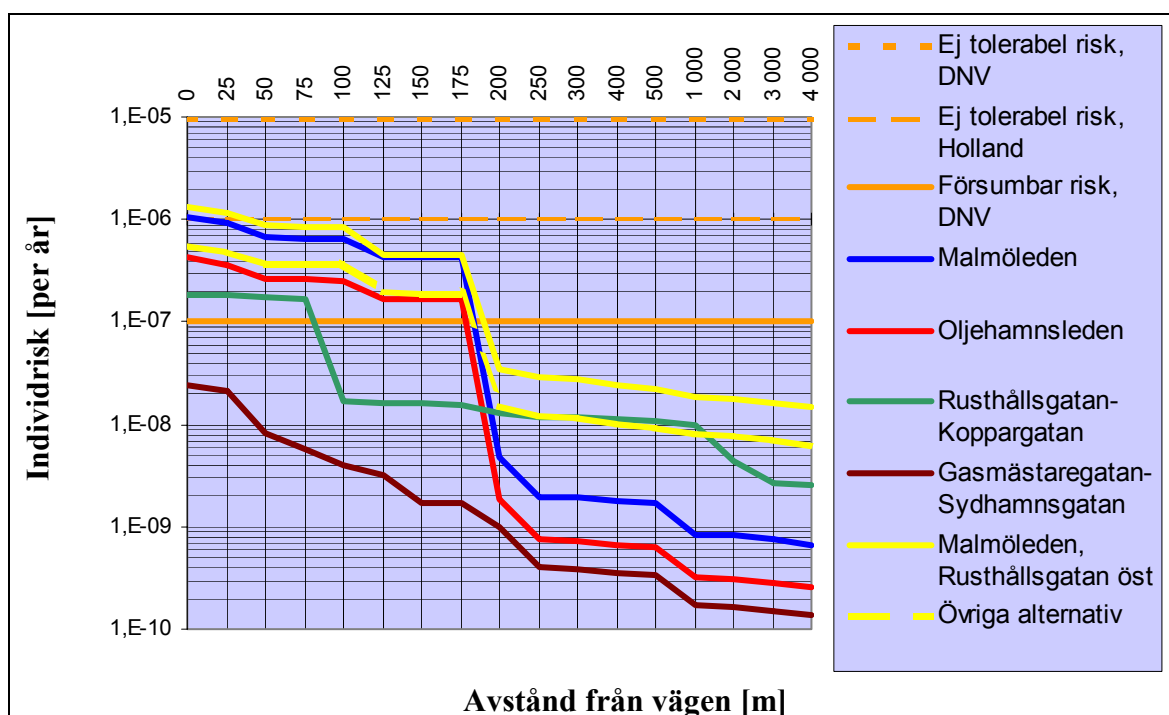


Fig. 10.2: Individriskkonturer för de olika alternativen. De första fyra namngivna alternativen utgör nuvarande lokala trafikföreskrifter [Helsingborg, 1999] som uppbär delar av det totala flödet. De två sista namngivna (gula linjer) utgör alternativ belastade med all trafik med farligt gods.

Med en bebyggelsefri zon om 50 meter minskas maximal individrisk någon kan exponeras för. Efter ca. 100 meter sjunker individrisken ytterligare och är efter 200 meter helt försumbar för samtliga alternativ.

## 10.6 Samhällsrisk

Precis som tidigare tas i samhällsrisk även hänsyn till befolkningstätheten. För att uppskatta hur stor andel av de boende och arbetande som befinner sig i området och är inomhus kontra utomhus används värden från [CPR18E] (tab. 9.9).

Den framtagna samhällsrisk (fig. 10.3) överskrider det av [DNV, 1997] föreslagna kriteriet för ej acceptabel risk. Detta gäller samtliga sex alternativ till led för farligt gods. Riskerna bör därför minimeras så långt det är praktiskt och ekonomiskt genomförbart. Även om alternativen ligger väl samlade är det ändå några som har klart lägre samhällsrisk. Genom att välja ett sådant alternativt minskar man riskerna.

Det är de två alternativen (2 och 4b) som där Rännarbanan och det tänkta Stickspåret används som ger den lägsta samhällsrisk. Ingen större skillnad märks mellan att använda Malmöleden-Lagmansgatan eller Rusthållsgatan-Rännarbanan. Näst lägst risk ger de två andra alternativen (3 och 4) som också använder Rännarbanan, men istället avslutar med Sydhamngatan. Därefter kommer alternativet (7) att använda Rusthållsgatan-Koppargatan-Industrigatan-Strandbadsvägen för all trafik med farligt gods. Alla nya alternativ ger en lägre samhällsrisk än nuvarande (1) lokal trafikföreskrift [Helsingborg, 1999]. Nuvarande trafik går i direkt anslutning till bostadsområdet Sachsen (Oljehamnsleden) med många boende, vilket ökar samhällsrisk.

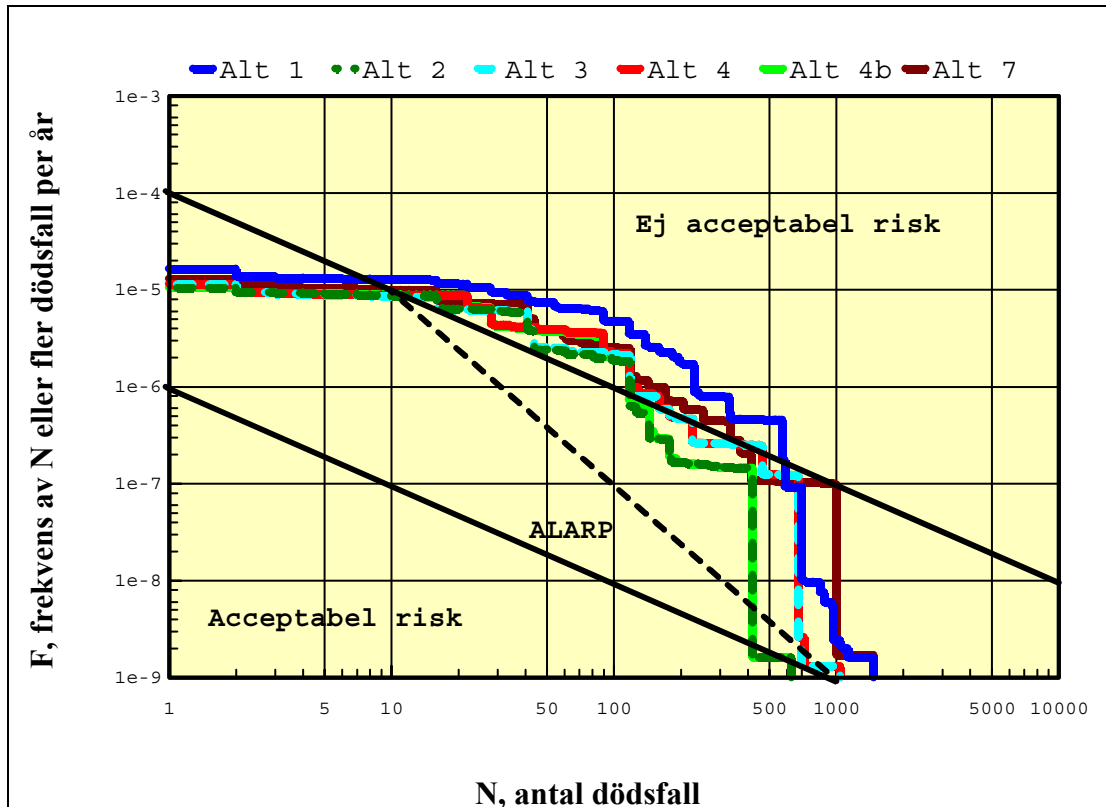


Fig. 10.3: Samhällsrisk för de olika alternativen med kriterier och områdesnamn föreslagna av [DNV, 1997] som heldragna linjer. Streckad linje är holländska kriterier [CPR18E].

## 10.7 Resultat

Att lägga all trafik längs en led är acceptabelt ur risksynpunkt, enligt individriskkonturerna (fig. 10.2). De visar även att med en bebyggelsefri zon om 50 meter sjunker individrisken markant. Efter 100 meter sjunker risken ytterligare och 200 meter från vägen är den försumbar. Samhällsrisk framgår ur tab. 10.3 och visar att Rännarbanan ger lägst risknivå, särskilt om ny väg längs stickspåret anläggs. Störst risk ger nuvarande trafiksituation.

## 10.8 Kommentarer om CPQRA

CPQRA är en bra metod för att beräkna risker med farligt gods då den har en tydlig struktur, samtidigt som den ger möjligheter att själv välja lämpliga beräkningsmodeller.

### 10.8.1 Sannolikheter

Eftersom CPQRA ursprungligen riktar sig mot anläggningar med fasta installationer ges inga direktiv om beräkningar av frekvenser för olyckor med farligt gods. Därför har

istället VTI-modellens [SRV, 1996] sannolikhetsberäkningar använts. Det är inte en optimal metod, och den lämnar en del frågetecken. Vid beräkningarna används en del konstanter och index, som inte förklaras närmre. Grunden utgörs av en ekvation baserad på trafikflöden, antal inträffade trafikolyckor och antal transporter med farligt gods som beräknar sannolikheten för att en transport med farligt gods ska råka ut för en trafikolycka. Sedan används index för att beräkna sannolikheten för utsläpp, antändning o.s.v. Dessa index beror bl.a. på vägtyp och tillåten hastighet på vägen. Det är tveksamt om det statistiska underlaget är så stort så det går att kvantifiera skillnaderna så detaljerat. [SRV, 1996] tar dessutom inte upp massexplosiva ämnen, precis som den holländska i kapitel 9. Detta är anmärkningsvärt då klass 1 transporteras i stor omfattning på vägnätet och konsekvenserna vid explosion blir förödande för den närmsta omgivningen. Därför beräknas grundsannolikheten för en olycka med farligt gods ska med en transport med massexplosiva varor. Därefter uppskattas sannolikheten för att en antändning ska ske av lasten, med stöd av Göteborgsmetoden [Göteborg, 1999]. Samma sak görs för oxiderande ämnen och organiska peroxider, som ger explosionsrisk vid kontakt med brännbara ämnen.

### 10.8.2 Konsekvenser

För beräkning av konsekvenser har medföljande CD-ROM till [CPQRA] använts. På skivan finns ett antal beräkningsexempel i Excel-filer som är beskrivna i handboken. Dessa exempel har modifierats något för att passa in bättre, men överlag har de stämt bra. Det är lättarbetat med färdiga Excel-blad som lätt går att ändra, samtidigt som beräkningsgången kan följas i handboken.

### 10.8.3 Klasser med störst risk

[CPQRA] pekar inte ut någon klass som mest riskfylld då handboken inte ger några sannolikheter. Men kombinerat med sannolikhetsberäkningarna i VTI-metoden [SRV, 1996] fås följande farlighetsrankning med transporterade mängder i Helsingborg:

1. Klass 1.1, Massexplosiva ämnen
2. Klass 5, Oxiderande ämnen och organiska peroxider
3. Klass 2, Kondenserade brännbara gaser
4. Klass 2, Kondenserade giftiga gaser
5. Klass 6, Giftiga vätskor
6. Klass 3, Brännbara vätskor

1 har något lägre frekvens än 2, men ger betydligt fler dödsoffer vid explosion i bebyggt område. 3 kan ge en BLEVE där det inte ger något skydd att vara inomhus, och ett stort område påverkas. 4 kan påverka stora områden, men här ger vistelse inomhus ett fullgott skydd. 5 är mer ofarligt eftersom vätskefas ger en pöl som sedan avdunstar i måttlig takt. 6 ger lägst risker då man oftast hinner flytta sig från vätskepölar innan de antänds. Det räcker med ett flytta sig ett fåtal meter för att komma i säkerhet.

Det är logiskt att 1-3 ger störst risker. När exponering väl sker så är det försent att sätta sig i säkerhet. För övriga ämnen kan man exponeras en del, i varierande omfattning, utan att omkomma, vilket ger en möjlighet att sätta sig i säkerhet.



## 11 JÄMFÖRELSE AV METODERNA

I rapporten har tre olika metoder använts för att göra riskanalys över trafiken med farligt gods till Helsingborgs hamnområde.

### 11.1 Metoduppbyggnad

Samtliga tre metoder är probabilistiska och tar hänsyn till både sannolikheter och konsekvenser.

Alla tre använder F/N-diagram där sannolikhet kontra antalet omkomna framgår. [CPR18E] (den holländska metoden) och [CPQRA] beräknar samhällsrisk, plottar den och jämför med olika kriterier. Göteborgsmetoden [Göteborg, 1999] går tillväga på ett annorlunda sätt. Genom antaganden fastställs en övre gräns för vad som är acceptabelt. Ett fiktivt vägområde ställs upp med vissa minimimått till olika verksamheter (en fysisk ram). För de klasser med farligt gods som anses kunna ge skador på tredje man beräknas antalet transporter som behövs för att nå upp till det fastställda riskkriteriet och detta jämförs med antalet befintliga transporter. Ingen beräkning görs genom att plotta samhällsrisk i ett F/N-diagram. Detta förfaringssätt ger inte en korrekt bild av samhällsrisk eftersom man endast tittar på en typ av transporter åt gången. Det som är intressant är ju risken som den totala hanteringen av farligt gods ger. Även om varje klass/delklass har ett flöde som inte medför att risken överstiger fastställt riskkriterium så kanske de gör det tillsammans.

[CPR18E] och [CPQRA] beräknar även individrisken. Detta görs ej i [Göteborg, 1999].

En riskanalys enligt [CPR18E] kan ske i tre steg där första steget är att använda tabeller för att se om aktuellt antal transporter med farligt gods ger en överskrider fastställda nyckeltal. Görs inte detta och situationen i övrigt inte påkallar det behövs ingen djupare riskanalys. Andra steget är att använda ett speciellt framtaget datorprogram och tredje steget är en kvantitativ riskanalys (QRA). En stor skillnad mellan [CPR18E] och [CPQRA] är att den förstnämnda i stor utsträckning fastställt vilka indata som skall användas. Ex.vis hålarea vid utsläpp, storlek på bildad vätskepöl etc..

### 11.2 Frekvenser

I [Göteborg, 1999] har man tittat på använda frekvenser för olyckor med farligt gods med utgångspunkt från olika håll, båda nationellt och internationellt, för att sedan uppskatta sannolikheterna i Göteborg. Därefter har för respektive klass antaganden gjorts om sannolikheterna för utsläpp och ev. antändning.

I [CPR18E] har stort arbete lagts ner på att ta fram nationell statistik för Nederländerna. Vägnätet delas in i tre vägtyper (motorväg, landsväg och stadsgata). För dessa vägtyper har sannolikheten för en olycka där lasten påverkas beräknats för trycksatta tankar och för tankar med atmosfärstryck. Endast transporter i bulk tas upp.


[CPQRA] ger inga frekvenser för olyckor med farligt gods. I denna rapport har [SRV, 1996] (VTI-metoden) använts för att beräkna detta.

### 11.3 Konsekvenser

Vid beräkning av konsekvenser används olika modeller och datorprogram. [CPR18E] har en handbok [CPR14E] med beräkningsmodeller som rekommenderas. Metoden tillåter dock att andra modeller används, vilket är bra då de föreslagna modellerna är mycket detaljerade och sker i många delsteg, ibland upp mot ett femtiotal. Det är inte meningsfullt att lägga ner tid och resurser för så detaljerat arbete när resultatet ändå inte blir noggrannare än vad indata ger. Vidare känns det inte meningsfullt att räkna på när ett fåtal procent av de exponerade omkommer, när det redan beräknats när 50 % av de exponerade omkommer.

[CPQRA] ger också förslag på lämpliga beräkningsmodeller och bifogar dem i Excel-format på en CD-ROM. Dessa modeller är lättarbetade. Även [CPQRA] medger att andra modeller används. För exempelvis tryckkondenserade giftiga gaser (svaveldioxid, klor och ammoniak) finns i Sverige ett datorprogram, BfK i [RIB], som är gjort i första hand för att beräkna utsläpp från transporter med dessa ämnen. Ett sådant program är lämpligt att använda.

Det skiljer markant från de tre använda metoderna i uppfattningen om vad som de farligaste ämnena. [Göteborg, 1999] och [CPR18E] har uttalat vilka klasser detta är. [CPQRA] lämnar detta beslut till riskanalytikern. Tab. 11.1 listar de farligaste klasserna/delklasserna enligt respektive metod.

Ordning	[Göteborg, 1999]	[CPR18E]	[CPQRA] [SRV, 1996]
Farligast	1.1, Massexplösiva ämnen	2, Brännbara gaser	1.1, Massexplösiva ämnen
	2, Giftiga gaser	2, Giftiga gaser	5, Oxiderande ämnen och organiska peroxider
	5, Oxiderande ämnen och organiska peroxider	6, Giftiga vätskor	2, Brännbara gaser
	2, Brännbara gaser	3, Brännbara vätskor	2, Giftiga gaser
			6, Giftiga vätskor
Minst farligast			3, Brännbara vätskor

Tab. 11.1: Rangordningen av de farligaste klasserna/delklasserna farligt gods enligt respektive metod, för aktuell led i Helsingborg.

Enligt tab. 11.1 finns det skillnader mellan metoderna. Det är anmärkningsvärt att den klass (massexplösiva ämnen) som i två av tre metoder anses vara mest riskfylld inte ens tas upp i den tredje metoden. Detta motiveras i [CPR18E] med att det är så få transporter som sker med massexplösiva ämnen! Men risken vägs ju samman av sannolikheter och konsekvenser, och en låg sannolikhet kan vägas upp av stora konsekvenser. Giftiga gaser rankas också högt i två av tre metoder, men i [CPQRA] vägs konsekvenserna upp av den låga sannolikheten för att ett större utsläpp skall ske. Tankar för kondenserade giftiga gaser är mycket kraftiga och hållbara. Dessutom kan ett utsläpp från en ventil snabbt oskadliggöras genom återkondensering. Dock tas inte räddningsåtgärder med vid beräkningen av konsekvenserna i en riskanalys av farligt gods.

Oxiderande ämnen och organiska peroxider är i sig inte farliga, men i samband med brand eller vid blandning med bränsle är egenskaperna jämförbara med sprängämnen. Vid en fordonsolycka finns både brandrisk och god tillgång på bränsle. Brännbara gaser kan ge stora konsekvenser, speciellt gasol som kan ge en BLEVE. Dock hinner troligtvis omgivningen evakueras innan detta inträffar. Giftiga och brännbara vätskor påverkar

troligtvis endast den absoluta närheten. Används dessutom en bebyggelsefri zon kan konsekvenserna ofta försummas.

## 11.4 Resultat

Jämförs resultaten från [CPR18E] och [CPQRA] överensstämmer resultaten förhållandevis bra med varandra.

### 11.4.1 Individrisk

På avstånd från vägen upptill 175 m ger [CPQRA] högst individrisk (fig. 11.1). Likaså på avstånd från vägen från ca. 1 500 m och uppåt. I intervallet 200-1 500 m ger [CPR18E] en högre individrisk. Gemensamt för båda är att individrisken sjunker markant på ett avstånd på 50 meter från vägen. Det beror i båda fallen på att klass 3, brandfarliga vätskor, fraktas i stora mängder. Därmed blir sannolikheten för en olycka med utsläpp och antändning relativt stor. Däremot ges inga konsekvenser på större avstånd än 50 meter från utsläppet för brandfarliga vätskor.

Förutom den första minskningen under de första 50 metrarna från vägen så sker två markanta sänkningar till för individrisken beräknad med [CPQRA]. I intervallet 100-125 m beror det på att klass 5, oxiderande ämnen och organiska peroxider, inte kan ge konsekvenser på längre avstånd än så. För minskningen i intervallet 175-200 meter beror det på samma sätt på klass 1.1, massexplosiva varor. I [CPR18E] tas ingen hänsyn till dessa två klasser. Där beror istället riskminskningen i intervallet 300-325 meter på kondenserade brandfarliga gaser och i intervallet 1 400-1 500 m på giftiga gaser. Både dessa kategorier tillhör klass 2, gaser.

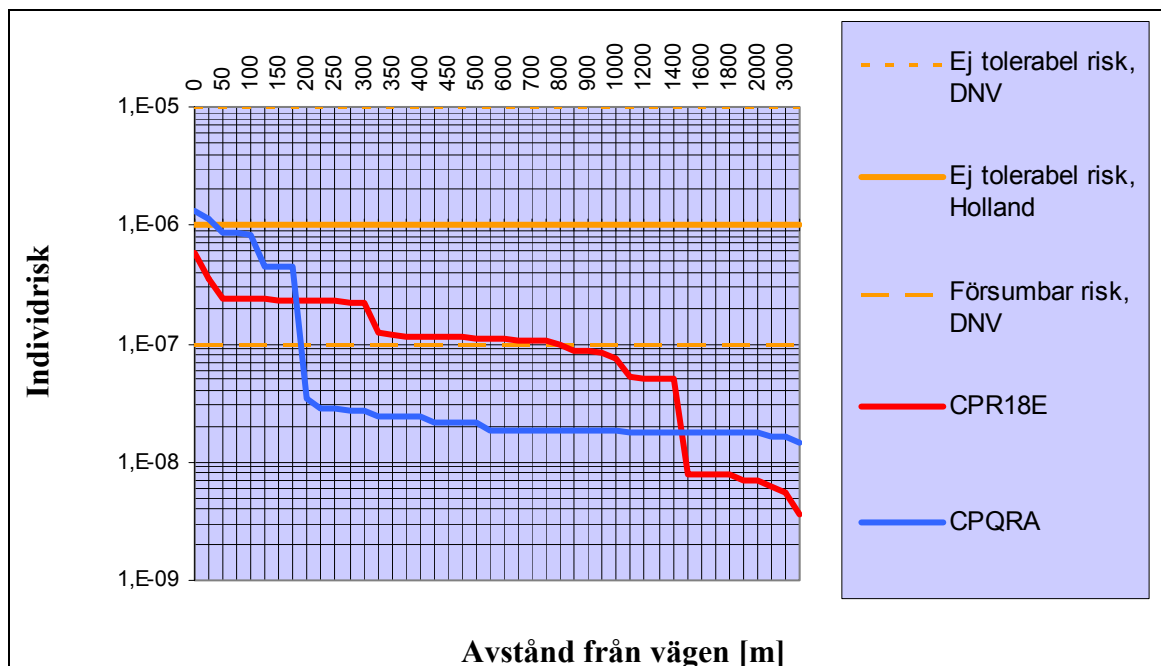


Fig. 11.1: Individriskkonturer för en vägsträcka belastad med all trafik beräknad med två olika metoder.

### 11.4.2 Samhällsrisk

En jämförelse av samhällsriskerna med nuvarande lokala trafikföreskrift, LTF, [Helsingborg, 1999] beräknad med [CPR18E] samt [CPQRA] ger en viss skillnad (fig. 11.2). Anledningen till att [CPQRA] mestadels ger högre risk är att sex klasser farligt gods ingår, jämfört med fyra. De klasser som tillkommit är massexplosiva varor samt

oxiderande ämnen och organiska peroxider. Vid ca. 700 döda och uppåt är det istället [CPR18E] som ger den högsta samhällsrisk. Anledningen till detta är ämnesvalet för klassen giftiga vätskor. Metylisocyanat förespråkas och är ett extremt giftigt ämne. Det är så giftigt att det inte får transporteras i Sverige. Därför hade det varit bättre om en annan giftig vätska hade använts.

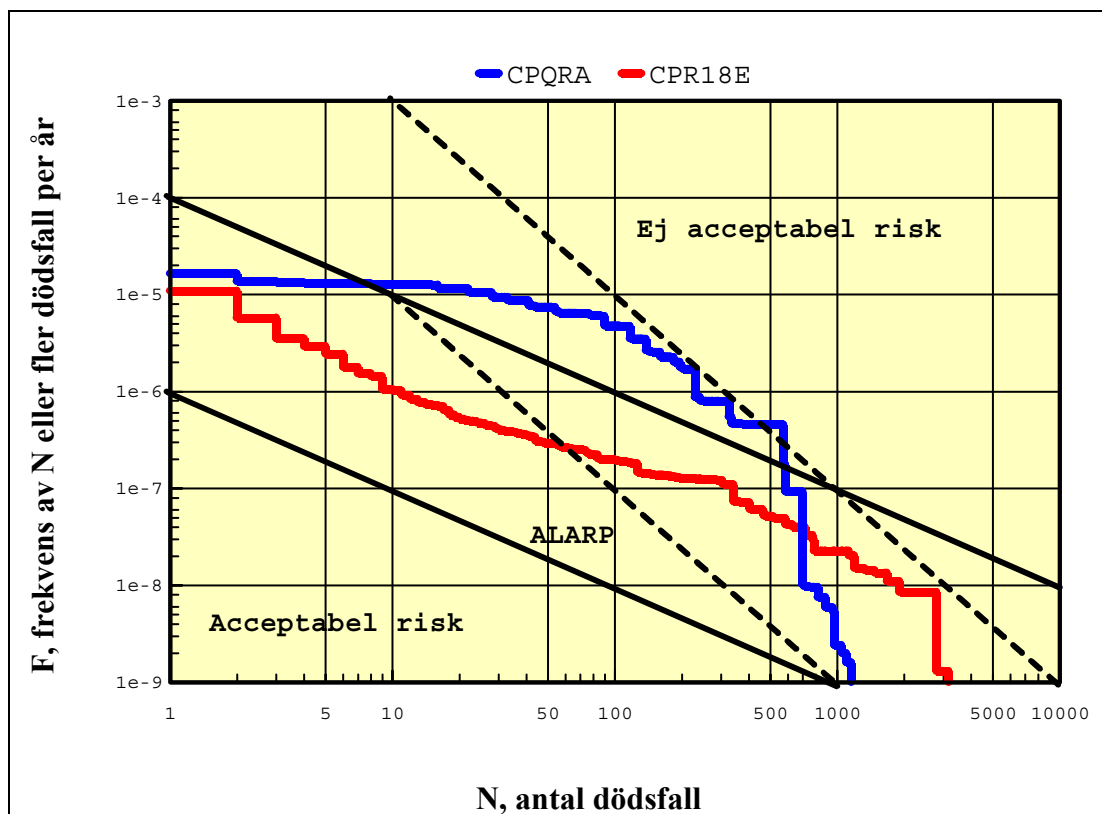


Fig.11.2: Samhällsrisk för gällande LTF, lokal trafikföreskrift [Helsingborg, 1999] beräknad med två olika metoder. Heldragna linjer och namn är riskkriterier enligt [DNV, 1997]. Undre streckad linje är riskkriteriet från [CPR18E] och övre streckad linje är riskkriteriet från [Göteborg, 1999].

Den röda linjen i fig. 11.2 skall relateras till den nedre streckade linjen som är riskkriteriet i [CPR18E]. Det kriteriet får överskridas men då bör riskbilden minskas. Även den blå linjen visar en riskbild som bör minskas. Allra helst bör samhällsriskerna minska ner mot den undre heldragna linjen. De heldragna linjerna och namngivna områden är föreslagna riskkriterier enligt [DNV, 1997]. Som jämförelse har även riskkriteriet som används i [Göteborg, 1999] lagts in i fig. 11.2 (den övre streckade linjen). Som synes ligger det kriteriet högt över övriga två, och enligt det är riskerna acceptabla.

## 12 FÖRSLAG PÅ NY LED FÖR FARLIGT GODS OCH FÖRSLAG PÅ FYSISK RAM

Det är nödvändigt att en ny led för farligt gods till Helsingborgs hamnområde etableras. Nuvarande sträckning ger en hög samhällsrisk, framför allt vid Oljehamnsleden och längs Rusthållsgatan. Dessutom måste Malmöleden delvis utgå som led för farligt gods om området Gåsebäck ska kunna utvecklas i önskad omfattning.

För att minska riskerna med farligt gods i Helsingborg och samtidigt möjliggöra Gåsebäcks framtidsplaner föreslås att Rännarbanan används. För detta vidtas åtgärder i två steg (fig. 12.1). Resultatet stöds av samtliga tre använda riskanalysmetoder.

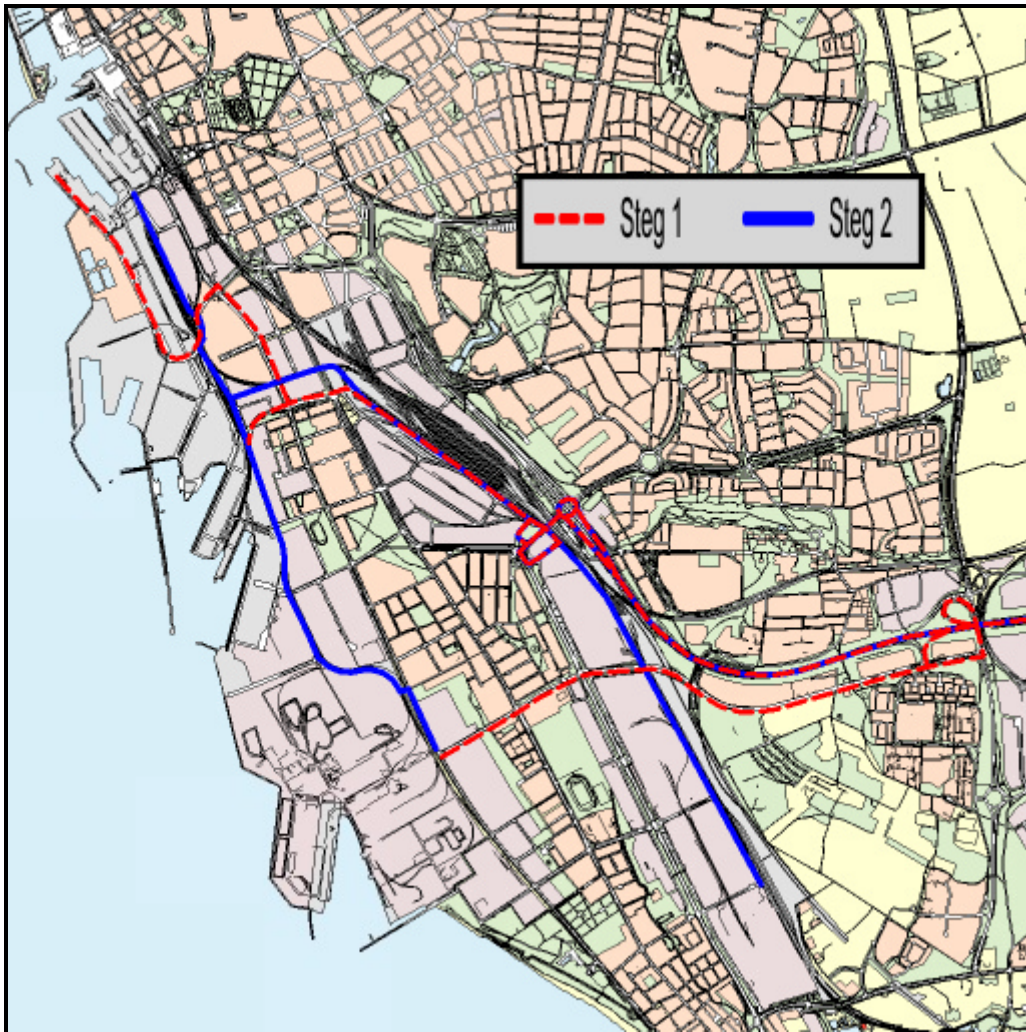


Fig. 12.1 Förslag på ny led för farligt gods i Helsingborg, genomförd i två steg.

### 12.1 Steg 1

Den första åtgärden blir en upprustning av Rännarbanan där den ges en mer rät sträckning. Samtidigt inrättas en bebyggelsefri zon om 50 meter som inte får innehålla kontor och andra persontäta verksamheter. Från Rännarbanan ska det vara minst 100 m till Willys och de andra affärerna. Det blir även nödvändigt att säkra upp Lagmansviadukten eftersom avståndet blir kort mellan trafiken på viadukten och stationen nedanför. Viadukten måste få ökade skyddsbarriärer för att ett fordon inte ska kunna falla ner på perrongerna. Fysiska skydd mot eventuella utsläpp ska också finnas. Det är kanske även

möjligt att flytta perrongerna ett femtital meter norrut, från viadukten. Trafiken med farligt gods leds av Malmöleden vid Ramlösa trafikplats och leds via Lagmansgatan över viadukten och ansluts till Rännarbanan på lämpligt sätt. Sedan använder trafiken till färjorna, Västhamnen och Oljehamnen Gasmästaregatan för att nå Oljehamnsleden och Bredgatan medan trafiken till Sydhamnen använder Sydhamnsleden.

Fortfarande kan övrig fordonstrafik använda Malmöledens nuvarande sträckning. Trafiken med farligt gods till Kemira Kemi och dess omgivningar, samt trafiken till Landskronavägen, kan använda, som idag, Rusthållsgatan och Koppargatan. Detta för att Sydhamnsleden med bostäder inte ska få all hamntrafik inklusive farligt gods. En del av Sydhamnsleden används redan idag för transporter för farligt gods [Helsingborg, 1999].

Detta gör att sammanfogningen av Söder och Gåsebäck påbörjas. Det är viktigt att avståndet till järnvägen, med dess transporter av farligt gods, från Gåsebäcks södra delar beaktas.

## 12.2 Steg 2

Detta steg börjar med byggnationen av en väg parallellt med befintligt stickspår till hamnen, under Södergatan och Gasmästaregatan, och som ansluter Rännarbanan till kommande hamnled. Hamnleden går i nord-sydlig riktning från färjeområdet till Kemira Kemi. Vid Kemira Kemi förlängs Stormgatan längs järnvägsspåret och ansluts till Industrigatan i höjd med Kemira Kemis huvudkontor. Förläggs vägen i ett öppet schakt längs befintligt järnvägsspår kan den bebyggelsefria zonen minskas. Dock måste en riskanalys göras vid utformningen av schaktet, så det säkerställs att riskerna verkligen minskas.

Rusthållsgatan och Koppargatan kan nu stängas för farligt gods. Företagen längs Landskronavägen matas från Lagmansviadukten och Rännarbanan medan Kemira Kemi och företagen söder därom matas via Stormgatan.

Nu kan Miatorp och Planteringen byggas ihop.

## 12.3 Sänkning av samhällsriskerna

Det första steget ger ingen större ändring av samhällsriskerna (fig. 12.2 och 12.3). Detta då istället för att exponera bostadsområdet Sachsen för riskerna med farligt gods så exponeras nu istället de boende längs Sydhamnsleden. Däremot öppnar det möjligheter för Gåsebäck att utvecklas. Åtgärder behöver vidtas för att sänka samhällsriskerna. En sådan åtgärd är att genomföra det andra steget, och anlägga en ny väg i sänkan längs stickspåret och stänga Rusthållsgatan och Koppargatan för trafik med farligt gods. Aktuella flöden framgår av tab. 12.1. Fig 12.2 och 12.3 visar att steg 2 sänker samhällsriskerna markant då inga bostadsområden finns i direkt anslutning till leden.

Klass	1	2	3	5	6	
Ämne	Massexpllosiva ämnen	Brännbar gas	Giftig gas	Brännbar vätska	Oxiderande ämnen/organiska peroxider	Giftig vätska
Malmöleden-Rännarbanan	144	26	26	14 783	800	26
Rusthållsgatan-Koppargatan	—	26	576	2 280	800	26

Tab.12.1: Antal transporter per år på de två vägsträckorna i steg 1.

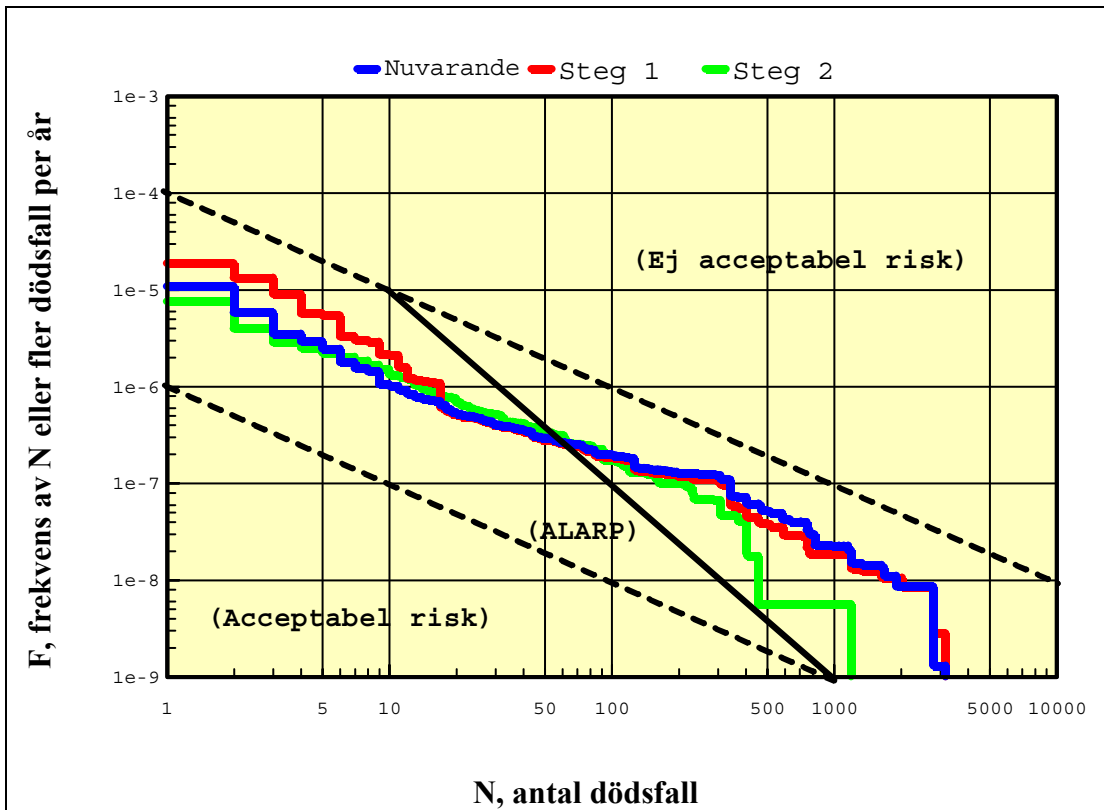


Fig.12.2: Sänkning av samhällsrisken med de föreslagna två stegen enligt [CPR18E] (kapitel 9).

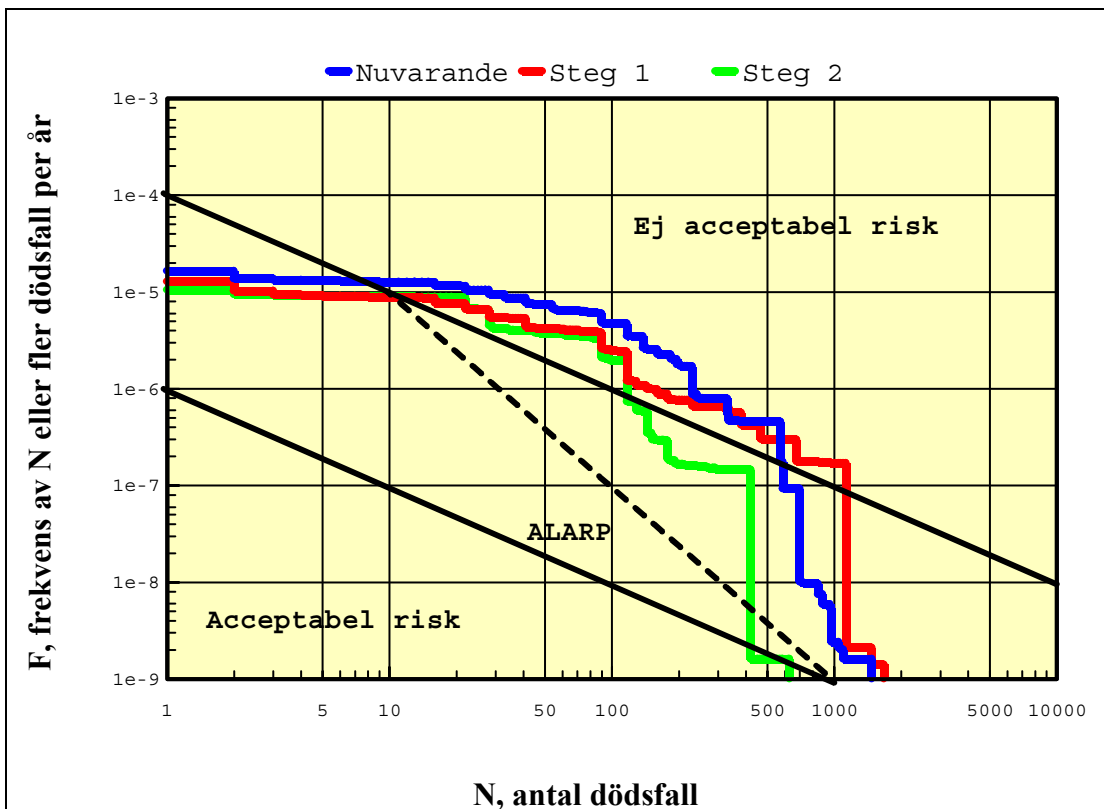


Fig.12.3: Sänkning av samhällsrisken med de föreslagna två stegen enligt [CPQRA] (kapitel 10).

## 12.4 Kommentarer till förslaget

Förslaget ger en mängd fördelar:

- Malmöledens motorvägsstandard utnyttjas optimalt.
- Rännarbanan har redan idag bra omgivningar i form av bebyggelsefria områden och följs av järnvägens spårområde längs hela sträckningen.
- Eftersom Rännarbanan följs i hela sin sträckning av bangården förekommer inga fyrvägs korsningar, utan endast trevägs korsningar. Dessa är ur trafiksäkerhet avsevärt säkrare, då antalet konfliktpunkter minskar [KFB, 1998].
- Lämpligt område finns för utformning av korridorpassage ner till en framtida hamnled.
- Söder och Gåsebäck kan sammanfogas.
- Miatorp och Planteringen kan sammanfogas
- Rusthållsgatan avlastas och befintliga bostäder på Runristargatan och Torviggsgatan undviks.

Förslaget innebär även nackdelar:

- Trafiken med farligt gods passerar Lagmansviadukten direkt över Ramlösa station.
- Vissa företag får längre transportsträckor

En förutsättning för att förslaget ska gå att genomföra är att nya vägar byggs, vilket kostar pengar.

Detta förslag förespråkar att trafikplats Ramlösa används för att passera järnvägen och ansluta till Rännarbanan. Det innebär ingen ökning av riskerna om en ny trafikplats anläggs för att ansluta från Malmöleden till Rännarbanan längre söderut.

Vad gäller Ramlösa station har Skånetrafiken [Telefon, 3] inget att erinra om att trafik med farligt gods sker i direkt anslutning till pågatågsstationen. Det transporteras redan farligt gods på järnvägsspåren som ligger ännu närmre de väntande passagerarna. Skånetrafiken anser att riskerna med farligt gods är försumbara i jämförelse med övriga risker i samband med tågtrafik. Som exempel nämndes det faktum att endast en person i Sverige har omkommit i samband med farligt gods på järnväg. Detta skedde under andra världskriget då en järnvägsvagn lastad med ammunition exploderade i Krylbo. Varje år omkommer 15 personer vid obebakade järnvägsövergångar. Ramlösa station har 800-900 passagerare per dygn och som i genomsnitt uppehåller sig ca. 5 minuter på perrongen. Det är likvärdigt med 3 personer som uppehåller sig på plats dygnet runt. Detta är litet i jämförelse med boende- och arbetsplatstätheter. En järnvägsstation är en verksamhet som ska ligga i anslutning till kommunikationsleder. Givetvis ska rimliga skyddsåtgärder vidtas, som diskuterades i kapitel 12.1.

Även om transporterna från Kemira Kemi kommer närmre stadens centrum jämfört med att använda Koppargatan blir riskerna ändå acceptabla. Visserligen ökar konsekvenserna om en transport rämnar helt. Samtidigt minskar konsekvenserna för mindre utsläpp om en bebyggelsefri zon används. Det troligaste läckaget på en svaveldioxidtransport är en läckande ventil. Skadekonsekvenserna stoppas i sådana fall oftast snabbt genom att ekipaget och spillet täcks med presenningar. Finns det inga människor i närheten undviks skador/dödsfall. Genom att använda Rännarbanan och en ny väg längs stickspåret kan en bebyggelsefri zon skapas längs leden för farligt gods.



## 12.5 Förslag på fysisk ram för led för farligt gods i Helsingborg

Göteborgsmetoden [Göteborg, 1999] bygger på framtagandet av en fysisk ram som fastställer minimiavstånd till olika verksamheter. Närmast vägen skall en 50 m bred bebyggelsefri zon finnas. I zonen om 50-100 m från vägen får arbetsplatser finnas. Avståndet från en led för farligt gods till bostäder skall vara minst 100 m. Publika verksamheter (skolor, vårdinrättningar, idrottsplatser, samlingslokaler) kräver ett större avstånd än för bostäder. Undantaget är köpcentrum som bör ligga i anslutning till kommunikationsleder och kan ligga på samma avstånd som arbetsplatser, d.v.s. 50 m. Göteborgsmetoden och dess fysiska ram är beskriven i kapitel 8.

I en teknisk licentiatavhandling anser Kylefors [LTH, 2001] att i genomsnitt kan ett skyddsavstånd på över 40 meter inte motiveras ekonomiskt, med hänsyn till markpriser. Med hänsyn tagen till genomförd osäkerhetsanalys anser Kylefors att det är osannolikt att ett avstånd på över 120 meter skulle kunna motiveras ekonomiskt.

### 12.5.1 Lämplig dimensionering av fysisk ram i Helsingborg

Det är lämpligt att även fastställa en fysisk ram för Helsingborg, för att kunna ha en långsiktig stadsplanering. Med stöd av utförda riskanalyser med [CPR18E] och [CPQRA] är framtagna avstånd i Göteborgs fysiska ram även lämpliga i Helsingborg, med vissa justeringar. Framtagna individriskkonturer visar att närmast vägen ligger individrisken vid den i Holland ej tolerabla risknivån  $10^{-6}$  [CPR18E]. Individrisken  $10^{-6}$  kan tolkas som att risken för att omkomma är en på en miljon, alternativt att på en miljon år omkommer en person till följd av den aktuella risken. I Holland får den gränsen ej överskridas. I Sverige finns inga nationellt fastställda riskkriterier, men ofta används kriterier framtagna av DNV [DNV, 1997].  $10^{-6}$  ligger mittemellan ej acceptabel risk och försumbar risk, och bör därför sänkas. Individriskbegreppet och även samhällsrisksbegreppet förklaras ingående i kapitel 4.

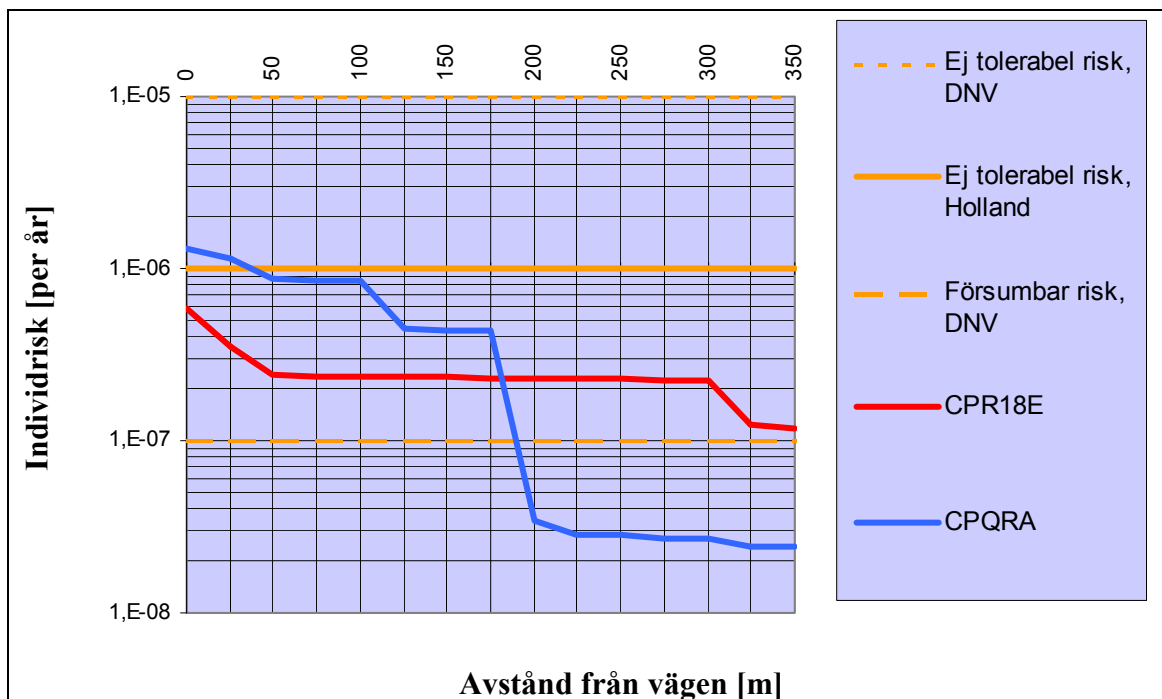


Fig. 12.4: Individriskkonturer för en vägsträcka belastad med all trafik beräknad med två olika metoder. Delförstoring av fig. 11.1.

Avstånd	Verksamheter
< 50 meter	Bebyggelsefri zon
> 50 meter	Arbetsplatser och kommunikationscentra (järnvägs- och busstationer etc.)
> 100 meter	Bostäder, hotell, köpcentrum och mindre samlingslokaler
> 200 meter	Skolor, idrottsanläggningar, större samlingslokaler

Tab. 12.2: Föreslagen fysisk ram för planerad led för farligt gods i Helsingborg.

Efter 50 m sjunker individrisken markant enligt de båda använda metoderna [CPR18E] och [CPQRA] (fig. 12.4). Genom att använda en bebyggelsefri zon på 50 meter minskas maximal exponerad individrisk. I viss omfattning kan det vara acceptabelt med vissa verksamheter där det normalt inte uppehåller sig någon inom 50-meterszonen, ex.vis. lagerbyggnad eller mindre personalparkering. Dock bör den bebyggelsefria zonen hållas ren i så stor omfattning som möjligt för att minska risken för exponering samt ge fordon möjlighet att åka av vägen utan att kollidera med byggnader och som kan orsaka läckage. Enligt [CPR18E] sjunker sedan individrisken mycket sakta, och först vid ett avstånd på 300 m sjunker den ner mot försumbar risk enligt [DNV, 1997]. Enligt [CPQRA] sjunker däremot individrisken markant vid 100 meters avstånd från vägen. Vid 200 meters avstånd sjunker individrisken till en bra bit under försumbar risk. Ett minimiavstånd på 100 m från leden till bostäder ger en minskad individrisknivå i hemmen. Större avstånd än så är inte motiverat. Samlingslokaler och publika lokaler och anläggningar bör placeras åtminstone 200 meter från aktuell led, för att på så vis inte ge en ökad samhällsrisk. Undantaget är köpcentrum som bör ligga i närheten av kommunikationsleder, och kan därför placeras på samma avstånd som bostäder (100 m). Likaså är det inte lämpligt att uppföra byggnader med stora glaspartier i närheten av en led för farligt gods. En explosion kan ge glassplitter som medför många skadade människor i byggnaderna. Föreslagen fysisk ram redovisas i tab. 12.2.

### 12.5.2 Kommentarer

Det är inget som talar för att avstånden som används i Göteborg skulle kunna minskas. Det är heller inget som talar för att avstånden skulle behöva höjas. Även om Göteborgsmetoden [Göteborg, 1999] lämnar en del i övrigt att önska är resultatet i form av den fysiska ramen (fig. 8.1) bra och rekommenderas, med vissa justeringar, för aktuell led för farligt gods till hamnområdet i Helsingborg. Detta eftersom övriga två metoder verifierar resultatet. Det som gör att avstånden blir acceptabla trots att Göteborgsmetoden underskattar risken med farligt gods är att Helsingborg har ett avsevärt mindre flöde av farligt gods (tab. 12.3).

Klass		Göteborg	Helsingborg
1.1	Massexplösiva ämnen	35-100	144
2	Kondenserad, brandfarlig gas	5 000	52
2	Kondenserad, giftig gas	3 600	602
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	2 500	1 600

Tab. 12.3: En jämförelse mellan antalet transporter per år i Göteborg och Helsingborg.

Verksamheter som uppförs enligt den fysiska ramens avstånd behöver ej normalt en särskild riskanalys. Önskas avsteg göras krävs däremot en riskanalys för att visa att risken ändå är acceptabel och där vidtagna åtgärder för att erhålla en acceptabel risknivå redovisas. Eftersom ett avsteg från den fysiska ramen sker för den föreslagna vägen längs järnvägens stickspår, parallellt med Sydhamngatan, måste en riskanalys göras i samband med utformningen. En åtgärd för att motivera en minskad bebyggelsefri zon är att vägen läggs i ett öppet schakt som delvis skyddar omgivningen.

## 13 DISKUSSION

I kapitel 1 framgick det att syftet med denna rapport är att göra riskanalys över trafiken med farligt gods till södra delen av Helsingborgs tätort, inklusive hamnen. Det fastslogs även att rapporten har tre mål:

- Riskanalysera transporterna med farligt gods och lyfta fram ett eller flera lämpliga alternativ som led för farligt gods till Helsingborgs hamnområde.
- Bedöma lämpliga minimiavstånd från transportleder för farligt gods till olika verksamheter. I [Göteborg, 1999] benämnt fysisk ram.
- Jämföra tre olika metoder för riskanalys, som metod för detta analysarbete.

Resultatet för de första två punkterna redovisas i kapitel 12, den sista redovisas i kapitel 11.

Rapporten kommer att vara ett av underlagen för en fördjupad översiktsplan i Helsingborg för sektorn farligt gods som kommer att fastställas under 2004.

### 13.1 Lämpligt/lämpliga alternativ på ny led för farligt gods

Alla tre använda riskanalysmetoder ger att Rännarbanan är den lämpligaste leden, ur risksynpunkt, att använda som ensam led för att förbinda E4/E6/E20 med den tilltänkta Hamnleden. F/N-diagrammen från [CPR18E] (den holländska metoden) och [CPQRA] ger liknande resultat vad gäller vilka leder som ger störst risker. Dock ger [CPQRA] högre värden i sina kurvor, vilket beror på att fler klasser med farligt gods tagits med. En riskanalys måste givetvis ta med alla riskkällor som kan ge skador och dödsfall i omgivningen.

Det finns för närvarande inga fastställda nationella riskkriterier i Sverige, endast rekommendationer. Dessa är dock inte från någon myndighet. Det gör att det är upp till var och en att själv avgöra vad som är en acceptabel risknivå. Därför kan Helsingborgs stad låta nuvarande LTF, lokal trafikföreskrift [Helsingborg, 1999], kvarstå och anse riskerna vara acceptabla, även om de enligt utförda riskanalyser är oacceptabla. Men det blir då svårt att bygga samman de två stadsdelarna Söder och Gåsebäck och ge dem en välbehövlig upprustning. Likaså fås ingen lösning på nuvarande situation med trafiken med farligt gods tätt inpå bostadskvarteret Sachsen. Därför rekommenderas den tvåstegslösning som presenteras i kapitel 12.

### 13.2 Förslag på fysisk ram längs led för farligt gods

Att använda sig av en fysisk ram är ett bra tillvägagångssätt vid stadsplanering, eftersom den möjliggör en långsiktig planering. Genom att besluta om vilka avstånd som gäller tas en helhetslösning på problematiken om vilka risker som ska accepteras i samband med trafik med farligt gods. Det är viktigt att den fysiska ramen bygger på en väl genomförd riskanalys som visar att riskerna blir acceptabla både enligt individriskkriterier och samhällsriskkriterier. Om inte byggnation sker i strid med den fastställda fysiska ramen krävs ingen ytterligare riskanalys. Sker avsteg från fastställda minimimått måste vidtagna skyddsåtgärder presenteras och riskanalys göras. Likaså om byggnadens utformning eller verksamhet är av sådan art att detta kräver en riskanalys.

Fastställd fysisk ram i kommande fördjupad översiktsplanen för sektorn farligt gods kan komma att skilja sig från föreslagen ram i den här rapporten. Detta eftersom rapporten är ett av flera underlag till den fördjupade översiktsplanen.

### **13.3 Jämförelse av de tre använda riskanalysmetoderna**

Resultaten från de tre olika riskanalyserna överensstämmer väl med varandra. Alla pekar ut Rännarbanan som mest lämpligt alternativ, och visar att nuvarande utformning ger störst risker. Hade endast en metod använts hade resultatet känts osäkert. Det finns ändå en rad skillnader mellan metoderna, och alla har de sina för och nackdelar.

#### **13.3.1 Transporterade mängder farligt gods**

För aktuellt område har det varit förhållandevis enkelt att få fram en god uppskattning av antalet årliga transporter med farligt gods. Området är tydligt geografiskt avgränsat med hav i väster, stadskärna i norr, viktigt vattentäkt i söder och en led ut i öster. Eftersom stadskärnan och vattentäkten inte medger någon transport med farligt gods kan transporter endast ske i öst-västlig riktning. Antalet transporter på färjor kan hamnen ge besked på. Verksamheter i aktuellt område som genererar transporter kan lätt identifieras och tillfrågas. Det gör att antalet transporter (och mängder) farligt gods kan identifieras förhållandevis enkelt. Ändå tog det ungefär en månad att kartlägga allt flöde. Om istället en viss sträcka på en europaväg hade analyserats hade det varit ett enormt, för att inte säga omöjligt, uppdrag. I det fallet behövs tillgång till bra nationell statistik.

En av de största skillnaderna mellan metoderna är deras farlighetsgradering av de olika klasserna. Klass 1.1, massexplosiva ämnen, som Göteborgsmetoden anser vara mest riskfylld och som ger höga risker även i CPQRA anses i den holländska metoden vara helt försumbar. Med de stora konsekvenser som uppstår omedelbart vid en antändning i kombination med att dessa transporter inte är ovanliga i Helsingborg ges höga risknivåer.

#### **13.3.2 Olycksstatistik**

För att kunna använda olycksstatistik krävs ett bra statistiskt underlag. En riksväg/europaväg på åtskilliga tiotals mil kan kanske ge ett sådant underlag. [SRV, 1996] anger att minst 30 olyckor, helst 50, per år är nödvändigt för att få ett bra underlag. I denna rapport är det endast Malmöleden som kommer i närheten av dessa siffror. Från trafikplats Ättekulla ända ner till och med Oljehamnsleden har det skett de senaste åren i snitt 29,7 olyckor per år (bilaga E). Det räcker med en tillfällig kraftig dimma, lokal blixthalka eller en personbil i fel riktning på motorvägen som ger kanske ett tiotal olyckor för att antalet olyckor skall ändras markant. En av Helsingborgs mest olycksdrabbade korsningar de senaste fem åren har numera knappt någon rapporterad olycka. Anledningen är att korsningen nu byggts om till en cirkulationsplats.

Då är det bättre att göra som den holländska metoden. Där har omfattande underlag tagits fram för hela landet. Vägnätet har delats in i tre vägtyper (motorväg, landsväg och stadsgata). För dessa har sannolikheten uppskattats för att en olycka ska med farligt gods (där lasten påverkas) per antalet miljoner fordonskilometer på vägsträckan, där skillnad även görs för behållarens utformning. Det ger en avsevärt större statistisk säkerhet. Även om det skiljer sig något i utformningen av till exempel landsvägarna så ges ett bra underlag. Det är även önskvärt att sannolikhet för olika utsläppsareor o.s.v. tas fram nationellt.

### 13.3.3 Val av beräkningsmodell

Det är bra om metoden lyfter fram beräkningsmodeller och datorprogram som kan användas. Givetvis ska riskanalysmetoden tillåta att andra beräkningsmodeller än de rekommenderade används. I vissa fall finns det kanske vedertagna, bra modeller som riskanalytikern är väl förtrogen med.

### 13.3.4 Riskkriterier

I samtliga tre metoder används olika riskkriterier. Göteborgsmetodens kriterium för samhällsrisk är klart mildare än övriga två metoder (fig. 11.2). Dessa två metoders kriterier överensstämmer väl med varandra. Om en utförd riskanalys visar att samhällsrisken ligger under eller vid dessa kriterier kan de anses vara acceptabla. Däremot är Göteborgsmetodens riskkriterium betydligt mildare och bör inte användas.

Göteborgsmetoden använder ej begreppet individrisk. Det gör däremot [CPR18E] och [CPQRA], och de överensstämmer väl med varandra i resultatet.

Så länge det inte finns nationellt fastställda kriterier får varje beslutsfattare själv avgöra om riskerna är acceptabla eller ej.

### 13.3.5 Lämpligaste metoden

Det går inte att peka ut en av metoderna som lämpligast. Som tidigare nämnts har tillvägagångssättet i Göteborgsmetoden [Göteborg, 1999] vissa tveksamheter, men resultatet, den fysiska ramen, är ändå bra. Detta eftersom det verifieras av övriga två metoder. Den holländska metoden [CPR18E] är bra och mycket genomarbetad. Nackdelen är att endast giftiga eller brandfarliga vätskor och gaser i bulk tas upp. Det är anmärkningsvärt att till exempel massexplosiva ämnen kan försummas. Används [CPQRA] får riskhanteraren själv avgöra vilka ämneskategorier som kan tänkas ge skador på omgivningen och därmed skall vara med i riskanalysen. Nackdelen med [CPQRA] är att den ej ger vägledning för sannolikheter för olyckor med farligt gods. Där måste någon annan metod användas, och det finns för närvarande ingen metod som framstår som helt tillförlitlig för detta.

Om [CPR18E] används måste steg 3 användas, d.v.s. en fullständig kvantitativ riskanalys (QRA). Nyckeltalen som används i det första steget kan i Sverige bara användas för att få en uppfattning om risksituationen. Dessa nyckeltal är framtagna efter holländska förutsättningar och det går därför inte att hänvisa till dem istället för att göra en fullständig riskanalys. Det hade varit positivt om en svensk version hade tagits fram, baserad på svenska förhållanden med svensk transport- och olycksstatistik.

Därför kan inte en metod pekas ut som mest lämplig att använda. De får användas med försiktighet. Alternativt kan flera metoder användas för att visa om resultaten överensstämmer, vilket denna rapport har gjort. Resultatet tas från en metod [Göteborg, 1999], detta verifieras sedan av två andra metoder [CPR18E] och [CPQRA] som ger likvärdiga resultat.

## 13.4 Osäkerheter

Vid riskhantering där statistik samlas in och kanske även uppskattas och beräkningar utförs finns det alltid en viss osäkerhet i resultatet. Även val av metod utgör en osäkerhet.

### **13.4.1 Metodval**

De tre valda riskanalysmetoderna visade sig väl lämpade för användning i detta arbete. Ingen av dem var optimal men tillsammans ger de en god bild av riskerna med farligt gods i aktuellt område i Helsingborg. Göteborgsmetoden [Göteborg, 1999] är den som ger den största osäkerheten då vissa antaganden och beräkningar bygger på osäkra värden. I vissa fall saknas även referens till valda värden. Den holländska metoden [CPR18E] medför en osäkerhet då den är framtagen efter holländska förutsättningar. Sannolikheten för utsläpp bygger på holländska trafikförutsättningar, vilka kanske skiljer sig från svenska. [CPQRA] ger ingen vägledning för sannolikheter för olyckor med farligt gods. Istället användes VTI-metoden [VTI, 1994] som innehåller osäkerheter i beräkningsgången. I en riskanalys för transporter med farligt gods måste klass 1.1, massexplosiva ämnen, tas med eftersom dessa ämnes stora konsekvenser ger en hög risk.

### **13.4.2 Statistik och beräkningar**

Det statistiska underlaget medför oundvikligen flera osäkerheter. Trafikmängderna kan ändras beroende på stadens utbyggnad, ekonomisk upp- eller nedgång, ändrade bensinpriser etc.. En nedläggning eller tillkomsten av en större industri kan drastiskt ändra mängden transporterad farligt gods. Detta medför att resultatet i form av individ- och samhällsrisker kanske är något högre eller lägre vilket påverkar föreslagna avstånd till olika verksamheter. Dock ger de olika metoderna samstämmiga resultat. Valet av föreslagen led påverkas dock mindre eftersom risknivåerna för de olika alternativen kanske också sjunker eller stiger, men den inbördes ordningen bör bli densamma.

---

## REFERENSER

### Litteratur

**[ASN, 2000]**

Arbetskyddsnämnden: Transport av farligt gods – Lärobok  
Stockholm, 2000, ISBN 91-7522-663-4, Art nr 673

**[CPQRA]**

Center for Chemical Process safety of the American Institute of Chemical Engineers:  
Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis  
3 Park Avenue, New York, NY, USA, 2000, ISBN 0-8169-0720-X

**[CPR12E]**

Committee for the Prevention of Disasters: Methods for determining and processing  
probabilities ("Red book"), CPR12E, The Hague, Holland, 1997

**[CPR14E]**

Committee for the Prevention of Disasters: Methods for calculation of physical effects,  
part 1 and 2 ("Yellow book"), CPR14E, The Hague, Holland, 1997

**[CPR16E]**

Committee for the Prevention of Disasters: Methods for the determination of possible  
damage ("Green book"), CPR16E, The Hague, Holland, 1992

**[CPR18E]**

Committee for the Prevention of Disasters: Guidelines for Quantitative Risk  
Assessment ("Purple Book"), CPR18E, The Hague, Holland, 1999

**[Drysdale, 1992]**

Drysdale, D: An introduction to Fire Dynamics, John Wiley and Sons, East Kilbride,  
Scotland, 1992, ISBN 0 471 90613 1

**[DNV, 1997]**

Räddningsverket: Värdering av risk, Rapport gjord av DNV  
Karlstad 1997, Beställningsnummer P21-182/97

**[FOA, 1998]**

Försvarets Forskningsanstalt, FOA: Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och  
vätskor, Umeå, 1998, FOA-R--97-00490-990--SE

**[FOI, 2002]**

Totalförsvarets Forskningsinstitut, FOI: FOI informerar om KEMISKA VAPEN – hot,  
verkan och skydd, Stockholm, 2002 ISBN 91-7056-108-7

**[Göteborg, 1999]**

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg: Översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn  
farligt gods, antagen 1999-03-25 (samrådshandling, bilagor 1-7) Dnr: 758/92

**[Gheorge et al, 1999]**

Gheorge A V, Vamanu D V: Integrated risk assessment transportation dangerous  
goods: Introducing hot spots concept as a solution, 10th European Conference on Safety  
and Reliability (ESREL '99), Munich

**[Helsingborg, 1975]**

Helsingborgs Brandförsvär: Brandposten 2/75, Helsingborg, 1975

**[Helsingborg, 1999]**

Helsingborgs Stad, Tekniska Nämnden: LTF, lokala trafikföreskrifter Helsingborgs Stad, Gällande fr.o.m. 1999-06-29, Helsingborg, 1999

**[Helsingborg, 2002]**

Stadsbyggnadskontoret, Helsingborg: Översiktsplan för Helsingborgs Stad, ÖP2002, antagen av kommunfullmäktige 2002-06-12, Helsingborg, 2002

**[Helsingborg, 2003a]**

Miljökontoret, Helsingborg: Väderstatistik för södra Helsingborg, uppmätt vid SMHI mätstation vid Ramlösa, 2002

**[Helsingborg, 2003b]**

Stadsbyggnadskontoret, Helsingborg: Statistik för södra Helsingborg, 2002

**[IEC, 1995]**

International Electrotechnical Commission: International Standard, IEC 300-3-9 Genève, Schweiz, 1995

**[Kaplan, 1997]**

Kaplan S: The Words of Risk Analysis, Risk Analysis, Vol 17, No 4 sida 407-417, Society for Risk Analysis, London, UK, 1997

**[Kemikontoret, 2001]**

Kemikontoret: Riskhantering 3 - Tekniska riskanalyismetoder, Stockholm, 2001

**[KFB, 1998]**

Englund A et al, Kommunikationsforskningsberedningen (KFB): Trafiksäkerhet - en kunskapsöversikt, Studentlitteratur, 1998, ISBN 91-44-00168-1

**[LTH, 1992]**

Lund University, Department of Fire Safety Engineering: Introduktion till konsekvensberäkningar, Andersson B, Lund 1992, ISSN 1102-8246

**[LTH, 2001]**

Lund University, Department of Fire Safety Engineering: Cost-Benefit Analysis of Separation Distances, Kylefors M, Lund 2001, Report 1023, ISSN 1402-3504

**[LTH, 2002a]**

Bergqvist et al, Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola: Samhällsplanering med riskanalys, Sorgenfri, Malmö, 2002, Rapportnummer 9185

**[LTH, 2002b]**

Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola: Tentamen 02-05-29, riskanalyismetoder, 10 p, VBR180, Obligatorisk kurs, civilingenjörsprogrammet i riskhantering, LTH, 2002

**[LTH, 2003]**

Nilsson, J, Introduktion till riskanalyismetoder  
Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2003

**[NFPA, 1988]**

National Fire Protection Association, NFPA: The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, One Batterymarch Park, Quincy, MA, US, 1988

**[Otway et al, 1982]**

Otway, H J & von Winterfeldt, D: Beyond acceptable risk: on the social acceptability of technologies, Policy sciences 14, sid 247-256, 1982



**[SFS, 1982]**

Svensk författningssamling: Lagen om transport av farligt gods SFS 1982:821

**[SMHI, 2003]**

Väderstatistik för väderstation Ramlösa, 19970701-20020630

**[Slovic et al, 1982]**

Slovic P, Fischhoff B & Lichtenstein S Facts and fears: understanding perceived risk. I (red): Schwing R C & Albers W A. Societal risk assessment: how safe is safe enough. Plenum press, New York, NY, USA, 1982

**[SRV, 1988]**

Räddningsverket: Att skydda och rädda liv, egendom och miljö  
Karlstad, 1989, Beställningsnummer R16-038/88

**[SRV, 1996]**

Räddningsverket: Farligt Gods, riskbedömning vid transport  
Karlstad, 1996, Beställningsnummer U20-194/96

**[SRV, 1998a]**

Räddningsverket: Farligt gods på vägnätet – underlag för samhällsplanering  
Karlstad, 1998, Beställningsnummer B20-209/98

**[SRV, 1998b]**

Räddningsverket: Riskhänsyn i fysisk planering  
Karlstad, 1998, Beställningsnummer B20-006/02

**[SRV, 1999]**

Räddningsverket: Klassificering av farligt gods – väg, järnväg, flyg, sjö  
Karlstad, 1999, Beställningsnummer B20-182/99

**[SRV, 2002]**

Räddningsverket: Säker transport – Vägtransporter av farligt gods 2002  
Karlstad, 2002, Beställningsnummer B20-006/02

**[SRV, 2003]**

Räddningsverket: Handbok för riskanalys  
Karlstad, 2003, Beställningsnummer U 30-626/02

**[VTI, 1994]**

Väg- och transportforskningsinstitutet: Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor, VTI rapport nr 387:3, Linköping, 1994

**Möten****[Möte, 1]**

Frisell A-M, Helsingborgs Stad, Tekniska Förvaltningen, Helsingborg, 2003-02

**[Möte, 2]**

Hansen K och Lindström H, Stadsbyggnadskontoret, Helsingborg 2003-03-24

**[Möte, 3]**

Hansson B, Helsingborgs Stad, Tekniska Förvaltningen, Helsingborg, 2003-04

## **Telefonsamtal**

### **[Telefon, 1]**

Jörnello, gasoldistributör i Helsingborg, 2003-05-06

### **[Telefon, 2]**

Toreblad M, Kommunstyrelsens förvaltning, Helsingborg, 2003-04

### **[Telefon, 3]**

Johannesson S, Skånetrafiken, Hässleholm, 2003-04

## **Datorprogram**

### **[ALOHA]**

National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA: ALOHA 5.2.3, datorprogram för simulering av vätske- och gasspridning (programmet kan laddas ner kostnadsfritt på <http://www.epa.gov/ceppo/cameo/aloha.htm>)

### **[Excel]**

Microsoft Corporation, 2002

### **[Graph-in-the-box]**

Idédata AB, 1993

### **[Ikaros]**

Verksamhetsplaneringssystem för räddningstjänsten, 2003

### **[RIB]**

Räddningsverket: RIB, Integrerat Beslutsstöd, datorprogram, Karlstad 2003

### **[Word]**

Microsoft Corporation, 2002

## BILAGA A - INDIVIDRISK OCH SAMHÄLLSRISK

Följande uppgift är hämtad från tentamen 2002-05-29 i kursen Riskanalysmetoder, 10 p, VBR180. Kursen är obligatorisk för civilingenjörsprogrammet i riskhantering som ges vid Lunds tekniska högskola, LTH. Metoden som används är [CPQRA], Chemical Process Quantitative Risk Analysis.

### Förutsättningar

För en fabrik ska individ- respektive samhällsrisk beräknas för omgivningen utanför fabriksområdet. Området norr om fabriksområdet har en befolkningstäthet på 1 000 personer per kvadratkilometer. Söder om området är tätheten 500 personer per kvadratkilometer. Alla vindriktningar som kan råda bedöms vara lika sannolika i området. Tre incidenter har identifierats och dessa riskkällor förutsätts vara punktformade. I beräkningarna antas att alla inom LC<sub>50</sub>-området omkommer och ingen omkommer utanför området. I verkligheten omkommer inte alla inom området och några omkommer utanför.

Grundhändelse	Grundfrekvens	Spridningsvinkel	Avstånd till LC <sub>50</sub>
I: Explosion	$5 \cdot 10^{-6}$ per år	360°	300 m
II: Litet gasutsläpp	$1 \cdot 10^{-4}$ per år	15°	200 m
III: Stort gasutsläpp	$5 \cdot 10^{-5}$ per år	15°	600 m

Tab. A.1: Identifierade möjliga incidenter vid undersökt fabrik.

### Individrisk

Risken för att en enskild individ omkommer minskar ju längre bort personen befinner sig. Är personen närmare anläggningen än 200 meter kan alla tre incidenter påverka han/henne. Därför adderas de tre sannolikheterna med justering för sannolikheten för spridningsvinkeln för gasutsläppen. Ett avstånd på mer än 600 meter medför att individrisken är noll.

Avstånd [m]	Händelser som påverkar	Summering [per år]	Individrisk [per år]
> 600	Ingen	0	0
301-600	III	$5 \cdot 10^{-5} \cdot 15/360$	$2,1 \cdot 10^{-6}$
201-300	II + III	$5 \cdot 10^{-6} + 2,1 \cdot 10^{-6}$	$7,1 \cdot 10^{-6}$
0-200	I + II + III (Alla)	$1 \cdot 10^{-4} \cdot 15/360 + 7,1 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$

Tab. A.2: Beräkning av individrisken.

När individrisk presenteras är det vanligast att en karta visas med avstånden markerade som isobarer med angivna värden på individriskerna. I vårt fall blir det fabriken i mitten med tre cirklar med radierna 200, 300 och 600 m. I verkligheten kan topografin och olika placering av riskkällor göra att avstånden varierar i olika riktningar.

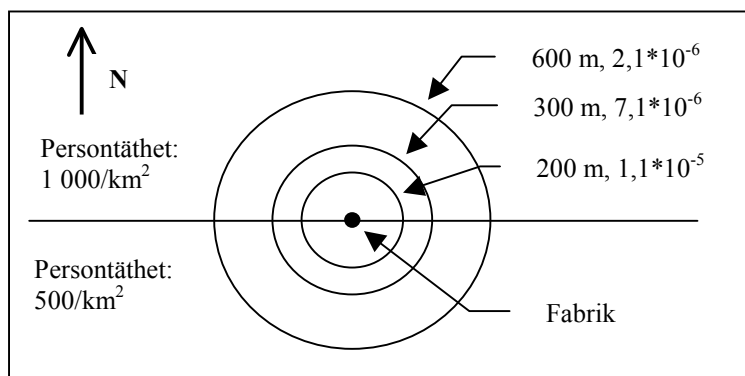


Fig. A.1: Individrisken för omgivningen runt fabriken.

## Samhällsrisk

För beräkning av samhällsrisken bygger man vidare på den framtagna individrisken som visar sannolikheten för att en person ska omkomma. När samhällsrisken beräknas tas även hänsyn till hur många personer som uppehåller sig i omgivningen. Man uppskattar hur många som omkommer genom att beräkna arean där alla omkommer kontra person-täthet.

Grundhändelse	Spridningsvinkel	Avstånd till LC <sub>50</sub>	Areaberäkning	Area
I: Explosion	360°	0,3 km	$\pi \cdot 0,3^2$	$2,8 \cdot 10^{-1} \text{ km}^2$
II: Litet gasutsläpp	15°	0,2 km	$\pi \cdot 0,2^2 \cdot 15/360$	$5,2 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2$
III: Stort gasutsläpp	15°	0,6 km	$\pi \cdot 0,6^2 \cdot 15/360$	$4,7 \cdot 10^{-2} \text{ km}^2$

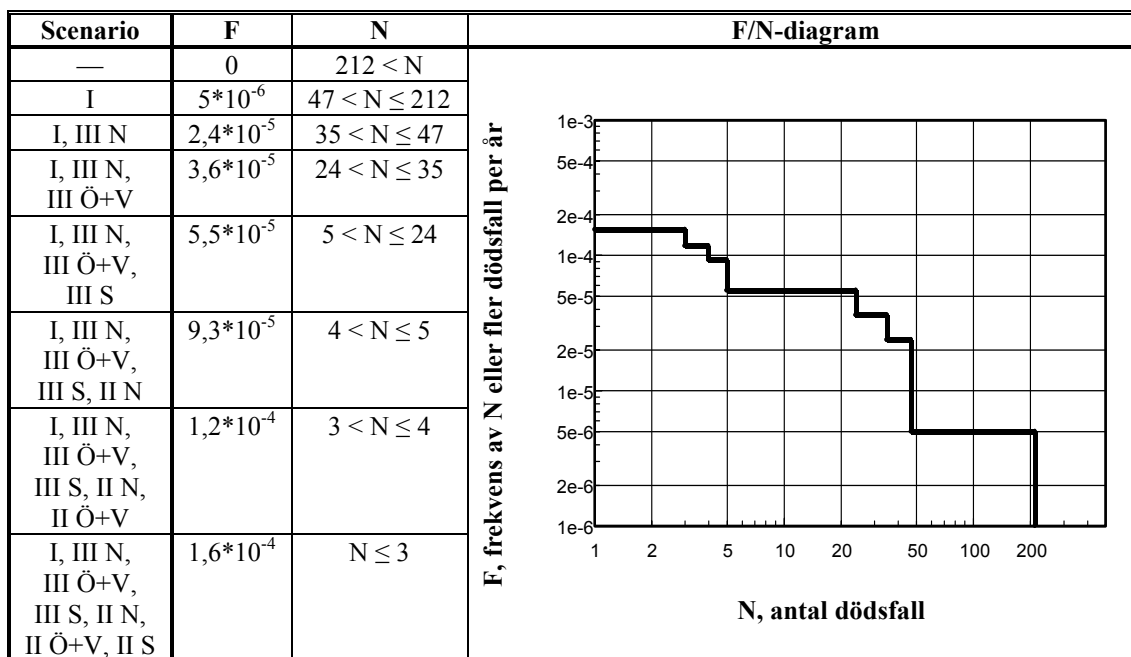
Tab. A.3: Beräkning av arean där alla omkommer för respektive händelse.

För att förenkla beräkningarna antas att endast åtta olika vindriktningar (N, NÖ, Ö, SÖ, S, SV, V, NV) kan förekomma. Sannolikheten är densamma för alla riktningarna d.v.s. 1/8. Det går att få väderstatistik och enkelt infoga den i beräkningarna. Detta ger oss sju olika scenarion som kan ge dödsfall. Frekvensen för varje scenario är grundfrekvensen för händelsen enligt tabell A.1 multiplicerat med sannolikheten för respektive vindriktning. Vindriktningen avgör hur många som omkommer eftersom persontätheten varierar.

Scenario	Vindriktning	A, Area [km <sup>2</sup> ]	P, Persontäthet [per km <sup>2</sup> ]	F, Frekvens [per år]	N, Antal omkomna (A*P)
I	—	$2,8 \cdot 10^{-1}$	750	$5 \cdot 10^{-6}$	212
II N	NV, N, NÖ	$5,2 \cdot 10^{-3}$	1 000	$3,75 \cdot 10^{-5}$	5
II S	SÖ, S, SV	$5,2 \cdot 10^{-3}$	500	$3,75 \cdot 10^{-5}$	3
II Ö+V	Ö, V	$5,2 \cdot 10^{-3}$	750	$2,5 \cdot 10^{-5}$	4
III N	NV, N, NÖ	$4,7 \cdot 10^{-2}$	1 000	$1,875 \cdot 10^{-5}$	47
III S	SÖ, S, SV	$4,7 \cdot 10^{-2}$	500	$1,875 \cdot 10^{-5}$	24
III Ö+V	Ö, V	$4,7 \cdot 10^{-2}$	750	$1,25 \cdot 10^{-5}$	35

Tab. A.4: Beräkning av frekvensen och antalet omkomna för respektive scenario.

Tabell A.4 sorteras om med kumulativ frekvens efter antalet döda. Nu har vi allt som krävs för att göra ett F/N-diagram där F står för *frequency* och N står för *numbers*.



Tab. A.5: Kumulativ frekvens för scenarion med varierande antal döda, samt F/N-diagram.

## BILAGA B - GÖTEBORGSMETODEN

Tabellerna i Göteborgs fördjupade översiktsplan för sektorn farligt gods [Göteborg, 1999] är svåra att följa. Därför presenteras här sammanställda och delvis omgjorda tabeller. Eftersom detta examensarbete endast behandlar vägtransport av farligt gods redovisar tabeller B.2-B.4 endast värden för just vägtransporter.

### Persontäthet inom de olika typområdena

Avstånd (väg)	0-50 m	50-100 m	100-200 m	0-200 m
Avstånd (järnväg)	0-30 m	30-80 m	80-120 m	0-200 m
<i>Blandad bebyggelse</i>	<i>Bebyggelsefritt</i>	<i>Kontor</i>	<i>Bostäder</i>	<i>Genomsnitt</i>
Dagtid (06-22)	2-4	4-5 (230)	22 (155)	13-15
Nattetid (22-06)	0	0 (0)	0,1 (290)	0
<i>Endast kontor</i>	<i>Bebyggelsefritt</i>	<i>Kontor</i>		<i>Genomsnitt</i>
Dagtid (06-22)	2-4	8-9 (230)		7-8
Nattetid (22-06)	0	0 (0)		0
<i>Endast bostäder</i>	<i>Bebyggelsefritt</i>	<i>Bebyggelsefritt</i>	<i>Bostäder</i>	<i>Genomsnitt</i>
Dagtid (06-22)	0	3-4	18 (155)	10-12
Nattetid (22-06)	0	0,5	0,1 (290)	0,2

Tab. B.1: Persontäthet [per hektar] utomhus i de olika typområdena. Värden inom parentes anger persontäthet inomhus [Göteborg, 1999].

### Konsekvenser för olyckor med farligt gods för de olika klasserna

Klass	Typsubstans, mängd [ton]	Händelse	Skadeutfall	Blandad bebyggelse	Endast Kontor	Endast bostäder
1	Massexplisiv vara, 15	Explosion	Döda	70 (5)	70 (0)	5 (5)
			Svårt skadade	210 (15)	70 (0)	15 (15)
2	Gasol, 25	Antänt gasmoln	Döda	3 (0)	1-2 (0)	2 (0)
			Svårt skadade	10 (0)	5-6 (0)	6 (0)
		BLEVE	Döda	10 (0)	10 (0)	10 (1-2)
			Svårt skadade	15-20 (0)	15-20 (0)	25-30 (3-4)
Klor, 25	Gasmoln	Döda	25 (5)	30 (0)	20 (10)	
		Svårt skadade	250 (50)	300 (0)	200 (100)	
3	Bensin, 45	Pölbrand	Inget	—	—	—
4	Kiseljärn, 25	Brand	Inget	—	—	—
5	Natriumklorat, 25	Explosion	Döda	10 (0)	10 (0)	0 (0)
			Svårt skadade	30 (0)	30 (0)	0 (0)
6	Dimetylsulfat, 25	Direktkontakt	Inget	—	—	—
7	—	—	Inget	—	—	—
8	Natriumhydroxid, 45	Direktkontakt	Inget	—	—	—
9	Asbest, 25	—	Inget	—	—	—

Tab. B.2: Konsekvenser vid typolyckor med farligt gods dagtid (värden inom parentes anger nattetid) [Göteborg, 1999].

### Sannolikheter för olyckor med farligt gods för de olika klasserna

Klass	Händelse	Sannolikhet [per fordonskm]	
1.1	Massexplisiva ämnen	$0,8 \cdot 10^{-7}$	
2	Kondenserad, brandfarlig gas	Antänt gasmoln	$1,45 \cdot 10^{-9}$
		BLEVE	$2,1 \cdot 10^{-11}$
	Kondenserad, giftig gas	$3 \cdot 10^{-9}$	
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	$2,25 \cdot 10^{-9}$	

Tab. B.3: Sannolikheter för olyckor med farligt gods [Göteborg, 1999].

**Tolerabelt antal transporter med farligt gods i Göteborg**

Klass		Blandad bebyggelse	Endast kontor	Endast bostäder
1.1	Massexplosiva ämnen	5 - 50 (85 - 850)	5 - 50 (∞)	85 - 850 (85 - 850)
2	Kondenserad, brandfarlig gas	10 000 - 100 000 (∞)	75 000 - 750 000 (∞)	30 000 - 300 000 (800 000 - 8 000 000)
2	Kondenserad, giftig gas	500 - 5000 (2 300 - 23 000)	750 - 7 500 (∞)	300 - 3 000 (1 200 - 12 000)
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	9 500 - 95 000 (∞)	9 500 - 95 000 (∞)	∞ (∞)

Tab. B.4: Tolerabelt antal transporter dagtid, ∞ är tecknet för oändlighet (värden inom parentes gäller nattetid) [Göteborg, 1999].

**Uppskattning av andelen särskilt intressanta ämnen i Helsingborg**

För att kunna jämföra kapaciteten för den fysiska ramen med antalet transporter på den nya leden för farligt gods i Helsingborg görs här en grov uppskattning av andelen transporter med berörda ämnen med utgångspunkt från den procentuella andelen i Göteborg.

*Klass 1.1 Massexplosiva ämnen*

I Göteborg transporteras årligen 10 000 ton inom klass 1, explosiva ämnen. Av dessa uppskattas 10-30 % utgöras av klass 1.1, massexplosiva ämnen. Med en medellast om 20 ton blir det 50-150 transporter per år. I Helsingborg transporteras 6 000 ton per år inom klass 1 (tab. 3.3). Med samma antaganden blir det 30-90 transporter årligen.

*Klass 2, Kondenserad gas, brandfarlig respektive giftig*

Statistik från SJ visar att varje år transporteras 175 000 ton kondenserad, brandfarlig gas och 125 000 ton kondenserad giftig gas. I Göteborg transporteras 260 000 ton inom klass 2 (gaser) varje år. Med samma fördelning som för järnvägen innebär detta att det årligen transporteras 150 000 ton kondenserad brandfarlig gas och 110 000 ton kondenserad giftig gas i Göteborg. Klass 2 antas tydligen bara bestå av dessa två kategorier. En lastbil rymmer 15-25 ton gas. Med ett medeltal på 20 ton per lastbil ger det 7 500 respektive 5 500 transporter per år. I Helsingborg transporteras ca. 27 000 ton inom klass 2 per år (tab. 3.3). Följs samma resonemang innebär detta 790 transporter (15 750 ton) kondenserad brandfarlig gas och 560 transporter (11 250 ton) kondenserad giftig gas. Detta är i överkant då det de facto transporteras även andra, betydligt ofarligare, gaser inom klass 2.

*Klass 5, Oxiderande ämnen och organiska peroxider*

För klass 5 sker ingen gallring då allt som transporteras inom klassen är av betydelse i det här sammanhanget. I Göteborg transporteras 65 000 ton årligen inom klass 5. Detta beräknas till 2 500 transporter per år, vilket ger ett medeltal på 26 ton per transport. För Helsingborg får vi motsvarande siffror direkt ur tab. 3.3, 38 000 ton och 1 500 transporter per år, vilket som jämförelse innebär 24 ton per transport.

*Minskning av antalet transporter*

I Göteborgsmetoden förutsätts att 65 % av transportererna ska kunna passera den fysiska ramen. Därför har framtagna antalet transporter sänkts med ca. en tredjedel. Dock inte klass 5, vilket inte motiveras. Denna minskning ger följande antal transporter per år:

- Klass 1.1, Massexplosiva ämnen: 30-60
- Klass 2, Kondenserad brandfarlig gas: 530
- Klass 2, Kondenserad giftig gas: 370
- Klass 5, Oxiderande ämnen och organiska peroxider: 1 500 (ej minskat)

## BILAGA C - CPR18E

### Antal transporter av giftiga eller brännbara gaser och vätskor

Statistik ur bilaga E. Totalt sker c:a 15 500 transporter med giftiga eller brännbara vätskor och gaser i bulk. Alla värden är transporter per år.

#### Klass 2

2 013 transporter sker årligen inom klass 2. 550 av dessa är svaveldioxid i bulk från Kemira Kemi. 343 transporter är med lösa gasflaskor. Resterande transporter inom klass 2 sker på färjorna. Inga transporter i bulk har identifierats, förutom Kemiras transporter. För att vara på den säkra sidan förutsätts en transport i veckan ske utöver Kemiras, med både giftig och brännbar gas. Det ger då 654 transporter i bulk, varav 602 med giftig gas och 52 med brännbar gas, LPG (liquefied petroleum gas).

#### Klass 3

All transport med farligt gods inom klass 3 är vätskor i bulk. Därför används hela antalet transporter som är ca. 14 800 st.

#### Klass 6

Transporter inom klass 6 är antingen fasta ämnen eller vätskor. Giftiga gaser återfinns inom klass 2. På aktuell led i Helsingborg transporteras 534 transporter inom klass 6, varav 185 inom industrin. Studeras industrins transporter närmre visar sig hälften vara vätskor och hälften fasta ämnen. Dessa transporter är dock inte i bulk utan sker i lösa mindre behållare. Av övriga 349 transporter bedöms endast ett fåtal utgöras av vätska i bulktransport. Men för att återigen vara på den säkra sidan förutsätts en transport i veckan, vilket ger 52 transporter per år.

### Antal årliga transporter för vissa ämnen

Ämneskategori	Representativt ämne	Motorväg [transporter/år]	Landsväg [transporter/år]	Stadsgata [transporter/år]
GT2 eller GT3	Etylklorid, ammoniak	8 000	3 000	10 000
GT4 eller GT5	Svaveldioxid, klor	4 000	2 000	8 000
LT2	Salpetersyra	10 000	3 000	8 000
LT3	Akrolein	2 000	700	2 000
LT4	Metylisocyanat	700	300	800

Tab. C.1: Gränsvärden som krävs för att uppnå en individrisk på  $10^{-6}$ , L = Liquid, G = Gas, T = Toxic [CPR18E].

### Antalet årliga LPG-transporter kopplat till boendetätheten

Befolknings- täthet [pers per ha]	Gränsvärden för LPG [transporter/år]					
	Boende på endast en sida av vägen			Boende på båda sidor av vägen		
	Motorväg	Landsväg	Stadsgata	Motorväg	Landsväg	Stadsgata
100	500	200	500	125	50	125
90	600	200	700	150	50	175
80	700	200	800	175	50	200
70	900	300	1 100	225	75	275
60	1 300	400	1 500	325	100	375
50	1 800	600	2 000	450	150	500
40	2 800	1 000	3 500	700	250	875
30	5 100	1 800	6 000	1 275	450	1 500
20	11 000	4 000	13 500	2 750	1 000	3 375
10	45 500	16 000	53 000	11 375	4 000	13 250

Tab. C.2: Gränsvärden under vilka tillåten samhällsrisk inte överskrider (LPG) [CPR18E].

**Antalet årliga transporter av övriga ämnen kopplat till boendetätheten**

Befolknings- täthet [pers per ha]	Gränsvärden för alla farliga ämnen [transporter/år]					
	Boende på endast en sida av vägen			Boende på båda sidor av vägen		
	Motorväg	Landsväg	Stadsgata	Motorväg	Landsväg	Stadsgata
100	2 500	900	3 500	625	225	875
90	3 500	1 200	4 000	875	300	1 000
80	4 000	1 500	5 000	1 000	375	1 250
70	5 500	2 000	6 500	1 375	500	1 625
60	7 500	2 500	9 000	1 875	625	2 250
50	10 500	4 000	13 000	2 625	1 000	3 250
40	16 500	6 000	20 500	4 125	1 500	5 125
30	29 500	10 500	36 500	7 375	2 625	9 125
20	66 500	23 500	82 000	16 625	5 875	20 500
10	266 000	94 000	326 000	66 500	23 500	81 500

Tab. C.3: Gränsvärden under vilka tillåten samhällsrisk inte överskrids (alla farliga ämnen). Med alla farliga ämnen avses endast brännbara eller giftiga vätskor och gaser [CPR18E].

**Antalet årliga transporter av övriga ämnen kopplat till boendetätheten**

Genom att jämföra aktuell boendetäthet (bilaga E) med tab. C.3 fås antalet tillåtna transporter med farligt gods utan att tillåten samhällsrisk överskrids. Antalet transporter på den nya leden med giftiga eller brännbara vätskor i bulk uppgår till cirka 15 500 per år. Vägavsnitt som medger mindre transporter än så är gråmarkerade i tab. C.4. Malmöleden räknas som motorväg hela vägen, övriga vägavsnitt utgör stadsgator.

Väg	Från	Till	Längd [km]	Boende-sidor	Boendetäthet [per hektar]	Tillåtna transporter
Malmöleden	Trp Ättekulla	Trp Ramlösa	2,2	1	21,2	29 500
	Trp Ramlösa	Trp Elineberg	1,4	1	33,4	16 500
	Trp Elineberg	Trp Högaborg	0,5	1	44,7	10 500
	Trp Högaborg	Södergatan	0,5	1	24,4	29 500
Oljehamnsleden	Södergatan	Bredgatan	0,4	1	97,9	3 500
Lagmansgatan	Malmöleden	Landskronavägen	0,6	0	0,0	∞
Rännarbanan	Rusthållsgatan	Lagmansgatan	0,9	1	2,7	326 000
	Lagmansgatan	Planteringsvägen	1,5	1	16,3	82 000
Sydhamnsleden	Planteringsvägen	Gasmästaregatan	0,5	1	77,2	5 000
	Gasmästaregatan	Nygatan västra				
Gasmästaregatan	Sydhamnsleden	Oljehamnsleden	0,7	0	0,0	∞
Stickspåret	Rännarbanan	Hamnleden	0,7	1	13,5	82 000
Landskronavägen	Rusthållsgatan	Hästhagsvägen	0,7	1	54,0	9 000
Hästhagsvägen	Landskronavägen	Planteringsvägen	0,5	1	21,6	36 500
Planteringsvägen	Hästhagsvägen	Strandbadsvägen	0,1	0	0,0	∞
Strandbadsvägen	Planteringsvägen	Industrigatan	0,3	1	7,3	326 000
	Industrigatan	Stormgatan	0,3	0	0,0	∞
Rusthållsgatan	Malmöleden	Landskronavägen	2,5	1	30,0	36 500
	Landskronavägen	Planteringsvägen	0,4	2	35,3	5 125
Koppargatan	Planteringsvägen	Industrigatan	0,5	2	17,1	20 500
Industrigatan	Koppargatan	Strandbadsvägen	1,1	1	10,0	326 000

Tab. C.4: Aktuella vägavsnitt jämförda med gränsvärden för antalet transporter från tab. C.3.



### Detaljerad QRA, utsläppta mängder

Kommentarer (enligt [CPR18E]):

1. Ingen skillnad görs på om transporten sker i tankbil eller med lösa containrar.
2. Vissa ämnen som hydrogen transporteras i bulk som komprimerade gaser eller som kondenserade vätskor. Eftersom frekvensen av sådana transporter är liten, jämfört med frekvensen av de ämnen som utgör en större risk, kan dessa ämnen utelämnas.
3. LOC för transporter av radioaktiva och explosiva ämnen är inte samma som för brännbara eller giftiga vätskor och gaser. Eftersom dessa ämnen sällan transporteras behöver de inte tas med i en QRA.
4. Ett utsläpp av 0,5 m<sup>3</sup> från en last med atmosfärstryck resulterar i en liten pöl. Om det inte sker i en tunnel kan oftast ett sådant utsläpp utelämnas i beräkningarna.

### Detaljerad QRA, sannolikheter för olika händelser

Ämneskategori	Antändning	
	Direkt	Fördröjd
LF2, Brännbar vätska, flampunkt < 23°C	0,065	0,065
LF1, Brännbar vätska, flampunkt > 23°C	0,0043	—
GF, Brännbar gas	0,8	0,2

Tab. C.5: Sannolikheten för direkt respektive fördröjd antändning vid utsläpp [CPR18E].

Vid utsläpp av brännbar gas kan BLEVE, jetflamma, flamförbränning, explosion respektive ingen antändning uppstå. Sannolikheten för explosion är dock satt till noll. Vid utsläpp av brännbar vätska kan resultatet bli stor pölbrand (totalhaveri, 1 200 m<sup>2</sup>), mindre pölbrand (5 m<sup>3</sup> strömmar ut, 300 m<sup>2</sup>), liten pölbrand (0,5 m<sup>3</sup> strömmar ut), flamförbränning respektive ingen antändning. [CPR18E] anger dock sannolikheten för flamförbränning till noll och bedömer följderna av en liten pölbrand som försumbara och räknar därför in detta i begreppet ingen antändning. Respektive sannolikhet som redovisas i tab. 9.3 är beräknad ur händelsetråd i [CPR18E] och som utgår från antändningssannolikheterna ur tab. C.5 och vad som nämns i kapitel 9.3.1.

Kommentarer (enligt [CPR18E]):

1. Exponering för giftiga ämnen som uppstår i en förbränning kan försummas
2. Trycksatta transporter som havererar kan ge upphov till tryckvågor och kringflygande fordonsdelar. Risken för detta försummas.
3. Ämnen som är både brandfarliga och giftiga bör behandlas med två olika scenarion.
4. Vid fördröjd antändning av brandfarlig gas bedöms gasmolnets koncentration vara för liten för att en explosion skall ske. I en tunnel finns däremot en sådan risk.

### Detaljerad QRA, Källstyrka och spridning

Avvikelser för utsläppsmodell för fordon jämfört med fasta installationer [CPR18E]:

1. Kontinuerligt utsläpp från en trycksatt fordonstransport förutsätter tvåfasutsläpp och håll med skarpa kanter, med utsläpps koefficient  $C_d = 0,62$ . Utsläppstiden som normalt sätts till 30 minuter skall beräknas med hänsyn till transporterad volym
2. Kontinuerligt utflöde från trycksatt transport skall vara horisontellt i vindriktningen. Jetflammar förutsätts ej träffa något.
3. För momentant utsläpp av tryckkondenserad gas beror utsläppt massa på den adiabatiska flamfraktionen  $\chi$  (adiabatic flash fraction), enligt tab.C.6.

<b>X, (adiabatic flash fraction)</b>	<b>massa i gasmoln (andel av total massa i tank)</b>
$\chi < 0,1$	$2*\chi$
$0,1 \leq \chi < 0,36$	$(0,8*\chi - 0,028)/0,26$
$\chi \geq 0,36$	1

Tab. C.6: Massa i gasmoln efter momentant utsläpp med direkt antändning.

4. Direkt antändning av ett momentant utsläpp av tryckkondenserad brännbar gas förutsätts ge BLEVE, och att allt innehåll i tanken deltar.
5. Ett utsläpp av hela innehållet i en tank med vätska under atmosfärstryck förutsätts ge ett spill med ytan 1 200 m<sup>2</sup>. Ett utsläpp av 5 m<sup>3</sup> vätska ger en spillyta på 300 m<sup>2</sup>.
6. Väderdata bör inhämtas från metrologisk mätstation i aktuellt område. Om möjligt, kan olika vägar inhämta statistik från olika stationer.
7. Lokal ytråhet bör uppskattas. Om möjligt kan ytråheten vara unik för varje väg.
8. Ingen hänsyn behöver tas till kemiska reaktioner i gasmoln.
9. Exponering och skador bör beräknas enligt kapitel 5 i [CPR18E] (Kapitel 9.3.5). Exponeringstid för BLEVE rekommenderas sättas till 20 sekunder.
10. Persontäthet bör beräknas enligt kapitel 5.3 i [CPR18E], för avstånd upp till 300 meter från vägen.

Alla beräkningar och antaganden för de olika ämnena kommer ur [CPR14E] om inget annat framkommer.

#### **Brännbar vätska, LF (Liquid, flammable)**

Alla inom spilllets yta beräknas omkomma om det antänds. Spill med arean 1 200 m<sup>2</sup> respektive 300 m<sup>2</sup> ger en radie på 19,5 och 9,8 meter, vilket avrundas till 20 respektive 10 meter. Dessutom antas alla omkomma som utsätts för en värmestrålning på 35 kW/m<sup>2</sup>. Detta gäller oavsett om man är inomhus eller utomhus.

Med en probitfunktion beräknas sedan värmestrålningen där sannolikheten för död är 50 %. För beräkningarna av massavbrinning och flamhöjd använder [CPR14E] Babrauskas metod för att kunna bestämma hur mycket av strålningen som når valt avstånd. Här används istället den för alla brandingenjörer välkända SFPE-handboken [SFPE, 1988] som beskriver samma Babrauska-modell. Skillnaden är att [SFPE, 1988] har fler ämneskonstanter tillgängliga. Vidare används inte [CPR14E] för beräkning av synfaktor och värmestrålning, som beskriver en mycket detaljerad metod, där två ingångsdata ska utläsas ur diagram som ger en dålig noggrannhet. Istället används [Drysdale, 1992], även den välkänd för brandingenjörer, för att bestämma avståndet till en viss strålningsnivå.

$$\Pr = -36,38 + 2,56 * \ln(Q^{4/3} * t)$$

Ekv. C.1: Probitfunktion för värmestrålning.

Pr = probit relaterat till andelen omkomna

Q = värmestrålning [W/m<sup>2</sup>]

t = exponeringstid

Ur tabell fås att Pr = 5,00 motsvarar 50 % omkomna av exponerade. Exponeringstiden sätts, enligt [CPR14E] till 20 s, eftersom då hinner, om möjligt, de exponerade lämna det farliga området. Ekvation C.1 ger då att hälften av alla som exponeras för en strålning på minst 19,5 kW/m<sup>2</sup> omkommer, vilket avrundas till 20 kW/m<sup>2</sup>. Personer inomhus klarar sig dock helt och antalet omkomna utomhus skall minskas med en faktor 0,14 eftersom kläder beräknas ge ett visst skydd.

För att beräkna brandeffekten används pölarean, massavbrinningen och energin bränslet frigör (ekv. C.2) För pölbränder med stora diametrar kan massavbrinningen för olika bränslen fås direkt ur tabell i [SFPE, 1988]. Även energivärdet fås ur samma tabell. För en bensinbrand med en area på 1 200 m<sup>2</sup> blir brandeffekten 2 019 MW. Med en area på 300 m<sup>2</sup> blir effekten 505 MW. Motsvarande värden för diesel är 1 167 MW respektive 292 MW. Flamhöjderna beräknas enligt ekv. C.3 för 1 200 m<sup>2</sup> bensinbrand till 38 m. För 300 m<sup>2</sup> blir flamhöjden 25 m. Motsvarande värden för dieselbrand blir 23 m respektive 16 m. För att beräkna utsänd strålning från flammorna används ekv. C.4. Ekv. C.5 beräknar sedan hur mycket strålning som träffar ett visst avstånd. Avståndet fås ur tabell i Fire Dynamics [Drysdale, 1992].

$$\dot{q} = \chi * \Delta h_c * \dot{m}'' * A = 0,7 * 43,7 * 0,055 * 1200 = 2019 \text{ MW}$$

Ekv. C.2: Effekt från bensinbrand med förbränningseffektivitet  $\chi$  energiinnehållet  $\Delta h_c$  [MJ/kg], massavbrinningen  $\dot{m}''$  [kg/m<sup>2</sup>s] och arean  $A$  [m<sup>2</sup>].  $\Delta h_c$  för diesel är 39,7 [MJ/kg] och  $\dot{m}''$  är 0,035 [kg/m<sup>2</sup>s] [SFPE, 1988].

$$L = -1,02D + 0,235 * Q^{2/5} = -1,02 * 39 + 0,235 * (2019 * 10^3)^{2/5} = 38 \text{ m}$$

Ekv. C.3: Flamhöjd från pölbrand med diametern  $D$  [m] och effekten  $Q$  [kW] [SFPE, 1988].

$$E = \varepsilon * \sigma * T^4 = 0,9 * 5,67 * 10^{-8} * 1273^4 = 134 \text{ kW/m}^2$$

Ekv. C.4: Avgiven strålning från branden,  $\varepsilon$  är flammans emmissivitet [-],  $\sigma$  är Stefan-Boltzmanns konstant [W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>] och  $T$  är flammans temperatur [K] [Drysdale, 1992].

$$\dot{q}'' = \phi * E \Rightarrow \phi = \frac{\dot{q}''}{E} = \frac{35}{134} = 0,261$$

Ekv. C.5: Beräkningen av synfaktor som används för att läsa ut sökt avstånd [Drysdale, 1992].

Avstånden från ett stort spill på 1 200 m<sup>2</sup> till strålningarna 35 respektive 20 kW/m<sup>2</sup> blir för bensinbrand 10 resp. 17 m och för dieselbrand 6 resp. 10 m. För ett mindre spill på 300 m<sup>2</sup> blir avståndet till 35 respektive 20 kW/m<sup>2</sup> 7 resp. 15 m för bensinbrand och för 5 resp. 10 m för dieselbrand. Dessa avstånd adderas till pölens diameter och redovisas i tab. C.7. Arealen där alla (utomhus och inomhus) omkommer inberäknar pölarean och arean exponerad för minst 35 kW/m<sup>2</sup>. Arealen där 14 % av personer utomhus omkommer är arean som exponeras för 20-35 kW/m<sup>2</sup>. Det är ingen nämnvärd skillnad mellan avstånden för bensin kontra diesel, där pölens diameter är den största faktorn. Detta medför att avgörande för avstånden från pölen beror endast på pölens yta.

Spill	Alla dör	14 % av personer utomhus dör	Alla dör	14 % av personer utomhus dör
Bensin, 1 200 m <sup>2</sup>	30 m	37 m	30 m	35 m
Diesel, 1 200 m <sup>2</sup>	27 m	35 m		
Bensin, 300 m <sup>2</sup>	16 m	20 m	15 m	20 m
Diesel, 300 m <sup>2</sup>	15 m	20 m		

Tab. C.7: Avstånd, från pölens centrum, där personer omkommer.

### Giftig vätska, LT (Liquid, toxic)

Precis som för brännbara vätskor antas två händelser vara möjliga för giftiga vätskor, ett stort spill (1 200 m<sup>2</sup>) respektive ett mindre spill (300 m<sup>2</sup>). Dessa spill ger upphov till gasmoln med giftiga koncentrationer. Som gränsvärden används LC<sub>50</sub>, där hälften av de exponerade beräknas omkomma. Detta värde tas fram med en probitfunktion (bilaga F) som ges i [CPR18E], enligt ekv. C.6, med kemikalieberoende konstanter och Pr = 5,00.

Som typämne för giftig vätska väljs MIC, metylisocyanat som har  $LC_{50} = 5\,405\text{ mg/m}^3$ . För att få fram ytan som exponeras för  $LC_{50}$ -värdet används datorprogrammet [ALOHA], med gaussisk spridningsmodell.

$$\Pr = a + b * \ln(C^n * t) \Rightarrow C = \sqrt[n]{\frac{e^{\frac{\Pr-a}{b}}}{t}} = \sqrt[0,7]{\frac{e^{\frac{5-(-1,2)}{1}}}{30}} = 54,5\text{ mg/m}^3$$

Ekv. C.6:  $LC_{50}$  för MIC, metylisocyanat,  $t$  sätts till 30 minuter.

Spridningen av gaser i luft påverkas mycket av vädret, som delas in i sex stabilitetsklasser, från A som är mycket instabilt till F som är mycket stabilt och där mellantinget kallas neutralt. Eftersom många faktorer kan varieras blir det snabbt många beräkningar. Därför rekommenderar [CPR18E] att sex fall ska användas. Temperatur och luftfuktighet fås ur bilaga E, och delas in i vinter, vår/höst och sommar. Skillnaden i spridning mellan dag och natt var marginell, därför görs ingen skillnad på detta. Plymen antas vara ellipsformad och arean beräknas efter detta. Som synes i tab. C.8 kan det skilja 20 gånger i area beroende på väderförhållanden. Speciellt när vädret är stabilt med ringa vind, då utspädningen med luft blir minimal.

Plymens geometri	Stabilitetsklass och vind [m/s]	Pölarea 300 m <sup>2</sup>			Pölarea 1 200 m <sup>2</sup>		
		Vinter 0 °C	Vår/höst 10 °C	Sommar 20 °C	Vinter 0 °C	Vår/höst 10 °C	Sommar 20 °C
Area [ha]	B 3	0,79	1,27	1,82	2,76	4,25	6,36
	D 1,5	1,89	2,93	4,73	6,67	11,66	20,56
	D 5	1,34	1,96	3,08	5,17	7,42	11,66
	D 9	1,01	1,62	2,51	4,08	6,56	9,82
	E 5	3,00	4,57	7,78	13,19	21,21	39,27
	F 1,5	6,05	8,36	15,27	28,65	39,93	58,20
Längd [m]	B 3	186	237	289	351	444	540
	D 1,5	422	533	676	849	1 100	1 400
	D 5	349	430	544	700	875	1 100
	D 9	306	390	499	618	788	1 000
	E 5	637	808	1 100	1 400	1 800	2 500
	F 1,5	1 100	1 400	1 800	2 400	3 100	3 900
Bredd [m]	B 3	54	68	80	100	122	150
	D 1,5	57	70	89	100	135	187
	D 5	49	58	72	94	108	135
	D 9	42	53	64	84	106	125
	E 5	60	72	90	120	150	200
	F 1,5	70	76	108	152	164	190

Tab. C.8: Plymarea, -längd och -bredd där hälften av de exponerade omkommer, MIC, metylisocyanat.

Används handberäkningar [LTH, 1992] för avdunstning från pöl (kg/s) fås en skillnad mot [ALOHA] på i snitt 18 % för pölarea 1200 m<sup>2</sup>, och 29 % för pölarea 300 m<sup>2</sup> (tab. C.9). Handberäkningarna ger, förutom i ett fall, högre värden än [ALOHA]. En skillnad i modellerna är att Aloha även tar hänsyn till markens beskaffenhet.

Area [m <sup>2</sup> ]	Metod	Dag				Natt				
		B3,0	D1,5	D5,0	D9,0	D1,5	D5,0	D9,0	E5,0	F1,5
300	ALOHA [kg/s]	1,88	1,20	2,65	4,05	1,16	2,58	3,97	2,75	1,31
	LTH, 92 [kg/s]	2,39	1,37	3,60	5,75	1,37	3,60	5,75	3,60	1,37
	Skillnad [%]	27	14	36	42	18	39	45	31	5
1 200	ALOHA [kg/s]	7,13	4,50	10,08	15,43	4,40	9,83	15,15	10,50	5,02
	LTH, 92 [kg/s]	8,32	4,78	12,52	20,04	4,78	12,52	20,04	12,52	4,78
	Skillnad [%]	17	6	24	30	9	27	32	19	-5

Tab. C.9: Jämförelse av resultat för pölavdunstning mellan ALOHA och handberäkningar [LTH, 1992].

Handberäkningar för gaskoncentrationerna ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) på avstånden för  $\text{LC}_{50}$  enligt Aloha, ger en skillnad i snitt på 55 % för den mindre polarean och 42 % för den större polarean (tab. C.10). Handberäkningarna ger lägre koncentrationer än [ALOHA]. Den stora skillnaden här är att handberäkningarna avser utsläpp från punktkälla, medan [ALOHA] räknar på spillyta.

Area [m <sup>2</sup> ]	Metod	Dag			Natt		
		D1,5	D5,0	D9,0	D1,5	D5,0	D9,0
300	LTH, 92 [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	26	24	24	26	24	23
	Skillnad [%]	53	56	57	53	56	57
1 200	LTH, 92 [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]	33	32	31	33	31	30
	Skillnad [%]	39	42	44	41	44	45

Tab. C.10: Jämförelse mellan resultat för koncentrationer mellan ALOHA ( $55 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) och handberäkningar [LTH, 1992].

### Brännbar gas, GF (Gas, flammable)

Tre händelser bedöms kunna uppstå vid utsläpp av brännbar gas: BLEVE, jetflamma och flamförbränning. Alla som finns inom flamfronten samt exponerade för en strålning på minst  $35 \text{ kW}/\text{m}^2$  omkommer. Dessutom används samma probitfunktion som för brännbara vätskor för att bedöma värmeinstrålningen där hälften av de exponerade omkommer, vilket är redan framräknat till  $20 \text{ kW}/\text{m}^2$ . Flamförbränningen innebär att gasmolnet antänds och brinner av momentant, vilket gör att endast de inom flamfronten avlider. För BLEVE tillkommer även en tryckvåg.

#### BLEVE

BLEVE står för boiling liquid expanding vapour explosion och uppstår när vätskestrycket i en kondenserad brandfarlig gas blir så stort så tanken rämmer. Rämmer tanken p.g.a. brand kommer all vätska att förångas momentant, vilket ger en volymökning på upp till 2 000 gånger. Antänds sedan detta enorma gasmoln uppstår ett eldklot med en diameter upp till flera hundra meter med en mycket stor värmeinstrålning som antänder omgivningen. Dessutom har tryckvågen redan slagit sönder allt inom kanske upp till en kilometers radie vilket gör det lätt för bränder att få fäste. Metallskrot från tanken slungas iväg upp till en kilometer. Volymen på klotet med 25 ton gasol (propan) helt förångat blir, enligt ekv. C.7,  $336\,000 \text{ m}^3$ , vilket ger en radie på 68 meter enligt ekv. C.9.

$$V_c = \frac{100 * m}{\rho * c_s} = \frac{100 * 25 * 10^3}{1,86 * 4} = 336021 \text{ m}^3$$

Ekv. C.7: Volymen på gasklotet,  $\rho$  är gasens densitet [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ] och  $c_s$  är stökiometrisk koncentration [%].

$$E = \Delta h_c * V_c = 3,46 * 10^6 * 336021 = 1,16 * 10^{12} \text{ J}$$

Ekv. C.8: Eldklotets energiinnehåll,  $\Delta h_c$  är förbränningsvärme [ $\text{J}/\text{m}^3$ ] för propan.

$$r_0 = \sqrt[3]{\frac{3 * E}{E_V * \pi}} = \sqrt[3]{\frac{3 * 1,16 * 10^{12}}{3,46 * 10^6 * \pi}} = 68 \text{ m}$$

Ekv. C.9: Eldklotets radie,  $E_V$  är en variabel med vanligt värde för kolväten [ $\text{J}/\text{m}^3$ ].

$$H = 0,75 * D = 0,75 * 2 * r_0 = 0,75 * 2 * 68 = 102 \text{ m}$$

Ekv. C.10: Höjden till centrum för eldklotet.

Alla, inomhus och utomhus, omkommer enligt [CPR18E], vid en tryckvåg på 0,3 bar. 1,25 % av personer inomhus omkommer vid en tryckvåg på 0,1 bar av byggnadskollaps och splitter. Avståndet till tryckvågens gränsvärde fås ur ekv. C.10.

Tryckvågsintensiteterna 0,3 bar respektive 0,1 bar ger  $r'$  1,5 respektive 3, vilket ger ett avstånd på 340 respektive 680 meter från eldklotets centrum. I tab. C.9 visas resultatet uttryckt i hektar för båda sidor av vägen.

$$r = r' * \sqrt[3]{\frac{E}{p_a}} = r' * \sqrt[3]{\frac{1,16 * 10^{12}}{1 * 10^5}} = r' * 227 = 1,5 * 227 = 340$$

Ekv. C.11: Avstånd till viss tryckvågsintensitet,  $p_a$  är atmosfärstrycket och  $r'$  fås ur diagram i [CPR14E].

Samma resonemang för värmestrålning gäller för BLEVE, som för pölbrand. Avståndet beräknas till gränsvärdena 20 respektive 35 kW/m<sup>2</sup>. Beräkningsgången i [CPR14E] för strålning BLEVE till ett visst avstånd sker i 14 steg. Skall istället avståndet beräknas till en specifik strålning, blir det ytterligare komplicerat. Därför används istället [Drysdale, 1992], som är betydligt enklare (ekv. C.5). Resultatet (tab. C.11) visar att avståndet till var personer omkommer helt avgörs av tryckvågen. Avståndet till markplan är framräknat med höjden till BLEVE-centrum och Pythagoras sats.

$$X = \sqrt{\frac{\tau * X_E * m * \Delta h_c}{\pi * t_{BLEVE} * 4 * q_X''}} = \sqrt{\frac{0,6 * 0,3 * 25 * 10^3 * 3,46 * 10^3}{\pi * 20 * 4 * 35}} = 42m$$

Ekv. C.12: Avstånd till viss strålning, från BLEVE-ytan, där  $\tau$  är transmitterad strålning [-],  $X_E$  är strålningsandel [-],  $\Delta h_c$  är förbränningsvärme [kJ/kg],  $t_{BLEVE}$  är varaktighet (20 s enligt [CPR18E]) och  $q_X$  är vald strålning [Kw/m<sup>2</sup>] [Drysdale, 1992].

Händelse	Alla omkommer av tryckvåg	1,25 % av personer inomhus omkommer av ras (tryckvåg)	Alla omkommer av strålning	14 % av personer utomhus dör av strålning
Avstånd från BLEVE-centrum	340 m	680 m	110 m	124 m
Avstånd längs markplan	324 m	672 m	41 m	71 m
Area	33 ha	109 ha	0,5 ha	1,1 ha

Tab. C.11: Avstånd, från BLEVE-centrum, där personer omkommer.

### Jetflamma

Enligt kapitel 9.3.1 förutsätts tvåfasutsläpp genom ventil med diameter 50 mm, parallellt med marken i vindriktningen. För beräkning används GASOL, ett datorprogram som ingår i [RIB]. Simuleringar har gjorts genom att variera indata (tab. C.12). Från temperaturstatistik (bilaga E) fås medeltemperatur för vinter (0°C), vår/höst (10°C) och sommar (20°C). Tab. C.10 redovisar valda indata. Detta ger en jetflamma med längden 32, 39 respektive 45 meter. För individ- och samhällsrisk är skillnaden i tioalet meter marginell. Därför väljs en medellängd på 40 m., d.v.s. 6 m. Precis som tidigare används 35 och 20 kW/m<sup>2</sup> som gränsvärde. Jetflamman förutsätts vinkelrät ut från väggkanten. Flammans sida beräknas som en fyrkant med bredden 40 m och höjden 6 m. Arean på spetsen beräknas som cirkel med diametern 6 m, vilket görs om till en kvadrat med samma area. Flamtemperaturen (T) sätts till 1700 K och emissiviteten ( $\epsilon$ ) sätts till 0,5. Enligt ekv. C.4 blir avgiven effekt 237 kW/m<sup>2</sup>. Avståndet till värmestrålningen från jetflamman beräknas genom ekv. C.5, där flammans diameter är 0,15\*L [FOA, 1998]. Tab. C.13 redovisar resultaten.

Temperatur [°C]	0, 10 resp. 20	Massa [kg]	20 300 – 20 400
Övertryck [bar]	5, 8,5 resp. 12	Lufttryck [mmHg]	760
Tankdiameter [m]	2,4	Luftfuktighet [%]	60
Tanklängd [m]	11	Vind [m/s; m]	3; 10
Fyllnadsgrad [%]	80	Tidpunkt	Dag, klar himmel

Tab. C.12: Indata i GASOL, [RIB].

Mått	Jetflamma	35 kW/m <sup>2</sup>	20 kW/m <sup>2</sup>
Längd [m]	40	3	4
Bredd [m]	6	12	16

Tab. C.13: Mått på jetflamma och avstånd från jetflamma.

### Flamförbränning

Brännbar gas kan släppas ut momentant och kontinuerligt utan att antändas direkt. Utsläppta mängder blir samma som vid BLEVE resp. jetflamma. [CPR18E] anser att endast de som befinner sig inom gasmolnet när det antänds omkommer. Varaktigheten är så kort så brännskador från värmestrålning ej hinner uppkomma. Beräkningarna i GASOL för jetflamma ger även utbredningen för flamförbränningen, vilket är den del av gasmolnet som når upp till undre brännbarhetsgränsen för propan. Detta visas i tab. C.14.

Mått	Momentant utsläpp	Kontinuerligt utsläpp
Längd [m]	5	5
Bredd [m]	18	3

Tab. C.14: Mått på antänt gasmoln vid flamförbränning.

### Giftig gas, GT (Gas, toxic)

Två händelser bedöms möjliga, ett momentant utsläpp där tanken rämnar och ett kontinuerligt tvåfasutsläpp genom ett hål med arean 50 mm. [CPR18E] anger en probitfunktion för LC<sub>50</sub> för svaveldioxid. Resultatet 2 132 ppm är orimligt stort. En jämförelse mellan olika referenser och deras indata för probitfunktionen görs i bilaga F. Vid kontinuerligt utsläpps bedöms personer vara exponerade för gasen i 30 minuter. LC<sub>50</sub>-värdet för en sådan exponering av svaveldioxid sätts till 750 ppm [FOI, 2002]. Därefter används datorprogrammet BfK i [RIB] för att beräkna avstånd och areor till dödliga koncentrationer, eftersom det är särskilt utformat för transporter med kondenserade giftiga gaser. LC<sub>50</sub>-värdet för exponerade för gas efter ett momentant utsläpp sätts till 1 255 ppm, vilket fås ur [CPQRA] med 15 minuters exponering, eftersom den exponeringstiden bedöms bli kortare. Gasmolnen driver förbi en punkt på 8-18 minuter beroende på väderförhållande. Undantaget är stabilitetsklass F på sommarens där exponeringstiden är 22 minuter, vilket ger ett LC<sub>50</sub>-värde på 856 ppm.

För beräkning av konsekvenserna av ett momentant utsläpp svaveldioxid sker handberäkningar enligt flödesschema som beskrivs i [FOA, 1998], kap. 8, Appendix 2. Beräkningarna sker i fyra steg där utdata från ett steg blir indata till nästa steg. Resultatet redovisas i tab. C.15.

#### Steg 1: Adiabatisk förångning

En del av den utsläppta mängden förångas vilket tar energi från resterande mängd som kyls ner till kokpunkten (-10°C för SO<sub>2</sub>). Ju varmare ursprungstemperaturen är, ju mer hinner förångas. Den bildade vätskepoelen kommer att kyla ner marken och kommer inte att förångas, och ingår därför inte i beräkningarna. [LTH, 1992] kap. 2.9.2, [FOA, 1998], ekv. 5:1. För bestämning av andel mängd som förångas används tab. C.6. Beräkningarna ger en gasmängd på 1,7-5,2 ton svaveldioxid.

#### Steg 2: Puff (momentan jet)

Det initiala gasmolnet uppstår vid den momentana förångningen, där utsläppets geometri beror på förångad mängd samt ämnets fysikaliska och kemiska egenskaper. Utbredningen är cirkulär och har en radie i vårt fall på 19-202 meter. [FOA, 1998], kap. 8.6.2.

*Steg 3: Tunggasspridning*

Svaveldioxid är klart tyngre än luft och utsläppet kan därmed beskrivas med en modell för spridning av tung gas. Det är ämnets fysikaliska egenskaper som avgör molnets geometriska utbredning, som samtidigt förflyttas i sidled av vinden. Resultatet varierar mellan 41-3 685 m. [FOA, 1998], kap. 8.9.1-8.9.3.

*Steg 4: Gaussisk spridning*

Efterhand som luft blandas in i gasmolnet sjunker dess densitet och slutligen sker en passiv spridning som beskrivs bäst med en gaussisk spridningsmodell. Nu är det vädrets egenskaper som påverkar spridningen mest. Speciellt är det stabilitetsklassen och vindhastigheten som styr. [FOA 1998], kap. 8.9.4 och 8.10.

Plymens geometri	Stabilitetsklass och vind [m/s]	Kontinuerligt			Momentant		
		Vinter 0 °C	Vår/höst 10 °C	Sommar 20 °C	Vinter 0 °C	Vår/höst 10°C	Sommar 20°C
Area [ha]	B 3	0,21	0,37	0,54	3,6	7,2	11,3
	D 1,5	1,59	2,82	4,16	14,3	40,9	57,5
	D 5	0,19	0,32	0,44	2,6	5,4	8,2
	D 9	0,09	0,17	0,23	1,5	2,2	4,2
	E 5	0,38	0,63	0,96	6,9	13,1	19,6
	F 1,5	4,86	8,64	12,07	60,2	88,0	151,2
Längd [m]	B 3	99	131	160	203	273	332
	D 1,5	294	395	482	366	739	851
	D 5	131	168	198	208	297	348
	D 9	98	125	147	245	287	369
	E 5	228	298	359	373	480	566
	F 1,5	619	786	915	952	1 080	1 423
Bredd [m]	B 3	27	36	43	179	265	341
	D 1,5	69	91	110	391	553	676
	D 5	18	24	28	123	183	236
	D 9	12	17	20	62	77	113
	E 5	21	27	34	185	272	347
	F 1,5	100	140	168	632	815	1 063

Tab. C.15: Plymarea, -längd och -bredd där hälften av de exponerade omkommer, SO<sub>2</sub>, svaveldioxid.

**Beräkning av individrisk**

När sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser beräknats tas individrisken fram. Individrisken visar sannolikheten för en person att omkomma under året, om personen vistas på samma punkt under hela året. Individrisken genererad av en fast installation, ex.vis industrianläggning, redovisas i isobarer runt riskkällan. Det gör att individrisken varierar i x- och y-led. För en led för farligt gods förflyttas riskkällan längs en linje, det gör att individrisken varierar endast med avståndet från vägen. Detta gäller om sannolikheten för ett utsläpp anses lika stor längs hela vägen, vilket är fallet i Helsingborg. I [CPR18E] tas endast hänsyn till vägstandarden (motorväg, stadsgata eller landsväg). Det går att linjärt variera utsläppssannolikheten mot verklig olycksstatistik, men underlaget är för litet för att kunna dra några slutsatser av detta.

*Indata*

$n_f$  = antal fordon med aktuellt ämne [ $\text{år}^{-1}$ ]

$l$  = väglängd [km]

$f_u$  = utsläppsfrekvens [fordonskilometer<sup>-1</sup>] (tab. 9.2)

$p_h$  = sannolikhet för aktuell händelse (tab. 9.3)

$b_h$  = utsläppets dödliga bredd orsakad av aktuell händelse [km]



$$LOC = n_f * l * f_u [\text{år}^{-1}]$$

Ekv. C.13: LOC, loss of containment events, sannolikheten för en olycka med aktuellt ämne.

$$p_e = \frac{b_h}{l}$$

Ekv. C.14:  $P_e$ , sannolikheten att en viss punkt intill vägen exponeras för en viss händelses ev. utsläpp.

$$P_{tot} = LOC * p_h * p_e = n_f * l * f_u * p_h * \frac{b_h}{l} = n_f * f_u * p_h * b_h$$

Ekv. C.15:  $P_{tot}$ , sannolikheten att en viss punkt intill vägen verkligen exponeras för ett visst utsläpp.

Detta kopplas sedan till sannolikheten för olika konsekvenser skall ske. Det beror på om det är dagtid/natttid, årstid, väderstabilitet och vindriktning. Pölbrand, BLEVE och puffen som uppstår initialt vid ett momentant utsläpp av kondenserad gas drabbar båda sidor av vägen. Övriga händelser drabbar en sida. För jetflamma och flammförbränning är fördelningen 50-50. För giftiga avgörs det av vindriktningen. Dessa sannolikheter multipliceras ihop med  $P_{tot}$ , för att få fram sannolikheten för just den konsekvensen.

Vid framtagning av individrisken beräknas sannolikheten för att en viss punkt längs vägen exponeras när ett utsläpp sker efter en händelse. Sedan kopplas detta till maximala avståndet för LC<sub>50</sub>-gränsvärdet för att få fram just den händelsens bidrag till den totala individrisken. Slutligen summeras alla händelser som når respektive punkt. [CPR18E] anger att intervallet upp till 300 meters avstånd skall vara 25 m. Från 300 meter kan man använda större intervall. Individriskkonturerna  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$ , och  $10^{-8}$  skall beräknas.

[CPR18E] tar endast hänsyn till brännbara ämnen och gifter som transporteras som gas eller vätska i bulk. För Oljehamnen är fördelningen mellan LF1 och LF2 känd, i övrigt antas 60 % utgöras av LF1 och 40 % av LF2. Övriga alternativ förutsätts vara ensamma som led för farligt gods och transporterar därför alla mängderna. Malmöleden och Oljehamnsleden förutsätts transportera allt till hamnen och färjorna, medan Koppargatan förutsätts transportera allt till bensinstationerna och industrierna (med undantag av 985 transporter brandfarlig vätska till Bostik och Flint Ink som går via Malmöleden-Oljehamnsleden-Gasmästaregatan-Sydhamnsgatan). Gasmästaregatan-Sydhamnsgatan är idag led för farligt gods [Helsingborg, 1999] och förutsätts transportera en mindre del av transportererna på Malmöleden-Oljehamnsleden. Förutom nyss nämnda antal transporter brännbara vätskor (985) antas en transport i månaden av övriga kategorier.

### Beräkning av samhällsrisk

Vid beräkning av samhällsrisken går man till väga på liknande sätt som för individrisken. Dessutom kopplar man det till hur många personer som vistas i omgivningen. Till skillnad mot beräkningen av individrisk så måste nu hänsyn tas till vägsträckans längd. Ju längre sträckan är, ju större sannolikhet är det för att en olycka skall ske.

#### Indata

$n_f$  = antal fordon med aktuellt ämne [ $\text{år}^{-1}$ ]

$l$  = väglängd [km]

$f_u$  = utsläppsfrekvens [fordonskilometer<sup>-1</sup>] (tab. 9.2)

$p_h$  = sannolikhet för aktuell händelse (tab. 9.3)

$$LOC = n_f * l * f_u [\text{år}^{-1}]$$

Ekv. C.16: LOC, loss of containment events, sannolikheten för en olycka med aktuellt ämne.

$$p_{tot} = LOC * p_h = n_f * l * f_u * p_h = n_f * l * f_u * p_h$$

Ekv. C.17:  $P_{tot}$ , sannolikheten att en viss punkt intill vägen verkligen exponeras för ett visst utsläpp.

Detta värde kopplas sedan till hur stor area där ett visst antal personer omkommer. Skillnad görs för dagtid kontra nattetid enligt tab. 9.9.

Precis som för individrisk vägs sannolikheten för respektive händelse in. Det är sannolikheten för dagtid/nattetid, årstid, stabilitetsklass och vindriktning som påverkar denna.

## BILAGA D - CPQRA

Samma indelning i stabilitetsklasser görs som för den holländska metoden [CPR18E]. Dock justeras några vindhastigheter för att bättre stämma med uppmätta värden redovisade i tab. 10.1 [SMHI, 2003].

Inom klass 1 transporteras årligen 721 transporter, av vilka hälften (360) uppskattas vara klass 1.1, massexplosiva ämnen. Inom klass 5 transporteras 1 600 transporter per år. Andelen transporter inom varje klass redovisas i tab. 10.5 och förklaringen till övriga ämnens antal ges i bilaga C.

### Klass 1, Explosiva ämnen, TNT

Använt exempel i [CPQRA]: Ex. 2.37

Skador orsakas av tryckvåg, inomhusvistelse ger inget skydd. [CPQRA]

[CPQRA] beräknar tryckvågens till 3 psi (0,21 bar) där byggnader antas raseras och hälften av de exponerade omkommer. 15 ton är maximalt tillåten last för massexplosiva ämnen. En explosion ger då ett avstånd till 3 psi på 195 m. Med cirkulär utbredning ger detta en area på 11,9 hektar. Med reducering för bebyggelsefri zon om 50 meter på vardera sidan om vägen fås en area på 8,1 hektar. Areal efter reducering beräknas enligt ekv. D.1, som är härledd ur areaformeln för cirkelsegment. Som jämförelse ger 10 ton TNT ett avstånd på 170 m till 3 psi. Motsvarande värden för 20 och 25 ton är 215 respektive 231 m.

$$A = r^2 * \left[ \frac{\pi * \arccos\left(\frac{l}{r}\right)}{180} - \frac{\sin\left(2 * \arccos\left(\frac{l}{r}\right)\right)}{2} \right]$$

Ekv. D.1. Areal efter reducering för bebyggelsefri zon, för en sida av vägen.  $l$  = längden för bebyggelsefri zon (i detta fall 50 m),  $r$  = radien på cirkeln där alla antas omkomma.

### Klass 2, Brännbar gas, propan

BLEVE

Använda exempel i [CPQRA]: Ex. 2.27, 2.35 och 2.36

Skador orsakas av strålning, inomhusvistelse ger inget skydd [CPQRA].

Med en massa på 25 ton fås en diameter ( $D_{\max}$ ) på 170 m, höjd ( $H_{\max}$ ) på 127 m och tiden ( $t$ ) på 14,1 s. Sedan använder [CPQRA] en probitfunktion och ett diagram som anger att värmestrålning som krävs för att hälften ska omkomma är 47 respektive 66  $\text{kW/m}^2$ . Detta är mycket höga och klart orimliga värde, då en strålning på 30  $\text{kW/m}^2$  antänder spånskivor momentant. En strålning på 20  $\text{kW/m}^2$  ger en omedelbar outhärdlig smärta och används i [CPR18E] (den holländska metoden) som  $LC_{50}$ -värde. Detta värde används även här. För beräkning av mottagen strålning används två olika ekvationer som ger ett avstånd på 180 m respektive 300 m, vilket ger ett medelvärde på 240 m. Avstånd till  $LC_{50}$  sätts alltså till 240 m. Som jämförelse kan nämnas motsvarande resultat från [CPR18E]:  $D_{\max} = 136$  m,  $H_{\max} = 127$  m och maximalt avstånd till dödlig strålning = 110 m.

### *Jetflamma*

Använda exempel i [CPQRA]: Ex. 2.4, 2.31 och 2.35

Skador orsakas av strålning, inomhusvistelse ger fullgott skydd [CPQRA].

För beräkning av jetflamma från gasol finns i [CPQRA] tre formler (2.2.66 – 2.2.68) för beräkning av flamlängd, flambredd och avstånd till LC<sub>50</sub>-strålning. Jetflamman förutsätts, enligt [CPQRA], vara riktad rakt uppåt och ger då ett utsläpp i gasfas. Med en hålarea på 50 mm ges ett massflöde på 2,7, 4,2 och 5,6 kg/s för 0, 10 respektive 20°C. Detta ger ett avstånd till LC<sub>50</sub> på 10, 12 respektive 14 m, vilket sammanjämkas till 12 m. I kapitel 8 förutsätts jetflamman gå parallellt med markplan och får då en längd på 40 m vilket är ca. dubbelt så långt som den jetflamman som enligt [CPQRA] skall gå rakt upp. Det ger en god överensstämmelse mellan beräkningsmetoderna.

### *Flamförbränning*

Använda exempel i [CPQRA]: Ex. 2.1 och 2.35

Skador orsakas av brännskador, inomhusvistelse ger begränsat skydd [CPQRA].

Massflödet ges till 0,06 m<sup>3</sup>/s för en hålarea på 50 mm och 5 bars övertryck. Tid för fördröjd antändning sätts till 5 minuter. Detta ger i sin tur ett avstånd på 572 m till den undre brännbarhetsgränsen för gasol (2,1 vol%) för vindhastigheter på 1-5 m/s, vilket är den dominerande vindhastigheten. Med antagandet om en plymvinkel på 15 grader ger detta en area på 4,3 ha. En vindhastighet på 9 m/s ger en plymlängd på 382 m och en plymarea på 1,9 ha. För beräkning av individrisk bedöms bredden på utsläppet vara kvoten mellan arean och längden. Det ger en bredd på 75 respektive 50 meter. För att förenkla beräkningarna används endast de lägre vindhastigheterna.

Resultatet från GASOL i [RIB] ger endast ett hundratal kvadratmeter, vilket rimligtvis bör vara alldeles för litet. Vid ett gasolläckage från en lastbil i Stockholm 980213 uppstod ett gasmoln med en diameter på ett par hundra meter. Det var en ventil som läckte som orsakade utsläppet. Hade slangen lossnat helt hade gasmolnet blivit ännu större.

## **Klass 2, Giftig kondenserad gas, svaveldioxid**

### *Kontinuerligt utsläpp*

Använda exempel i [CPQRA]: Ex. 2.1, 2.8, 2.16 och 2.33

Inomhusvistelse ger bra skydd [CPQRA].

En hålarea på 50 mm ger ett massflöde efter flash på 2,7, 4,7 och 7,1 kg/s för 0, 10 respektive 20°C. Ekvationer för stadsmiljö (urban) används. LC<sub>50</sub>-värde ges till 627 ppm för 30 minuters exponering. Resultatet varierar mellan 0,05 och 1,27 hektar där hälften av de exponerade omkommer, vilket används som area där alla antas omkomma. Detta eftersom inte alla innanför dör, och några dör utanför.

### *Momentant utsläpp*

Använda exempel i [CPQRA]: Ex. 2.8, 2.15ab och 2.15

Inomhusvistelse ger bra skydd [CPQRA].

Vid ett momentant utsläpp av svaveldioxid kommer den största andelen av vätskan att bilda en pöl som har en temperatur under svaveldioxids kokpunkt (-10°C), resten förångas i en flash. Total andel vätska är 24 500 kg. Som LC<sub>50</sub>-värde väljs 1 255 ppm, vilket motsvarar 15 minuters exponering.

Plymens geometri	Stabilitetsklass och vind [m/s]	Kontinuerligt			Momentant		
		Vinter 0°C	Vår/höst 10°C	Sommar 20°C	Vinter 0 °C	Vår/höst 10 °C	Sommar 20 °C
Area [ha]	B 3	0,08	0,15	0,24	2,8	3,3	3,9
	D 2,0	0,25	0,45	0,74	12,6	15,3	17,9
	D 5	0,09	0,17	0,28	12,6	15,3	17,9
	D 9	0,05	0,09	0,15	12,6	15,3	17,9
	E 5	0,26	0,50	0,87	28,5	34,5	40,6
	F 2,0	0,75	1,56	2,81	92,6	112,7	133,1
Längd [m]	B 3	40	60	70	573	631	685
	D 2,0	110	150	190	1 976	2 180	2 369
	D 5	60	90	120	1 976	2 180	2 369
	D 9	50	60	80	1 976	2 180	2 369
	E 5	140	200	270	3 747	4 143	4 510
	F 2,0	250	360	490	9 990	11 066	12 064
Bredd [m]	B 3	21	26	34	48	53	57
	D 2,0	23	30	39	64	70	76
	D 5	15	19	23	64	70	76
	D 9	10	15	18	64	70	76
	E 5	18	25	32	76	83	90
	F 2,0	31	43	57	93	102	76

Tab. D.1: Plymarea, -längd och -bredd där hälften av de exponerade omkommer, SO<sub>2</sub>, svaveldioxid

En jämförelse med resultaten för SO<sub>2</sub>-utsläpp i kapitel 9 visar en god överensstämmelse. Undantaget är låga vindhastigheter (0-2 m/s) där större areor fås i kapitel 9. Resultaten vid så låga vindhastigheter måste tolkas försiktigt. Mycket liten luftinblandning sker och höga koncentrationer farlig gas bibehålls under lång tid. Dessutom kan en vindkantring ske och molnet driver då åt ett annat håll. Resultaten från kapitel 9 (BfK i [RIB] och handberäkningar [FOA, 1998] ger högre värden och känns mer korrekta. Anmärkningsvärt är också att [CPQRA] inte ger någon skillnad mellan de olika vindhastigheterna inom stabilitetsklass D.

### Klass 3, Brandfarlig vätska, bensin/diesel

Använda exempel i [CPQRA]: Ex. 2.8 och 2.16

Inomhusvistelse ger fullgott skydd [CPQRA].

Istället för att räkna på möjliga håldiametrar förutsätts ett kontinuerligt utsläpp generera en pölarea om 300 m<sup>2</sup> med en diameter på 20 m. Ett momentant utsläppt antas ge en pölarea om 1 200 m<sup>2</sup> med en diameter på 40 m. Med samma resonemang som för brandfarlig gas väljs 20 kW/m<sup>2</sup> som LC<sub>50</sub>-värde. Detta ger ett avstånd till vald strålningsnivå på 10 meter. Total area där alla antas omkomma blir 0,13 hektar för kontinuerligt utsläpp och 0,28 hektar för momentant utsläpp. Detta stämmer väl överens med resultatet från kapitel 9 (CPR18E).

### Klass 5, Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Använt exempel i [CPQRA]: Ex. 2.37

Skador orsakas av tryckvåg, inomhusvistelse ger inget skydd [CPQRA].

Om ämnen från klass 5 blandas med brännbara ämnen bildas ett explosivt ämne, fullt i klass med massexplosiva ämnen från klass 1. Enligt [Göteborg, 1999] kan en last med ämne från klass tillsammans med lastbilens drivmedel ge en explosiv blandning motsvarande 3 ton TNT. Detta ger enligt [CPQRA] ett avstånd på 114 meter till trycket 3 psi (0,21 bar) som antas rasera alla byggnader och döda 50 % av de exponerade. Detta ger en area på 4,1 hektar. Minskas arean med en bebyggelsefri zon om 50 meter på

vardera sidan om vägen blir det 1,9 hektar (ekv. D.1). Som jämförelse ger 2 ton TNT ett avstånd på 100 m, 5 ton ger ett avstånd på 135 m.

Sannolikheten för att en transport med klass 5 skall orsaka en explosion anges i [Göteborg, 1999] till  $2,25 \cdot 10^{-9}$  per fordonskilometer.

### Klass 6, Giftig vätska, epiklorhydrin ( $C_3H_5ClO$ )

Använda exempel i [CPQRA]: Ex. 2.10, 2.13

Inomhusvistelse ger bra skydd [CPQRA].

Pölens som uppstår vid läckage antas vara  $300 \text{ m}^2$  med diametern 20 m. Epiklorhydrin har en molmassa på 92,5 g/mol och har ett IDLH-värde enligt [RIB] på 75 ppm. Tab. D.2 visar avstånd från pölkanten för IDLH. Då koncentrationen snabbt sjunker vinkelrätt från vindriktningen ges arean av en rektangel med pöldiametern som kortsida och pöldiametern plus avstånd till IDLH som långsida. Detta redovisas i tab. 10.4. Bredden används för sannolikheten att exponeras för ett utsläpp i beräkningen av individrisk och ges av pöldiametern. För att kontrollera rimligheten i resultaten har samma förutsättningar använts i [ALOHA] och koncentrationerna har plottats på avstånden för respektive väderförutsättning enligt tab. D.2. [ALOHA] ger en koncentration på mellan 70 och 100 ppm, vilket får anses stämma väl överens med resultaten från [CPQRA].

Utsläpp	Kontinuerligt						Momentant					
	B3,0	D2,0	D5,0	D9,0	E5,0	F2,0	B3,0	D2,0	D5,0	D9,0	E5,0	F2,0
Vinter	12	27	17	13	27	44	24	56	35	26	56	89
Vår/höst	16	37	23	17	37	58	31	75	47	34	74	120
Sommar	20	48	30	22	48	77	41	100	62	45	99	159

Tab. D.2: Avstånd [m] till IDLH för epiklorhydrin [CPQRA].

### Frekvens för olyckor med farligt gods, VTI

VTI-modellen [SRV, 1996] bygger på en ekvation (ekv. D.2).

$$FG = O * (Y * X + (1 - Y) * (2 * X - X^2))$$

Ekv. D.2: Antal fordon lastade med farligt gods i trafikolyckor/år, där  $O$  är antal polisrapporterade olyckor,  $Y$  är andelen singelolyckor och  $X$  är andelen transporter med farligt gods [SRV, 1996].

Då ingen vägsträcka har tillräckligt många inträffade olyckor används indexvärden ur tabell i [VTI, 1996]. Indata till ekv. D.1 ges i tabell D.3.

Vägavsnitt och vägtyp M, Motorväg TL, Trafikled G, Gata/väg FF, Flerfältsväg	Hastighet [km/h]	Längd [km]	ÅDT [transporter/dygn]	Trafikarbete [miljon fordonskm]	Olyckor [per år]	Olyckskvot (schablon) [per år]	Olyckor (schablon) [per år]	Andel singelolyckor	Index för farligt gods-olycka	
		a	b	c	O	O/c	O	Y	i	
<b>Malmöleden</b>										
trp Ättekulla – trp Ramlösa	M	110	2,2	20 570	16,52	6,35	0,26	4,29	0,60	0,42
trp Ramlösa – trp Elineberg	M	90	1,4	23 640	12,08	0,71	0,32	3,87	0,50	0,34
trp Elineberg – trp Högaborg	M	70	0,5	27 390	5,00	12,00	0,60	3,00	0,30	0,13
trp Högaborg – Södergatan	TL	70	0,5	21 050	3,84	8,82	0,80	3,07	2,01	0,10
<b>Oljehamnsleden</b>	TL	50	0,4	9 200	1,34	1,76	1,50	2,01	0,10	0,02
<b>Gasmästaregatan</b>	G	50	0,7	4 700	1,2	0,71	1,20	1,44	0,15	0,03
<b>Sydhamnsgatan</b>	G	50	0,5	1 800	0,33	0,35	1,20	0,39	0,15	0,03
<b>Rusthållsgatan</b>										
Malmöleden – Landskronavägen	FF	70	2,5	5 100	4,65	9,18	0,60	2,79	0,30	0,13
Landskronavägen – Planteringsvägen	G	50	0,4	2 800	0,41	1,06	1,20	0,49	0,15	0,03
<b>Koppargatan</b>	G	50	0,5	2 700	0,49	1,06	1,20	0,59	0,15	0,03
<b>Lagmansgatan</b>	TL	50	0,6	10 400	2,28	2,82	1,50	3,42	0,10	0,02
<b>Rännarbanan</b>										
Rusthållsgatan – Lagmansgatan	TL	50	0,4	1 000	0,15	0,35	1,50	0,22	0,10	0,02
Lagmansgatan – Planteringsvägen	TL	50	0,5	1 000	0,18	1,41	1,50	0,27	0,10	0,02
<b>Stickspåret</b>	TL	50	0,7	9 200*	2,35	—	1,50	3,53	0,10	0,02

Tab. D.3: Indata för olika vägavsnitt till [SRV, 1996]. \* Då Stickspåret inte finns används ÅDT för Oljehamnsleden.

### Klass 1, Explosiva ämnen och föremål

[SRV, 1996] tar inte hänsyn till massexplosiva ämnen. Därför används ekv. 10.1 för att få fram sannolikheten för en olycka ska med farligt gods och sedan används antagande att fem procent (0,05) av olyckorna ger en antändning av lasten. Som jämförelse använder [Göteborg, 1999] antagandet att i tio procent av olyckorna antänds lasten.

### Klass 2, Gaser

Vid beräkning av grundsannolikheterna skiljer sig inte brännbara och giftiga gaser åt. Däremot skiljer det sig då sannolikheten för skador vid ett brännbart utsläpp är beroende av om antändning sker eller ej.

#### LPG

Enligt [VTI, 1996] kan utsläpp av gasol vara små, medelstora och stora. De små utsläppen försummas och medelstora och stora utsläpp slås samman till en sannolikhet (0,375). Händelserna som kan inträffa är BLEVE, jetflamma, flammförbränning och ingen antändning. [SRV, 1996] anger sannolikheterna för BLEVE, jetflamma respektive flammförbränning till 0,12, 0,18 och 0,40.

*Kondenserade giftiga gaser*

Precis som för brännbara gaser försummas de små utsläppen. Däremot görs skillnad på medelstora utsläpp (kontinuerligt) och stora (momentant) och deras sannolikheter är satta till 0,208 respektive 0,167.

**Klass 3, Brandfarliga vätskor**

Sannolikheterna för stora (1 200 m<sup>2</sup>) utsläpp respektive medelstora (300 m<sup>2</sup>) är satta till 0,25 vardera. Sannolikheten för antändning sätts till 0,02 för bensin och 0 för eldningsolja. Det viktas samman till en sannolikhet om 0,08 då 40% av transporterna består av bensin och 60% består av diesel/eldningsolja. Effekterna av små pölbränder kan försummas.

**Klass 5, Oxiderande ämnen och organiska peroxider**

[VTI, 1996] tar inte upp klass 5. Därför beräknas grundsannolikheten för att en olycka med farligt gods ska ske, och sedan används antaganden från [Göteborg, 1999]. För att en större olycka ska ske måste drivmedelstankarna gå sönder. Sannolikheten för detta sätts till 0,15 och sannolikheten för antändning sätts till 0,5. Dock justeras det sista värdet till 0,05 som är samma värde som används för antändning av massexplosiva varor.

**Klass 6, Giftiga, vämjeliga och smittförande ämnen**

Sannolikheterna för stora (1 200 m<sup>2</sup>) utsläpp respektive medelstora (300 m<sup>2</sup>) är satta i [SRV, 1996] till 0,25 vardera. Effekterna av små giftpölar kan försummas.



## BILAGA E - STATISTIK

### Trafikflöde samt polisrapporterade olyckor (000101-021031)

Väg	Längd [km]	Fordon totalt	Lastbilar	Mät-tillfälle	Typ	Antal olyckor	I korsning	Antal [per år]
<b>Malmöleden</b>								
trp Ättekulla-trp Ramlösa	2,2	20 570	2 560	2002	ÅDT	18	1	6,35
trp Ramlösa-trp Elineberg	1,4	23 640	2 330	2002	ÅDT	2	0	0,71
trp Elineberg-trp Högaborg	0,5	27 390	2 520	2002	ÅDT	34	31	12,00
trp Högaborg-Södergatan	0,5	21 050	2 620	2002	VDT	25	17	8,82
<b>Oljehamnsleden</b>	0,4	9 200	830	2002 v46	VDT	5	2	1,76
<b>Lagmansgatan</b>	0,6	10 400	470	2002 v39	VDT	8	7	2,82
<b>Rännarbanan</b>	2,4	300 – 1 000	27-90	Uppskattning	VDT	5	4	1,76
<b>Sydhamnsgatan</b>								
Planteringsv.-Gasmästareg.	0,3	3 600	320	2002 v20	VDT	4	4	1,41
Gasmästareg.-Nygatan v	0,3	1 800	160	2002 v21	VDT	1	0	0,35
<b>Gasmästaregatan</b>	0,7	4 700	420	1999 v16	ÅDT	2	0	0,71
<b>Landskronavägen</b>	0,7	9 200	410	2002 v45	VDT	5	4	1,76
<b>Hästhagsvägen</b>	0,5	8 100	360	2002 v37	VDT	2	2	0,71
<b>Planteringsvägen</b>	0,1	10 300	460	2002 v45	VDT	3	3	1,06
<b>Strandbadsvägen</b>								
Planteringsv.-Industrig.	0,3	2 600	230	2002 v45	VDT	9	7	3,18
Industrig.-Stormg.	0,3	2 000	180	2002 v45	VDT	0	0	0,00
<b>Rusthållsgatan</b>								
Malmöleden-Landskronav.	2,5	5 100	230	2002 v45	VDT	26	17	9,18
Landskronav.-Planteringsv.	0,4	2 800	130	2002 v45	VDT	3	2	1,06
<b>Koppargatan</b>	0,5	2 700	120	1999 v16	VDT	3	1	1,06
<b>Industrigatan</b>	1,1	2 800	130	2002 v18	VDT	6	5	2,12

Tab. E.1: VDT är antal transporter per dygn baserat på en veckas mätningar. ÅDT är samma värde fast baserat på fler mätningar [Möte, 1] [Möte, 3].

### Väder

Årstid	N	NO	O	SO	S	SV	V	NV	Lugnt
Vinter	0,044	0,087	0,126	0,078	0,178	0,247	0,164	0,064	0,012
Vår/höst	0,100	0,147	0,180	0,114	0,117	0,101	0,110	0,104	0,030
Sommar	0,056	0,102	0,204	0,122	0,107	0,128	0,147	0,120	0,012

Tab. E.2. Vindfördelningen för de olika årstiderna, uppmätt vid Ramlösa 2002 [Helsingborg, 2003].

Månad	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov
Snitt [°C]	1,7	3,7	3,9	7,1	13,1	15,9	17,5	20,0	13,9	6,3	3,5	-0,8
Snitt [°C]	Vinter = 1,6			Vår = 8,0			Sommar = 17,8			Höst = 7,9		

Tab. E.3. Temperaturer uppdelat på månader och årstider, Ramlösa 2002 [Helsingborg, 2003].

### Boende

Väg	Sidor med boende	Boende, totalt	Boende, N & Ö	Area [ha]	Täthet [per ha]	Boende, S & V	Area [ha]	Täthet [per ha]
<b>Malmöleden</b>								
trp Ättekulla-trp Ramlösa	1	1 012	975	46	21,2	37	50	0,7

trp Ramlösa-trp Elineberg	1	667	667	20	33,4	0	23	0,0
trp Elineberg-trp Högaborg	1	630	626	14	44,7	4	9	0,4
trp Högaborg-Södergatan	1	267	254	10	25,4	13	10	1,3
<b>Oljehamnsleden</b>	1	881	881	9	97,9	0	6	0,0
<b>Lagmansgatan</b>	0	0	0	7	0	0	7	0,0
<b>Rännarbanan</b>								
Rusthällsg.-Lagmansg.	1	48	48	18	2,7	0	17	0,0
Lagmansg.-Planteringsv.	1	407	0	29	0	407	25	16,3
<b>Sydhamnsgatan</b>	1	774	2	10	0,2	772	10	77,2
<b>Gasmästaregatan</b>	0	0	0	14	0,0	0	13	0,0
<b>Stickspåret</b>	1	162	0	16	0,0	162	12	13,5
<b>Landskronavägen</b>	1	702	0	14	0,0	702	13	54,0
<b>Hästhagsvägen</b>	1	216	0	11	0,0	216	10	21,6
<b>Planteringsvägen</b>	0	0	0	4	0,0	0	4	0,0
<b>Strandbadsvägen</b>								
Planteringsv.-Industrig.	1	44	44	6	7,3	0	6	0,0
Industrig.-Stormg.	0	0	0	7	0,0	0	7	0,0
<b>Rusthällsgatan</b>								
Malmöleden-Landskronav.	1	384	52	51	1,0	332	53	6,3
Landskronav.-Planteringsv.	2	530	384	8	48,0	146	7	20,9
<b>Koppargatan</b>	2	307	179	9	19,9	128	9	14,2
<b>Industrigatan</b>	1	209	209	21	10,0	0	21	0,0

Tab. E.4: Boende (inklusive skolor) inom 200 meter från vägen [Helsingborg, 2003b] [Telefon, 2].

## Arbetande

Väg	Sidor med arbetande	Arbetande, totalt	Arbetande, N & Ö	Area [ha]	Täthet [per ha]	Arbetande, S & V	Area [ha]	Täthet [per ha]
<b>Malmöleden</b>								
trp Ättekulla-trp Ramlösa	2	645	200	46	4,3	445	50	6,7
trp Ramlösa-trp Elineberg	2	733	100	20	5,0	633	23	17,0
trp Elineberg-trp Högaborg	2	463	83	14	5,9	380	9	20,1
trp Högaborg-Södergatan	2	765	182	10	18,2	583	10	38,3
<b>Oljehamnsleden</b>	2	362	200	9	22,2	162	9	24,1
<b>Lagmansgatan</b>	2	150	50	7	7,1	100	7	14,3
<b>Rännarbanan</b>								
Rusthällsg.-Lagmansg.	1	325	12	18	0,7	313	17	18,4
Lagmansg.-Planteringsv.	2	464	94	29	3,2	370	25	14,8
<b>Sydhamnsgatan</b>	2	569	534	10	53,4	35	10	3,5
<b>Gasmästaregatan</b>	2	2 473	1 016	14	72,6	1 457	13	112,1
<b>Stickspåret</b>	2	867	588	16	36,8	279	12	23,3
<b>Landskronavägen</b>	2	604	513	14	36,6	91	13	7,0
<b>Hästhagsvägen</b>	2	328	290	11	26,4	38	10	3,8
<b>Planteringsvägen</b>	1	115	115	4	28,8	0	4	0,0
<b>Strandbadsvägen</b>								
Planteringsv.-Industrig.	1	50	0	6	0,0	50	6	8,3
Industrig.-Stormg.	2	0	90	7	12,9	339	7	48,4
<b>Rusthällsgatan</b>								
Malmöleden-Landskronav.	2	749	638	51	12,5	111	53	7,2
Landskronav.-Planteringsv.	2	812	67	8	8,4	745	7	54,1
<b>Koppargatan</b>	1	158	150	9	16,7	8	9	8,8
<b>Industrigatan</b>	2	449	60	21	2,9	389	21	10,7

Tab. E.5: Arbetande inom 200 meter från vägalternativen [Helsingborg, 2003b], [Telefon, 2].

## BILAGA F - PROBITFUNKTION

$$\Pr = a + b * \ln(C^n * t) \Rightarrow C = \sqrt[n]{\frac{e^{\frac{\Pr-a}{b}}}{t}}$$

Ekv. E.1: Probitfunktionen.

Probitfunktionen i [CPR18E] och [FOA, 1998] ger koncentrationen i mg/m<sup>3</sup>, [CPQRA] ger i ppm.

### LC<sub>50</sub> för SO<sub>2</sub>, Svaveldioxid

$$C_{ppm} = C_{mg/m^3} * \frac{R * T}{M * P} = C_{mg/m^3} * \frac{8134 * 293}{64 * 101325} = C_{mg/m^3} * 0,3675$$

Ekv. E.2: Omvandling av SO<sub>2</sub>-koncentrationen, från mg/m<sup>3</sup> till ppm.

Källa	Pr	a	b	n	t	C [mg/m <sup>3</sup> ]	C [ppm]
CPR18E	5,00	-19,2	1	2,4	30	<b>5 803</b>	2 132
CPQRA	5,00	-15,67	2,10	1,00	30	1 707	<b>627</b>
FOA	0,00	-25,4	0,75	4,0	30	<b>2 031</b>	746

Tab. E.1: LC<sub>50</sub> för SO<sub>2</sub> beräknat med tre olika referenser. Ur [FOA, 1998] väljs värden för kategori "Död".

Gränsvärde	C [mg/m <sup>3</sup> ]	C [ppm]
NGV	5	2
TGV	13	5
IDLH	272	100

Tab. E.2: NGV (Nivågränsvärde), TGV (Takgränsvärde) och IDLH (Immediate Danger for Life and Health [RIB]).

### Insatskort [RIB]

10 ppm: Omedelbar irritation i ögon, näsa och svalg

400 ppm: Ger efter kort tids exponering kramp i andningsorganen med risk för lung-ödem

[FOI, 2002] anger LC<sub>50</sub> vid 30 minuters exponering till 750 ppm.

### LC<sub>50</sub> för C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>NO, Metylisocyanat (MIC)

$$C_{ppm} = C_{mg/m^3} * \frac{R * T}{M * P} = C_{mg/m^3} * \frac{8134 * 293}{57 * 101325} = C_{mg/m^3} * 0,4126$$

Ekv. E.3: Omvandling av MIC-koncentrationen, från mg/m<sup>3</sup> till ppm.

Källa	Pr	a	b	n	t	C [mg/m <sup>3</sup> ]	C [ppm]
CPR18E	5,00	-1,2	1	0,7	30	<b>55</b>	22
CPQRA	5,00	-5,642	1,637	0,653	30	314	<b>115</b>
FOA	0,00	-19,76	0,98	3,86	30	<b>77</b>	32

Tab. E.3: LC<sub>50</sub> för MIC beräknat med tre olika referenser.

I [FOA, 1998] har värden för *nitrosa gaser* tagits bort. I tidigare upplagor fanns detta med. Därför har värden från den andra upplagan som kom 1997 använts och då värden för akut vårdbehov.