

# Hallandsåstunneln -Förändring i riskbild för invånarna i Båstad

*Martin Malmberg*

---

Department of Fire Safety Engineering  
Lund University, Sweden

Brandteknik  
Lunds tekniska högskola  
Lunds universitet

Report 5214, Lund 2007



**Hallandsåstunneln  
- Förändring i riskbild för invånarna i Båstad**

**Martin Malmberg**

**Lund 2007**

## Hallandsåstunneln – Förändring i riskbild för invånarna i Båstad

Author:

Martin Malmberg

**Report 5214**

**ISSN: 1402-3504**

**ISRN: LUTVDG/TVBB--5214--SE**

Number of pages: 97

Illustrations: Martin Malmberg, Räddningsverket och Båstad kommun.

Keywords

Hallandsåstunneln, risk analysis, individual risk, societal risk, dangerous substance.

Sökord

Hallandsåstunneln, riskanalys, individrisk, samhällsrisk, farligt gods

Abstract

This report contains a risk analysis for transportation of dangerous substances. The aim of this report is to investigate if Hallandsåstunneln will increase or decrease the risk for the inhabitants of Båstad. In order to estimate the risk, individual- and societal risk are calculated. Finally the risk for today's transports is compared with the risk a future Hallandsåstunnel will contribute with.

Då flödet av farligt gods på järnvägen genom orten Båstad är under ständig förändring skall resultatet av denna analys användas med försiktighet. Varje ansträngning har vidtagits för att innehållet i denna rapport skall vara korrekt och sanningsenligt. Att helt undvika fel kan aldrig garanteras varför läsare av denna rapport själv bär ansvaret för eventuella konsekvenser av beslut baserade på denna rapport. Författaren bär dock ansvaret för innehållet i rapporten.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2007.

---

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

Hösten 2005 startade återigen borringen genom Hallandsås. Tunnelbygget ska fortsätta och beräknas vara klart 2012. Tunneln genom Hallandsås kommer att innebära stora förändringar i tågtrafiken. Kapaciteten på sträckan ökar då från dagens tre tåg till 24 tåg per timme. Ett rimligt antagande är att även transporter av farligtgods kommer att öka. Hur kommer denna ökning att påverka de boende i Båstad?

Syftet med projektarbetet är att med en kvantitativ riskanalys bedöma hur det ökande antalet transporter med farligtgods i samband med Hallandsåstunneln förändrar riskbilden för invånarna i Båstad.

Definitioner och förtydligande om farligtgods på järnväg och riskanalyser sammanfattas generellt, liksom lagstiftning, rekommendationer och riskkriterier som berör området.

Delmål i projektet har varit att utreda hur Banverket arbetar med riskanalyser. Genom litteraturstudier och intervjuer konstateras att Banverkets riskanalyser huvudsakligen är inriktade på den egna verksamheten och riskerna inom denna. Det faller på kommunen att beakta de lokala samhällsintressena, och i sin tur ställa krav på Banverket att utreda hur en olycka med farligtgods påverkar omgivningen.

I en inventering inom regionen beskrivs dagens spår i form av sträckning, antal transporter med farligtgods, transporterade ämnen etc. Även en framtida Hallandsåstunnel beskrivs utifrån olika antaganden och framtidsprognoser.

Frekvensen för olycka med farligtgods beräknas enligt två olika modeller. Ett examensarbete av Erik Sparre respektive en rapport av VTI (väg och transportinstitutet) har legat till grund för modellerna. Konsekvenserna av utsläpp av farligt ämne beräknas med handberäknings- och datormodeller. Försvarets forskningsinstitutets rapport *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* samt datorprogrammen Bfk och Gasol har använts. Konsekvens och frekvens har i kombination med varandra resulterat i en kvantitativ riskanalys där resultatet presenteras i form av individ- och samhällsrisk.

Genomförd riskanalys kan inte påvisa någon väsentlig ökning eller minskning av individ- eller samhällsrisk i samband med en framtida Hallandsåstunnel, detta trots relativt olika ingångsvärden på olycksfrekvens, vindriktning mot sårbart område etc. Då inga nationella rekommendationer finns i dagsläget har individ- och samhällsrisk jämförts med kriterier framtagna av försäkringsbolaget Det Norske Veritas. Detta gör det möjligt att jämföra erhållna värden med vad som anses acceptabelt. ALARP-området är det område där risken kan anses acceptabel. Individrisken hamnar i nedre delen av ALARP-området dvs. risken kan accepteras, men finns kostnadseffektiva åtgärder som kan minska risken ytterligare, skall dessa utföras. Samhällsrisk ligger något högre men befinner sig också inom ALARP-området. Valet av riskkriterier ligger på kommunens bord, men för att få något referensvärde har i denna rapport kriterierna från Det Norske Veritas valts.

Att använda sig av teoretiska modeller för att spegla verkligheten innebär alltid att en del osäkerheter vägs in i resultatet. Antaganden har utförts kring vissa parametrar och således är resultatet beroende av dessa antaganden. Konservativa antagande har dock generellt använts, vilket innebär att risken inte undervärderats.

## Summary

The drilling through Hallandsås started again in the autumn 2005 and the tunnel is estimated to be finished in 2012. The tunnel through Hallandsås will involve a great change in the train service. The capacity on the train section will increase from today's three to twenty four trains per hour. Reasonably the transports with dangerous substances will also increase. How will this increase affect the residents in Båstad?

The aim with this report is to determine how the increase in transports with dangerous substances will affect the residences in Båstad.

Definitions and other facts concerning transports of dangerous substances and risk analyses are summarized. Legislations and recommendations within the area are also summed up.

Part of the aim in this report is to investigate how Banverket works with risk analysis. Literature studies and interviews have shown that Banverket mainly uses risk analysis on the own activity and not so much on the environment around their transports. It's up to the local authority to preserve the society and exercise control on Banverket. An investigation how an accident with dangerous substances will effect the surroundings must be carried out.

Today's train section is described as well as the future Hallandsåstunnel. The frequency for an accident is calculated with two different models. A master thesis by Erik Sparre and a report by VTI is the background for the chosen models. The consequences is calculated by hand and controlled with the computer models Bfk and Gasol. Consequences together with frequencies' have been used in a qualitative risk analysis. The result is presented as individual risk and society risk.

The risk analysis carried out in this report shows no increase or decrease in individual risk and society risk in relation to a future Hallandsåstunnel. There are no national recommendations for individual risk and society risk therefore criteria's from Det Norske Veritas have been used. These criteria's makes it possible to compare calculated values with values that are considered "safe".

To use theoretical models for the real course of events will always results in uncertainty. Estimations have been done for some parameters and the result is in some way dependent of this estimations. However conservative estimations are generally used and therefore the risk is not underestimated.

# Innehållsförteckning

<b>SAMMANFATTNING</b>	<b>5</b>
<b>1 INLEDNING</b>	<b>9</b>
1.1 BAKGRUND	9
1.2 SYFTE OCH MÅL	10
1.3 METOD	11
1.4 AVGRÄNSNINGAR	12
<b>2 FARLIGTGODS PÅ JÄRNVÄG</b>	<b>13</b>
2.1 JÄRNVÄGSOLYCKOR	13
2.2 FARLIGTGODS	14
<b>3 LAGSTIFTNING</b>	<b>15</b>
3.1 PLAN- OCH BYGGLAGEN (PBL)	15
3.2 MILJÖBALKEN (MB)	15
3.3 LAG OM SKYDD MOT OLYCKOR (LSO)	16
3.4 LAG OM TRANSPORT AV FARLIGTGODS	16
3.5 LAG OM KOMMUNERS OCH LANDSTINGS ÅTGÄRDER INFÖR OCH VID EXTRAORDINÄRA HÄNDELSE I FREDSTID OCH VID HÖJD BEREDSKAP	16
3.6 REKOMMENDERADE SKYDDSAVSTÅND TILL FARLIGTGODSLED	17
<b>4 BANVERKET</b>	<b>19</b>
4.1 BANVERKETS PLANERINGSPROCESS	19
4.2 BANVERKETS RISKANALYSER	20
4.3 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	21
<b>5 RISKANALYS</b>	<b>23</b>
5.1 ALLMÄNT OM RISKANALYS	23
5.2 VAL AV ANALYSMETOD	24
5.2.1 <i>Individrisk</i>	25
5.2.2 <i>Samhällsrisk</i>	25
5.3 RISKKRITERIER	26
5.3.1 <i>Acceptabel risk i Sverige och omvärlden</i>	26
<b>6 ANALYSMODELL</b>	<b>29</b>
6.2 FREKVENSPANALYS	30
6.2.1 <i>Modell enligt VTI</i>	30
6.2.2 <i>Modell enligt Sparre</i>	31
6.3 KONSEKVENSPANALYS	32
<b>7 FREKVENSAKTORER</b>	<b>33</b>
7.1 BEFOLKNINGSDATA	33
7.2 VÄDERFÖRHÅLLANDEN	34
7.3 BÅSTADS ÖVERSIKTSPLAN	35
<b>8 INVENTERING</b>	<b>37</b>
8.1 BESKRIVANDE FAKTA FÖR DAGENS SPÅRSTRÄCKNING	37
8.2 BESKRIVANDE FAKTA FÖR FRAMTIDA HALLANDSÅSTUNNEL	42

<b>9 FÖRDJUPAD RISKANALYS DAGENS SPÅRSTRÄCKNING</b>	<b>45</b>
9.1 FREKVENSER	45
9.1.1 <i>Bedömning av olycksfrekvenser enligt Sparre</i>	45
9.1.2 <i>Bedömning av olycksfrekvenser enligt VTI modell</i>	45
9.1.3 <i>Val av olycksfrekvens</i>	45
9.1.4 <i>Frekvens slutscenari</i>	45
9.2 KONSEKVENSER	46
9.3 BERÄKNAD RISKNIVÅ	47
9.3.1 <i>Individrisk</i>	47
9.3.2 <i>Samhällsrisk</i>	48
<b>10 FÖRDJUPAD RISKANALYS FRAMTIDA HALLANDSÅSTUNNEL</b>	<b>51</b>
10.1 FREKVENSER	51
10.1.1 <i>Bedömning av olycksfrekvenser enligt Sparre</i>	51
10.1.2 <i>Bedömning av olycksfrekvenser enligt VTI modellen</i>	51
10.1.3 <i>Val av frekvens</i>	51
10.1.4 <i>Frekvens slutscenari</i>	52
10.2 KONSEKVENSER	52
10.3 BERÄKNAD RISKNIVÅ	53
10.3.1 <i>Individrisk</i>	53
10.2.2 <i>Samhällsrisk</i>	54
<b>11 OSÄKERHETER OCH KÄNSLIGHETSANALYS</b>	<b>55</b>
11.1 OSÄKERHETER	55
11.1.1 <i>Val av olycksplats</i>	55
11.1.2 <i>Trafiksituationen samt förekommande ämne</i>	55
11.1.3 <i>Väderförhållanden</i>	55
11.1.4 <i>Befolkningstäthet</i>	56
11.1.5 <i>Beräkningsmodeller</i>	56
11.1.6 <i>Händelseträäd</i>	56
11.1.7 <i>Riskkriterier</i>	56
11.1.8 <i>Riskvärdering</i>	57
11.2 KÄNSLIGHETSANALYSEN	57
<b>12 RESULTAT OCH DISKUSSION</b>	<b>59</b>
12.1 RESULTAT	59
12.2 DISKUSSION	62
<b>REFERENSER</b>	<b>65</b>
<b>BILAGOR</b>	<b>67</b>
BILAGA 1 VÄDERDATA	68
BILAGA 2 GODSTÅG 18 TILL 24 NOVEMBER	70
BILAGA 3 FREKVENSBERÄKNINGAR VTI METODEN	71
BILAGA 4 KONSEKVENSBERÄKNINGAR HANDBERÄKNINGAR	73
BILAGA 5 HANDBERÄKNINGAR GASOL	83
BILAGA 6 KONSEKVENSBERÄKNINGAR DATORBERÄKNINGAR	85
BILAGA 7 SANNOLIKHETSUNDERLAG HÄNDELSETRÄD	96
BILAGA 8 HÄNDELSETRÄD	97



# 1 Inledning

*Här beskrivs projektarbetets syfte, mål och metod samt de huvudsakliga avgränsningarna. Inledningen innefattar även en bakgrundsbeskrivning.*

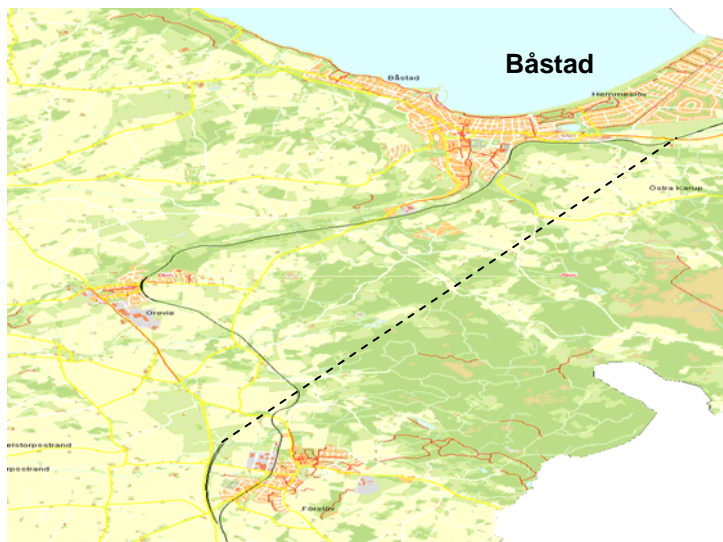
## 1.1 Bakgrund

Framtidens transporter måste enligt riksdagen bli säkrare, mer effektiva och mer miljövänliga. Utbyggnad av Västkustbanan mellan Göteborg och Malmö är en av de viktigaste satsningarna. På sträckan har passagen över Hallandsås varit en flaskhals i alla tider. Två kurvor och branta lutningar både begränsar godsvikten och orsakar många förseningar. En dubbelspårig tunnel ökar kapaciteten på sträckan från tre tåg till 24 tåg per timme och möjliggör nästan en fördubblad lastvikt på godstågen och medför att farliga plankorsningar försvinner.

År 1992 inleds tunnelbygget genom Hallandsås och beräknas vara klart 5 år senare. En rad felaktiga bedömningar gör att bygget får problem. Den första entreprenören Kraftbyggarna misslyckas med att ta sig genom berget med en tunnelbormaskin. 1996 tar Skanska över projektet, även de stöter på problem. Det läcker ut mer vatten i tunneln än vad myndigheterna tillåter. Tättningsmedlet Rhoca Gil används i ett försök att stoppa vattenläckaget, men det giftiga ämnet akrylamid läcker ut i närliggande vattendrag och brunnar. Tunnelarbetare skadas, grödor blir oanvändbara, kor dör och händelsen väcker väldigt starka känslor hos framförallt lokalbefolkningen. Byggstopp införs och tunnelbyggets framtid utreds. År 2001 beslutar riksdagen att tunnelbygget skall fortsätta om det kan ske med en acceptabel miljöpåverkan. Tre år senare återupptar det svensk-franska konsortiet Skanska-Vinci tunnelbygget. Hösten 2005 startar återigen borrhningen genom Hallandsås.

Den korta historikbeskrivningen ovan pekar på en rad problem som projekt Hallandsås gått igenom. Har man råd att göra fler misstag? Bidrar det ökade antalet transporter med farligt gods i samband med Hallandsåstunneln till fler oväntade faror? Eller ökar Hallandsåstunneln rent av säkerheten för invånarna i Båstad? Båstad är den ort som ligger alldeles i anslutning till den norra tunnelmynningen och det som händer i anslutning till den norra tunnelmynningen kommer således också drabba människorna i dess närhet.

Hallandsåstunneln kommer att bestå av två parallella ca 8,5 km långa tunnlar. Tunneln går genom Båstad kommun från Förslöv i söder till Båstad i norr. Figuren 1 visar dagens spår (heldragen linje) samt den tänkta Hallandsåstunneln (streckad linje).



**Figur 1** Dagens spårsträckning samt tänkt Hallandsåstunnel.

En analys kring förändringen av transporter med farligtgods i samband med Hallandsåstunneln och dessas inverkan på Båstad kommun kan vara av stort intresse och ligger till grund för detta projekt.

Flertalet järnvägsolyckor får inga konsekvenser för omgivningen. Undantag är de fall då järnvägsfordon på grund av olyckan hamnar långt utanför spårområdet och omgivningen skadas eller då olyckan leder till att last av farligtgods läcker ut. För att en farligtgodsolycka på järnväg skall inträffa krävs att/1/:

1. Sammanstötning eller urspårning inträffar.
2. Tåget innehåller vagnar med farligtgods.
3. En eller flera vagnar med farligtgods påverkas av händelsen.
4. Behållare med farligtgods påverkas tillräckligt kraftigt för att läckage ska uppstå.

I samband med en analys om huruvida ovanstående punkter antas kunna inträffa uppstår en rad olika problem och frågor. Problemen och frågorna är både av övergripande karaktär och mer specifika för just Hallandsås. I möjligaste mån skall dessa frågor besvaras så att en avslutande diskussion kan presenteras. De centrala frågorna som leder fram till en fullständig analys har valts ut och presenteras nedan.

- Hur arbetar Banverket när de projekterar nya järnvägssträckor och använder de sig av riskanalyser?
- Vilka riskreducerandeåtgärder arbetar Banverket med redan på planeringsstadiet?
- Vilken riskanalysmetod är lämplig att använda för dagens järnvägsspår över Hallandsåsen och för framtida Hallandsåstunnel?
- Hur samlas relevant information in för aktuell analys i form av väderförhållanden, trafikeringsituation idag och i framtiden samt kommer förenklingar att krävas?
- Hur identifieras sårbara områdena inför en eventuell farligtgodsolycka?
- Vad påverkar riskens storlek och kan något göras för att kontrollera denna risk?
- Vad tolererar samhället för risk?
- Finns det några viktiga samhällsfunktioner som ej bör slås ut i samband med en farligtgodsolycka?
- Hur skall resultatet presenteras så att även icke-expertter kan ta del av slutsatsen?

## 1.2 Syfte och mål

Det övergripande syftet med detta projektarbete är att utreda hur en framtida Hallandsåstunnel påverkar riskbilden för invånarna i Båstad vid en farligtgodsolycka. En jämförelse av risk mellan dagens spårsträckning och en framtida Hallandsåstunnel skall utföras. Förutsatt att en farligtgodsolycka inträffar på den mest ogynnsamma platsen.

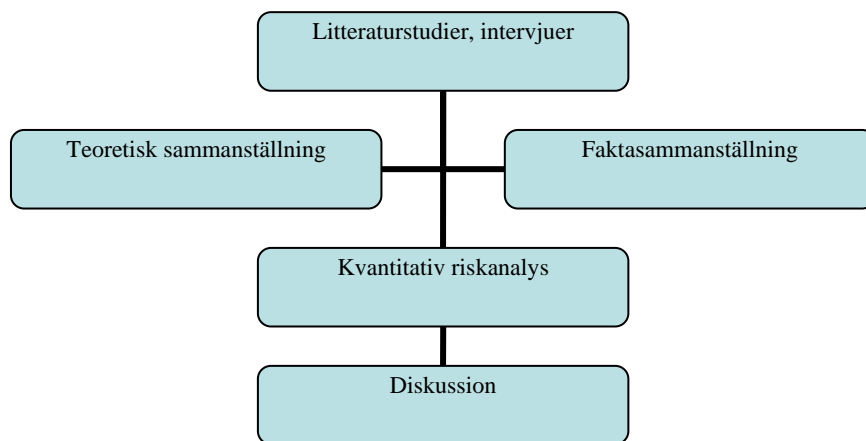
Delmål i projektarbetet är att ge en teoretisk bakgrund till de analysverktyg som används. Dessutom skall Banverkets metoder gällande riskanalys vid nyprojektering och ombyggnation sammanställas. De riskreducerande åtgärder man använder sig av skall presenteras.

I kursplanen står det övergripande målet med kursen. ”I kursen VBR 131-Brandtekniskt projektarbete skall brandingenjörstudenterna visa förmåga att tillämpa de kunskaper och färdigheter som förvärvats under utbildningen och självständigt analysera och redovisa en relativt omfattande uppgift på ett vetenskapligt och metodiskt sätt.”

### 1.3 Metod

Med metod avses ett vetenskapligt sätt att närma sig det ämne som man skall skriva om och hur man ämnar behandla ämnet/2/. Det finns en rad olika metoder som kan användas vid rapportskrivning. Här nämns några som lämpar sig väl i detta projektarbete; deskription (beskrivning), komparation (jämförelse) och prediktion (framtidsutsikt). I följande metodbeskrivning knyts åter an till dessa metoder.

Projektarbetet inledes med att delta i ett informationsmöte rörande Hallandsåstunnelns framtid. Därefter bokades ett möte med räddningschefen i Båstad för att få en uppfattning hur räddningstjänsten ser på Hallandsåstunneln. Vilka problemställningar som kunde vara intressanta att behandla bestämdes i samspråk med handledare och räddningschefen i Båstad. Schemat nedan beskriver i stora drag hur arbetet lagts upp.



**Figur 2 Grov arbetsstruktur.**

Beskrivningen som är första delen i arbetsstrukturen utförts med hjälp av litteraturstudier och intervjuer med personer som har kunskap inom området. Litteraturstudier och intervjuer fortgår givetvis under hela arbetets gång eftersom man hela tiden ställs inför nya problem som måste lösas och analyseras.

Det andra skedet av beskrivningsdelen är att sammanställa den teori som skall tillämpas samt den fakta som är av intresse. Teoridelen är framförallt inriktad på den riskanalysmetod som anses mest lämpad. Riskanalyser som används vid järnväg och farligtgoods beskrivs samt hur Banverket arbetar med riskanalyser. Dagens trafikering av Hallandsåsspåret beskrivs, liksom framtida trafikeringsprognoser genom Hallandsåstunneln. Här beskrivs även övriga befintliga förhållanden samt troliga framtida förhållanden.

Tredje skedet är den kvantitativa riskanalysen för de två scenarierna; farligtgoodsolycka på dagens spårsträckning samt farligtgoodsolycka vid framtida Hallandsåstunneln. För att arbeta sig igenom dessa två fallen har en förenklad process enligt Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis/3/ använts.

Fjärde och avslutande skedet i arbetsstrukturen är att jämföra de två scenarierna för att avgöra vilket av scenarierna som utgör störst risk. I samband med detta jämförande förs också en diskussion som ska svara på de frågeställningar som definierats i inledningen.

Ovanstående metodbeskrivning är inriktad på huvuddelen av projektarbetet. Det tillkommer även en del med inledande formalia och inledningskapitel samt en avslutande del med slutsatser och avslutande formalia.

## 1.4 Avgränsningar

Tågtrafik går genom stora delar av Båstad kommun. I detta projektarbete kommer analysen vid en farligtgodsoolycka att begränsas till orten Båstad. En analys för hela spårsträckningen skulle vara för omfattande.

Projektarbetet inriktar sig på de risker som transport av farligtgods på järnväg utgör mot människors liv och hälsa. Således kommer inga miljörisker behandlas.

Vid beräkning av individrisk samt samhällsrisk kommer en förenklad procedur användas då en generell procedur skulle vara alldeles för beräkningsintensiv.

Vid analysen av Hallandsåstunneln kommer en olycka antas inträffa utanför tunneln. Detta då en olycka inne i tunneln inte skulle drabba invånarna i Båstad kommun i samma utsträckning. Dock skulle en sådan olycka kunna få förödande konsekvenser för individer som befinner sig inne i tunneln.

Alla ämnen som skulle kunna tänkas förekomma vid en farligtgodsoolycka analyseras inte utan de mest vanliga väljs ut för vidare analys.

## 2 Farligt gods på järnväg

Detta kapitel skall ge en inblick i järnvägsolyckor där farligt gods är inblandat. Samt ge övergripande information om begreppet farligt gods på järnväg.

### 2.1 Järnvägsolyckor

Det övervägande antalet järnvägsolyckor får inga konsekvenser för omgivningen/4/. Undantagen är de fall då järnvägsfordon vid olyckan hamnar långt utanför spårområdet och omgivningen skadas, eller i de fall då olyckan leder till att farligt gods läcker ut. Tabell 1 är hämtad från Banverkets olycksstatistik/5/och åskådliggör hur pass många olyckor som inträffat 2004 i Sverige.

**Tabell 1 Olycksstatistik 2004.**

#### Olyckor vid tågrörelse:

Sammanstötningar	4
Urspårningar	16
Andra olyckor	2

#### Olyckor vid växlingsrörelse:

Urspårningar	11
Sammanstötningar	2
Påkörningar	1

#### Övriga olyckor:

Fordonsbränder	4
Plankorsningsolyckor	42

<b>ANTAL OLYCKOR TOTALT</b>	<b>82</b>
-----------------------------	-----------

Enligt olycksdata för perioden 1986-1994 har läckage förekommit vid 6 % av växlingsolyckor där farligt gods vagn skadats och 19 % vid tågolyckor med farligt gods vagnar (endast tunnväggiga vagnar)/4/. Statistiken ovan gällande 2004 talar inte om huruvida farligt gods vagnar var inblandade eller ej och kan således inte göras till föremål för någon meningsfull statistisk bearbetning gällande farligt godsolyckor, utan kan bara påvisa att ett icke försumbart antal olyckor inträffar varje år.

Det kan konstateras att få farligt godsolyckor inträffar/6/. Men när de väl inträffar kan de få stora konsekvenser vilket följande exempel illustrerar. Ett godståg med sex vagnar spårade ur på Borlänge bangård år 2000. Varje vagn var lastad med 57 ton gasol. Ingen gasol läckte ut men över 600 personer i centrala Borlänge utrymdes som en säkerhetsåtgärd under tiden som räddningsarbetet pågick. I Kävlinge i Skåne spårade år 1996 ett godståg ur med bland annat fem vagnar ammoniak. Nio tusen personer utrymdes och räddningsarbetet pågick under tre dagar/7/. Olyckorna ovan beskriver vilken omfattning en eventuell farligt godsolycka kan få.

Vid urspårning hamnar vagnarna i de flesta fall inom en vagnslängd från banan dvs 25 meter. Endast vid ca 0,5 % av urspårningarna hamnar vagnarna längre än 25 meter från banan. Om tåget färdas i 100 eller 200 km/h påverkar inte detta avstånd nämnvärt. Detta beror på att rörelsekraften är i tågets färdriktning/8/.

## 2.2 Farligtgoods

Farligtgoods är ett samlingsbegrepp för ämnen och föremål som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods om de inte hanteras rätt under en transport. Begreppet transport innefattar förflyttning av godset med ett transportmedel, lastning och lossning samt förvaring och hantering i samband med transport. Förenta Nationerna har utarbetat rekommendationer som ligger till grund för de regler som finns i samband transport av farligtgoods. För järnvägstransporter och farligtgoods gäller regelverket RID internationellt samt regelverket RID-S(Statens räddningsverks föreskrifter om transport av farligtgoods på järnväg) i Sverige.

För att underlätta hanteringen delas farligtgoods in i olika klasser. Klassificeringen är baserad på den huvudsakliga faran som ett ämne eller föremål innehar. Tabell 2 anger klassindelningen enligt RID/RID-S.

**Tabell 2 Klassindelning farligtgoods.**

<b>Klass 1</b>	Explosiva ämnen och föremål
<b>Klass 2</b>	Gaser
<b>Klass 3</b>	Brandfarliga vätskor
<b>Klass 4.1</b>	Brandfarliga fasta ämnen
<b>Klass 4.2</b>	Självantändande ämnen
<b>Klass 4.3</b>	Ämnen som utvecklar farliga gaser vid kontakt med vatten
<b>Klass 5.1</b>	Oxiderande ämnen
<b>Klass 5.2</b>	Organiska peroxider
<b>Klass 6.1</b>	Giftiga ämnen
<b>Klass 6.2</b>	Smittförande ämnen
<b>Klass 7</b>	Radioaktiva ämnen
<b>Klass 8</b>	Frätande ämnen
<b>Klass 9</b>	Övriga farliga ämnen och föremål

### 3 Lagstiftning

*I kapitel 3 redovisas några av de lagar som berör begreppet riskanalys och reglerar transporter med farligt gods.*

Kraven på användning av riskanalyser som beslutsunderlag i samhällsplaneringen har ökat på senare år. Numera är riskhänsyn samt riskanalyser reglerade i lagstiftning. I första hand är det Plan- och bygglagen, med bestämmelser om planläggning av mark och vatten, samt Miljöbalken, med bland annat regler om miljökonsekvensbeskrivningar, som ställer krav på att risker mot människors säkerhet och hälsa skall beaktas/9/. Även Lag om skydd mot olyckor behandlar ansvaret för enskilda, kommun och stat när det gäller att skydda samhället mot olyckor. Lag om kommuners och landstings åtgärder inför och vid extraordinära händelser i fredstid och höjd beredskap reglerar kommuner och landstings skyldighet att fastställa en plan för hur de skall hantera extraordinära händelser som tex. en farligt godsolycka.

#### 3.1 Plan- och bygglagen (PBL)

Plan- och bygglagen syftar till att skapa en samhällsutveckling med bra sociala levnadsförhållanden och en långsiktig hållbar livsmiljö både för dagens människor men även för kommande generationer. Plan- och bygglagen lyfter fram kommunens ansvar för hälsa och säkerhet.

I lagen står, ”bebyggelse skall lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till de boendes hälsa”/10/. Det står också att, ”inom områden med sammanhållen bebyggelse skall bebyggelsemiljön utformas med hänsyn till behovet av skydd mot uppkomst och spridning av brand samt mot trafikolyckor och andra olyckshändelser”/10/.

Risker för hälsa och säkerhet skall alltså beaktas i de kommunala planerna. Vid bygglovsprövning kan det bli aktuellt att identifiera och bedöma riskerna för omgivningen, detta gäller speciellt vid verksamheter som medför att riskavstånd går in på angränsande fastigheter. I de fall då en riskanalys visar att riskbilden för ett område hamnar på en nivå som inte kan accepteras bör området ej anses lämpligt för aktuell bebyggelse. Vid etablering av verksamheter intill farligt godsleder skall de boendes och övriga hälsa särskilt beaktas.

#### 3.2 Miljöbalken (MB)

Miljöbalken skall främja en hållbar utveckling så att nuvarande och kommande generationer garanteras en hälsosam och god miljö. Människors hälsa och miljön skall skyddas mot skador och besvärligheter oberoende av om dessa orsakas av föroreningar eller annan påverkan.

I miljöbalken finns krav på miljökonsekvensbeskrivning/11/ för olika typer av verksamheter. Syftet med miljökonsekvensbeskrivningen för en verksamhet eller åtgärd är att identifiera och beskriva de direkta och indirekta effekter den planerade verksamheten eller åtgärden kan medföra/11/. Denna samlade bedömning kan sägas vara en form av riskanalys och bör utföras i ett tidigt skede av samhällsplaneringen.

”Alla som bedriver eller avser att bedriva en verksamhet eller vidta en åtgärd skall utföra de skyddsåtgärder, iakta de begränsningar och vidta de försiktighetsmått i övrigt som behövs för att förebygga, hindra eller motverka att verksamheten eller åtgärden medför skada eller olägenhet för människors hälsa eller miljö/11/.” Farligtgodstransporter kan mycket väl orsaka skada och ohälsa för de individer som påverkas av ett utsläpp, därav bör etablering av verksamheter intill en farligt godsled ske med stor eftertanke. En riskanalys i tidigt skede är ett bra sätt att identifiera de risker som kan tänkas uppkomma.

### **3.3 Lag om skydd mot olyckor (LSO)**

Lagen och förordningen om skydd mot olyckor tar upp både den enskildas, kommunens och statens skyldighet vad det gäller skydd mot olyckor. Begreppet skydd mot olyckor innefattar en rad olika åtaganden/12/, dessa sammanfattas nedan:

- man ska förhindra att olyckor uppstår
- vidta skadebegränsade åtgärder innan olyckan
- sprida och minimera risker
- förbereda och genomföra räddningsinsatser
- påverka skadorna efter räddningsinsatser
- utreda orsakerna till varför olyckor inträffar

Kapitel 2 i LSO behandlar enskildas skyldigheter och paragraf 4 tar speciellt upp skyldigheter vid farlig verksamhet. Det definieras här att riskanalys i samband med farlig verksamhet är verksamhetsutövarens ansvar.

I kapitel 3 i LSO står att en kommun skall ha ett handlingsprogram för förebyggande verksamhet. I programmet skall anges målet för kommunens verksamhet samt de risker för olyckor som finns i kommunen och som kan leda till räddningsinsatser/13/. Detta innebär att går det en farligtgodsled genom kommunen bör riskerna i samband med denna analyseras.

### **3.4 Lag om transport av farligtgods**

Lagen definierar vad som menas med transport av farligtgods, vilka ämnen som utgör farligtgods samt på vilket sätt farlig gods får transporteras.

### **3.5 Lag om kommuners och landstings åtgärder inför och vid extraordinära händelser i fredstid och vid höjd beredskap**

Lagen reglerar kommuners och landstings organisation och befogenheter vid extraordinära händelser i fredstid/14/. En extraordinär händelse är en sådan händelse som avviker ifrån det normala och innebär en allvarlig störning i viktiga samhällsfunktioner och kräver skyndsamma insatser av en kommun eller ett landsting. I kommuner och landsting skall för varje ny mandatperiod en plan fastställas för hur de skall hantera extraordinära händelser.

En farligtgodsolycka är exempel på en extraordinär händelse. Avsikten med planen för extraordinära händelser är att utreda hur viktiga samhällsfunktioner påverkas, hur många personer som kommer att drabbas etcetera.



### 3.6 Rekommenderade skyddsavstånd till farligtgoodsled

Följande delkapitel är inte någon lag utan grundas på rekommendationer framtagna av Länsstyrelsen i Stockholm/8/. Anledning till att dessa avstånd presenteras är att de ofta används som referensavstånd i samband med riskanalyser. I tabell 3 sammanställs länsstyrelsens rekommendationer för den fysiska utformningen kring järnvägar.

**Tabell 3 Minimiavstånd kring transportled för farligtgoods.**

<b>Avstånd</b>	<b>Riskbedömning</b>
< 100 meter	<u>Risksituationen</u> skall bedömas vid exploatering.
< 50 meter	<u>Personintensiva verksamheter</u> bör ej lokaliseras närmare järnvägen än detta avstånd. Även om avstånden hålls kan särskilda krav ställas på bebyggelsen utformning.
< 50 meter	<u>Sammanhållen bostadsbebyggelse</u> bör ej komma närmare än detta avstånd. Även om avstånden hålls kan särskilda krav ställas på bebyggelsen utformning.
< 25 meter	Området bör lämnas <u>byggnadsfritt</u> , för att klara urspårningar och olyckor med petroleumprodukter.
< 25 meter	<u>Tät och stabil kontorsbebyggelse</u> tillåts byggas på detta avstånd. Även om avstånden hålls kan särskilda krav ställas på bebyggelsens utformning.



## 4 Banverket

*Kapitel 4 redogör för hur Banverket arbetar med riskanalyser när de projekterar nya järnvägssträckor. Några av de riskanalysmetoder samt riskreducerande åtgärder som används redovisas. Kapitlet är baserat på intervjuer och av dessa personer föreslagen litteratur.*

### 4.1 Banverkets planeringsprocess

När Banverket planerar en ny järnväg följer denna planeringsprocessen en viss modell, denna modell presenteras i figuren 3. Att ange exakta tider för de olika delarna i planeringsprocessen är väldigt svårt då det skiljer sig kraftigt mellan projekten. Men 10 år från start av projekt till byggande får sägas vara en vanlig tidsuppskattning/15/.

**Idédokument > Förstudie > Järnvägsutredning > Järnvägsplan**

**Figur 3 Banverkets planeringsprocess.**

#### **Idéskedet**

I idéskedet identifieras och analyseras brister och möjligheter för att hitta tänkbara lösningar. Idéer som inte går att genomföra praktiskt avskrivs. Riskanalysarbetet i detta första skede handlar om att prova vilka alternativa lösningar som är rimliga ur risksynpunkt. Bland annat analyseras om en föreslagen järnvägssträckning löper genom områden med ras- och skredrisker, översvämningsrisker eller finns det hög intensitet av andra transportsystem som skulle kunna öka risken för urspårning.

#### **Förstudien**

Förstudiearbetet går ut på att prova om eventuella lösningar kan genomföras med rimliga konsekvenser för funktion, miljöpåverkan, teknik och ekonomi. Lösningar som till exempel visar sig ha allt för stor påverkan på miljön väljs bort. I förstudien beskrivs översiktligt risken med transporter av farligt gods och om risken bedöms bli alltför stor kan det innebära att lösningen utesluts. I annat fall ska riskerna tas om hand i den fortsatta planeringen och projekteringen.

#### **Järnvägsutredningen**

I järnvägsutredningen prövas, analyseras och utvärderas de lösningar som anses genomförbara för att underlätta beslutet för Banverket. En del av järnvägsutredningen består av att kvantifiera och värdera risker. Vilka faktorer som ökar risken för framtida olyckor med farligt gods behandlas liksom sannolikheten för olycka. Konsekvenser till exempel i form av förorening av en viss grundvattentäckt eller brand som kan drabba boende utreds.

Sammanställt ger denna information ett underlag för att bedöma de olika lösningarna ur risksynvinkel. Det bedöms också om riskerna kan undanröjas, förebyggas eller motverkas genom olika skyddsåtgärder. I denna bedömning vägs också kostnad in.

#### **Järnvägsplanen**

Här beskrivs utformningen och lokaliseringen av järnvägen mer detaljerat. Bland annat anges hur mycket mark som måste användas och hur arbete skall genomföras. I detta skede handlar det om riskhantering det vill säga hur de identifierade riskerna hanteras. I järnvägsplanen redovisas de skyddsåtgärder som anses nödvändiga.

## 4.2 Banverkets riskanalyser

I förordning 1995:1300 om statliga myndigheters riskhantering/16/ står att varje myndighet skall:

- Identifiera vilka risker för förluster eller skador som finns i verksamheten
- Värdera riskerna
- Beräkna vilka kostnader staten har eller kan få med hänsyn till dessa risker
- Sammanställa resultatet i en riskanalys

Även i förordningen om krisberedskap och höjd beredskap 2006:942/17/ anges att varje myndighet skall stärka sin krishanteringsförmåga genom risk- och sårbarhetsanalys. Banverket genomför årligen risk och sårbarhetsanalyser enligt kravet som anges i 9 § i förordningen om krisberedskap och höjd beredskap. I denna anges att:

*”9 § Varje myndighet skall i syftet att stärka sin krishanteringsförmåga årligen analysera om det finns sådan sårbarhet och sådan hot och risker inom myndighetens ansvarsområden som synnerligen allvarligt kan försämra förmågan till verksamhet inom området.*

*Vid denna analys skall myndigheten särskilt beakta*

1. *situationer som uppstår hastigt, oväntat och utan förvarning*
2. *situationer som kräver brådskande beslut och samverkan med andra samhällsorgan*
3. *situationer som allvarligt påverkar samhällets funktionsförmåga eller tillgång till nödvändiga resurser, och*
4. *förmågan att hantera mycket allvarliga situationer inom myndighetens ansvarsområde.*

*Myndigheten skall värdera och sammanställa resultatet av arbetet i en risk- och sårbarhetsanalys.”*

Det finns således ett rättsligt krav på Banverket som myndighet att utföra riskanalyser. Kravet riktar sig mot verksamheten. Men för att verksamheten skall kunna uppfylla kraven måste också de mindre delprojekten inom verksamheten uppfylla kraven.

Egna föreskrifter och säkerhetskrav anger syftet med riskanalyser från Banverkets sida. Därutöver kan kommunen ställa krav på Banverket att utföra en riskanalys. Syftet är då att utreda hur den planerade spårdragningen påverkar kommunen. Det finns också speciella järnvägslagar samt EU-lagar som skall beaktas och det kan då bli aktuellt med en riskanalys.

I dagsläget finns inget bestämt om vilka riskanalysmetoder som skall användas. Ett försök har gjorts att enas om ett par metoder som skulle användas inom hela Banverket, men projektet drog ut på tiden och genomfördes inte/18/. I praktiken fungerar det som så att en beställning på riskanalys kommer in till någon avdelning inom Banverket beroende på var i planeringsprocessen projektet befinner sig. Det är sedan upp till utföraren själv att använda den metod hon/han finner lämplig. Även externa konsultföretag anlitas för att utföra riskanalyser åt Banverket. Resultat av tillvägagångssätt ovan har gjort att en stor mängd olika metoder används. Anledningen till att enas om ett par metoder inom Banverket är att dessa metoder skulle bli enkla och tidseffektiva att använda, samtidigt som de skulle ge bra kvalitet och reproducerbara resultat. Att begränsa sig till enbart ett fåtal metoder kan dock vara en nackdel då vissa projekt kräver helt andra analysmetoder än de som används.

Inom norra banregionen har SBA-metodiken (SårBarhetsAnalys) använts vid en rad olika projekt/18/. Vid byggandet av Botniabanan används MIR modellen (Modul för Identifiering av Risker) /19/, en modell som ursprungligen tagits fram av Vägverket men som nu även användas av Banverket. Nedan beskrivs modellerna kortfattat:

## **SBA**

SBA står för sårbarhetsanalys och metoden togs fram i början av 1980-talet av Riksdataförbundet/20/. Modellen innebär en mycket stark tilltro till kunskaper hos personal och individer i den analyserade verksamheten eller organisationen. Ansatsen bygger på att det är de som praktiskt arbetar med de vardagsnära problemen, oavsett hierarkisk nivå, som har störst möjlighet att lyfta fram de viktigaste problemen och ge förslag på lösningar. Det har efter nästan 20 års tid och tusentals genomförda analyser, visat sig vara ett framgångsrikt sätt att nå relevanta resultat vid risk- och sårbarhetsanalyser/20/.

Inom SBA metoden finns ett antal verktyg som har sin speciella arbetsmetodik men i grunden utgår de från samma synsätt det vill säga samla människor med kunskaper. De verktygen Banverket använder sig av är SBA Scenario, SBA Projekt, SBA Check. SBA Scenario (kvantitativ riskanalys) bedömer och värderar hot och risker i verksamheten. SBA Projekt (projektriskanalys) används när du vill försäkra dig om att projektet skall lyckas. Slutligen SBA Check (kvalitativ nulägesanalys av informationssäkerheten) när du vill se statusen på verksamhetens informationssäkerhet.

En sårbarhetsanalys skiljer sig ifrån en riskanalys på så sätt att en sårbarhetsanalys är mer inriktad på verksamheten i sig, en riskanalys går mer in på hur samhället påverkas. Självfallet ligger det i Banverkets intresse att främst analysera verksamheten av denna anledning är detta en använd analysmetod.

## **MIR-modellen**

MIR står generellt för modul för identifiering av risker och är framtagen av Vägverket. Banverkets omarbetade modell sammanfattas enklast som identifiering och beskrivning av risker – metodik i järnvägsplaneskedet. Syftet med MIR är att försäkra sig om att risker med stora potentiella konsekvenser har hanterats och dokumenterats på ett tillfredställande sätt/21/. Fyra övergripande mål med MIR är:

- Underlätta arbetet för uppdragsgivaren så att denna inte behöver söka ny information inför varje projekt
- Säkerställa en rimlig kvalitet på identifiering och bedömning av risker
- Underlätta dokumentationsarbetet i processen
- Säkerställa att man i senare skeden har tillgång till underlag för kontroll och beslut

MIR modellen utgår från standardiserade checklistor och formulär. Förslag på stödmaterial till listorna finns framtaget av Banverket. MIR ska vara en metod med tydligarbetsgång och därför är den uppdelad på olika moment som successivt går igenom.

Både SBA och MIR är av mer övergripande karaktär och därmed inte så lämpade vid specifika olyckor så som farligt godsolycka.

## **4.3 Riskreducerande åtgärder**

I järnvägsplanen redovisas de skyddsåtgärder som anses behövas. Exempel på sådan åtgärder är tätskikt vid skyddsområden för vattentäcker, varmgångsdetektorer, urspårningsreläer, tekniska säkerhetssystem och särskilda konstruktionslösningar.

Banverket har byggt ett system med drygt 100 värmedetektorer längs landets järnvägar/7/. Dessa upptäcker och larmar vid varmgång i ett hjul eller vid tjuvbroms, något som i annat fall kan leda till urspårning eller brand bredvid spåret.

Vid de flesta av landets järnvägslinjer övervakas och styrs alla tågrörelser från någon av Banverkets åtta driftledningscentraler. Järnvägens signalsäkerhetssystem förhindrar att två tåg får körsignal till samma spåravsnitt. I systemet ingår ATC (automatiska tågkontrollsystemet), vilket ingriper om lokföraren kör för fort eller mot röd signal och som då stoppar tåget. Signalsäkerhetssystem och ATC är två exempel på tekniska säkerhetssystem som Banverket använder sig av.

Det bedrivs också förebyggande säkerhetsarbete. Personalen som kommer i kontakt med godstrafiken får en grundutbildning i säkerhetsfrågor och denna utbildning repeteras upp med jämna mellanrum. Innan varje godståg avgår kontrolleras de på en rad kontrollpunkter, bland annat hjul och bromsar. Regelbundet underhåll av lok och vagnar, men även banunderhåll bidrar till att hitta fel innan de leder till en olycka.

På vissa platser har Banverket sänkt ner banan för att minska buller till omgivning, men också för att begränsa konsekvenserna vid urspårning. Att sänka ner banan är något Räddningsverket förespråkar, men Banverket anser inte att kostnaderna kan uppväga nyttan i dagsläget/22/.

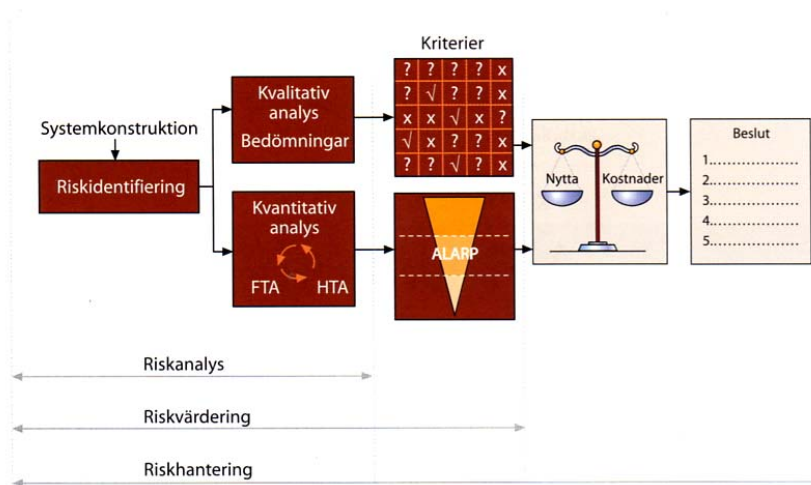
Planering av järnvägar är en del av samhällsplaneringen och har ett nära samband med kommunernas planering. Att bygga bort plankorsningar är ett arbete som berör alla kommuner med järnvägsspår.

## 5 Riskanalys

Inledningsvis presenteras lite allmänt om riskanalyser. De modeller som anses mest lämpade för projektet beskrivs mer ingående. Avslutningsvis sammanfattas några riskkriterier för att få lite uppfattning om vad som anses acceptabelt och ej.

### 5.1 Allmänt om riskanalys

Målet för riskanalyser är att belysa var och hur olyckor, tillbud och störningar kan inträffa, hur ofta de kan tänkas ske och vilka konsekvenser som kan uppstå/1/. Med dessa bakgrundskunskaper kan en värdering av riskerna genomföras och beslut om riksreducerande åtgärder fattas. Riskanalysen utgör ett delmoment av riskhanteringsprocessen. Figuren nedan illustrerar hur de olika begreppen riskanalys, riskvärdering och riskhantering hänger samman.



Figur 4 Riskhanteringsprocessen.

Tillvägagångssättet för en riskanalys varierar beroende på vad bedömningen avser (ekologiska, tekniska system etcetera). Generellt kan en riskanalys anses omfatta följande delar/1/:

- Definiera mål och avgränsningar.
- Inventera och identifiera risker.
- Analysera risker, innefattande bedömning av frekvens och konsekvens.

Mål formuleras för analysen så att arbetet skall kunna bedrivas effektivt samt för att kunna utvärdera om analysen nått upp till sitt mål. Avgränsning av arbetet sker utifrån tillgänglig information om objektet samt med hänsyn till de mål som satts upp.

Inventering och identifiering av risker utgör en väldigt viktig del i analysen. I räddningsverkets ”Handbok för riskanalys”/1/ listas de händelser som ska eller bör tas med. Nedan redovisas de fyra punkter som ska identifieras.

1. Händelser som har inträffat inom egen eller annan liknande verksamhet.
2. Uppenbara händelser med tanke på verksamhetens karaktär.
3. Händelser som kan härledas utgående från punkt 1 och 2 ovan.
4. Enkla kombinationer av separata händelser.

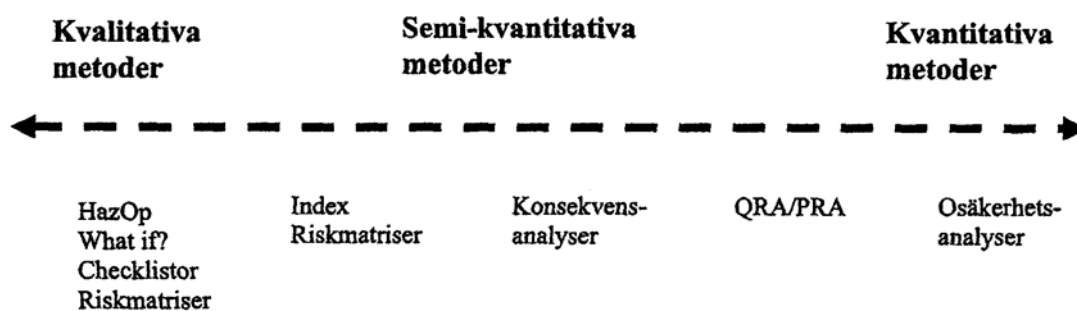
Frekvensbedömningar för de olika händelserna kan ske på olika sätt. Empiriska skattningar är statistik som ger direkt information av frekvensen för skadehändelsen. Vid expertbedömningar används kvalificerade frekvens uppskattningar baserat på kunskap och erfarenhet. Detta används ofta i grövre riskanalyser. Ett annat sätt är att använda sig av händelsetråd. Frekvenser för olika

delhändelser tas fram, oftast genom empiriska skattningar. Dessa olika delhändelser adderas sedan samman och ger frekvensen för slut händelsen.

Konsekvensbedömningen är en förutsägelse av vilka effekter som uppstår vid en viss olycka. Exempel på konsekvensbedömningar är hur långt sträcker sig en jetflamma och vilken gaskoncentration finns på ett visst ställe efter ett kemikalieutsläpp. Vid konsekvensbedömningen används oftast teoretiska eller empiriska beräkningsmodeller.

## 5.2 Val av analysmetod

Risikanalys används inom vitt skilda branscher, detta innebär att det utvecklats flera olika analysmetoder. Ett sätt att dela in risikanalys är efter grad av kvantifierbarhet. Figuren nedan visar hur analysmetoderna grovt sett kan delas in i tre huvudkategorier.



Figur 5 Olika risikanalysmetoder.

Kvalitativa metoder används främst för att identifiera de risker som finns. De kvalitativa metoderna gör det möjligt att rangordna riskerna av typen liten, stor, etcetera. Detta gör att riskerna på ett överskådligt sätt kan jämföras med varandra. Exempel på kvalitativa metoder är Hazop och What if.

Semi-kvantitativa metoder är mer detaljerade än de kvalitativa och innehåller även till viss del numeriska mått på konsekvenser och sannolikheter för att en händelse skall inträffa. Exempel på semi-kvantitativa metoder är riskmatriser med hög detaljeringsgrad.

De helt numeriska metoderna kallas kvantitativa risikanalys. Vid projekt som ställer höga krav på detaljeringsgrad samt numerisk skattning av riskens storlek är de kvantitativa metoderna väl lämpade/1/. För detta projektarbete lämpar sig alltså en kvantitativ metod bra. Karakteristiskt för kvantitativa risikanalysmetoder är att de använder sig av olika beräkningsmodeller med tillhörande indata. Slutprodukten blir ett kvantitativt mått på risken. Beräkningarna som utförs kan vara deterministiska beräkningar det vill säga konsekvensen av det värsta tänkbara scenariot beräknas. Eller också kan de vara probabilistiska beräkningar, då tas hänsyn till sannolikheten såväl som konsekvensen för händelsen.

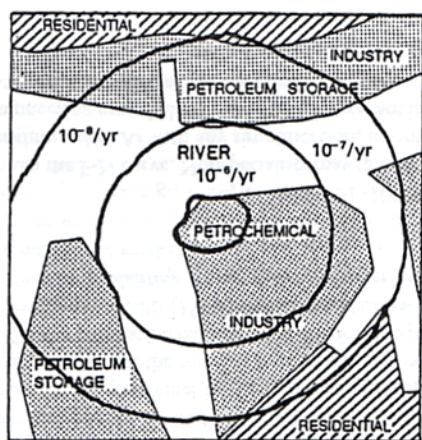
Gemensamt för alla kvantitativa riskberäkningar är att de osäkerheter som föreligger i indata till beräkningsmodellerna fortplantas genom beräkningen och kommer även med i slutresultatet. Med hänsyn till detta är det viktigt att välja så bra indata som möjligt samt att alltid utföra en känslighetsanalys på resultatet. Att göra en risikanalys är ett sätt att hantera osäkerheterna. Utan osäkerheter finns ingen anledning att göra en risikanalys.



En kvantitativa riskanalysmetod som är användbar inom samhällsplaneringen är QRA/9/ (Qualitative Risk Analysis). QRA använder två olika typer av riskmått, individrisk och samhällsrisk/3/. Båda riskmåttarna bygger på frekvensberäkningar och konsekvensberäkningar men skall inte jämföras utan behandlas var för sig.

### 5.2.1 Individrisk

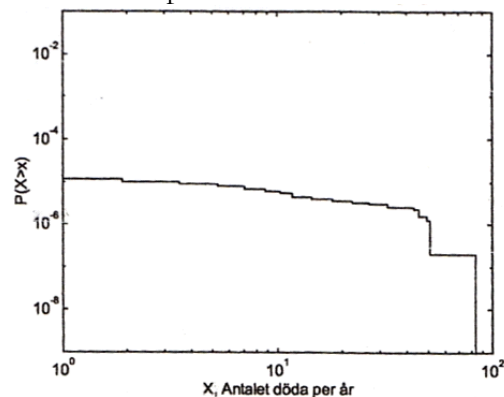
Individrisk är ett mått på den risk en enskild individ som kontinuerligt befinner sig inom en definierad effektzon utsätts för/9/. Effektzonen är det område som får dödsfall som konsekvens vid en olyckshändelse. Individrisken är platsspecifik och tar inte hänsyn till antalet personer som utsätts för händelsen utan behandlar enbart enskilda individer. Individrisk presenteras oftast i form av riskkonturer kring en olyckshändelse. Varje riskkontur är kopplad till en viss sannolikhet för dödsfall om individen befinner sig innanför denna kontur. I figur 6 ges exempel på hur individriskkonturerna kan plottas i en områdeskarta.



Figur 6 Exempel på individriskkonturer.

### 5.2.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk är ett mått på den risk en grupp av människor inom effektzonen utsätts för/9/. Befolkningssituationen inom området som utsätts för en händelse ligger till grund vid bestämning av samhällsrisk. Samhällsrisk presenteras ofta i form av FN-kurva och anger frekvensen för ett visst antal drabbade inom det förolyckade området. Y-axeln i ett FN-diagram anger den ackumulerade frekvensen medan X-axeln anger antalet drabbade. FN- diagrammet kan delas in i tre delar. Ett oacceptabelt område, ett ALARP(As Low As Reasonable Practicable) område och ett acceptabelt område. Inom ALARP området kan riskerna anses vara av sådan storlek att de nog måste beaktas och rimliga åtgärder för riskreduktion ska vidtagas /1/. Figur 7 visar hur en FN-kurva ser ut i praktiken.



Figur 7 Exempel på FN kurva.

## 5.3 Riskkriterier

Riskkriterier används för att jämföra beräknad risk med tolerabel risk. Riskkriterier skall spegla den allmänna synen på risk och vad som är tolerabelt eller ej. Kriterierna är således hela tiden under förändring så att de speglar samhällets aktuella syn på acceptabel risk. Riskkriterier är oftast kvantitativa vilket ger en bild av att kriterierna är exakta och utgör en absolut gräns för vad som är tolerabelt eller ej. Men riskkriterierna bör användas mer som riktlinjer, skulle en risk hamna precis under tolerabel risk bör denna beaktas med stor försiktighet.

Individriskkriterier samt samhällsriskkriterier är ett vanligt sätt att ange antalet förolyckade till följd av en oönskad händelse. Det enda som beaktas är risken att omkomma och inte hur stor risken för personskada är. Anledningen till detta är att det är väldigt svårt att ge en exakt definition av vad skada är. Individriskkriterier samt samhällsriskkriterier är båda probabilistiska kriterier, hänsyn tas både till sannolikheten för en oönskad händelse och de negativa konsekvenserna av den.

I motsats till probabilistiska kriterier finns deterministiska kriterier. Deterministiska kriterier tar enbart hänsyn till konsekvensen av en oönskad händelse. Deterministiska kriterier och skyddsavstånd är tät förenade eftersom de deterministiska kriterierna ger exakta mått och kan alltså direkt tillämpas som skyddsavstånd.

### 5.3.1 Acceptabel risk i Sverige och omvärlden

Det finns idag inga nationella kriterier för värdering av risk i Sverige/23/. I brist på nationella kriterier har man i vissa fall på regional och lokal nivå bestämt sig för att använda egna kriterier för värdering av risk. Detta innebär att genomförda riskanalyser i Sverige mycket väl kan acceptera olika individ och samhällsrisker, vilket kan vara en nackdel.

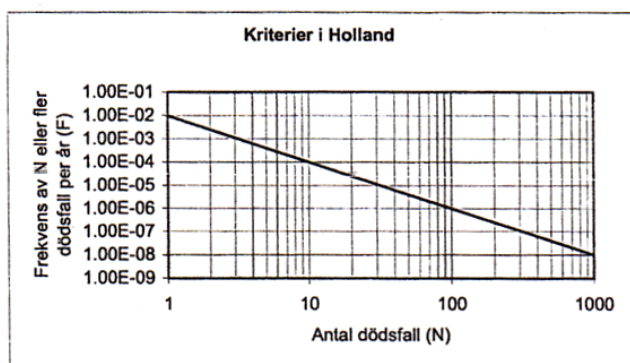
Riskkriterier som behandlar hanteringen av farligt gods redovisas nedan. Siffrorna som presenteras är hämtade från Räddningsverkets rapport *Värdering av risk/23/*. I rapporten har sammanställts olika länders riskkriterier vissa av dessa kriterier är implementerade i lag andra inte.

#### Holland

I februari 1996 publicerades ett memorandum av VROM (Ministry of housing, physical planning and environment) och transportministeriet angående den gemensamma studien "Risk Criteria for Hazardous Substances Transport" som resulterade i en ny policy angående riskvärdering av farligt gods transport /23/. Kriterierna har hittills inte implementeras i lag, men används i stor omfattning/23/.

För individrisk valdes  $10^{-6}$  per år.

Samhällsrisk: FN-kurva där  $N=10$  dödsolyckor motsvarar  $10^{-4}$  per år, för  $N=100$  dödsolyckor är värdet  $10^{-6}$  per år. De lokala och regional myndigheterna har möjlighet att avvika från kriteriet för samhällsrisk om de har en lämplig motivering till detta/23/.



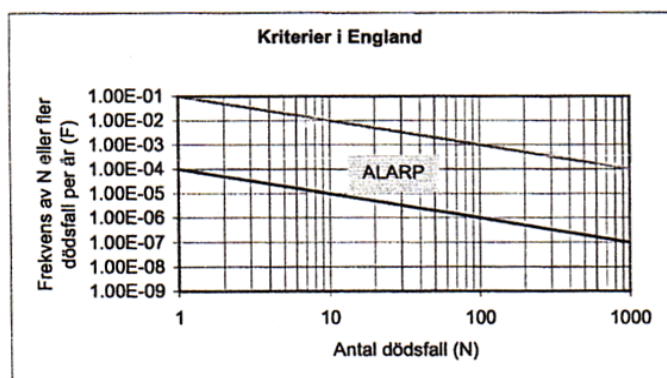
**Figur 8 Riktlinjer Holland.**

### Storbritannien

Risikkriterier beträffande transport av farligt gods utvecklades av ett underutskott till "Advisory Committee on Dangerous Substances" (ACDS) på begäran av "Health & Safety Commission" (HSC)/23/.

Individrisk:  $10^{-4}$  per år maximal tolerabel risk och  $10^{-6}$  per år allmänt acceptabel risk.

Samhällsrisk: FN-kurva där  $N=1$  dödsolycka motsvarar  $10^{-4}$  per år och med lutningen  $-1$  på linjen. Under denna linje anses det vara försumbar risk. Vid maximalt tolerabel risk är  $N=1$  dödsolycka motsvarar  $10^{-1}$  per år med lutningen  $-1$  på linjen. I zonen däremellan tillämpas ALARP principen. Figur 9 illustrerar ALARP området.



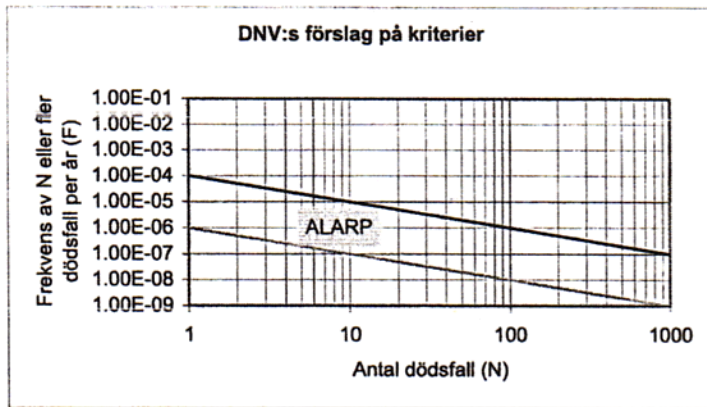
**Figur 9 Riktlinjer Storbritannien.**

### Sverige

Deterministiska kriterier i form av skyddsavstånd har använts under längre tid i Sverige. Vid ett par projekt har specifika individ- och samhällskriterier tagits fram. Men det finns inga vedertagna risikkriterier. Malmö Brandkår och Stockholms Brandförsvar har dock föreslagit att nedanstående kriterier skall användas för såväl transport av farligt gods som samhällsplaneringen i övrigt/9/. Ursprungligen är det Det Norske Veritas (DNV) förslag till kriterier/23/.

Individrisk:  $10^{-5}$  per år som övre gräns för områden där risker under vissa förutsättningar kan tolereras och  $10^{-7}$  per år som gräns för områden där risker kan anses små.

Samhällsrisk: FN-kurva där  $N=1$  dödsolycka motsvarar  $10^{-4}$  per år och med lutningen  $-1$  på linjen utgör övre gränsen för området. Medan gränsen för området där risker kan anses små utgörs av  $N=1$  dödsolycka motsvarar  $10^{-6}$  per år och lutningen är  $-1$  på linjen. I zonen däremellan tillämpas ALARP principen. Figur 10 visar DNV:s förslag på kriterier.

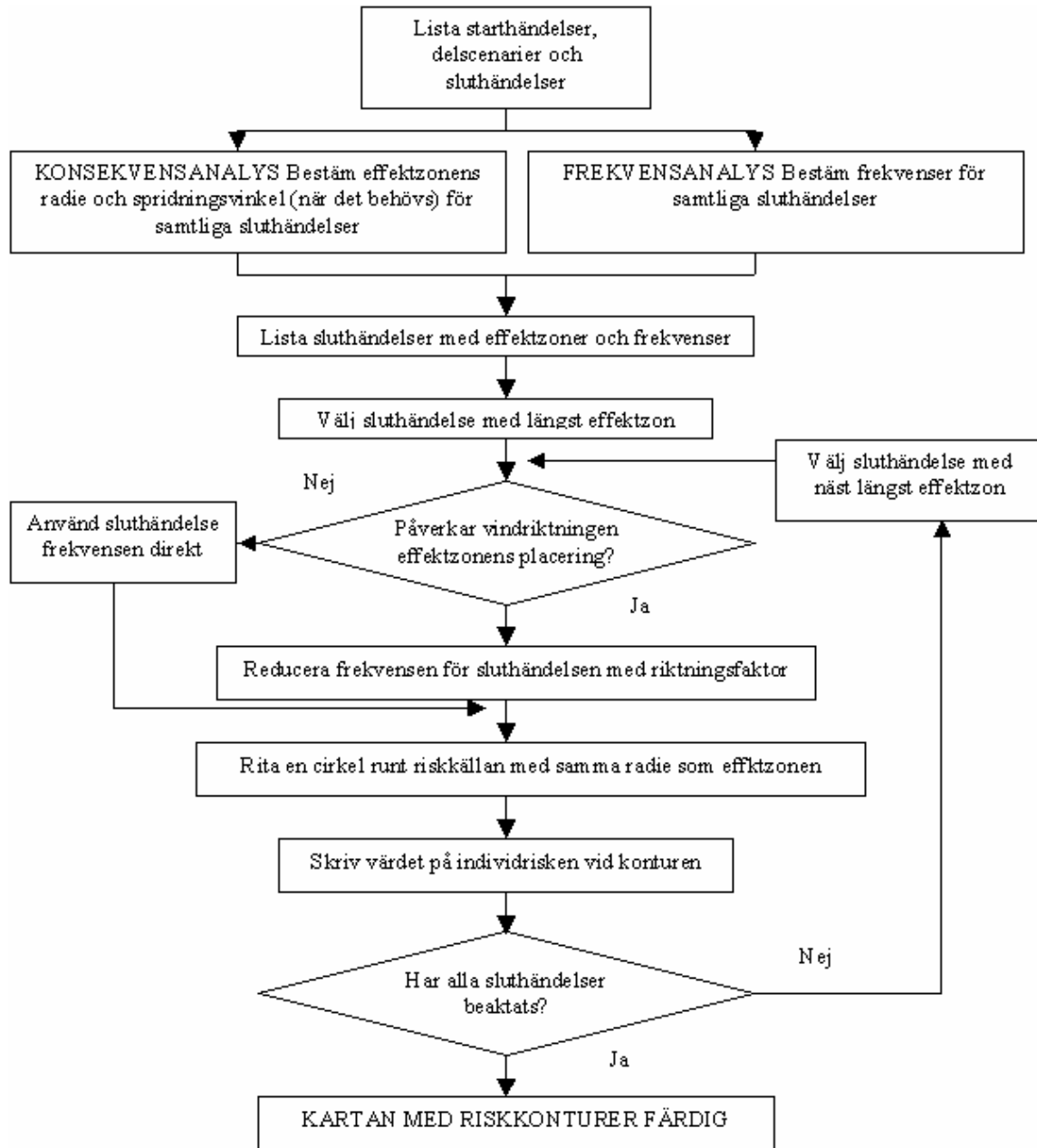


**Figur 10** Föreslagna riktlinjer för Sverige.

## 6 Analysmodell

Detta kapitel förklarar hur analysen skall genomföras samt konsekvens- och frekvensmodellernas uppbyggnad.

Som utgångspunkt för riskanalysen har en förenklad process enligt Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis/3/ använts. Figuren nedan illustrerar hur denna analys är uppbyggd vid individrisk. För samhällsrisk gäller ungefär samma arbetsgång.



Figur 11 Arbetsstruktur vid beräkning av individrisk.

Utifrån ett händelsetråd som beskriver en farligtgoodsolycka i samband med Hallandsåstunneln har starthändelser, delscenarier och sluthändelser identifierats, se bilaga 8. I kombination med frekvensanalys och konsekvensanalys har sedan individ- och samhällsriskerna beräknats. Slutligen jämförs dagens individ- och samhällsrisk med framtida individ- och samhällsrisk, för att se hur riskbilden förändrats. Den stora orsaken till framtida förändring i individ- och samhällsrisk är Hallandsåstunneln. Möjligheten att transportera farligt gods ökar avsevärt.

## 6.2 Frekvensanalys

Definitionen av frekvens är antalet förekomster av en viss händelse per tidsintervall, oftast per år. Beräknade olycksfrekvenser skall ses som ungefärliga värden och det bör beaktas som resultat av den frekvensmodell som använts.

I denna rapport har två frekvensmodeller använts för att beräkna olycksfrekvensen med farligtgodsvagnar. Anledning till att två frekvensmodeller använts är för att påvisa den skillnad som uppstår beroende på val av frekvensmodell, samt för att minska osäkerheten. Ett medelvärde av de båda modellerna används i analysen.

### 6.2.1 Modell enligt VTI

Den första modellen är framtagen av väg och transportforskningsinstitutet, VTI. De har i sin rapport/24/ utrett sannolikheter för järnvägsolyckor med farligtgods. Eftersom modellen ger antal förväntade olyckor för tankvagnar utgör tågets sammansättning en intressant faktor. Modellen behandlar urspårningar och sammanstötningar vilka får sägas vara de två viktigaste händelseförloppen som kan leda till en farligtgodsolycka. Statistik mellan åren 1981 och 1989 har legat till grund för modellen/24/.

En rad faktorer som påverkar frekvensen av farligtgods olyckor har identifierats och ingår i modellen. Spårkvalitet ingår som en inparameter och är uppdelad i fyra klasser. Till dessa fyra spårkvalitetsklasser finns knutna urspårningstal. Antal plankorsningar med olika skydd, bommar, ljud/ljus och inga aktiva skydd är kopplade till olika kollisionstal. Tågsammansättningen det vill säga hur många farligtgods vagnar och vanliga vagnar utgör också inparametrar liksom avsnittets längd. Avsnittets längd bör vara indelat i homogena delsträckor det vill säga sådana sträckor där alla relevanta parametrar är lika.

Formlerna för beräkning av förväntad frekvens av olyckor med farligtgodsvagnar är hämtade från Räddningsverkets Handbok *Farligtgods riskbedömning vid transport/25/*. De har i sin rapport sammanställt VTIs modell på ett lättöverskådligt sätt.

Urspårningar:  $F = AT \cdot S \cdot (TAF \cdot 2,5 \cdot (UTif + UTOf) + (UTig + UTOg) \cdot 2 / TAV)$

Kollisioner tåg-tåg:  $F = AT \cdot S \cdot FKT \cdot 3 / TAV$

Kollisioner vid plankorsningar:  $F = AT \cdot 2 \cdot (PK1 \cdot FKV1 + PK2 \cdot FKV2 + PK3 \cdot FKV3) / TAV$

(i)	Spårkvalitet A, B, C, D	
F	Förväntat antal urspårade/skadade vagnar med farligtgods	[st/år]
AT	Antal tåg med farligtgods per år	[st]
S	Avsnittets längd	[km]
TAF	Tågens medelstorlek uttryckt i antal vagnaxlar, fagovagnar	[st]
TAV	Tågens medelstorlek uttryckt i antal vagnaxlar, alla vagnar	[st]
FKT	Förväntat antal kollisioner tåg-tåg $6 \cdot 10^{-8}$ tågkm	
UTif	Urspårningstal boggievagnar beroende på spårkvalitet	
UTOf	Urspårningstal, ej spårfel, boggievagnar $4 \cdot 10^{-9}$	
UTig	Urspårningstal normalgodsvagnar beroende på spårkvalitet	
UTOg	Urspårningstal, ej spårfel, normalgodsvagnar $8,7 \cdot 10^{-9}$	
PK1	Antal plankorsningar med bommar	[st]
FKV1	Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon plankorsning med bommar $5 \cdot 10^{-8}$	
PK2	Antal plankorsningar med ljud och ljus	[st]

FKV2	Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon plankorsning med ljud och ljus $15 \cdot 10^{-8}$	
PK3	Antal plankorsningar utan skydd	[st]
FKV3	Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon plankorsning utan skydd	$2 \cdot 10^{-8}$

Totalfrekvensen av skadade vagnar med farligt gods fås genom att summera frekvensbidraget från urspårningar, kollisioner tåg-tåg samt kollisioner vid plankorsningar.

## 6.2.2 Modell enligt Sparre

Den andra frekvensmodellen som använts är ett examensarbete utfört vid institutionen för matematisk statistik *Urspårningar kollisioner och bränder på svenska järnvägar mellan åren 1985 och 1995 /26/*. I rapporten studeras tre typer av järnvägsolyckor, urspårning, sammanstötningar samt bränder. För var och en av olyckstyperna skattas sannolikheter. Persontåg och godståg behandlas var för sig, vid urspårning tas speciell hänsyn till spårstandarden genom en indelning i tre spårklasser.

Data har samlats in för urspårningar, kollisioner och bränder på svenska järnvägar mellan åren 1985 och 1995. Datamaterialet har sammanställts och nyckeltal i form av intensitet har beräknats för urspårning, kollision och brand. För att beräkna sannolikheten för en olycka multipliceras intensiteten med körd sträcka. Detta gäller naturligtvis endast för rimligt långa körsträckor/26/.

Nedan presenteras de intensiteter som gäller för de olika olyckstyperna.

Urspårningsintensiteter:

Tågslag, spårtyp	Intensitet $\lambda$ (tågkm <sup>-1</sup> )
Godståg, spårtyp A	$2,9 \cdot 10^{-7}$
Godståg, spårtyp B	$1,1 \cdot 10^{-6}$
Godståg, spårtyp C	$3,2 \cdot 10^{-6}$

Kollisionsintensiteter:

Typ av kollision	Intensitet $\lambda$ (tågkm <sup>-1</sup> )
Godståg / Godståg	-
Persontåg / Godståg	$5,1 \cdot 10^{-9}$
Godståg / Övrigt spårbundet	$64,2 \cdot 10^{-9}$
Godståg / Övrigt föremål	$58,9 \cdot 10^{-9}$
Godståg / Tungt föremål	$53,5 \cdot 10^{-9}$

Brandintensiteter:

Intensitet för brand i godståg  $\lambda = 1,0 \cdot 10^{-7}$  tågkm<sup>-1</sup>

Rapporten är baserad på verklig statistik och är frekvent använd vid skattningar av urspårningar, kollisioner och bränder/26/.

### 6.3 Konsekvensanalys

På samma sätt som för frekvensen för en olycka finns en rad olika sätt att beräkna konsekvenserna av en olycka. Definitionen av konsekvens är grad av påverkan vid exponering av en risk. Det vanligaste sättet är att beräkna ett riskavstånd inom vilket ett ämne kan ge upphov till en viss skada. I detta projekt har valts att räkna på  $LC_{50}$ -värdet, vilket innebär att 50 procent av individerna som befinner sig inom riskavståndet avlider.

Beräkning av riskavstånd kan göras med handberäkningar eller med datormodeller.

Handberäkningar har använts i detta projekt och följer beräkningsgången enligt Försvarets forskningsanstalts rapport *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor/27/*. I bilaga 4 redovisas utförligt genomförda beräkningar. Datorsimuleringar har också genomförts för att kontrollera att värdena är relativt överensstämmande. I bilaga 6 beskrivs programmen som använts samt indata och resultat.



## 7 Frekvensfaktorer

Här sammanfattas dataunderlag för kommande riskanalys.

### 7.1 Befolkningsdata

Befolkningstätheten för tätorten Båstad har hämtats från statistiska centralbyrån/28/. I figur 12 redovisas den befolkningstäthet som använts vid beräkningarna.

SCB

29

MI 38 SM 0101

#### 1. Tätorternas areal, folkmängd och invånare per km<sup>2</sup> 1995 och 2000 samt förändringar i areal och folkmängd, fortsättning

Tät- orts- kod	Tätort	Kommun	Kom- mun- kod	1995-12-31			2000-12-31			Förändring	
				Land- areal hektar	Folk- mängd 1995	Täthet Inv/ km <sup>2</sup>	Land- areal hektar	Folk- mängd 2000	Täthet Inv/ km <sup>2</sup>	Land- areal	Befolk- ning
3332	Bara	Svedala	1263	153	3 465	2 264	153	3 289	2 149	0	-176
3336	Barsebäck	Kävlinge	1261	40	418	1 046	40	434	1 066	0	16
3337	Barsebäckshamn	Kävlinge	1261	38	308	816	38	358	949	0	50
2812	Baskemölla	Slimrishamn	1291	36	247	696	36	227	636	0	-20
3338	Beddingestränd	Trelleborg	1287	101	585	577	101	576	568	0	-9
3340	Billeberga	Svalöv	1214	99	973	983	99	900	909	0	-73
3344	Billesholm	Bjuv	1260	289	2 814	973	290	2 688	927	1	-126
3348	Billinge	Estöv	1285	59	396	668	59	424	715	0	28
3352	Bjuv	Bjuv	1260	525	6 591	1 256	525	6 228	1 185	1	-363
3354	Bjärköv	Kristianstad	1290				27	204	758		
2816	Bjärnum	Hässleholm	1293	362	2 803	775	362	2 636	728	1	-167
3356	Bjärned	Lomma	1262	432	8 130	1 881	433	8 374	1 935	1	244
3360	Bjärsjölagård	Sjöbo	1265	49	308	635	49	326	672	0	16
3364	Blentarp	Sjöbo	1265	96	1 068	1 107	97	1 038	1 065	1	-30
2820	Borrbj	Slimrishamn	1291	87	983	1 129	87	934	1 073	0	-49
2824	Brantevik	Slimrishamn	1291	69	551	801	69	463	673	0	-88
2828	Broby	Östra Göinge	1256	372	3 115	837	373	2 955	792	1	-160
2832	Bromölla	Bromölla	1272	536	7 477	1 396	536	7 333	1 369	0	-144
2836	Brösarp	Tomelilla	1270	81	711	880	81	696	890	0	-15
3372	Bunkelöstrand	Malmö	1280	246	4 841	1 969	249	5 114	2 053	3	273
3374	Burlövs egnahem	Burlöv	1231	21	577	2 804	21	555	2 697	0	-22
3376	Bärsöv	Helsingborg	1283	116	2 707	2 334	116	2 664	2 297	0	-43
2840	Båstad	Båstad	1276	605	4 561	754	618	4 683	756	13	122
2844	Bäckaskog	Kristianstad	1290	38	339	890	38	313	819	0	-26

Figur 12 Befolkningstäthet Båstad.

## 7.2 Väderförhållanden

Faktorer som temperatur, vindriktning, vindhastighet och väderförhållanden har stor betydelse för hur spridningen av ett farligt gods utsläpp kommer att utvecklas. Det är därför viktigt att på bästa sätt identifiera dessa parametrar för området som skall analyseras. Det finns ett antal olika sätt att stabilitetsklassificera atmosfären, ett enkelt och robust sätt är att använda så kallade Pasquill klasser. Enligt denna metod klassar man atmosfären i 6 klasser, A till F där A är extremt instabilt och F måttligt stabilt/27/. Vid spridning av farliga gaser ger de stabila klasserna värst konsekvenser.

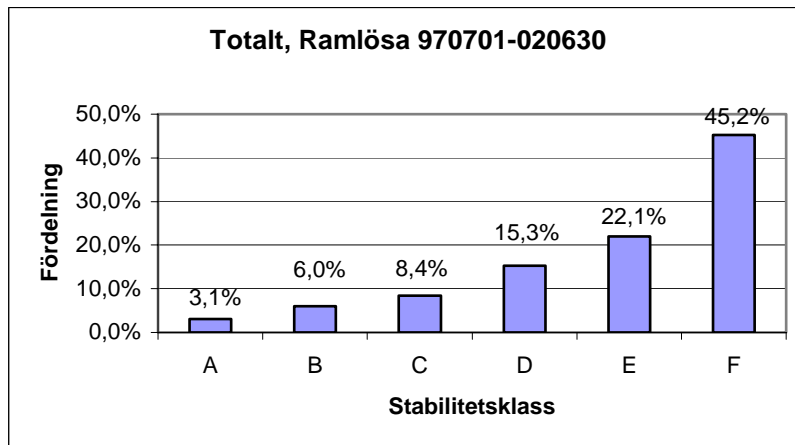
Väderdata har erhållits för Helsingborg, kontaktperson har varit Daniel Sirensjö SWECO/29/ tidigare anställd vid Helsingborgsbrandförsvaret. Avståndet mellan Helsingborg och Båstad är 5 mil, enligt telefonsamtal med Hans Alexander SMHI/30/ kan väderdata från Helsingborg användas för Båstad i brist på bättre statistik. I bilaga 1 Väderdata finns mer ingående statistik och nedan redovisas enbart det väsentliga för analysen.

Tabell 4 visar medeltemperaturen, medelvindhastigheten och hur ofta det blåser mot bebyggelse vid dagens spår samt framtida Hallandsåstunnel.

**Tabell 4 Medeltemperatur och medelvindhastighet.**

<b>Medeltemperatur [K]</b>	282
<b>Medelvindhastighet [m/s]</b>	4
<b>Mot bebyggelse dagens spår [%]</b>	54
<b>Mot bebyggelse framtida Hallandsåstunnel [%]</b>	41

Figur 13 visar fördelningen av stabilitetsklass under en 5 års period i Helsingborg.



**Figur 13 Stabilitetsklasser i Ramlösa 1997 till 2002.**





## 8 Inventering

Detta kapitel behandlar järnvägssträckningen över Hallandsås som det ser ut idag och hur det blir med framtida Hallandsåstunnel. Tekniska detaljer och trafiksituationen sammanställs, dessutom identifieras ett sårbart område där en farligt godsolycka antas kunna ske.

### 8.1 Beskrivande fakta för dagens spårsträckning

Detta kapitel behandlar järnvägssträckningen över Hallandsås som det ser ut idag. Tekniska detaljer och trafik situationen sammanställs. Den järnvägssträcka som får anses "tillhöra" Hallandsåsen börjar i Förslöv och går sedan via Grevie och når slutligen Båstad. Järnvägen används både till persontrafik och till godstrafik. Figur 15 illustrerar järnvägssträckningen.



Figur 15 Järnvägssträckning Hallandsås.

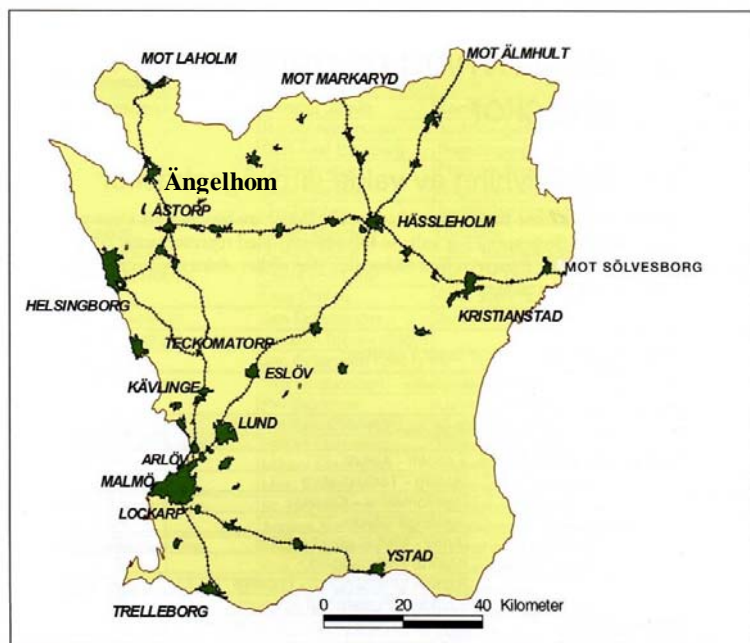
Tekniskdata/37/ för spårsträckningen presenteras i tabell 5.

**Tabell 5 Tekniskdata Hallandsås spåret.**

Avsnittets längd	16000m
Antal plankorsningar med bommar	8 st
Antal plankorsningar med ljud och ljus	2 st
Antal plankorsningar utan skydd	4 st
Antal växlar	3 st
Spårkvalitet	C, träslipers skarvspår
Avsnittets längd genom orten Båstad	6100m
Antal plankorsningar med bommar i orten Båstad	4 st

### Trafik situationen

För att få en uppfattning om vilken typ samt mängderna av farligtgods som berör Hallandsåsen, har en studie från Räddningsverket/31/ använts tillsammans med en rapport från SWEPRO/32/. Mängderna farligtgods mellan Åstorp och Ängelholm har studerats under tidsperioden 1999-12-01 till 2000-03-12. Dessa tre månader har skalats upp till ett år. Genomförd osäkerhetsanalys visar att enbart en viss marginell osäkerhet i indata avseende farligtgods transporter föreligger, trots uppskalning/31/. Studien har avgränsats till de järnvägsträckor med relativt mycket trafik, de mindre trafikerade sträckorna har uteslutits. Figur 16 visar järnvägssträckorna som studerats, figuren visar även att de tåg som passerar Ängelholm även passerar Hallandsås, såvida de inte stannar i Ängelholm. Enligt räddningstjänsten i Ängelholm/33/ sker ingen omlastning av farligtgods i Ängelholm. Mängden farligtgods som passerar Ängelholm kommer alltså att passera Hallandsås.



**Figur 16 De i Räddningsverkets studie ingående järnvägssträckor.**

770 st godståg gick på sträckan under tidsperioden av dessa innehöll 315 farligtgods. Totalt transporterades 232 800 nettoton gods varav ca 24 000 ton var farligtgods dvs ca 10 %/32/. I genomsnitt passerar cirka 3 tåg per dygn med farligtgods Hallandsåsen. Tabell 6 nedan visar fördelningen av ämnen inom RID klasserna/32/.



**Tabell 6 Andel farligtgoods per RID Klass.**

RID Klass	Netto ton under tidsperiod	Andel
1. Explosiva ämnen och föremål	64	0,3%
2. Gaser	9079	38,5%
3. Brandfarliga vätskor	2653	11,2%
4.1 Brandfarliga fasta ämnen 4.2 Självantändliga ämnen 4.3 Ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten	126	0,5%
5.1 Oxiderande ämnen 5.2 Organiska peroxider	4842	20,5%
6.1 Giftiga ämnen 6.2 Smittförande ämnen	772	3,3%
7. Radioaktiva ämnen	0	0%
8. Frätande ämnen	3905	16,6%
9. Övriga farliga ämnen och föremål	2140	9,1%
<b>Total mängd farligtgoods under tidsperioden</b>	<b>23580</b>	<b>100%</b>

Tabell 7 anger de farligtgoodsämnen inom de olika RID klasserna som transporteras mellan Åstorp och Ängelholm och därmed även passerar Hallandsås.

**Tabell 7 Typen av farligtgoods mellan Åstorp och Ängelholm.**

RID Klass	Ämnen i klassen / kommentar
1. Explosiva ämnen och föremål	Vanligt förekommande ämnen är pyrolysis-ämnen och patroner. Explosiva varor som fraktas som stycke gods och är normalt skilt från annat gods.
2. Gaser	De gaser som kan ge störst skadeverkan är de som är kondenserade och som är brännbara och giftiga.  Kondenserade giftiga gaser förekommer så som klor och svaveldioxid vilka utgör 75 % av klass 2. Kondenserade brännbara gaser förekommer dock endast i begränsad omfattning. Därutöver transporteras argon, kyld vätska som kan orsaka kvävning i stora koncentrationer
3. Brandfarliga vätskor	Brandfarliga vätskor som transporteras utgörs av ett flertal olika petrokemiska produkter. Störst andel transporter sker i klass 3 med butanoler.
4.1 Brandfarliga fasta ämnen 4.2 Självantändliga ämnen 4.3 Ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten	Utgörs främst av kol och kimrök (57 %)
5.1 Oxiderande ämnen 5.2 Organiska peroxider	Klass 5 utgörs av väteperoxid till 83 %. Väteperoxid har klassningen oxiderande ämne och indelas i ytterligare farlighetsklass beroende på koncentration. Ämnet har frätande egenskaper som i blandning med brännbara

	<p>ämnen kan ge upphov till självantändning. Väteperoxid i gasfas kan bli explosivt om halten peroxid i gasfasen överstiger 40 %.</p> <p>Väteperoxid tillverkas i Sverige av bl.a. Kemira i Helsingborg. I Skandinavien är det största användningsområdet som blekmedel inom massaindustrin.</p> <p>Ett annat ämne som transporteras i klass 5 är natriumklorat som utgör 11 % av klass 5.</p>
6.1 Giftiga ämnen 6.2 Smittförande ämnen	Epiklorhydrin 40 % och toluendisocyanat 34 % som båda är giftiga ämnen.
7. Radioaktiva ämnen	Inga transporter.
8. Frätande ämnen	Svavelsyra 45 %, etanolamin 15 % och maleinanhydrid 10 %.
9. Övriga farliga ämnen och föremål	Flytande miljöfarliga ämnen 68 %, expanderbara polymerkulor 13 % och gasgeneratorer förkrockkuddar 11 %.

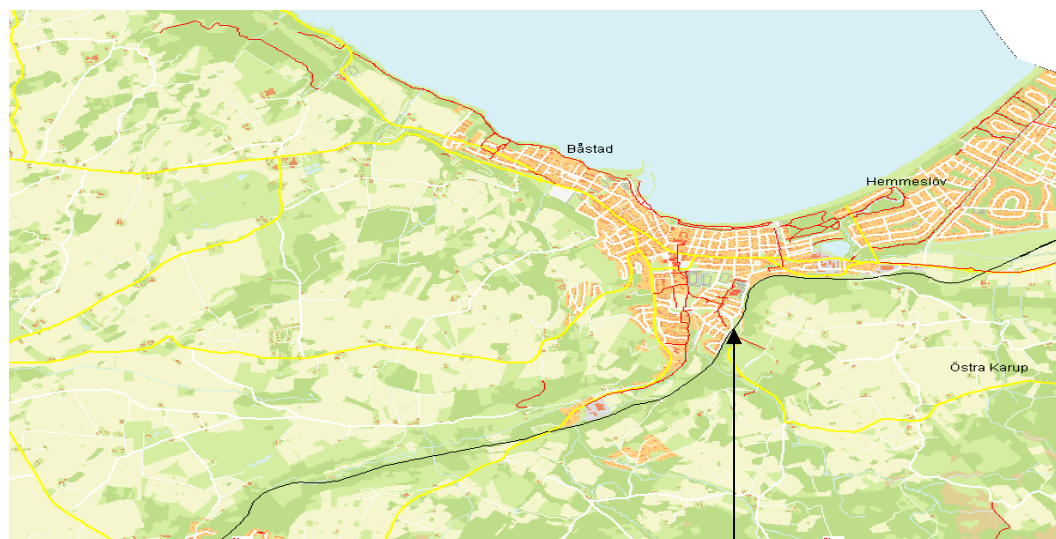
Antalet godståg är hela tiden föränderligt och beror på en rad olika faktorer. Eftersom Hallandsåstunneln dragit ut på tiden har Green Cargo (den största godstågsaktören) börjat använda sig av Markarydsbanan/34/. De siffror på antalet farligtgodstransporter som presenteras ovan är möjligen något lägre i dagsläget. Men eftersom uppgifterna ovan verkligen är uppmätta samt att de lätt kan skalas upp vid framtida tunnel används de som underlag för analysen. Antalet farligtgodstransporter blir i och med detta antagande ej underskattat.

Den traditionella vagnslasttrafiken anges ha i medeltal 18 vagnar samt lasta totalt 445 ton det vill säga ca 25 ton per godsvagn/26/. Tvåaxliga godsvagnar kan lastas med upp till ca 25 ton gods medan fyraxliga godsvagnar kan ta upp till 60 ton gods. Då godstågens sammansättning är affärshemlighet har tågsammansättningen för tågen över Hallandsås varit svåra att få tag i. Information har erhållits på veckobasis och enligt denna har tågen i medeltal 18 axlar farligtgods, se bilaga 2 för sammanställning av godståg 18 november till 24 november 2005.

### Identifiering av trolig olycksplats

Då detta projektarbete har avgränsats till orten Båstad har också antalet olycksplatser reducerats. Vid identifiering av olycksplats har närheten till viktiga samhällsfunktioner (vårdscentral, kommunkontor etcetera) beaktats liksom att området i olyckans absoluta närhet är befolkad det vill säga består utav bostadshus och inte utgörs av industrimark. Samt att det finns en olycksinitierande faktor som till exempel plankorsning eller växlar där urspårning och sammanstötning antas kunna ske. Utifrån dessa kriterier har den värsta troliga platsen identifierats. I figur 17 finns bilder på den olycksplats som valts för dagens spår.



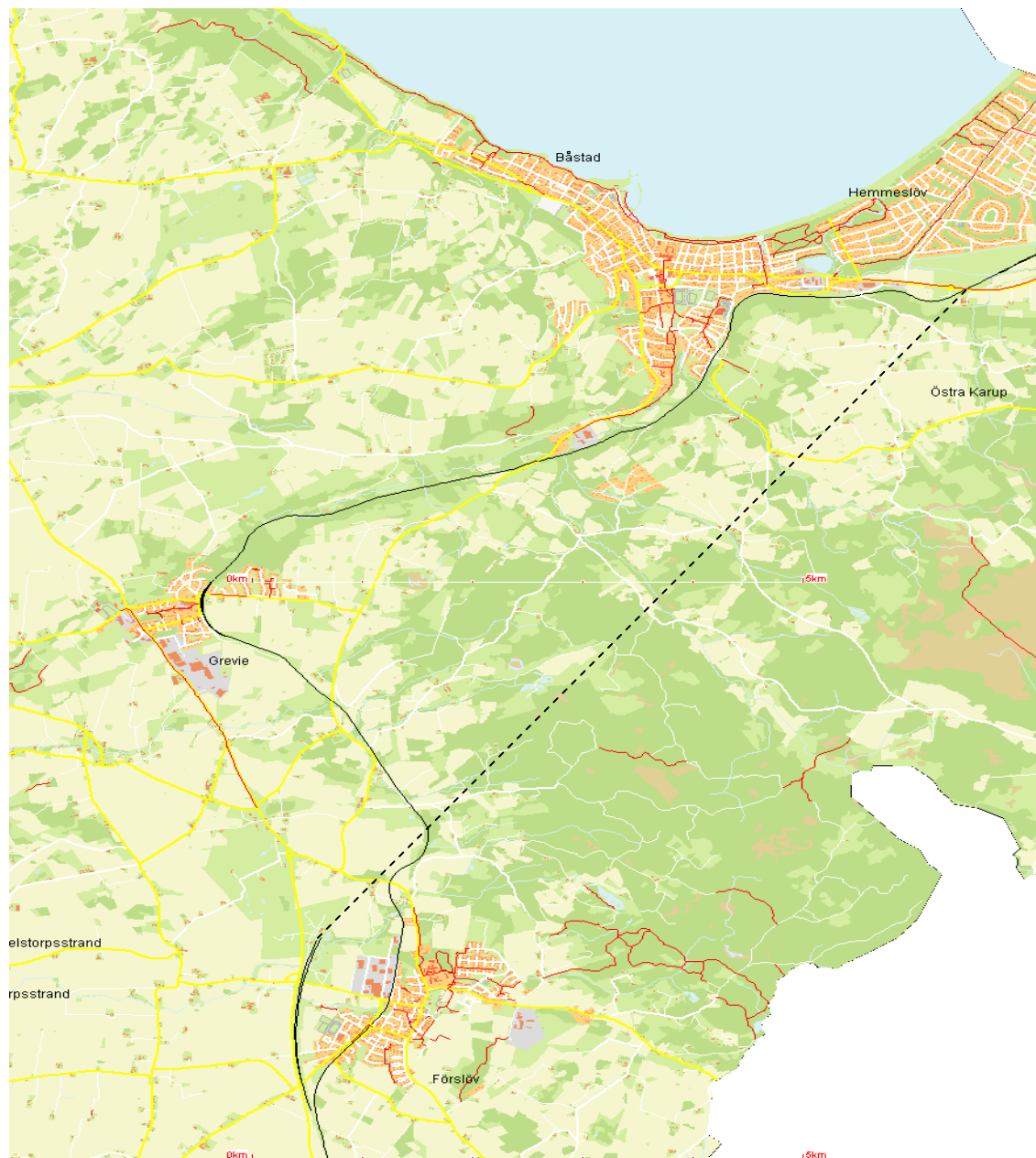


**Figur 17 Olycksplats dagens spår.**

Olycksplatsen som valts för dagens spår är i början av tätorten. Anledning till att platsen valts är framförallt plankorsningen som utgör en olycksinitierande faktor. Plankorsningen är som synes av bilderna ovan väldigt skyddad men det finns ljud- och ljussignal. Dessutom ligger olycksplatsen i anslutning till ett större äldreboende (ca 500 meter). Avståndet till kommunkontoret bedöms vara ca 1000 meter, till brandstationen ca 1200 meter och till vårdcentralen 1450 meter. I direkt anslutning till olycksplatsen finns bostadsområden.

## 8.2 Beskrivande fakta för framtida Hallandsåstunnel

Hallandsåstunneln kommer att gå genom åsen enligt figuren nedan.



**Figur 18 Hallandsåstunnelns sträckning.**

### **Teknisk data för Hallandsåstunneln**

Banans spårtyp är av typ A dvs helsvetsad räls och betongslipers som vilar på makadamballast. Det är två parallella enkelspår som är dimensionerade för en framtida maxhastighet på 250 km/h. Närmaste station är Båstad som ligger ca en kilometer utanför den norra tunnelmynningen. Tunnelarna är vardera totalt ca 8,6 km. Sträckan utanför norra tunnelmynningen som berör orten Båstad är 3,1 km. Utanför norra tunnelmynningen är omgivningen till väster flack utan vindskydd medan den till öster är brant och vindskyddande. Södra tunnelmynningen är inte färdigställd så någon kommentar kring denna kan inte göras.

### Beskrivning av Hallandsåstunnelns trafiksystem

Banverkets trafikprognos gäller uppskattad dygnstrafik år 2020. Följande sifferdata som presenteras är hämtad från Swepros *Säkerhetsvärdering av Hallandsåstunneln/32/*. Trafikprognosen anger dygnstrafiken för tunneln till 139 tågrörelser per normalt vardagsdygn varav 35 stycken är godståg.

I tabell 8 visas den fördelning mellan tågtyper som anges i trafikenprognosen för år 2020.

**Tabell 8 Trafikprognos 2020.**

Tågtyp	Pågatåg	Öresundståg	Snabbtåg X2	Nattåg	Godståg
Tågrörelser per dygn	38 st	36 st	28 st	2 st	35 st

Inom godstrafiken sker en utveckling mot att börja köra specifika godstågstyper. Idag är den huvudsakliga trafiken så kallade vagnslasttrafik. Enskilda vagnar kopplas ihop till tåg på godsterminaler. Dessa går till en rangerbangård någonstans i Sverige och rangeras om till nya tåg. De framtida godstågen kommer att vara mer kundanpassade. Man kör då tåg lastade specifikt för den beställande kunden. De godskategorier som kommer att vara aktuella genom Hallandsåstunneln är följande/32/:

- Expressgodståg: Dagens posttåg, hastighet 160 km/h.
- Kombitåg med lastbärare som motsvarar 40 ft containers eller semitrailers, hastighet 120 km/h.
- Lättkombitåg med ”fast vagngrupp” d.v.s. tåget delas inte upp, lastkapacitet 16 ton, hastighet 120 km/h.
- Systemtåg för en given vara tex olja, rundvirke eller biobränsle, hastighet 90 km/h.
- Den traditionella vagnslasttrafiken, hastighet 100 km/h.

Av ovanstående information kan utläsas att tåglängder, hastigheter, nettoton och antal vagnar för godstrafiken kommer att variera kraftigt. I analysen av Hallandsåstunneln används samma medelantal farligtgodsvagnar som vid dagens spårsträckning det vill säga i medeltal 18 farligtgoodsaxlar.

För att uppskatta hur många av godstågen som innehåller farligtgods så har siffrorna från Räddningsverket studie/31/ använts som underlag. Av 770 stycken godståg innehöll 315 stycken farligtgods. Detta innebär att 35 stycken godståg skall divideras med  $770/315=2,44$  för att få det uppskattade antalet tåg med farligtgods i framtida tunnel. Antalet tåg med farligtgods blir med antagandet ovan 14 stycken per dygn. I brist på bättre uppskattningar får dessa siffror användas trots att utvecklingen pekar mot en förändrad typ av godstrafik.



### Identifiering av trolig olycksplats

Val av olycksplats vid framtida Hallandsåstunnel har skett utifrån samma kriterier som för dagens spår. Värsta troliga olycksplats har valts i närhet till den nya stationen. Här finns ett stort antal växlar som mycket väl skulle initiera en olycka. Enligt översiktsplanen, se kapitel 7.3, blir avståndet till skola cirka 500 meter. Avståndet till campingområde blir cirka 1000 meter. Även bostadsområden kommer att byggas intill vald olycksplats.

Den vall som byggts intill spåret förhindrar spridning vid olycka. Ingen hänsyn har tagits till vallen i beräkningarna vilket får anses vara ett konservativt antagande.



Figur 19 Olycksplats framtida Hallandsåstunnel.

## 9 Fördjupad riskanalys dagens spårsträckning

*I detta kapitel redovisas en kvantitativ riskanalys med alla stegen samt slutresultatet i form av individrisk samt samhällsrisk.*

Starthändelsen, delscenarier och sluthändelsen har tagits fram med hjälp av händelseträd, se bilaga 8 Händelseträd. Händelseträdet utgör första delen i riskanalysen och byggs på utav frekvens- och konsekvensberäkningar för att slutligen resultera i individ- och samhällsrisk.

### 9.1 Frekvenser

Beräkningar av olycksfrekvenser på aktuell järnvägssträcka har gjorts utifrån två rapporter, *Urspårningar, kollisioner och bränder på svenska järnvägar mellan åren 1985 och 1995*, Erik Sparre/26/ samt VTI modellen hämtad från *Farligtgoods riskbedömning vid transport*, Räddningsverket/25/.

I analysen kommer olyckstyperna urspårning samt sammanstötning (plankorsningsolyckor) att behandlas.

#### 9.1.1 Bedömning av olycksfrekvenser enligt Sparre

Frekvens för urspårning med godståg på spårtyp C är  $3,2 \cdot 10^{-6}$  urspårningar per tågkilometer. Aktuell spårlängd är 6,1 kilometer. Antal farligtgodstågspassager per dygn är 315 st/102 dygn = 3,088 per dygn. Under ett år passerar  $3,088 \cdot 365 = 1127$  farligtgodståg Båstad.

Sannolikheten för urspårning på aktuellt spår avsnitt är alltså  $6,1 \cdot 1127 \cdot 3,2 \cdot 10^{-6} = 2,2 \cdot 10^{-2}$  händelser per år.

Totala frekvensen för kollisioner/sammanstötningar är  $1,82 \cdot 10^{-7}$  kollisioner per tågkilometer. Sannolikheten för kollisioner/sammanstötningar på aktuellt spår avsnitt är alltså  $6,1 \cdot 1127 \cdot 1,82 \cdot 10^{-7} = 1,3 \cdot 10^{-3}$  händelser per år.

Totala frekvensen för olycka med farligtgoods fås genom att summera ovanstående frekvenser och blir således  $2,3 \cdot 10^{-2}$  händelser per år.

#### 9.1.2 Bedömning av olycksfrekvenser enligt VTI modell

VTI modellen är mer beräkningsintensiv varför enbart resultaten presenteras nedan, hela beräkningsproceduren kan följas i bilaga 3.

Totala frekvensen för olycka med farligtgoods blir med VTI modellen  $3,0 \cdot 10^{-3}$  händelser per år.

#### 9.1.3 Val av olycksfrekvens

Som syns skiljer de olika modellerna sig åt med en tiopotens. Vilket värde som är mest korrekt av dessa går inte att säga. Ett medelvärde av de båda väljs därför som olycksfrekvens. Frekvens för olycka blir  $1,3 \cdot 10^{-2}$  händelser per år.

#### 9.1.4 Frekvens slutscenario

Slutscenariofrekvensen det vill säga produkten av olycksfrekvensen och frekvensen för delscenarierna (se bilaga 8) presenteras i tabell 9. I de fall då scenarierna är beroende av vindriktning, har frekvensen reducerats med en faktor avseende hur ofta det blåser mot bebyggelsen. Frekvensen för hela sträckan presenteras liksom frekvensen beräknat på en

kilometer. Samma exponent dvs E-07 har använts för samtliga slutscenarion för göra de lättare att jämföra med varandra.

**Tabell 9 Frekvens slutscenarion.**

Scenario	Frekvens (hela sträckan)	Frekvens (per km)
Klor läckage (Håldiameter 0,01m)	64.2 E-07	10.5 E-07
Klor läckage (Håldiameter 0,05m)	21.4 E-07	3.50 E-07
Klor läckage (Håldiameter 0,1m)	20.7 E-07	3.39 E-07
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,01m)	189 E-07	31.0 E-07
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,05m)	62.9 E-07	10.3 E-07
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,1m)	50.5 E-07	8.28 E-07
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,01m)	1.34 E-07	0.220 E-07
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,05m)	3.12 E-07	0.511 E-07
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,1m)	2.51 E-07	0.411 E-07
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,01m)	1.43 E-07	0.235 E-07
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,05m)	3.88 E-07	0.635 E-07
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,1m)	3.11 E-07	0.510 E-07
BLEVE (Håldiameter 0,05msamt 0,1m)	0.0937 E-07	0.0154 E-07

## 9.2 Konsekvenser

Konsekvenserna vid en farligtgoodsolycka har beräknats enligt metoder som presenteras i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor/27/*. För varje sluthändelse har riskavståndet beräknats. I bilaga 4 redovisas hela beräkningsproceduren. Nedan presenteras enbart resultatet från dessa beräkningar. Många olika faktorer påverkar riskavståndet, statistik för de vanligaste förekommande förhållandena har använts i beräkningarna. En mer ingående analys av parametrarna genomförs i känslighetsanalysen. Som en del i känslighetsanalysen har även datorprogrammen Bfk samt Gasol använts för att beräkna konsekvenserna. Se bilaga 6 för indata. Skillnaden mellan resultaten diskuteras ingående i kap 11. Som riskavstånd väljs avstånd framtagna med handberäkningar, tabell 10 anger dessa avstånd samt riskavstånden ifrån datorberäkningarna.

**Tabell 10 Scenario med tillhörande riskavstånd.**

Scenario	Riskavstånd handberäkningar[m]	Riskavstånd datormodell [m]
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,01m)	64	72
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,05m)	513	619
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,1m)	1411	1082
Klor läckage (Håldiameter 0,01m)	134	208
Klor läckage (Håldiameter 0,05m)	1144	1395
Klor läckage (Håldiameter 0,1m)	2508	2614
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,01m)	11	7
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,05m)	53	37
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,1m)	106	73
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,01m)	29	ca 10
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,05m)	145	ca 130
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,1m)	290	ca 250
BLEVE	252	185

## 9.3 Beräknad risknivå

Risk är en sammanvägning av sannolikheten för en olycka och konsekvensen av denna. Risken mäts i denna analys på två olika sätt, dels som individrisk men även som samhällsrisk. Såväl individrisk beräkningarna som samhällsrisk beräkningarna följer den förenklade proceduren enligt Chemical Process Quantitative Risk Analysis (CPQRA)/3/. Detta innebär att förenklingar genomförs, men i möjligaste mån görs konservativa förenklingar. Dessutom kontrolleras dessa förenklingar i känslighetsanalysen.

### 9.3.1 Individrisk

Till varje slutsenario i händelseträdet finns en sannolikhet P(scenario). Produkten mellan P(scenario) och frekvensen för att en farligtgodsolycka skall inträffa ger frekvensen, f. Det är med denna frekvens slutsenariot inträffar. Uttrycket nedan definierar individrisken, IR/3/.

$$IR = f \cdot \frac{15}{360}$$

Formeln ovan förutsätter att den eventuella utsläppskällan är en punktrisk. Då utsläppskällan i detta fall är en linje måste detta kompenseras. Eftersom utsläppet antas kunna ske längs hela järnvägssträckan används följande formel/35/. Förvisso har mest troliga olycksplats identifierats, men då ett utsläpp kan ske varsomhelst på sträckan är det mer korrekt att anta en olycka någonstans längs hela spårsträckningen.

$$IR = f \cdot \frac{2 \cdot \sqrt{r^2 - a^2}}{1000} \cdot \frac{15}{360}$$

IR = Individrisk

f = frekvens

r = riskavståndet för varje enskilt scenario [m]

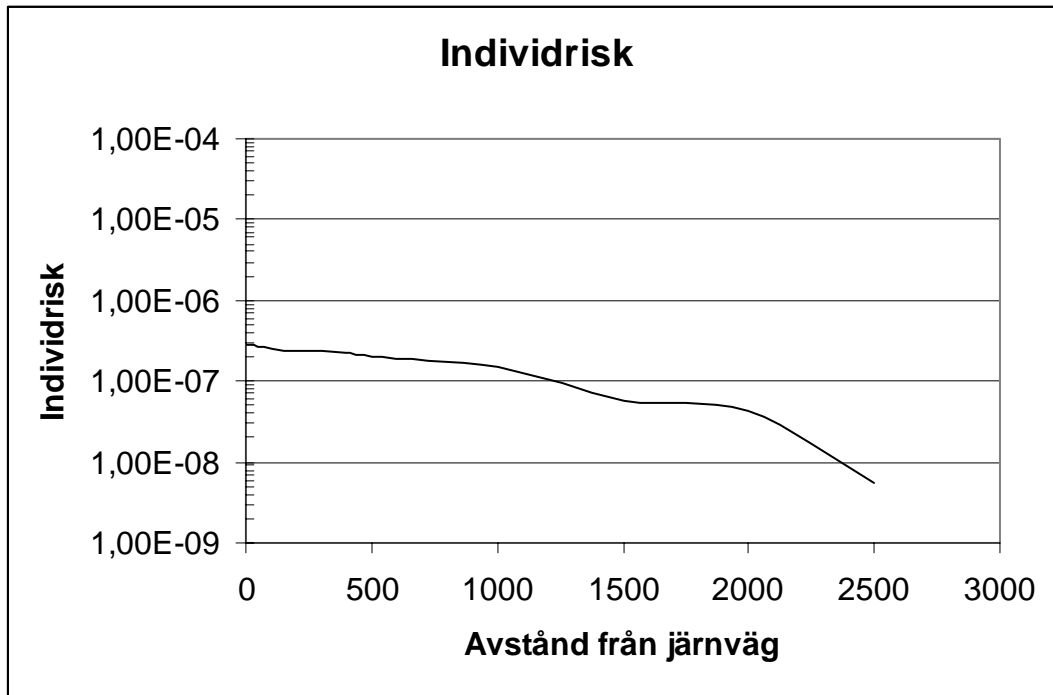
a = avstånd från olyckan [m]

Utsläppets inverkan på respektive område regleras med en spridningsvinkel som är fastställd till 15°. Därav tillkommer korrigeringsfaktorn 15/360. Vid BLEVE utelämnas korrigeringsfaktor då utsläppet sker i alla riktningar. Grundfrekvensen f gäller för 1 kilometer transportled, därav divideras med 1000 meter. Individriskerna kumuleras i förhållande till varje avstånd ifrån olyckan, vilket innebär att individrisken ökar med minskat avstånd. Tabell 11 redovisar för varje avstånd ifrån olyckan kumulerad individrisk.

**Tabell 11 Sammanfattning individrisk.**

Avstånd från olycka, a [m]	Individrisk kumulerad, IR [/år]
0	2.77 E-07
25	2.76 E-07
50	2.70 E-07
100	2.55 E-07
150	2.44 E-07
200	2.42 E-07
300	2.33 E-07
400	2.22 E-07
500	2.00 E-07
1000	1.50 E-07
1500	0.567 E-07
2000	0.427 E-07
2500	0.0565 E-07

Individrisk presenteras i figur 20.



Figur 20 Individriskdiagram.

### 9.3.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk för dagens spår presenteras i form av en FN kurva. FN kurvan visar totala frekvensen (F) av en olycka i förhållande till antalet omkomna (N). Även beräkningen av samhällsrisk följer den förenklade proceduren enligt CPQRA. Antalet drabbade bestäms genom att beräkna antalet människor som bor i en cirkelsektor med radien lika med riskavståndet för respektive utsläpp och inom spridningsvinkeln. Undantag görs vid BLEVE då denna utbreder sig i alla riktningar. Formeln nedan används vid beräkning av antalet drabbade.

$$n = \pi \cdot r^2 \cdot \frac{15}{360} \cdot N$$

n = antalet omkomna [st]

r = riskavstånd [km]

N = befolkningstäthet [inv/km<sup>2</sup>]

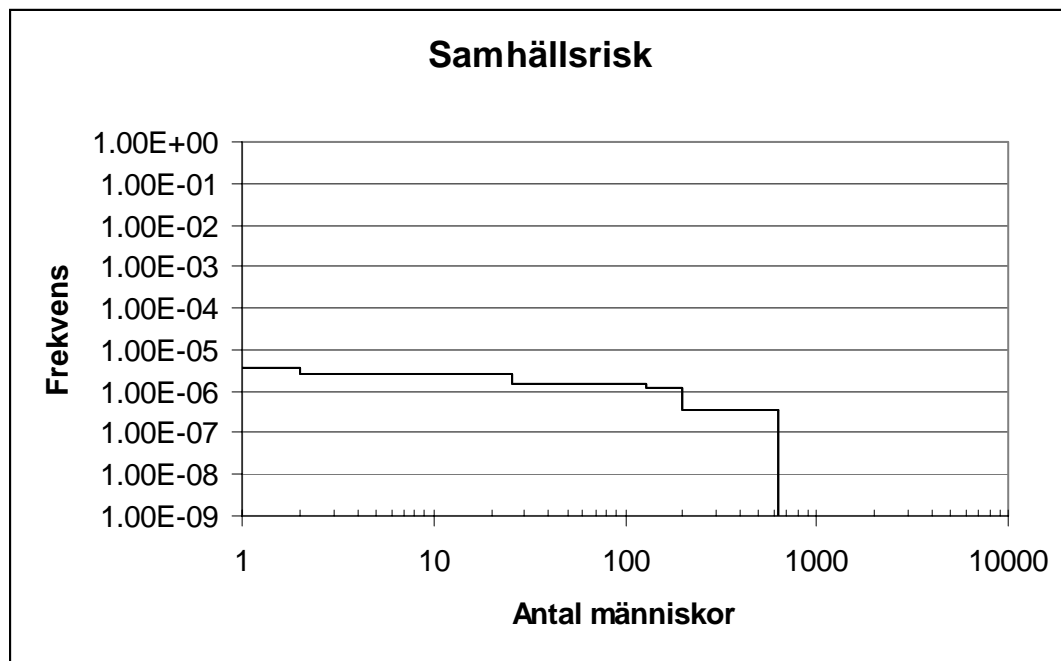


I tabell 12 sammanfattas underlaget till samhällsrisk.

**Tabell 12 Dataunderlag FN kurva.**

Scenario	Frekvens	Kumulerad frekvens	Antal omkomna
Klor läckage (Håldiameter 0,1m)	3.39 E-07	3.39 E-07	624
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,1m)	8.28 E-07	11.7 E-07	198
BLEVE	0.0154 E-07	11.7 E-07	151
Klor läckage (Håldiameter 0,05m)	3.50 E-07	15.2 E-07	130
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,05m)	10.3 E-07	25.5 E-07	26
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,1m)	0.510 E-07	26.0 E-07	8
Klor läckage (Håldiameter 0,01m)	0.635 E-07	26.6 E-07	2
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,05m)	10.5 E-07	37.2 E-07	2
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,1m)	0.411 E-07	37.6 E-07	1
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,01m)	31.0 E-07	68.6 E-07	0
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,05m)	0.511 E-07	69.1 E-07	0
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,01m)	0.235 E-07	69.3 E-07	0
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,01m)	0.220 E-07	69.5 E-07	0

I figur 20 presenteras FN kurvan för dagens spår. Den kumulerade frekvensen används vilket innebär att frekvens ökar ju närmare olyckshändelsen man kommer.



**Figur 21 FN kurva dagens spår.**



## 10 Fördjupad riskanalys framtida Hallandsåstunnel

*I detta kapitel redovisas en kvantitativ riskanalys för framtida Hallandsåstunnel med alla stegen samt slutresultatet i form av individrisk samt samhällsrisk.*

Eftersom fokus ligger på hur invånarna i Båstad kommun påverkas av Hallandsåstunneln behandlas som tidigare nämnts inte en olycka inne i tunneln. Olyckan antas hända i tunnelns absoluta närhet. En urspårning kan mycket väl initieras i en växel eller på stationen och därefter utvecklas till en urspårnings- eller kollisionsoolycka.

### 10.1 Frekvenser

Beräkningar av olycksfrekvenser för framtida Hallandsåstunnel har gjorts utifrån två rapporter, *Urspårningar, kollisioner och bränder på svenska järnvägar mellan åren 1985 och 1995*, Erik Sparre/26/ samt VTI modellen hämtad från *Farligt gods riskbedömning vid transport*, Räddningsverket/25/.

I analysen kommer olyckstyperna urspårning samt sammanstötning (plankorsningsolyckor) att behandlas.

#### 10.1.1 Bedömning av olycksfrekvenser enligt Sparre

Frekvens för urspårning med godståg på spårtyp A är  $2,9 \cdot 10^{-7}$  urspårningar per tågkilometer. Aktuell spårlängd är 3,1 kilometer. Antal godstågspassager under ett år är  $35 \cdot 365 = 12775$  stycken. Uppgifter om hur många som innehåller farligt gods utav dessa är svårt att uppskatta, därför används samma kvot som råder i dagsläget dvs.  $\frac{315}{770} = 0,401$  totala antalet farligt godståg under ett år blir alltså  $0,401 \cdot 12775 = 5226$  stycken.

Sannolikheten för urspårning på aktuellt spår avsnitt är alltså  $3,1 \cdot 5226 \cdot 2,9 \cdot 10^{-7} = 4,7 \cdot 10^{-3}$  händelser per år.

Totala frekvensen för kollisioner/sammanstötningar är  $1,82 \cdot 10^{-7}$  kollisioner per tågkilometer. Sannolikheten för kollisioner/sammanstötningar på aktuellt spår avsnitt är alltså  $3,1 \cdot 5226 \cdot 1,82 \cdot 10^{-7} = 2,9 \cdot 10^{-3}$  händelser per år.

Totala frekvensen för olycka med farligt gods fås genom att summera ovanstående frekvenser och blir således  $7,6 \cdot 10^{-3}$  händelser per år.

#### 10.1.2 Bedömning av olycksfrekvenser enligt VTI modellen

Inparametrar samt uträkningar redovisas i bilaga 3. Tågens sammansättning är svår att förutsäga och jämförelsen görs därför med sammansättningen som råder idag. Resultatet från dessa beräkningar visar att den totala frekvensen för olycka blir  $7,0 \cdot 10^{-3}$  händelser per år.

#### 10.1.3 Val av frekvens

Beräknad olycksfrekvens vid framtida Hallandsåstunnel är nästan samma med de två olika metoderna, Sparre  $7,6 \cdot 10^{-3}$  och VTI  $7,0 \cdot 10^{-3}$ . Som olycksfrekvens väljs medelvärdet dvs.  $7,3 \cdot 10^{-3}$  händelser per år.

### 10.1.4 Frekvens slutscenario

Slutscenario frekvensen dvs. produkten av olycksfrekvensen och frekvensen för delscenarierna (se bilaga 8 Händelsetråd) presenteras i tabell 13. I de fall då scenarierna är beroende av vindriktning, har frekvensen reducerats med en faktor avseende hur ofta det blåser mot bebyggelsen. Frekvensen för hela sträckan presenteras liksom frekvensen beräknat på en kilometer.

**Tabell 13 Frekvens slutscenario.**

Scenario	Frekvens (hela sträckan)	Frekvens (per km)
Klor läckage (Håldiameter 0,01m)	27.4 E-07	8.82 E-07
Klor läckage (Håldiameter 0,05m)	9.10 E-07	2.94 E-07
Klor läckage (Håldiameter 0,1m)	8.81 E-07	2.84 E-07
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,01m)	80.6 E-07	26.0 E-07
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,05m)	26.8 E-07	8.66 E-07
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,1m)	21.5 E-07	6.95 E-07
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,01m)	0.752 E-07	0.243 E-07
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,05m)	1.75 E-07	0.565 E-07
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,1m)	1.41 E-07	0.454 E-07
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,01m)	0.611 E-07	0.197 E-07
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,05m)	1.65 E-07	0.533 E-07
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,1m)	1.33 E-07	0.428 E-07
BLEVE (Håldiameter 0,05msamt 0,1m)	0.0526 E-07	0.017 E-07

## 10.2 Konsekvenser

Konsekvenserna vid en farligtgoodsolycka har beräknats enligt metoder som presenteras i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor /27/*. Riskavstånden är samma som för dagensspår då samma sluthändelser beaktats. I bilaga 4 redovisas hela beräkningsproceduren. Resultaten från datorprogrammen Bfk och Gasol finns i bilaga 6.

**Tabell 14 Scenario med tillhörande riskavstånd.**

Scenario	Riskavstånd handberäkningar[m]	Riskavstånd datormodell [m]
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,01m)	64	72
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,05m)	513	619
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,1m)	1411	1082
Klor läckage (Håldiameter 0,01m)	134	208
Klor läckage (Håldiameter 0,05m)	1144	1395
Klor läckage (Håldiameter 0,1m)	2508	2614
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,01m)	11	7
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,05m)	53	37
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,1m)	106	73
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,01m)	29	ca 10
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,05m)	145	ca 130
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,1m)	290	ca 250
BLEVE	252	185

### 10.3 Beräknad risknivå

Risk är en sammanvägning av sannolikheten för en olycka och konsekvensen av denna. Risken mäts i denna analys på två olika sätt, dels som individrisk men även som samhällsrisk. Såväl individrisk som samhällsrisk beräkningarna följer den förenklade proceduren enligt CPQRA/3/.

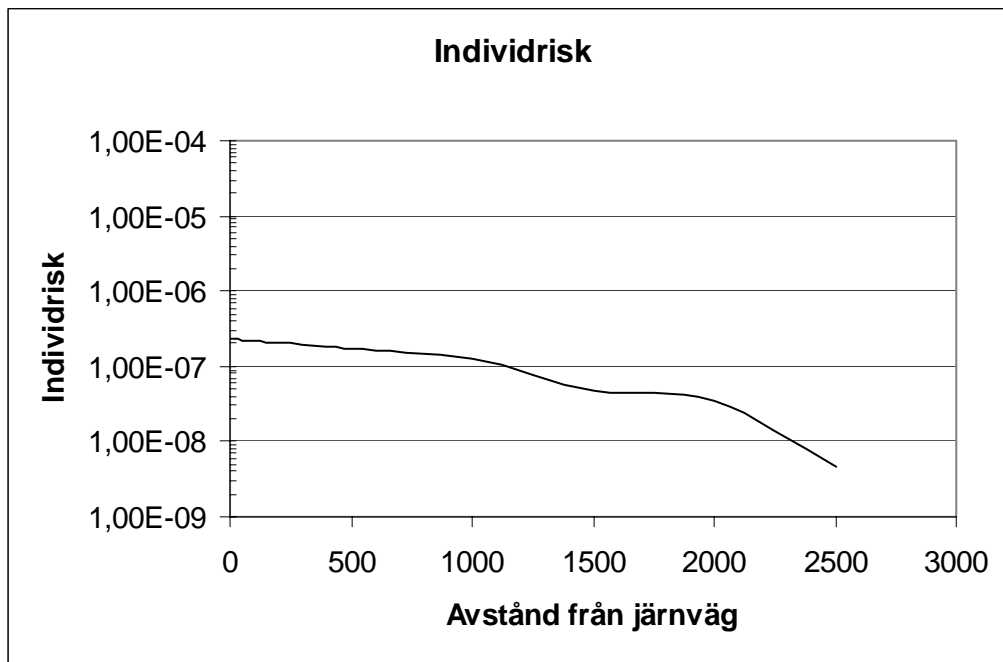
#### 10.3.1 Individrisk

Individrisken för framtida Hallandsåstunnel baseras på det händelsetråd som tagits fram, se bilaga 8. Det som ändras i förhållande till dagens spår är frekvensen för att en farligtgodsolycka ska inträffa samt hur ofta det blåser mot bebyggelsen. I övrigt följer beräkningsproceduren samma mönster som vid dagens spår. I tabell 15 presenteras avstånd ifrån olycka samt kumulerad individrisk.

Tabell 15 Underlag individrisk.

Avstånd från olycka, a [m]	Individrisk kumulerad, IR [/år]
0	2.32 E-07
25	2.31 E-07
50	2.26 E-07
100	2.13 E-07
150	2.05 E-07
200	2.03 E-07
300	1.96 E-07
400	1.86 E-07
500	1.68 E-07
1000	1.26 E-07
1500	0.476 E-07
2000	0.358 E-07
2500	0.0474 E-07

Individrisken presenteras i figur 22.



Figur 22 Individrisk framtida spår.

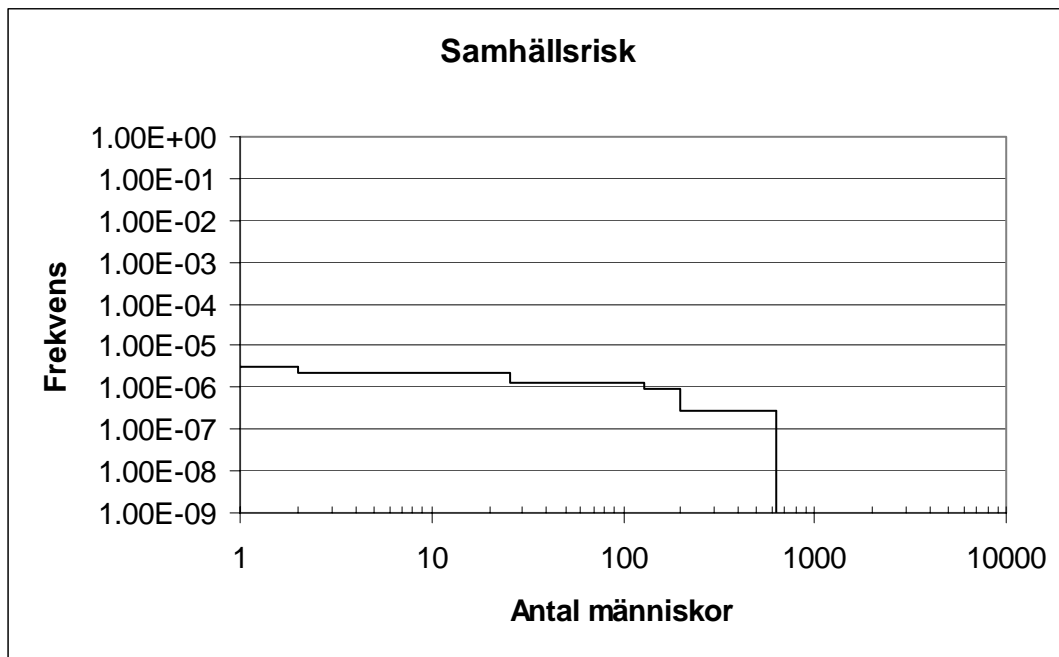
## 10.2.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk för framtida Hallandsåstunnel presenteras i form av en FN kurva. FN kurvan visar frekvensen (F) av en olycka i förhållande till antalet omkomna (N). Även beräkningen av samhällsrisk följer den förenklade proceduren enligt CPQRA. I tabell 16 sammanfattas underlaget till samhällsrisk.

**Tabell 16 Underlag samhällsrisk.**

Scenario	Frekvens	Kumulerad frekvens	Antal omkomna
Klor läckage (Håldiameter 0,1m)	2.84 E-07	2.84 E-07	624
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,1m)	6.95 E-07	9.79 E-07	198
BLEVE	0.00696 E-07	9.80 E-07	151
Klor läckage (Håldiameter 0,05m)	2.94 E-07	12.7 E-07	130
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,05m)	8.66 E-07	21.4 E-07	26
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,1m)	0.428 E-07	21.8 E-07	8
Klor läckage (Håldiameter 0,01m)	0.533 E-07	22.4 E-07	2
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,05m)	8.82 E-07	31.2 E-07	2
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,1m)	0.186 E-07	31.4 E-07	1
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,01m)	26.0 E-07	57.4 E-07	0
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,05m)	0.232 E-07	57.6 E-07	0
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,01m)	0197 E-07	57.8 E-07	0
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,01m)	0.0994 E-07	57.9 E-07	0

I figur 23 presenteras FN kurvan för dagens spår. Den kumulerade frekvensen används vilket innebär att frekvens ökar ju närmare olyckshändelsen man kommer.



**Figur 23 FN kurva framtida Hallandsåstunnel**

## 11 Osäkerheter och känslighetsanalys

*I detta kapitel redogörs för de osäkerheter som finns i samband med analysen. En känslighetsanalys genomförs på utvalda delar för att visa de skillnader som uppstår då indata ändras.*

### 11.1 Osäkerheter

I en kvantitativ riskanalys finns en rad osäkerheter som måste beaktas för att göra en korrekt tolkning av resultatet. Osäkerheterna beror främst på valet av indata till de beräkningar som utförts och de antaganden som måste göras. Även valet av beräkningsmodell spelar stor roll då det finns ett antal modeller att tillgå.

#### 11.1.1 Val av olycksplats

Genomförd analys är inte sammanbunden med någon olycksplats utan gäller för hela sträckan. Det kan ändå vara bra att identifiera en värsta troliga olycksplats för att bedöma hur viktiga samhällsfunktioner eventuellt påverkas vid en farligt godsolycka.

Vid valet av olycksplats har närheten till viktiga samhällsfunktioner beaktats liksom att området i olyckans absoluta närhet är befolkad det vill säga består utav bostadshus och inte utgörs av industrimark. En annan väldigt viktig faktor som tagits hänsyn till är att det finns en olycksinitierande faktor som till exempel plankorsning eller växlar där urspårning och sammanstötning antas kunna ske. Att välja en specifik plats längs en sträcka är givetvis en stor osäkerhet men genom att beakta ovanstående kan den mest troliga och mest ogynnsamma platsen väljas.

#### 11.1.2 Trafiksituationen samt förekommande ämne

Trafikbelastningen och årsmedeldygnstrafiken utgår från mätningar över en kortare tidsperiod, tre månader under 2000/31/. Denna siffra har sedan skalats upp och anses gälla för hela året. Detta innebär att under vissa perioder kan det både vara mer och mindre trafik på aktuell sträcka. Då Hallandåstunneln beräknas färdig först 2012 har Green Cargo som är den största aktören förlagt mycket av sin trafik till Markarydsbanan. Detta gör det svårt att bedöma tillförlitligheten i antagna siffror som troligtvis är lägre. För framtida trafik då Hallandsåstunneln är färdig har SWEPROs/32/ uppskattade trafikbelastning använts. Detta är enbart prognoser och säger inget om hur det verkligen blir.

De mest förekommande ämnena har behandlats. I och med denna avgränsning kan ”farliga” ämnen förbises. Väteperoxid som ingår i den näst vanligaste RID klassen har inte behandlats.

#### 11.1.3 Väderförhållanden

Utförlig väderstatistik har ej funnits tillgänglig för Båstad, däremot har statistik för Helsingborg använts. Trots att avstånd mellan Båstad och Helsingborg enbart är fem mil kan lokala variationer förekomma i till exempel vindriktning och temperatur. I brist på bättre material måste dock denna förenkling göras. Antagen stabilitetsklass som är avgörande i beräkningarna grundas på statistik från Helsingborg, ur spridnings synvinkel är det den sämsta stabilitetsklassen och bidrar därmed till värsta fallet.

Både temperatur och vindhastighet har valts utifrån medelvärdet för år 2002. Detta innebär att stora variationer förekommer beroende på årstid. Vindriktning mot bebyggelse har beaktats då enbart visa riktningar är ”hotfulla”, övriga riktningar innebär ofarlig spridning. Att spridningen följer vinden fullt ut är ingen självklarhet och bidrar således till osäkerheter. Men att inte beakta vinden skulle också bidra till osäkerheter eftersom det nästan alltid blåser något.

#### 11.1.4 Befolkningstäthet

Uppgifter om befolkningstäthet är hämtade ifrån Statistiska Centralbyrån. Befolkningen förändras oerhört mycket i en sommarort som Båstad. I Hemeslövsområdet är 2/3 sommarhus vilket bidrar till ökad befolkningstäthet sommartid/36/. Några antaganden om hur stor del av befolkningen som befinner sig utomhus respektive inomhus har inte genomförts. Detta bidrar till ytterligare en felkälla. I analysen antas alla befinna sig utomhus, ett antagande som får ses som konservativt.

#### 11.1.5 Beräkningsmodeller

Den beräknade frekvensen för antalet olyckor per år med farligt gods har tagits fram med två olika modeller för att behandla osäkerheten som ligger i modellvalet. Dels har Räddningsverkets handbok *Farligt gods riskbedömning vid transport/25/* använts men även ett examensarbete *Urspårningar, kollisioner och bränder på svenska järnvägar mellan åren 1985 och 1995*, Erik Sparre/26/ har legat till grund för frekvensanalysen. Någon djupare analys har inte genomförts på de båda beräkningsmetoderna. Vad som kan konstateras är att till grund för Sparres beräkningar ligger statistik insamlad mellan 1985 och 1995. Till grund för Räddningsverkets handbok ligger en rapportserie framtagen av Statens väg och transportinstitut (VTI). I Räddningsverkets handbok står ”trots uppdelningen i olika spårklasser och olika transportförutsättningar måste frekvenserna ses som ganska grova genomsnittsvärden”/15/. De båda metoderna har båda inbyggda osäkerheter, dock grundar sig Sparres rapport på lättförståelig statistik och är därmed enklare att ta till sig.

Även vid konsekvensberäkningarna har handberäkningar använts. Riskavståndet har beräknats med hjälp av spridningsmodeller, jetflamma beräkningar samt BLEVE beräkningar. För att kunna jämföra resultatet ifrån handberäkningarna med något värde har även datorprogrammen Bfk samt Gasol använts.

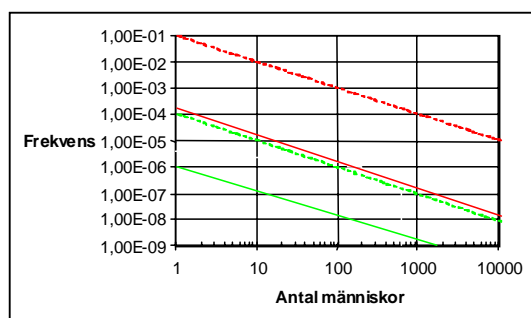
#### 11.1.6 Händelsetråd

Händelsetrådet byggs upp utifrån olika scenarion som antas inträffa och har en stor betydelse för slutresultatet. Då sannolikheterna tas fram för olika händelser förankras dessa oftast utifrån tidigare rapporter. Olika författare anger olika sannolikheter för samma scenario. Vilket som är rätt och fel är svårt att säga utan det är upp till utföraren av händelsetråd att utifrån sin kunskap bedöma vilket som är rimligast utifrån givna förutsättningar. En enklare känslighetsanalys av händelsetrådet i detta projekt har genomförts i kapitel 10.2 för att visa skillnaden då en sannolikhet ändras.

#### 11.1.7 Riskkriterier

Riskkriterier skall spegla den allmänna synen på risk och vad som är tolerabelt eller ej. I denna rapport har Det Norske Veritas föreslagna kriterier använts för att jämföra beräknade värden med något referensvärde. Figur 24 visar skillnaden mellan de kriterier Det Norske Veritas (hel dragen linje) och de kriterier Storbritannien (streckad linje) satt upp.





**Figur 24 Jämförelse riskkriterier.**

Det Norske Veritas övre gräns och Storbritanniens undre gräns sammanfaller. Valet av riskkriterier är alltså helt avgörande för om risken kan anses acceptabel eller ej.

### 11.1.8 Riskvärdering

I handberäkningsmodellerna som leder fram till en riskbedömning har ett antal antaganden gjorts. En förenklad procedur har använts som bygger på följande antaganden:

- En enda stabilitetsklass, vindhastighet och temperatur har använts.
- Påverkan behandlas diskret. Påverkan inom effektzonen är konstant 100% dödlighet. Utanför denna zon ingen påverkan 0% dödlighet.
- Alla drabbade antas befinna sig utomhus.

I möjligaste mån har strävats efter konservativa bedömningar i samtliga antaganden. De slutgiltiga resultatet skall inte vissa på mindre risker än vad det verkligen är.

## 11.2 Känslighetsanalysen

Syftet med känslighetsanalysen är att identifiera de faktorer som har störst betydelse för riskavståndet. En känslighetsanalys kan utföras med datorberäkningsmodeller eller handberäkningsmetoder. I detta projektarbete har en datorberäkningsmodell tillämpats, genom att ändra vissa ingångsförutsättningar har de procentuella förändringarna av riskavståndet identifierats.

Känslighetsanalysen har inte för avsikt att undersöka hur olika stabilitetsklasser med mera. påverkar utfallet för individ och samhällsrisk utan enbart hur riskavståndet förändras.

I tabell 17 redovisas resultatet då följande spridningsparametrar ändrats; stabilitetsklass, vindhastighet, temperatur och ytråhet ( $z_0$ ). Förändringen anges i förhållande till ursprungsriskavståndet, både min och max värde har ansatts. Svaveldioxidutsläpp med hålarea 0,01 meter har valts.

**Tabell 17 Känslighetsanalys spridning.**

Parameter	Använt värde	Min värde	Max värde	Förändring av riskavstånd i % med avseende på Min värde	Förändring av riskavstånd i % med avseende på Max värde
Stabilitet	F	A	D vanligast (F är max)	Minskat 88%	Minskat 61%
Vind hast.	4 m/s	2 m/s	10 m/s	Ökat 71 %	Minskat 86 %
Temperatur T	282 K	273 K	293 K	Minskat 3%	Ökat 6%
Ytråhet $z_0$	0,5	0,1	1	Ökat 114%	Minskat 81 %

Både stabilitetsklass och vindhastighet påverkar riskavståndet väsentligt. Störst inverkan enligt genomförd känslighetsanalys har ytråheten eller skrovlighetslängden som är ett annat namn för samma parameter. Det värde som används vid beräkningarna motsvarar ytråheten för gles skog eller mindre stad. Ytråhet 0,1 motsvarar jordbruksområde, ytråhet 1 motsvara stor skog eller stor stad. Det är den turbulens som bildas i samband med underlaget som gör att avstånden skiljer sig så kraftigt åt.

En känslighetsanalys på hålarea kan sägas vara utförd, då det i beräkningarna tagits hänsyn till tre olika storlekar på hål.

Avstånden framtagna med handberäkningar skiljer sig något åt ifrån avstånden från datormodellerna. Men värdena ligger ändå inom samma storleksordning, vilket tyder på att uppskattat riskavstånd är korrekt enligt använda modeller.

Första grenuppdelningen i händelseträdet är sannolikheten att läckage inträffar givet att en farligtgoodsolycka inträffat. Enligt olycksdata för perioden 1986-1994 har läckage förekommit i 19 % vid tågolyckor med farligtgodsvagnar (endast tunnväggiga vagnar)/6/. Att använda denna sannolikhet rakt av skulle vara felaktigt eftersom den enbart avser tunnväggiga vagnar. Denna sannolikhet har dock störst betydelse för utfallet av slut sannolikheter, i tabellen nedan visas hur sannolikheten för de olika scenarierna ändras om sannolikheten för läckage sätts till 19 % istället.

**Tabell 18 Känslighetsanalys händelsetråd.**

Scenario	Läckage 2%	Läckage 19%
Klor läckage (Håldiameter 0,01m)	0.00091	0.0087
Klor läckage (Håldiameter 0,05m)	0.00030	0.0029
Klor läckage (Håldiameter 0,1m)	0.00029	0.0023
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,01m)	0.0027	0.026
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,05m)	0.00090	0.0085
Svaveldioxid läckage (Håldiameter 0,1m)	0.00072	0.0068
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,01m)	1.03E-05	9.80E-05
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,05m))	2.40E-05	2.28E-04
Gasol jetflamma (Håldiameter 0,1m)	1.93E-05	1.83E-04
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,01m)	2.04E-05	2.28E-04
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,05m)	5.52E-05	5.25E-04
Gasol fördröjd antändning (Håldiameter 0,1m)	4.43E-05	4.21E-04
BLEVE	7.0E-07	6.50E-06

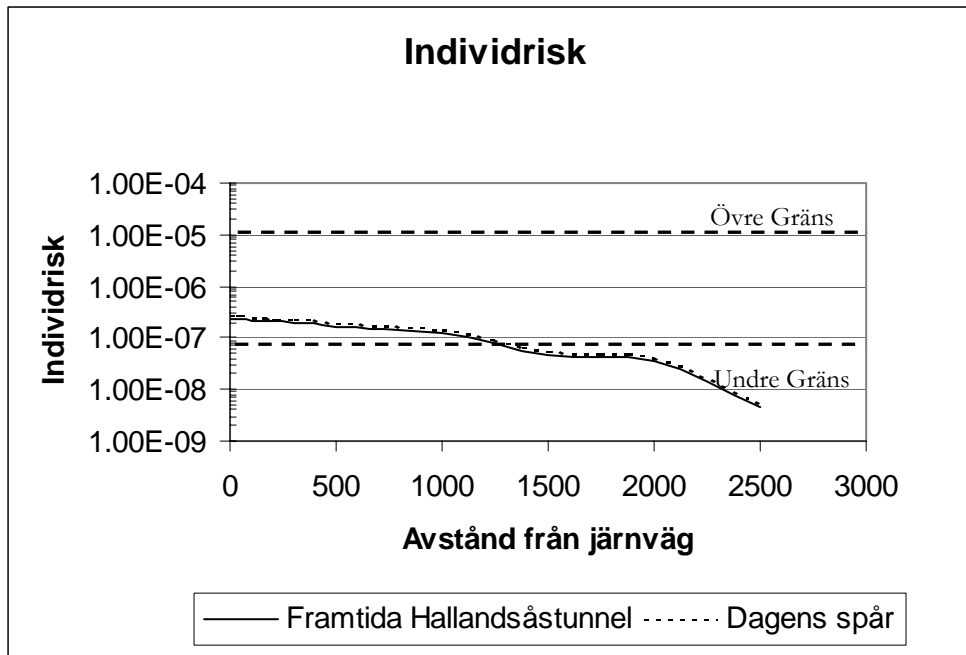
Frekvens har en central roll både vid samhällsrisk och individrisk, således är slutresultatet väldigt beroende av frekvensen. Skulle frekvensen öka en tiopotens som i fallet ovan så kan detta innebära att risken ”hamnar på fel sida” om vad som anses acceptabelt. Men då detta projektarbete är en jämförelse mellan två fall, dagens spår och framtida Hallandsåstunnel så blir inflytandet lägre eftersom samma värde används i de båda fallen.

## 12 Resultat och diskussion

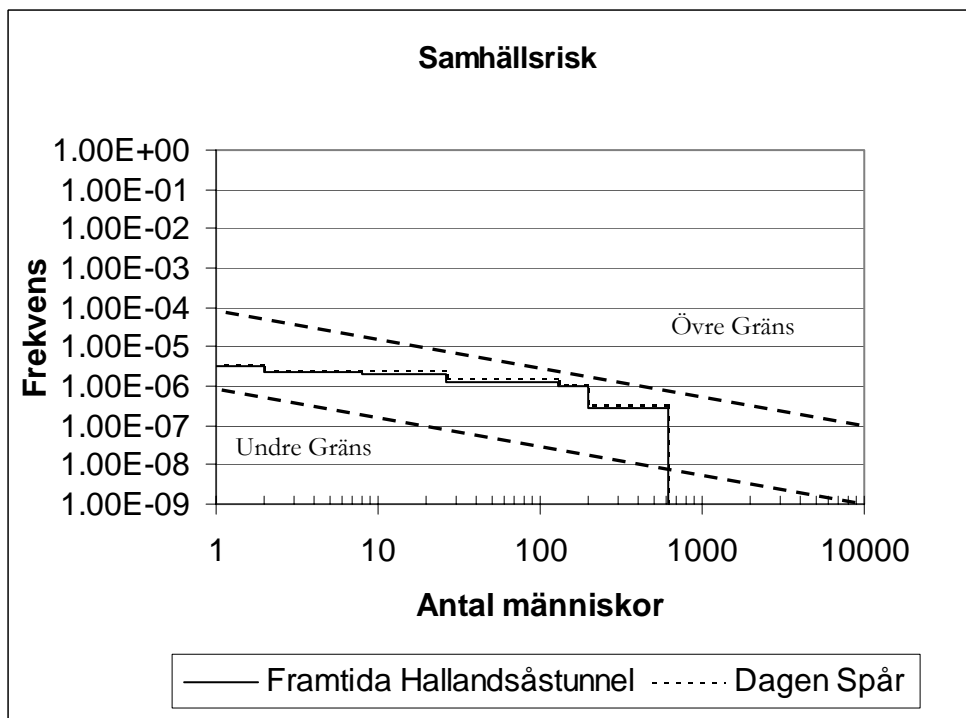
Här sammanfattas de resultat som kommit fram under arbetets gång. Kapitlet avslutas med en diskussion kring resultat och problemformuleringar.

### 12.1 Resultat

Resultatet ifrån individriskanalysen och samhällsriskanalysen presenteras i figurerna nedan. Figurerna har även kompletterats med de riskkriterier Det Norske Veritas föreslår och som finns redovisat i kapitel 5.3. Framtagen individ- och samhällsrisk beräknas utifrån en frekvens baserad på 1 km, detta gör det möjligt att jämföra med kriterier framtagna av Det Norske Veritas.

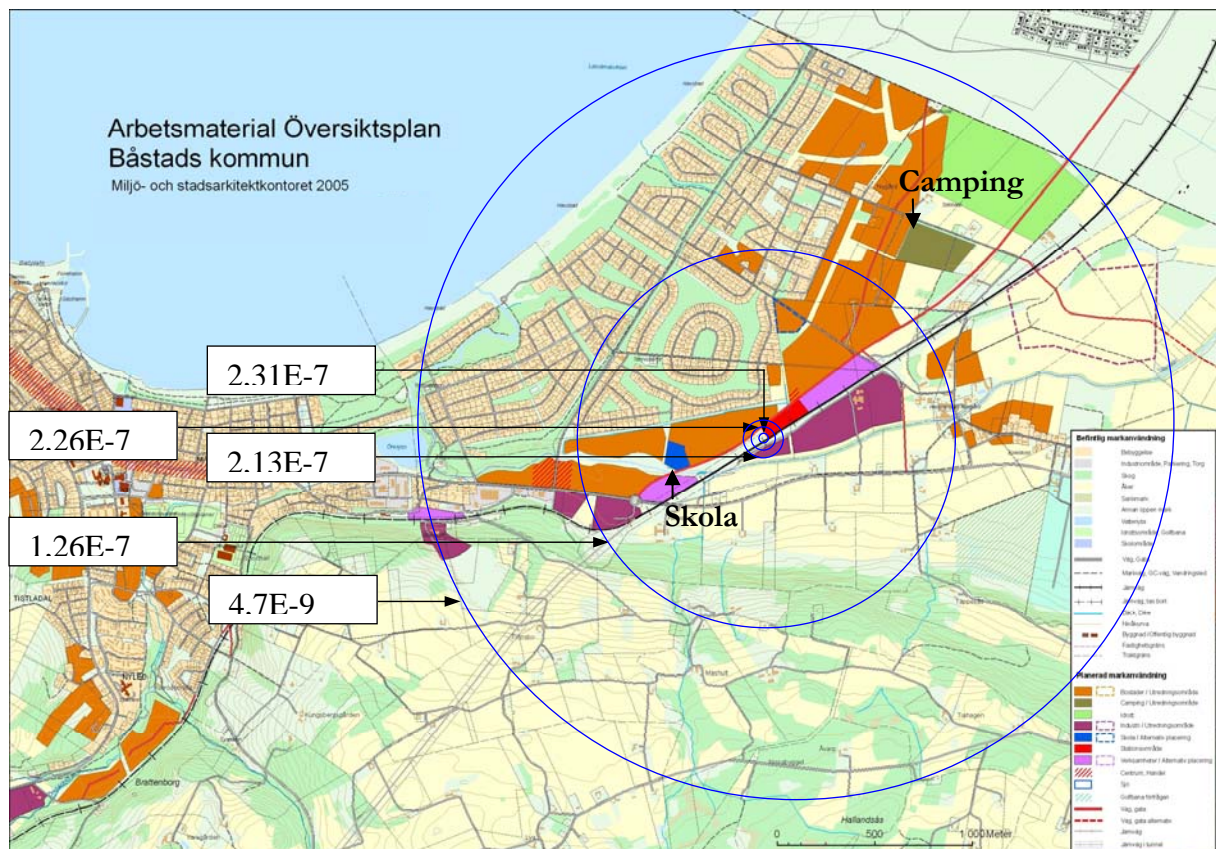


Figur 25 Individrisk framtida Hallandsåstunnel samt dagens spår med inlagda riskkriterier.



Figur 26 FN kurva framtida Hallandsåstunnel samt dagens spår med inlagda riskkriterier.





Figur 28 Individriskkontur framtida Hallandsåstunnel.

Olycksfrekvenser har räknats fram med två modeller och presenteras i tabell 19.

Tabell 19 Olycksfrekvenser.

Dagens spår	Olycksfrekvens
Sparres modell	2,3E-2
VTI modellen	3,0E-3
<b>Framtida Hallandsåstunnel</b>	
Sparres modell	7,6E-3
VTI modellen	7,0E-3



## 12.2 Diskussion

Genomförd riskanalys kan inte påvisa någon väsentlig ökning eller minskning i individ- eller samhällsrisk i och med framtida Hallandsåstunnel. Samma riskavstånd samt händelsetråd har använts i de båda fallen vilket gör att olycksfrekvensen blir väldigt avgörande. Betydligt högre spårstandard, kortare sträcka som exponerar omgivningen för en risk samt minskat antal plankorsningar är några av de faktorer som talar för en framtida Hallandsåstunnel ur olyckssynpunkt. Förändring i trafikbelastningen är den huvudsakliga faktorn som talar emot en framtida Hallandsåstunnel. Olycksfrekvensen för dagens spår skiljer en knapp tiopotens från framtida Hallandsåstunnel. Efter det att hänsyn tagits till hur ofta det blåser mot sårbart område blir skillnaden ännu mindre. Utifrån beräkningarna är det alltså väntat att det inte ska skilja så mycket i individ- och samhällsrisk.

Trots att man kan tänka sig sambandet mellan säkrare spårfaktorer och minskad olycksfrekvens skall ändå frekvenserna ses som grova genomsnittsvärden. För att i största möjligaste mån minska osäkerheten i samband med frekvensfaktorerna, skall faktorer väljas som bäst anses motsvara rådande förhållanden. Är detta inte möjligt så får förenklingar som bäst överensstämmer med verkligheten antas.

Då inga nationella rekommendationer finns i dagsläget har riskkriterier ifrån Det Norske Veritas använts, för att på något sätt kunna jämföra erhållna värden med vad som anses acceptabelt. Individrisken hamnar i nedre delen av ALARP-området det vill säga risken kan accepteras men finns kostnadseffektiva åtgärder som kan minska risken ytterligare skall dessa utföras. Samhällsrisken ligger något högre men befinner sig också inom ALARP-området.

Framräknade siffror på individ- och samhällsrisk används ofta som ett absolut mått på risk. Riskanalyser är alltid förknippade med osäkerheter, resultaten bör alltså inte ses som den absoluta sanningen utan mer utgöra en vägledning till riskmedvetenhet och en bas för riskreduktion. Har en riskanalys visat på en för hög risk skall detta åtgärdas, skulle däremot en riskanalys visa på låg risk är det inte därmed sagt att inga åtgärder skall utföras. Det är viktigt att alla parter räddningstjänst, kommun, Banverket mfl. är med och diskuterar för- och nackdelar ur risksynpunkt utifrån utförd riskanalys. En riskanalys kan mycket väl fungera som underlag vid detaljplaneringen. Inte för att förhindra men för att öka medvetenheten om att individrisk och samhällsrisk ligger inom acceptabelt område, men riskreducerande åtgärder bör ändå diskuteras så att individ- och samhällsrisk om möjligt hamnar under den nedre gränsen.

Riskanalysen som har utförts i detta projektarbete är en jämförelse mellan dagens spårsträckning och framtida Hallandsåstunnel. För att eliminera en del av osäkerheten i analysen har ett stort antal parametrar hållits konstanta i de båda fallen. På så vis har robustheten i analysen ökat. Skulle olika slutscenarier i de båda fallen ha antagits hade även osäkerheten i spridningsberäkningarna varit avgörande.

Befolkningsmängden har hållits konstant för dagens spår och framtida Hallandsåstunnel. Tas hänsyn till skolor och äldreboende som eventuellt kan drabbas vid olycka skulle antalet drabbade bli betydligt högre. För dagens spår finns äldreboende inom 500 meter ifrån olycksplatsen. I detaljplanen planeras en skola byggas 500 meter ifrån antagen olycksplats för framtida Hallandsåstunnel.

Väderdata som använts är insamlad i Helsingborg, den dominerande stabilitetsklassen är F. F är också den stabilitetsklass som ger längst riskavstånd vid spridning. Känslighetsanalysen visar att

stabilitetsklassen är en av de mest betydelsefulla parametrarna. Eftersom stabilitetsklass F har använts vid beräkningarna har inte riskavståndet underskattats utan snarare tvärt om.

Genomförd känslighetsanalys visar också att ytråheten är av stor betydelse. Då terrängförhållandena är väldigt varierande kan det vara svårt att bestämma en exakt siffra på ytråheten. I analysen har en ytråhet gällande för gles skog och mindre stad ansatts, ett antagande som till största del får anses råda i Båstad. Båstad ligger i anslutningen till Hallandsåsen vilket innebär en kraftig höjdskillnad. Vid spridningsberäkningarna har enbart hänsyn tagits till de fall då det blåser mot bebyggelsen och inte de fall då det blåser mot Hallandsåsen, som på grund av den kraftiga lutningen är relativt obebyggd. Det är dessutom svårt att förutsäga hur spridningen kommer att ske då gasen tvingas uppåt.

Vid framtida Hallandsåstunnel har en viss sträcka utanför tunneln använts vid beräkning av olycksfrekvensen. Vid dagens spår har en annan spårlängd använts. För att komma ifrån problemet med att frekvensen skulle vara sträckberoende har frekvens dividerats med aktuell sträcka och på så sätt erhålls frekvensen för 1 km. Detta gör det möjligt att jämföra individ- och samhällsrisk med rekommenderade riskkriterier som också är baserade på 1 km.

I detta projektarbete har en kvantitativ riskanalysmetod tillämpats, Banverket har inga bestämda riktlinjer om vilka riskanalysmetoder som skall användas vid projektering av nya järnvägssträckor. I SWEPROs säkerhetsvärdering av Hallandsåstunneln som avser tunnelsäkerheten har en utarbetad metod för tunnlar använts. För järnvägssträckor finns ingen sådan utarbetad metod. Detta gör att analysen blir metodberoende då olika typer av analyser kan ge något olika svar. Men att genomföra två analyser med två olika analysmetoder är för tidskrävande. Det blir dessutom upp till beställaren av riskanalysen att ange syftet med riskanalysen. Analysmetoden får anpassas därefter. De metoder Banverket arbetar med är kanske mer verksamhetsinriktade, kommunen söker istället svar på hur det lokala området drabbas.

Avgränsningen gäller farligtgods och hur omgivningen drabbas vid en sådan olycka. En metod som då tar riskavstånden i beaktning är ett måste. Skulle passagerarnas säkerhet beaktas hade en annan metod fått tillämpas.

Trots att framtida Hallandsåstunnel visar på samma risk som dagens spår så bör riskavstånden uppmärksammas i samband med framtida översiktsplan. Skall man bygga en skola enligt översiktsplanen i spårets närhet bör olika typer av riskreducerande åtgärder beaktas. De sårbara områdena identifieras utifrån kriterier som viktiga samhällsfunktioner, exempel på sådana är kommunhus, sjukhus, äldreboende och skolor. Området i olyckans absoluta närhet är också av betydelse. Om detta område är befolkat det vill säga består utav bostadshus eller om det består utav industrimark får avgörande betydelse för hur många personer som drabbas vid en eventuell olycka. En annan väldigt viktig faktor som tagits hänsyn till är att det finns en olycksinitierande faktor som till exempel plankorsning eller växlar där urspårning och sammanstötning antas kunna ske.

Riskens storlek påverkas av ett stort antal olika faktorer. Det gäller att identifiera dessa faktorer och bedöma vilka man kan göra någonting åt och vilka som inte är påverkbara. En faktor som inte går att påverka är väder, däremot kan statistik samlas in som underlag till en rättvis bedömning. Det mesta kopplat till järnvägen är möjligt att påverka. Spåret kan dras på ett annat sätt, detta är framförallt aktuellt vid nya järnvägssträckor. Ämnena som transporteras kan planeras på annorlunda sätt. Farligtgods vagnarna som används kan förbättras, hastigheterna sänkas, spårkvaliteten förbättras. Spåret kan sänkas ner eller så kan skyddsvallar byggas. Omkringliggande faktorer kan också till viss del anpassas framförallt är detta möjligt om

bebyggelse etcetera fortfarande ligger på planeringsstadiet. Möjligheten att påverka riskens storlek är alltså relativt stor om den identifierats i ett tidigt skede.

Vad samhället tolererar för risk är inte fastställt i Sverige, för olika projekt har olika riskkriterier tillämpats. Det ger självklart en flexibilitet och "rätt" riskkriterier kan tillämpas vid olika typer av projekt. Men samtidigt ställer det stora krav på personen som väljer riskkriterierna. Denna problematik undkommer man genom att inför nationella kriterier som gäller för alla projekt utförda i Sverige. Med nationella kriterier vet alla vad som gäller och vad som måste uppfyllas.

Samhällsfunktioner drabbas i större utsträckning vid dagens spår. Vid framtida Hallandsåstunnel dras spåret utanför dagens centrala Båstad. Kommunhus, vårdcentral och brandstation kommer inte drabbas vid en farligtgodsolycka i samband med framtida Hallandsåstunnel. Men redan i dagens översiktsplan planerar kommunen att bygga ut orten i närheten av det nya spåret, se kapitel 7.3. Att analysera riskerna för den verksamhet som eventuellt planeras intill spåret är väldigt viktigt. Exempelvis en skola tätt intill spåret kan innebära att samhällsriskerna blir oacceptabelt höga.

Jämförelsen i denna analys mellan dagens spår och framtida Hallandsåstunnel visar att riskbilden blir samma för invånarna i Båstad när Hallandsåstunneln färdigställts. 42 st plankorsningsolyckor inträffade 2004 i och med tunnel kommer alla plankorsningar i Båstad kommun att försvinna.



## Referenser

### Böcker / Rapporter

- /1/ Davidsson, G & Haeffler, L & Ljungman, B & Frantzich, H (2003) *Handbok för riskanalys*. Räddningsverket. Karlstad.
- /2/ Ejvegård, R (2003) *Vetenskapliga metoder*. Studentlitteratur. Lund.
- /3/ Center for chemical process safety (2000) *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. American Institute of Chemical Engineers. New York.
- /4/ Freden, S (2001) *Modell för skattning av sannolikhet för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Banverket Miljösektionen. Rapport 2001:5.
- /5/ *Statistik över olyckor på statens spånanläggningar* (2004). Banverket. Borlänge
- /6/ Freden, S (2000) *Räddningsverket Skyddsvagnars betydelse för säkerheten vid transport av farligt gods på järnväg*. Räddningsverket. Karlstad.
- /7/ *Säkra järnvägstransporter av farligt gods* (2004). Banverket. Borlänge
- /8/ Länsstyrelsen i Stockholmslän (2000) *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer*. Länsstyrelsen. Stockholm
- /9/ Kylefors, M (2004) *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplanering avseende transport av farligt gods på väg och järnväg*. Öresund Safety Advisers samt Länsstyrelsen Skåne.
- /10/ Plan- och bygglagen SFS 1987:10
- /11/ Miljöbalken SFS 1998:808
- /12/ Andreas N (2005) *Riskanalys av järnvägen genom centrala Halmstad*. Institution för Brandteknik LTH. Rapport 5163. Lund.
- /13/ Lag om skydd mot olyckor SFS 2003:778
- /14/ Lag om kommuners och landstings åtgärder inför och vid extraordinära händelser i fredstid och höjd beredskap SFS 2006:544
- /16/ Förordning om statliga myndigheters riskhantering SFS 1995:1300
- /17/ Förordningen om krisberedskap och höjd beredskap SFS 2006:942
- /21/ Hult Patrik *Identifiering och beskrivning av risker – metodik i järnvägsplaneskedet för Botniabanan*. Swepro Engineering AB.
- /23/ Davidsson, G & Lindgren, M & Mett, L (1997) *Värdering av risk*. Räddningsverket. Karlstad.
- /24/ Freden, S (1994) *Om sannolikheten för järnvägsolyckor med farligt gods VTI rapport 387:2*. Väg och transportforskningsinstitutet. Linköping.

- /25/ Risk och miljöavdelningen räddningsverket (1996) *Farligt gods- riskbedömning vid transport*. Räddningsverket. Karlstad.
- /26/ Sparre, E (1995) *Ursparningar, kollisioner och bränder på svenska järnvägar mellan åren 1985 och 1995*. Department of Mathematical statistics Lund University. Lund.
- /27/ Fisher, S & Forsen, R & Hertzberg, O & Jacobsson, A & Koch, B & Runn, P & Thaning, L & Stellan, W (1997) *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor (FOA Handboken)*. Tredje reviderade upplagan. Försvarets forskningsanstalt FOA.. Umeå
- /31/ Hammar L & Magnusson K (2002) *Riskstudie av farligt godstransporter på större stråk av väg och järnväg i Skåne län*. Räddningsverket. Karlstad.
- /32/ *Säkerhetsvärdering av Hallandsåstunneln enligt BVH 585.30* (2004). SWEPRO & Brandskyddslaget.
- /35/ Carlsson, T (2003) *Risikanalyser av farligt godstransporter i Borlänge kommun*.. Institutionen för Brandteknik LTH. Rapport 5129. Lund.
- /38/ *Transporter av farligt Gods Bilagor 1-5, Översiktsplan för Göteborg*. Stadsbyggnadskontoret i Göteborg 1997 Antagandehandling. Göteborg.

## Muntlig

- /15/ Blomberg Sara, Banverket (2006-06-12)
- /18/ Bucht Ove, Banverket (2005-11-02)
- /19/ Jansson Danuta, Banverket (2005-10-22)
- /22/ Olofsson Ingela, Banverket (2005-11-20)
- /29/ Sirensjö Daniel, SWECO (2006-02-25)
- /30/ Alexander Hans, SMHI (2006-03-01)
- /33/ Svärd Christian, Räddningstjänsten Ängelholm (2006-01-26)
- /34/ Bergstrand Torne, Green Cargo (2005-10-25)
- /36/ Sjödin Carina, Båstad Kommun (2006-02-15)
- /37/ Persson Mats, Banverket södra regionen (2005-11-25)

## Internet / Datorprogram

- /20/ SBA Security [www.dfs.se](http://www.dfs.se) (hämtad 2005-10-14)
- /28/ Statistiska centralbyrån Tätorternas areal och befolkningstäthet <http://www.scb.se> (hämtad 2006-01-13)
- /39/ Rib utgåva 1-2006, version 4.5.00, Räddningsverket

## **Bilagor**

## Bilaga 1 Väderdata

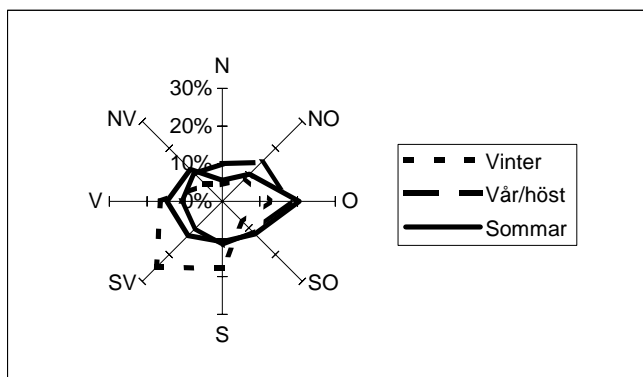
Här sammanställs väderstatistik insamlad i Helsingborg under olika tidsperioder.

Vindstatistik för södra Helsingborg 2002 alla månader m/s.

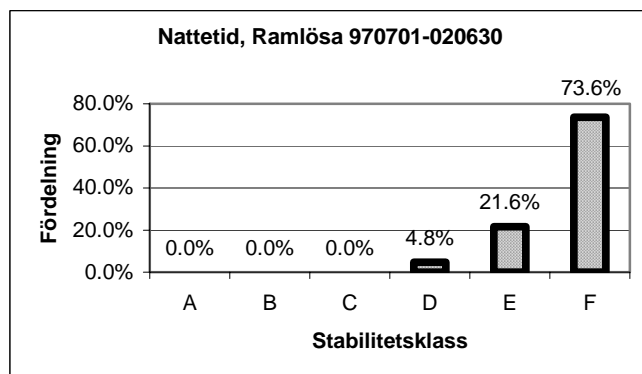
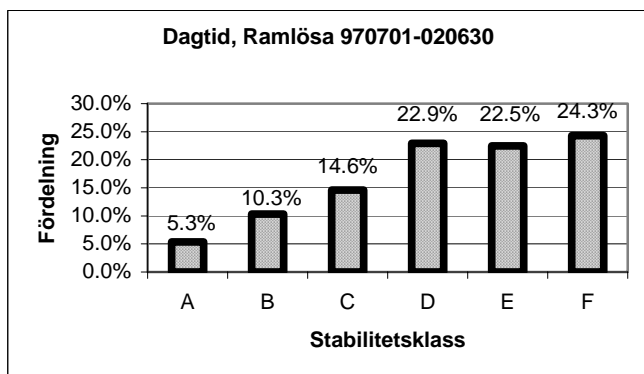
Månad	Medel	Sdev
januari	4.5	2.30
februari	5.2	2.27
mars	4.3	2.11
april	3.2	1.65
maj	3.1	1.58
juni	3.6	1.63
juli	3.0	1.66
augusti	2.7	1.17
september	2.7	1.58
oktober	3.5	1.88
november	3.4	1.56
december	3.6	1.55

Nedan visas den procentuella fördelningen av vindriktning i form av tabell och vindros.

Årstid	Nord	Nordost	Ost	Sydost	Syd	Sydväst	Väst	Nordväst	Stilla	
Vinter	4.4	8.7	12.6	7.8	17.8	24.7	16.4	6.4	1.2	100.0
Vår/höst	10.0	14.7	18.0	11.4	11.7	10.1	11.0	10.4	3.0	100.0
Sommar	5.6	10.2	20.4	12.2	10.7	12.8	14.7	12.0	1.2	100.0



Stabilitetsklass dag och natt 1997 till 2002.



Temperaturstatistik för södra Helsingborg alla månader grader Celsius.

<b>Månad</b>	<b>Medel</b>	<b>Sdev</b>
januari	1.7	3.74
februari	3.7	3.05
mars	3.9	3.23
april	7.1	3.66
maj	13.1	3.62
juni	15.9	3.47
juli	17.5	4.06
augusti	20.0	3.37
september	13.9	5.13
oktober	6.3	3.80
november	3.5	2.88
december	-0.8	3.29
<b>Totalt:</b>	<b>8.8</b>	

## Bilaga 2 Godståg 18 till 24 november

Nedanstående tabell anger antalet godståg som passerade Båstad 18 till 24 november 2005.

Datum	Dag	Tågnummer	Sträcka	Tdt tid (passage Gve)	Längd m.	Antal axlar	Antal vagnar Farligtgods	Antal axlar Farligtgods
2005-11-18	F	5120	Mgb - Hdr	02:46	375	66		
		43129	Gsh - Hbgb	06:56				
		43536	Hbgb - Gsh	15:53				
		5154	Mgb - Sär	19:02	383	72	1	4
		4252	Mgb - Sär	19:29	148	28	4	16
2005-11-19	L	5120	Mgb - Hdr	02:46	408	70		
2005-11-20	S	43521	Gsh - Hbgb	22:25				
2005-11-21	M	43522	Hbgb - Gsh	11:55				
		5154	Mgb - Sär	19:02	253	46	1	4
		4252	Mgb - Sär	19:29	352	58	6	24
2005-11-22	Ti	5154	Mgb - Sär	19:02	204	34		
		4252	Mgb - Sär	19:29	460	84	7	32
2005-11-23	O	5154	Mgb - Sär	19:02	258	40		
		4252	Mgb - Sär	19:29	434	76	8	32
2005-11-24	To	43127	Gsh - Hbgb	06:58				
		43528	Hbgb - Gsh	15:54				
		5154	Mgb - Sär	19:02	249	60	1	4
		4252	Mgb - Sär	19:29	316	58	4	16

Ovanstående är samtliga godståg som passerat Grevie under perioden 18 - 24 november.

Tåg som har uppgifter är Green Cargo tåg.

Tåg som saknar uppgifter är TGOJ tåg, vilkas uppgifter skall faxas till driftledningscentralen.

Driftledningscentralen arkiverar inte dessa uppgifter därför saknas de vid uppföljningar i efterhand.

## Bilaga 3 Frekvensberäkningar VTI metoden

I denna bilaga beräknas olycksfrekvensen för dagens spår samt framtida Hallandsåstunnel enligt VTI metoden.

### Dagens spår

Indata till Räddningsverkets farligtgoods modell. Siffrorna är dels inhämtad data men även givna konstanter för modellen. (urspårningar /vagnaxelkilometer =u/v)

Avsnittets längd [S] =	6,1 km
Antal tåg med farligtgoods per år [AT] =	1127 st
Tågens medelstorlek uttryckt i antal vagnaxlar, fagovagnar [TAF] =	18 st
Urspårningstal boggiévagnar beroende på spårkvalitet [Utif] =	$5,5 \cdot 10^{-9}$ u/v
Urspårningstal, ej spårfel, boggiévagnar [UTOf] =	$4 \cdot 10^{-9}$ u/v
Urspårningstal normalgodsvagnar beroende på spårkvalitet [Utig] =	$12,6 \cdot 10^{-9}$ u/v
Urspårningstal, ej spårfel, normalgodsvagnar [UTOg] =	$8,7 \cdot 10^{-9}$ u/v
Tågens medelstorlek uttryckt i antal vagnaxlar, alla vagnar [TAV] =	58 st
Förväntat antal kollisioner tåg-tåg [FKT] =	$6 \cdot 10^{-8}$ st
Antal plankorsningar med bommar [PK1] =	4 st
Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon plankorsning med bommar [FKV1] =	$5 \cdot 10^{-8}$ st
Antal plankorsningar med ljud och ljus [PK2] =	0 st
Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon plankorsning med ljud och ljus [FKV2] =	$15 \cdot 10^{-8}$ st
Antal plankorsningar utan skydd [PK3] =	0 st
Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon plankorsning utan skydd [FKV3] =	$2 \cdot 10^{-8}$ st

$$\text{Urspårningar: } F = AT \cdot S \cdot (TAF \cdot 2,5 \cdot (UTif + UTOf) + (Utig + UTOg) \cdot 2 / TAV)$$

$$F = 2,94 \cdot 10^{-3} \text{ urspårningar/år}$$

$$\text{Kollisioner tåg-tåg: } F = AT \cdot S \cdot FKT \cdot 3 / TAV$$

$$F = 3,5 \cdot 10^{-5} \text{ kollisioner/år}$$

$$\text{Kollisioner vid plankorsningar: } F = AT \cdot 2 \cdot (PK1 \cdot FKV1 + PK2 \cdot FKV2 + PK3 \cdot FKV3) / TAV$$

$$F = 7,8 \cdot 10^{-6} \text{ kollisioner/år}$$

$$\text{Totala frekvensen } F_{\text{Total}} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ olyckor/år}$$

## Framtida Hallandsåstunnel

Indata till räddningsverkets farligtgoods modell. Siffrorna är dels inhämtad data men även givna konstanter för modellen. . (urspårningar /vagnaxelkilometer =u/v)

Avsnittets längd [S] =	3,1 km
Antal tåg med farligtgoods per år [AT] =	5226 st
Tågens medelstorlek uttryckt i antal vagnaxlar, fagovagnar [TAF] =	18 st
Urspårningstal boggiévagnar beroende på spårkvalitet [Utif] =	$5,5 \cdot 10^{-9}$ u/v
Urspårningstal, ej spårfel, boggiévagnar [UTOf] =	$4 \cdot 10^{-9}$ u/v
Urspårningstal normalgodsvagnar beroende på spårkvalitet [Utig] =	$12,6 \cdot 10^{-9}$ u/v
Urspårningstal, ej spårfel, normalgodsvagnar [UTOg] =	$8,7 \cdot 10^{-9}$ u/v
Tågens medelstorlek uttryckt i antal vagnaxlar, alla vagnar [TAV] =	58 st
Förväntat antal kollisioner tåg-tåg [FKT] =	$6 \cdot 10^{-8}$ st
Antal plankorsningar med bommar [PK1] =	0 st
Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon plankorsning med bommar [FKV1] =	$5 \cdot 10^{-8}$ st
Antal plankorsningar med ljud och ljus [PK2] =	0 st
Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon plankorsning med ljud och ljus [FKV2] =	$15 \cdot 10^{-8}$ st
Antal plankorsningar utan skydd [PK3] =	0 st
Förväntat antal kollisioner med tungt vägfordon plankorsning utan skydd [FKV3] =	$2 \cdot 10^{-8}$ st

$$\text{Urspårningar: } F = AT \cdot S \cdot (TAF \cdot 2,5 \cdot (Utif + UTOf) + (Utig + UTOg) \cdot 2 / TAV)$$

$$F = 6,94 \cdot 10^{-3} \text{ urspårningar/år}$$

$$\text{Kollisioner tåg-tåg: } F = AT \cdot S \cdot FKT \cdot 3 / TAV$$

$$F = 5,03 \cdot 10^{-5} \text{ kollisioner/år}$$

$$\text{Kollisioner vid plankorsningar: } F = AT \cdot 2 \cdot (PK1 \cdot FKV1 + PK2 \cdot FKV2 + PK3 \cdot FKV3) / TAV$$

$$F = 0 \text{ kollisioner/år}$$

$$\text{Totala frekvensen } F_{\text{Total}} = 7,0 \cdot 10^{-3} \text{ olyckor/år}$$



## Bilaga 4 Konsekvensberäkningar Handberäkningar

*Spridningsberäkningarna och därmed aktuella riskavstånd tas fram i bilaga 4.*

### LC 50 Beräkningar

Toxikologiska effekter anges oftast som en funktion av dos. Vanligtvis används  $LC_{50}$ -värdet för att beskriva den akuta giftighet ett ämne har.  $LC_{50}$ -värdet innebär att 50 procent av populationen omkommer, då den utsätts för ett giftigt ämne av en viss koncentration och given exponeringstid. Koncentrationen anges i ppm. Dosen som kroppen upptar är beroende av koncentrationen och exponeringstiden. Detta samband är linjärt och tar inte hänsyn till kroppens reaktioner som metabolism och anpassning. För att komma åt denna problematik har en probitfunktion införts som tar hänsyn till dessa faktorer och funktionen blir inte längre linjär.

Vid beräkning av koncentrationen  $LC_{50}$  används probitfunktionerna enligt en modell beskriven i Försvarets forskningsanstalts (FOA) rapport *Vådautsläpp av giftiga gaser och vätskor./27/*. Formeln som används ser ut på följande sätt:

$$Pr = \alpha + \beta_1 \cdot \ln \cdot C + \beta_2 \cdot \ln \cdot t = \alpha + \beta_2 \cdot \ln(C^n \cdot t)$$

Pr = mått på toxiska effekten

$\alpha, \beta_1, \beta_2$  = regressionfaktorer

C = koncentration

t = exponeringstiden

$n = \beta_1 / \beta_2$

Exponeringstiden sätts till 10 minuter, vilket får anses som ett relativt konservativt värde.

Påverkade individer kommer söka sig bort från gasen långt tidigare. Andningsfrekvensen är satt till 15 l/min som gäller för låg fysisk aktivitet/27/.

Beräkningstekniskt för att få fram  $LC_{50}$  sätts Pr = 0 och C löses ut, vilket ger uttrycket:

$$C = \sqrt[n]{\frac{e^{(-\alpha / \beta_2)}}{t}}$$

För att erhålla koncentrationen i ppm används följande samband:

$$C_{ppm} = C \cdot \frac{R \cdot T}{M \cdot P}$$

R = 0,082 J/kgK

T = 293 K

P = 1 N/m<sup>2</sup>

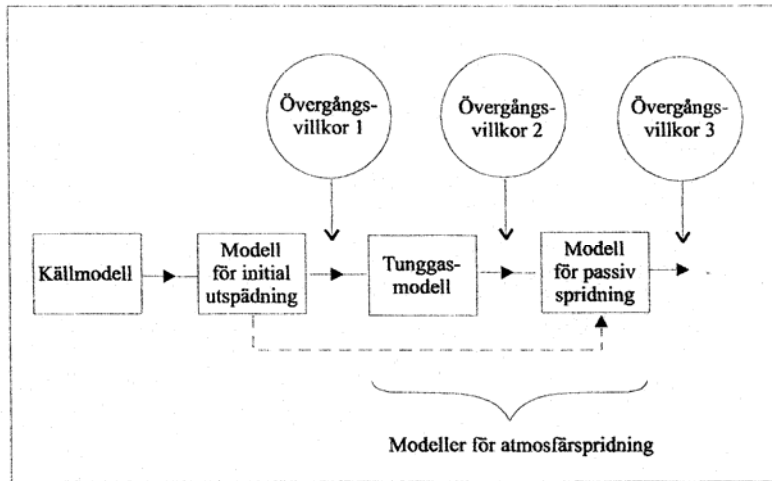
M = utsläppsämnets molmassa g/mol

Resultatet från beräkningarna samt använda konstanter redovisas i tabellen nedan, informationen är hämtad från FOA /27/.

Ämne	n	$\alpha$	$\beta_2$	t [min]	C [mg/m <sup>3</sup> ]	M [g/mol]	C [ppm]
Cl <sub>2</sub>	2	0,75	-12,4	10	1222,57	71	414
SO <sub>2</sub>	4	0,75	-25,4	10	2637,77	64	990

## Spridning

En rad olika modeller används för beräkning av riskavstånd vid utsläpp av tryckkondenserad gas. Figuren nedan är hämtad från Försvarets forskningsanstalts rapport *Vådautsläpp av giftiga gaser och vätskor* /27/ och beskriver kedjan av fysikaliska processer som ingår i ett spridningsförlopp i atmosfären. Till varje delprocess hör en egen delmodell. Delmodellerna länkas samman med hjälp av övergångsvillkor.



Figur 29 Spridningsförlopp.

Ett utsläpp kan vara antingen kontinuerligt eller momentant, beroende på vilket som inträffar används olika modeller. I detta fall vid spridning av tryckkondenserad gas används en modell för kontinuerligt utsläpp i medvind och bygger på en gaussisk spridningsmodell.

## Väder och ämnesdata

Innan de olika modellerna tillämpas så finns generelle data som måste definieras. Väderförhållanden bygger på den statistik som erhållits för Helsingborg se bilaga 1.

Vindhastigheten ( $u_w$ )	4 m/s
Stabilitetsklass	F
Temperatur	282 K
Effektiva utsläpps höjden ( $H_{eff}$ )	0 m

Tabell 20 Väderförhållanden.

Nedan listas de konstanter som används i beräkningarna för respektive ämne.

### Gasol

$M_{mol}$	44.1	[kg/kmol]
R	189	[J/kgK]
$c_p$	2520	[J/kgK]
$c_v$	2330	[J/kgK]
$\gamma$	1.08	[-]
$c_f$	2520	[J/kgK]
$\rho_l$	500	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_g$	1.83	[kg/m <sup>3</sup> ]
$v_f$	$2.00 \cdot 10^{-3}$	[m <sup>3</sup> /kg]
$v_{go}$	$5.46 \cdot 10^{-1}$	[m <sup>3</sup> /kg]

$v_{fgo}$	$5.44 \cdot 10^{-1}$	$[m^3/kg]$
$h_{fg}$	$4.26 \cdot 10^5$	$[J/kg]$
$h_{fgo}$	$4.26 \cdot 10^5$	$[J/kg]$
$T_b$	231	$[K]$

### Svaveldioxid

$M_{mol}$	64	$[kg/kmol]$
$R$	130	$[J/kgK]$
$c_p$	1331	$[J/kgK]$
$c_v$	1201	$[J/kgK]$
$\gamma$	1.11	$[-]$
$c_f$	1331	$[J/kgK]$
$\rho_l$	1462	$[kg/m^3]$
$\rho_g$	2.77	$[kg/m^3]$
$v_f$	$7.00 \cdot 10^{-4}$	$[m^3/kg]$
$v_{go}$	0.36	$[m^3/kg]$
$v_{fgo}$	0.36	$[m^3/kg]$
$h_{fg}$	$3.90 \cdot 10^5$	$[J/kg]$
$h_{fgo}$	$3.90 \cdot 10^5$	$[J/kg]$
$T_b$	263	$[K]$

### Klor

$M_{mol}$	70.90	$[kg/kmol]$
$R$	117.3	$[J/kgK]$
$c_p$	481.4	$[J/kgK]$
$c_v$	364.1	$[J/kgK]$
$\gamma$	1.32	$[-]$
$c_f$	946	$[J/kgK]$
$\rho_l$	1574	$[kg/m^3]$
$\rho_g$	2.95	$[kg/m^3]$
$v_f$	$6.4 \cdot 10^{-4}$	$[m^3/kg]$
$v_{go}$	0.34	$[m^3/kg]$
$v_{fgo}$	0.34	$[m^3/kg]$
$h_{fg}$	$2.66 \cdot 10^5$	$[J/kg]$
$h_{fgo}$	$2.66 \cdot 10^5$	$[J/kg]$
$T_b$	239	$[K]$

### Luft och andra parametrar

$M_{luft}$	29.00	$[kg/kmol]$
$\rho_{luft}$	1.20	$[kg/m^3]$
$c_{p, luft}$	1000	$[J/kgK]$
$T_a$	282	$[K]$
$P_a$	$1.00 \cdot 10^5$	$[Pa]$
$g$	9.81	$[m/s^2]$

## Källmodell

Utifrån givna förutsättningar beräknas massflödet (Q) samt rörelsemängdsflödet (F) för de tryckkondenserade gaserna gasol (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>), svaveldioxid (SO<sub>2</sub>), och klor (Cl<sub>2</sub>).

Ekvationerna som används är hämtade ifrån Försvaretsforskningsanstalts (FOA) rapport *Vådautsläpp av giftiga gaser och vätskor*, efter varje formel refereras också till det nummer som formeln har i Försvaretsforskningsanstalts (FOA) rapport *Vådautsläpp av giftiga gaser och vätskor*.

Utströmning från vätskefasutrymmet i behållare med tryckkondenserad gas, utströmningen anses ske genom ett hål i behållarens mantel.

$$Q = C_d A \sqrt{\frac{2(P_0 - P_a)}{\rho}} \quad (5:12)$$

$$F = \frac{Q^2 \rho}{C_d^2 A} \quad (5:13)$$

P<sub>0</sub> trycket i behållaren tas fram genom att studera varje ämnes ångtryckskurva vid 282 K, i tabellen nedan redovisas aktuella siffror för varje ämne.

Ämne	P <sub>0</sub> [N/m <sup>2</sup> ]*10 <sup>5</sup>
Gasol	6,3
Svaveldioxid	2,4
Klor	5,0

**Tabell 21 Trycket i behållaren för respektive ämne.**

Beräknade massflöden för de olika håldiametrarna anges i tabell 22 och i tabell 23 anges rörelsemängdsflödet.

Håldiameter [m]	Q <sub>Gasol</sub> [kg/s]	Q <sub>Svaveldioxid</sub> [kg/s]	Q <sub>Klor</sub> [kg/s]
0,01	1,4	1,2	2,1
0,05	33,9	29,3	51
0,1	135,5	117,3	207,9

**Tabell 22 Massflöde.**

Håldiameter [m]	F <sub>Gasol</sub> [N]	F <sub>Svaveldioxid</sub> [N]	F <sub>Klor</sub> [N]
0,01	62,3	16,3	47
0,05	1557,3	408,7	1174,4
0,1	6229,4	1634,8	4697,8

**Tabell 23 Rörelsemängdsflöde.**

## Modell för initial utspädning

Den initiala utspädningen avser spridningsprocesser som förorsakas mer av källan själv än av atmosfärens turbulens/27/. Som modell för initial utspädning väljs turbulent jet, närmare bestämt fri cirkulär jet i medvind. Användning av turbulent jet rekommenderas vid brandfarliga substanser med höga hastigheter vilket är fallet vid en tryckkondenserad järnvägsvagn. Jetmodeller har dock också sin användning för giftiga substanser/27/.

Nedan beräknas modellens giltighetsområde samt hur övergången till atmosfärisk spridningsmodell skall göras. Först beräknas avstånd till respektive koncentration.

$$x_2 = \frac{5,95}{\sqrt{\rho_a (F - Qu_w)}} \cdot \frac{1}{Y_2} \quad (6:21a)$$

De dimensionerande koncentrationerna är:

Ämne	Y <sub>2</sub> [ppm]
Gasol	21000
Svaveldioxid	990
Klor	414

**Tabell 24 Ämnens LC<sub>50</sub> koncentration.**

Första steget blir att omvandla koncentrationerna från ppm till kg/kg med hjälp av följande formel.

$$Y_2 = \frac{M_{\text{ämne}}}{M_{\text{luf}}t} \cdot \frac{Y_{2(\text{ppm})}}{1000000}$$

Giltighetsområdet för modellen kan beskrivas med följande ekvation:

$$x_{tr} = 16 \frac{\sqrt{F - Qu_w}}{u_w \sqrt{\rho_a}} \quad (6:23a)$$

Vid avståndet  $x_{tr}$  kan även koncentrationen  $Y_c$  samt jetens radie  $R$  bestämmas med hjälp av nedanstående formler.

$$Y_c(x_{tr}) = 0,37 \cdot \frac{Qu_w}{F - Qu_w} \quad (6:26)$$

$$R(x_{tr}) = 1,49 \frac{\sqrt{F - Qu_w}}{u_w \sqrt{\rho_a}} \quad (6:27a)$$

För brandfarliga substanser rekommenderas att utelämna övergång till atmosfärisk spridningsmodell om gränskoncentrationen uppfyller  $Y_c(x_{tr}) < 2Y_2$  (6:28).

I tabellen 25 sammanfattas jetmodellens längd  $x_{tr}$  för de olika håldiametrarna.

Håldiameter [m]	$x_{tr}$ [m] Gasol	$x_{tr}$ [m] Svaveldioxid	$x_{tr}$ [m] Klor
0,01	28	13	23
0,05	138	62	114
0,1	275	125	227

**Tabell 25 Gränsavståndet  $x_{tr}$  för de olika ämnena.**

Tabell 26 anger avståndet till nedre brännbarhetsgränsen för gasol.

Håldiameter [m]	$x$ [m]
0,01	29
0,05	145
0,1	290

**Tabell 26 Avstånd nedre brännbarhetsgräns gasol.**

Övergång till nästa spridningsmodell blir aktuellt för alla ämnen utom för gasol eftersom denna uppfyller villkoret  $Y_c(x_{tr}) < 2Y_2$  och således rekommenderas som tidigare nämnts att utelämna övergång till atmosfärisk spridningsmodell för gasol.

## Tunggasmodell

Då luftinblandningen i jetmodellen når ned till samma nivå som atmosfärsturbulensen, övergår jetmodellen till en annan spridningsmodell. I atmosfärsspridningsmodellen väljs  $x = 0$  på samma ställe som  $x_{tr}$  i jetmodellen och initial dimensionsmåtten sätts som

$$\sigma_{y0} = \sigma_{z0} = 0,44 R(x_{tr}).$$

Tunggasmodellen skall tillämpas i intervallet  $0 \leq x \leq x_{MAX}$ , därefter skall övergång till en modell för passiv spridning göras. Följande ekvationer används för att kontrollera ovanstående villkor.

$$x_{MAX} = \frac{0,037L_b}{(\sigma'_{yp})^3} - \frac{\sigma_{y0}^{3/2}}{0,35L_b^{1/2}} \quad (8:35)$$

$$L_b = g \cdot \left(1 - \frac{m_a}{m_g}\right) \cdot \frac{Q}{\rho_a U^3} \quad (8:34)$$

$$m_{ge} = m_g \left[ 1 + \frac{h_{fg} + c_{pg}(T_a - T_f)}{c_{pa}T_a} \right] \quad (8:33)$$

$$\sigma'_{yp} = \beta \left( \frac{z_0}{z_{03}} \right)^{0,2} \quad (8:36)$$

För  $\beta$  samt  $z_0$  gäller följande parametrar

$\beta = 0,08$  för Pasquill stabilitetsklass D

$\beta = 0,06$  för Pasquill stabilitetsklass E

$\beta = 0,04$  för Pasquill stabilitetsklass F

$z_0 = 0,01$  för gräsmatta

$z_0 = 0,1$  för jordbruksområde

$z_0 = 0,5$  gles skog mindre stad

$z_0 = 1$  för stor skog/stad

$z_{03} = 0,03$  referens för ytråhet

Tabellen nedan sammanställer då tunggasmodellen är giltig.

Håldiameter [m]	Svaveldioxid	Klor
0,01	Ja	Ja
0,05	Ja	Ja
0,1	Ja	Ja

**Tabell 27 Tunggasmodellens giltighet.**

Plymens dimensioner beräknas med hjälp av nedanstående ekvationer.

$$\sigma_y(x) = \left[ \sigma_{y0}^{3/2} + 0,35L_b^{1/2} x \right]^{2/3} \quad (8:37)$$

$$\sigma_z(x) = \frac{\left(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}}\right)^2}{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_y(x)} \quad (8:38)$$

$$K_r = \left(\frac{z_0}{z_{01}}\right)^{0,2} \quad (8:39)$$

$K_s = 1$  för Pasquill A B C D

$K_s = 1,75$  för Pasquill E

$K_s = 3,5$  för Pasquill F

$K_r$  och  $K_s$  = Korrektionsfaktorer för ytskrovlighet och atmosfärsstabilitet.

$z_{01}$  = Referenslängd för ytråhet 0,01

Genom att definiera x som vindens riktning, y horisontell tvärs vindriktningen samt z vertikalt vindriktningen. Kan både y och z sättas till noll och tunggasmodellns  $x_{MAX}$  blir enligt tabellen nedan.

Ämne	$x_{MAX}$ (0,01m) [m]	$x_{MAX}$ (0,05m) [m]	$x_{MAX}$ (0,1m) [m]
Svaveldioxid	10	317	1297
Klor	17	562	2282

**Tabell 28 Tunggasmodellens längd.**

Koncentrationen beräknas med nedanstående ekvation.

$$\chi(x,0,0) = \frac{85QK_r^{-1}K_s}{\left(x + \sqrt{85\pi K_r^{-1}K_s \sigma_{z0} \sigma_{y0}}\right)^2 \cdot U} \quad (8:40)$$

Tabell 29 anger i vilka fall som den dimensionerande koncentrationen inte uppnås enligt tabell 24. Följden av detta blir att en övergång till nästa spridningsmodell måste ske.

Ämne	Håldiameter 0,01 m	Håldiameter 0,05 m	Håldiameter 0,1 m
Svaveldioxid	Uppnås ej	Uppnås ej	Uppnås precis
Klor	Uppnås ej	Uppnås ej	Uppnås

**Tabell 29 Koncentrationskontroll.**



## Passiv spridningsmodell

Uppnås inte koncentrationen med tunggasmodellen d.v.s. tunggasmodellen blir ogiltig vid ett avstånd  $x_{MAX}$  från den punkten där jetmodellen upphört att gälla, skall passiv spridningsmodell användas. Även om tunggasmodellen från början är ogiltig vid avståndet  $x_w$ , skall passiv spridning tillämpas.

Vid övergång från tunggasspridning till passivspridning används nedanstående ekvationer.

$$\sigma_y(x) = \left[ \sigma_{y0}^{3/2} + 0,35L_b^{1/2} x \right]^{2/3} \quad (8:37)$$

$$\sigma_z(x) = \frac{\left( x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}} \right)^2}{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_y(x)} \quad (8:38)$$

Sker passivspridning utan något mellanliggande tunggassteg skall dimensionsmått beräknas med ekvationen  $\sigma_{y0} = \sigma_{z0} = 0,44 R(x_w)$ .

Plymens dimensioner beräknas med ekvationerna nedan.

$$\sigma_y = \frac{a_y(x + x_{y0})}{(1 + b_y(x + x_{y0}))^{\gamma_y}} K_{rp} K_{yt} \quad (8:41)$$

$$\sigma_z = \frac{a_z(x + x_{z0})}{(1 + b_z(x + x_{z0}))^{\gamma_z}} K_{rp} \quad (8:41)$$

Stabilitetsberoende parametrar för bebyggt område listas nedan, stabilitet F anses råda.

$$a_y = 0,11$$

$$b_y = 0,0004$$

$$\gamma_y = 0,5$$

$$a_z = 0,08$$

$$b_z = 0,015$$

$$\gamma_z = 0,5$$

$K_{rp}$  för bebyggt område är 1.

$$K_{yt} = \left( \frac{t}{t_5} \right)^{0,2} \quad \text{där } t \text{ är den önskade medelvärdesbildningstiden och } t_5 = 300s.$$

Beräkning av  $x_{y0}$  och  $x_{z0}$  sker med följande formler.

$$x_{y0} = \frac{\left( \frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} K_{yt}} \right)^2 \cdot b_y + \frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} K_{yt}} \sqrt{\left( \frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} K_{yt}} \right)^2 b_y^2 + 4a_y^2}}{2a_y^2} \quad (8:42)$$

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)^2 \cdot b_z + \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)^2 b_z^2 + 4a_z^2}}{2a_z^2} \quad (8:44)$$

Koncentrationsberäkningen grundar sig på följande formel.

$$Y(x, y, z) = \frac{Q}{(2\pi)\sigma_y(x)\sigma_z(x)U} e^{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}} \left[ e^{-\frac{(z-H_{eff})^2}{2\sigma_z^2}} + e^{-\frac{(z+H_{eff})^2}{2\sigma_z^2}} \right] \quad (8:22)$$

Dimensionerande koncentrationer uppnås vid avstånd enligt tabell 30.

Ämne	x [m] (0,01m)	x [m] (0,05m)	x [m] (0,1m)
Svaveldioxid	41	134	-
Klor	94	468	-

**Tabell 30 Avstånd dimensionerande koncentration.**

Slutresultatet är en summa av alla avstånd som räknats fram och presenteras i tabell 31.

Ämne	x=x <sub>tr</sub> +x <sub>MAX</sub> +x [m] (0,01m)	x=x <sub>tr</sub> +x <sub>MAX</sub> +x [m] (0,05m)	x=x <sub>tr</sub> +x <sub>MAX</sub> +x [m] (0,1m)
Svaveldioxid	64	513	1411
Klor	134	1144	2508

**Tabell 31 Slutavstånd.**

## Bilaga 5 Handberäkningar Gasol

En jetflammas längd samt en BLEVEs diameter bestäms genom beräkningarna nedan.

### Jetflamma

Kontinuerlig utströmning av ett brännbart ämne i gas eller vätskeform från en tryckkärl leder till att luft sugas in i strålen och blandar sig turbulent med ämnet. Vid antändning av en sådan stråle uppstår en jetflamma. Längden på en sådan flamma beräknas som avståndet till stökiometrisk koncentration. För ämnet gasol bestäms jetflammans längd med nedanstående formel. Brännskador i flammans närhet beaktas inte utan enbart om individen befinner sig ”i” flammen omkommer denna.

$$x_{jetflamma} = 9,1 \cdot Q_t^{0,5}$$

Tabell 33 visar avstånden vid jetflamma för de olika håldiametrarna.

Håldiameter [m]	Längd jetflamma $x_{jetflamma}$ [m]
0,01	11
0,05	53
0,1	106

Tabell 32 Längd jetflamma.

### BLEVE

En BLEVE (Boling Liquid Expanding Vapour Explosion) kan sägas vara ett eldklot av brinnande gas eller aerosol, som på grund av sin låga densitet i förhållande till omgivande luft stiger uppåt. Det brinnande molnet har först en halvsfärisk form, vilken övergår till mer eller mindre sfärisk ju längre upp eldklotet stiger. Varaktigheten samt diametern på en BLEVE bestäms med följande formler. Som ovan tas vid beräkningarna inte hänsyn till strålningen från BLEVEN utan personer som befinner sig i BLEVEN antas omkomma. Massan (M) är 58 ton, denna uppgift är hämta från Räddningstjänstinformationsbank (RIB) /39/ som anger måtten på en standard järnvägstankvagn.

$$x_{BLEVE} = 6,5 \cdot M^{1/3}$$

$$t = 0,85 \cdot M^{0,26}$$

Tabell 34 visar avstånden vid BLEVE.

Varaktighet BLEVE [s]	Längd BLEVE $x_{BLEVE}$ [m]
15	252

Tabell 33 Eldklotsdiameter BLEVE.

## Fördröjd antändning

Då ett utsläpp av brännbart ämne blandar sig med luften och först därefter antänds kan en förbränning uppstå som utbreder sig till nedre brännbarhetsgränsen. Formeln som används för att avgöra avståndet till nedre brännbarhetsgränsen beräknas enligt formeln nedan:

$$x_2 = \frac{5,95Q}{\sqrt{\rho_a F}} \cdot \frac{1}{Y_2}$$

Avståndet till nedre brännbarhetsgränsen för de olika håldiametrarna redovisas i tabell 35.

Håldiameter [m]	$x_{LFL}$ [m]
0,01	29
0,05	145
0,1	290

**Tabell 34** Avstånd till nedre brännbarhetsgräns.

## **Bilaga 6 Konsekvensberäkningar Datorberäkningar**

*Indata samt resultat ifrån datorberäkningar sammanställs i bilaga 6.*

De datorprogram som använts för att verifiera handberäkningarna är Bfk och Gasol/39/.

Bfk är ett datorprogram som ingår i Räddningsverkets Informationsbank, RIB/39/. Programmet innehåller en beräkningsmodell för exponering av olika kemikalier och simulerar kemikalieolyckor. Programmet kan användas av räddningstjänsten som beslutsstöd vid olyckor. Bfk tar främst hänsyn till den passiva spridningen där vinden är den dominerande faktorn. Detta är en nackdel som blir särskilt relevant nära utsläppspunkten. Där är nämligen inverkan av den aktiva spridningen som störst. Detta sammantaget kan resultera i för korta avstånd till olika koncentrationer nära källan.

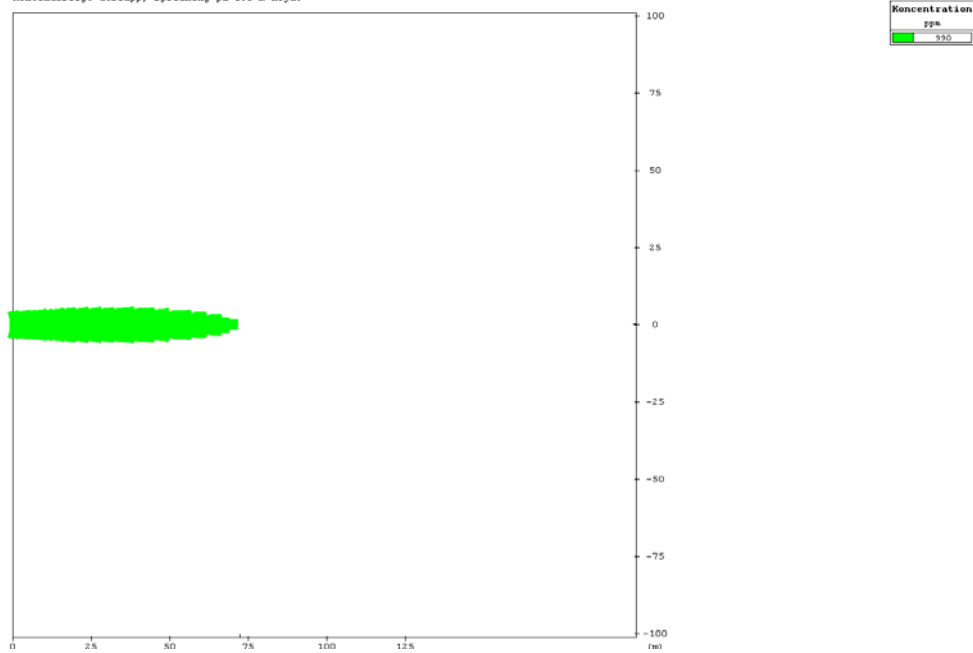
I aktuell riskanalys har programmet använts för att kontrollera handberäknade riskavstånd vid utsläpp av giftiga, tryckkondenserade gaser.

Gasol är ett datorprogram som ingår i Räddningsverkets Informationsbank, RIB /39/. Programmet simulerar olika scenarier med utsläpp av gasol från tankar och rör och beskriver koncentrationer och spridning i luft.

Även programmet gasol har använts för att verifiera handberäkningarna.

## Indata och Resultat Bfk

Kontinuerligt utsläpp, spridning på 1.0 m höjd.



BfK Avancerat läge, Kemikalieolycka

Kemikalie : Svaveldioxid.

Källstyrka : 1.2 kg/s (angiven)

Varaktighet: 60.0 min (angiven)

Läckage : Utsläppets effektiva höjd är 1.0 m över marken.

Omgivning : Obebyggt med ytråheten 0.500 m.

Inläckning : Ventilationsintag på 5.0 m höjd.  
0.5 luftväxlingar per timme.

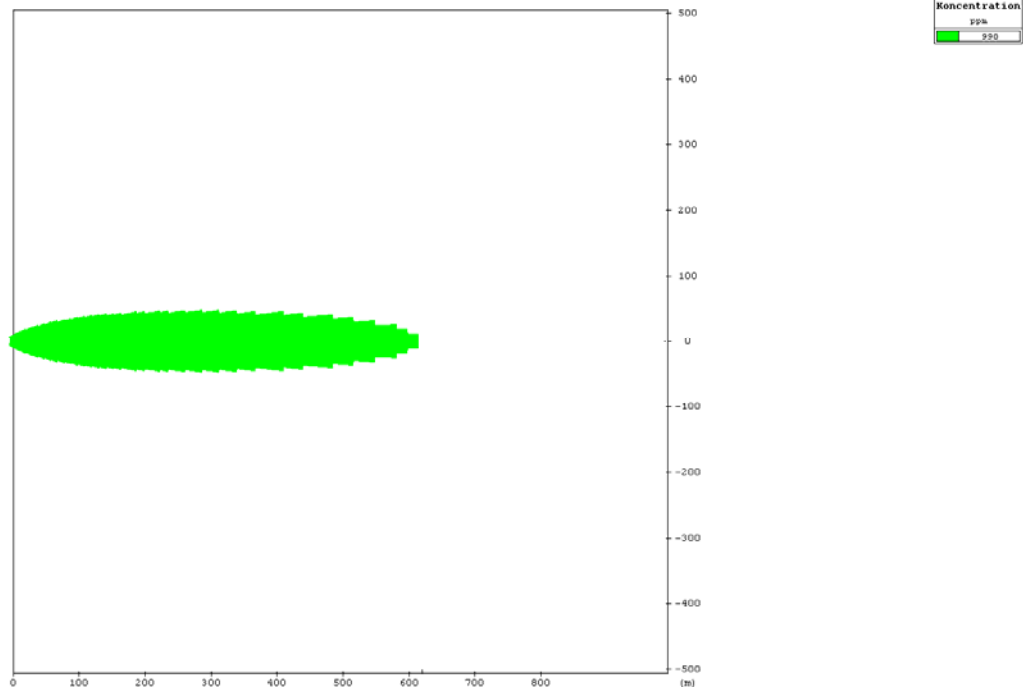
Väder : 9.0 C° och 4.0 m/s vindstyrka.  
Stabilitetsklass F (F - Stabil skiktning) och 0 W/m<sup>2</sup> solinstrålning.

Åtgärder : Inga.

Beräkningar: Koncentration beräknas för höjden 1.0 m  
Den yttre beräkningsgränsen går vid 100 m.

Spridningsavstånd: 72 meter.

Kontinuerligt utsläpp, spridning på 1.0 m höjd.



**BfK Avancerat läge, Kemikalieolycka**

Kemikalie : Svaveldioxid.

Källstyrka : 29 kg/s (angiven)  
Varaktighet: 60.0 min (angiven)

Läckage : Utsläppets effektiva höjd är 1.0 m över marken.

Omgivning : Obebyggt med ytråheten 0.500 m.

Inläckning : Ventilationsintag på 5.0 m höjd.  
0.5 luftväxlingar per timme.

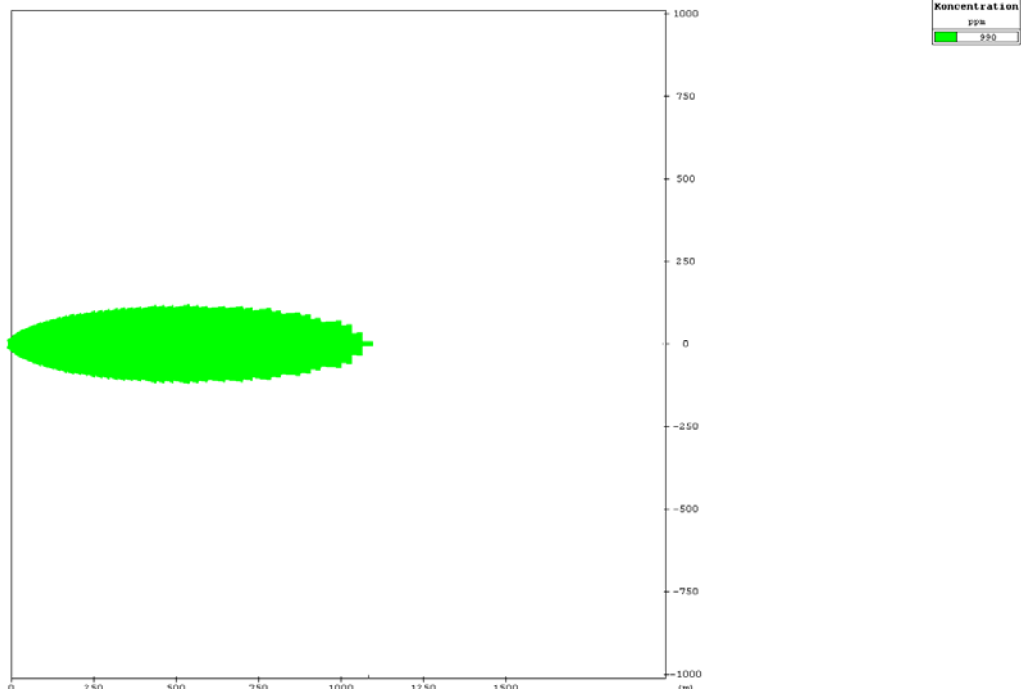
Väder : 9.0 C° och 4.0 m/s vindstyrka.  
Stabilitetsklass F (F - Stabil skiktning) och 0 W/m² solinstrålning.

Åtgärder : Inga.

Beräkningar: Koncentration beräknas för höjden 1.0 m  
Den yttre beräkningsgränsen går vid 700 m.

**Spridningsavstånd: 619 meter.**

Kontinuerligt utsläpp, spridning på 1.0 m höjd.



BfK Avancerat läge, Kemikalieolycka

Kemikalie : Svaveldioxid.

Källstyrka : 117 kg/s (angiven)

Varaktighet: 60.0 min (angiven)

Läckage : Utsläppets effektiva höjd är 1.0 m över marken.

Omgivning : Obebyggt med ytråheten 0.500 m.

Inläckning : Ventilationsintag på 5.0 m höjd.  
0.5 luftväxlingar per timme.

Väder : 9.0 C° och 4.0 m/s vindstyrka.  
Stabilitetsklass F (F - Stabil skiktning) och 0 W/m² solinstrålning.

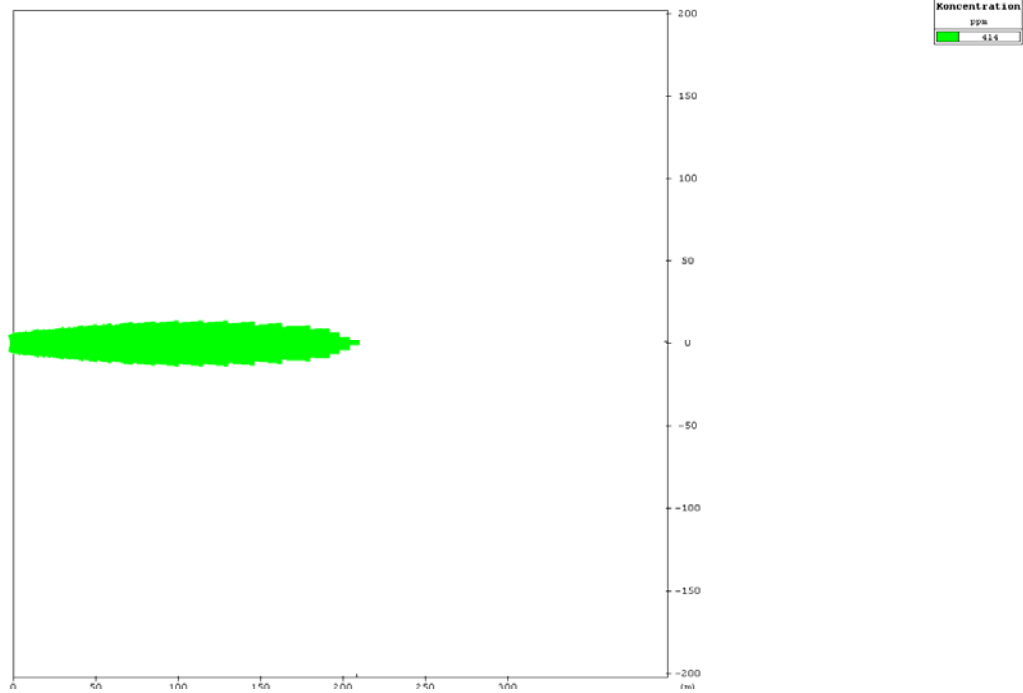
Åtgärder : Inga.

Beräkningar: Koncentration beräknas för höjden 1.0 m  
Den yttre beräkningsgränsen går vid 1400 m.

Spridningsavstånd: 1082 meter.



Kontinuerligt utsläpp, spridning på 1.0 m höjd.



BfK Avancerat läge, Kemikalieolycka

Kemikalie : Klor.

Källstyrka : 2.1 kg/s (angiven)

Varaktighet: 60.0 min (angiven)

Läckage : Utsläppets effektiva höjd är 1.0 m över marken.

Omgivning : Obebyggt med ytråheten 0.500 m.

Inläckning : Ventilationsintag på 5.0 m höjd.  
0.5 luftväxlingar per timme.

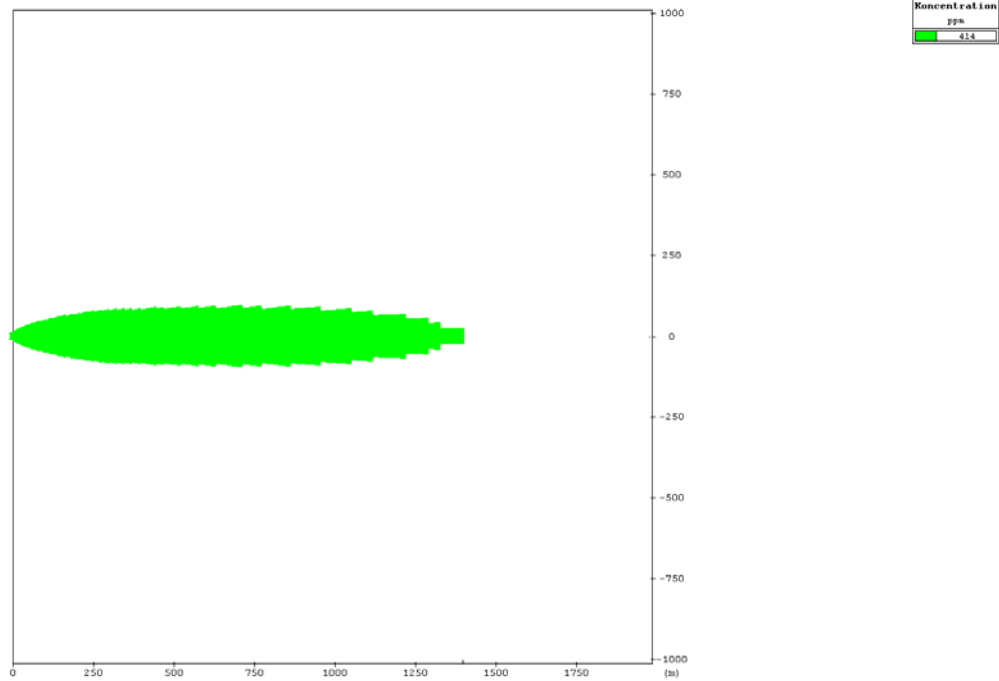
Väder : 9.0 C° och 4.0 m/s vindstyrka.  
Stabilitetsklass F (F - Stabil skiktning) och 0 W/m<sup>2</sup> solinstrålning.

Åtgärder : Inga.

Beräkningar: Koncentration beräknas för höjden 1.0 m  
Den yttre beräkningsgränsen går vid 250 m.

Spridningsavstånd: 208 meter.

KONTINUERLIGT UTSLÄPP, SPREDNING PÅ 1.0 M HÖJD.



BfK Avancerat läge, Kemikalieolycka

Kemikalie : Klor.

Källstyrka : 51 kg/s (angiven)  
Varaktighet: 60.0 min (angiven)

Läckage : Utsläppets effektiva höjd är 1.0 m över marken.

Omgivning : Obebyggt med ytråheten 0.500 m.

Inläckning : Ventilationsintag på 5.0 m höjd.  
0.5 luftväxlingar per timme.

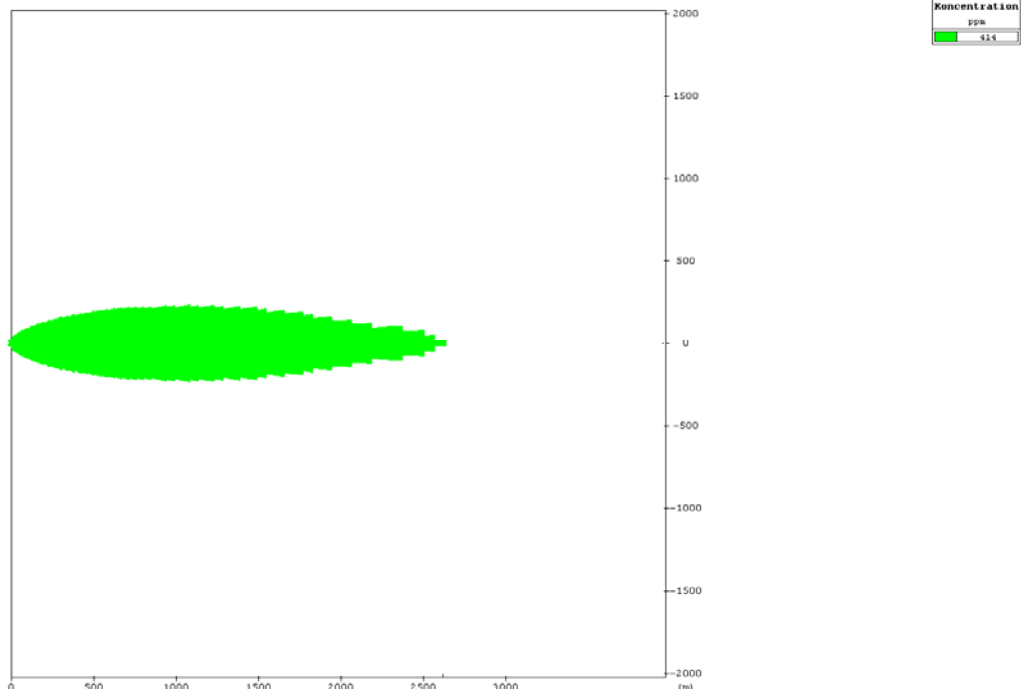
Väder : 9.0 C° och 4.0 m/s vindstyrka.  
Stabilitetsklass F (F - Stabil skiktning) och 0 W/m<sup>2</sup> solinstrålning.

Åtgärder : Inga.

Beräkningar: Koncentration beräknas för höjden 1.0 m  
Den yttre beräkningsgränsen går vid 1500 m.

Spridningsavstånd: 1395 meter.

Kontinuerligt utsläpp, spridning på 1.0 m oöja.



BfK Avancerat läge, Kemikalieolycka

Kemikalie : Klor.

Källstyrka : 208 kg/s (angiven)

Varaktighet: 60.0 min (angiven)

Läckage : Utsläppets effektiva höjd är 1.0 m över marken.

Omgivning : Obebyggt med ytråheten 0.500 m.

Inläckning : Ventilationsintag på 5.0 m höjd.  
0.5 luftväxlingar per timme.

Väder : 9.0 C° och 4.0 m/s vindstyrka.  
Stabilitetsklass F (F - Stabil skiktning) och 0 W/m<sup>2</sup> solinstrålning.

Åtgärder : Inga.

Beräkningar: Koncentration beräknas för höjden 1.0 m  
Den yttre beräkningsgränsen går vid 2600 m.

Spridningsavstånd: 2614 meter.

## Indata och resultat Gasol

UTDATA FRÅN GASOL (litet hål)

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 9,0 °C  
Kondensationstryck : 5,17 bar  
Lagringstryck : 7,33 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank nära vätskeytan

Cd-värde : 0,83

TANKEN:

Form : cylindrisk  
Diameter : 2,3 m  
Längd : 11,9 m  
Fyllnadsgrad : 80%

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 10 mm  
Hålets area : 0,00008 m<sup>2</sup>  
Utsläppstid : 1500 s

OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära : Nej  
Uppsamling : Nej

Tanken innehåller 20237,54 kg gasol  
men utsläppt massa blir 969,53 kg  
eftersom utsläppet varar 1500,00 s

VÄDER:

Lufttrycket är 760 mmHg  
Temperaturen är 9 °C med en relativ luftfuktighet på 50%  
Det blåste 4 m/s på 10 m's höjd  
Dag, enstaka moln.

UTDATA FRÅN JETFLAMMA

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma  
Jetflammans längd är 7,3 m

Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 10,3 m  
2:a gradens brännskador 11,3 m  
1:a första gradens brännskador 14,3 m

Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador 5,0 m  
2:a gradens brännskador 6,0 m  
1:a första gradens brännskador 10,0 m

UTDATA FRÅN GASOL (medel hål)

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 9,0 °C  
Kondensationstryck : 5,17 bar  
Lagringstryck : 7,30 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank nära vätskeytan

Cd-värde : 0,83

TANKEN:

Form : cylindrisk  
Diameter : 2,3 m  
Längd : 11,9 m  
Fyllnadsgrad : 80%

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 50 mm  
Hålets area : 0,00196 m<sup>2</sup>  
Utsläppstid : 1257 s

OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära : Nej  
Uppsamling : Nej

Utsläppets varaktighet ändras till 1257,05 s  
eftersom massan i tanken endast är 20236,99 kg

VÄDER:

Lufttrycket är 760 mmHg  
Temperaturen är 9 °C med en relativ luftfuktighet på 50%  
Det blåste 4 m/s på 10 m's höjd  
Dag, enstaka moln.

UTDATA FRÅN JETFLAMMA

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma  
Jetflammans längd är 36,5 m

Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador	47,5 m
2:a gradens brännskador	53,5 m
1:a första gradens brännskador	70,5 m

Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador	21,0 m
2:a gradens brännskador	29,0 m
1:a första gradens brännskador	47,0 m

UTDATA FRÅN GASOL (stort hål)

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 9,0 °C  
Kondensationstryck : 5,17 bar  
Lagringstryck : 7,30 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank nära vätskeytan

Cd-värde : 0,83

TANKEN:

Form : cylindrisk  
Diameter : 2,3 m  
Längd : 11,9 m  
Fyllnadsgrad : 80%

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 100 mm  
Hålets area : 0,00785 m<sup>2</sup>  
Utsläppstid : 314 s

OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära : Nej  
Uppsamling : Nej

Utsläppets varaktighet ändras till 314,26 s  
eftersom massan i tanken endast är 20236,99 kg

VÄDER:

Luftrycket är 760 mmHg  
Temperaturen är 9 °C med en relativ luftfuktighet på 50%  
Det blåste 4 m/s på 10 m's höjd  
Dag, enstaka moln.

UTDATA FRÅN JETFLAMMA

Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma  
Jetflammans längd är 73,0 m

Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:

3:e gradens brännskador	94,0 m
2:a gradens brännskador	107,0 m
1:a första gradens brännskador	140,0 m

Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:

3:e gradens brännskador	41,0 m
2:a gradens brännskador	57,0 m
1:a första gradens brännskador	93,0 m

UTDATA FRÅN GASOL (BLEVE)

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 9,0 °C  
Kondensationstryck : 5,17 bar  
Lagringstryck : 7,30 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Cd=

TANKEN:

Form : cylindrisk  
Diameter : 2,3 m  
Längd : 11,9 m  
Fyllnadsgrad : 80%

TANKDATA:

Tankens vikt tom : 10000 kg  
Designtryck : 32 bar  
Bristningstryck : 1290132501324 bar

VÄDER:

Lufttrycket är 760 mmHg  
Temperaturen är 9 °C med en relativ luftfuktighet på 50%  
Det blåste 4 m/s på 10 m's höjd  
Dag, enstaka moln.

UTDATA FRÅN BLEVE

Utsläppt massa var 20237,0 kg  
BLEVEN's diameter var 162,58 m  
BLEVEN varar i 10,9 s  
BLEVEN befinner sig 121,94 m över marken.  
Avstånd till 3:e gradens brännskador är 154 m  
Avstånd till 2:a gradens brännskador är 231 m  
Avstånd till 1:a gradens brännskador är 394 m  
Tanken delas i 2 delar.  
Dessa flyger 5314,9 m  
Spridning

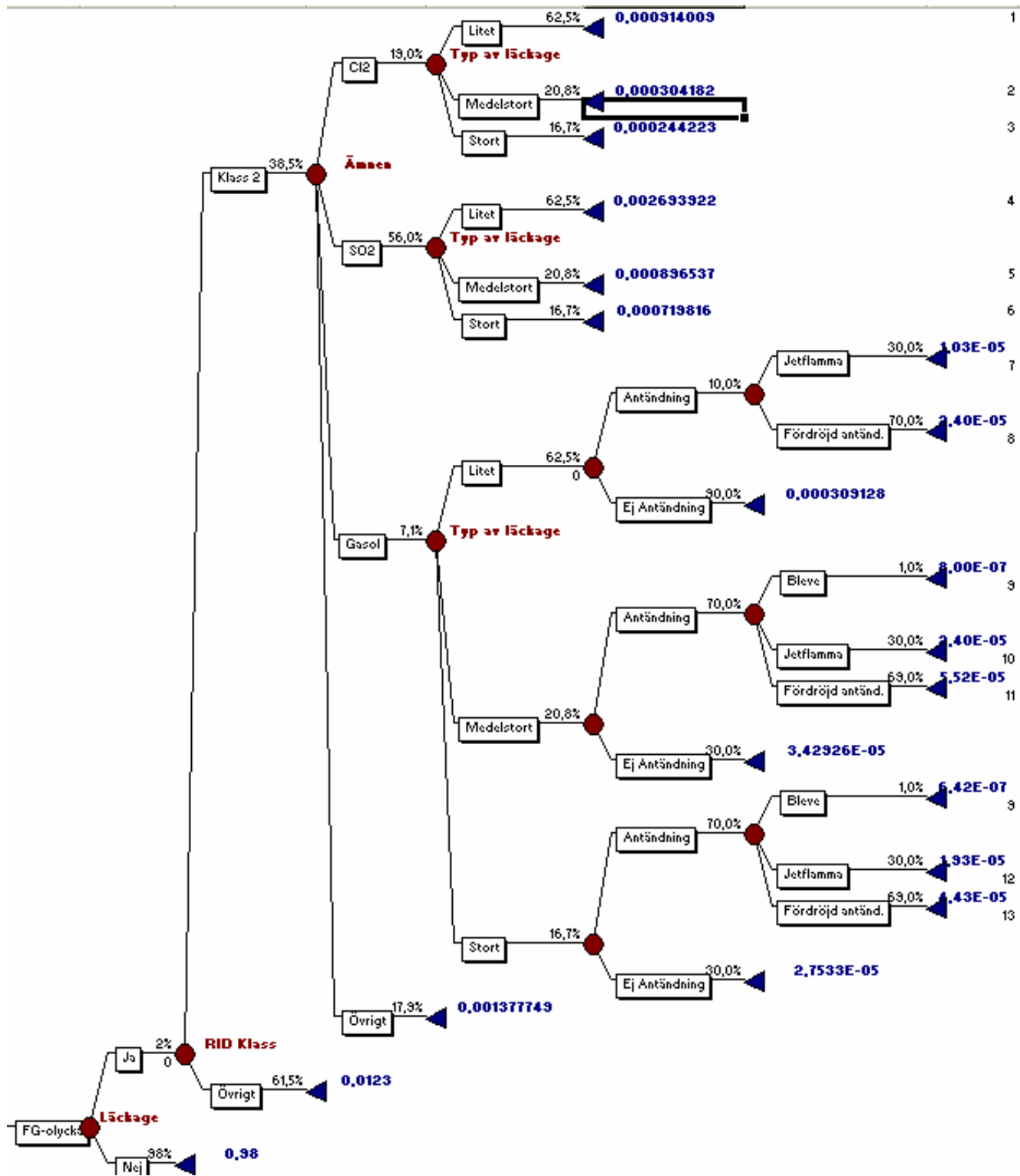
## Bilaga 7 Sannolikhetsunderlag Händelsetråd

*Nedan sammanställs vilka källor som olika sannolikheter hämtats ifrån. Dessa ligger sedan till grund för händelsetrådet.*

1. Sannolikheten för läckage baseras på tillgänglig olycksstatistik som är sammanfattad i räddningsverkets bok *Handbok för riskanalys/1/*. Sannolikheten för att farligtgods vagn skadas d.v.s. läckage inträffar om den påverkas vid olycka är totalt 2%. Stor respektive liten skada beaktas.
2. Baserat på statistik om RID klass väljs de mest förekommande klasserna ut och behandlas. För aktuell sträcka är klass 2 (38,5%)/32/ dominerande och utgör underlag för vidare analys. Övriga klasser behandlas inte i denna rapport utan benämns som övrigt med 61,2 %.
3. Från SWEPROs rapport/32/ utläses också vilka de vanligaste förekommande ämnen och dess stor andel dessa utgör. Cl<sub>2</sub> 19%, SO<sub>2</sub> 56%, Gasol 7% och övrigt 18%.
4. Utsläppsmängden är direkt avgörande för omfattningen av olyckan. Från *Farligt gods- Riskbedömning vid transporter/25/* erhålls troliga utsläppsstorlekar. Litet hål 62,5%, medelstort hål 20,8% och stort hål 16,7%.
5. Vid ett utsläpp av gasol kan antändning eller ingen antändning ske. För stort respektive medelstort antas antändning ske i 70 % av fallen medans för litet utsläpp i 10 % av fallen/38/. Händelserna som kan inträffa vid antändning är BLEVE, jetflamma och fördröjd antändning med sannolikheterna 1 %, 30 % respektive 69 %/38/. Vid litet utsläpp anses BLEVE mindre troligt och därav behandlas enbart jetflamma och fördröjd antändning för litet utsläpp.



# Bilaga 8 Händelsetråd



Figur 30 Händelsetråd.