

Helsingborgs stad

Strategi för bebyggelseplanering intill
rekommenderade färdvägar för transport
av farligt gods

Slutrapport (revision 3)

2011-02-10

Helsingborgs stad

Strategi för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods

Slutrapport

Beställare

Helsingborgs stad
FÖP H+
Malin Rizell

Konsult

Wuz risk consultancy AB
Box 72
244 22 Kävlinge
Tel: 046-14 02 01
Orgnr: 556725-9394
www.wuz.se

Uppdragsansvarig

Fredrik Nystedt, brandingenjör LTH, tekn. lic.
fredrik@wuz.se, 0709-14 01 03

.....

Kvalitetssäkring

Mattias Delin, brandingenjör LTH, DeBrand
mattias.delin@debrand.se, 0733-25 80 25

.....

Dokumenthistorik

Datum	Dokument	Kommentar
2011-02-10	Revision 3	Rapporten kompletterad med effekt av riskreducerande åtgärder i anslutning till uppmarchområdet för HH-leden.
2010-09-30	Revision 2	Rapporten är kompletterad med rekommenderade avstånd till Skånebanan.
2010-09-09	Revision 1	Rapporten är kompletterad med rekommenderade avstånd till väg E6.
2010-04-14	Slutrapport	Kontrollerad.

Sammanfattning

Denna rapport utgör ett underlag till en strategi för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods till och från Helsingborgs hamn. Rapporten omfattar vägtransporter på en framtida Hamnled och järnvägstransporter på Hamnspåret samt verksamheten på rangerbangården. Rapporten omfattar också transporter som passerar Helsingborg på väg E6 samt transporter på Skånebanan mot Åstorp.

Länsstyrelsen i Skåne län publicerade 2006 en policy för markanvändning intill transportleder för farligt gods i vilken övergripande principer för riskhänsyn redovisas. År 2007 publicerade Länsstyrelsen detaljerade riktlinjer för bebyggelseplanering utmed dessa transporter. Dessa riktlinjer kallas vanligen för "RIKTSAM". Riktlinjerna ger exempel på skyddsavstånd till olika typer av markanvändning samt vilka krav som ska uppfyllas om aktuell utformning avviker från dessa avstånd.

Det finns flera motiv att tillåta en avvikelse från RIKTSAM vid bebyggelseplanering i Helsingborg. Några av dessa skäl är att Länsstyrelsens vägledning utgår från transporter i 110 km/h, vilket har c:a 6 ggr högre risk än transport i 50 km/h. Vidare är där skillnader i vilka ämnen som transporteras på lederna. I Helsingborg dominerar transporter till/från Kemira, vilket medför stora mängder av transporter i klass 5 (oxiderande ämnen) och klass 8 (frätande ämnen). Olyckor med dessa ämnen leder normalt inte till skador utanför den direkta anslutningen till fordonet.

I rapporten sker noggranna beräkningar av individrisknivåerna utmed transportlederna. Individrisken är ett fiktivt mått på sannolikheten att omkomma om en person befinner sig på en och samma plats under ett helt år. För att kunna avgöra om risknivån är tillräckligt låg har Helsingborgs stad fastställt ett antal värderingskriterier. I korthet innebär dessa att människor i sina bostäder och på sina arbetsplatser inte ska drabbas av olyckor med farligt gods oftare än vad de råkar utföra en flygolycka. För känsliga verksamheter som skolor och vårdlokaler ska människor inte drabbas oftare än vad de träffas av ett blixtnedslag.

Resultatet av denna analys visar att individrisknivån utmed transportlederna är mycket låg. Kriterier för acceptabel risk understigs på 10-30 m avstånd från bostäder och kontor (normalkänslig bebyggelse) samt på 40-70 m avstånd för skolor, vårdlokaler, stora samlingslokaler etc. (känslig bebyggelse).

De riskreducerande åtgärder som vidtas för att minska risken för en olycka med farligt gods är i huvudsak en kombination av skyddsavstånd, hastighetsbegränsning och vägutformning.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	6
1.1	Inledning.....	6
1.2	Bakgrund.....	6
1.3	Mål och syfte.....	7
1.4	Omfattning och avgränsningar.....	7
1.5	Metod.....	8
1.6	Sannolikhets- och statistikteori.....	9
2	Principer för riskvärdering.....	11
2.1	Allmänt.....	11
2.2	Omvärldsanalys.....	12
2.3	Risikkriterier i Sverige.....	12
2.4	Länsstyrelsen i Skånes riktlinjer (RIKTSAM).....	13
2.5	Förslag till acceptanskriterier i Helsingborgs stad.....	14
2.6	Jämförelser med andra olycksrisker i samhället.....	15
3	Kartläggning av transporter av farligt gods i Helsingborg.....	17
3.2	Transport av farligt gods på Hamnleden.....	18
3.3	Transport av farligt gods på väg E6.....	20
3.4	Transport av farligt gods på järnväg.....	21
4	Konsekvenser av olyckor med farligt gods.....	25
4.1	Scenarier vid transport av farligt gods.....	25
4.2	Beräkning av konsekvenser.....	26
4.3	Indata.....	35
4.4	Resultat.....	39
5	Frekvenser för olycka med farligt gods.....	45
5.1	Generella indata.....	45
5.2	Scenarier.....	50
5.3	Olyckor på väg.....	52
5.4	Olyckor på järnväg.....	56
5.5	Olyckor vid rangering.....	60
6	Risknivåer.....	61
6.1	Modell för väg och järnväg.....	61
6.2	Modell för rangerbangården.....	65
6.3	Resultat.....	66
7	Strategi för bebyggelseplanering.....	70
7.1	Kategorier för olika markanvändning.....	70
7.2	Rekommenderade avstånd till bebyggelse.....	71
7.3	Behov av minimiavstånd.....	73
8	Diskussion.....	74
8.1	Hastighetsbegränsningens påverkan på individrisken.....	74
8.2	Jämförelse mellan riktlinjer för Helsingborgs stad och RIKTSAM.....	75
8.3	Riskbidrag per "konsekvenstyp".....	77
8.4	Samhällsrisk vid Hamnleden.....	80
8.5	Olyckor i uppmarschområdet till HH-leden.....	82

1 Inledning

Wuz risk consultancy AB har på uppdrag av Helsingborgs stad arbetat fram en strategi för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods på Hamnleden i Helsingborgs stad samt på väg E6 där den passerar Helsingborg. Utredningen omfattar också transporter av farligt gods på järnväg på Hamnspåret och Skånebanan, samt rangering.

Utredning tittar inte på en specifik lokalisering av Hamnleden utan behandlar enbart Hamnleden som ett transportalternativ för farligt gods till och från Helsingborgs hamn samt de industrier i södra Helsingborg som kommer att betjänas av Hamnleden i framtiden.

1.1 Inledning

Transport av farligt gods är en av de risker för hälsa och säkerhet som kommunerna ska planera för och Plan- och bygglagen (1987:10) utgår från att kommunerna i sina planer och beslut från början beaktar sådana risker för hälsa och säkerhet som har samband med markanvändning och bebyggelseutveckling. Denna lag ger också länsstyrelserna rätt att upphäva en detaljplan om de finner att en planerad bebyggelse blir olämplig med hänsyn till de boendes och övrigas hälsa eller till behovet av skydd mot olyckshändelser.

Detta dokument belyser risker med transport av farligt gods i på Hamnleden i Helsingborgs stad på ett samlat och strukturerat sätt. Dokumentet utgör en del av en fördjupad översiktsplan (FÖP) för H+. Dokumentet ger en samlad bild av risker utmed transportleder för farligt gods i Helsingborg och kan användas som grund för riskanalyser i framtida detaljplanarbete.

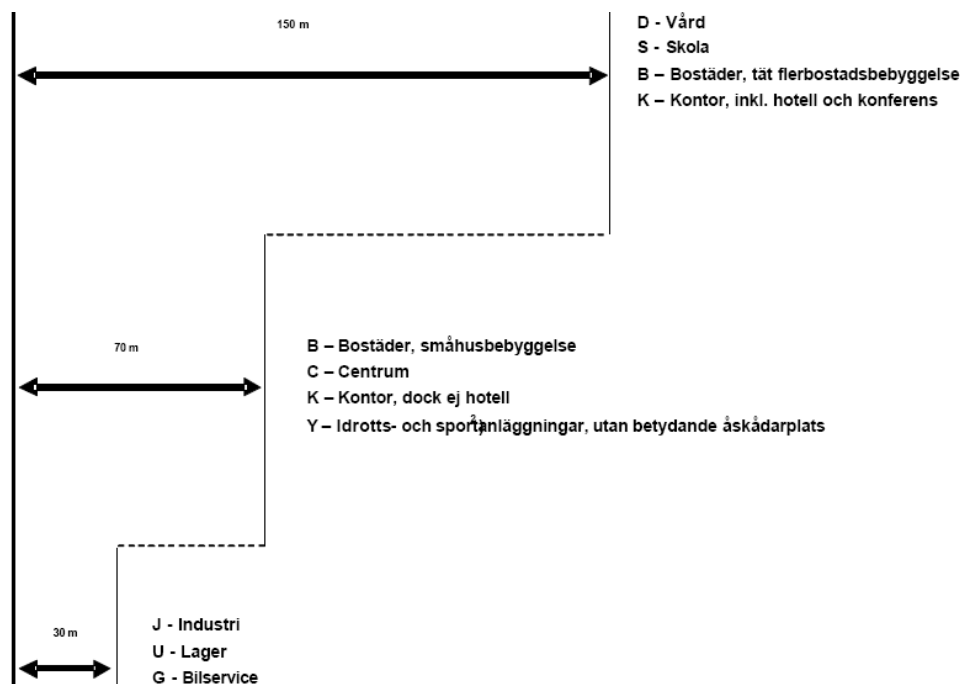
1.2 Bakgrund

Länsstyrelsen i Skåne län har de senaste åren tagit fram två dokument som belyser hur kommuner kan visa riskhänsyn vid planering av bebyggelse intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods:

1. *Riskhantering i detaljplaneprocessen – riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods*, Länsstyrelserna i Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006.
2. *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods (RIKTSAM)*, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

Riktlinjerna ovan bygger på beräkning av risknivåer för individ- och samhällsrisk utmed de två mest belastade vägsträckorna för 110 resp. 90 km/h i Skåne samt för Södra Stambanan (genom Lund). Dessa riktlinjer representerar ett s.k. värsta fall, som inte kräver vidare utredning. Detta möjliggör för kommuner att göra sina egna bedömningar och översätta de generella riktlinjerna till egna, anpassade till den lokala transport- och trafiksäkerhetssituationen.

Riktlinjerna redovisas i form av tre olika vägledningar där "Vägledning 1" är den enklaste och baseras enbart på skyddsavstånd, se Figur 1.



Figur 1 Skiss över av Länsstyrelsen i Skåne län föreslagna skyddsavstånd i "Vägledning 1".

1.3 Mål och syfte

Målsättningen med arbetet är att ta fram ett anpassat och relevant planeringsunderlag för bebyggelse intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods i Helsingborg. Syftet är att rationalisera planeringsprocessen genom att i ett tidigt skede känna till ramarna för bebyggelse intill färdvägar för farligt gods.

Länsstyrelsens riktlinjer kräver en fördjupad riskbedömning vid avvikelser från de skyddsavstånd som redovisas i Figur 1. Riskanalysen i denna rapport utgör ett sådant underlag som motiverar avvikelser från Länsstyrelsens riktlinjer.

Arbetet redovisas i ett format motsvarande "Vägledning 1" (se Figur 1) där förslag till skyddsavstånd gällande för rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods i Helsingborg presenteras.

1.4 Omfattning och avgränsningar

- ♦ Riskanalysen behandlar ett riskmått – individrisk, vilket förklaras närmre i avsnitt 2.1. Individrisken beräknas för följande fall:
 - Vägtrafik inklusive samt exklusive trafik till Kemira.
 - Uppmarchområde för HH-leden.
 - Järnvägstrafik före samt efter rangerbangården.
 - Rangering.

- ♦ Transportvolymer kommer att räknas upp till 2025-års nivå med hjälp av data från SIKA. Prognoserad ökning är i storleksordningen 25 % i jämförelse med 2009-års nivå (se även avsnitt 5.1.1).
- ♦ Den nya hamnleden förutsätts vara en fyrfältsväg med avskilda körbanor. Utformningen har betydelse när den specifika olyckskvoten för vägen ska bestämmas.
- ♦ Rapporten är giltig för transporter på Hamnleden, transporter på väg E6 samt på järnvägen till rangerbangården och vidare ut till industrier i södra Helsingborg. Resultaten kan också tillämpas på själva rangerbangården och Skånebanan.
- ♦ Samtliga avstånd som anges i denna rapport är enbart baserade på skydd mot olyckor med farligt gods. Andra lagar och myndigheter kan ställa andra krav på separering exempelvis med avseende på buller, vibrationer, emissioner, etc.
- ♦ För bebyggelse som uppförs närmre transportleden än de avstånd som redovisas i detta dokument gäller "Vägledning 2" alternativt "Vägledning 3", redovisade i Länsstyrelsen i Skåne läns riktlinjer (RIKTSAM).

1.5 Metod

Arbetet har utförts enligt följande:

Grundläggande förutsättningar (moment 1)

- ♦ Framtagning och förankring av metodik.
- ♦ Principer för riskvärdering.

Kartläggning (moment 2)

- ♦ Insamling av data¹ avseende transportrörelser, transportmängder och godsslag.
- ♦ Insamling av olycksstatistik och ÅDT-trafik.

Risikanalyt (moment 3)

- ♦ Bedömning av frekvensen för olyckor med farligt gods.
- ♦ Bedömning av konsekvenserna som dessa olyckor kan orsaka.
- ♦ Beräkning av risknivåer.

Riskvärdering (moment 4)

- ♦ Redovisning av skyddsavstånd till rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods.

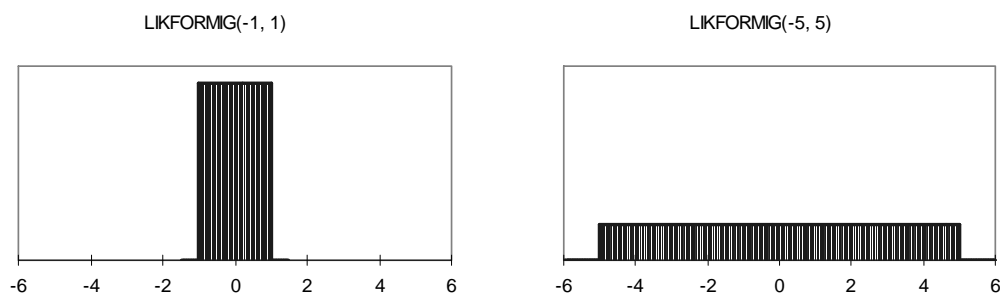
¹ Data avseende transporter har erhållits genom Helsingborgs stads försorg.

1.6 Sannolikhets- och statistikteori

Väntevärdet, μ uttrycks även som medelvärdet och är det värde som utgör tyngdpunkten i en statistisk fördelning längs x-axeln. Väntevärdet är ett lägesmått.

Standardavvikelsen, σ är ett mått på en fördelnings spridning. Osäkerheten i en variabls värde uttrycks med dess standardavvikelse. Två variabler kan ha samma väntevärde men olikartade fördelningar, se Figur 2 nedan.

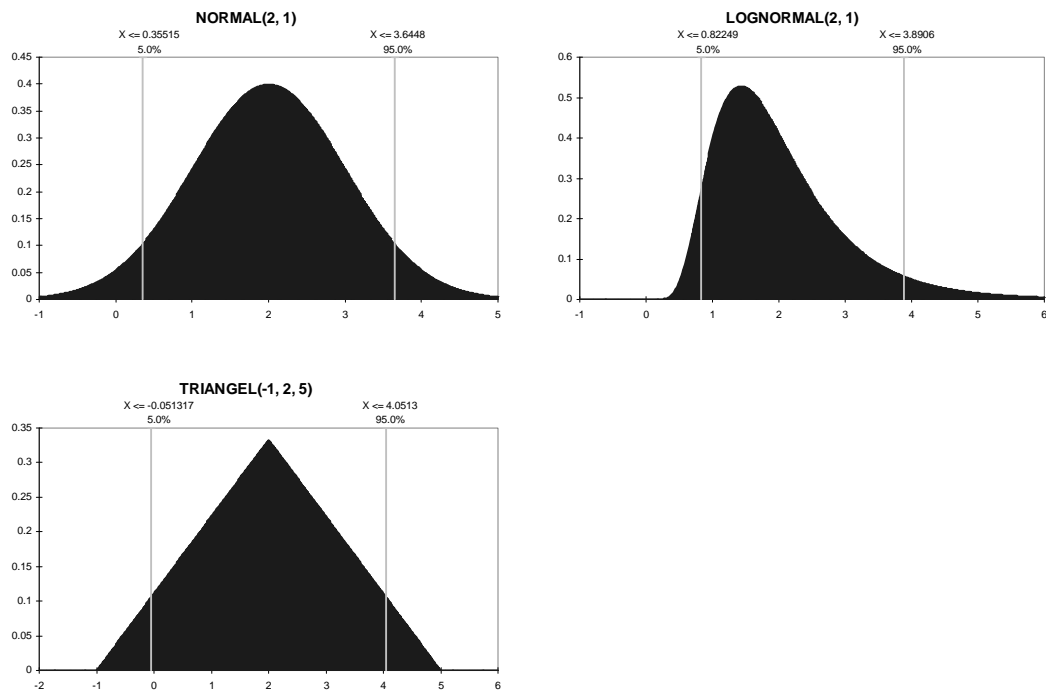
Variationskoefficienten, VK, utgörs av kvoten mellan standardavvikelsen och väntevärdet, dvs. $VK = \sigma/\mu$. Variationskoefficienten anges ofta i procent.



Figur 2 Om man jämför två likformiga fördelningar där den ena går från -1 till 1 och den andra från -5 till 5 inses att båda har väntevärdet 0 , men det är uppenbart att den senare har en mer utspridd fördelning än den förra.

Statistiska fördelningar används för att beskriva osäkerheten i indata. Frantzych² anger att det första som måste göras när dessa fördelningar skall skattas är att definiera fördelningens största och minsta värde. Därefter uppskattas väntevärde och varians. Slutligen skall en fördelning väljas som ger bästa tänkbara representation av variabeln. Vanliga fördelningar är *normalfördelningen*, *lognormalfördelningen* och *triangelfördelningen*. En grafisk illustration av dessa fördelningar visas i Figur 3.

² Frantzych, H., *Uncertainty and risk analysis in fire safety engineering*, Rapport 1016, Avdelning för Brandteknik, Lunds universitet, 1998.

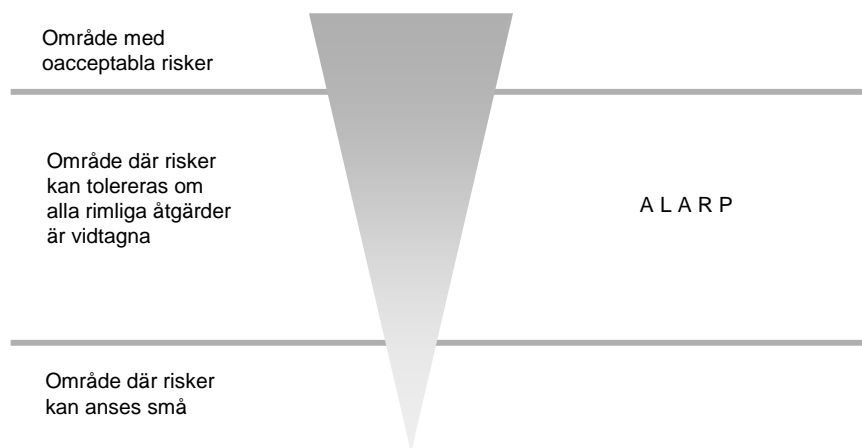


Figur 3 Exempel på normalfördelning, lognormalfördelning och triangel-fördelning.

2 Principer för riskvärdering

2.1 Allmänt

Kriterier för riskvärdering kommer att användas för att avgöra om risknivån är acceptabel eller inte. Acceptanskriterierna uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med en given konsekvens skall inträffa. Risker kan delas in i tre kategorier. De kan anses vara acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla. Figur 4 nedan beskriver principen för riskvärdering³.



Figur 4 Princip för uppbyggnad av riskvärderingskriterier.

Om en risk anses vara acceptabel med restriktioner innebär det att man befinner sig i ett område som vanlig benämns "ALARP", vilket är en förkortning av "As Low As Reasonable Practicably". Befinner sig risken för en olycka inom detta område bör riskerna reduceras så mycket som är möjligt utifrån samhällsekonomiska och praktiskt perspektiv. Konkret innebär det en kombination av olika riskreducerande åtgärder som t.ex. separering (avstånd till transportleden), differentierad bebyggelse, hastighetsbegränsning och vägutformning. Värdering av risker har sin grund i hur man upplever riskerna. Som allmänna utgångspunkter för värdering av risk har följande fyra principer blivit mer eller mindre vedertagna nationellt sett:

1. *Rimlighetsprincipen*: Om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk skall detta göras.
2. *Proportionalitetsprincipen*: En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.
3. *Fördelningsprincipen*: Riskerna bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.
4. *Principen om undvikande av katastrofer*: Om risker realiserats bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

³ Davidsson, G., Lindgren, M., Mett, L., *Värdering av risk*. (SRV FoU rapport P21-182/97). Karlstad: Räddningsverket, 1997.

Inom ramen för detta projekt kommer endast riskmättet "individrisk" användas för att illustrera riskens storlek och avgöra om den är acceptabel eller inte. Individrisken definieras som sannolikhet för en person att omkomma om denna står oskyddad på samma plats under ett år och utsätter sig för verkningarna av en olycka med farligt gods, utan att vidta några åtgärder.

Individrisken är ett teoretiskt mått med en relativt enkel beräkningsgång som används för att kunna uppskatta riskens storlek. Det är summan av alla skadeverkningar per år som räknas. Det är alltså nödvändigt att summera riskbidraget från alla möjliga olyckor relaterat till farligt gods såsom bränder, explosioner och utsläpp av giftiga gaser eller frätande ämnen.

Notera att individriskmättet oftast kompletteras med ytterligare ett riskmått som, vanligen benämnt "samhällsrisk" eller "kollektiv risk". Samhällsriskens används för att uppskatta de faktiska konsekvenserna (läs dödsfall) vid olyckor. När samhällsriskens beräknas krävs detaljerad information om antalet människor i området, deras fördelning över dygnet, om de är inomhus eller utomhus, samt vilka skyddsåtgärder som finns i syfte att minska skadeverkningarna av en olycka. Dessa förutsättningar är inte kända i dagsläget och samhällsriskens kontrolleras i stället genom att tolererar olika nivåer på individrisken för olika verksamheter, se avsnitt 2.5. Riktigheten i ansatsen kontrolleras med en beräkning av den samhällsrisk som föreslaget ger, vilken finns redovisad i avsnitt 8.4.

2.2 Omvärldsanalys

Flera länder i Europa har i större eller mindre omfattning satt upp kriterier för värdering av risk⁴, där bland Storbritannien och Nederländerna. I båda dessa länder används en individrisk på 10^{-6} per år som ett mått på acceptabel risk. I Storbritannien kan risker i intervallet 10^{-4} till 10^{-6} per år accepteras efter tillämpning av ALARP-principen (se avsnitt 2.1).

2.3 Riskkriterier i Sverige

DNV genomförde på uppdrag av Räddningsverket en studie kallad "Värdering av risk" i vilken förslag till riskvärderingskriterier presenteras. Dessa kriterier har också föreslagits utgöra riktlinjer för riskvärdering i bl.a. Malmö⁵ och Stockholm⁶. De kriterier som föreslås gäller för såväl transport av farligt gods som samhällsplaneringen i övrigt:

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

⁴ Christou, M.D. et al., *The control of major accident hazards: The land-use planning issue*, 1999.

⁵ Skyddsavdelningen Malmö Brandkår, *Riskhanteringsmodell för etablering vid Yttre Ringvägen*, 2000.

⁶ Stockholms Brandförsvär, *Riskanalyser i detaljplaneprocessen – Utredning för Stockholms stad*, remissutgåva 2001.

2.4 Länsstyrelsen i Skånes riktlinjer (RIKTSAM)

I Länsstyrelsens riktlinjer för bebyggelseplanering intill rekommenderade färdvägar för transport av farligt gods i Skåne⁷ ges följande indelning i zoner (se även Figur 1):

- 0-30 m *Bebyggelsefritt (zon A)*. Individrisknivån överstiger 10^{-5} i en robust modell. Ett av skyddsavstånd på 30 m ger en markant minskning av samhällsrisk. I denna zon är lämplig markanvändning exempelvis parkering, trafik, odling, friluftsområde eller tekniska anläggningar.
- 30-70 m *Mindre känslig bebyggelse (zon B)*. Individrisknivån är i intervallet 10^{-5} – 10^{-6} i en robust modell. Exempel på lämplig markanvändning är handel (< 3000 m²), industri, bilservice och lager.
- 70-150 m *Bebyggelse med normal känslighet (zon C)*. Individrisknivån är i intervallet 10^{-6} – 10^{-7} i en robust modell. Exempel på lämplig markanvändning är småhusbebyggelse, övrig handel, kontor i ett plan, dock ej hotell, idrotts- och sportanläggningar utan betydande åskådarplats, centrum och kultur.
- > 150 m *Känslig bebyggelse (zon D)*. På detta avstånd understiger individrisknivån 10^{-7} i en robust modell. På detta avstånd finns inga begränsningar i markanvändningen. Lämplig markanvändning är flerbostadshus i flera plan, kontor i flera plan, inkl. hotell, vård, skola och idrotts- och sportanläggningar med betydande åskådarplats.

Ovanstående zonindelning baseras i stort på kriterier för individrisk samtidigt som det i Länsstyrelsens riktlinjer visas att samhällsrisk inte överskrider tillämpbara acceptanskriterier. Beräkningar av samhällsrisk i Länsstyrelsens riktlinjer har gjorts för persontätheter motsvarande en befolkningstäthet på 1 000 personer/km² i intervallet 30-70 m samt 4 000 personer/km² på avstånd större än 70 m.

Det finns några motsägelser i vilka verksamheter som tillåts i resp. zon enligt Länsstyrelsens riktlinjer. Exempelvis anses kontor i två plan ha ett större skyddsvärde än småhusbebyggelse eller centrumbebyggelse, vilka båda kan omfatta fler våningsplan och människor med ett större skyddsbehov. I förslaget till acceptanskriterier för Helsingborgs stad, vilka redovisas i avsnitt 2.5) ges en mer preciserad definition på bebyggelsens känslighet.

⁷ Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

2.5 Förslag till acceptanskriterier i Helsingborgs stad

Vid utarbetandet av riktlinjerna har skillnad gjorts på olika markanvändning och nedanstående faktorer har utgjort grunden:

- ♦ Antal personer i en byggnad/ ett område. Större antal personer innebär att samhällsrisken är större.
- ♦ Persontätheten i en byggnad/ ett område. Många personer på samma plats innebär större sannolikhet för ett stort skadeutfall. Indirekt ger ökad persontäthet ett större antal personer.
- ♦ Satus på personer (vakna/sovande). Vakna personer har bättre möjlighet att inse fara och att påverka sin säkerhet.
- ♦ Förmåga att inse fara och möjlighet att själv påverka sin säkerhet. "Rätt" ålder och full rörlighet ger bättre möjligheter att påverka sin situation.
- ♦ Kännedom om byggnader och område. Kunskap om byggnader och område ger en större trygghet och möjlighet att agera än i okända byggnader eller område.

Grundnivån för acceptabel individrisk föreslås vara 10^{-6} per år. Med hänsyn till de faktorer som redovisas ovan tillåts denna sedan variera mellan 10^{-5} och 10^{-7} per år, enligt nedanstående förslag.

2.5.1 Individrisk $> 10^{-5}$ per år – Okänslig bebyggelse

Alldeles intill transportleden för farligt gods kan okänslig bebyggelse placeras. Exempel på sådan bebyggelse är ytparkering, odling, friluftsområde (t.ex. motionsspår) och tekniska anläggningar (som ej orsakar skada på avåkande fordon).

2.5.2 Individrisk $< 10^{-5}$ per år – Mindre känslig bebyggelse

I en zon där individrisken inte överstiger 10^{-5} per år ska markanvändning regleras på ett sätt som innebär en bebyggelse med få personer och där personerna är vakna. Exempel på verksamheter är småindustri, kontor (i ett plan) och lager (även med mindre handelsverksamhet).

2.5.3 Individrisk $< 10^{-6}$ per år – Normalkänslig bebyggelse

I en zon där individrisken inte överstiger 10^{-6} per år kan de flesta bebyggelsetyper (inklusive boende) kan förläggas utan ytterligare skyddsåtgärder. Undantaget är sådana verksamheter som omfattar många personer eller utsatta personer. Exempel på markanvändning är boende och hotell, kontor och handel (i ett plan och med max 3 000 m²), vissa mindre serviceinrättningar och publika lokaler.

2.5.4 Individrisk < 10^{-7} per år – Känslig bebyggelse

Verksamheter som inrymmer många personer eller utsatta personer bör placeras i den zon där individrisken inte överstiger 10^{-7} per år. Således kan all sorts markanvändning tänkas utan särskilda åtgärder i denna zon.

Exempel på tillkommande verksamheter är vårdanläggningar, skolor, idrottsarenor, teatrar och andra publika lokaler för många personer (fler än 500 personer), handel (i flera plan eller med mer än 3 000 m²).

2.6 Jämförelser med andra olycksrisker i samhället

IPS⁸ har i sin publikation "Tolerabel risk inom kemikaliehanterande verksamheter" sammanställt några risker att omkomma i samhället. Nedanstående text är hämtad från denna publikation.

Risken att omkomma är 100 %, vilket kan uttryckas som att sannolikheten att dö för varje människa är 1. Om man lever i 100 år blir den genomsnittliga sannolikheten varje år 1/100 dvs. 1 %. Under livet är enligt statistiken risken att dö lägst vid 7-års ålder och uppgår då till sannolikheten 0,0001 per år, dvs. 10^{-4} per år.

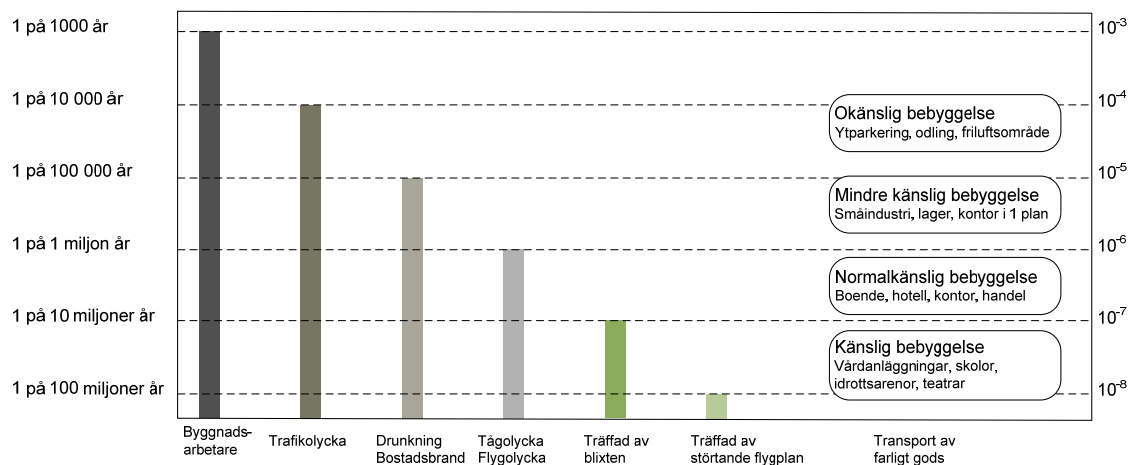
- ♦ Risken att omkomma genom olyckshändelse i Sverige är:
 - För män: $4 \cdot 10^{-4}$ per år.
 - För kvinnor: $3 \cdot 10^{-4}$ per år.
- ♦ Risken att omkomma i arbetsolycka i Sverige är:
 - För män: $2 \cdot 10^{-5}$ per år.
 - För kvinnor: $2 \cdot 10^{-6}$ per år.

Risken att omkomma i byggnadsbränder⁹ är också i storleksordningen $2 \cdot 10^{-5}$ per år och sannolikheten att omkomma efter att ha blivit träffad av blixten är c:a $4 \cdot 10^{-7}$ per år. I Figur 5 görs en jämförelse mellan olika individrisker i samhället och de individrisker vid transport av farligt gods som rekommenderas i denna rapport.

⁸ Intresseföreningen för Processäkerhet.

⁹ Nystedt, F., *Deaths in Residential Fires - an Analysis of Appropriate Fire Safety Measures*, report 1026, Department of Fire Safety engineering, Lund University, 2003.

Sannolikhet att omkomma i en olyckshändelse

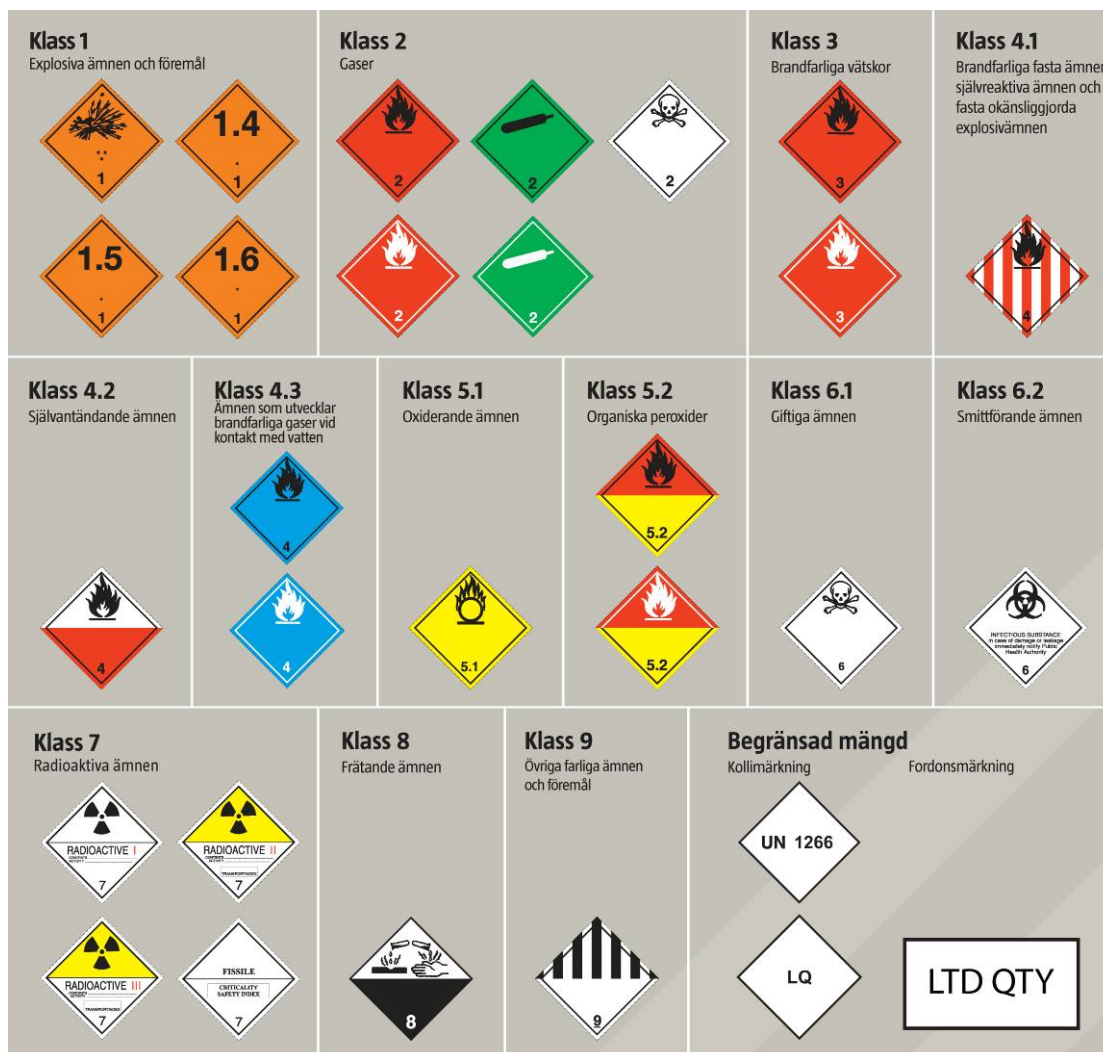


Figur 5 Jämförelse mellan olika individrisker i samhället och individrisker vid transport av farligt gods, enligt förslag i denna rapport.

3 Kartläggning av transporter av farligt gods i Helsingborg

3.1.1 Transportklasser (ADR/RID)

Transport av farligt gods på land regleras i ADR¹⁰ för vägtransport och i RID¹¹ för transport på järnväg. I ADR/RID delas farligt gods in i klasser beroende på vilka farliga egenskaper som ämnet har. I Figur 6 visas klassindelningen och märkningen.



Figur 6 Indelning av farligt gods i ADR/RID-klasser¹².

¹⁰ ADR är europeiska föreskrifter för transport av farligt gods på landsväg. Den svenska versionen av regelverket heter ADR-S (MSBFS 2009:2).

¹¹ RID är europeiska föreskrifter för transport av farligt gods på Järnväg. I Sverige används den nationella anpassningen RID-S (MSBFS 2009:3).

¹² Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, publikationsnummer. 0116-09, 2009.

3.1.2 Nationell statistik på väg

SIKA (Statens institut för kommunikationsanalys) publicerar återkommande en nationell sammanställning¹³ av transporterat farligt gods på väg, vilken återges i Tabell 1.

Tabell 1 Sammanställning av nationell statistik för transport av farligt gods på väg. Statistiken är inte fullständig då data saknas för ADR-klass 4 och 6.

ADR-klass	Godsmängd (1 000 ton)	Antal transporter (1 000-tal)	Vikt per transport
1	50	8	6,5
2	655	41	15,9
3	8546	525	16,3
4	-	-	-
5	560	17	33,1
6	-	-	-
8	8597	27	31,8
9	466	14	34,5

Data i Tabell 1 avseende vikt per transport kommer att användas för att omvandla transportmängderna (ton/år) i avsnitt 3.2 till antal fordon per år.

3.2 Transport av farligt gods på Hamnleden

Helsingborgs stad har tagit fram underlag för att kunna uppskatta antalet transporter av farligt gods genom att samla in uppgifter från de olika mottagarna och avsändarna av farligt gods i området. I Tabell 2 redovisas antal ton farligt gods som transporterats till och från området under år 2009. Totalt uppskattas att 933 000 ton farligt gods transporteras på hamnleden i 35 600 fordon.

Tabell 2 Transport av farligt gods på väg år 2009.

ADR-klass	Antal ton	Antal transporter	Andel ¹⁴
1	6555	1008	2,8 %
2	43822	2756	7,7 %
3	143209	8786	24,7 %
4	12530	369	1,0 %
5	107326	3242	9,1 %
6	2187	75	0,2 %
7	197	28	0,1 %
8	600886	18896	53,0 %
9	16214	470	1,3 %

¹³ Lastbilstrafik år 2008. rapport 2009:12, Statens institut för kommunikationsanalys, 2009.

¹⁴ Andelen beräknas utifrån antalet fordon.

Förstudien för Hamnleden redovisar fyra alternativa dragningar, där en av skillnaderna är i vilken punkt som trafiken till Kemira avlämnas. Då Kemira står för ca 51 % av det totala antalet transporter på väg kommer riskanalysen att beakta två olika alternativ – Hamnled inkl. Kemira samt Hamnled exkl. Kemira, se Tabell 3.

Tabell 3 Uppdelning av farligt gods i ADR-klass inklusive resp. exklusive transporter till Kemira.

ADR-klass	Andel inkl. Kemira	Andel exkl. Kemira
1	2,8 %	5,8 %
2	7,7 %	14,5 %
3	24,7 %	50,8 %
4	1,0 %	0,1 %
5	9,1 %	5,1 %
6	0,2 %	0,4 %
7	0,1 %	0,2 %
8	53,0 %	20,3 %
9	1,3 %	2,7 %
Totalt antal fordon:	35631	17279

Utöver den generella uppdelningen i olika ADR-klasser krävs kännedom om fördelningar inom resp. ADR-klass för att kunna göra korrekta beräkningar av risken. Exempelvis omfattar ADR-klass 2 "gaser", vilka kan vara ofarliga, brandfarliga eller giftiga. Likaså spelar det stor roll vilken av underklasserna 1.1-1.3 eller 1.4 då 1.4 inte kan ge upphov till ska som explosivämnen i ADR-klass 1 tillhör. Genom djupanalyser av det material som Helsingborgs stad samlat in har det varit möjligt att göra sammanställning i Tabell 4. För att förstå den indelning som görs i Tabell 4 krävs att avsnitt 4.1.2 studeras.

Tabell 4 Uppdelning av farligt gods på väg inom resp. ADR-klass. Klass 4, 7, 8 och 9 redovisas inte i tabellen då det inte finns någon uppdelning i underklasser inom dessa huvudklasser.

ADR-klass	Underklass	Andel inom ADR-klass (inkl. Kemira)	Andel inom ADR-klass (exkl. Kemira)
1	Explosivt	90 %	90 %
	Övrigt ¹⁵	10 %	10 %
2	Giftigt	33 %	11 %
	Brandfarligt	5 %	7 %
	Övrigt ¹⁵	62 %	82 %
3	Brandfarligt, ej giftigt	41 %	41 %
	Brandfarligt och giftigt	1 %	1 %
	Övrigt ¹⁵	58 %	58 %

¹⁵ Underklassen "Övrigt" betecknar farligt gods som inte kan utgöra en fara för omgivningen.

Tabell 4 Uppdelning av farligt gods på väg inom resp. ADR-klass. Klass 4, 7, 8 och 9 redovisas inte i tabellen då det inte finns någon uppdelning i underklasser inom dessa huvudklasser. (forts.)

ADR-klass	Underklass	Andel inom ADR-klass (inkl. Kemira)	Andel inom ADR-klass (exkl. Kemira)
5	Explosivt	2 %	7 %
	Övrigt ¹⁶	98 %	93 %
6	Flytande	23 %	23 %
	Övrigt ¹⁶	77 %	77 %

3.3 Transport av farligt gods på väg E6

Transporter av farligt gods på väg E6 när denna passerar Helsingborg är inte lika väl kartlagda som transporter som sker på Hamnleden (se avsnitt 3.2). Anledningen till detta är att väg E6 har en stor del genomfartstrafik. Hamnarna i Ystad, Trelleborg och Malmö ger upphov till en stor del av dessa transporter. I Länsstyrelsens riktlinjer¹⁷ anges en transportintensitet vid trafikplats Kropp på c:a 80 fordon lastade med farligt gods per dag, vilket motsvarar c:a 29 000 fordon per dygn. Det finns anledning att revidera denna uppgift, vilket görs genom att studera transportstatistik och justera för ökat antal transporter.

Räddningsverket (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) har genomfört en kartläggning av flöden av farligt gods under det 4:e kvartalet 1998. Räddningsverket redovisar mängden farligt gods i ett intervall, exempelvis 50 000-100 000 ton och i Tabell 3 har detta intervall omräknats¹⁸ till antalet fordon per år för år 2010. Utvecklingen av godstrafiken från år 1990 och framåt finns redovisad i avsnitt 5.1.1 och där framgår att godstransporterna har ökat med c:a 20 % från 1998 till 2010.

Tabell 5 Antal fordon som medför farligt gods på väg E6 vid Helsingborg.

Klass	Antal fordon	Andel i ADR-klass
ADR1	300	0,8%
ADR2	2 100	6,0 %
ADR3	29 600	83,3 %
ADR4	100	0,3 %
ADR5	150	0,4 %
ADR6	150	0,4 %
ADR8	2 900	8,1 %
ADR9	230	0,7 %
Totalt antal:	≈ 35 500	100 %

¹⁶ Underklassen "Övrigt" betecknar farligt gods som inte kan utgöra en fara för omgivningen.

¹⁷ Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

¹⁸ Omräkningen görs med kännedom om en medelvikt per fordon redovisad i Tabell 1.

Det finns inga specifika uppgifter om fördelningen inom resp. ADR-klass, dvs. uppdelningen i andel giftiga och brandfarliga gaser i ADR-klass 2, osv. Därför används den data som finns framtagna för Hamnleden (se Tabell 4).

3.4 Transport av farligt gods på järnväg

Aktuella transporter av farligt gods på järnväg sker dels till/från Helsingborgs hamn och Kemira via Hamnspåret, samt till/från rangerbangården. Skånebanan används för transport av farligt gods till och från Västkustbanan.

3.4.1 Rangerbangården

Banverket¹⁹ har bidragit med uppgifter om hantering av farligt gods på rangerbangården. Inom rangerbangården hanteras totalt ca 66 000 vagnar varje år. Av dessa är ca 6 % vagnar lastade med farligt gods med en fördelning i RID-klasser enligt Tabell 6 nedan:

Tabell 6 Antal vagnar med farligt gods på rangerbangården.

RID-klass	Antal vagnar	Andel
1	-	-
2	1392	35 %
3	96	2 %
4	52	2 %
5	1056	26 %
6	92	2 %
7	-	-
8	1208	30 %
9	64	1,5 %
Totalt:	3960	100 %

Banverkets uppgifter är inte fullständiga när det gäller uppdelningen inom resp. RID-klass. Därför har det i vissa fall varit nödvändigt att anta att den fördelning som gäller på Hamnspåret (se avsnitt 3.4.2) också gäller på rangerbangården. I Tabell 7 redovisas sammanställningen.

Tabell 7 Uppdelning av farligt gods på väg inom resp. RID-klass på rangerbangården.

RID-klass	Underklass	Andel inom RID-klass
2	Giftigt	100 %
	Övrigt	0 %
3	Brandfarligt, ej giftigt	25 %
	Brandfarligt och giftigt	0 %
	Övrigt	75 %

¹⁹ Banverket, *Risikanalyt Helsingborgs rangerbangård*, prel. rapport, daterad 2009-06-05.

Tabell 7 Uppdelning av farligt gods på väg inom resp. RID-klass på rangerbangården. (forts.)

RID-klass	Underklass	Andel inom RID-klass
5	Explosivt	4 %
	Övrigt	96 %
6	Flytande	0 %
	Övrigt	100 %

3.4.2 Hamnspåret

På Hamnspåret sker transporter i huvudsak transporter till/från Helsingborgs hamn och till Kemira. I Tabell 8 redovisas antal vagnar med farligt gods som transporterats på Hamnspåret uppdelat i resp. RID-klass.

Tabell 8 Antal vagnar med farligt gods på Hamnspåret.

RID-klass	Antal vagnar	Andel
1	34	0,8 %
2	437	10,7 %
3	46	1,1 %
4	252	6,1 %
5	547	13,4 %
6	5	0,1 %
7	0	0,0 %
8	2750	67,2 %
9	22	0,5 %
Totalt:	4093	100 %

Precis som för vägtransport (se avsnitt 3.2) så utgör transporter till Kemira en stor andel, c:a 78 %. I Tabell 9 visas uppdelningen inom resp. RID-klass för transport på Hamnspåret.

Tabell 9 Uppdelning av farligt gods på Hamnspåret inom resp. RID-klass.

ADR-klass	Underklass	Andel inom RID-klass
1	Explosivt	90 %
	Övrigt	10 %
2	Giftigt	55 %
	Brandfarligt	1 %
	Övrigt	44 %
3	Brandfarligt, ej giftigt	25 %
	Brandfarligt och giftigt	0 %
	Övrigt	75 %
5	Explosivt	3 %
	Övrigt	97 %
6	Flytande	0,1 %
	Övrigt	99,9 %

3.4.3 Skånebanan

Skånebanan trafikeras av 17 godståg per dygn²⁰, varav en del medför farligt gods. Det är inte tillåtet att transportera farligt gods på Västkustbanan när den passerar centrala Helsingborg, utan dessa transporter går via Skånebanan mot Åstorp och vidare norrut. Trafik som kommer på söderifrån behöver inte passera via Helsingborg för att nå Västkustbanan. Därmed är det möjligt att dra slutsatsen att Skånebanan i huvudsak trafikeras av godståg som ska till/från Helsingborgs hamn eller rangerbangården.

Det finns inga specifika data tillgängliga över antalet transporter med farligt gods på Skånebanan. Däremot kan man utifrån den ovan beskrivna infrastrukturen göra en bedömning baserad på de transporter som sker på Hamnspåret och via rangerbangården. Avsnitt 3.4.1 och 3.4.2 redovisar ungefär lika stort antal vagnar med farligt gods på Hamnspåret och rangerbangården. Fördelningen av farligt gods i olika klasser (se Tabell 10) beräknas som medelvärde av andelarna i resp. RID-klass redovisade i Tabell 6 och Tabell 8.

Tabell 10 Antal vagnar med farligt gods på Skånebanan.

RID-klass	Andel
1	0,4 %
2	23,1 %
3	1,6 %
4	4,1 %
5	19,9 %
6	1,1 %
7	0,0 %
8	48,8 %
9	1,0 %
Totalt:	100 %

På liknande sätt beräknas uppdelningen inom resp. RID-klass.

Tabell 11 Uppdelning av farligt gods på Skånebanan inom resp. RID-klass.

ADR-klass	Underklass	Andel inom RID-klass
1	Explosivt	90 %
	Övrigt	10 %
2	Giftigt	89,2 %
	Brandfarligt	0,2 %
	Övrigt	10,6 %
3	Brandfarligt, ej giftigt	25,4 %
	Brandfarligt och giftigt	0 %
	Övrigt	74,6 %

²⁰ Data från Banverkets förstudie om "Mötesspår Skånebanan Ramlösa" daterad 2010-03-05.

Tabell 11 Uppdelning av farligt gods på Skånebanan inom resp. RID-klass.(forts.)

ADR-klass	Underklass	Andel inom RID-klass
5	Explosivt	3,6 %
	Övrigt	96,4 %
6	Flytande	0,005 %
	Övrigt	99,995 %

4 Konsekvenser av olyckor med farligt gods

4.1 Scenarier vid transport av farligt gods

4.1.1 Möjliga olyckor

Det flesta olyckor med farligt gods inblandat är i grunden trafikolyckor och åtgärder för att förbättra trafiksäkerheten medverkar därför också till att minska risken för en olycka med farligt gods. De huvudsakliga riskkällorna vid transport av farligt gods utgörs av dem som kan leda till en eller flera av följande fyra konsekvenser; brand, explosion och utsläpp av giftiga och frätande kemikalier.

Farligt gods utgörs av flera olika ämnen vars fysikaliska och kemiska egenskaper varierar. Vid ett utsläpp kommer olika typer av konsekvenser inträffa beroende av ämnets egenskaper. Principiellt kan en indelning ske i massexplösiva ämnen, giftiga kondenserade gaser, brandfarliga kondenserade gaser, giftiga vätskor, brandfarliga vätskor och frätande vätskor.

Massexplösiva ämnen kan detonera vid olyckor och transport. Skadeverkan är en blandning av strålnings- och tryckskador. Tryckkondenserade gaser är lagrade under tryck i vätskeform. Vid utströmning kommer en del av vätskan att förångas och övergå i gasform. Utströmningen ger upphov till ett gasmoln som driver i väg med vinden. Vätskor som strömmar ut breder ut sig på marken och bildar vätskepölar. Beroende av vätskans flyktighet kommer avdunstningen att gå olika fort.

Brand och explosion kan uppstå sekundärt efter ett utsläpp av brandfarlig gas eller vätska. Antänds en vätskepöl uppstår en pölbrand och om en gas antänds direkt vid utsläppskällan uppstår en jetflamma. Vid utströmning av brandfarlig gas används ofta termerna UVCE²¹ och BLEVE²². UVCE inträffar om ett gasmoln antänds på ett längre avstånd från utsläppskällan och BLEVE är ett resultat av att en pga. värmepåverkan kokande vätska (tryckkondenserad gas) släpps ut momentant från en bristande tank och exploderar med stor kraft. En BLEVE är att beakta som en sekundär konsekvens av en farligt gods olycka då den kräver en kraftig uppvärmning till följd av en brand för att överhuvudtaget kunna inträffa

Ovanstående konsekvenser kan härledas till farligt gods i ADR/RID-klass 1, 2, 3, 6 och 8. Brandfarliga fasta ämnen i ADR/RID-klass 4, oxiderande ämnen och organiska peroxider i ADR/RID-klass 5, radioaktiva ämnen i ADR/RID-klass 7 och övriga ämnens i klass 9 utgör normalt ingen fara för omgivningen då konsekvenserna koncentreras till fordonets närhet. Det finns naturligtvis undantag, t ex kan oxiderande organiska peroxider (klass 5) som blandas med brandfarliga vätskor (klass 3) orsaka explosioner. Föroreningar i en tank med väteperoxid (klass 5) kan orsaka ett skenande sönderfall med en tanksprängning som följd.

²¹ Unconfined Vapour Cloud Explosion.

²² Boiling Liquid Vapour Cloud Explosion.

4.1.2 Val av olycksscenarier

Vid transport av farligt gods utgör nedanstående olycksförlopp troliga olycksscenarier:

- ♦ Detonation av *massexplosiva ämnen* som ger tryckverkan och brännskador.
- ♦ Utsläpp och antändning av kondenserad *brännbar gas* som kan ge upphov till BLEVE, gasmolnexplosion, gasmolnsbrand och jetflamma, vilket leder till brännskador och i vissa fall även tryckpåverkan.
- ♦ Utsläpp av kondenserad *giftig gas* som ger förgiftning vid inandning.
- ♦ Utsläpp och antändning av mycket *brandfarliga vätskor* vilka ger pölbrand med efterföljande brännskador.
- ♦ Detonation till följd av blandning av *oxiderande ämne* med drivmedel.
- ♦ Utsläpp av *giftiga vätskor* som ger förgiftning vid inandning när de driver iväg som gasmoln.
- ♦ Utsläpp av *frätande vätskor*, vilka ger frätskador vid hudkontakt.

Sannolikheten för läckage kommer att bedömas med utgångspunkt i hastighet och typ av tank. Generellt gäller att tjockväggiga tankar har en sannolikhet för läckage som är en trettiondel (1/30) av den för tunnväggiga tankar²³.

4.2 Beräkning av konsekvenser

I detta avsnitt redovisas de modeller som använts beräkning av olyckornas konsekvenser.

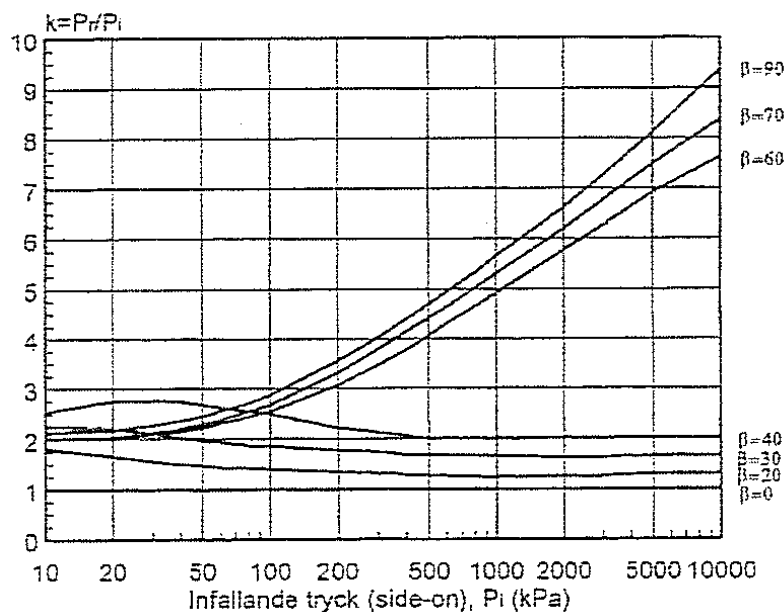
4.2.1 Detonation

Beräkning av tryckverkan vid detonation av explosivämne i ADR/RID-klass 1 och ADR/RID-klass 5 utförs enligt nedanstående metodik²⁴:

- ♦ Inledningsvis beräknas laddningsvikten, vilken är en statistisk fördelning relaterat till förekommande transporter av farligt gods.
- ♦ Det skalade avståndet ($r/Q^{1/3}$) beräknas där r är avståndet till laddingen och Q är den omräknade laddningsvikten.
- ♦ Med hjälp av information i Figur 7 kan det infallande fria trycket på ett givet avstånd beräknas. Det fria trycket används sedan för att uppskatta skador på människor och egendom.

²³ Räddningsverket, *Farligt gods – riskbedömning vid transport*, B20-194/96, Karlstad, 1996.

²⁴ Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1997.



Figur 7 Maximalt övertryck respektive kvot mellan reflekterat- och infallande tryck²⁵.

4.2.2 Avdunstning

Massflödet vid avdunstning behöver bedömas för att kunna uppskatta effekterna av spridning i luft vid utsläpp av giftig brandfarlig vätska i ADR/RID-klass 3. Massflödet beror på karakteristiska för utsläppt ämne (ångtryck, densitet, molekylvikt), vind och temperatur samt utsläppets area.

Beräkningen av massflödet görs genom att utnyttja det dimensionslösa masstransporttalet B med ekvationer²⁶ enligt nedan. Traditionellt används alternativa metoder inom andra ingenjörscienser, men jämförande beräkningar visar att de olika metoderna överensstämmer väl²⁶.

$$Y_{FW} = \frac{1}{\left[1 + \left[\left(\frac{p}{p_F}\right) - 1\right] \left(\frac{M_{luft}}{M_F}\right)\right]} \quad [4.1]$$

$$B = \frac{(Y_{Fz} - Y_{FW})}{(Y_{FW} - Y_{FR})} \quad [4.2]$$

$$Re = u \cdot D_{eq} / \nu \quad [4.3]$$

$$Nu = 0,037 \cdot Re^{4/5} \cdot Pr_{luft}^{1/3} \quad [4.4]$$

$$h = Nu \cdot k_{luft} / D_{eq} \quad [4.5]$$

²⁵ Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Forsvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1997.

²⁶ Andersson, B., *Introduktion till konsekvensberäkningar, några förenklade typfall*, Institutionen för Brandteknik, Lunds universitet, Lund, 1992.

$$Q'' = \frac{(h / C_{P_{\text{luft}}}) \cdot \ln(1 + B)}{1000} \quad [4.6]$$

$$Q = Q'' \cdot A \quad [4.7]$$

$$D_{eq} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad [4.8]$$

där

Y_{FW}	= Massfraktion bränsle vid ytan i gasfas.
$Y_{F\infty}$	= Massfraktion bränsle i luften ovanför bränsleytan.
Y_{FR}	= Massfraktion bränsle i vätskefölen.
p	= Lufttryck = 101,3 kPa.
p_F	= Ångtryck för bränsle i kPa.
M_{luft}	= Molekylvikt för luft = 28,85 g/mol.
M_F	= Molekylvikt för bränsle i g/mol.
B	= Dimensionslöst masstransporttal.
Re	= Reynolds tal, dimensionslöst.
Nu	= Nusselts tal, dimensionslöst.
Pr_{luft}	= Prandtls tal för luft, dimensionslöst = 0,71.
u	= Vindhastighet, m/s.
D	= Pölens ekvivalenta diameter, m.
A	= Pölens area, m
ν	= Kinematisk viskositet för luft = $15,08 \cdot 10^{-6}$ m ² /s.
h	= Konvektivt värmeövergångstal, W/m ² K.
k_{luft}	= Konduktivitet för luft = 0,02568 W/mK.
Q''	= Massflöde från ytan, kg/m ² s.
Q	= Massflöde från ytan, kg/s.
$C_{P_{\text{luft}}}$	= Värmekapacitet för luft = 1 J/gK.

Efter att massflödet från ytan har beräknats uppskattas den totala förångningshastigheten med kännedom om pölens yta. Det är även möjligt att beräkna hur lång tid det tar för hela pölen att förångas. Förångningshastigheten (massflödet) används sedan som indata till spridningsmodellen.

4.2.3 Utströmning av gas (i vätskefas)

Vid utsläpp av tryckkondenserade gaser krävs kännedom om källstyrka (kg/s) och den initiala spridningsmodellen vilken är en s.k. turbulent jet (fri cirkulär jet i medvind).

$$Q = C_d A \sqrt{\frac{2(P_0 - P_a)}{\rho_f}} \quad [4.9]$$

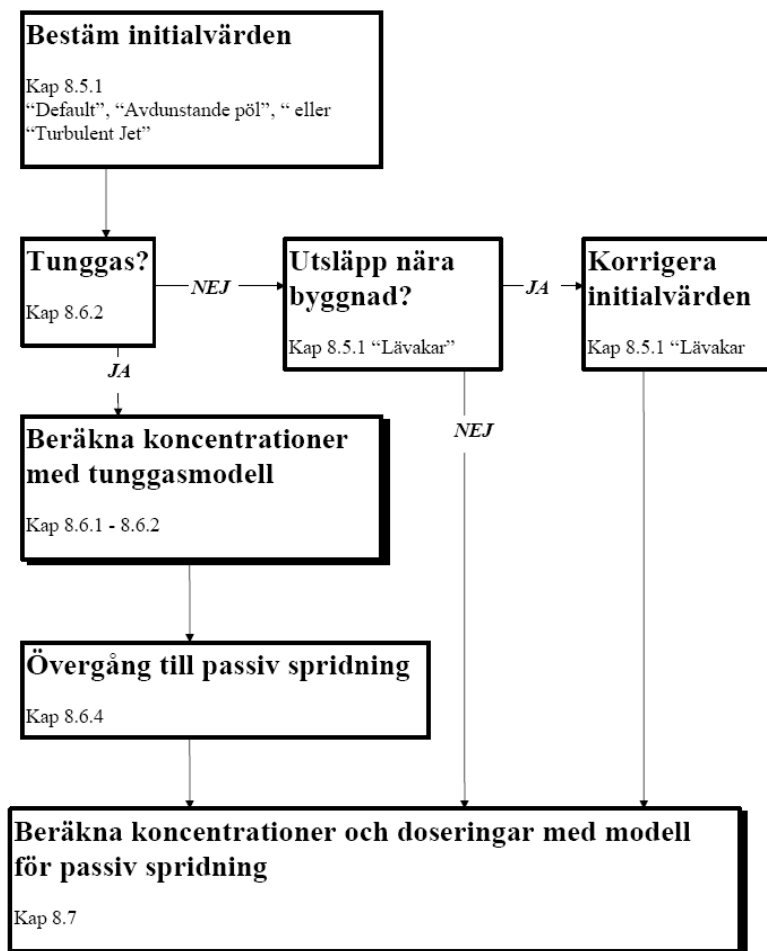
$$F = \frac{Q^2 \rho_f}{C_d A} \quad [4.10]$$

där

Q	= Massflödet, kg/s.
C_d	= Kontraktionsfaktor för vätskeutströmning.
A	= Hålstorlek, m ² .
P_0	= Tanktryck, Pa.
P_a	= Atmosfärstryck, Pa.
v_f	= Specifik volym hos vätskefas, m ³ /kg.
F	= Rörelsemängdsflöde i jetstråle, N.

4.2.4 Spridning i luft

Följande flödesschema²⁷ för utsläpp används för att uppskatta spridning till luft:



Figur 8 Flödesschema²⁷ för kontinuerliga utsläpp

²⁷ Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1997.

4.2.4.1 Källmodell

Källmodellen kan antingen vara modellen för avdunstning i avsnitt 4.2.2 eller modellen för bestämning av källstyrka vid utsläpp av tryckkondenserade gaser i avsnitt 4.2.3.

4.2.4.2 Bestäm initialvärden

Värden för den initiala utspädningsprocessen²⁸ bestäms med följande ekvationer:

Avdunstning

$x = 0$ i pölens uppströmskant

$$\sigma_{y0} = 0,25 \cdot D_{eq} \quad [4.11]$$

$$\sigma_{z0} = 0,05 \cdot D_{eq} \quad [4.12]$$

där

σ_{y0}, σ_{z0} = initiala utspädningskoefficienter i y- resp. z-led.

Tryckkondenserad gas

Utströmning av tryckkondenserad gas sker en s.k. turbulent jet för vilken följande initiala dimensionsmått erhålls:

$$\sigma_{y0} = \sigma_{z0} = 0,44R(x_{tr}) \quad [4.13]$$

4.2.4.3 Tunggas?

Nästa steg blir att avgöra om det finns ett tunggassteg eller inte vid beräkning av koncentrationer. Om tunggassteget inte existerar kan modellen för passiv spridning användas direkt. Tunggaseffekterna är försumbara när molnets tillväxt i sidled nått ner till samma värde som för passiv spridning. Detta kan uttryckas som ett avståndsvillkor för tunggasmodellens giltighet²⁸:

$$x \leq \frac{0,037L_b}{(\sigma'_{yp})^3} - \frac{\sigma_{y0}^{3/2}}{0,35L_b^{1/2}} = x_{\max} \quad [4.14]$$

$$\sigma'_{yp} = \beta \left(\frac{z_0}{z_{03}} \right)^{0,2} \quad [4.15]$$

$$L_b = g \left(1 - \frac{M_{luft}}{M_{F_{eff}}} \right) \cdot \frac{Q}{\rho_a u^3} \quad [4.16]$$

$$M_{F_{eff}} = M_F \left[1 + \frac{c_{p8} (T_a - T_{g0})}{c_{pa} T_a} \right] \quad [4.17]$$

²⁸ Fischer, S. m.fl., *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor. Metoder för bedömning av risker*. Försvarets Forskningsanstalt, Stockholm, 1997.

där

x	= Horisontell koordinat; parallell med vindhastigheten, m.
L_b	= Längdskala för tunggasutsläpp, m.
σ'_{yp}	= dispersionskoefficientderivata för passiv spridning.
β	= 0,08 för stabilitetsklass A-D, 0,06 för klass E och 0,04 för klass F.
z_0	= Skrovlighetslängd (ytråhet), m.
z_{03}	= Referenslängd för skrovlighet (ytråhet) = 0,03 m.
g	= Tyngdacceleration = 9,81 m ² /s.
$M_{F_{eff}}$	= Effektiv molekylvikt hos bränslet efter hänsyn till temperatur innan utsläpp.
T_a	= Lufttemperaturen, K
T_{g0}	= Gasens temperatur före luftinblandning, K

Eftersom gasens temperatur innan inblandning av luft är densamma som efter luftinblandning är $M_{F_{eff}} = M_F$. Tunggasmodellen ska tillämpas i intervallet $0 \leq x \leq x_{max}$, varefter en övergång till modell för passiv spridning ska göras. Om x_{max} är mindre än noll så ska tunggasmodellen överhuvudtaget inte användas.

4.2.4.4 Beräkning av koncentrationer med tunggasmodell

I intervallet $0 \leq x \leq x_{max}$ har plymen en maximal koncentration i vindriktningen enligt nedanstående ekvation.

$$X_{max}(x) = X(x, 0, 0) = \frac{85Q \cdot K_r^{-1} \cdot K_s}{\left(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}}\right)^2 \cdot u} \quad [4.18]$$

$$K_r = \left(\frac{z_0}{z_{01}}\right)^{0,2} \quad [4.19]$$

där

X_{max}	= Maximal koncentration i vindriktningen, kg/m ³ .
K_r	= Korrektionsfaktor för skrovlighet (ytråhet).
K_s	= Korrektionsfaktor för atmosfärsstabilitet.
z_{01}	= Referenslängd för skrovlighet (ytråhet) = 0,01 m.

Plymens bredd- och höjdmått beräknas med följande ekvationer.

$$\sigma_y(x) = \left[\sigma_{y0}^{3/2} + 0,35L_b^{1/2}x\right]^{2/3} \quad [4.20]$$

$$\sigma_z(x) = \frac{\left(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}}\right)^2}{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_y(x)} \quad [4.21]$$

där

$\sigma_y(x)$ = Standardavvikelse för masskoncentration i y-led, m.

$\sigma_z(x)$ = Standardavvikelse för masskoncentration i z-led, m.

4.2.4.5 Övergång till passiv spridning

Vid x_{\max} är inte längre tunggasmodellen tillämpbar. Plymen har då fått standardavvikelser enligt ekvationerna [4.20] och [4.21] med $x = x_{\max}$ och dessa värden på σ_y och σ_z används som initiala värden (σ_{y0} och σ_{z0}) i modellen för passiv spridning.

4.2.4.6 Beräkning av koncentrationer med modell för passiv spridning

För den passiva spridningsfasen rekommenderas en gaussisk spridningsmodell i stället för en mindre realistisk boxmodell. Spridningsmodellen ger koncentrationen av gas på ett givet avstånd från utsläppspunkten med hjälp av nedanstående ekvationer.

$$X(x, y, z) = \frac{Q}{2 \pi \sigma_y \sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2}\right) \quad [4.22]$$

där

$X(x, y, z)$ = Koncentrationen på avståndet x, y och z, kg/m³.

Q = Utsläppets källstyrka, kg/s.

σ_y, σ_z = Dispersionskoefficienter i sid- och höjded

u = Vindhastigheten, m/s.

H = Utsläppets höjd, m

Dispersionskoefficienterna som styr spridning i sid- och höjded beräknas enligt nedan.

$$\sigma_y = \frac{a_y (x + x_{y0})}{(1 + b_y (x + x_{y0}))^{\gamma_y}} K_{rp} K_{yt} \quad [4.23]$$

$$\sigma_z = \frac{a_z (x + x_{z0})}{(1 + b_z (x + x_{z0}))^{\gamma_z}} K_{rp} \quad [4.24]$$

där a , b , och γ är parametrar som beror på rådande stabilitet; x_{y0} och x_{z0} är avstånden till s.k. virtuella källor, dvs. de koordinatförsjutningar som är nödvändiga för att plymen ska få rätt bredd och höjd initialt. K_{rp} anger en korrigering för underlagets skrovlighet och K_{yt} för samplingstidens (medelvärdesbildningstidens) påverkan på den horisontella spridningen. För bebyggt område är $K_{rp} = 1$ och K_{yt} antar ett värde på 1,0 då den önskade medelvärdesbildningstiden är densamma som medelvärdetiden (500 s).

Stabilitet	a_y	b_y	γ_y	a_z	b_z	γ_z
A	0,32	0,0004	0,5	0,24	0,001	-0,5
B	0,32	0,0004	0,5	0,24	0,001	-0,5
C	0,22	0,0004	0,5	0,20	0	0
D	0,16	0,0004	0,5	0,14	0,0003	0,5
E	0,11	0,0004	0,5	0,08	0,0015	0,5
F	0,11	0,0004	0,5	0,08	0,0015	0,5

Nedanstående ekvationer används för beräkning av x_{y0} och x_{z0} .

$$x_{y0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp}K_{yt}}\right)^2 b_y + \frac{\sigma_{y0}}{K_{rp}K_{yt}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp}K_{yt}}\right)^2 b_y^2 + 4a_y^2}}{2a_y^2} \quad \text{för } \gamma_y = 0,5 \quad [4.25]$$

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)}{a_z - b_z \left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)} \quad \text{för } \gamma_z = 1 \quad [4.26]$$

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)^2 b_z + \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)^2 b_z^2 + 4a_z^2}}{2a_z^2} \quad \text{för } \gamma_z = 0,5 \quad [4.27]$$

$$x_{z0} = \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}a_z} \quad \text{för } \gamma_z = 0 \quad [4.28]$$

$$x_{z0} = \frac{\sqrt{1 + \frac{4\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}(\sqrt{2}-1)b_z}{a_z} - 1}}{2(\sqrt{2}-1)b_z} \quad \text{för } \gamma_z = -0,5 \quad [4.29]$$

σ_{y0} och σ_{z0} är de initiala dispersionskoefficienterna, vilka väljs utifrån riktlinjerna i avsnitt 4.2.4.2

4.2.5 BLEVE

En BLEVE ger upphov till ett stort eldklot och beräknas med hjälp av nedanstående ekvationer.

$$D = 6,48m^{0,325} \quad [4.30]$$

$$t_{BLEVE} = 0,825m^{0,26} \quad [4.31]$$

$$F_{21} = \frac{D^2}{4X^2} \quad [4.32]$$

$$\tau = 2,02(p_w X)^{-0,09} \quad [4.33]$$

$$q_r = \frac{X_E m \Delta h_c}{\pi D^2 t_{BLEVE}} \quad [4.34]$$

$$q_x = \tau q_r F_{21} \quad [4.35]$$

där

D	= Eldklotets diameter, m.
m	= Utsläppt massa brännbar vätska, kg.
t_{BLEVE}	= Eldklotets varaktighet, s.
F_{21}	= Synfaktor
X	= Avstånd mellan eldklotets yta och mottagande föremål, m.
τ	= Andel av strålningen som transmitteras genom luften.
p_w	= Vattens ångtryck, Pa
q_r	= Avgiven strålning, kW/m ² .
X_E	= Strålningsandel.
Δh_c	= Förbränningsvärme, kJ/kg.
q_x	= Mottagen strålning, kW/m ² .

Avståndet till 50 % dödlighet beräknas genom hitta det avstånd där mottagande strålning är lika med gränsvärdet för kritisk strålning. Sedan har eldklotets radie lagts till detta avstånd för att få en korrekt angivelse i förhållande till platsen där olyckan inträffar.

4.2.6 Jetflamma

Jetflamman är en "svetslåga" som uppkommer vid direkt antändning av en kondenserad brandfarlig gas. Följande ekvationer används för att beräkna riskavståndet vid en jetflamma.

$$R_{s,50} = 1,9t^{0,4}Q^{0,47} \quad [4.36]$$

där

$R_{s,50}$	= Riskavstånd till 50 % dödlighet, m
t	= Exponeringstid vid strålningspåverkan, s
Q	= Utsläppets källstryka, kg/s (se avsnitt 4.2.3)

4.2.7 Pölbrand

Strålningen från en pölbrand kan beräknas med nedanstående ekvationer.

$$Q = m'' \Delta h_c A_p \quad [4.37]$$

$$q_r = X_E Q \quad [4.38]$$

$$F_{12} = \frac{1}{4\pi X^2} \quad [4.39]$$

$$q_x = \tau q_r F_{12} \quad [4.40]$$

där:

Q	= Brandens effekt, kW.
m''	= Förbränningshastighet per ytenhet, kg/s/m ² .
Δh_c	= Förbränningsvärme, kJ/kg.
A_p	= Pölens area, m ² .
q_r	= Avgiven strålning, kW/m ² .
X_E	= Strålningsandel.
F_{12}	= Synfaktor
X	= Avstånd mellan eldklotets yta och mottagande föremål, m.
q_x	= Mottagen strålning, kW/m ² .
τ	= Andel av strålningen som transmitteras genom luften, se avsnitt 4.2.5.

4.2.8 Stänk

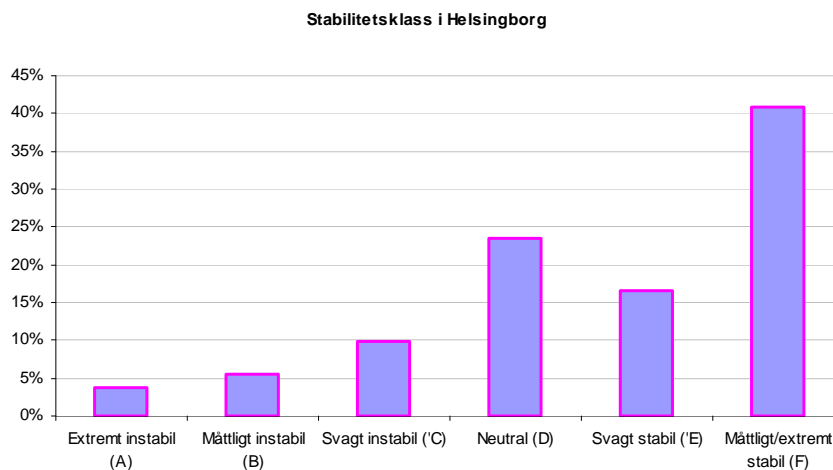
Frätande ämnen kan orsaka svåra skador och dödsfall om det finns personer i tankens omedelbara närhet vilka får stänk över sig. Det finns inga kvantitativa modeller för att uppskatta effekterna av stänk med frätande vätska, utan det antas att människor som befinner sig inom 10 m från tanken utsätts för dödliga skador.

4.3 Indata

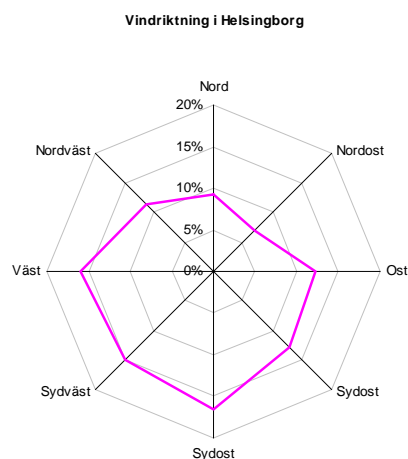
4.3.1 Väder- och vindförhållanden

Väder- och vindförhållanden har sammanställts av SMHI²⁹ och återges i detta avsnitt. Data över atmosfärens stabilitet har köpt in direkt från SMHI och levererats i tabellform till Helsingborgs stad. I Figur 9 och Figur 10 redovisas stabilitetsklasser och vindriktning.

²⁹ Wern, L., *Underlag för klimatanpassad planering vid hamnen, Helsingborg*, Rapport 2008:48, SMHI, Norrköping, 2008.



Figur 9 Fördelning av stabilitetsklass i Helsingborg i perioden 1998-2002.



Figur 10 Vindros för Helsingborg i perioden 1998-2002.

Vindens hastighet beror på stabilitetsklassen och antar värden enligt Tabell 12. Data från Tabell 12 används senare för att ta fram fördelningar för vindhastigheten givet en viss stabilitetsklass.

Tabell 12 Vindhastighet som en funktion av stabilitetsklassen.

Stabilitetsklass	Vindhastighet, m/s						
	0-1	1-2,5	2,5-4,5	4,5-6,5	6,5-8,5	8,5-10,5	10,5-12,5
B	6,2 %	65,3 %	28,5 %	-	-	-	-
C	-	14,5 %	63,2 %	21,9 %	0,3 %	-	-
D	-	1,6 %	21,7 %	45,7 %	24,1 %	5,7 %	0,9 %
E	-	3,8 %	52,3 %	38,4 %	5,4 %	0,2 %	-
F	10,2 %	62,4 %	35,1 %	2,4 %	0,1 %	-	-

4.3.2 Ämnesspecifika data

I nedanstående tabeller ges väsentlig indata, vilka är de samma som använts i Länsstyrelsens riktlinjer³⁰. En förklaring till statistiska begrepp och sannolikhetsfördelningar ges i kapitel 1.6.

Tabell 13 Generella indata till konsekvensberäkningarna.

Variabel	Enhet	Värde
Atmosfärstryck	[Pa]	101 325
Flödeskoefficient	[-]	Likformig (0,65; 0,80)
Höjd på vätskepelare	[m]	Likformig (1,0; 2,0)

Tabell 14 Fördelning av hålstorlek. Källstyrkan avser utsläpp av gasol

Håltyp	Håldiameter	Källstyrka	Sannolikhet, väg	Sannolikhet, järnväg
Litet	10 mm	1 kg/s	37.5 %	62.5 %
Medel	30 mm	12 kg/s	25.0 %	20.8 %
Stort	110 mm	160 kg/s	37.5 %	16.7 %

Sannolikheten för de olika hålstorlekarna kommer från Räddningsverket³¹, medan de olika hålstorlekarna bygger på uppskattningar från bland annat Cox³² och CPQRA³³.

Tabell 15 Ämnesspecifika indata.

Variabel	Enhet	Propylen-oxid	Dimetyl-sulfat	Svavel-dioxid	Gasol	Bensin
Molvikt	[g/mol]	58,1	126	64	76,53	
Densitet vätska	[kg/m ³]	830	1330	1460	605	7502
Utsläppt mängd	[ton]	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
Förbränningsvärme	[kJ/kg]	34845	-	-	46000	45000
Strålningsandel	[-]	0,30	-	-	0,30	0,14
Ångtryck	[kPa]	60	0,067		833	
Kokpunkt	[°C]	34	188			

³⁰ Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

³¹ Räddningsverket, *Farligt Gods – riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*, 1996.

³² Cox, A.W., Lees, F.P., Ang, M.L., *Classification of Hazardous Locations*, ISBN 0-85295-258-9, Institution of Chemical Engineers, Warwickshire 1990.

³³ Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, New York, 1989

Tabell 15 Ämnesspecifika indata. (forts.)

Variabel	Enhet	Propylen -oxid	Dimetyl- sulfat	Svavel- dioxid	Gasol	Bensin
Tanktryck	[kPa]			230	535	
Förbränningshastighet	[m/s]					0,0001
Förbränningshastighet	[kg/m ² /s]					0,048

Trotyl, vilket är det representativa ämnet för explosioner i klass 1 och klass 5 har ett värmevärde på 4,2 MJ/kg och den massa som deltar i explosionen är hämtad från HMSO³⁴ och antar en fördelning enligt Tabell 16 nedan.

Tabell 16 Massa som deltar i explosion i klass 1.

Massa, kg	Ack. sannolikhet
50	1,1 %
61	1,2 %
126	1,2 %
204	3,8 %
316	20,8 %
562	21,3 %
1047	21,4 %
1095	22,3 %
1778	86,5 %
2399	86,8 %
14125	100,0 %

När det gäller klass 5 så antas massan som medverkar vid explosion tillhöra följande fördelning; Triangel (100;400;500). Denna massa är direkt relaterad till hur stor mängd bränsle som blandas med ämnet i klass 5.

4.3.3 Skadekriterier

Risken analysen berör skador på människor och de skadekriterier för exponering av giftiga gaser, värmestrålning och tryck som används redovisas i Tabell 17 nedan. Skadekriterierna representerar LC₅₀-värden, dvs. den exponering där 50 % av en population förväntas omkomma.

³⁴ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.

Tabell 17 Skadekriterier för giftiga gaser, värmestrålning³⁵ och tryck.

Skadeverkan	Kritisk påverkan
Explosion – tryck ³⁶	260 kPa
Explosion – värmestrålning ³⁷	43 kW/m ²
Värmestrålning – BLEVE ³⁷	31 kW/m ²
Värmestrålning – brandfarliga varor ³⁷	14 kW/m ²
Toxicitet – giftig gas ³⁸	2 200 mg/m ³ (860 ppm)
Toxicitet – giftig vätska ³⁹	4 900 mg/m ³ (2 000 ppm)

4.4 Resultat

Modeller, indata, skadekriterier samt väder- och vindförhållanden används för att beräkna konsekvensen av ett utsläpp. Konsekvensen definieras, i enlighet med CPQRA⁴⁰, som det område inom vilket exponeringen överskrider gränsvärde för 50 % dödlighet (LC₅₀). Då flertalet av variablerna beskrivs med sannolikhetsfördelningar i stället för punktvärden, utgör också resultatet statistiska fördelningar, vilka redovisas i Figur 11.

³⁵ Strålningsnivåerna gäller oskyddad hud och någon skyddseffekt av kläder har inte tagits hänsyn till vid beräkning av skadekriterierna.

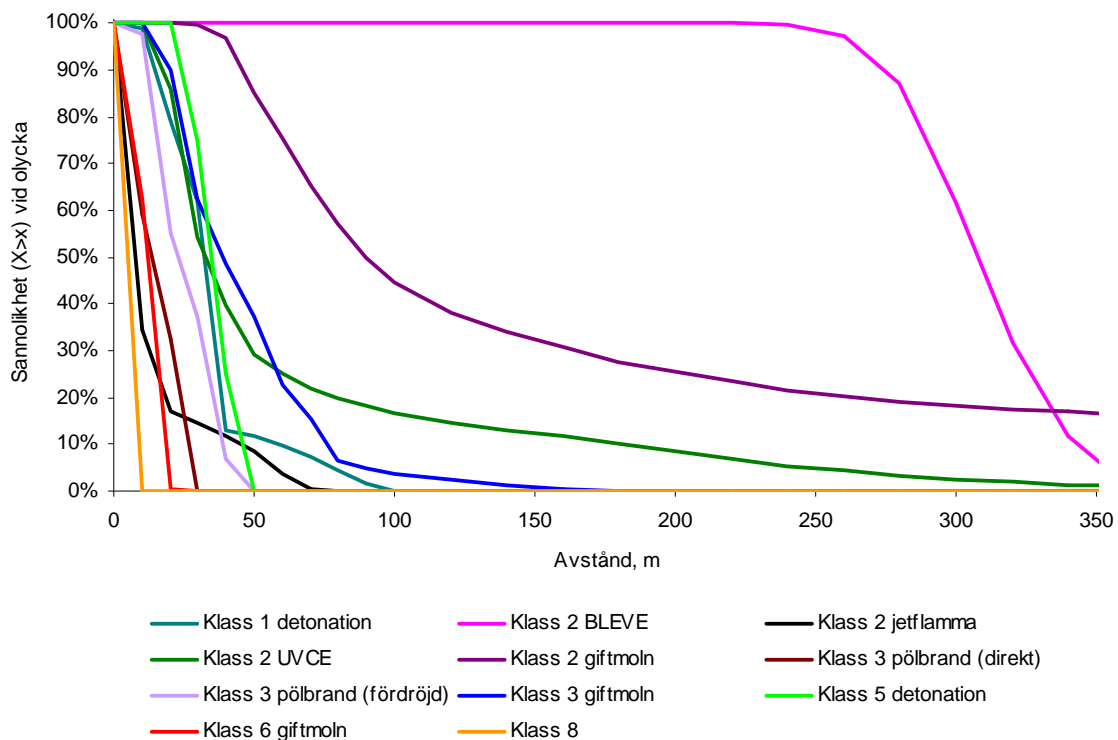
³⁶ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.

³⁷ Eldklotets varaktighet för explosion är c:a 7 s och för BLEVE c:a 11 s. För värmestrålning från pölbränder gäller en exponeringstid på 30 s. Beräkningar av kritisk strålning sker enligt metodik redovisas i "CPR 16E, *Methods for the determination of possible damage*. Committee for the prevention of disasters, The Netherlands, 1992".

³⁸ Representeras av svaveldioxid, 30 min exponering.

³⁹ Representeras av propylenoxid, 30 min exponering.

⁴⁰ CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.



Figur 11 Konsekvensområde vid olycka med farligt gods. Figuren visar hur stor andel av en olycka som når ett givet avstånd.

Informationen i Figur 11 kan översättas till ett medelvärde för olyckan samt med ett konfidensintervall, inom vilket det är 90 % säkerhet att konsekvens inträffar. I Tabell 18 redovisas dessa värden.

Tabell 18 Medelvärde, samt en bedömning av konfidensintervall för de olika olycksscenariernas utbredning.

Scenario	Riskområde i meter	
	50 %	95 %
Klass 1 detonation → tryck	40	80
Klass 2 BLEVE → brännskada	300	330
Klass 2 jetflamma → brännskada	5	60
Klass 2 UVCE → brännskada	30	240
Klass 2 giftmoln → förgiftning	90	1000
Klass 3 pölbrand (direkt) → brännskada	10	30
Klass 3 pölbrand (fördröjd) → brännskada	20	40
Klass 3 giftmoln → förgiftning	40	90
Klass 5 detonation → tryck	30	50
Klass 6 giftmoln → förgiftning	5	10
Klass 8 → frätskada	5	10

Syftet med Tabell 18 är endast att beskriva spridningen i konsekvensens utbredning på ett tydligare sätt. Störst avvikelse från medelvärdet (50 %) har olyckor som medför spridning till luft (UVCE och giftmoln). Detta beror på att koncentrationen i en given punkt kan variera mycket beroende på källstyrka, vindhastighet och atmosfärsförhållanden. I riskanalysmodellen för väg och järnväg (se avsnitt 6.1) används sannolikhetsfördelningen för resp. scenario, vilken redovisas i Tabell 19.

Tabell 19 Sannolikhetsfördelning för resp. olycksscenario.

Avstånd	Klass 1 detonation	Klass 2 BLEVE	Klass 2 jetflamma	Klass 2 UVCE	Klass 2 giftmoln
10	1,2 %	-	65,8 %	0,0 %	0,0 %
20	20,0 %	-	17,3 %	14,1 %	0,0 %
30	16,8 %	-	2,3 %	31,4 %	0,1 %
40	48,9 %	-	2,8 %	15,1 %	3,3 %
50	1,4 %	-	3,6 %	10,6 %	11,6 %
60	2,1 %	-	4,7 %	4,1 %	9,5 %
70	2,5 %	-	3,3 %	3,1 %	10,4 %
80	2,9 %	-	0,3 %	2,0 %	7,7 %
90	2,5 %	-	-	1,6 %	7,4 %
100	1,5 %	-	-	1,3 %	5,8 %
120	0,2 %	-	-	2,0 %	6,7 %
140	-	-	-	1,8 %	4,2 %
160	-	-	-	1,3 %	3,3 %
180	-	-	-	1,6 %	2,8 %
200	-	-	-	1,7 %	2,3 %
220	-	-	-	1,5 %	2,2 %
240	-	-	-	1,4 %	1,7 %
260	-	2,8 %	-	1,2 %	1,2 %
280	-	10,1 %	-	0,8 %	0,9 %
300	-	25,6 %	-	0,8 %	0,8 %
320	-	29,8 %	-	0,6 %	0,7 %
340	-	19,9 %	-	0,5 %	0,7 %
360	-	10,3 %	-	0,4 %	0,6 %
380	-	1,4 %	-	0,3 %	0,6 %

Tabell 19 Sannolikhetsfördelning för resp. olycksscenario. (forts.)

Avstånd	Klass 2 UVCE	Klass 2 giftmoln
400	0,3 %	0,6 %
450	0,3 %	1,4 %
500	0,1 %	1,1 %
550	-	1,0 %
600	-	1,0 %
650	-	0,8 %
700	-	0,6 %
800	-	1,3 %
900	-	1,1 %
1 000	-	1,1 %

Tabell 19 Sannolikhetsfördelning för resp. olycksscenario. (forts.)

Avstånd	Klass 3 pölbrand direkt	Klass 3 pölbrand fördröjd	Klass 3 giftmoln	Klass 5 detonation	Klass 6 giftmolnfrätskada	Klass 8
10	40,8 %	2,5 %	0,0 %	0,0 %	37,8 %	100 %
20	26,8 %	42,6 %	10,0 %	55,9 %	61,8 %	-
30	32,4 %	17,7 %	27,5 %	43,4 %	0,4 %	-
40	-	30,3 %	13,7 %	0,7 %	-	-
50	-	6,9 %	11,6 %	-	-	-
60	-	-	14,5 %	-	-	-
70	-	-	6,7 %	-	-	-
80	-	-	9,5 %	-	-	-
90	-	-	1,7 %	-	-	-
100	-	-	1,2 %	-	-	-
120	-	-	1,3 %	-	-	-
140	-	-	0,9 %	-	-	-
160	-	-	0,9 %	-	-	-
180	-	-	0,4 %	-	-	-

I riskanalysmodellen för rangering (se avsnitt 6.2) används fördelningsfunktionerna för resp. olycksscenario, vilka redovisas i Tabell 20 nedan.

Tabell 20 **Fördelningsfunktion för resp. olycksscenario.**

Avstånd	Klass 1 detonation	Klass 2 BLEVE	Klass 2 jetflamma	Klass 2 UVCE	Klass 2 giftmoln
0	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
10	99 %	100 %	34 %	100 %	100 %
20	79 %	100 %	17 %	86 %	100 %
30	62 %	100 %	15 %	55 %	100 %
40	13 %	100 %	12 %	40 %	97 %
50	12 %	100 %	8 %	29 %	85 %
60	10 %	100 %	4 %	25 %	76 %
70	7 %	100 %	0 %	22 %	65 %
80	4 %	100 %		20 %	57 %
90	2 %	100 %		18 %	50 %
100	0 %	100 %		17 %	45 %
120		100 %		15 %	38 %
140		100 %		13 %	34 %
160		100 %		12 %	31 %
180		100 %		10 %	28 %
200		100 %		8 %	25 %
220		100 %		7 %	23 %
240		100 %		5 %	21 %
260		97 %		4 %	20 %
280		87 %		3 %	19 %
300		62 %		3 %	18 %
320		32 %		2 %	18 %
340		12 %		1 %	17 %
360		2 %		1 %	16 %
380		0 %		1 %	16 %
400				0 %	15 %
450					14 %
500					12 %

Tabell 20 Fördelningsfunktion för resp. olycksscenario. (forts.)

Avstånd	Klass 2 giftmoln
550	11 %
600	11 %
650	10 %
700	9 %
800	8 %
900	7 %
1 000	6 %

Tabell 20 Fördelningsfunktion för resp. olycksscenario. (forts.)

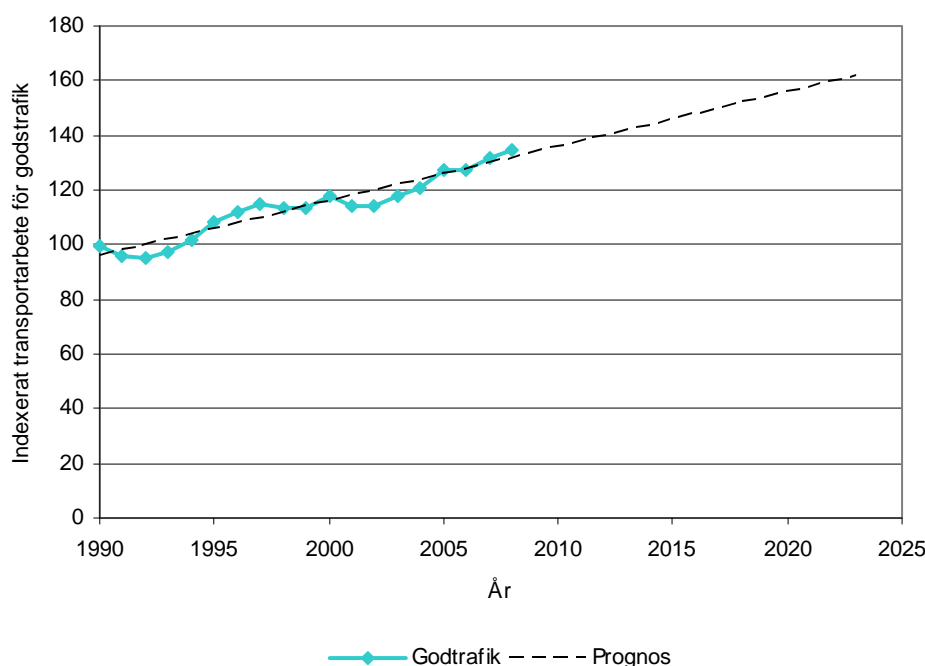
Avstånd	Klass 3 pölbrand direkt	Klass 3 pölbrand fördröjd	Klass 3 giftmoln	Klass 5 detonation	Klass 6 giftmolnfrätskada	Klass 8
0	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
10	59 %	98 %	100 %	100 %	62 %	0 %
20	32 %	55 %	90 %	100 %	0 %	
30	0 %	37 %	62 %	75 %		
40		7 %	49 %	25 %		
50		0 %	37 %	0 %		
60			23 %			
70			16 %			
80			6 %			
90			5 %			
100			4 %			
120			2 %			
140			1 %			
160			0 %			

5 Frekvenser för olycka med farligt gods

5.1 Generella indata

5.1.1 Hänsyn till framtida trafikökning

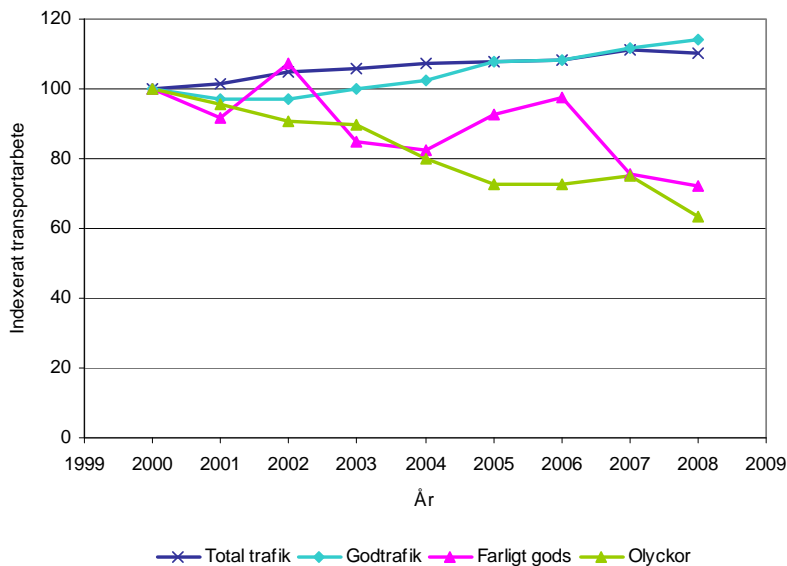
Det är viktigt att riktlinjerna är robusta för framtida förändringar, framförallt i antalet fordon som medför farligt gods. Robusthet ska beaktas så att riktlinjerna inte ändras utifrån förväntade ändringar i de förutsättningar som de bygger på. Figur 12 visar en prognos på framtida godstrafikarbete baserad på statistik från SIKA⁴¹.



Figur 12 Prognos över godstrafikutveckling på väg tom år 2025 (gäller vägtransport).

Kring år 2025 är det rimligt att förvänta sig en ökning av godstrafikarbetet med i storleksordningen 25 % i förhållande till dagens nivå. I Figur 13 visas utvecklingen av det totala trafikarbetet och godstrafiken i relation till transport med farligt gods⁴¹. Figur 13 visar också en trend över antalet olyckor (normerat efter antalet fordon).

⁴¹ Statens institut för kommunikationsanalys. Rapporter om "Inrikes och utrikes trafik med svenska lastbilar" för åren 2000-2008 med rapportnummer SSM 01:16, SSM 005:0204, SSM 005:0304, SSM 005:0404, SSM 005:0504, 2006:23, 2007:12, 2008:13, 2009:12.



Figur 13 Relation mellan totalt trafikarbete, godstrafiken, trafik med farligt gods och antalet trafikolyckor (gäller vägtransport).

Det finns ett starkt samband mellan det totala trafikarbetet och godstrafiken, medan sambandet mellan dessa två och transportererna med farligt gods inte är lika starkt. Under senare år har dock utvecklingen haft en motsatt trend, vilket indikerar att det eventuellt sker en övergång från vägtransport till järnvägstransport. Flera projekt runt om i landet har bidragit till att minska volymerna av farligt gods på vägarna. Under 2006 invigdes till exempel en transportled per järnväg mellan Gävle och Märsta med pipeline till Arlanda.

Vidare visar Figur 13 hur antalet olyckor (normerat till antalet fordon i Sverige) minskar med åren. Det finns således ingen anledning att anta att olyckkvoterna kommer att ändras till det sämre. I analysen antas att andelen farligt gods är densamma och att trafikökningen till år 2025 är 25 %, på både väg och järnväg.

5.1.2 Olycksriktning

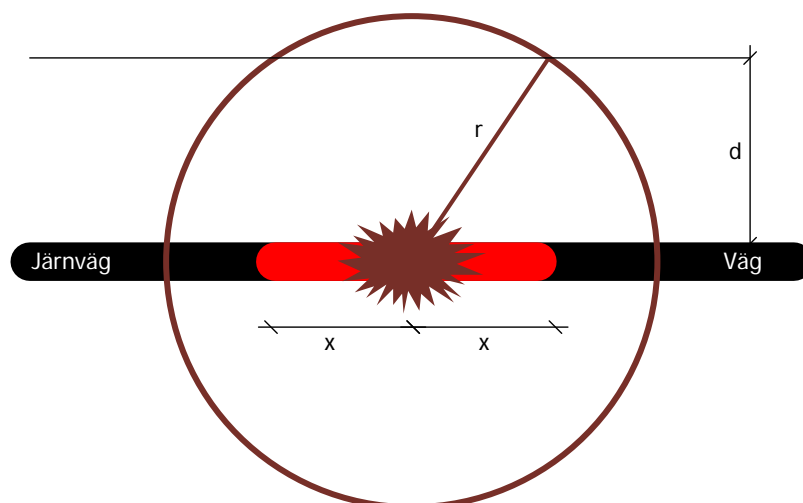
Med "olycksriktning" menas att hänsyn måste tas i vilken riktning som olyckan breder ut sig. Flertalet av scenarierna som kan inträffa är beroende av omgivningsförhållanden som vindriktning, men även olycksförloppets karakteristiska gör att den inte har en cirkulär påverkan. I Tabell 21 redovisas vilken reduktion som måste göras i samband med beräkning av risk.

Tabell 21 Korrektion för olyckans riktning.

Scenario	Beskrivning	Korrigering
Giftmoln	Utbredning i vindriktningen ⁴² (22°)	$22^\circ / 360^\circ = 0,06$
BLEVE	Cirkulär utbredning	1,0
UVCE	Utbredning i vindriktningen (22°)	$22^\circ / 360^\circ = 0,06$
Jetflamma	Riktning upp, höger eller vänster	$2/3 = 0,67$
Pölbrand	Cirkulär utbredning	1,0
Frätande ämne	Riktning upp, höger eller vänster	$2/3 = 0,67$

5.1.3 Korrigeringsfaktor för att bedöma frekvensen att specifik olycka påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden

Olycksfrekvenserna som beräknas i avsnitt 5.3 och 5.4 utgår från en sträcka på 1 km. Eftersom de flesta olyckor endast påverkar en liten del av denna sträcka så är det nödvändigt att korrigera för hur ofta en olycka som har en given utbredning, påverkar en punkt på ett visst avstånd från transportleden. Detta kan göras med en modell som bygger på den som redovisas i Figur 14.


Figur 14 Modell för beräkning av frekvensen att en olycka påverkar ett visst avstånd från transportleden.

Om olyckan har utbredningen r så måste olyckan inträffa på vägsträckan $2x$ för att ge en påverkan på avståndet d från vägen. Med hjälp av Pythagoras sats⁴³ kan x beräknas och sannolikheten att olyckan med utbredningen r påverkar avståndet d vid en olycksfrekvens angiven per kilometer blir således:

$$2\sqrt{r^2 - d^2} / 1000$$

⁴² Simuleringar av konsekvensmodellen för spridning i luft (se avsnitt 4.2.4) ger en spridningsvinkel som i 95 % av fallen understiger 22°.

⁴³ Pythagoras sats anger sambandet mellan sidorna i en rätvinklig triangel där kvadraten på hypotenusan är lika med summan av kvadraterna på kateterna.

I Tabell 22 redovisas den korrigeringsfaktor som olycksfrekvensen per km ska multipliceras med för att bestämma frekvensen för att en olycka med en viss utbredning påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden.

Tabell 22 Korrigeringsfaktor för att hantera att en olycka med en viss utbredning påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden.

Olyckan når	Avstånd som studeras, m										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
10	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	0,04	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	0,06	0,06	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-
40	0,08	0,08	0,07	0,05	-	-	-	-	-	-	-
50	0,10	0,10	0,09	0,08	0,06	-	-	-	-	-	-
60	0,12	0,12	0,11	0,10	0,09	0,07	-	-	-	-	-
70	0,14	0,14	0,13	0,13	0,11	0,10	0,07	-	-	-	-
80	0,16	0,16	0,15	0,15	0,14	0,12	0,11	0,08	-	-	-
90	0,18	0,18	0,18	0,17	0,16	0,15	0,13	0,11	0,08	-	-
100	0,20	0,20	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,14	0,12	0,09	-
120	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,22	0,21	0,19	0,18	0,16	0,13
140	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,26	0,25	0,24	0,23	0,21	0,20
160	0,32	0,32	0,32	0,31	0,31	0,30	0,30	0,29	0,28	0,26	0,25
180	0,36	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30
200	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,38	0,37	0,37	0,36	0,35
220	0,44	0,44	0,44	0,44	0,43	0,43	0,42	0,42	0,41	0,40	0,39
240	0,48	0,48	0,48	0,48	0,47	0,47	0,46	0,46	0,45	0,44	0,44
260	0,52	0,52	0,52	0,52	0,51	0,51	0,51	0,50	0,49	0,49	0,48
280	0,56	0,56	0,56	0,56	0,55	0,55	0,55	0,54	0,54	0,53	0,52
300	0,60	0,60	0,60	0,60	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57
320	0,64	0,64	0,64	0,64	0,63	0,63	0,63	0,62	0,62	0,61	0,61
340	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,67	0,67	0,67	0,66	0,66	0,65
360	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,71	0,71	0,71	0,70	0,70	0,69
380	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,75	0,75	0,75	0,74	0,74	0,73
400	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,79	0,79	0,79	0,78	0,78	0,77
450	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,89	0,89	0,89	0,89	0,88	0,88
500	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
550	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,09	1,09	1,09	1,09	1,08
600	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,19	1,19	1,19	1,19	1,18
650	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,29	1,29	1,29	1,29	1,28
700	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39
750	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,49	1,49	1,49	1,49
800	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,59	1,59	1,59	1,59
850	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70	1,69	1,69	1,69	1,69
900	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	1,79	1,79	1,79	1,79
950	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,89	1,89	1,89	1,89
1000	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	1,99	1,99	1,99

Tabell 22 **Korrigeringsfaktor för att hantera att en olycka med en viss utbredning påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden. (forts.)**

Olyckan når	Avstånd som studeras, m										
	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320
120	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
140	0,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
160	0,21	0,15	-	-	-	-	-	-	-	-	-
180	0,27	0,23	0,16	-	-	-	-	-	-	-	-
200	0,32	0,29	0,24	0,17	-	-	-	-	-	-	-
220	0,37	0,34	0,30	0,25	0,18	-	-	-	-	-	-
240	0,42	0,39	0,36	0,32	0,27	0,19	-	-	-	-	-
260	0,46	0,44	0,41	0,38	0,33	0,28	0,20	-	-	-	-
280	0,51	0,48	0,46	0,43	0,39	0,35	0,29	0,21	-	-	-
300	0,55	0,53	0,51	0,48	0,45	0,41	0,36	0,30	0,22	-	-
320	0,59	0,58	0,55	0,53	0,50	0,46	0,42	0,37	0,31	0,22	-
340	0,64	0,62	0,60	0,58	0,55	0,52	0,48	0,44	0,39	0,32	0,23
360	0,68	0,66	0,64	0,62	0,60	0,57	0,54	0,50	0,45	0,40	0,33
380	0,72	0,71	0,69	0,67	0,65	0,62	0,59	0,55	0,51	0,47	0,41
400	0,76	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,64	0,61	0,57	0,53	0,48
450	0,87	0,86	0,84	0,82	0,81	0,79	0,76	0,73	0,70	0,67	0,63
500	0,97	0,96	0,95	0,93	0,92	0,90	0,88	0,85	0,83	0,80	0,77
550	1,07	1,06	1,05	1,04	1,02	1,01	0,99	0,97	0,95	0,92	0,89
600	1,18	1,17	1,16	1,14	1,13	1,12	1,10	1,08	1,06	1,04	1,02
650	1,28	1,27	1,26	1,25	1,24	1,22	1,21	1,19	1,17	1,15	1,13
700	1,38	1,37	1,36	1,35	1,34	1,33	1,32	1,30	1,28	1,26	1,25
750	1,48	1,47	1,47	1,46	1,45	1,43	1,42	1,41	1,39	1,37	1,36
800	1,58	1,58	1,57	1,56	1,55	1,54	1,53	1,51	1,50	1,48	1,47
850	1,68	1,68	1,67	1,66	1,65	1,64	1,63	1,62	1,61	1,59	1,57
900	1,78	1,78	1,77	1,76	1,75	1,75	1,73	1,72	1,71	1,70	1,68
950	1,88	1,88	1,87	1,87	1,86	1,85	1,84	1,83	1,82	1,80	1,79
1000	1,99	1,98	1,97	1,97	1,96	1,95	1,94	1,93	1,92	1,91	1,89

Tabell 22 **Korrigeringsfaktor för att hantera att en olycka med en viss utbredning påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden. (forts.)**

Olyckan när	Avstånd som studeras, m										
	340	360	380	400	450	500	550	600	650	700	750
340	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
360	0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
380	0,34	0,24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
400	0,42	0,35	0,25	-	-	-	-	-	-	-	-
450	0,59	0,54	0,48	0,41	-	-	-	-	-	-	-
500	0,73	0,69	0,65	0,60	0,44	-	-	-	-	-	-
550	0,86	0,83	0,80	0,75	0,63	0,46	-	-	-	-	-
600	0,99	0,96	0,93	0,89	0,79	0,66	0,48	-	-	-	-
650	1,11	1,08	1,05	1,02	0,94	0,83	0,69	0,50	-	-	-
700	1,22	1,20	1,18	1,15	1,07	0,98	0,87	0,72	0,52	-	-
750	1,34	1,32	1,29	1,27	1,20	1,12	1,02	0,90	0,75	0,54	-
800	1,45	1,43	1,41	1,39	1,32	1,25	1,16	1,06	0,93	0,77	0,56
850	1,56	1,54	1,52	1,50	1,44	1,37	1,30	1,20	1,10	0,96	0,80
900	1,67	1,65	1,63	1,61	1,56	1,50	1,42	1,34	1,24	1,13	0,99
950	1,77	1,76	1,74	1,72	1,67	1,62	1,55	1,47	1,39	1,28	1,17
1000	1,88	1,87	1,85	1,83	1,79	1,73	1,67	1,60	1,52	1,43	1,32

Tabell 22 **Korrigeringsfaktor för att hantera att en olycka med en viss utbredning påverkar en punkt på ett givet avstånd från transportleden. (forts.)**

Olyckan när	Avstånd som studeras, m				
	800	850	900	950	1000
800	-	-	-	-	-
850	0,57	-	-	-	-
900	0,82	0,59	-	-	-
950	1,02	0,85	0,61	-	-
1000	1,20	1,05	0,87	0,62	-

5.2 Scenarier

Tabell 3, Tabell 6 och Tabell 8 redovisar uppdelningen mellan olika ADR/RID-klasser. Utöver denna information krävs kännedom om "underklasser", sannolikhet för utsläpp och vilken typ av olycka som inträffar. Denna information finns i Tabell 4, Tabell 7 och Tabell 9 med en sammanfattning nedan för resp. scenario.

Explosivämnen (ADR/RID-klass 1)

Explosivämnen kan detonera pga. stötar i samband med olycka, vid värmepåverkan i samband med fordonsbrand eller pga. felaktiga förpackningar.

- ♦ Andel massexplosiva varor är 90 % för väg och Hamnspåret samt Skånebanan. Inga ämnen i ADR/RID-klass 1 hanteras vid rangering.

Gaser (ADR/RID-klass 2)

Gaser delas in i tre huvudgrupper – de som är brännbara, de som är giftiga och de som inte utgör någon fara för omgivningen. För brännbara gaser gäller att ha kännedom om vilka olyckor som inträffar.

- ♦ Andelen giftiga gaser är 33 % på väg inkl. Kemira och 11 % på väg exkl. Kemira. På järnväg är andelen för Hamnspåret 55 % och andelen på Skånebanan 89 %. Vid rangering är den 100 %.
- ♦ Andelen brännbara gaser är 5 % inkl. Kemira och 7 % på väg exkl. Kemira. Andelen brännbara gaser är 1 % för Hamnspåret och 0,2 % på Skånebanan. Vid rangering förekommer ingen brandfarlig gas. Om utsläpp sker kan följande olyckor inträffa^{44,45,46}:
 - Ingen antändning, 30 %
 - UVCE, 50 %
 - BLEVE, 1 %
 - Jetflamma, 19 %
- ♦ Resterande andel utgörs av gaser som inte anses farliga, t.ex. kvävgas samt olika inerta gaser.

Brandfarliga vätskor (ADR/RID-klass 3)

Av godset i klass 3 är 25 % för järnväg/rangering och 42 % på väg att beakta som brandfarligt, vilket innebär att vätskan kan användas under normala temperaturer. Diesel är ett exempel på en brännbar, men ej brandfarlig vätska. Beroende av om och när antändning sker samt om vätska är giftig eller inte sker olika olyckstyper.

- ♦ Andelen brandfarliga produkter utan giftiga egenskaper är 25 % för järnväg/rangering och 41 % för väg. Följande olyckor beaktas^{47,48}:
 - Ingen antändning, 94 %
 - Fördröjd antändning, 3 % och omedelbar antändning, 3 %
- ♦ Andelen brandfarliga produkter med giftiga egenskaper är 0 % för järnväg/rangering och 1 % för väg. Följande olyckor beaktas^{47, 48}:

⁴⁴ Purdy, G., *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail*, Journal of Hazardous Materials, 33, pp 229-259, 1993

⁴⁵ CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.

⁴⁶ Fredén, S., *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Rapport 2001:5, Miljösektionen, Banverket, 2001.

⁴⁷ Purdy, G., *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail*, Journal of Hazardous Materials, 33, pp 229-259, 1993

⁴⁸ CPQRA, *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis*. Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, New York, 1989.

- Ingen antändning med resulterande giftmoln, 94 %
- Fördröjd antändning, 3 % och omedelbar antändning, 3 %

Oxiderande ämnen och organiska peroxider (ADR/RID-klass 5) som kan orsaka explosion vid blandning med brännbara vätskor

Oxiderande ämnen i klass 5 utgör normalt ingen påtaglig risk för omgivningen. Under särskilda omständigheter kan en explosion inträffa, vilket sker om vissa typer av oxiderande ämnen blandas med brännbar vätska. De ämnen inom ADR/RID-klass 5 som kan leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp är i huvudsak ej stabiliserade väteperoxider, vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid samt organiska peroxider.

- ◆ Andelen oxiderande ämnen och organiska peroxider som kan orsaka explosion vid blandning med brännbar vätska på väg är 2 % inkl. Kemira och 7 % exkl. Kemira. Vid rangering är andelen 4 % och Hamnspåret är den 3 % och på Skånebanan 3,6 %.
- ◆ Det uppskattats att oxiderande ämne och brandfarlig vätska kommer i kontakt med varandra i 50 % av olyckorna och att det är en sannolikhet på 10 % att explosion sker efter kontakt.

Giftiga ämnen (ADR/RID-klass 6)

Giftiga ämnen i klass 6 transporteras antingen i flytande eller fast form. Ämnen i fast form utgör normalt ingen akut påverkan på omgivningen.

- ◆ Andelen flytande giftiga ämnen på väg är 23 % och på Hamnspåret är andelen 0,1 %. Andelen på Skånebanan är endast 0,005 %. Vid rangering förekommer ingen hantering av flytande giftiga ämnen.

Frätande ämnen (ADR/RID-klass 8)

Samtliga läckage av ämnen i klass 8 kan orsaka skada på omgivningen.

- ◆ Sannolikheten för läckage vid olycka med frätande ämnen är bestäms av relevant "index för farligtgodsolycka".

5.3 Olyckor på väg

Alla olyckor med transport av farligt gods är i grunden trafikolyckor vid vilka tankens skadas och utsläpp sker. Beräkning av antalet olyckor som leder till utsläpp av farligt gods kan göras med en modell som bygger på kännedom om:

1. Trafikarbete uttryckt som antal fordonskilometer med transport av farligt gods per år.
2. Olycksfrekvens uttryckt i antal olyckor per fordonskilometer.
3. Index för farligtgodsolycka, vilket anger sannolikheten för utsläpp av farligt gods, givet att en trafikolycka inträffar.

5.3.1 Trafikarbete

Trafikarbete för fordon som medför farligt gods beräknas för en referenstid av ett år och utgör ett underlag för att bedöma det årliga antalet olyckor med fordon som medför farligt gods. Antal fordon för år 2009 hämtas från Tabell 3 och Tabell 5, samt räknas upp med 25 % för att motsvara år 2025 (se avsnitt 5.1.1).

- Antal fordon med farligt gods på Hamnleden inkl. Kemira är 44 538 per år.
- Antal fordon med farligt gods på Hamnleden exkl. Kemira är 21 599 per år.
- Antal fordon som medför farligt gods på väg E6 är 44 400 per år.

Trafikarbete, T beräknas för en vägsträcka på 1 km:

- Trafikarbete i form av antal fordonskilometer med transport av farligt gods på Hamnleden (inkl. Kemira) är $44\,538 \times 1,0 = 44\,538$ km per år.
- Trafikarbete i form av antal fordonskilometer med transport av farligt gods på Hamnleden (exkl. Kemira) är $21\,599 \times 1,0 = 21\,599$ km per år.
- Trafikarbete i form av antal fordonskilometer med transport av farligt gods på väg E6 är $44\,400 \times 1,0 = 44\,400$ km per år.

5.3.2 Olycksfrekvens

När olycksfrekvensen ska beräknas krävs kännedom om olyckskvoten, trafikarbetet och andelen singelolyckor. Modellen som beräknar antalet olyckor utgår från att alla olyckor är singelolyckor. Därför är det nödvändigt att kompensera för att fler än en bil kan vara inblandad i en trafikolycka. Detta kan lämpligen göras med en korrigeringsfaktor redovisad i Tabell 23 och beräknad enligt nedanstående modell⁴⁹:

$$K_s = Y + 2 \cdot (1 - Y)$$

Tabell 23 Andel singelolyckor och andel farligt gods.

Hastighet	Andel singelolyckor, Y	Korrigeringsfaktor, K_s
50 km/h	0,10	1,90
70 km/h	0,25	1,75
110 km/h	0,60	1,40

Olycksfrekvensen OF uttryckt i förväntat antal olyckor med fordon som medför farligt gods per fordonskilometer beräknas enligt nedanstående uttryck.

$$OF = O_k \cdot K_s$$

där:

⁴⁹ Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor*, rapport nr 387:3, 1994.

O_k = Olyckskvoten⁵⁰ vilken är $4,8 \cdot 10^{-7}$ för väg 50 km/h, $2,2 \cdot 10^{-7}$ för väg 70 km/h och $1,8 \cdot 10^{-7}$ för väg 110 km/h

K_s = Korrigeringsfaktor för olyckor med fler än ett fordon inblandade, se Tabell 23.

Olycksfrekvensen beräknas enligt nedan:

- Olycksfrekvens på väg 50 km/h blir $4,8 \cdot 10^{-7} \times 1,90 = 9,12 \cdot 10^{-7}$ per fordonskilometer.
- Olycksfrekvens på väg 70 km/h blir $2,2 \cdot 10^{-7} \times 1,75 = 3,85 \cdot 10^{-7}$ per fordonskilometer.
- Olycksfrekvens på väg 110 km/h blir $1,8 \cdot 10^{-7} \times 1,40 = 2,58 \cdot 10^{-7}$ per fordonskilometer.

Förväntat antal olyckor med fordon som medför farligt gods beräknas enligt nedan:

- Förväntat antal olyckor med fordon som medför farligt gods på väg 50 km/h blir $9,12 \cdot 10^{-7} \times 44\,538 = 0,0406$ per år och km inkl. Kemira och $9,12 \cdot 10^{-7} \times 21\,599 = 0,0197$ per år och km exkl. Kemira.
- Förväntat antal olyckor med fordon som medför farligt gods på väg 70 km/h blir $3,85 \cdot 10^{-7} \times 44\,538 = 0,0171$ per år och km inkl. Kemira och $3,85 \cdot 10^{-7} \times 21\,599 = 0,0083$ per år och km exkl. Kemira.
- Förväntat antal olyckor med fordon som medför farligt gods på väg 110 km/h blir $2,58 \cdot 10^{-7} \times 44\,400 = 0,0114$ per år och km.

5.3.3 Index för farliggodsoolycka

VTI⁵¹ anger ett index för farliggodsoolycka, vilket ska tolkas som sannolikheten för utsläpp av farligt gods, givet att en trafikolycka inträffar. Indexet är beroende av hastigheten med vilken olyckan inträffar, se Tabell 24.

Tabell 24 Index för farliggodsoolycka för trafikled.

Hastighetsbegränsning	Index för farliggodsoolycka
50 km/h	0,02
70 km/h	0,11
110 km/h	0,42

Index för farliggodsoolycka i Tabell 24 gäller för tunnväggiga tankar, dvs. alla transporter undantaget tryckkondenserade gaser i ADR-klass 2. För dessa tankar är index för farliggodsoolycka 1/30 av värdet som anges i Tabell 24.

⁵⁰ I Vägverket publikationsserie "Effektsamband 2000" redovisas modeller för att skatta olyckor på vägar och i korsningar. Angivna olyckskvoter gäller för gatutyp "Tang", vilket innebär en trafikled som förbinder tätortsområden utan att passera centrum samt miljö "M" vilket innebär mellanområde med bredare gaturum, bebyggelse > 2m från körbana, enstaka lokala gatuanslutningar och ej parkering.

⁵¹ Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor*, rapport nr 387:3, 1994.

Explosivämnen i ADR-klass 1 kan inte hanteras på samma sätt som övrigt farligt gods. Detta beror på att sannolikheten för en detonation inte är direkt relaterad till det faktum att det sker en olycka där farligt gods läcker ut. Detonation av explosivämnen kan ske antingen genom fordonsbrand, vid kollisionsvåld eller genom defekt material/förpackning. Statistik från Storbritannien visar på en frekvens för detonation på $1,07 \cdot 10^{-9}$ per fordonskilometer⁵².

5.3.4 Sammanställning av frekvenser för enskilda scenarier

Informationen i avsnitt 5.1.2, 5.1.3, samt 5.3.1-5.3.3 används för att beräkna frekvenserna för resp. scenario enligt nedanstående modell:

$$F_{\text{scenario}} = OF \cdot T \cdot N_{\text{ADR-X}} \cdot N_{\text{ADR-X.X}} \cdot I_{\text{FaGo-olycka}} \cdot P_{\text{konslADR-X.X}} \cdot K_{\text{riktn}}$$

där:

OF är olycksfrekvensen, se avsnitt 5.3.2.

T är trafikarbetet i form av fordonskilometrar per år, se avsnitt 5.3.1.

$N_{\text{ADR-X}}$ är andelen av farligt gods i huvudklass ADR 1-9, se avsnitt 3.2.

$N_{\text{ADR-X.X}}$ är andelen inom resp. ADR-klass, se avsnitt 5.1.3.

$I_{\text{FaGo-olycka}}$ är index för farligtgoodsolycka, se avsnitt 5.3.3.

$P_{\text{konslADR-X.X}}$ är sannolikheten att ett visst scenario inträffar givet utsläpp i en specifik underklass, se avsnitt 5.1.3.

K_{riktn} är en korrigeringsfaktor som tar hänsyn till i vilken riktning olyckan breder ut sig, se avsnitt 5.1.2.

I Tabell 25 och Tabell 26 sammanställs frekvensen för resp. scenario.

Tabell 25 Frekvenser för respektive scenario vid transport på Hamnleden.

Scenario	Inkl. Kemira		Exkl. Kemira	
	50 km/h	70 km/h	50 km/h	70 km/h
Klass 1 detonation	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-6}$
Klass 2 BLEVE	$1,0 \cdot 10^{-9}$	$2,4 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$2,9 \cdot 10^{-9}$
Klass 2 jetflamma	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$3,1 \cdot 10^{-8}$	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$3,7 \cdot 10^{-8}$
Klass 2 UVCE	$3,2 \cdot 10^{-9}$	$7,4 \cdot 10^{-9}$	$3,8 \cdot 10^{-9}$	$8,9 \cdot 10^{-9}$
Klass 2 giftmoln	$4,2 \cdot 10^{-8}$	$9,8 \cdot 10^{-8}$	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$3,0 \cdot 10^{-8}$
Klass 3 pölbrand (direkt)	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$3,9 \cdot 10^{-5}$	$1,7 \cdot 10^{-5}$	$3,9 \cdot 10^{-5}$
Klass 3 pölbrand (fördröjd)	$8,3 \cdot 10^{-6}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$8,3 \cdot 10^{-6}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$
Klass 3 giftmoln	$6,0 \cdot 10^{-8}$	$1,4 \cdot 10^{-7}$	$6,0 \cdot 10^{-8}$	$1,4 \cdot 10^{-7}$
Klass 5 detonation	$7,2 \cdot 10^{-8}$	$1,7 \cdot 10^{-7}$	$7,2 \cdot 10^{-8}$	$1,7 \cdot 10^{-7}$
Klass 6 giftmoln	$2,4 \cdot 10^{-8}$	$5,6 \cdot 10^{-8}$	$2,4 \cdot 10^{-8}$	$5,6 \cdot 10^{-8}$
Klass 8	$2,9 \cdot 10^{-4}$	$6,7 \cdot 10^{-4}$	$5,3 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$
Summa:	$3,1 \cdot 10^{-4}$	$7,3 \cdot 10^{-4}$	$8,0 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$

⁵² HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.

Tabell 26 Frekvenser för respektive scenario vid transport på väg E6.

Scenario	Väg E6, 110 km/h
Klass 1 detonation	$3,6 \cdot 10^{-7}$
Klass 2 BLEVE	$4,5 \cdot 10^{-9}$
Klass 2 jetflamma	$5,7 \cdot 10^{-8}$
Klass 2 UVCE	$1,4 \cdot 10^{-8}$
Klass 2 giftmoln	$1,8 \cdot 10^{-7}$
Klass 3 pölbrand (direkt)	$3,2 \cdot 10^{-4}$
Klass 3 pölbrand (fördröjd)	$1,6 \cdot 10^{-4}$
Klass 3 giftmoln	$1,6 \cdot 10^{-6}$
Klass 5 detonation	$1,9 \cdot 10^{-8}$
Klass 6 giftmoln	$2,8 \cdot 10^{-7}$
Klass 8	$2,5 \cdot 10^{-4}$
Summa:	$7,3 \cdot 10^{-4}$

De enskilda scenariernas frekvenser i Tabell 25 och Tabell 26 är den data som frekvensmodellen lämnar över till "riskmodellen". I riskmodellen används ovanstående frekvenser tillsammans med resultatet av konsekvensberäkningarna i avsnitt 4.4. Nedan följer en topp-3-lista över de scenarier som är mest frekventa (gäller inkl. Kemira och 50 km/h). Tillsammans står de för 99,9 % av olyckorna.

1. Utsläpp av ADR-klass 8 som kan ge frätskador i närområdet (91,6 %).
2. Pölbränder vid utsläpp av ADR-klass 3 som kan ge brännskador och brandspridning (7,9 %).
3. Detonation av explosiva varor i ADR-klass 1 (0,4 %).

5.4 Olyckor på järnväg

5.4.1 Olycksfrekvens

På järnväg har Fredén⁵³ utvecklat en modell för att uppskatta frekvensen för tågurspårning och kollision. Modellen bygger på trafikintensiteten ofta uttryckt vagnaxelkm, tåghastigheten, spårkvaliteten, etc. Betydelsefulla indata och beräkningar redovisas nedan:

Hamnspåret

- ♦ Det årliga antalet tåg på sträckan uppgår till 6 090 (7 613 år 2025), vilka i genomsnitt medför 28 vagnar. Det totala antalet vagnar blir således 170 510 (213 138 år 2025).
- ♦ I avsnitt 3.3 redovisas en hantering av 4 093 vagnar med farligt gods under 2009 vilket räknas upp till 5 116 vagnar år 2025.
- ♦ Andelen farligt gods på järnvägen är c:a 2,4 %.

⁵³ Fredén, S., *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Rapport 2001:5, Miljösektionen, Banverket, 2001

- Varje vagn har i genomsnitt 3,5 vagnaxlar vilket ger 746 000 vagnaxlar per år (2025).
- I genomsnitt deltar 3,5 vagnar i en urspårning. Sannolikheten att en eller flera av dessa vagnar medför farligt gods är $1 - (1 - 5\,116/213\,138)^{3.5} = 8,2\%$.

I Tabell 27 sammanställs de olika olyckstyperna, intensitetsfaktor, exponering och frekvens per år enligt Fredéns modell⁵⁴, där frekvensen per år är produkten av intensitetsfaktorn och exponeringen.

Tabell 27 Beräkning av olycksfrekvens för Hamnspåret.

Olyckstyp	Intensitetsfaktor	Exponering	Frekvens/år
Rälsbrott	$5,0 \cdot 10^{-11}$ / vagnaxelkm	746 000	$3,72 \cdot 10^{-5}$
Solkurva	$1,0 \cdot 10^{-5}$ / spårkm	1,0	$1,00 \cdot 10^{-5}$
Spårlägesfel	$3,4 \cdot 10^{-10}$ / vagnaxelkm	746 000	$2,54 \cdot 10^{-4}$
Vagnfel	$3,1 \cdot 10^{-9}$ / vagnaxelkm	746 000	$2,31 \cdot 10^{-3}$
Lastförskjutning	$4,0 \cdot 10^{-10}$ / vagnaxelkm	746 000	$2,98 \cdot 10^{-4}$
Annan orsak	$5,7 \cdot 10^{-8}$ / tågkm	7 613	$4,34 \cdot 10^{-4}$
Okänd orsak	$1,4 \cdot 10^{-7}$ / tågkm	7 613	$1,07 \cdot 10^{-3}$
		Summa:	$4,41 \cdot 10^{-3}$

Frekvensen för urspårning är $4,41 \cdot 10^{-3}$ och då sannolikheten att en vagn medför farligt gods (av de 3,5 som spårar ur) är c:a 8 %. Detta ger en frekvens för urspårning av vagn som medför farligt gods på $3,53 \cdot 10^{-4}$ per år.

Skånebanan

- Det årliga antalet tåg på sträckan uppgår till 4 250 (5 312 år 2025), vilka i genomsnitt medför 28 vagnar. Det totala antalet vagnar blir således 119 000 (148 750 år 2025).
- Andelen farligt gods på järnvägen är c:a 4,2 %, vilket ger en trafikering av 5 000 vagnar med farligt gods under 2008. En uppräknig till 6 250 vagnar görs för att gälla år 2025.
- Varje vagn har i genomsnitt 3,5 vagnaxlar vilket ger 520 576 vagnaxlar per år (2025).
- I genomsnitt deltar 3,5 vagnar i en urspårning. Sannolikheten att en eller flera av dessa vagnar medför farligt gods är $1 - (1 - 6\,250/148\,750)^{3.5} = 14\%$.

I Tabell 28 sammanställs de olika olyckstyp, intensitetsfaktor, exponering och frekvens per år enligt Fredéns modell⁵⁴.

⁵⁴ Fredén, S., *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Rapport 2001:5, Miljösektionen, Banverket, 2001

Tabell 28 Beräkning av olycksfrekvens för Skånebanan.

Olyckstyp	Intensitetsfaktor	Exponering	Frekvens/år
Rälsbrott	$5,0 \cdot 10^{-11}$ / vagnaxelkm	520 576	$2,60 \cdot 10^{-5}$
Solkurva	$1,0 \cdot 10^{-5}$ / spårkm	1,0	$1,00 \cdot 10^{-5}$
Spårlägesfel	$3,4 \cdot 10^{-10}$ / vagnaxelkm	520 576	$1,77 \cdot 10^{-4}$
Vagnfel	$3,1 \cdot 10^{-9}$ / vagnaxelkm	520 576	$1,61 \cdot 10^{-3}$
Lastförskjutning	$4,0 \cdot 10^{-10}$ / vagnaxelkm	520 576	$2,08 \cdot 10^{-4}$
Annan orsak	$5,7 \cdot 10^{-8}$ / tågkm	5 312	$3,03 \cdot 10^{-4}$
Okänd orsak	$1,4 \cdot 10^{-7}$ / tågkm	5 312	$7,44 \cdot 10^{-4}$
		Summa:	$3,08 \cdot 10^{-3}$

Frekvensen för urspårning är $3,08 \cdot 10^{-3}$ och då sannolikheten att en vagn medför farligt gods (av de 3,5 som spårar ur) är c:a 14 %. Detta ger en frekvens för urspårning av vagn som medför farligt gods på $4,31 \cdot 10^{-4}$ per år.

5.4.2 Index för farliggodsolycka

Fredén⁵⁵ anger ett index för farliggodsolycka, vilket anger sannolikheten för utsläpp av farligt gods, givet att en järnvägsolycka inträffar. För järnväg anges dessa data i olika hastighetsklasser:

TH Rörelse i ett hastighetsintervall upp till den till banan eller fordonet högsta tillåtna.

VH Rörelse i ett hastighetsintervall upp till den för växling högsta tillåtna (30 km/h).

KH Rörelse i ett hastighetsintervall upp till c:a 5 km/h.

All transport på Hamnspåret antas vara av hastighetsklass TH, vilket ger ett index för farliggodsolycka på 0,3 för tunnväggiga tankar och 0,01 för tjockväggiga tankar (RID-klass 2). Explosivämnen i ADR-klass 1 kan inte hanteras på samma sätt som övrigt farligt gods. Detta beror på att sannolikheten för en detonation inte är direkt relaterad till det faktum att det sker en olycka där farligt gods läcker ut. Detonation av explosivämnen kan ske antingen genom vagnbrand, genom kollisionsvåld eller genom defekt material/förpackning. Statistik från Storbritannien visar på en frekvens för detonation på $7,52 \cdot 10^{-10}$ per vagnkilometer⁵⁶.

⁵⁵ Fredén, S., *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*, Rapport 2001:5, Miljösektionen, Banverket, 2001

⁵⁶ HMSO, *Major hazard aspects of the transport of dangerous substances – report and appendices*, Advisory Committee on Dangerous Substances, Health & Safety Commission, London, 1991.

5.4.3 Sammanställning av frekvenser för enskilda scenarier

Informationen i avsnitt 5.1.2, 5.1.3, 5.4.1 och 5.4.2 används för att beräkna frekvenserna för resp. scenario enligt nedanstående modell:

$$F_{\text{scenario}} = OF \cdot T \cdot N_{\text{ADR-X}} \cdot N_{\text{ADR-X.X}} \cdot I_{\text{FaGo-olycka}} \cdot P_{\text{konslADR-X.X}} \cdot K_{\text{riktn}}$$

där:

OF är olycksfrekvensen, se avsnitt 5.4.1.

$N_{\text{ADR-X}}$ är andelen av farligt gods i huvudklass ADR 1-9, se avsnitt 3.3.

$N_{\text{ADR-X.X}}$ är andelen inom resp. ADR-klass, se avsnitt 5.1.3.

$I_{\text{FaGo-olycka}}$ är index för farligtgodsolycka, se avsnitt 5.4.2.

$P_{\text{konslADR-X.X}}$ är sannolikheten att ett visst scenario inträffar givet utsläpp i en specifik underklass, se avsnitt 5.1.3.

K_{riktn} är en korrigeringsfaktor som tar hänsyn till i vilken riktning olyckan breder ut sig, se avsnitt 5.1.2.

I Tabell 29 sammanställs frekvensen för resp. scenario.

Tabell 29 Frekvenser för respektive scenario på Hamnspåret resp. Skånebanan.

Scenario	Hamnspåret (frekvens/år)	Skånebanan (frekvens/år)
Klass 1 detonation	$2,9 \cdot 10^{-8}$	$1,7 \cdot 10^{-8}$
Klass 2 BLEVE	$3,8 \cdot 10^{-11}$	$2,0 \cdot 10^{-11}$
Klass 2 jetflamma	$4,9 \cdot 10^{-10}$	$2,5 \cdot 10^{-10}$
Klass 2 UVCE	$1,2 \cdot 10^{-10}$	$6,0 \cdot 10^{-11}$
Klass 2 giftmoln	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$5,4 \cdot 10^{-8}$
Klass 3 pölbrand (direkt)	$6,1 \cdot 10^{-8}$	$1,0 \cdot 10^{-7}$
Klass 3 pölbrand (fördröjd)	$3,1 \cdot 10^{-8}$	$5,2 \cdot 10^{-8}$
Klass 3 giftmoln	-	-
Klass 5 detonation	$2,2 \cdot 10^{-8}$	$3,9 \cdot 10^{-8}$
Klass 6 giftmoln	$7,3 \cdot 10^{-12}$	$4,3 \cdot 10^{-12}$
Klass 8	$4,8 \cdot 10^{-5}$	$4,2 \cdot 10^{-5}$
Summa:	$4,8 \cdot 10^{-5}$	$4,2 \cdot 10^{-5}$

De enskilda scenariernas frekvenser i Tabell 29 är den data som frekvensmodellen lämnar över till "riskmodellen". I riskmodellen används ovanstående frekvenser tillsammans med resultatet av konsekvensberäkningarna i avsnitt 4.4. Notera att utsläpp av frätande ämne i klass 8 står för 99,7 % av alla olyckor på Hamnspåret.

5.5 Olyckor vid rangering

5.5.1 Olycksfrekvens

Inom rangerbangården hanteras totalt c:a 66 000 vagnar varje år. Av dessa är ca 6 % vagnar lastade med farligt gods med en fördelning farligt gods som redovisas i avsnitt 3.3. Uppräknat till 2025-års nivå blir antalet rangerade vagnar med farligt gods 4 950 st. I Banverkets riskanalys⁵⁷ anges en frekvens för urspårning på $6,8 \cdot 10^{-4}$ olyckor med farligt gods varje år.

5.5.2 Index för farliggodsolycka

Index för farligtgodsolycka vid rangering är de samma som för järnvägstransport vilket redovisas i avsnitt 0.

5.5.3 Sammanställning av frekvenser för enskilda scenarier

Beräkning av frekvenserna för resp. scenario sker enligt samma modell som redovisas i avsnitt 5.4.3. I Tabell 30 sammanställs frekvensen för resp. scenario.

Tabell 30 Frekvenser för respektive scenario vid rangering.

Scenario	Rangering (frekvens/år)
Klass 1 detonation	-
Klass 2 BLEVE	-
Klass 2 jetflamma	-
Klass 2 UVCE	-
Klass 2 giftmoln	$1,5 \cdot 10^{-7}$
Klass 3 pölbrand (direkt)	$2,5 \cdot 10^{-7}$
Klass 3 pölbrand (fördröjd)	$1,2 \cdot 10^{-7}$
Klass 3 giftmoln	-
Klass 5 detonation	$1,1 \cdot 10^{-7}$
Klass 6 giftmoln	-
Klass 8	$4,1 \cdot 10^{-5}$
Summa:	$4,2 \cdot 10^{-5}$

De enskilda scenariernas frekvenser i Tabell 29 är den data som frekvensmodellen lämnar över till "riskmodellen". I riskmodellen används ovanstående frekvenser tillsammans med resultatet av konsekvensberäkningarna i avsnitt 4.4. Notera att utsläpp av frätande ämne i klass 8 står för 98,5 % av alla olyckor.

⁵⁷ Banverket, *Riskanalys Helsingborgs rangerbangård*, prel. rapport, daterad 2009-06-05.

6 Risknivåer

I detta kapitel redovisas hur risknivåerna beräknas. Vanligtvis redovisas både individ- och samhällsrisk, men utifrån det resonemang som redovisas i avsnitt 2.5 är det endast nödvändigt att redovisas individrisken. En kontroll av samhällsrisk redovisas i avsnitt 8.4.

6.1 Modell för väg och järnväg

6.1.1 Beskrivning

Nedan följer en översiktlig beskrivning av den metodik som används för att kombinera frekvenser och konsekvenser till ett mått på individrisken. Frekvenserna för resp. scenario finns angivna i avsnitt 5.3.4 och 5.4.3. Dessa frekvenser kombineras sedan med sannolikhetsfördelningen för konsekvensens utbredning redovisad i Tabell 19 (sid. 41) och sannolikheten att ett område påverkas från avsnitt 5.1.3. Beräkningsgången exemplifieras i avsnitt 6.1.2 och 6.1.3.

6.1.2 Sannolikheten att en olycka når en viss punkt som en funktion av avståndet från transportleden

I avsnitt 4.4 redovisas sannolikhetsfördelningar för resp. olycksscenario och i avsnitt 5.1.3 redovisas en faktor för att korrigera olycksfrekvensen per km till den faktiska påverkan på ett visst avstånd från vägen. Denna information kombineras genom korsvis multiplikation för att ta fram en sannolikhetsfördelning som en funktion av avståndet från transportleden. Nedan visas ett exempel på beräkning avseende transport av explosivämnen i klass 1.

Avstånd	Klass 1 detonation	Olyckan når	Avstånd som studeras, m			
			0	10	20	30
10	1,2 %	0	-	-	-	-
20	20,0 %	10	0,02	-	-	-
30	16,8 %	20	0,04	0,03	-	-
40	48,9 %	30	0,06	0,06	0,04	-
50	1,4 %	40	0,08	0,08	0,07	0,05
60	2,1 %	50	0,10	0,10	0,09	0,08
70	2,5 %	60	0,12	0,12	0,11	0,10
80	2,9 %	70	0,14	0,14	0,13	0,13
90	2,5 %	80	0,16	0,16	0,15	0,15
100	1,5 %	90	0,18	0,18	0,18	0,17
120	0,2 %	100	0,20	0,20	0,20	0,19
		120	0,24	0,24	0,24	0,23

Olyckan når	Klass 1 detonation Avstånd som studeras, m			
	0	10	20	30
0	0 %	0 %	0 %	0 %
10	0 %	0 %	0 %	0 %
20	0,8 %	0,7 %	0 %	0 %
30	1,0 %	1,0 %	0,8 %	0 %
40	3,9 %	3,8 %	3,4 %	2,6 %
50	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %
60	0,3 %	0,2 %	0,2 %	0,2 %
70	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %
80	0,5 %	0,5 %	0,4 %	0,4 %
90	0,5 %	0,5 %	0,4 %	0,4 %
100	0,3 %	0,3 %	0,3 %	0,3 %
120	0,05 %	0,05 %	0,05 %	0,05 %

De två översta matriserna är utdrag ur Tabell 19 och Tabell 22 och den nedersta matrisen skapas genom att multiplicera de med varandra. För överblickbarhetens skull redovisas endast studerade avstånd 0-30 m. Naturligtvis sker den korsvisa multiplikationen för alla avstånd mellan 0 till 1000 m som redovisas i Tabell 19 och

Tabell 22. Slutligen summeras värdena i resp. kolumn i den resulterande matrisen, vilket redovisas i Tabell 31 nedan.

Tabell 31 Sannolikheten att en olycka på en vägsträcka av 1 km når ett visst avstånd från transportleden.

Avstånd	Klass 1 detonation	Klass 2 BLEVE	Klass 2 jetflamma	Klass 2 UVCE	Klass 2 giftmoln
0	0,077	0,636	0,038	0,140	0,317
10	0,074	0,636	0,023	0,137	0,316
20	0,061	0,635	0,016	0,126	0,313
30	0,044	0,633	0,014	0,107	0,307
40	0,017	0,631	0,010	0,095	0,297
50	0,014	0,628	0,007	0,085	0,282
60	0,011	0,625	0,003	0,080	0,268
70	0,008	0,620	0,0002	0,076	0,253
80	0,004	0,616	-	0,072	0,240
90	0,002	0,610	-	0,068	0,228
100	0,0003	0,604	-	0,065	0,218
120	-	0,589	-	0,059	0,202
140	-	0,571	-	0,052	0,189
160	-	0,549	-	0,046	0,178
180	-	0,523	-	0,040	0,167
200	-	0,493	-	0,033	0,158
220	-	0,457	-	0,027	0,149
240	-	0,413	-	0,022	0,141
260	-	0,355	-	0,017	0,135
280	-	0,278	-	0,014	0,129
300	-	0,178	-	0,011	0,123
320	-	0,086	-	0,008	0,117
340	-	0,029	-	0,006	0,112
360	-	0,003	-	0,004	0,107
380	-	-	-	0,003	0,102

Tabell 31 Sannolikheten att en olycka på en vägsträcka av 1 km når ett visst avstånd från transportleden.(forts.)

Avstånd	Klass 2 UVCE	Klass 2 giftmoln
400	0,002	0,097
450	0,001	0,084
500	0,0002	0,072
550	-	0,061
600	-	0,051
650	-	0,042
700	-	0,034
800	-	0,020
900	-	0,008

Tabell 31 Sannolikheten att en olycka på en vägsträcka av 1 km når ett visst avstånd från transportleden.(forts.)

Avstånd	Klass 3 pölbrand direkt	Klass 3 pölbrand fördröjd	Klass 3 giftmoln	Klass 5 detonation	Klass 6 giftmolnfrätskada	Klass 8
0	0,038	0,059	0,101	0,049	0,033	0,02
10	0,028	0,055	0,098	0,044	0,022	-
20	0,014	0,035	0,088	0,020	0,0002	-
30	-	0,022	0,069	0,0004	-	-
40	-	0,004	0,055	-	-	-
50	-	-	0,042	-	-	-
60	-	-	0,028	-	-	-
70	-	-	0,020	-	-	-
80	-	-	0,011	-	-	-
90	-	-	0,009	-	-	-
100	-	-	0,007	-	-	-
120	-	-	0,004	-	-	-
140	-	-	0,002	-	-	-
160	-	-	0,001	-	-	-

6.1.3 Beräkning av individrisk

I detta avsnitt redovisas hur individrisken beräknas för ett enskilt scenario – detonation av explosivt ämne i klass 1. Beräkningen utgör ett exempel på metodiken för att ta fram individrisken och upprepas sedan i modellen för samtliga scenarier som beskrivs i avsnitt 4.1.2.

1. Olycksfrekvensen för detonation av explosivt ämne i klass 1 (på Hamnleden inkl. Kemira med en hastighetsbegränsning på 50 km/h) hämtas från Tabell 25 (sid. 55) och är $1,2 \cdot 10^{-6}$ per kilometer och år.
2. Med hjälp av information om sannolikheten att konsekvensen påverkar ett visst avstånd från transportleden givet en olycka på en vägsträcka av 1 km (se Tabell 31) kan individrisken beräknas, vilket görs i Tabell 32.

Tabell 32 Beräkning av individrisk för transport av explosiva ämnen i klass 1 på väg 50 km/h inkl. Kemira

Avstånd, m	Sannolikhet att konsekvensen når ett visst avstånd vid olycka på en vägsträcka av 1 km	Individrisk, per år
0	0,077	$0,077 \times 1,2 \cdot 10^{-6} = 9,24 \cdot 10^{-8}$
10	0,074	$0,074 \times 1,2 \cdot 10^{-6} = 8,88 \cdot 10^{-8}$
20	0,061	$0,061 \times 1,2 \cdot 10^{-6} = 7,32 \cdot 10^{-8}$
30	0,044	$0,044 \times 1,2 \cdot 10^{-6} = 5,28 \cdot 10^{-8}$
40	0,017	$0,017 \times 1,2 \cdot 10^{-6} = 2,04 \cdot 10^{-8}$
50	0,014	$0,014 \times 1,2 \cdot 10^{-6} = 1,68 \cdot 10^{-8}$
60	0,011	$0,011 \times 1,2 \cdot 10^{-6} = 1,32 \cdot 10^{-8}$
70	0,008	$0,008 \times 1,2 \cdot 10^{-6} = 9,60 \cdot 10^{-9}$
80	0,004	$0,004 \times 1,2 \cdot 10^{-6} = 4,80 \cdot 10^{-9}$
90	0,002	$0,002 \times 1,2 \cdot 10^{-6} = 2,4 \cdot 10^{-9}$
100	0,0003	$0,0003 \times 1,2 \cdot 10^{-6} = 3,60 \cdot 10^{-10}$

6.2 Modell för rangerbangården

Olycksfrekvensen för rangerbangården (redovisad i avsnitt 5.5) uttrycks inte per km och år som den gör för väg och järnväg, utan per år. Därför krävs en annorlunda modell för beräkning av individrisken utmed rangerbangården. Frekvenserna för resp. scenario finns angivna i avsnitt 5.5.3. Dessa frekvenser kombineras sedan med fördelningsfunktionen för konsekvensens utbredning redovisad i Tabell 20 (sid. 43). Därmed är det mycket enkelt att först räkna ut individrisken för resp. scenario och sedan summera dessa individrisker och erhålla den totala individrisken som en funktion av avståndet från väg, se nedanstående exempel:

Scenariobeskrivning:

Olycka med vid rangering med vagn lastad med fordon som medför brandfarlig vätska i ADR-klass 3, vilket leder till utsläpp och pölbrand (med fördröjd antändning) vid vägtransport 50 km/h inkl. Kemira.

Frekvens:

Scenariots frekvens hämtas från Tabell 30 och är $1,2 \cdot 10^{-7}$ per år.

Konsekvens:

Konsekvensens fördelningsfunktion redovisas i Tabell 20 och återges i Tabell 33 nedan som "sannolikheten att konsekvensen överstiger (eller är lika stor) som ett givet avstånd.

Individrisk:

Individrisken på ett givet avstånd fås genom att multiplicera scenariots frekvens med värdet på konsekvensens fördelningsfunktion på det givna avståndet. Resultatet redovisas i Tabell 33.

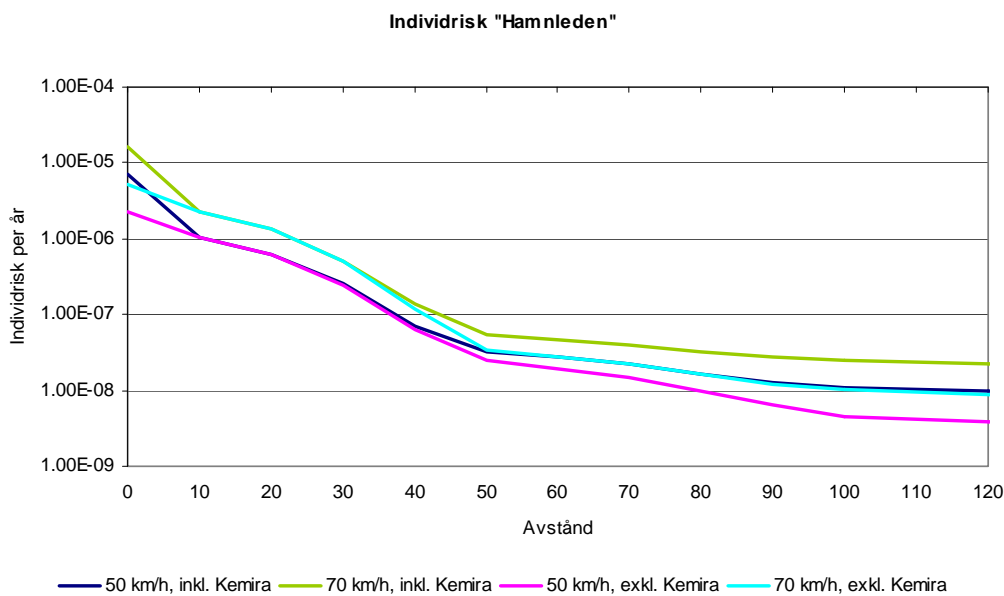
Tabell 33 Beräkning av individrisk för ett specifikt scenario (se beskrivningen ovan).

Avstånd, m	Sannolikhet att konsekvensen överstiger ett visst avstånd	Individrisk, per år
0	100 %	$100 \% \times 1,2 \cdot 10^{-7} = 1,20 \cdot 10^{-7}$
10	98 %	$98 \% \times 1,2 \cdot 10^{-7} = 1,18 \cdot 10^{-7}$
20	55 %	$55 \% \times 1,2 \cdot 10^{-7} = 6,60 \cdot 10^{-8}$
30	37 %	$37 \% \times 1,2 \cdot 10^{-7} = 4,44 \cdot 10^{-8}$
40	7 %	$7 \% \times 1,2 \cdot 10^{-7} = 8,40 \cdot 10^{-9}$
50	0 %	$0 \% \times 1,2 \cdot 10^{-7} = 0$

6.3 Resultat

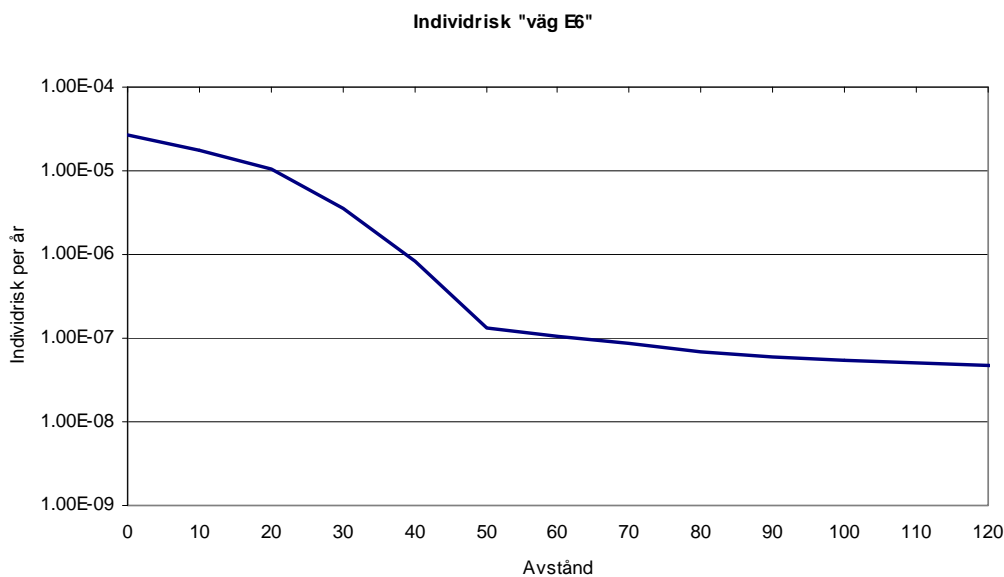
6.3.1 Vägtransport

Riskenivåerna för vägtransport på Hamnleden redovisas för fyra olika fall, vilka utgörs av hastighetsbegränsning 50 km/h eller 70 km/h samt om trafiken inkluderar eller exkluderar transporter till Kemira. I Figur 15 redovisas individrisken som en funktion av avstånd från vägkant från Hamnleden.



Figur 15 Individrisk som en funktion av avståndet från Hamnleden.

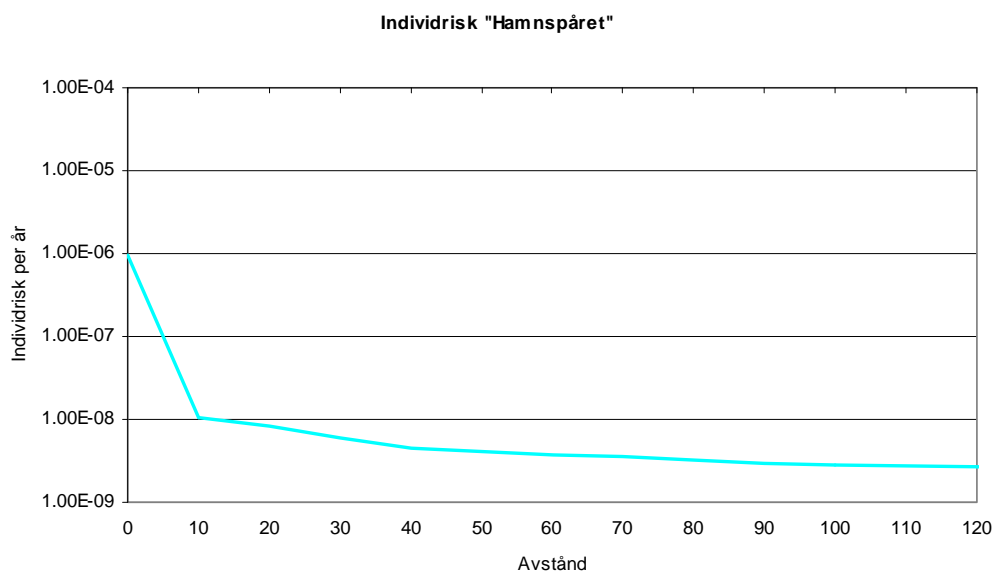
Riskenivån utmed väg E6 redovisas i Figur 16.



Figur 16 Individrisk som en funktion av avståndet från väg E6.

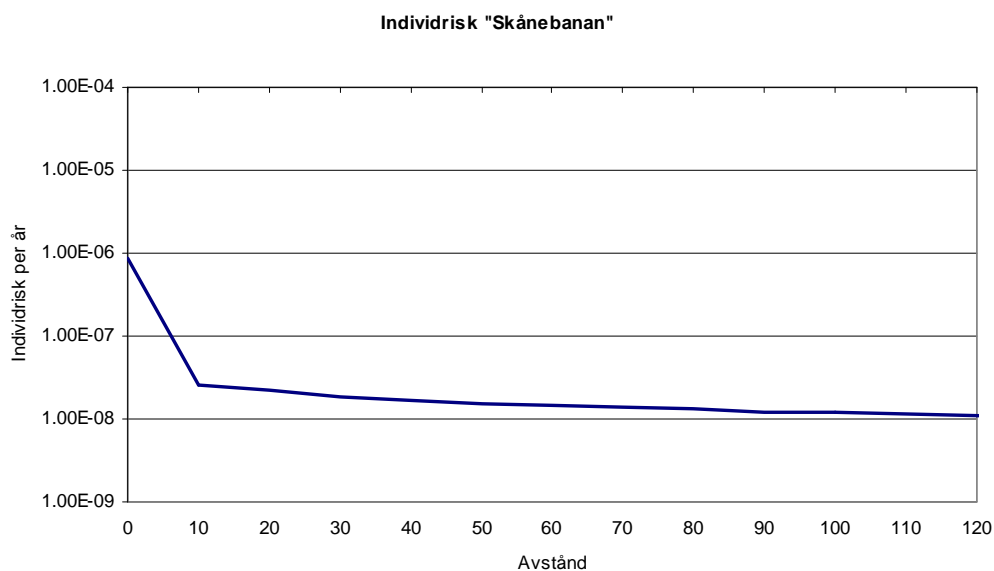
6.3.2 Järnvägstransport

I Figur 17 presenteras individrisken utmed Hamnspåret som en funktion av avståndet från närmsta spår.



Figur 17 Individrisk som en funktion av avståndet från Hamnspåret.

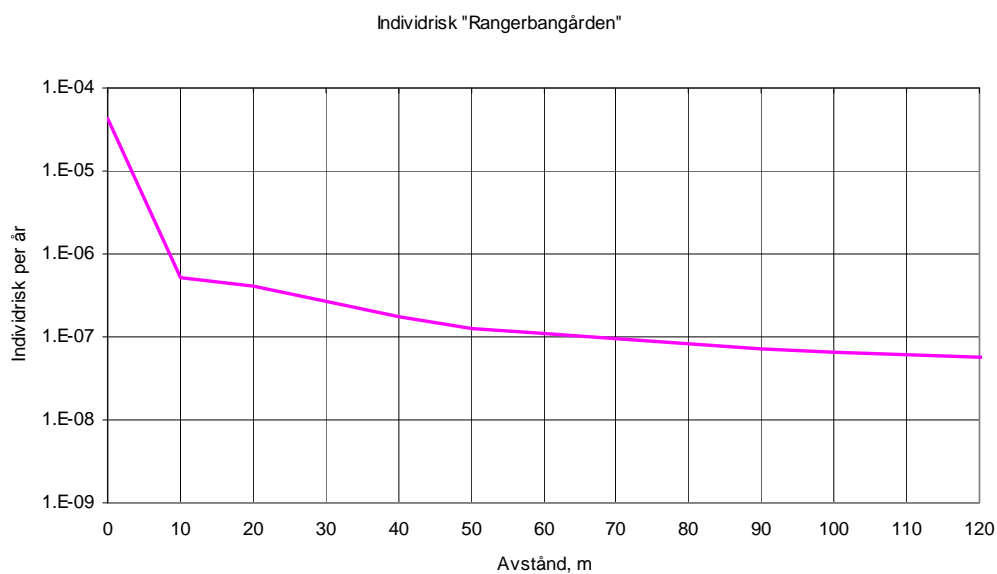
I Figur 19 presenteras individrisken utmed Skånebanan som en funktion av avståndet från närmsta spår.



Figur 18 Individrisk som en funktion av avståndet från Skånebanan.

6.3.3 Rangering

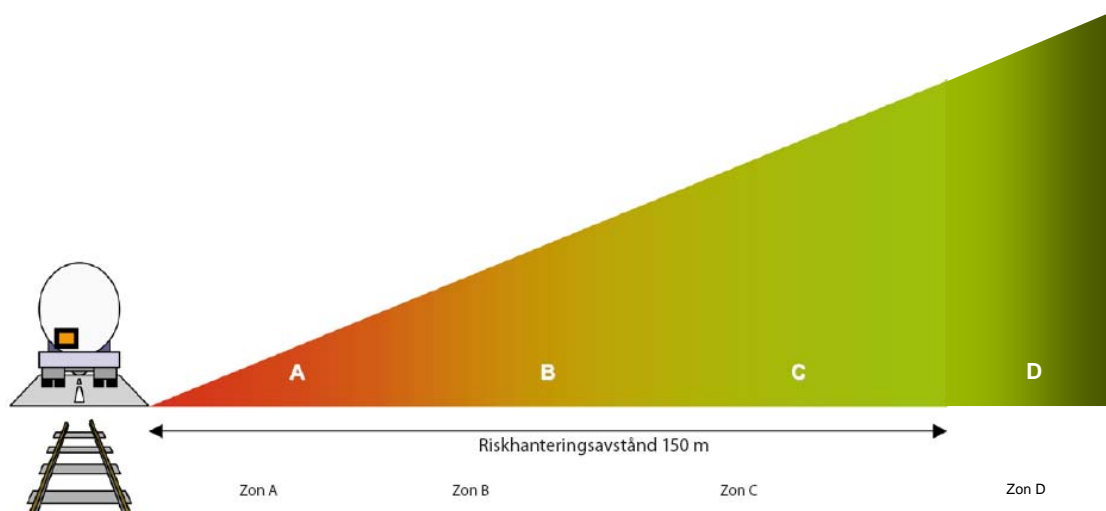
I Figur 19 presenteras individrisken som ett avstånd från rangerbangården.



Figur 19 Individrisk som en funktion av avståndet från rangerbangården.

7 Strategi för bebyggelseplanering

I Figur 20 visas hur Länsstyrelserna i Stockholm, Västra Götaland och Skåne tänker sig en zonindelning utmed färdvägar för farligt gods.



Figur 20 Zonindelning intill färdväg för farligt gods hämtad från "Riskhantering i detaljplaneprocessen" utgiven av Länsstyrelserna i Stockholm, Västra Götaland och Skåne.

De riktlinjer som redovisas här bygger på samma princip och fastställer vilka avstånd som gäller till de olika zonerna.

7.1 Kategorier för olika markanvändning

Riktlinjerna redovisas för fyra kategorier av markanvändning, enligt uppdelningen i Länsstyrelsens riktlinjer⁵⁸, se avsnitt 2.4. Dock sker viss modifiering av tolkningen av vilken verksamhet som kan tillhöra en viss kategori. Enligt förslaget till kriterier för riskvärdering för Helsingborgs stad i avsnitt 2.5 anses alla former av bostäder och kontor (inkl. hotell) tillhöra "normalkänslig verksamhet". De fyra kategorierna är:

Zon A (okänslig verksamhet)

- ♦ P – Parkering (ytparkering)
- ♦ T – Trafik
- ♦ L – Odling
- ♦ N – Friluftsområde (t.ex. motionsspår)
- ♦ E – Tekniska anläggningar (som ej orsakar skada på avåkande fordon)

⁵⁸ Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

Zon B (mindre känslig verksamhet)

- ♦ H – Handel (< 3 000 m²)
- ♦ J – Industri
- ♦ G – Bilservice
- ♦ U – Lager (utan betydande handel)
- ♦ E – Tekniska anläggningar (övriga anläggningar)
- ♦ P – Parkering (övrig parkering)

Zon C (normalkänslig verksamhet)

- ♦ B – Bostäder
- ♦ H – Handel (övrig handel)
- ♦ K – Kontor (inkl. hotell)
- ♦ U – Lager (även med betydande handel)
- ♦ Y – Idrotts- och sportanläggningar (utan betydande åskådarplats)
- ♦ C – Centrum
- ♦ R – Kultur

Zon D (känslig verksamhet)

- ♦ D – Vård
- ♦ S – Skola
- ♦ Y – Idrotts- och sportanläggningar (med betydande åskådarplats)

7.2 Rekommenderade avstånd till bebyggelse

De rekommenderade avstånd till bebyggelse som redovisas i detta avsnitt bygger strikt på att kriterierna för individrisk uppfylls. De relaterar inte till de faktiska konsekvenserna av olyckor om de inträffar utan kan användas för att säkerställa att risknivån (frekvens x konsekvens) blir tillfredsställande låg. Det kan finnas ett behov av ett minsta bebyggelsefritt avstånd, vilket diskuteras i avsnitt 7.3.

Precisionen i genomförda beräkningar gör att rekommenderade avstånd anges i intervall om 10 m, där avrundning har skett till närmaste övre avstånd om individrisken inte understigit relevant värde på det studerade avståndet.

7.2.1 Vägtransport

Redovisningen av individrisken utmed Hamnleden i avsnitt 6.3.1 kan tillsammans med riskvärderingskriterierna i avsnitt 2.5 användas för att bestämma rekommenderade avstånd till bebyggelse, se Tabell 34.

Tabell 34 Avstånd (från vägkant) till viss markanvändning intill Hamnleden.

Kategori ⁵⁹	Inkl. Kemira		Exkl. Kemira	
	50 km/h	70 km/h	50 km/h	70 km/h
Zon B Mindre känslig	0 m	10 m	0 m	0 m
Zon C Normal känslighet	10 m	30 m	10 m	30 m
Zon D Känslig	40 m	50 m	40 m	50 m

På samma sätt kan rekommenderade skyddsavstånd till väg E6 vid passage förbi Helsingborg presenteras, se Tabell 35.

Tabell 35 Avstånd (från vägkant) till viss markanvändning intill väg E6.

Kategori ⁵⁹	Väg E6, 110 km/h
Zon B Mindre känslig	20 m
Zon C Normal känslighet	40 m
Zon D Känslig	70 m

7.2.2 Järnvägstransport

Redovisningen av individrisken vid järnvägstransport på Hamnspåret och Skånebanan i avsnitt 6.3.2 kan tillsammans med riskvärderingskriterierna i avsnitt 2.5 användas för att bestämma rekommenderade avstånd till bebyggelse, se Tabell 36.

Tabell 36 Avstånd (från spårkant) till viss markanvändning utmed Hamnspåret och Skånebanan.

Kategori ⁵⁹	Hamnspåret	Skånebanan
Zon B Mindre känslig	0 m	0
Zon C Normal känslighet	10 m	10 m
Zon D Känslig	10 m	10 m

7.2.3 Rangering

Redovisningen av individrisken utmed rangerbangården i avsnitt 6.3.3 kan tillsammans med riskvärderingskriterierna i avsnitt 2.5 användas för att bestämma rekommenderade avstånd till bebyggelse, se Tabell 37.

Tabell 37 Avstånd (från spårkant) till viss markanvändning intill rangerbangården.

Kategori ⁵⁹	Rangerbangården
Zon B Mindre känslig	10 m
Zon C Normal känslighet	10 m
Zon D Känslig	70 m

⁵⁹ Se avsnitt 7.1.

7.3 Behov av minimiavstånd

Det kan finnas ett behov av ett minimiavstånd till markanvändning i zon B till zon D. Ett av skälen kan vara att det måste finnas utrymme för räddningstjänsten att kunna arbeta effektivt och begränsa skadans utbredning. Även om beräknade risknivåer är försumbart låga kräver det faktum att farligt gods transporteras på sträckan att det finns en möjlighet att hantera de olyckor som trots allt kan uppkomma. Ett annat skäl kan vara strikt konsekvensbaserat där det kan vara intressant att mildra konsekvenserna av de vanligaste olyckorna om de skulle inträffa.

Vägtrafik

I väglag (1971:948) anges ett minsta avstånd till riksväg på 12 m. För vissa vägar ger väglagen länsstyrelsen rätt att öka detta avstånd till maximalt 50 m.

Järnvägstrafik

Banverket och Räddningsverket anger att det normalt inte ska finnas någon bebyggelse inom 30 meter från järnvägen på grund av att detta utrymme behövs för eventuella räddningsinsatser⁶⁰. Ett sådant avstånd medger också en eventuell komplettering av riskreducerande åtgärder vid förändrad risksituation.

Konsekvensbaserat synsätt avseende Hamnleden i Helsingborg

Beräkningarna av frekvenser i avsnitt 5.3.4, 5.4.3, och 5.5.3 visar att det är olyckor med utsläpp av frätande ämne i ADR-klass 8 (t.ex. svavelsyra) som dominerar riskbilden. Utsläpp av frätande ämne står för c:a 92 % av olyckorna på väg och c:a 99 % av olyckorna vid järnvägstransport/rangering. Konsekvensområdet för dessa olyckor är som mest c:a 10 m från fordonet, vilket tillsammans med ett avåkningskydd kan utgöra en rimligt minsta avstånd till bebyggelse.

⁶⁰ Banverket och Räddningsverket, *Säkra järnvägstransporter av farligt gods*, 2007.

8 Diskussion

8.1 Hastighetsbegränsningens påverkan på individrisken

I detta avsnitt redovisas hur hastighetsbegränsningen på en väg påverkar individrisken. Hastighetsbegränsningen styr sannolikheten för läckage vid olycka som medför farligt gods. I avsnitt 5.3.3 redovisas ett s.k. index för farligtgoodsolycka för hastighetsbegränsningarna 50 och 70 km/h. Nedan kompletteras denna information med gällande värde för 30 resp. 110 km/h.

- ♦ Sannolikheten för utsläpp vid olycka i 30 km/h är 0,01 (1 av 100 olyckor).
- ♦ Sannolikheten för utsläpp vid olycka i 50 km/h är 0,02 (1 av 50 olyckor).
- ♦ Sannolikheten för utsläpp vid olycka i 70 km/h är 0,11 (1 av 9 olyckor).
- ♦ Sannolikheten för utsläpp vid olycka i 110 km/h är 0,42 (5 av 12 olyckor).

Genom att göra relativa jämförelser kan det konstateras att sannolikheten för läckage ökar 2 ggr om hastigheten höjs från 30 till 50 km/h och med 5,5 ggr om hastigheten höjs från 50 till 70 km/h. Om hastigheten ökas från 50 till 110 km/h ökar sannolikheten för utsläpp med 21 ggr, medan ökningen från 70 km/h till 110 km/h blir 3,8 ggr.

Även om sannolikheten för utsläpp minskar när hastighetsbegränsningen sänks finns det en omvänd korrelation mot antalet trafikolyckor, vilka tenderar till att öka om hastigheten sänks. I avsnitt 5.3.2 redovisas olycksfrekvenser för väg 50 resp. 70 km/h, vilka nedan kompletteras med data för 30 resp. 110 km/h⁶¹.

- ♦ Olycksfrekvens på väg 30 km/h är $1,17 \cdot 10^{-6}$ per fordonskilometer.
- ♦ Olycksfrekvens på väg 50 km/h är $9,12 \cdot 10^{-7}$ per fordonskilometer.
- ♦ Olycksfrekvens på väg 70 km/h är $3,85 \cdot 10^{-7}$ per fordonskilometer.
- ♦ Olycksfrekvens på väg 110 km/h är $2,67 \cdot 10^{-7}$ per fordonskilometer.

Om hänsyn tas både till sannolikheten för utsläpp vid en olycka och olycksfrekvensen går det beräkna frekvensen för olyckor som leder till utsläpp.

- ♦ Väg 30 km/h har en frekvens för utsläpp på $0,01 \times 1,17 \cdot 10^{-6} = 1,17 \cdot 10^{-8}$.
- ♦ Väg 50 km/h har en frekvens för utsläpp på $0,02 \times 9,12 \cdot 10^{-7} = 1,82 \cdot 10^{-8}$.
- ♦ Väg 70 km/h har en frekvens för utsläpp på $0,11 \times 3,85 \cdot 10^{-7} = 4,24 \cdot 10^{-8}$.
- ♦ Väg 110 km/h har en frekvens för utsläpp på $0,42 \times 2,67 \cdot 10^{-7} = 1,12 \cdot 10^{-7}$.

Om ovanstående frekvenser för utsläpp normeras till den lägsta (väg 30 km/h) är det möjligt att se hur individrisken ökar som en funktion av vägens hastighetsbegränsning.

⁶¹ Olyckskvoten för väg 110 km/h är enligt "Effektsamband 2000" är $1,84 \cdot 10^{-7}$ för. Andelen singelolyckor är 0,05 resp. 0,55. Se även avsnitt 5.3.2.

- ♦ Väg 30 km/h har 1,6 ggr lägre risk än väg 50 km/h
- ♦ Väg 50 km/h har 2,3 ggr lägre risk än väg 70 km/h och 6,2 ggr lägre risk än väg 110 km/h.
- ♦ Väg 70 km/h har 2,6 ggr lägre risk än väg 110 km/h

Ett annat sätt att tolka ovanstående information är att en hastighetsbegränsning på 50 km/h kan hantera ett fördubblat flöde av farligt gods till samma risknivå som väg 70 km/h. Hastighetsbegränsningar är därför en effektiv åtgärd om framtida transportmängder avviker stort från gjorda prognoser.

8.2 Jämförelse mellan riktlinjer för Helsingborgs stad och RIKTSAM

Länsstyrelsens riktlinjer⁶² (RIKTSAM) är tänkt att användas som ett planeringsunderlag för bebyggelse intill transportleder för farligt gods. Riktlinjerna är baserade på vägtransport i 110 km/h och gör ingen skillnad mellan transporter på väg eller järnväg. I avsnitt 8 visas att det är möjligt att reducera individrisken drygt 6 ggr om en väg har en hastighetsbegränsning på 50 km/h i jämförelse med väg 110 km/h. Denna riskreduktion till följd av lägre tillåten hastighet är en av anledningarna till att risken är lägre i Helsingborg i jämförelse med beräkningarna i RIKTSAM.

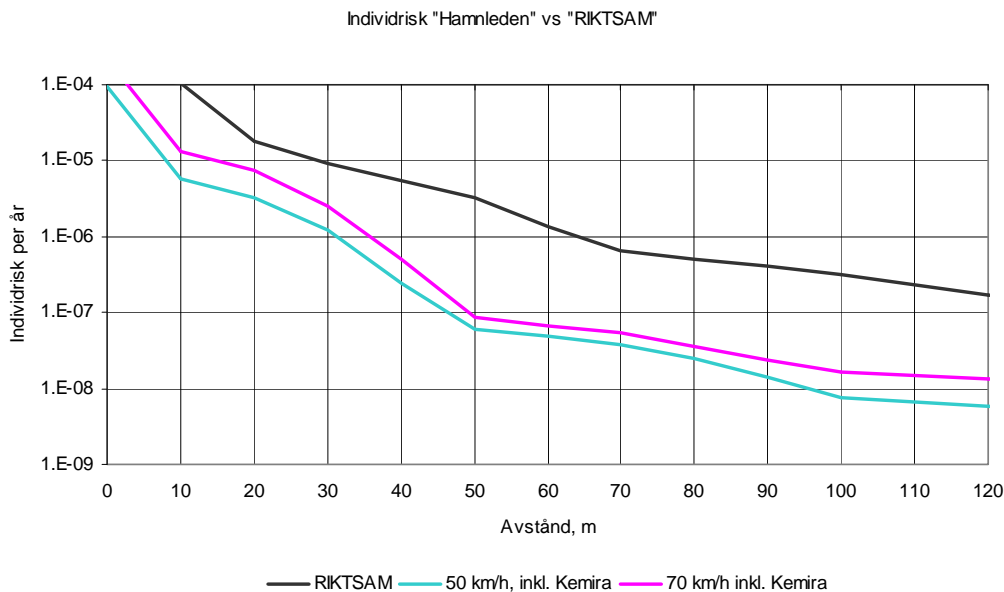
En annan anledning till en förändrad riskbild är fördelningen av farligt gods inom resp. huvudklass. I Tabell 38 visas andelen farligt gods inom resp. ADR-klass för Helsingborg och RIKTSAM.

Tabell 38 Transport av farligt gods på väg år 2009.

ADR-klass	Helsingborg	RIKTSAM
1	2,8 %	0,9 %
2	7,7 %	12,0 %
3	24,7 %	76,9 %
4	1,0 %	0,9 %
5	9,1 %	1,2 %
6	0,2 %	0,6 %
7	0,1 %	0,1 %
8	53,0 %	7,2 %
9	1,3 %	0,3 %

De stora skillnaderna mellan Helsingborg och RIKTSAM är dels överrepresentationen av farligt gods i klass 1, 5 och 8, samt underrepresentationen av produkter i klass 3. Masseexplosiva varor i klass 1 ger relativt stora konsekvenser på omgivningen, upp till 80 m enligt Tabell 18 (sid. 40). Däremot ger produkter i klass 8 sällan konsekvenser på omgivningen och samma sak gäller för produkter i klass 5, undantaget vissa speciella fall. Produkter i klass 3 ger konsekvenser på 30-40 m avstånd. Denna information, tillsammans med den minskade frekvensen för utsläpp gör att individrisken skiljer sig markant åt, se

⁶² Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.



Figur 21 Jämförelse av individrisk mellan Hamnleden i Helsingborg och RIKTSAM.

RIKTSAM arbetar med en s.k. karakteristisk väglängd på 0,3 km för att uppskatta olycksfrekvensen. Konkret innebär detta att en olycksfrekvens för 300 m används som normerande, även om olyckan har en utbredning på mindre än 150 m. I avsnitt 4.4 visar att konsekvenserna av de flesta olyckor understiger detta värde och det är enbart olyckor med utsläpp av brandfarliga eller giftiga gaser i klass 2 som ger större konsekvenser. Den modell som RIKTSAM baseras på innebär därför en överskattning av den faktiska olycksfrekvensen. I Tabell 39 redovisas sannolikheten att en olycka får en konsekvens bortom ett givet avstånd.

Tabell 39 Sannolikhet för att olyckan ger en konsekvens bortom ett visst avstånd.

Avstånd	Sannolikhet att olyckan når bortom ett givet avstånd	
	Hamnleden	RIKTSAM
10 m	6,175 %	16,755 %
20 m	3,520 %	6,786 %
30 m	1,257 %	4,464 %
40 m	0,257 %	3,212 %
50 m	0,065 %	2,413 %
60 m	0,052 %	1,671 %
70 m	0,039 %	1,281 %
80 m	0,025 %	0,804 %
90 m	0,014 %	0,671 %
100 m	0,008 %	0,575 %
120 m	0,006 %	0,461 %
140 m	0,005 %	0,379 %
160 m	0,004 %	0,304 %
180 m	0,004 %	0,252 %
200 m	0,003 %	0,220 %

Tabell 39 visar att det är 3 ggr lägre sannolikhet att riskavståndet är större än 10 m i Helsingborg i jämförelse med beräkningarna i RIKTSAM. För avstånden 50, 100 och 200 m är sannolikheten 37, 75 resp. 67 ggr lägre.

8.3 Riskbidrag per "konsekvenstyp"

Det kan vara intressant att känna till "riskbidraget" från en specifik typ av konsekvens, exempelvis tryckskada eller brännskada. För att ta fram denna information krävs kännedom om konsekvensområdet för resp. olycka (se avsnitt 4.4) samt hur sannolikt det är att just denna olycka inträffar (se avsnitt 5.3.4, 5.4.3, och 5.5.3). De olika olycksscenarierna har grupperats efter vilken skada (konsekvenstyp) de medför, dvs. tryckskada, brandskada, förgiftning eller frätskada, se Tabell 40.

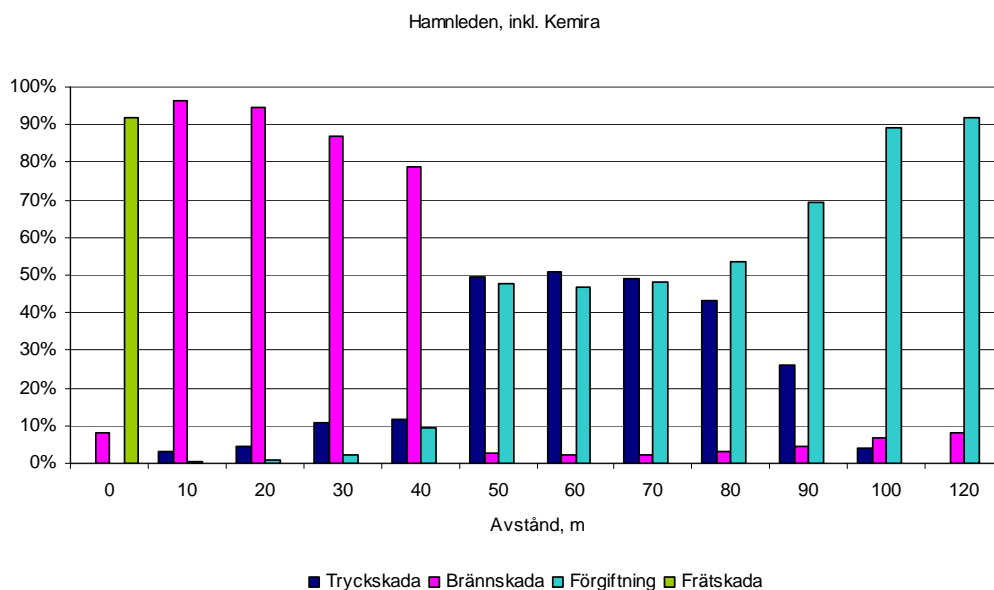
Tabell 40 Gruppering av olycksscenarier efter konsekvenstyp.

Konsekvenstyp	Olycksscenario
Tryckskada	Klass 1 detonation
	Klass 5 detonation
Brandskada	Klass 2 BLEVE
	Klass 2 jetflamma
	Klass 2 UVCE
	Klass 3 pölbrand (direkt och fördröjd)
Förgiftning	Klass 2 giftmoln
	Klass 3 giftmoln
	Klass 6 giftmoln
Frätskada	Klass 8

Beräkningen görs med hjälp av nedanstående uttryck:

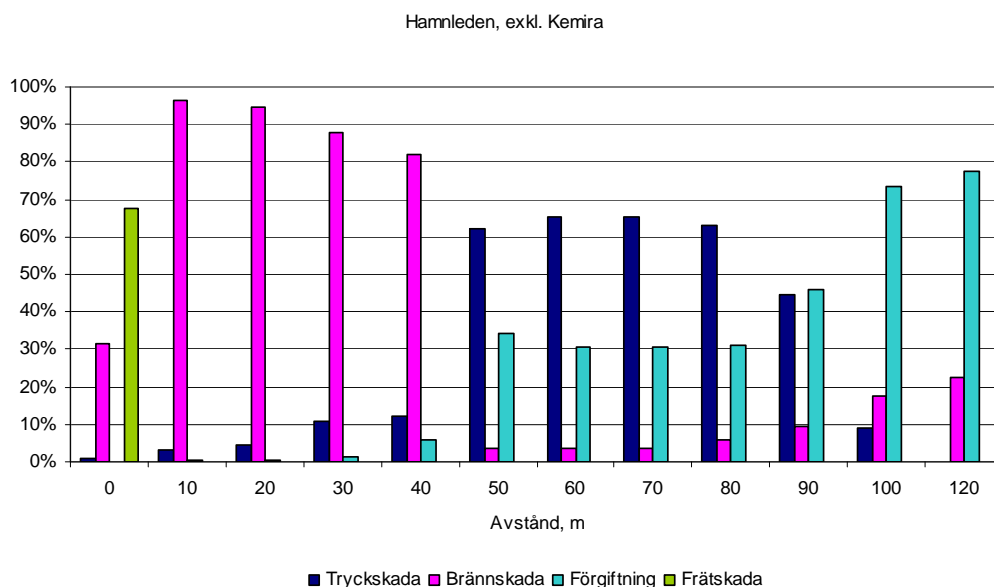
$$IR = \sum_{olycka,i}^{11} IR_i, IR_{konsekvenstyp} = \sum_{olycka\ med\ konsekvens,i}^n IR_i, Riskbidrag_{konsekvenstyp} = \frac{IR_{konsekvenstyp}}{IR}$$

Resultatet redovisas i Figur 22-Figur 25.

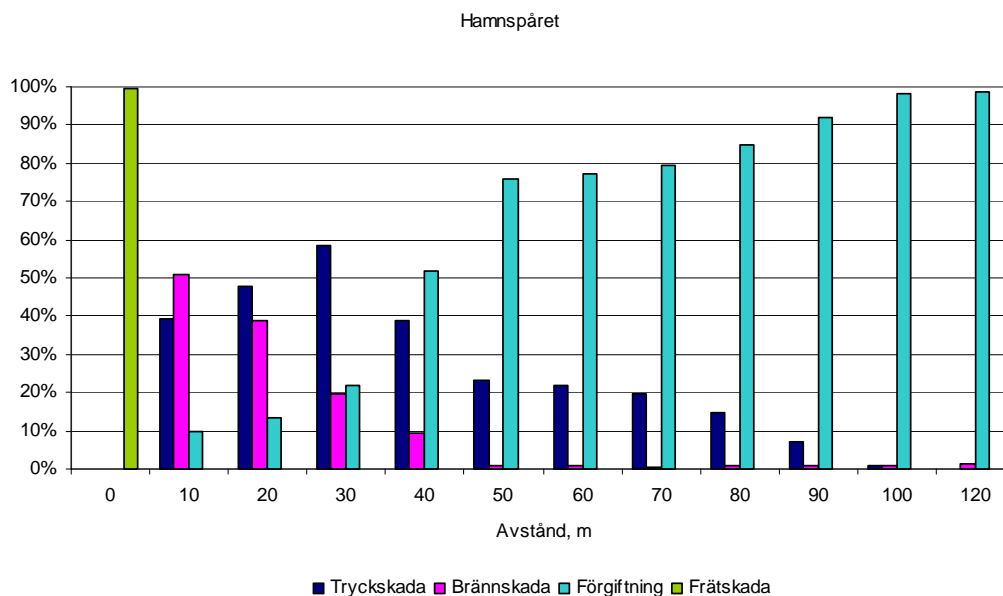


Figur 22 Riskbidrag på avstånd 0-120 m uppdelat per konsekvenstyp utmed Hamnleden (inkl. Kemira).

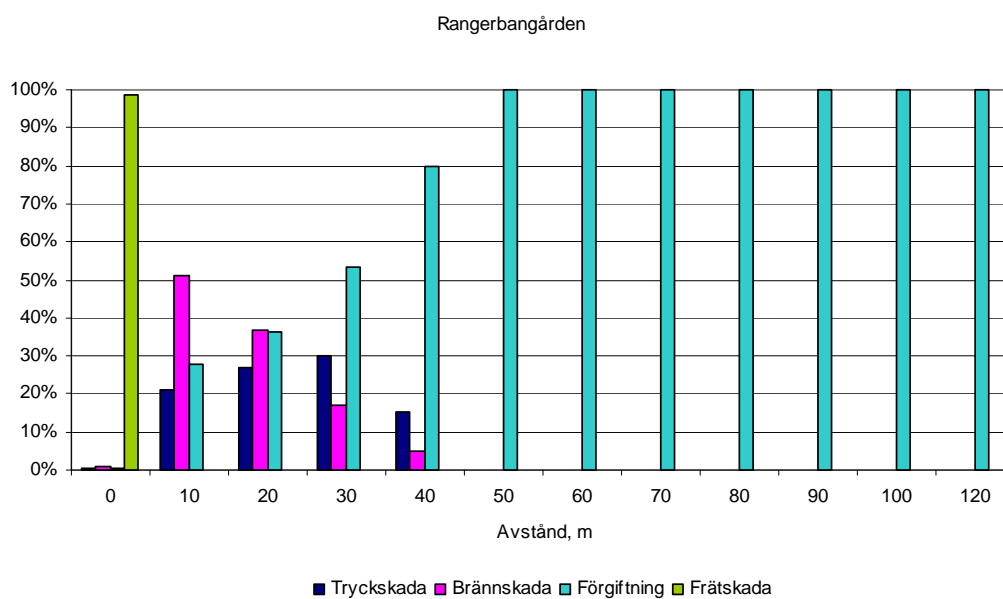
Om man exempelvis ska uppföra en byggnad på ett avstånd om 40 m från väggkant kan informationen i Figur 22 användas för att bestämma effektiviteten på olika åtgärder. Figur 22 visar att brännskador står för 79 % av riskbilden, trycksador för 12 % och förgiftning för 9 % på det angivna avståndet.



Figur 23 Riskbidrag på avstånd 0-120 m uppdelat per konsekvenstyp utmed Hamnleden (exkl. Kemira).



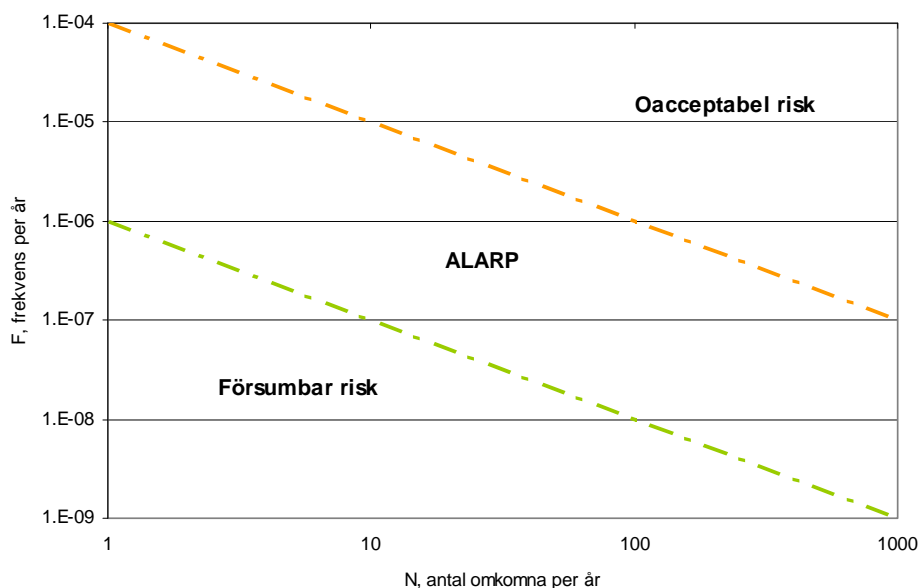
Figur 24 Riskbidrag på avstånd 0-120 m uppdelat per konsekvenstyp utmed Hamnspåret.



Figur 25 Riskbidrag på avstånd 0-120 m uppdelat per konsekvenstyp utmed rangerbangården.

8.4 Samhällsrisk vid Hamnleden

Länsstyrelsen anger i sina riktlinjer⁶³ att samhällsriskerna ska beräknas när känslig bebyggelse placeras närmre transportleden än vad som anges i "Vägledning 1". I avsnitt 2.1 redovisas allmänna principer för riskvärdering och i avsnitt 2.5 visar föreslagna acceptanskriterier för Helsingborgs stad. Kriterierna bygger på principen att individrisken differentieras för olika bebyggelsetyper för att på ett implicit sätt säkerställa att samhällsriskerna uppfyller förslag på kriterier i "Värdering av risk", vilka återges Figur 26 nedan.



Figur 26 Förslag till kriterier för samhällsrisk⁶⁴.

Länsstyrelsens riktlinjer utgår från följande förutsättningar när samhällsriskerna beräknas:

- ♦ Det förutsätts finnas ett bebyggelsefritt avstånd på 20 m från väggkant.
- ♦ Befolkningstätheten är 1 000 personer/km² i området 20-60 m från väggkant. På avstånd större än 60 m är befolkningstätheten 4 100 personer/km².
- ♦ Dagtid befinner sig 10 % av befolkningen utomhus och 90 % inomhus. På natten är 1 % utomhus och 99 % inomhus.

Enligt "Vägledning 3" är samhällsriskerna acceptabel om det kan påvisas att samhällsriskerna⁶⁵ understiger 10⁻⁵ per år där N=1 och 10⁻⁷ per år där N=100.

⁶³ Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen – bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Rapport "Skåne i utveckling", 2007:06.

⁶⁴ Davidsson, G., Lindgren, M., Mett, L., *Värdering av risk*. (SRV FoU rapport P21-182/97). Karlstad: Räddningsverket, 1997.

⁶⁵ Samhällsriskerna avser 1 km² med den tillkommande bebyggelsen placerad i mittpunkt och beräknas med frekvenser för 1 km transportled. Samhällsriskerna skall presenteras i sin helhet i F/N diagram

Som bakgrund till val av befolkningstäthet (4 100 personer/km²) kan nämnas att detta värde har använts av Kylefors⁶⁶ som representativt för tätort. Som jämförelse använder VTI⁶⁷ 2500 personer/km² som representativt för "stad", och de mest tätbefolkade delarna av Malmö har en täthet på mellan 6 000 och 10 000 personer/km².

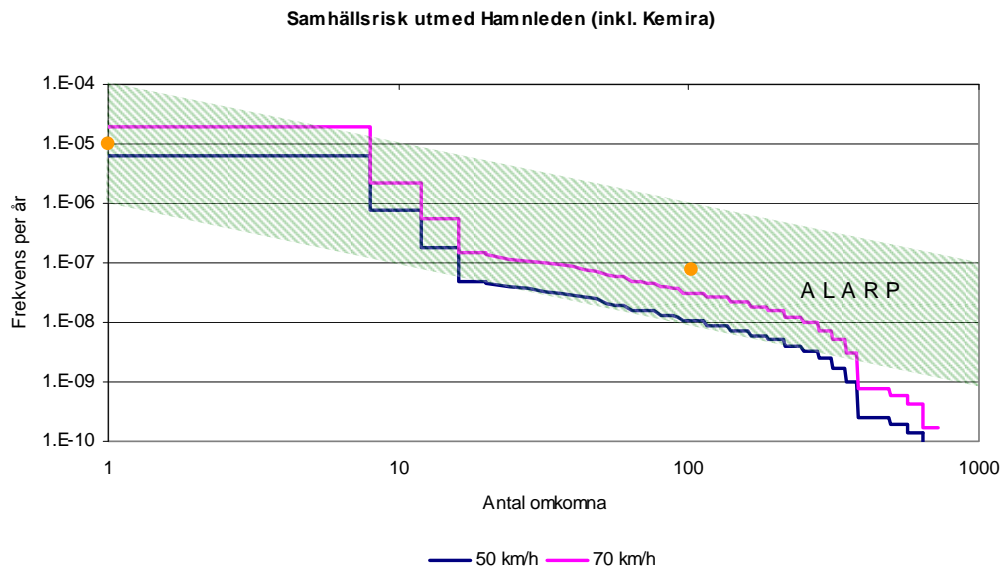
Vid kontrollberäkningen av samhällsriskerna utmed Hamnleden justeras dessa värden för att undersöka om rekommendationerna i avsnitt 2.5 är att beaktas som robusta. Befolkningstätheten förutsätts vara 10 000 personer/km² och det finns ett bebyggelsefritt avstånd på 10 m till vägen. Dagtid antas 20 % vara utomhus och natttid är 5 % utomhus. Samhällsriskerna beräknas med följande arbetsgång.

1. Olycksfrekvensen för Hamnleden inkl. Kemira med en hastighetsbegränsning på 50 km/h hämtas från Tabell 25 (sid. 55).
2. Med hjälp av information om frekvensen för varje scenario (se Tabell 25) är det möjligt att skapa en diskret fördelning som kan användas för att slumpa vilket scenario som inträffar givet att en olycka med farligt gods sker.
3. När olyckan är känd används fördelningen för olyckans konsekvensområde (se Figur 11 på sid. 40) för att hämta det avstånd inom vilket dödliga förhållanden råder.
4. Avståndet omvandlas till en yta genom att ta hänsyn till olyckans utbredning. Här kan informationen om olycksriktning användas (se avsnitt 5.1.2). Utsläpp av giftiga gasmoln har en spridningsvinkel på c:a 22°, medan detonation, BLEVE och pölbrand har cirkulära utbredningsområden. Jetflamman och utsläpp av frätande ämne antas ha kvadratiska riskområden.
5. När den yta inom vilken dödliga förhållanden råder är det möjligt att undersöka hur många människor som omkommer. Det förutsätts att 2/3 av olyckorna inträffar på dagen och 1/3 på natten. Det viktade värdet på antal personer som befinner sig utomhus är $10\,000 \times 20\% \times 2/3 + 10\,000 \times 5\% \times 1/3 = 1\,500$ personer/km².
6. Om olyckan har ett konsekvensområde som är större än det bebyggelsefria avståndet på 10 m noteras antalet människor som omkommer enligt pkt. 4 ovan. Avrundning sker alltid uppåt, vilket i praktiken innebär att minst en människa omkommer varje gång som olyckan för en utbredning som är större än det bebyggelsefria avståndet. Detta är en konservativ ansats.

⁶⁶ Kylefors, M., *Cost-Benefit Analysis of Separation Distances, a utility-based approach to risk management decision-making*, Rapport 1023, Avdelningen för brandteknik, Lunds universitet, 2001

⁶⁷ Väg- och Trafikforskningsinstitutet, *Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor*, rapport nr 387:3, 1994

Pkt. 1 till 5 upprepas 10 miljoner gånger med hjälp av riskanalysverktyget @RISK⁶⁸ för att få en korrekt representation av risken. Därefter är det möjligt att plotta samhällsrisk i form av en F/N-kurva, se Figur 27.



Figur 27 Samhällsrisk utmed Hamnleden (inkl. Kemira).

Väg 50 km/h har en samhällsrisk som ligger i den s.k. ALARP-zonen (se avsnitt 2.1 för mer information) och den uppfyller även de krav som anges i RIKTSAM. Väg 70 km/h har en samhällsrisk som går utanför ALARP-zonen och den uppfyller ej heller Länsstyrelsens krav i området 1-10 omkomna. Det är dock viktigt att notera att beräkningarna av samhällsrisk har gjorts med flera konservativa antaganden, bl.a. en viktad befolkningstäthet som är drygt 6 ggr högre än den som används i RIKTSAM. Vidare har modellen byggts upp på så sätt att det alltid omkommer minst en människa om olyckans utbredning når längre än det bebyggelsefria avståndet.

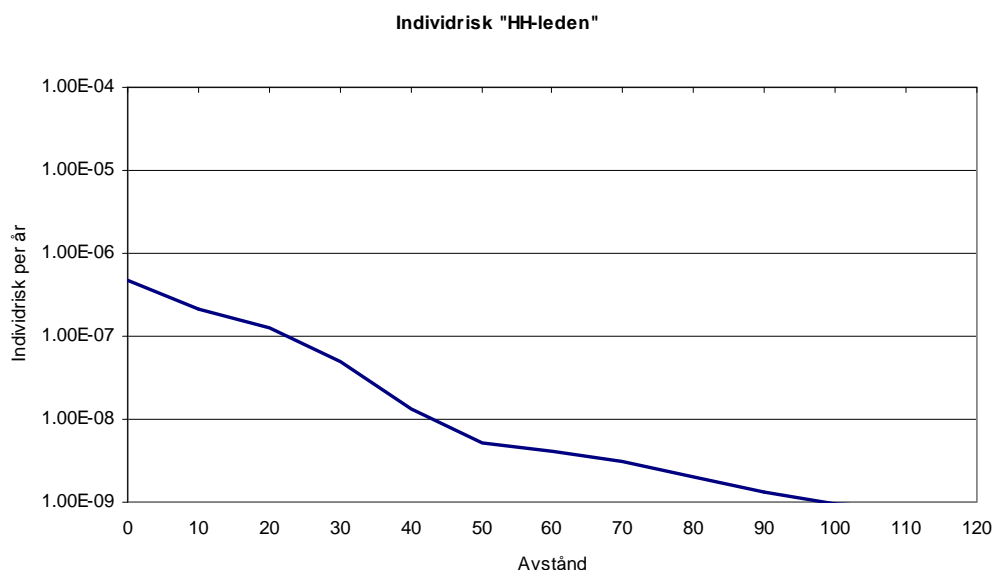
8.5 Olyckor i uppmarschområdet till HH-leden

Helsingborgs stad har intresse i att exploatera delar av Nordhamnen, vilket innebär att bostäder kommer närmre uppmarschområdet till HH-leden samt färjetransporterna som sker där. I detta avsnitt görs en överslagsberäkning av individrisken till följd av olyckor med farligt gods i uppmarschområdet till HH-leden. Beräkningen görs genom att skala individrisken för väg 50 km/h exkl. Kemira med de förutsättningar som avviker i HH-ledens uppmarschområde. Dessa förutsättningar redovisas nedan:

- ♦ I avsnitt 8.1 redovisas att sannolikheten för utsläpp av farligt gods är 1,6 ggr lägre vid transport i 30 km/h i jämförelse med 50 km/h.
- ♦ Flödet till HH-leden är c:a 1/3 av det totala flödet exkl. Kemira.

⁶⁸ @RISK, Palisade Corp., 2000

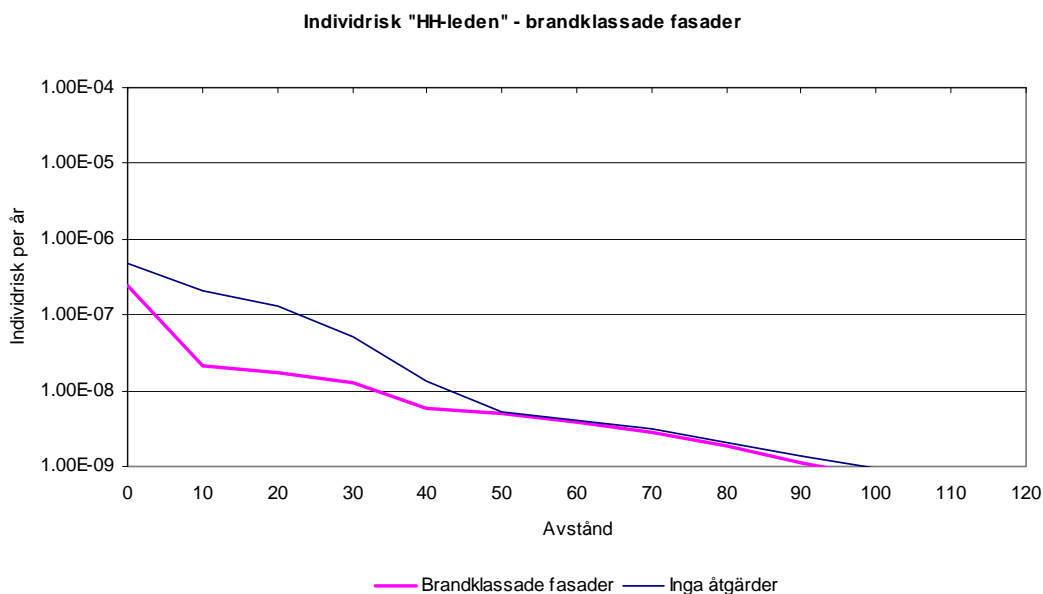
I Figur 28 redovisas här individrisken för väg 50 km/h exkl. Kemira skalat med en faktor $1/1,6 \times 1/3 = 0,21$ för att vara representativ för HH-ledens uppmarschområde.



Figur 28 Uppskattad individrisk vid HH-ledens uppmarschområde.

Figur 28 visar att individrisken alltid är lägre än det värde där normalkänslig bebyggelse (se avsnitt 7.1) kan tillåtas och att känslig bebyggelse kan uppföras 30 m från uppmarschområdet. Resultaten är också giltiga för transport ombord på färjorna eftersom olycksfrekvensen borde vara lägre där till följd av att fordonen är stillastående.

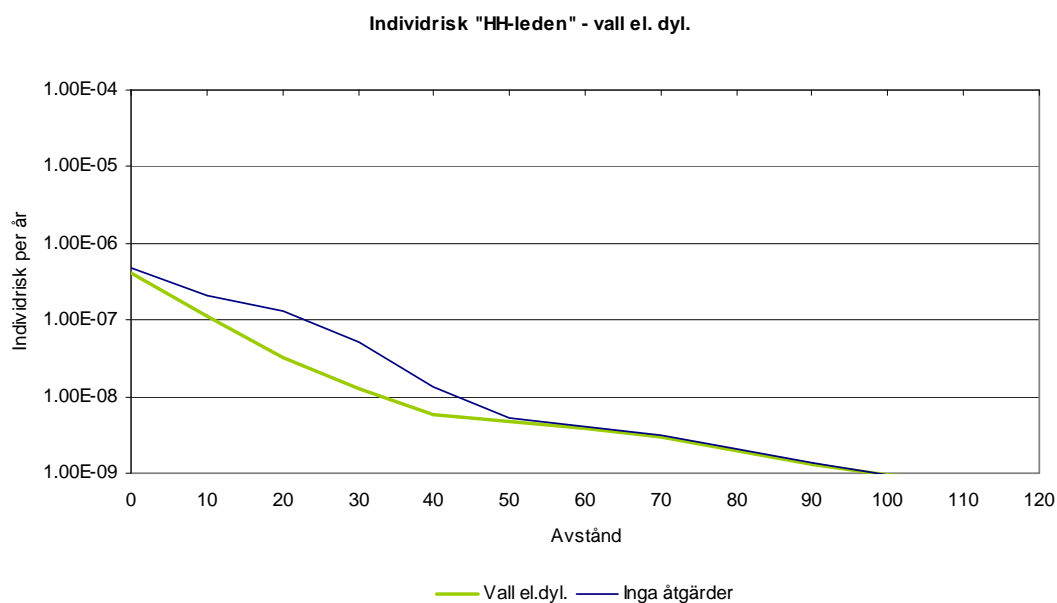
I avsnitt 8.3 redovisas riskbidraget från resp. konsekvenstyp dvs. hur stor del av risknivån på ett givet avstånd som utgörs av olyckor som leder till frätskada, tryckskada, brännskada och förgiftning. Denna information kan användas för att uppskatta hur stor effekt som en riskreducerande åtgärd har på risknivån. Figur 23 är av intresse för uppmarschområdet och i figuren framgår att brännskador är den klart dominerande konsekvenstypen på avståndet 10 till 40 m från transportleden för farligt gods. Om åtgärder vidtas för att skydda personer mot skadorna av bränder kommer risknivån att påverkas betydligt. I Figur 29 visas hur individrisken vid HH-ledens uppmarschområde påverkas om fasader på byggnader som vetter mot uppmarschområdet utförs i brandteknisk klass. I figuren har konsekvenserna av pölbränder vid utsläpp av brandfarliga vätskor samt konsekvenser av BLEVE, jetflamma och UVCE vid utsläpp av brandfarliga gaser tagits bort.



Figur 29 Uppskattad risknivå vid HH-ledens uppmarschområde givet att fasader på byggnader som vetter mot uppmarschområdet utförs i brandteknisk klass.

Figur 29 visar att brandklassade fasader ger en påtaglig minskning av individrisken intill uppmarschområdet. Känslig bebyggelse kan uppföras på så kort avstånd som 10 m. Andra typer av åtgärder som är effektiva för att begränsa skador vid utsläpp av farligt gods är s.k. markåtgärder och separationsåtgärder. Sådana åtgärder syftar till att det farliga godsets utbredning mot planområdet begränsas. Några exempel är porös markbeläggning, dike eller annan form av invallning samt en vall, tråg, mur eller plank.

Genom att "låsa" utbredningen av olyckor till exempelvis en vägkant eller fastighetsgräns kan konsekvensområdet för vissa olyckor justeras. Åtgärden är effektiv för olyckor där det farliga godset består av vätskor, dvs. utsläpp av brandfarliga och giftiga vätskor. I "originalmodellen" förutsätts att vätskor rinner på ett ogynnsamt sätt mot det beaktade området. Om utbredning kan begränsas till ett visst område med en vall el. dylikt. kan riskavståndet minskas med vätskepölens diameter vilken är i storleksordningen 10-30 m beroende på hur stor volym som utsläppet omfattar. I Figur 30 visas effekten av att fordon och utsläpp av farligt gods kvarstannar i anslutning till uppmarschområdet.



Figur 30 Uppskattad risknivå vid HH-ledens uppmarschområde givet att mark- eller separationsåtgärder vidtas som förhindrar det farliga godsets utbredning mot planområdet.

Figur 30 visar att individrisken blir lägre än 10^{-7} per år på ett avstånd om 10 m från uppmarschområdet om åtgärder vidtas för att förhindra att fordon och utsläpp i vätskeform tar sig utanför uppmarschområdet. Med denna typ av åtgärder kan känslig bebyggelse uppföras 10 m från uppmarschområdet.

I rapporten "Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner"⁶⁹ finns detaljerad information om utformning av säkerhetshöjande åtgärder och deras effekt mot olika typer av olyckor. Där finns också information om hur sådana åtgärder kan beskrivas i detaljplaner.

⁶⁹ Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner, vägledningsrapport R16-282/06 från Räddningsverket och Boverket, 2006.