

# **Detaljplan för Getabrohult 1:17 m.fl. Bollebygds kommun**

**Risikanalys avseende transport av farligt gods**

2014-09-05

**Detaljplan för Getabrohult 1:17 m.fl. Bollebygds kommun**  
Riskanalys avseende transport av farligt gods

2014-09-05

Beställare: Bollebygds kommun

Beställarens representant: Marcel Abedini

Konsult: Norconsult AB  
Box 8774  
402 76 Göteborg

Uppdragsledare Herman Heijmans  
Handläggare Terese Salomonsson

Uppdragsnr: 103 26 42

Filnamn och sökväg: n:\103\26\1032642\05 arbetsmaterial\01  
dokument\riskanalys bollebygd getabrohult 1;17 m\_fl.doc

Kvalitetsgranskad av: Katarina Holmgren

# Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Inledning .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Risker med transport av farligt gods .....</b>	<b>6</b>
2.1 Typer av farligt gods.....	6
2.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods.....	6
<b>3. Platsen .....</b>	<b>9</b>
3.1 Planområdet.....	9
3.2 Riksväg 27/40 .....	11
3.3 Järnvägar.....	14
<b>4. Riskbedömning i den fysiska planeringen .....</b>	<b>15</b>
4.1 Definitioner.....	15
4.2 Bedömningsgrunder.....	15
<b>5. Resultat.....</b>	<b>19</b>
5.1 Skyddseffekt från vallen .....	19
5.2 Beräkningsresultat nuläge.....	20
5.3 Beräkningsresultat framtid.....	21
5.4 Skyddsåtgärder.....	23
<b>6. Osäkerhetsanalys.....</b>	<b>27</b>
<b>7. Diskussion och slutsatser .....</b>	<b>29</b>
<b>8. Referenser .....</b>	<b>31</b>

## Bilaga Riskberäkning

## Sammanfattning

En detaljplan för Getabrohult 1:17 m.fl. som ligger i Getabrohult, Bollebygds kommun, håller på att tas fram. Planområdet ligger precis norr om riksväg 27/40 som är transportled för farligt gods. Länsstyrelserna i storstadslänen tillämpar ett riskbedömningsområde på 150 m från dessa transportleder och därför har en riskanalys genomförts som rapporteras i denna rapport.

Området ska innehålla industri- och konstorsbyggnader. Hur verksamheterna kommer att ligga inom planområdet är inte känt men bebyggelsebar mark ligger på ett kortaste avstånd av 50 m från vägen. Mellan bebyggelsen och transportleden planeras en vall och parkeringsplatser utmed en del av planområdet.

Riskberäkningar har gjorts dels för nuläget och dels för år 2030. Riskanalysen visar att individrisken är acceptabel efter 50 m från vägen medan samhällsriskerna ligger på en nivå där rimliga skyddsåtgärder skall genomföras innan situationen kan godtas.

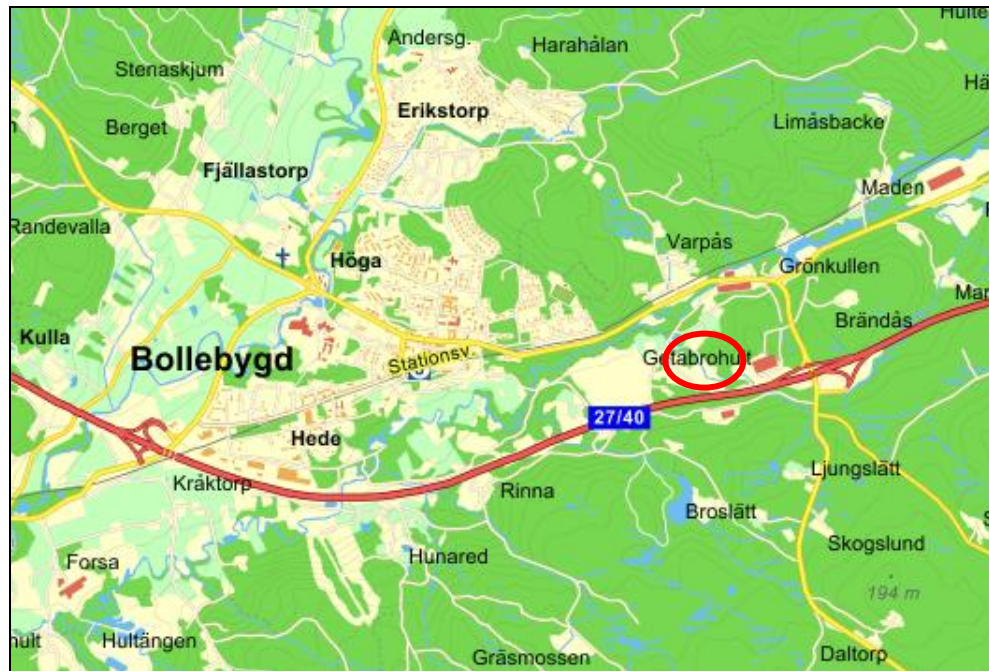
Sammanfattningsvis föreslås:

- att bebyggelsen inom 90 m från vägen utformas så att personerna inomhus inte omkommer vid olyckor med brandfarlig gas på vägen
- att skyddsvallen förlängs utmed hela planområdet
- att alla byggnader inom planområdet kan utrymmas i riktning som inte vetter mot riksväg 27/40

Efter genomförda åtgärder bedöms risknivån vara godtagbar utifrån de tillämpade riskkriterierna.

# 1. Inledning

En detaljplan för Getabrohult 1:17 m.fl. som ligger i Getabrohult, Bollebygds kommun, håller på att tas fram. Området ska innehålla industri- och konstorsbyggnader och området ligger strax öster om Bollebygd, *se figur 1*.



Figur 1. Områdets läge anges med den röda ringen

Planområdet ligger precis norr om riksväg 27/40 som är transportled för farligt gods. Länsstyrelserna i storstadslänen tillämpar ett riskbedömningsområde på 150 m från dessa transportleder (Lst 2006) och därför har en riskanalys genomförts som rapporteras i denna rapport.

Riskberäkningar har gjorts både för nuläget och för ett framtidsscenario år 2030. Syftet med riskanalysen är att undersöka om det krävs skyddsåtgärder för att uppnå acceptabla risknivåer inom planområdet

## 2. Risker med transport av farligt gods

### 2.1 Typer av farligt gods

Enligt internationella bestämmelser (ADR) delas farligt gods in i nio klasser, se nedanstående *tabell 1*.

Tabell 1. Indelning av farligt gods

ADR-klass	Innehåll	Exempel
1	Explosiva ämnen	Massexplosiva varor (dvs. sprängämnen), fyrverkerier
2	Komprimerade, kondenserade eller under tryck lösta gaser	Brandfarliga gaser (gasol), giftiga gaser (ammoniak, svaveldioxid) och andra trycksatta gaser (kvävgas, syrgas)
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, eldningsolja
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kalciumkarbid
5	Oxiderande ämnen	Väteperoxid, ammoniumnitrat
6	Giftiga ämnen och smittfarliga ämnen	Kvicksilverföreningar och cyanider, bakterier, levande virus och laboratorieprover
7	Radioaktiva ämnen	Radioaktiva preparat för sjukhus
8	Frätande ämnen	Olika syror, lut
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Asbest

### 2.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods

Nedan följer en allmän beskrivning av de olika sorters farligt gods som transporteras och potentiella följder av olyckor där farligt gods är inblandat. De förväntade följderna i form av dödsfall avser, om inget annat sägs, personer som vistas utomhus utan skydd.

Konsekvenserna beskriv mera utförligt i *bilagan*.

*Klass 1. Explosiva ämnen*

En explosion av s.k. massexplosiva ämnen kan ge omkomna upp till ca 100 m från explosionen och byggnader kan raseras på flera hundra meters avstånd. Övriga explosiva ämnen kan, i huvudsak genom raserade byggnader, ge effekter på några tiotal meters avstånd.

*Klass 2: Brännbara eller giftiga gaser*

Utsläpp av brännbar gas i luft kan antändas direkt och orsaka en s.k. jetflamma. Om gasen inte antänds direkt bildas först ett brännbart gasmoln som sedan kan antändas relativt omgående eller driva iväg och antändas över bebyggelsen. Detta resulterar då i en flash brand (Flash Fire) eller gasmolnsexplosion (Vapor Cloud Explosion). I ytterst sällsynta komplicerade olyckor kan gastanken explodera och bilda ett eldklot, s.k. BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). Risken att omkomma av en jetflamma är vanligtvis liten på avstånd som överstiger 90 m. Ett gasmoln som driver iväg med vinden kan hamna nära bebyggelsen och orsaka betydande skador vid antändning. En BLEVE kan ge upphov till omkomna på ett avstånd av 150 m.

*Klass 3: Brandfarliga vätskor*

Om en tank med mycket brandfarlig vätska (exempelvis bensin) skadas rinner bensinen ut och en s.k. pölbrand kan uppstå. Eldningsolja är så svårantändlig att brandrisken är försumbar. Risken att omkomma är som regel liten på avstånd som överstiger några 10-tals meter.

*Klass 4: Brandfarliga ämnen såsom svavel, fosfor, karbid.*

Dessa ämnen är fasta och skadar endast i olycksplatsens direkta omgivning.

*Klass 5: Oxiderande ämnen*

Olycka med endast dessa ämnen leder normalt ej till personskador, men om ämnena blandas med olja eller bensin kan det uppstå explosionsrisk och explosionerna kan var lika kraftiga som för ämnen i klass 1.

*Klass 6: Giftiga ämnen.*

Giftiga ämnen ger mestadels enbart effekter vid direktkontakt.

*Klass 7: Radioaktiva ämnen*

Dessa ämnen transporteras normalt endast i små mängder på väg och järnväg. Risken att omkomma är därför försumbar.

*Klass 8: Frätande ämnen såsom saltsyra, svavelsyra.*

Risk för skador är normalt störst inom ca 20 m eftersom skada uppkommer vid direkt exponering på personen.

*Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål*

Denna klass omfattar bl.a. miljöfarligt avfall dock inga ämnen som är brandfarliga eller explosiva.



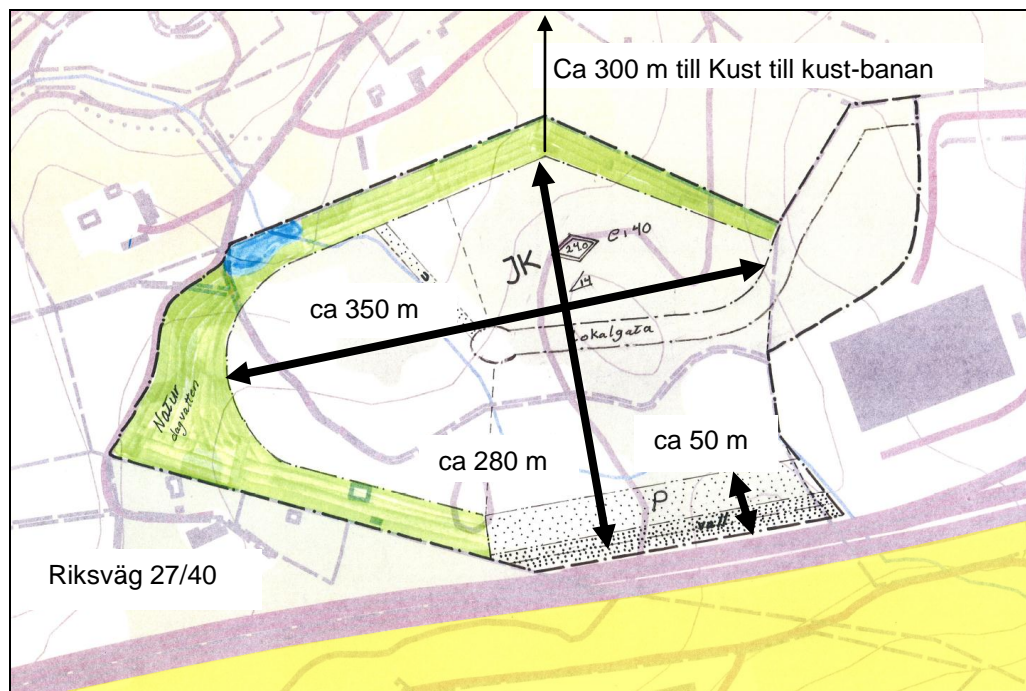
## 3. Platsen

### 3.1 Planområdet

#### Fysisk utformning

Planområdet ligger norr om riksväg 27/40 som sträcker sig söder om Bollebygd. Detaljplanen ska möjliggöra ett verksamhetsområde med industri- och kontorsbyggnader. Den östra delen av planområdet ligger precis intill vägen. Intill plangränsen planeras en vall och parkering enligt nuvarande detaljplaneskiss, se figur 2. Bortser man från vall och parkering är avståndet från riksväg 27/40 till verksamhetsområdet ca 50 m. Ca 300 m norr om planområdet ligger Kust till kust-banan.

Verksamhetsområdets längd (i vägens riktning) är ca 350 m och områdets bredd (lodrät mot vägens riktning) är ca 280 m.



Figur 2. Områdets storlek och läge i förhållande till riksväg 27/40. Det gula området anger utpekade järnvägsreserat för ny järnväg Göteborg-Borås. Ca 300 m norr om planområdet ligger Kust till kust-banan.

I figur 3 visas hur området ser ut i dagsläget.



Figur 3. Den västra delen av planområdet idag, sett från riksväg 27/40.  
Källa: Google Maps

Största delen av planområdet intill vägen ligger något lägre än riksväg 27/40, upp till ca 5 m i höjdskillnad, förutom i den allra östra delen där terrängen är högre i form av en kulle.

## Persontäthet

Från den aktuella detaljplaneskissen går att utläsa att verksamhetsområdet kommer ha en exploateringsgrad på 40 %. Ytan på området är ca 92 800 m<sup>2</sup> vilket innebär att byggnadsytan för kontor- och industriändamål kommer att vara ca 37 100 m<sup>2</sup>.

Antalet personer som i snitt vistas i kontorsbyggnaderna uppskattas utifrån Göteborgs Stads ”Vägledning till parkeringstal vid detaljplaner och bygglov 2011” till 30 personer per 1000 m<sup>2</sup> (Göteborg 2011). Samma källa anger 20 personer per 1000 m<sup>2</sup> för industri. Andelen kontor respektive industri regleras inte i detaljplanen, men i första hand antas lika stor andel kontor som industri. I *kapitel 6 Osäkerhetsanalys* behandlas vad en avvikande fördelning mellan kontors- och industriytor skulle innebära. Ingångsvärden och resultatet av beräkningarna redovisas i *tabell 2*.

Tabell 2. Antal personer i planområdet

	Sysselsatta/ 1000m <sup>2</sup>	Yta (m <sup>2</sup> )	Antal personer
Kontor	30	18560	557
Industri	20	18560	371
SUMMA		37100	928

## 3.2 Riksväg 27/40

### Transporterade mängder

Uppgifter om mängden farligt gods som transporteras förbi planområdet och fördelningen på olika klasser har samlats in av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB 2013). Uppgifterna är baserade på en undersökning som genomförts under en månad, september 2006, och anges med ett lägsta och högsta värde för antal ton som transporterats under månaden.

Den totala mängden farligt gods som transporteras har beräknats ur detta genom multiplikation med en faktor 11 (istället för 12 för att ta hänsyn till att färre transporter sker under sommaren och långhelger). Uppgifterna har sedan räknats om till antalet fullastade transportfordon genom att anta 23 ton per transport (16 ton för explosiva ämnen i klass 1). Detta medför att det bedöms ha skett mellan 9 000 och 31 000 transporter under 2006 längs området. Ökningen av lastbilstrafiken under perioden uppskattas till ca 2 % per år (Vägverket 2009) vilket innebär att det år 2014 förväntas högst 37 000 transporter med farligt gods

MSB:s uppgifter kan inte utan vidare användas för att beräkna mängden årliga transporter. En jämförelse görs därför med nationell statistik som anger att ca 4,6 % av godstransporter innehåller farligt gods (TRAFKA 2013). På riksväg 40 gick år 2011 ca 2440 godstransporter per medeldygn (Trafikverket 2014). Antalet transporter förbi planområdet med farligt gods år 2011 har beräknats till  $0,046 \times 2440 \times 365 = 41\,000$  per år. Trafiken med farligt gods antas öka med samma faktor som lastbilstrafiken. Med en ökning av lastbilstrafiken med ca 2 % per år innebär att detta att det år 2014 förväntas ca 44 000 transporter med farligt gods

Antalet transporter beräknat utifrån MSB:s uppgifter ligger lägre än det som beräknats utifrån nationell statistik. För att inte underskatta risknivåerna utgås från det maximala värdet: 44 000 transporter med farligt gods år 2014. Omräknat till år 2030 blir detta ca 58 000 transporter per år.

När det gäller fördelningen mellan olika klasser så bedöms MSB:s statistik ta bättre hänsyn till lokala förhållanden. Den nationella statistiken innehåller exempelvis relativt stora mängder explosiva ämnen och föremål, ADR-klass 1, dessa används framförallt i gruvindustrin i norra Sverige.

Resultaten visas i *tabell 3*.

Tabell 3. Antal transporter förbi planområdet

ADR-klass	2014	2030
1. Explosiva ämnen och föremål	68	89
2. Gaser	5 500	7 200
3. Brandfarliga vätskor	22 000	29 000
4. Brandfarliga fasta ämnen	180	240
5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider	330	440
6. Giftiga och smittfarliga ämnen	160	200
7. Radioaktiva ämnen	33	43
8. Frätande ämnen	7 800	10 300
9. Övriga farliga ämnen	7 700	10 200
Totalt	44 000	58 000

Vid riskberäkningen analyseras de ämnen som beräknas kunna medföra de allvarligaste konsekvenserna vid en olycka. Dessa klasser bedöms vara giftiga och brandfarliga gaser, massexplosiva ämnen, brandfarlig vätska och oxiderande ämnen. Klasserna ovan innehåller ämnen med varierande farlighetsgrad och för att kunna genomföra en riskberäkning måste ämnen delas upp ytterligare, se *tabell 4*. Klass 1, 2, 3 och 5 omfattar var för sig ett stort antal olika ämnen med varierande farlighetsgrad. För att kunna genomföra en riskberäkning måste ämnen delas upp ytterligare vilket görs nedan utifrån tillgänglig statistik på området.

I klass 1 är det de massexplosiva ämnena som står för de betydande riskerna. Andelen massexplosiva ämnen sätts till 10 % (ØSA 2004).

För klass 2 anger MSB att det på denna sträcka transporteras ca 46 % brandfarliga gaser i klass 2.1. Andelen giftiga gaser anges till 0 % men för att inte underskatta risken så används uppgifter från MSB för hela landet 2006 (SRV 2007) som anger

att 0,2 % av transporterade gaser är giftiga. Resten av gaserna är varken brandfarliga eller giftiga.

Andelen mycket brandfarlig vätska i klass 3 (bensin mm) sätts till 75 % (ØSA 2004).

För klass 5 räknas endast de oxiderande ämnen med som bedöms kunna leda till en massexplosion, konservativt räknat uppskattas detta till en tredjedel av den totala mängden.

Detta ger följande antal transporter i de kategorier som främst bedöms innebära risker för planområdet, se *tabell 4*.

Tabell 4 Farligt gods på riksväg 40 som medför betydande risker för planområdet

ADR-klass och ämnesgrupp	2014	2030
1.1 Massexplosiva ämnen	7	9
2.1 Brandfarliga gaser	2 500	3 300
2.3 Giftiga gaser	11	14
3. Mycket brandfarliga vätskor	17 000	22 000
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	110	150

## Sannolikhet för olyckor

Sannolikheten för olyckor på riksväg 40 fås från Trafikverkets handbok ”Nybyggnad och förbättring – Effektkatalog” (Vägverket 2008). Risken för olyckor på en motorväg på landsbygd med en högsta tillåten hastighet på 110 km/h anges till 0,07 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller  $7 \times 10^{-8}$  per fordonskilometer och år. Andelen singelolyckor på den här typen av väg är ca 60 % vilket innebär att det vid 40 % av olyckorna är minst två fordon inblandade (SRV 1996). Om vi bortser från olyckor med fler än 2 fordon inblandade, vilket inte påverkar resultatet nämnvärd så är risken för att ett fordon blir inblandat i en olycka lika med  $7 \times 10^{-8} \times (1+0,4) = 9,8 \times 10^{-8}$  per kilometer väg och år.

### 3.3 Järnvägar

Norr om planområdet går Kust till kustbanan och söder om området finns ett järnvägsreservat för den planerade Götalandsbanan, se *figur 2*.

Avståndet mellan Kust till kustbanan och planområdet är som minst 260 m. Detta avstånd är betydligt större än det riskbedömningsavstånd på 150 m som Länsstyrelsen i Västra Götaland anger i sin riskpolicy (Lst 2006). Avståndet till Kust till kustbanan gör att transporter av farligt gods på denna järnväg inte bedöms påverka planområdet på ett väsentligt sätt vid en olycka.

Planeringsprocessen för Götalandsbanan förbi planområdet pågår. Dåvarande Banverket har genomfört en förstudie för sträckan mellan Bollebygd och Borås. Beslut i förstudien togs i december 2007 och därefter har arbetet varit vilande. Nu har arbetet återupptagits, upphandling av konsult för utredningen Bollebygd-Borås pågår och arbete påbörjas hösten 2014.

Det exakta läget för järnvägen är ännu inte avgjort men det finns ett reserverat markområde söder om riksväg 40, se *figur 2*, (Bollebygds kommun 2014).

I järnvägsutredningen som genomförts för sträckan mellan Mölnlycke och Bollebygd (Banverket 2003) konstateras att banan av kostnadsskäl föreslås byggas med brantare lutningar än vad som är vanligt, varför tung godstrafik normalt inte blir aktuell. Med hänsyn till den underjordiska stationen under Landvetter flygplats kommer godstrafik med farligt gods dock i normalfallet inte att tillåtas. Annan godstågstrafik är möjlig men de kraftiga lutningarna medför dock i praktiken att huvuddelen av godstågstrafiken kommer att välja annan väg eftersom godståg ofta är så tunga att de inte klarar de föreslagna lutningarna med ett lok.

I denna utredning utgår vi från att transporter med farligt gods inte förekommer på Götalandsbanan i mängder som påverkar resultatet av riskberäkningar. Detta innebär att vi utgår från att eventuella mängder på Götalandsbanan kommer att vara mycket mindre än det som transporteras på riksväg 27/40.

## 4. Riskbedömning i den fysiska planeringen

### 4.1 Definitioner

Risk definieras mestadels som sannolikheten för oönskade händelser multiplicerat med konsekvenserna av dessa händelser. De konsekvenser som man tittar på i första hand är att människor omkommer.

Sannolikheten uttrycks som antalet gånger som en önskad händelse förväntas förekomma under ett år. Resultatet blir en frekvens, oftast ett väldigt litet tal som exempelvis  $10^{-6}$  per år (0,000 001 gånger per år). Man kan också tolka detta som att händelsen förväntas inträffa en gång under en miljon år.

En annan tolkning av en sannolikhet på  $10^{-6}$  per år för en händelse fås om man antar att det finns en miljon platser där en sådan händelse kan förekomma i Sverige. Då förväntas händelsen förekomma en gång per år ( $0,000\ 001 \times 1\ 000\ 000 = 1$ ) någonstans i Sverige.

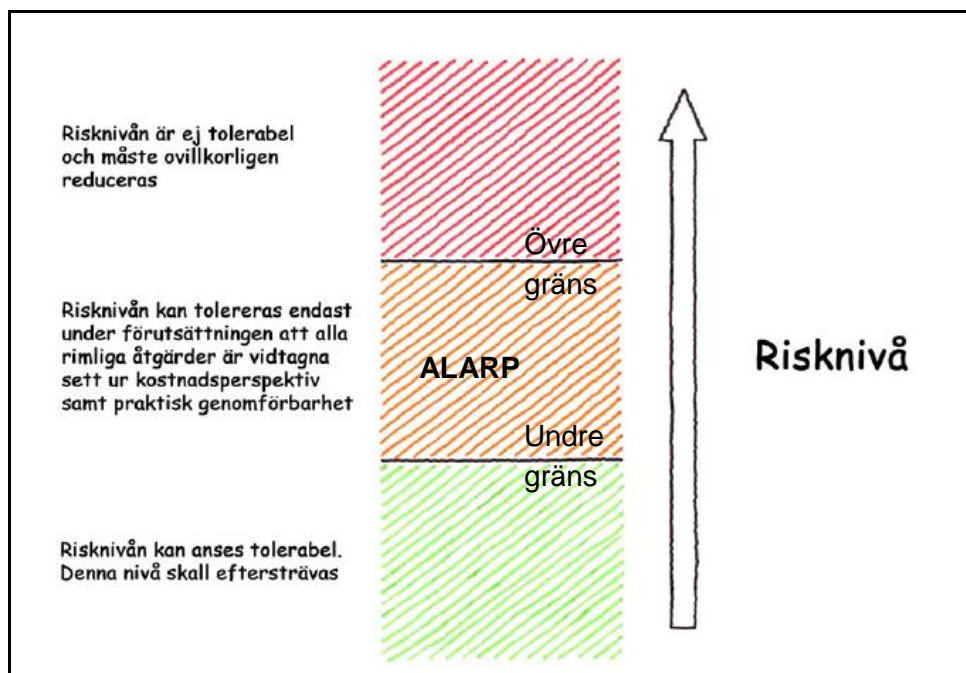
I risksammanhang skiljer man på individrisk och samhällsrisk. Individrisken är risken för en person att omkomma i en olycka när han/hon befinner sig på en specifik plats i närheten av en riskkälla. Man utgår från att personen befinner sig på denna plats under ett helt år. Risken uttrycks som risken att omkomma i en olycka under det året. Individrisken är ett mått på hur farligt det är på en viss plats och tar inte hänsyn till hur många människor som kommer att befinna sig på platsen. Individrisken är ett lämpligt mått vid riskbedömning för områden där det endast kommer att vistas ett fåtal människor.

Samhällsrisk är ett mått på hur stora olyckor en riskkälla kan orsaka. Detta beror dels på riskkällans farlighet men även på hur många människor som brukar befinna sig i riskkällans omgivning. Detta mått är användbart om planeringen innebär att många människor kommer att befinna sig inom 150 m från en transportled för farligt gods.

### 4.2 Bedömningsgrunder

Enligt Länsstyrelsens Riskpolicy (Lst 2006) skall risker beaktas vid planering inom 150 m från en farligt godsled.

Kriterier för vad som kan bedömas vara en acceptabel risknivå finns i rapporten "Värdering av risk" som tagits fram på uppdrag av dåvarande Räddningsverket (SRV 1997). Räddningsverket ingår numera i Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB. I rapporten används en övre och en undre gräns, se *figur 4*. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån är så hög att den inte kan tolereras.



Figur 4. Risknivåer och gränserna mellan dem (Rtj Storgöteborg 2004)

Om risknivån ligger mellan den undre och den övre gränsen så skall alla rimliga åtgärder vidtas för att minska risknivån. Efter detta betraktas risknivån som tolerabel. Detta område kallas också ALARP- området från det engelska As Low As Reasonably Possible. Om risknivån ligger under den undre gränsen så kan den anses vara acceptabel och inga ytterligare åtgärder krävs.

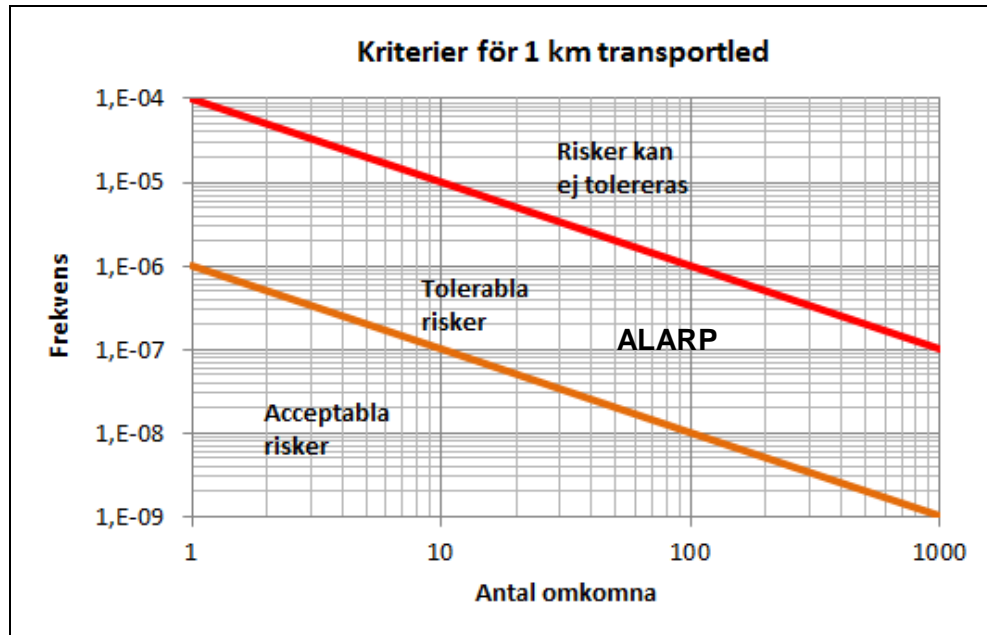
### Individrisk

För individrisken ligger den övre gränsen på  $1 \times 10^{-5}$  per år och den undre på  $1 \times 10^{-7}$  per år. Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens totala risknivå. Den övre gränsen motsvarar högst en tiondel av den totala dödsfallsrisken för olika grupper i samhället.



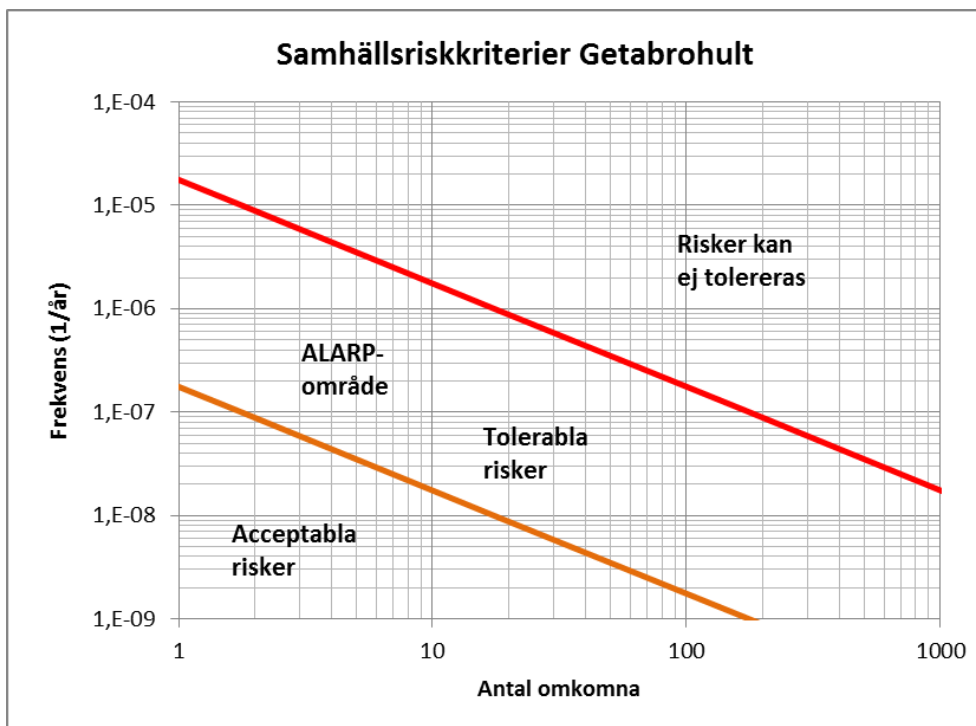
### Samhällsrisk

Gränserna för samhällsrisken återfinns i *figur 5*. Samhällsrisken återges med en FN-kurva i ett FN-diagram, se *figur 5*. Gränserna anges med den brandgula och den röda linjen i diagrammet. Linjerna lutar neråt vilket innebär att olyckor med flera drabbade bör förekomma mera sällan än olyckor med endast några drabbade. Observera att skalorna inte är linjära. Kriterierna utgår från samhällsrisknivåer för ett område på båda sidor om en sträcka av 1 km längs transportleden för farligt gods.



Figur 5. Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

För det aktuella området har kriterierna räknats om utifrån att områdets längd är ca 350 m och att bebyggelsen endast förekommer på ena sidan av vägen. Omräknade kriterier finns i *figur 6*.



Figur 6. Riskkriterier omräknade för aktuellt område (ca 350 m enkelsidig bebyggelse).

## 5. Resultat

I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten för individrisk och samhällsrisk.

I bilagan redovisas utgångspunkterna och beräkningsmetoden för resultaten som visas här mera detaljerade.

### 5.1 Skyddseffekt från vallen

I beräkningar har hänsyn tagits till skyddsverkan av vallen. Vallen antas halvera sannolikheten för att avåkande fordon skadas så pass allvarligt att farligt gods läcker ut. Genom vallen reduceras våldet mot fordonet med ca hälften och sannolikheten för skador vid olyckan reduceras därmed också till hälften (VTI 2002, Vägverket 2009).

Dessutom har det antagits att den i viss mån hindrar spridning av brandfarliga och giftiga gaser (klass 2.1 respektive klass 2.3) vid en olycka. Dessa gaser är tyngre än luft och vid utsläpp bildas moln som rör sig över markytan med vinden och vars tjocklek kan uppgå till några meter. Molnens beteende kommer att påverkas av vallen längs vägen. I olyckans första skede stoppas gasens transport mot området av vallen, molnet breder ut sig åt sidan istället. När molnet har nått en viss höjd så börjar det föras över vallen av vinden, molnet är då mer utsträckt längs vägen än det skulle varit utan vall.

För de beräkningar som presenteras här har detta omsatts i följande antaganden:

- Molnets totala yta har antagits vara konstant för att spegla att gasmängden i molnet inte ändrar sig på grund av vallen.
- Vid scenarier med kontinuerliga utsläpp har molnets utsträckning i riktning längs vägen fördubblats och in mot området har den halverats.
- Vid scenarier med momentana utsläpp har molnets utsträckning i riktning längs vägen multiplicerats med 1,5 och in mot området har den delats med 1,5.

Antaganden ovan baseras på CFD-beräkningar som genomförts för en liknande situation i ett tidigare projekt (Norconsult 2010). Dessutom antas följande:

- Om en olycka leder till att en så kallad jetflamma uppstår (se *avsnitt 2.2*) så kommer vallen att hindra denna jetflamma från att nå fram till området.

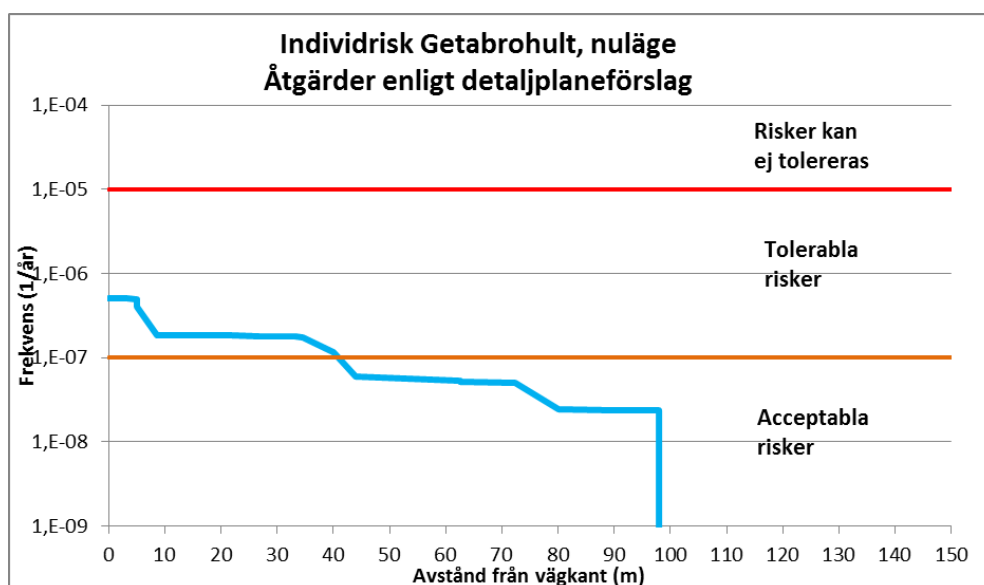
- Vallen kommer att utgöra skydd vid olyckor som leder till explosioner (massexplosiva ämnen och vissa oxiderande ämnen, *se avsnitt 2.2*).
- Vid olyckor med brandfarliga vätskor kommer vallen att hindra att dessa vätskor rinner ner mot området och leder till brand där.

Frågan om vallens påverkan på spridning av moln med tunggaser behandlas även i osäkerhetsanalysen i *kapitel 6*.

Då vallen inte stäcker sig längs hela området i förslaget i *figur 2* har vallen endast antagits påverka utvecklingen av olyckor som sker på den vägsträckan där vallen finns.

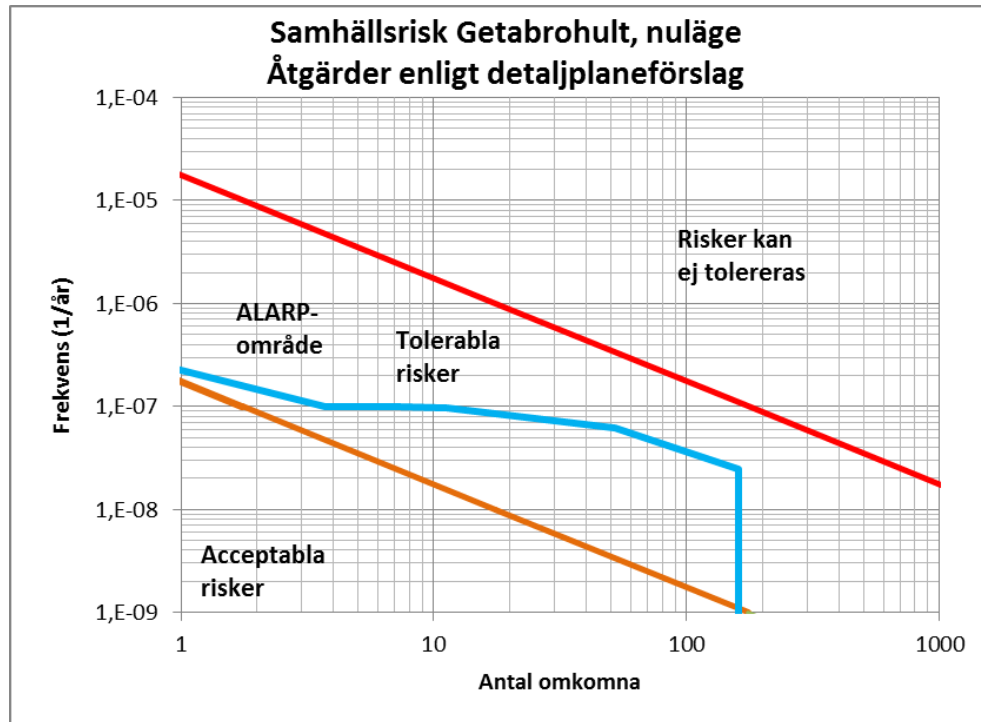
## 5.2 Beräkningsresultat nuläge

Den beräknade individrisken för nuläget framgår av *figur 7*. Individrisken ligger över kriteriet för acceptabla risker inom 40 m från vägen.



Figur 7. Individrisk från transport av farligt gods på väg. Individrisken är acceptabel upp till ca 40 m från vägen.

Samhällsrisken för området i nuläget med den utformning som framgår av *figur 2* visas i *figur 8*.

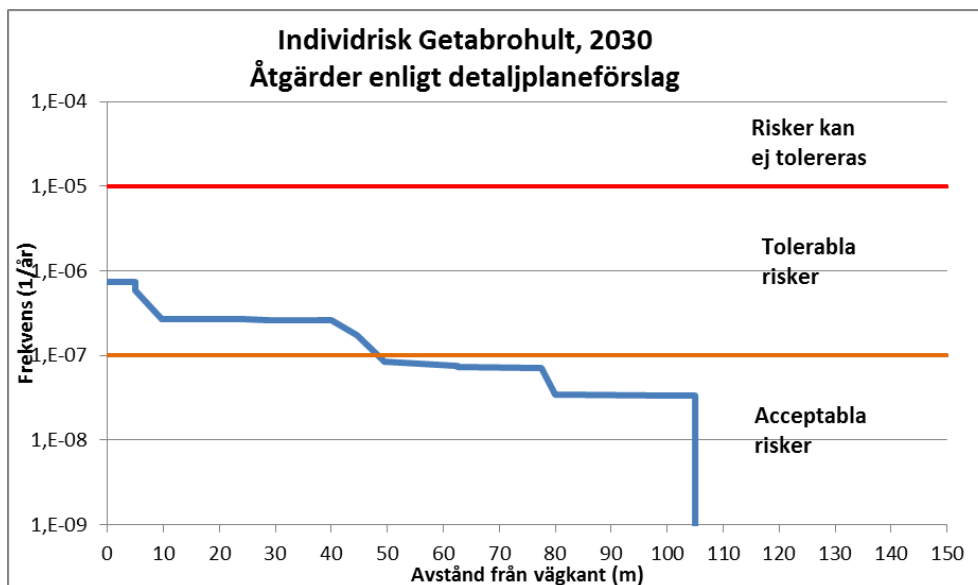


Figur 8. Samhällsrisk i området ligger över kriteriet för acceptabla risker och inom området där skyddsåtgärder bör övervägas.

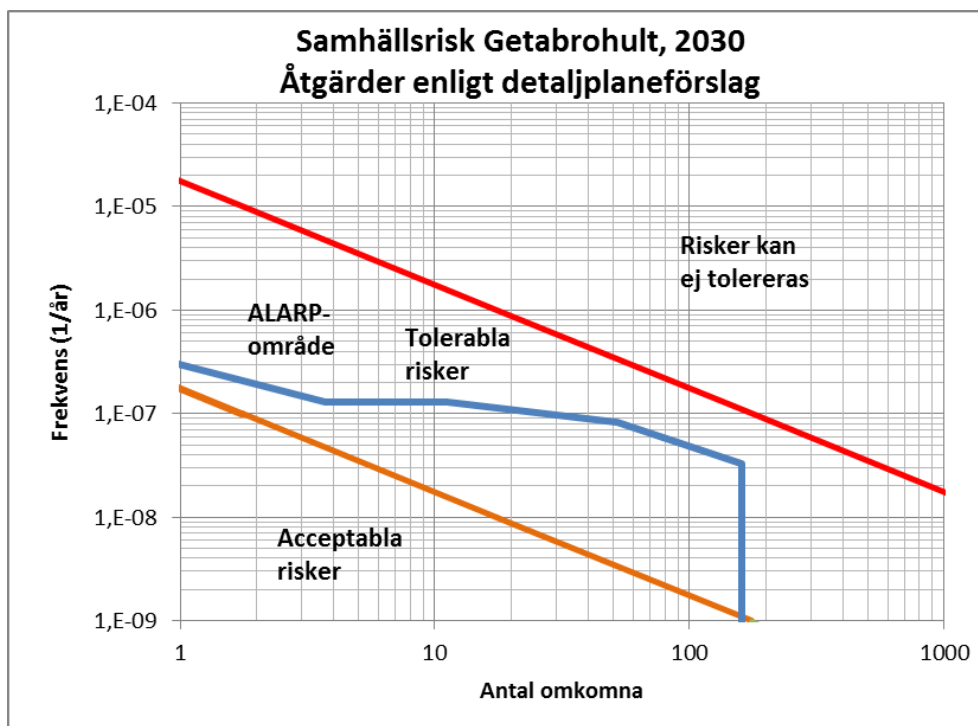
Samhällsrisk ligger över den nivå som kan accepteras utan åtgärder.  
Nödvändiga åtgärder för att reducera risken måste därför utredas.

### 5.3 Beräkningsresultat framtid

Som framtid räknas år 2030. En ökning av transporter av farligt gods förbi området förväntas och resultaten av riskberäkningar visas i *figur 9* för individrisken och *figur 10* för samhällsrisk.



Figur 9. Individrisk från transport av farligt gods på väg år 2030. Individrisken är acceptabel upp till ca 50 m från vägen.



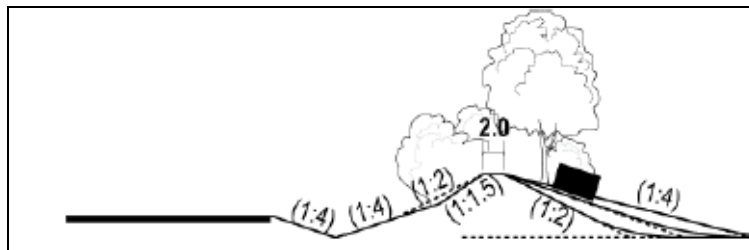
Figur 10. Samhällsrisken i området ligger över kriteriet för acceptabla risker och inom området där skyddsåtgärder bör övervägas.

Både individ- och samhällsriskerna år 2030 ligger högre än år 2014 vilket förstärker kravet att nödvändiga åtgärder för att reducera risken måste utredas. Detta sker i nästa avsnitt.

## 5.4 Skyddsåtgärder

Den relativt höga risknivån längs vägen orsakas av transporter med brandfarliga gaser längs området som vid olyckor kan ge konsekvenser upp till nästan 130 m in i området (med vall sträcker sig detta område ca 90 m från vägen, se *avsnitt 5.1 och bilagan*).

I en sådan situation finns det dels åtgärder längs vägen och åtgärder inom planområdet som kan tas till för att minska risknivåerna. Åtgärder längs vägen kan vara ett tungt vägräcke eller en vall längs vägen. Ett tungt vägräcke reducerar risken för skador på transportfordon med farligt gods till ca hälften, medan en vall dessutom kan reducera spridningsområdet för brandfarliga gaser in mot området. Effekten av en vall har redan beskrivits i början av detta kapitel då det planeras för en vall längs en del av området. Det är viktigt att vällen får en höjd på minst 3 m mot vägbanan och att sidan mot vägen utformas så att tunga lastfordon kan fångas upp på ett mjukt sätt. En principutformning för mjuk släntutformning enligt VGU, Vägar och gators utformning, visas i *figur 11*.



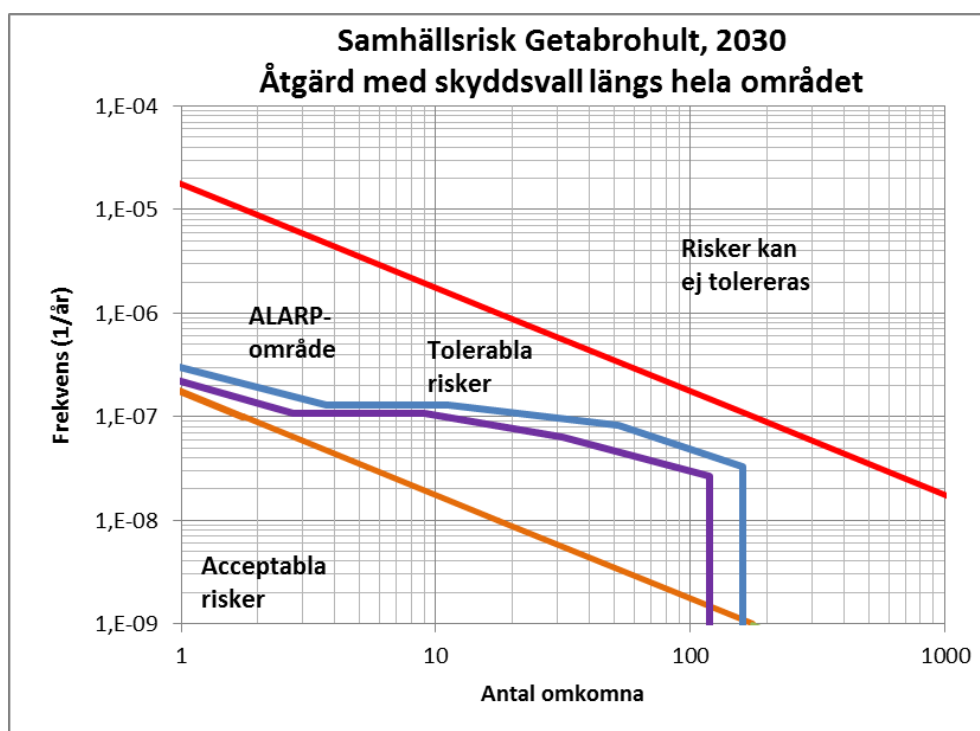
Figur 11. Mjuk släntutformning enligt VGU (Trafikverket, 2012).

Åtgärder inom planområdet består av exempelvis åtgärder på bebyggelsen inom det området som bedöms kunna påverkas av en olycka på vägen. Åtgärderna består då i att byggnaderna skall utformas så att de kan motstå de påfrestningar som det kan bli tal om. I praktiken innebär detta ett krav på att de utformas i brandklass EI30 (även fönster) samt att de skall kunna motstå den påfrestning som en gasexplosion kan leda till. Detta antas ofta ge en påfrestning motsvarande ca 5 kPa statisk belastning (Norconsult 2009).

Ytterligare en åtgärd som anses effektivt är att se till att inga byggnader inom området endast kan utrymmas i riktning mot vägen. Sker en olycka på vägen så skall ingen tvingas utrymma i riktning mot olycksplatsen.

Att anordna ventilationen på byggnader på så sätt att friskluften tas så långt bort från transportleden för farligt gods som möjligt är en effektiv skyddsåtgärd när riskerna kommer från utsläpp av giftiga gaser. På riksväg 27/40 transporteras dock inte så stora mängder giftiga gaser att denna åtgärd bedöms kunna påverka riskerna inom området.

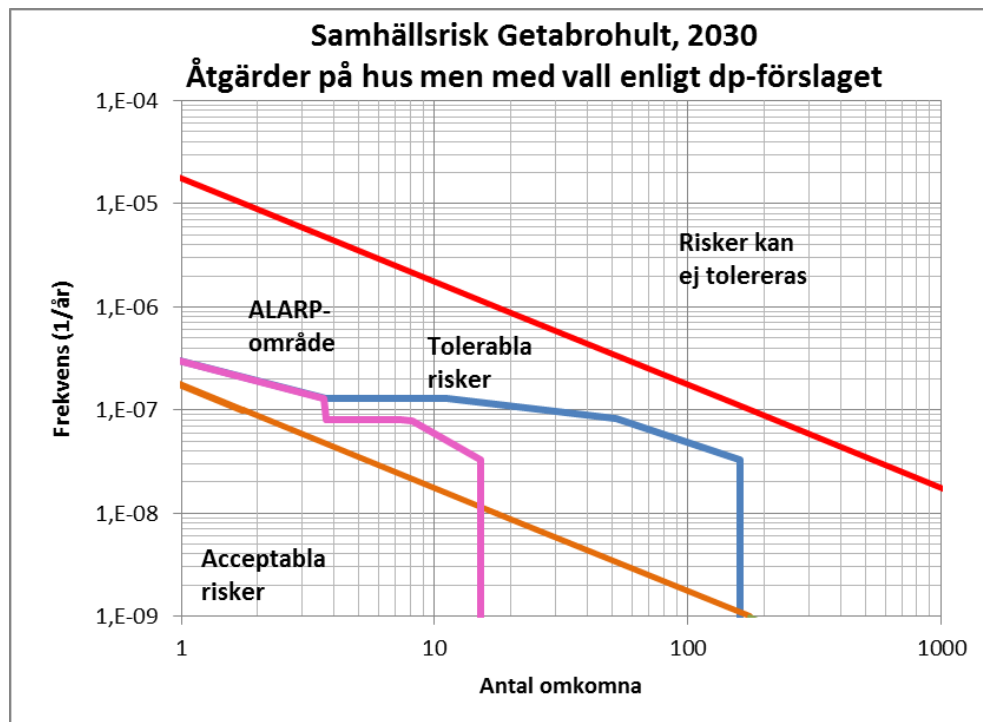
För att kunna bedöma vilka åtgärder som är nödvändiga så har en uppskattning av effekten av olika åtgärder genomförts var för sig och sedan tillsammans. Se *figur 12-14*. Utgångspunkten har varit samhällsriskberäkningarna för 2030 då det är dessa som bedöms vara dimensionerande i detta fall.



Figur 12. Samhällsrisk i området ligger över kriteriet för acceptabla risker även efter att vallen har förlängts längs hela området, lila kurva. Risknivån utan skyddsåtgärderna anges med blå kurva.

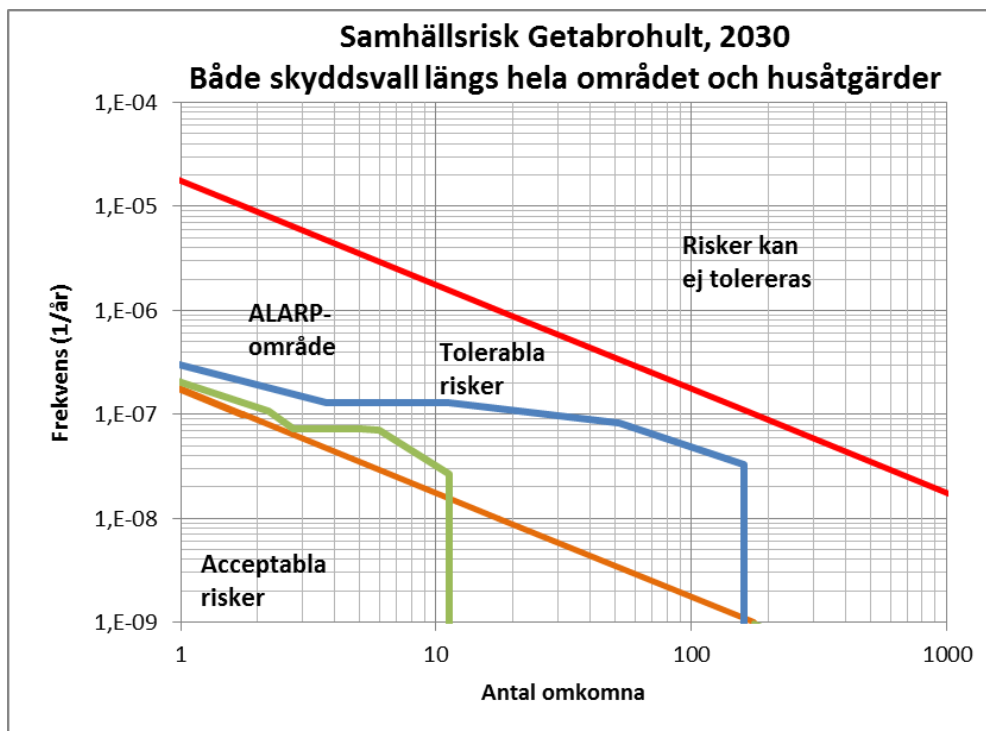
Figur 12 visar att risknivån sänks genom att vallen förlängs längs hela området, både sannolikheten för olyckor och antalet personer som omkommer reduceras, men även efter åtgärden ligger risknivåerna klart över kriteriet för acceptabla risknivåer.





Figur 13. Samhällsrisken i området ligger över kriteriet för acceptabla risker även med åtgärder på byggnaderna som bedöms kunna påverkas vid en olycka med farligt gods på vägen, rosa kurva. Risknivån utan skyddsåtgärderna anges med blå kurva.

Krav på utformning av bebyggelsen inom 90 m från vägen (området som främst påverkas av olyckor med brandfarliga gaser) är en effektiv åtgärd för att minska antalet omkomna vid olyckor. Sannolikheten för olyckor påverkas inte.



Figur 14. Samhällsrisken i området ligger fortfarande något över kriteriet för acceptabla risker och inom området även med förlängning av skyddsvall och åtgärder på byggnader, ljusgrön kurva. Risknivån utan skyddsåtgärderna anges med blå kurva.

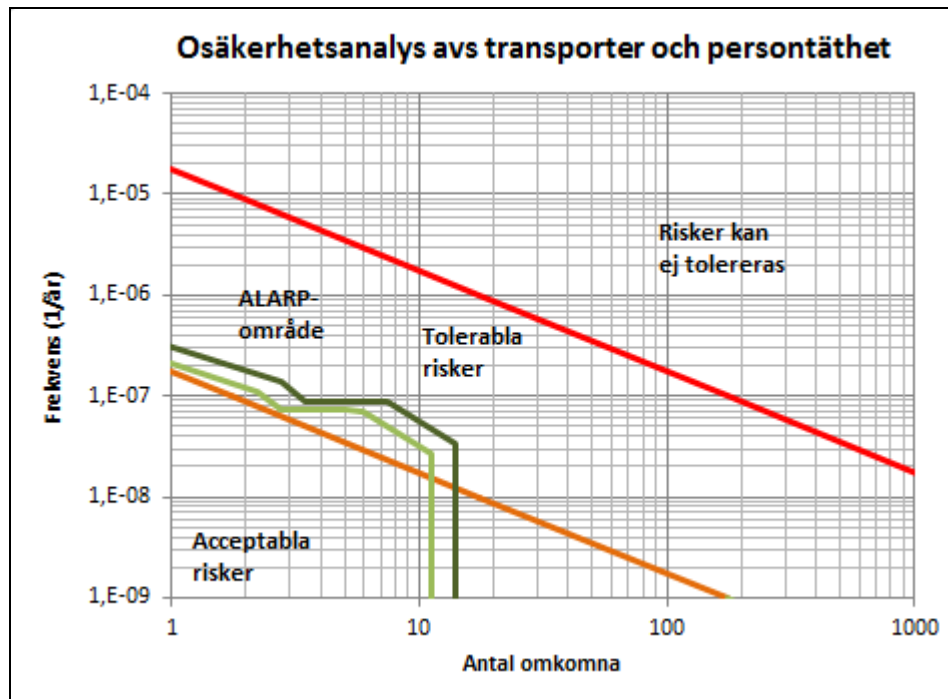
En kombination av förlängning av skyddsvallen och åtgärder på bebyggelsen inom 90 m från vägen ger en tydlig minskning av risknivåerna inom området. Även med alla skyddsåtgärder på plats finns det dock ett överskridande av kriterierna för acceptabla risknivåer. Överskridandet har dock reducerats kraftigt från den ursprungliga nivån (blå kurva) till nivån med skyddsåtgärder (ljusgrön kurva).

För diskussion om resultatet, se *avsnitt 7 Diskussion och slutsatser*.

## 6. Osäkerhetsanalys

Det finns alltid osäkra faktorer i beräkningar av risker i samband med transporter av farligt gods förbi områden där det vistas människor. Eftersom det handlar om en prognos för en framtida situation så är osäkerheten i vilka mängder farligt gods som kommer transporteras förbi området år 2030 av betydelse. En annan källa till osäkerhet beror på att det inte med säkerhet går att förutspå hur många personer som kommer att vistas inom området.

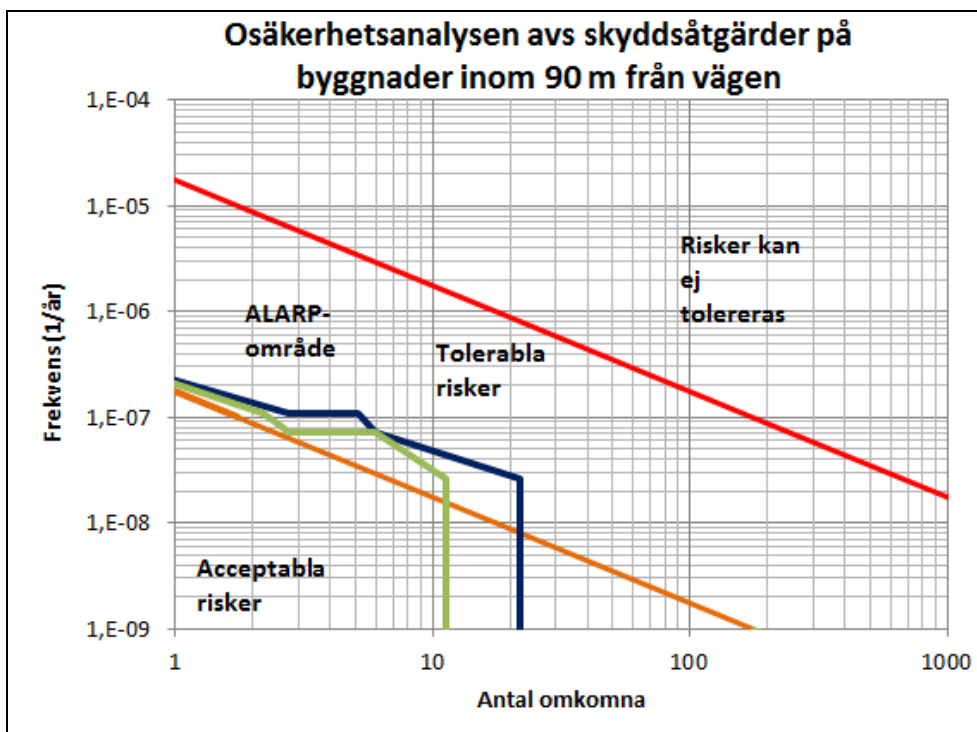
För att kunna bedöma hur dessa osäkerheter påverkar våra slutsatser har en beräkning genomförts för området där såväl antalet transporter som antalet personer inom området har ökat med 25 %. I *figur 15* nedan visas resultaten.



Figur 15 Osäkerhetsanalysen visar samhällsriskerna om såväl antalet transporter som antalet personer inom området ökas med 25 % (mörkgrön linje) jämfört med vad som antagits tidigare (ljusgrön linje).

Figur 15 visar att samhällsriskerna fortfarande ligger i ALARP-området även om såväl antalet transporter som antalet personer inom området ökas med 25 % var.

I figur 16 visas resultaten av en osäkerhetsanalys på effekten av bebyggelseåtgärder. Det har antagits att det i bebyggelens omkommer 10 % av de närvarande trots skyddsåtgärder.



Figur 16 Osäkerhetsanalysen avseende skyddsåtgärder på byggnaderna inom 90 m från vägen visar samhällsrisken om antalet omkomna inom den bebyggelsen sätts till 10 % istället för 0 % vid olyckor med brandfarliga gaser (mörkblå linje) jämfört med vad som antagits tidigare (ljusgrön linje).

Figur 16 visar att samhällsrisken fortfarande ligger i ALARP-området. Antalet omkomna ökar jämfört med tidigare. Analysen visar vikten av att skyddsåtgärderna på bebyggelsen genomförs på ett säkert sätt.

## 7. Diskussion och slutsatser

Samhällsrisken för planområdet med den utformningen som visas i *figur 10* ligger inom området där ytterligare åtgärder bör utredas (ALARP-område, *se avsnitt 4.2*). I avsnitt 5.4 har åtgärder föreslagits och en bedömning gjorts av effekten. I *kapitel 6* har en osäkerhetsbedömning gjorts avseende osäkerheter i ingångsvärden och osäkerheten i effekten av skyddsåtgärder på bebyggelsen.

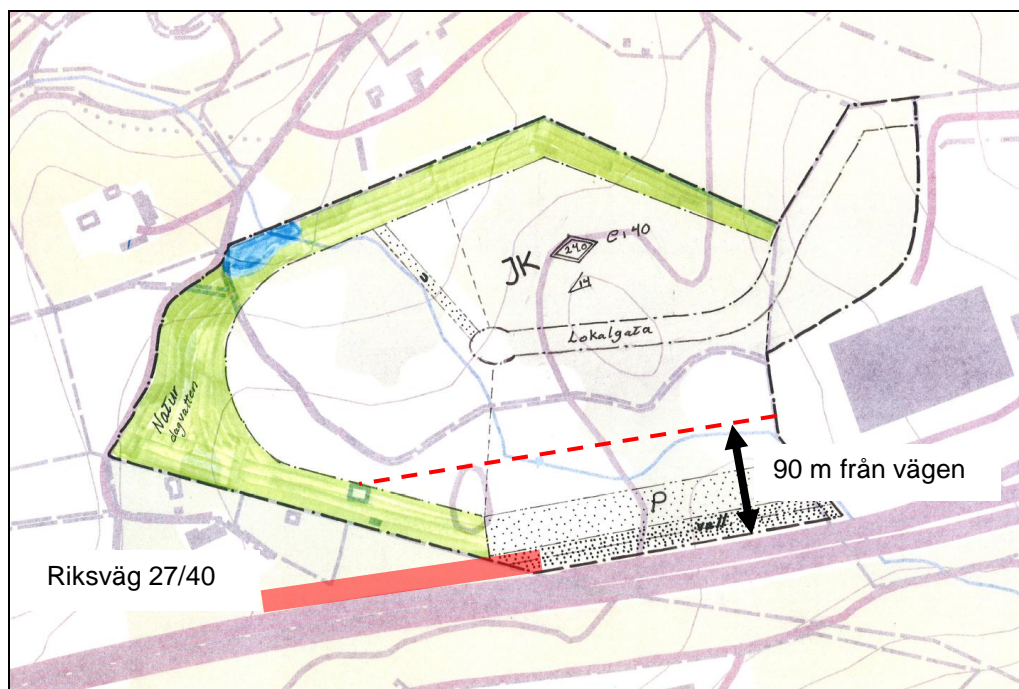
Även efter de föreslagna åtgärderna ligger samhällsrisken inom området för tolerabla risker. Enligt kriterierna kan situationen tolereras om alla rimliga åtgärder har vidtagits ur kostnadsperspektiv och praktisk genomförbarhet. Vår bedömning är att detta krav är uppfyllt genom de föreslagna åtgärderna.

Osäkerhetsanalysen visar att det är av stor vikt att bebyggelsen inom 90 m från vägen utformas så att personerna inomhus inte omkommer vid olyckor med brandfarlig gas på vägen. De farligaste olyckorna är när gasen sprids in till området och antänds där vilket kan leda till en gasolnsexplosion eller en gasbrand. Området där detta bedöms kunna ske sträcker sig upp till 90 m in i området.

Skyddsvallens funktion är dels att minska sannolikheten för skador på avåkande fordon med farligt gods och dels att minska spridningen av farligt gods till området. Vallen skyddar helt mot spridning av vätskor och delvis mot spridning av gaser. Genom att förlänga vallen jämfört med planförslaget i *figur 2* till att sträcka sig längs hela området, *se figur 17*, så skyddas även befintlig bostadsbebyggelse nära vägen strax utanför den västra delen av planområdet.

Det skall vara möjligt att utrymma alla byggnader i området i riktning som inte vetter mot riksväg 27/40.

Skyddsåtgärderna som föreslås visas i *figur 17*.



Figur 17. Föreslagna skyddsåtgärder. Dels en zon på 90 m från vägen där byggnader utformas så att personer inomhus inte omkommer (mellan vägen och den röda streckade linjen), dels en förlängning av vällen utmed hela planområdet (den röda ytan).

Sammanfattningsvis föreslås:

- att bebyggelsen inom 90 m från vägen utformas så att personerna inomhus inte omkommer vid olyckor med brandfarlig gas på vägen
- att skyddsvallen förlängs utmed hela planområdet
- att alla byggnader inom planområdet kan utrymmas i riktning som inte vetter mot riksväg 27/40

Efter genomförda åtgärder bedöms risknivån vara godtagbar utifrån de tillämpade riskkriterierna.

Norconsult AB  
Väg och Bana/Trafik

Herman Heijmans  
herman.heijmans@norconsult.com

## 8. Referenser

- Banverket 2003 Järnvägsutredning Järnvägsutredning/MKB Kust till kustbanan, BRVT 2003:02:1, 2003-04-15, Delen Mölnlycke – Rävlanda/Bollebygd
- Bollebygds kommun 2014 ”Planerad järnväg” i grundkarta, Bollebygds kommun, 2014
- Göteborg 2011 Vägledning till parkeringstal vids detaljplaner och bygglov 2011, Stadsbyggnadskontoret, Göteborgs stad, 2011-10-31
- Lst 2006 Riskhantering i detaljplaneprocessen, Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006
- MSB 2013 MSB:s databas över transporter av farligt gods 2006, [www.msb.se](http://www.msb.se)
- Norconsult 2009 Detaljplan för Gårda 3:3. 3:11 samt del av 3:13. Riskutredning avseende transport av farligt gods. Utställningsversionen. Norconsult 2009-11-20
- Norconsult 2010 Gårda 1:15, 2:12 och 3:12. Riskutredning avseende transport av farligt gods, 2010-02-18
- Rtj Storgöteborg 2004 Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänst Storgöteborg 2004
- SRV 1996 Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Räddningsverket 1996
- SRV 1997 Värdering av risk; FoU rapport, Räddningsverket 1997
- SRV 2007 Kartläggning av farligt godstransporter, september 2006 Statens Räddningsverk (numera MSB), 2007

TRAFÄ 2013	Lastbilstrafik, Sveriges officiella statistik, 2000 till och med 2013, TRAFÄ, SIKÄ, SCB
Trafikverket 2012	Vägar och gators utformning, publikation 2012:180, Trafikverket, 2012
Trafikverket 2014	Vägtrafikflödeskartan på <a href="http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation#">http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation#</a> , uttag augusti 2014
VTI 2002	Trafiksäkerhetsutvecklingen i Sverige fram till år 2001; VTI rapport 486, 2002
Vägverket 2008	Effektsamband för vägtransportssystemet, Nybyggnad och förbättring – Effektkatalog, Vägverkets publikation 2008:11
Vägverket 2009	Effektsamband för vägtransportssystemet. Gemensamma förutsättningar, Kap 1 Inledning, Vägverket publikation 2009:150, 2009
ØSA 2004	Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen; Øresund Safety Advisers AB, 2004



# Bilaga

## Riskberäkningar för transport av farligt gods på väg 27/40

### Innehåll

<b>1. Inledning .....</b>	<b>2</b>
1.1 Beräkningsmetod .....	2
1.1.1 Inledning .....	2
1.1.2 Sannolikhetsberäkning.....	2
1.1.3 Konsekvenser.....	4
1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar .....	5
<b>2. Aktuella scenarierna .....</b>	<b>8</b>
2.1. Scenarier med sprängämnen, klass 1.1 .....	8
2.1.1 Sannolikheter.....	8
2.1.2 Konsekvenser .....	9
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1 .....	17
2.2.1 Scenario Jetflamma .....	17
2.2.2 Scenario Gasbrand vid momentant utsläpp, Gasbrand M ...	19
2.2.3 Scenario Gasbrand vid kontinuerligt utsläpp, Gasbrand KT och KL .....	19
2.2.4 Scenario Gasexplosion vid momentant utsläpp, Gasexplosion M .....	20
2.2.5 Scenario Gasexplosion vid kontinuerlig utsläpp, Gasexplosion KT och KL .....	21
2.2.6 Scenario BLEVE .....	22
2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3.....	22
2.3.1 Scenario Gasmoln M .....	23
2.3.2 Scenario Gasmoln K.....	24
2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1 .....	25
2.4.1 Scenarier Pölbrand S och M .....	25
2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1.....	27
2.5.1 Scenario Explosion S och M .....	27
<b>3. Beräkningsresultat .....</b>	<b>30</b>
<b>4. Referenser .....</b>	<b>33</b>

# 1. Inledning

## 1.1 Beräkningsmetod

### 1.1.1 Inledning

Riskberäkningsmetoden kan delas upp i fyra steg.

1. Beräkning av sannolikhet för olyckor med olika ämnen
2. Beräkning av sannolikhet av olika scenarier utifrån händelsetråd
3. Beräkning av konsekvenserna av dessa scenarier avseende antalet omkomna utomhus och inomhus
4. Sammanräkning av resultaten som individrisk och samhällsrisk

Alla beräkningar genomförs i excelblad. Dessa excelblad finns för insyn för myndigheterna och endast vissa utdrag publiceras här.

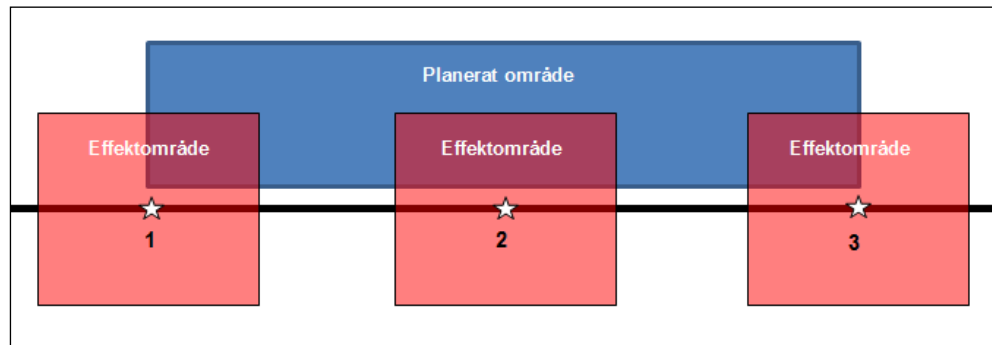
Sannolikheter och effektområdets storlek har, för klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 tagits från den nederländska beräkningsmetoden RBMII som är en av den nederländska staten godkänd metod för riskberäkning vid transport av farligt gods utifrån de modeller som presenteras i den s.k. Gula Boken (PGS2 2005) och Lila Boken (PGS3 2005). För klass 1.1 och klass 5.1 anges mera i detalj hur sannolikheterna och effektområdets storlek har beräknats.

### 1.1.2 Sannolikhetsberäkning

Sannolikheten för en olycka med transport av farligt gods beräknas utifrån de av Trafikverket angivna sannolikheter för personskadeolyckor per fordonskilometer på en vägsträcka av den aktuella typen (Vägverket 2008). Olycksrisken för enstaka fordon har beräknats ur risken per fordonskilometer för olyckor på vägsträckan med antagandet en viss andel av olyckorna är singelolyckor och resten olyckor har två fordon inblandade. Uppgifterna om hur stor andel av olyckorna är singelolyckor fås från rapporten Farligt gods – Riskbedömning vid transport (SRV 1996).

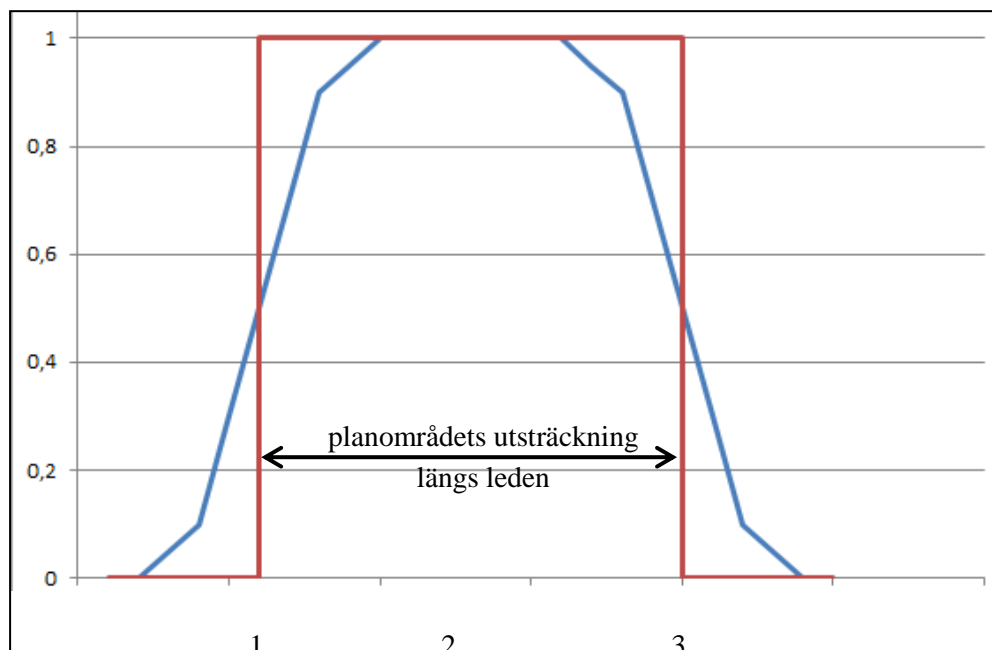
Antal transporter med de olika klasser farligt gods ger sedan antalet olyckor med transporter av de olika klasser farligt gods per kilometer. Beräkningsresultaten för dessa olyckor finns i *figur 4*. Att sannolikheten beräknas per kilometer beror på att vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar varierar beroende på vilket scenario som är aktuellt

För samhällsrisk förklaras detta i *figur 1 till 3* nedan.



Figur 1. Tre olika lägen för en olycka med farligt gods med effektområde mindre än det planerade området..

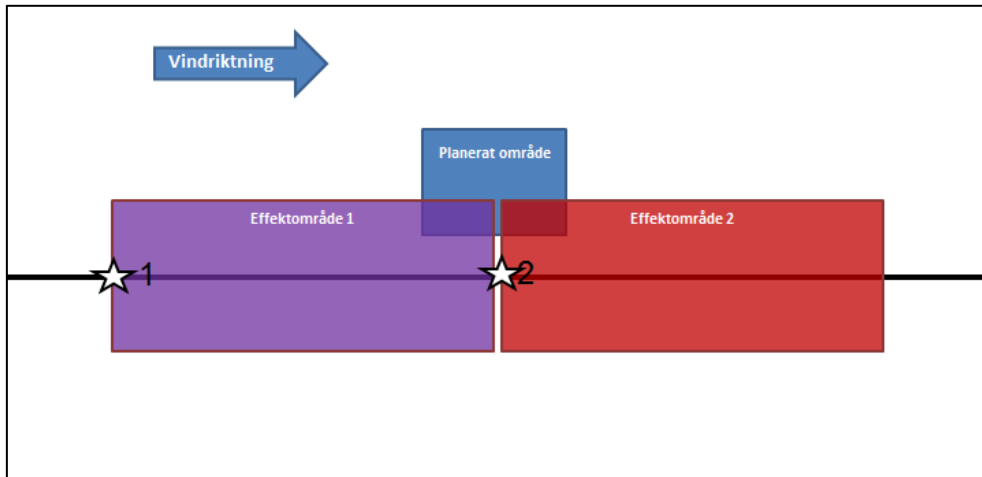
Tre lägen för olyckor visas. I läge 1 drabbas området av halva effekten, i läge 2 av hela effekten och läge 3 åter av halva effekten. Till vänster om läge 1 och till höger om läge 3 drabbas området av mindre än halva effekten. Detta förenklas till att området drabbas av hela effekten (som i olycksplats 2) för alla olyckslägen mellan 1 och 3. Olyckor utanför denna sträcka tas däremot inte med i beräkningen. Approximationen förtydligas i *figur 2* nedan.



Figur 2. Förenkling av effekten av olyckor med farligt gods.

Om effektområdets längd utmed leden är större än planområdets längd utmed leden så är det effektområdets längd som är utgångspunkten. Detta visas i figur 3 som

visar effektområdet för exempelvis ett gasmoln som blåses av vinden längs med vägen. Om olyckan sker mellan läge 1 och läge 2 så antas området drabbas av effekten. Avståndet är lika med effektområdets utsträckning längs leden.



Figur 3. Två olika lägen (lila resp röda effektområdet) för en olycka med farligt gods (gas i detta fall) med effektområde större än det planerade området.

Vid individriskberäkningar bestäms sannolikheten för olyckor alltid av effektområdenas utsträckning längs leden.

Sannolikheten att en olycka leder till ett utsläpp av betydelse (>100 kg) för klass 2.1, 2.3, 3 och 5.1 har tagits från RBMII.

Händelseträden för klass 1.1 och klass 5.1 förklaras i nästa kapitel vid aktuella scenarier

Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 har tagits från RBMII.

### 1.1.3 Konsekvenser

Konsekvenserna beräknas med hjälp av effektområden för scenarier för ämnen i klass 2.2, 2.3 och 3. För ämnen i klass 1.1 och 5.1 används en något annorlunda metod som förklaras vid dessa scenarier.

Effektområden har tagits från den nederländska metoden RBMII som är föreskriven metod i Nederländerna vid denna sorts beräkningar. Effektområden har förenklats till att vara rektangulära. Storleken på dessa effektområden är generellt något större än på de effektområden som används i RBMII vilket leder till mera konservativa beräkningar.

I vissa fall finns det skäl att använda två effektområden i ett scenario. Detta är fallet då effekten av olyckan endast avklingar långsamt som exempelvis för olyckor med giftiga gaser i klass 2.3. För många scenarier avklingar effekten ganska snabbt från att alla omkommer till att nästan inga omkommer. I dessa fall används endast ett effektområde vars storlek har utökats för att även täcka de delar där endast en del av de närvarande omkommer.

Vindens påverkan tas med för de effekter som beror på vindriktningen. Alla vindriktningar mot området samlas till en vindriktning lodrätt från leden mot området. Vindriktningar längs leden beaktas också då vissa scenarier ger plymer längs leden som påverkar närmast leden.

Antalet omkomna i ett scenario beräknas utifrån ytan på området där scenariot påverkar, antal personer som befinner sig ute och inne inom detta område samt andelen av dessa som omkommer.

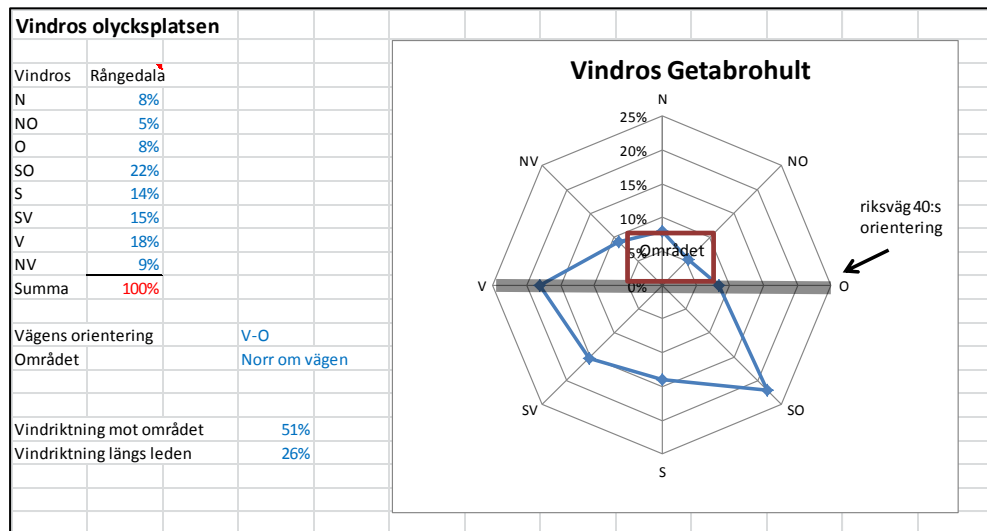
## 1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar

Resultaten av beräkningen av olycksrisk per kilometer för de olika klasser farligt gods framgår av *figur 4*. Där framgår också beräkningarna av persontäthet inom området och i husen närmast vägen.

Ingångsdata		år 2030	Uppdragsnamn:	Getabrohult, Bollebygds kommun	2014-09-04
<b>Olycksrisk</b>					
Risk för olycka		4,7E-08	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor		0,60			
Olycksrisk fordon		6,6E-08	1/km, år		
Område enl nedan		1	ange siffervärde		
<b>Sannolikhet utströmning &gt; 100 kg</b>					
Område			Kondenserade gaser	Vätskor	
Motorväg	1		0,052	0,101	
Utanför tätort	2		0,034	0,077	
Inom tätort	3		0,006	0,021	
Generisk	4		0,043	0,093	
<b>Sannolikhet utströmning olika klasser</b>					
	antal transporter	risk olycka/km,år	risk>100 kg	olycksrisk/km,år	
Klass 1, massexpliv	9	5,9E-07	1	5,9E-07	
Klass 2.1	3284	2,2E-04	0,052	1,1E-05	
Klass 2.3	11	7,4E-07	0,052	3,8E-08	
Klass 3, bensin	21969	1,4E-03	0,101	1,5E-04	
Klass 5.1, explosionsrisk	146	9,6E-06	0,101	9,7E-07	
<b>Områdesinfo</b>					
	Inne	Ute			
Befolkningstäthet	8,8E-03	6,6E-04			
<b>Områdets storlek</b>					
	Inne	Ute			
Planområdets avstånd leden	50	50	m		
Planområdets bredd	280	280	m		
Planområdets längd	350	350	m		
<b>Antal personer total</b>					
Antal personer total	928				
Andel när dagtid	100%				
Antal personer dagtid	927,5				
	Inne	Ute			
Andel i %	93%	7%			
Antal personer	862,6	64,9			
<b>Antal personer första raden totalt</b>					
Antal personer första raden totalt	92,75				
Andel när dagtid	100%				
Antal personer dagtid	92,75				
	Inne	Ute			
Andel i %	93%	7%			
Antal personer	86,3	6,5			

Figur 4. Ingångsvärden för riskberäkningarna.

I figur 5 visas vindrosen som används vid beräkningar av vissa scenarier med gasutsläpp. Beräkningen av andelen av tiden som vinden kan föra gasen mot området respektive längs vägen framgår.



Figur 5. Vindros för Bollebygd

För beräkningar av spridning av brandfarliga gaser och giftiga gaser har effektområden anpassats för att ta hänsyn till påverkan från skyddsvallen längs vägen. Denna påverkan har beskrivits i *avsnitt 5.6* i rapporten. I texten i bilagan anges de ursprungliga effektområden för scenarierna. I den redovisning av beräkningsresultaten som finns i kapitel 3 i bilagan anges dock de effektområden som används i beräkningarna.

## 2. Aktuella scenarierna

Här ges en generell beskrivning av scenarierna som kan leda till betydande konsekvenser för området utifrån de klasser farligt gods som kan komma att transporteras, *se rapporten*.

### 2.1. Scenarier med sprängämnen, klass 1.1

#### 2.1.1 Sannolikheter

Sannolikheten för en olycka med massexplosiva sprängämnen framgår av *figur 4*

Vid en olycka finns olika utfall som här förenklas till följande:

- ingen brand eller explosion,
- explosion på grund av den mekaniska påverkan vid olyckan,
- brand i fordonet som inte leder till explosion.
- brand i fordon som leder till explosion.

#### **Sannolikhet för explosion på grund av den mekaniska påverkan vid olyckan**

Sprängämnen som transporteras antas vara av emulsionstyp som är den typen som huvudsakligen används inom gruvindustrin. Ett antal studier har rapporterats (ERM 2008, FOA 2000) som visar att den hastighet som krävs för att en stöt skall leda till explosion av sprängämnet är jämförbara med typiska hastigheter för kulor från skjutvapen (500 m/s dvs. 1800 km/t). Vid förhöjda temperaturer sänks visserligen denna hastighet men ligger fortfarande vida över vad som förekommer vid en olycka.

Tidigare studier har visat att den kritiska hastigheten för att en projektil skall leda till en explosion för ett emulsionssprängämne är några tiotals gånger större än för dynamit. En studie med fallvikter på nitroglycerinbaserade sprängämnen har visat att sannolikheten för antändning låg under 0,1 %. I studien simulerades den stöten som skulle orsakas av ett fall på 12 m.

Sammantaget bedöms det att sannolikheten för detonation på grund av stöt vid en olycka med emulsionssprängämnen ligger under 0,1 %. Detta värde kommer att användas vid sannolikhetsberäkningarna.

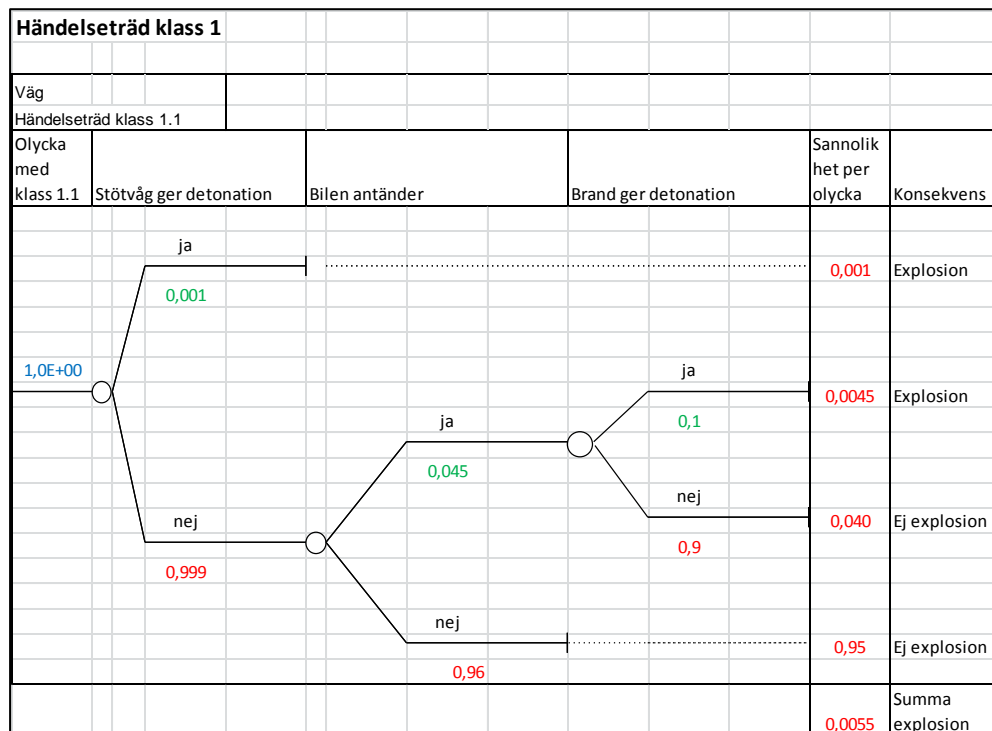
#### **Sannolikhet för detonation på grund av brand**

Sannolikheten för att en olycka leder till en fordonsbrand beräknas utifrån statistik från USA då pålitlig svensk statistik saknas. Enligt statistiken (NFPA 2012, FEMA



2008, USCB 2012) förekom det under perioden 2005-2009 ca 52,7 miljoner trafikolyckor på motorvägar i USA. Av dessa var lastbilar inblandade i ca 3,1 % eller 1,6 miljoner olyckor. Av trafikolyckorna på motorväg under perioden 2005-2009 ledde ca 1,13 miljoner till brand i fordon. Av dessa olyckor med brand i fordon berörde ca 6,4 % eller 72 600 lastbilar. Andelen trafikolyckor med lastbilar som ledde till brand är således  $72\,600/1\,600\,000 = 4,5\%$  under 2005-2009 i USA. Denna siffra används som sannolikhet för att lastbil fattar eld vid en olycka.

Sannolikheten att en brand leder till detonation av sprängämnet uppskattas grovt till 10 %. Händelseträdet för olycka med sprängämnen visas i *figur 6*.



Figur 6. Händelsetråd för olycka med sprängämnen, klass 1.1.

Resultaten av sannolikhetsberäkningar för fallet att en massexplosion på grund av en olycka med en sprängämnestransport visas i *tabell 2, avsnitt 3*.

## 2.1.2 Konsekvenser

### Explosionslast

Vid beräkning av explosionslast utgår från en explosion av 16 ton TNT. Mängden sätts till 16 ton då detta är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras i en vägtransport. Att välja TNT görs för att inte underskatta explosionsstyrka, ämnet

som transporteras mest är ANFO vars explosionsstyrka ligger på ca 82 % av TNT. För att inte underskatta riskerna väljs dock TNT.

Explosionens övertryck och impuls har beräknats nedan. Både oreflekterade och reflekterade värden har beräknats. De reflekterade värdena är aktuella när explosionen träffar en yta som är riktat vinkelrät mot explosionen. De oreflekterade värdena gäller för ytor som är riktade i samma riktning som explosionen.

Explosionsstyrkan beräknas med hjälp av *figur 7 och 8* som tagits från rapporten *Dynamisk lastpåverkan – Referensbok (SRV 2005)*. För en närmare förklaring av beräkningsmetoden hänvisas till denna rapport.

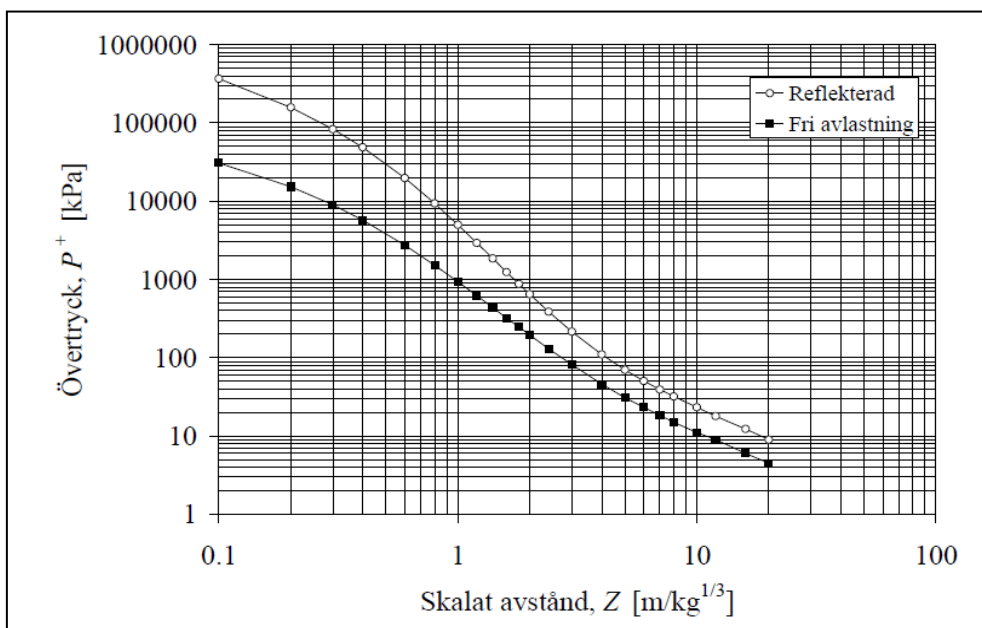
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

$$Z = \frac{R}{M^{1/3}}$$

R = avstånd från explosionscentrum (m)

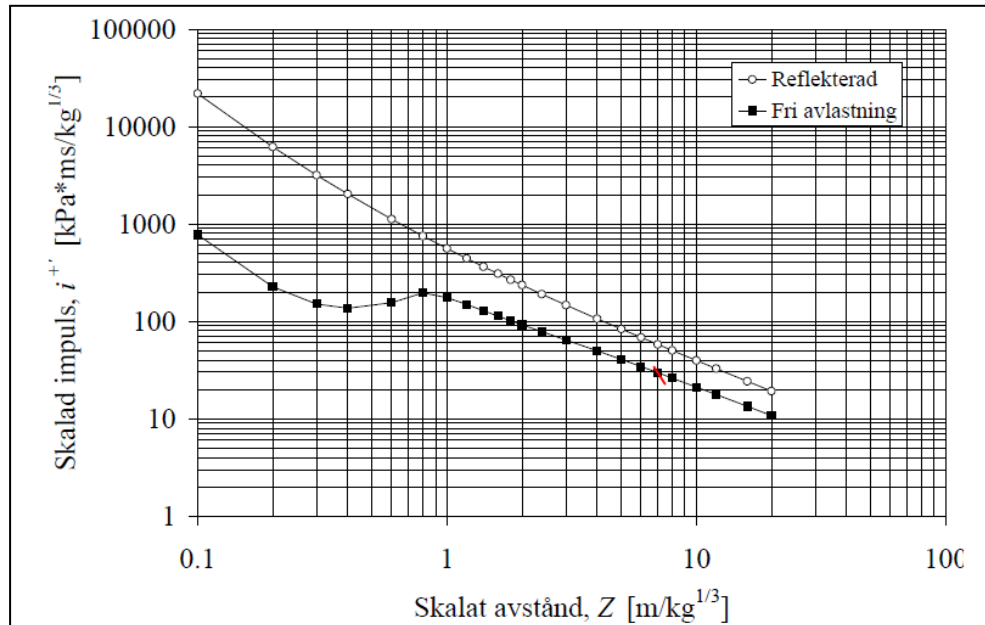
M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

*Figur 7* ger övertrycket  $p_+$



Figur 7 Reflekterat och oreflekterat övertryck som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

Figur 8 ger den skalade impulsen delat med kubikroten ur mängden sprängämne:  $i_+/M^{1/3}$ . Den skalade impulsintensiteten räknas sedan ut genom att multiplicera med  $M^{1/3} = 16000^{1/3} = 25,2 \text{ kg}^{1/3}$ .



Figur 8. Reflekerat och oreflekerat impulsintensitet som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

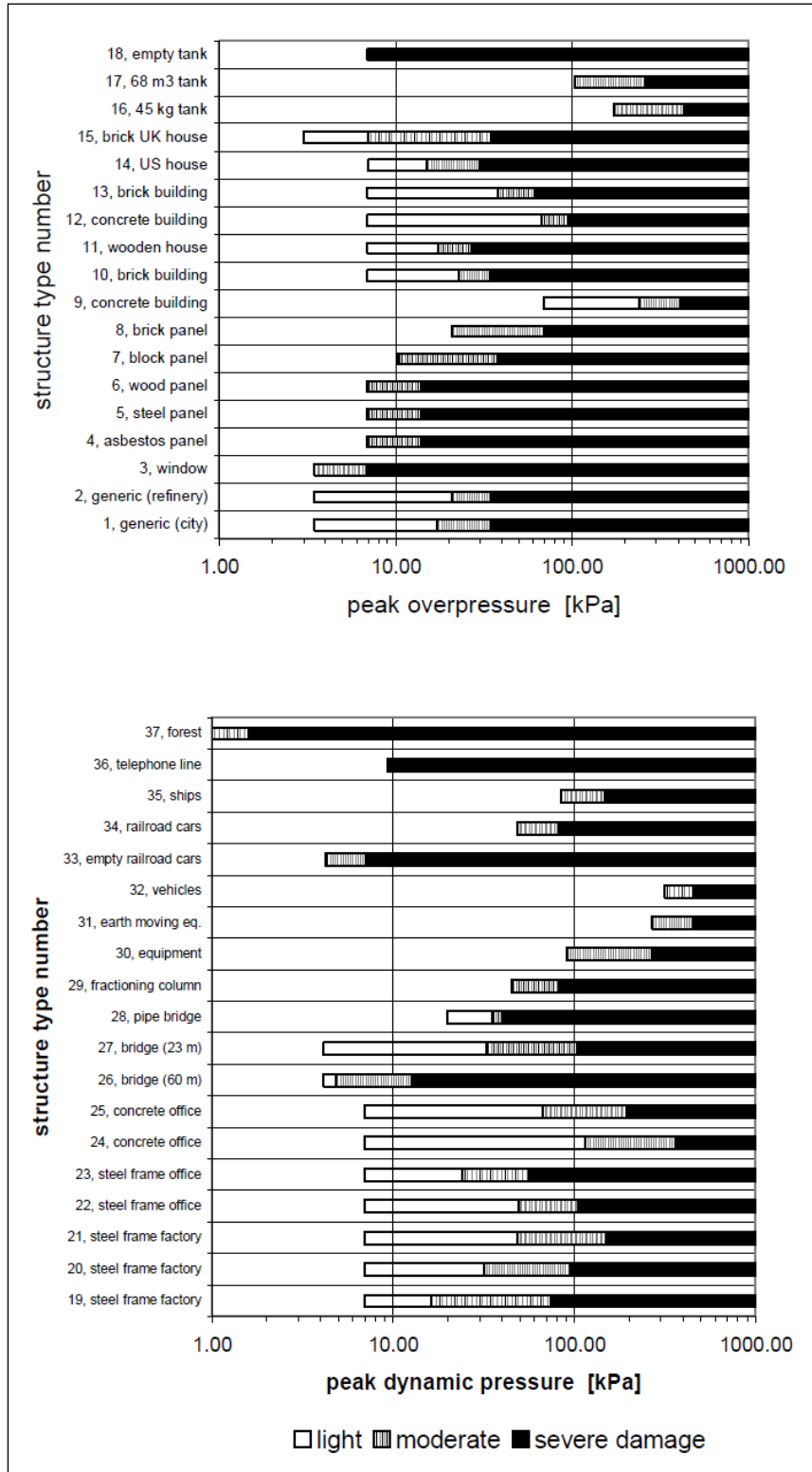
Resultaten visas i *tabell 1*.

Tabell 1. Reflekerat och oreflekerat tryck och impultstäthet som funktion av avståndet till explosionscentrum.

Avstånd	Z	$p^+$	$p_r$	$i^+$	$i_r$
m	$m/kg^{1/3}$	kPa	kPa	kPas	kPas
25	1,0	900	5000	4,8	14,0
50	2,0	200	750	2,3	6,3
63	2,5	120	400	1,8	4,3
75	3,0	80	220	1,6	3,3
100	4,0	45	110	1,3	2,6
125	5,0	33	70	1,0	2,0
150	6,0	23	50	0,9	1,8
175	6,9	20	40	0,8	1,5
200	7,9	15	33	0,7	1,3

**Skador på bebyggelsen**

Enligt amerikanska undersökningar (EAI 1997) rasar hus vid ett övertryck ( $p^+$ ) på 25-35 kPa medan en vanlig stadsbebyggelse bedöms få allvarliga skador vid ungefär samma övertryck, se *figur 9 och 10*. Detta tryck uppnås enligt *tabell 1* ungefär 125 m från platsen för explosionen.



Figur 9 Övertryck som leder till raserade byggnader mm.

Type	Description of structure
1	city
2	refinery
3	glass windows, large and small
4	corrugated asbestos siding
5	corrugated steel or aluminum panelling
6	wood siding panels, standard house construction
7	concrete or cinder-block wall panels, 8" or 12" thick (not reinforced)
8	brick wall panel, 8" or 12" thick (not reinforced)
9	blast-resistant reinforced concrete windowless building
10	multi-storey wall-bearing building, brick apartment house type, up to three storeys
11	wood-frame house
12	multi-storey reinforced concrete building with concrete walls, small window area, three to eight storeys
13	multi-storey wall-bearing building, monumental type, up to four storeys
14	typical American-style house
15	typical brick-built English house
16	45 kg LPG tank
17	68000-litre LPG bulk gas plant
18	floating- or conical roof tanks, empty
19	light steel frame industrial building, single storey, with up to 5-ton crane capacity, low strength walls which fail quickly
20	heavy steel frame industrial building, single storey, with 25- to 50-ton crane capacity, lightweight low strength walls which fail quickly
21	heavy steel frame industrial building, single storey, with 60- to 100-ton crane capacity, lightweight low strength walls which fail quickly
22	multi-storey steel frame office-type building, 3 to 10 storeys. Lightweight low strength walls which fail quickly, earthquake-resistant design
23	multi-storey steel frame office-type building, 3 to 10 storeys. Lightweight low strength walls which fail quickly, non-earthquake-resistant design
24	multi-storey reinforced concrete-frame office-type building, 3 to 10 storeys. Lightweight low strength walls which fail quickly, earthquake-resistant construction.
25	multi-storey reinforced concrete-frame office-type building, 3 to 10 storeys. Lightweight low strength walls which fail quickly, non-earthquake-resistant construction.
26	railroad girder bridges, single track deck or through, open floors, span 200 ft (60 m)
27	railroad girder bridges, single track deck or through, open floors, span 75 ft (23 m)
28	pipe bridge
29	fractioning column
30	truck-mounted engineering equipment (unprotected)
31	earth-moving engineering equipment (unprotected)
32	transportation vehicles
33	unloaded railroad cars
34	loaded boxcars, flatcars, full tank cars, and gondola cars (side-on orientation)
35	merchant shipping
36	telephone lines (transverse)
37	average deciduous forest stand

Figur 10. Beskrivning av byggnadstyper mm i figur 9.

Sammantaget antas att byggnader närmast vägen får allvarliga skador inom 125 m från explosionen. Bebyggelsen bakom skyddas i stor utsträckning av husen framför och antas inte få lika betydande skador.

Storleken av området längs vägen där husen rasar beräknas utifrån husens avstånd till vägen och Pythagoras sats.

Inom området där husen skadas allvarligt antas att husens raszon sträcker sig in mot ungefär halva huset och att det i raszonen omkommer cirka en tredjedel av de personer som vistas där (FOA 1997). Detta innebär att cirka en sjättedel av de boende inom detta område antas omkomma vid en explosion med sprängämnen.

Antalet omkomna beräknas utifrån antal i husraden närmast vägen, resultaten visas i *tabell 2*.

### **Skador utomhus**

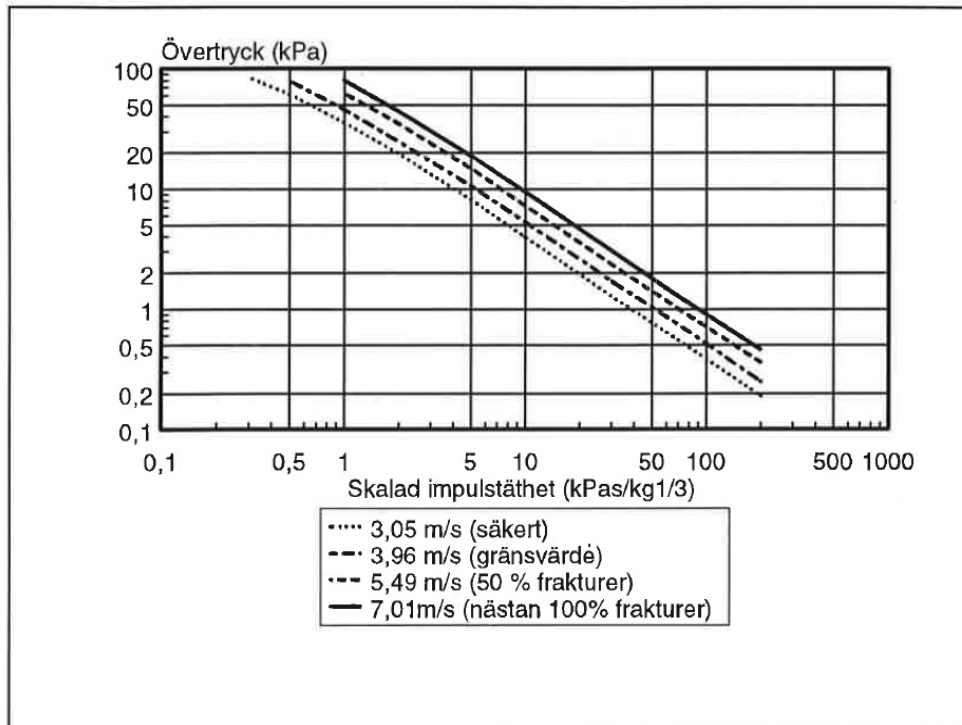
#### **Direkta skador pga. tryck**

Människan tål tryck relativt bra. Gränsen för lungskador anges vara ca 70 kPa, döda på grund av lungskador förväntas vid 180 kPa och 50 % omkomna vid 260 kPa. Detta innebär att inga omkomna förväntas pga. lungskador på ett avstånd på mer än 50 m från explosionen (FOA 1997).

#### **Indirekta skador**

Indirekta skador kan uppstå genom att någon kastas mot något hårt föremål av tryckvågen eller att personer träffas av nedfallande byggnadsdelar.

Som skademått för skador pga. att någon kastas av tryckvågen tas skallskador. Enligt FOA får en person med kroppsvikt 70 kg skallfraktur på ca 50 m från explosionen, se *figur 11* och *tabell 1*. På 75 m har sannolikheten avtagit till 50 % och minskar till 10 % på ca 90 m.



Figur 11. Kombinationer av övertryck och skalad impulstäthet som ger allvarliga skador vid islag av huvudet (från FOA 1997).

Personer utomhus kan även omkomma av fallande byggnadsdelar eller splitter och vi antar därför att alla personer som befinner sig kring hus som förväntas rasera omkommer i explosionen.

En gynnsam omständighet som inte beaktats i detta scenario är att det kommer att ta tid innan en brand i ett fordon med sprängämnen sprider sig till lasten och ger upphov till en explosion. Under denna tidsperiod finns möjligheter att evakuera personer från området. Praktiska erfarenheter från olyckor med sprängämnen visar att evakueringen ofta har kunnat genomföras och lett till en reduktion av antalet omkomna.

Det här beskrivna scenariot ger därför konservativa värden för det förväntade antalet omkomna.

### **Individrisk**

En person antas omkomma om han befinner sig i området kring den bebyggelse som kommer att rasa vid en masseexplosion. Avståndet beror på avståndet mellan transportleden och husen och husens bredd, som default används 30 m för detta.



Sannolikheten beräknas med att explosionen måste ske på de 250 m av vägen som är närmast individen.

### **Samhällsrisk**

Sannolikheten för en person att omkomma inomhus är 17 % i de hus som antas rasa vid massexlosionen, dvs de som ligger inom 125 m från olycksplatsen. Alla personer som befinner sig utomhus kring husen antas omkomma, se avsnittet om individrisk.

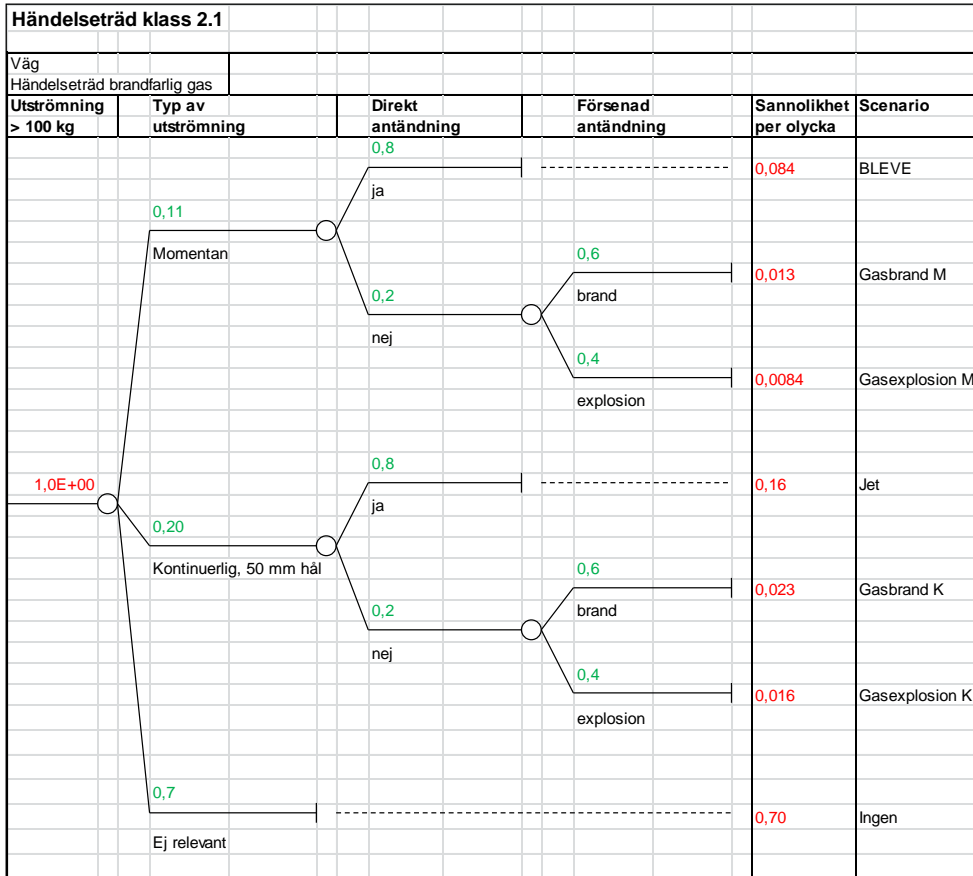
## **2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1**

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med brandfarliga gaser per kilometer transportled har beräknats på samma sätt som för massexplösiva ämnen i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 3*.

### **2.2.1 Scenario Jetflamma**

I detta scenario uppstår ett hål på 5 cm i tanken på tankfordon med komprimerad brandfarlig gas. Gasen sprutar ut och antänds vilket leder till en låga som sträcker sig från olycksplatsen in mot området. Inom ett område av 45x74 m (längs vägen x in mot området) förväntas alla omkomma. Utomhus på grund av att människorna hamnar i eller nära lågan, inomhus då byggnaden fattar eld och brinner ner.

Av händelseträdet för brandfarliga gaser, *figur 12*, framgår att sannolikheten för scenario Jetflamma vid en olycka med brandfarlig gas med betydande utströmning är lika med 0,16.



Figur 12. Händelseträdd olycka med brandfarlig gas

### Individerisk

Scenario Jetflamma antas leda till att oskyddade individer utomhus omkommer inom ett område på 45 m av leden i ledens riktning och som sträcker sig ca 74 m in i området.

En individ omkommer om olyckan sker på de närmaste 45 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 74 m från leden.

### Samhällsrisk

Personer som vistas inom ett område på 45 m längs vägen och 74 m in från vägen antas omkomma, såväl inomhus som utomhus.

## 2.2.2 Scenario Gasbrand vid momentant utsläpp, Gasbrand M

I detta scenario havererar tanken och hela innehållet släpps ut momentant. Gasen blandas med luft tills den lägre brännbarhetsnivån är nådd (LFL) då gasen antänds. Förbränningen kan ske som deflagration (flamfronten rör sig med en hastighet som är lägre än ljudets hastighet), vilket leder till en gasbrand, eller som en detonation (flamfronten rör sig med en hastighet som överstiger ljudets) vilket leder till en gasexplosion. Detta är scenario Gasbrand M respektive Gasexplosion M. För dessa scenarier spelar vindriktningen en mindre roll på grund av den stora mängden gas som expanderar och antänds snabbt. För scenario Gasbrand M antas gasmolnet ha sitt centrum på olycksplatsen och en storlek av 18 5x 185 m. Inom ett område av 185 x 93 m (längs vägen x in mot området) omkommer alla ute och inne. Effektområdet har valt med marginal så att det även tas hänsyn till att gasmolnet förflyttar sig i viss mån med vinden innan det antänds.

Sannolikheten för detta scenario vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas framgår av händelseträdet i *figur 10* och är lika med 0,013.

### **Individrisk**

En individ omkommer vid detta scenario om han/hon befinner sig inom det brinnande molnet, dvs om olyckan händer inom 93 m från personen och om personen står på ett avstånd av mindre än 93 m från leden.

### **Samhällsrisk**

Personer som vistas inne i det brinnande gasmolnet antas omkomma, inne såväl som ute.

## 2.2.3 Scenario Gasbrand vid kontinuerligt utsläpp, Gasbrand KT och KL

I detta scenario uppstår ett hål på 5 cm i tanken på samma sätt som i scenario Jetflamma. Den brandfarliga gasen antänds inte direkt men sprids med vinden mot olycksplatsen. Gasen blandas med luft tills den lägre brännbarhetsnivån är nådd (LFL) då gasen antänds. Molnets utsträckning är då 50 x 10 m i vindriktningen. Förbränningen kan ske som deflagration (flamfronten rör sig med en hastighet som är lägre än ljudets hastighet), vilket leder till en gasbrand, scenario Gasbrand K, eller till en detonation (flamfronten rör sig med en hastighet som överstiger ljudets) vilket leder till en gasexplosion, detta är scenario Gasexplosion K.

Vid Scenario Gasbrand K antas alla som vistas i det brinnande molnet omkomma, såväl inomhus som utomhus.

Sannolikheten för Scenario Gasbrand K framgår av händelseträdet i *figur 12* och är lika med 0,023 vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 5*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen in mot området, detta är scenario Gasbrand KT. Blåser vinden i ledens riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasbrand KL. Vid övriga vindriktningar förs gasen bort från området.

### **Individerisk**

I scenario Gasbrand KT omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 10 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 50 m från leden.

I scenario Gasbrand KL omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 50 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 5 m från leden.

### **Samhällsrisk**

I scenario Gasbrand KT antas personer omkomma inom ett område med längd 10 m längs leden och bredd 50 m in från vägen.

I scenario Gasbrand KL antas personer omkomma inom ett område med längd 50 m längs leden och bredd 5 m in från vägen.

## **2.2.4 Scenario Gasexplosion vid momentant utsläpp, Gasexplosion M**

Detta är samma som scenario Gasbrand M, med den skillnaden att gas/luftblandningen förbränns explosionsartat. En individ antas omkomma vid ett explosionstryck över 0,3 Bar. Detta inträffar vid en gasexplosion inom ett område på 252 x 252 m, centrum för explosionen antas ligga på leden.

Sannolikheten för detta vid en olycka med utsläpp av brandfarliga gaser framgår av händelseträdet i *figur 12* och är lika med 0,0084 vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas.

**Individrisk**

I scenario Gasexplosion M omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 252 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 126 m från leden.

**Samhällsrisk**

Personer som vistas inomhus eller utomhus inom ett område med längd 252 m längs leden och bredd 126 m från vägen antas omkomma. Inom ett område utanför detta område med längd 504 m och bredd 252 m antas 3 % av de som befinner sig inomhus omkomma.

### 2.2.5 Scenario Gasexplosion vid kontinuerligt utsläpp, Gasexplosion KT och KL

Dessa scenarier är detsamma som scenario Gasbrand KT och KL med den skillnaden att gas/luftblandningen förbränns snabbare vilket leder till en gasexplosion. En individ antas omkomma vid ett explosionstryck över 0,3 Bar. Detta inträffar i ett område av 66x66 m. Sannolikheten för detta är enligt händelseträdet i *figur 12* lika med 0,016 per olycka med utsläpp av brandfarlig gas.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 5*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen in mot området detta är scenario Gasexplosion KT. Centrum för explosionen antas då ligga 33 m från vägen så att hela effektområdet a ligger vid sidan om vägen.

Blåser vinden i ledens riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasexplosion KL. Centrum för explosionen antas då ligga på vägen men mitt framför området. Vid övriga vindriktningar förs gasen bort från området.

**Individrisk**

I scenario Gasexplosion KT omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 66 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 66 m från leden.

I scenario Gasbrand KL omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 66 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 33 m från leden

### **Samhällsrisk**

I scenario Gasexplosion KT antas personer inomhus och utomhus omkomma inom ett område med längd 66 m längs leden och bredd 66 m in från vägen.

I scenario Gasexplosion KL antas personer omkomma inom ett område med längd 66 m längs leden och bredd 33 m in från vägen inomhus och utomhus.

### **2.2.6 Scenario BLEVE**

Vid en BLEVE havererar tanken brandfarlig gas, mestadels på grund av en brand i en annan del av fordonet, vilket leder till ett momentant utsläpp som antänds direkt. Detta kallas en BLEVE och leder till att personer omkommer inom ett område av 80x80m. BLEVE:ns centrum ligger på olycksplatsen. Sannolikheten för detta scenario vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas framgår av händelseträdet i *figur 10* och är lika med 0,084 vid en olycka.

### **Individrisk**

En person antas omkomma inom ett område med längd 80 m längs vägen och bredd 40 m in från vägen.

### **Samhällsrisk**

I scenario BLEVE antas personer omkomma inom ett område med längd 80 m längs leden och bredd 40 m in från vägen inomhus och utomhus.

## **2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3**

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med giftiga gaser per kilometer transportled har beräknats på samma sätt som för massexplosiva ämnen i *tidigare avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 3*.

Händelseträdet för scenarier med giftiga gaser framgår i *figur 13* nedan.

Händelseträäd klass 2.3			
Händelseträäd väg, gas			
Utströmning >100 kg	Utströmning	Sannolikhet per olycka	Scenario
	0,015 Momentant	0,015	Gasmoln M
1,0	0,20 Kontinuerligt 5 cm hål	0,20	Gasmoln K

Figur 13. Händelseträäd för olycka med giftiga gaser

### 2.3.1 Scenario Gasmoln M

I detta scenario havererar tanken och hela innehållet släpps ut momentant. På grund av det snabba händelseförloppet bedöms vindriktningens spela mindre roll.

Effektområdena har dock anpassat för att ta hänsyn till spridning med vinden i olika riktningar. Storleken av effektområde 1 bedöms vara 70x70 m med centrum på olycksplatsen. Effektområde 2 har storlek 120x120 m.

Sannolikhet för scenariot framgår av händelseträdet i *figur 13* och är lika med 0,015 per olycka med utsläpp.

#### **Individrisk**

En person har 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 70 m av leden från där personen står och 35 m in från vägen. En person har 30 % att omkomma om olyckan sker på de närmaste 120 m av leden från där personen står och 60 m in från vägen.

### **Samhällsrisk**

Inom effektområde 1 antas alla som vistas utomhus inom molnet omkomma. Av de som vistas inomhus antas ca 10 % omkomma. Inom effektområde 2 antas 30 % av de som vistas utomhus omkomma. Av de som vistas inomhus antas 3 % omkomma här.

### **2.3.2 Scenario Gasmoln K**

Vid detta scenario uppstår ett hål på 5 cm i tanken med ammoniakgas. En gasplym uppstår som rör sig i vindriktningen. Sannolikheten för scenariot framgår av händelseträdet i *figur 12* och är lika med 0,20 per olycka med utsläpp.

Effektområde 1 har bredd 25 m och längd 135 m i vindriktningen. Effektområde 2 har bredd 75 m och längd 220 m i vindriktningen. Båda effektområden börjar vid olycksplatsen.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 5*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen till området, detta är scenario Gasmoln KT. Blåser vinden i ledens riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasmoln KL. Vid övriga vindriktningar förs gasen bort från området.

### **Individerisk**

I scenario Gasmoln KT har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 25 m av leden från där personen står och 135 m in från vägen. En person har 30 % att omkomma om olyckan sker på de närmaste 75 m av leden från där personen står och 220 m in från vägen.

I scenario Gasmoln KL har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 135 m av leden från där personen står och 13 m in från vägen. En person har 30 % att omkomma om olyckan sker på de närmaste 220 m av leden från där personen står och 38 m in från vägen.

### **Samhällsrisk**

Inom effektområde 1 antas alla som vistas utomhus inom molnet omkomma. Av de som vistas inomhus antas ca 10 % omkomma. Inom effektområde 2 antas 30 % av de som vistas utomhus omkomma. Av de som vistas inomhus antas 3 % omkomma här.



## 2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med mycket brandfarliga vätskor på har beräknats på samma sätt som i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 3*.

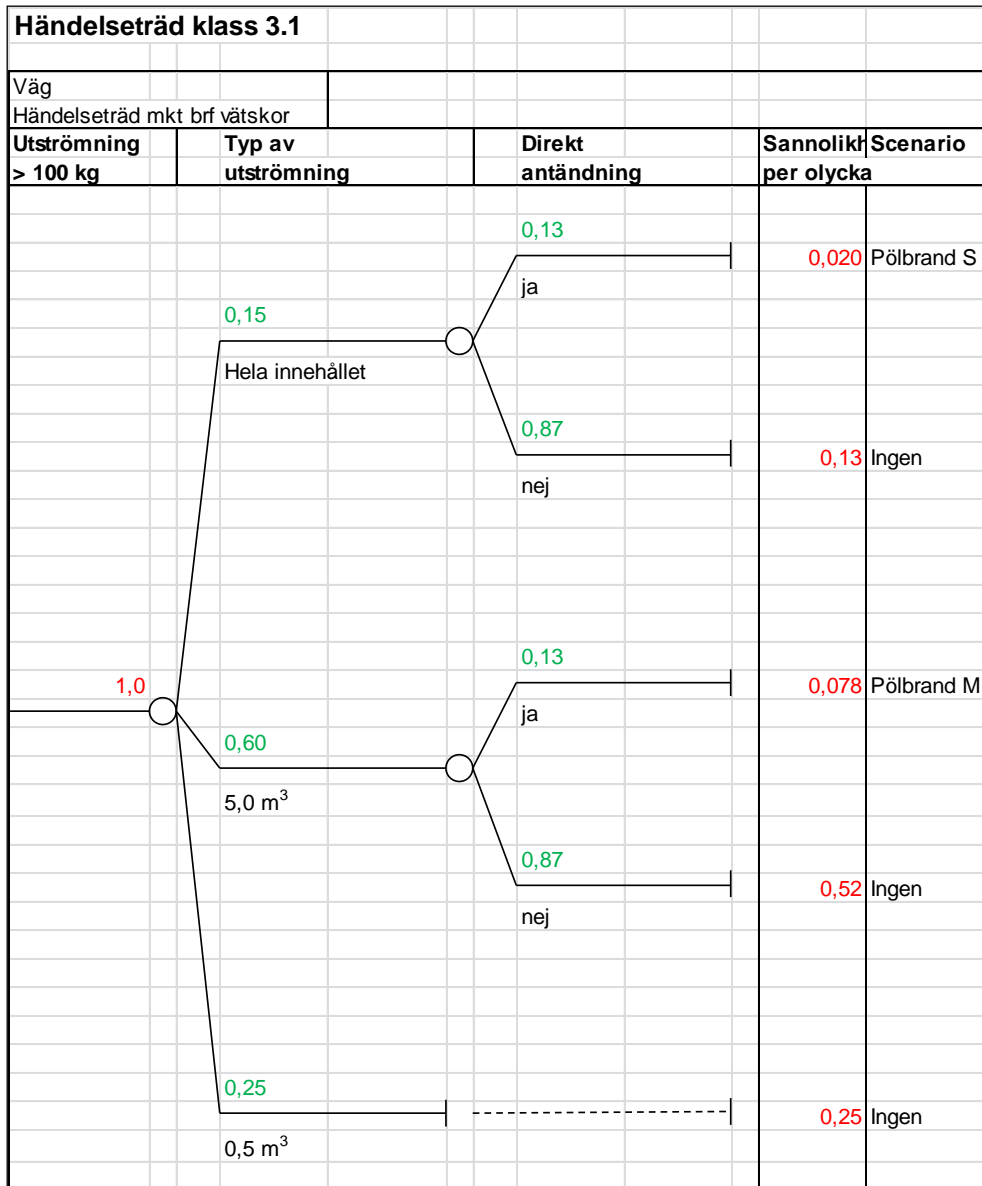
Händelseträdet för scenarier med mycket brandfarliga vätskor framgår i *figur 13* nedan.

### 2.4.1 Scenarier Pölbrand S och M

I scenario Pölbrand sker en olycka där tanken skadas och ett utsläpp sker av mycket brandfarlig vätska (exempelvis bensin) som rinner ut till en pöl som sedan antänds. Värmestrålningen kan leda till att människor omkommer. Vid en stor pölbrand (Pölbrand S) antas personer inom ett område på 48x48 m omkomma, såväl inne som ute. Vid en mindre pölbrand (Pölbrand M) antas personer inom ett område på 25x25 m omkomma såväl inne som ute. Områdena antas centrerade kring olycksplatsen.

#### **Sannolikhet**

Sannolikheten för att ett utsläpp leder till scenario Pölbrand S (en pölbrand med en yta på 600 m<sup>2</sup>) är lika med 0,020 per olycka med utsläpp av mycket brandfarlig vätska. Sannolikheten för scenario Pölbrand M (en pölbrand med yta 300 m<sup>2</sup>) är lika med 0,078 per olycka med utsläpp. Se händelseträdet i *figur 14* nedan.



Figur 14 Händelseträäd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.

### Individerisk

I scenario Pölbrand S har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 48 m av leden från där personen står och 24 m in från vägen.

I scenario Pölbrand M har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 23 m av leden från där personen står och 13 m in från vägen.

### **Samhällsrisk**

Inom ett område med längd 48 m längs vägen och bredd 24 m in från vägen antas alla omkomma såväl inomhus som utomhus i scenarion Pölbrand S.

I scenario Pölbrand M antas alla utomhus och inomhus omkomma inom ett område med längd 25 m längs vägen och bredd 13 m in från vägen.

## **2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1**

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med oxiderande ämnen med risk för massexplosion har beräknats på samma sätt som för massexplosiva ämnen i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 4*.

Händelseträdet för scenarier med oxiderande ämnen framgår i *figur 15* nedan.

### **2.5.1 Scenario Explosion S och M**

I dessa scenariot har vi utgått från att transportererna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 16 ton TNT vid ett stort utsläpp av ammoniumnitrat och cirka hälften vid ett mindre utsläpp. Detta överskattar explosionens kraft då den blandningen som kommer att ske om båda ämnen rinner ut vid en olycka inte räcker för att åstadkomma ett effektivt sprängämne vilket egentligen kräver en ganska exakt blandning av dessa ämnen.

Konsekvenserna av dessa explosioner härleds på samma sätt som för massexplosiva ämnen i klass 1.

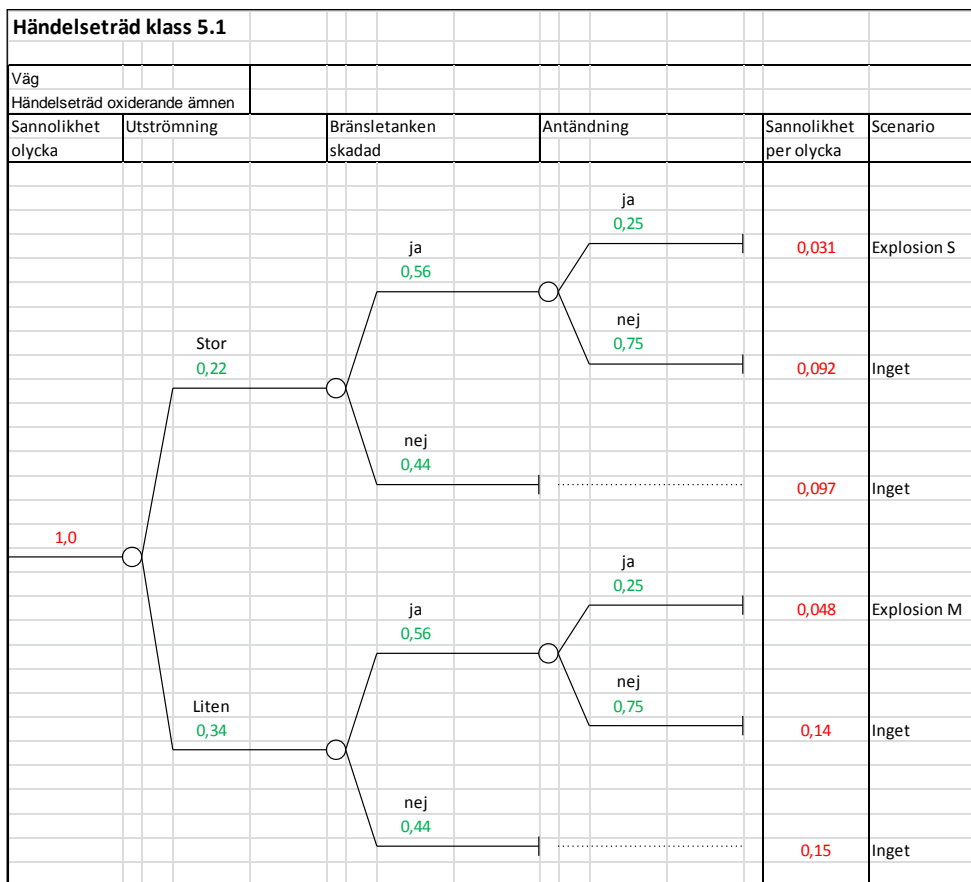
#### **Sannolikhet**

Sannolikheten för en olycka med dessa transporter per kilometer transportled framgår av *figur 3*.

För att en olycka med en transport med oxiderande ämnen skall leda till betydande konsekvenser krävs att det oxiderande ämnet blandas med dieselolja och att blandningen antänds. För att detta skall ske måste flera förutsättningar vara uppfyllda:

1. Ett betydande utsläpp av oxiderande ämnen måste ske.
2. Utsläpp av dieselolja måste ske.
3. Blandningen måste antändas.

Sannolikheten för detta framgår av händelseträdet i *figur 15* nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar.



Figur 15 Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion.

### Konsekvenser

Två scenarier finns beroende på storleken på utsläppet av det oxiderande ämnet. Storleken på utsläppet av den brandfarliga vätskan är av mindre vikt då en explosiv blandning endast kräver en mindre mängd brandfarlig vätska (ca 1 del brandfarlig vätska på 7 delar oxiderande ämne). Ett stort utsläpp av oxiderande ämnen ger scenario Explosion S, ett något mindre utsläpp ger scenario Explosion M.

Konsekvenserna av en stor explosion har antagits vara desamma som för en explosion av 16 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk är således desamma som i scenariot för klass 1.1.

Konsekvenserna för en mindre explosion har antagits vara hälften av konsekvenserna av en stor explosion.

### 3. Beräkningsresultat

I *tabell 2* presenteras resultaten av riskberäkningarna som presenteras grafiskt i *figur 5.6.1* och *5.6.2* i *avsnitt 5.6* i rapporten.

Tabell 2. Riskberäkningar i *avsnitt 5.6* i rapporten

Sammanställning av beräkningsresultat													
Klass	F <sub>klass</sub> /år, km	Scenario	F <sub>seen</sub> /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				F <sub>scen</sub> /år	Om-komma
				längd	bredd	F <sub>omk. inne</sub>	F <sub>omk. ute</sub>	längd	bredd	F <sub>omk. inne</sub>	F <sub>omk. ute</sub>		
1.	5,9E-07	Massexplosion	3,2E-09	229	80	0,17	1,00	-	-	-	-	1,1E-09	0,1
2.1	1,1E-05	Jet	1,7E-06	45	34,47	1,00	1,00	66	36,45	0,00	0,07	6,1E-07	0,0
		Gasbrand M	1,4E-07	247,31	72	1,00	1,00	-	-	-	-	4,9E-08	52,0
		Gasbrand KT	1,3E-07	16,7	33,25	1,00	1,00	-	-	-	-	4,7E-08	0,0
		Gasbrand KL	6,9E-08	83,5	3,325	1,00	1,00	-	-	-	-	2,4E-08	0,0
		Gasexplosion M	9,4E-08	336,42	97,86	1,00	1,00	-	-	-	-	3,3E-08	160,1
		Gasexplosion KT	9,0E-08	110,89	43,89	1,00	1,00	-	-	-	-	3,1E-08	0,0
		Gasexplosion KL	4,6E-08	110,89	21,945	1,00	1,00	-	-	-	-	1,6E-08	0,0
		Bleve	9,4E-07	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	3,3E-07	0,5
2.3	3,8E-08	Gasmoln M	5,8E-10	113,55	27	0,10	1,00	160,2	47	0,03	0,30	2,0E-10	0,0
		Gasmoln KT	3,8E-09	41,75	90,11	0,10	1,00	125,25	146,3	0,03	0,30	1,3E-09	7,4
		Gasmoln KL	2E-09	225,45	9	0,10	1,00	367,4	25	0,03	0,30	6,9E-10	0,0
3	0,00015	Pölbrand S	2,8E-06	48	5	1,00	1,00	-	-	-	-	9,9E-07	0,0
		Pölbrand M	1,1E-05	25	5	1,00	1,00	33	5	0,00	0,04	4,0E-06	0,0
5.1	9,7E-07	Explosion L	4,9E-09	229	80	0,17	1,00	-	-	-	-	1,7E-09	0,1
		Explosion M	2E-08	75	63	0,17	1,00	-	-	-	-	6,8E-09	0,0

I tabell 3 presenteras resultaten av osäkerhetsanalysen som presenteras grafiskt i figur 9 och 10 i avsnitt 5.3 i rapporten.

Tabell 3. Riskberäkningar av osäkerhet om antal personer och transporter

Sammanställning av beräkningsresultat													
Klass	F <sub>klass</sub> /år, km	Scenario	F <sub>scen</sub> /år, km	Effektområde 1			Effektområde 2			F <sub>scen</sub> /år	Omkomna		
				längd	bredd	F <sub>omk</sub> , inne	F <sub>omk</sub> , ute	längd	bredd			F <sub>omk</sub> , inne	F <sub>omk</sub> , ute
1.	2,6E-06	Massexlosion	1,4E-08	231	15	0,17	1,00	-	-	-	3,3E-09	0,2	
2.1	5,7E-06	Jet	8,9E-07	45	15	1,00	1,00	66	15	0,00	4,5E-08	0,0	
		Gasbrand M	7,2E-08	278	62	1,00	1,00	-	-	-	2,0E-08	10,1	
		Gasbrand KT	7,3E-08	20	25	1,00	1,00	-	-	-	3,7E-09	0,0	
		Gasbrand KL	2,1E-08	100	2,5	1,00	1,00	-	-	-	2,1E-09	0,0	
		Gasexlosion M	4,8E-08	378	84	1,00	1,00	-	-	-	1,8E-08	13,1	
		Gasexlosion KT	4,9E-08	133	33	1,00	1,00	-	-	-	6,5E-09	0,0	
		Gasexlosion KL	1,4E-08	133	16,5	1,00	1,00	-	-	-	1,9E-09	0,0	
		Bleve	4,8E-07	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	3,8E-08	0,5	
2.3	4E-08	Gasmoln M	6E-10	135	23	0,10	1,00	180	40	0,03	8,0E-11	0,0	
		Gasmoln KT	4,3E-09	50	68	0,10	1,00	150	110	0,03	2,2E-10	1,4	
		Gasmoln KL	1,2E-09	270	7	0,10	1,00	440	19	0,03	3,4E-10	0,0	
3	0,00019	Pölbrand S	3,8E-06	48	5	1,00	1,00	-	-	-	1,9E-07	0,0	
		Pölbrand M	1,5E-05	25	5	1,00	1,00	33	5	0,00	7,7E-07	0,0	
5.1	4,8E-06	Explosion L	2,5E-08	231	15	0,17	1,00	-	-	-	5,7E-09	0,2	
		Explosion M	9,8E-08	80	15	0,17	1,00	-	-	-	7,8E-09	0,2	

I tabell 4 presenteras resultaten beräkningar med skyddsåtgärder (vall och bebyggelseåtgärder) som presenteras grafiskt som den gröna kurvan i figur 14 i avsnitt 5.4 i rapporten.

Tabell 4. Riskberäkningar skyddseffekt vall och bebyggelseåtgärder

Sammanställning av beräkningsresultat													
Klass	F <sub>klass</sub> /år, km	Scenario	F <sub>scen</sub> /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				F <sub>scen</sub> /år	Om-komma
				längd	bredd	F <sub>omk</sub> inne	F <sub>omk</sub> ute	längd	bredd	F <sub>omk</sub> inne	F <sub>omk</sub> ute		
1.	4,4E-07	Massexplosion	2,4E-09	229	80	0,17	1,00	-	-	-	-	8,4E-10	0,1
2.1	8,4E-06	Jet	1,3E-06	45	15	1,00	1,00	66	15	0,00	0,07	4,6E-07	0,0
		Gasbrand M	1,1E-07	278	62	0,00	1,00	-	-	-	-	3,7E-08	2,2
		Gasbrand KT	1,0E-07	20	25	0,00	1,00	-	-	-	-	3,5E-08	0,0
		Gasbrand KL	5,2E-08	100	2,5	0,00	1,00	-	-	-	-	1,8E-08	0,0
		Gasexplosion M	7,0E-08	378	84	0,00	1,00	-	-	-	-	2,7E-08	11,3
		Gasexplosion KT	6,7E-08	133	33	0,00	1,00	-	-	-	-	2,3E-08	0,0
		Gasexplosion KL	3,4E-08	133	16,5	0,00	1,00	-	-	-	-	1,2E-08	0,0
		Bleve	7,0E-07	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	2,5E-07	0,5
2.3	2,9E-08	Gasmoln M	4,3E-10	135	23	0,10	1,00	180	40	0,03	0,30	1,5E-10	0,0
		Gasmoln KT	2,9E-09	50	68	0,10	1,00	150	110	0,03	0,30	1,0E-09	5,1
		Gasmoln KL	1,5E-09	270	7	0,10	1,00	440	19	0,03	0,30	5,2E-10	0,0
3	0,00011	Pölbrand S	2,1E-06	48	5	1,00	1,00	-	-	-	-	7,4E-07	0,0
		Pölbrand M	8,5E-06	25	5	1,00	1,00	33	5	0,00	0,04	3,0E-06	0,0
5.1	7,2E-07	Explosion L	3,6E-09	229	80	0,17	1,00	-	-	-	-	1,3E-09	0,1
		Explosion M	1,5E-08	75	63	0,17	1,00	-	-	-	-	5,1E-09	0,0



## 4. Referenser

- EAI 1997 High explosive assessment model, 5th industrial version in SI units, Engineering Analysis Inc. 1997
- ERM 2008 SAFEX-paper Guangzhou-Shenzhen-Hong Kong Express Rail Link: An overview of the explosives aspects in a quantitative risk analysis for the road transport of cartridged emulsion explosives and accessories through a densely populated area. ERM-Hong Kong Ltd, 2008
- FEMA 2008 Highway Vehicle Fires, Topic Fire Report Series Volume 9, Issue 1, FEMA September 2008
- FOA 1997 Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Försvarets Forskningsanstalt, september 1997
- FOA 2000 Explosivämneskunskap, Institutionen för energetiska material, Försvarets Forskningsanstalt 2000
- NFPA 2010 National Fire Protection Association, US Vehicle Fire Trends and Patterns, June 2010
- PGS2 2005 Methods for the calculation of Physical Effects due to releases of hazardous materials (liquids and gases), Dutch Organization for Applied Scientific Research under supervision of the Committee for the Prevention of Disasters, 2005.
- PGS3 2005 Guidelines for quantitative risk assessment, Dutch Organization for Applied Scientific Research under supervision of the Advisory Council in Dangerous Substances, 2005
- SRV 1996 Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Statens Räddningsverk, Risk- och miljöavdelningen 1996
- SRV 2005 Dynamisk lastpåverkan – Referensbok, Statens Räddningsverk, Karlstad, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2005

- SRV 2007 Bebyggelsens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning, delrapport 1 Last av luftstötståg, Statens Räddningsverk, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2007
- USCB 2012 United States Census Bureau, Statistical Abstract of the United States: 2012
- Vägverket 2008 Effektsamband för vägtransportsystemet. Nybyggnad och förbättring, Effektkatalog Kap 6 Trafiksäkerhet, Vägverket publikation 2008:11