

Skövde Kommun

# Riskutredning inför planprogram

Mariesjö



Uppdragsnr: 1054118 Version: 6  
2020-03-31

**Uppdragsgivare:** Skövde Kommun  
**Uppdragsgivarens kontaktperson:** Ingemar Frid  
**Konsult:** Norconsult AB, Theres Svenssons gata 11, 417 55 Göteborg  
**Uppdragsledare:** Sara Rydbeck  
**Teknikansvarig:** Johan Hultman  
**Handläggare:** Mia Ivarsson, Herman Heijmans

6	2020-03-31		Mia Ivarsson, Johan Hultman	Herman Heijmans	Sara Rydbeck
5	2020-03-31		Mia Ivarsson, Johan Hultman	Herman Heijmans	Sara Rydbeck
4	2019-03-13		Mia Ivarsson, Johan Hultman	Herman Heijmans	Sara Rydbeck
3	2019-03-11		Mia Ivarsson, Johan Hultman	Herman Heijmans	Sara Rydbeck
2	2019-03-07		Mia Ivarsson, Johan Hultman	Herman Heijmans	
1	2018-11-26		Mia Ivarsson		
Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt

Detta dokument är framtaget av Norconsult AB som del av det uppdrag dokumentet gäller. Upphovsrätten tillhör Norconsult. Beställaren har, om inte annat avtalats, endast rätt att använda och kopiera redovisat uppdragsresultat för uppdragets avsedda ändamål.

## Sammanfattning

En inventering har genomförts av verksamheter inom stadsdelen Mariesjö som kan medföra risker för omgivningen och av riskerna med transportleder för farligt gods inom som går förbi stadsdelen. De främsta riskkällor som identifierats bland verksamheterna är rangering och temporär förvaring av järnvägsagnar med gasol på Mariesjöterminalen (Mariesjö 7), Preems tankstation (Bromsaren 1), SWEBUS (Mariesjö 4) och Skövde kommun (Skövde 5:178/Kommunverkstaden1). Utöver detta finns ett antal mindre verksamheter inom fordonsbranschen som kräver ett visst hänsynstagande.

Rekommenderade skyddsavstånd på grund av pågående verksamheter i området har utretts för området. Skyddsavstånden gäller generellt från riskkällan, dvs att vid lagring av brandfarliga gaser och vätskor gäller avstånden från lagringsplatsen. Undantaget är tankstationen där lagring sker under jord och anses vara säkrare. Där anges ofta påfyllningsplatsen för bränslena som punkten som skyddsavståndet ska räknas ifrån.

När det gäller Mariesjöterminalen kan inget skyddsavstånd anges förutom att angränsande kvarter inte ska bebyggas innan terminalen är flyttad. En rekommendation är att beakta riskerna inom 150 m från rangerbangården om framtida detaljplanering sker innan terminalen är avvecklad.

Avseende transportleder för farligt gods ligger Västra stambanan utefter utvecklingsområdet på samma eller en högre nivå än utvecklingsområdet. Avståndet mellan Västra stambanan och utvecklingsområdet är inte fastställt eftersom det eventuellt kommer byggas ett tredje spår på Västra stambanan. I beräkningarna antas avståndet vara cirka 30 meter mellan Västra stambanan och bebyggelse. I föreslagen utformning finns ett bullerskydd föreslaget som är gynnsamt ur riskhänseende för området.

Väg 26 ligger på långa sträckor på en lägre nivå än utvecklingsområdet vilket är gynnsamt ur riskperspektiv.

Beräkningarna av risknivåer utifrån transporter av farligt gods visar på att individrisken är acceptabel på cirka 18 meters avstånd från Västra stambanan och cirka 15 meter från väg 26. Individrisken för urspårningsrisk vid Västra stambanan visar dock på en acceptabel risknivå först vid 30 meter vilket blir dimensionerande. Områden inom dessa avstånd bör inte inbjuda till stadigvarande vistelse.

Risknivåerna för samhällsrisik för transporter av farlig gods på Västra stambanan och väg 26 ligger inom ALARP-området vilket innebär att tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga skyddsåtgärder ska genomföras. Område längst i norr påverkas av risker från både Västra stambanan och väg 26 vilket innebär att extra hänsyn behöver tas för risker med transporter av farligt gods förbi detta område.

Utifrån de dimensionerande olyckorna bör följande skyddsåtgärder för ny bebyggelse inom område A (området närmast Västra stambanan) utredas vidare i detaljplaneskedet:

- Brandskydd för fasader som vetter mot transportleder (Västra stambanan och väg 26).
- Eventuella olyckor med brandfarliga gaser kan leda till explosioner. Dimensionering av byggnader för att förhindra fortskridande ras kan inträffa på byggnader inom 150 meter från transportleder bör därför genomföras.
- Utrymning bör vara möjlig bort från transportleder för farligt gods (Västra stambanan och väg 26) på byggnader inom 150 meter från transportleder för farligt gods.
- Ventilation på byggnader inom 150 meter från transportleder för farlig gods (Västra stambanan och väg 26) bör placeras högt och bort från lederna.
- Föreslagen bullerskyddsåtgärd i områdets nordvästra del bör utföras i brandklassat material EI 30. Om en bullervall föreslås finns inga krav på materialval.
- Svårutrymda lokaler bör placeras på ett avstånd på över 150 meter från transportleder för farligt gods (Västra stambanan och väg 26).

I område B (området närmast väg 26) är risknivåerna lägre än i område A och påverkas endast av risker från transporter av farligt gods på väg 26. För ny bebyggelse inom område B bör följande skyddsåtgärder genomföras:

- Ventilation på byggnader inom 150 meter från transportled för farligt gods (väg 26) bör placeras högt och bort från leden.
- Utrymning bör vara möjlig bort från transportleder för farligt gods på byggnader inom 150 meter från transportleder för farligt gods (väg 26).



# Innehåll

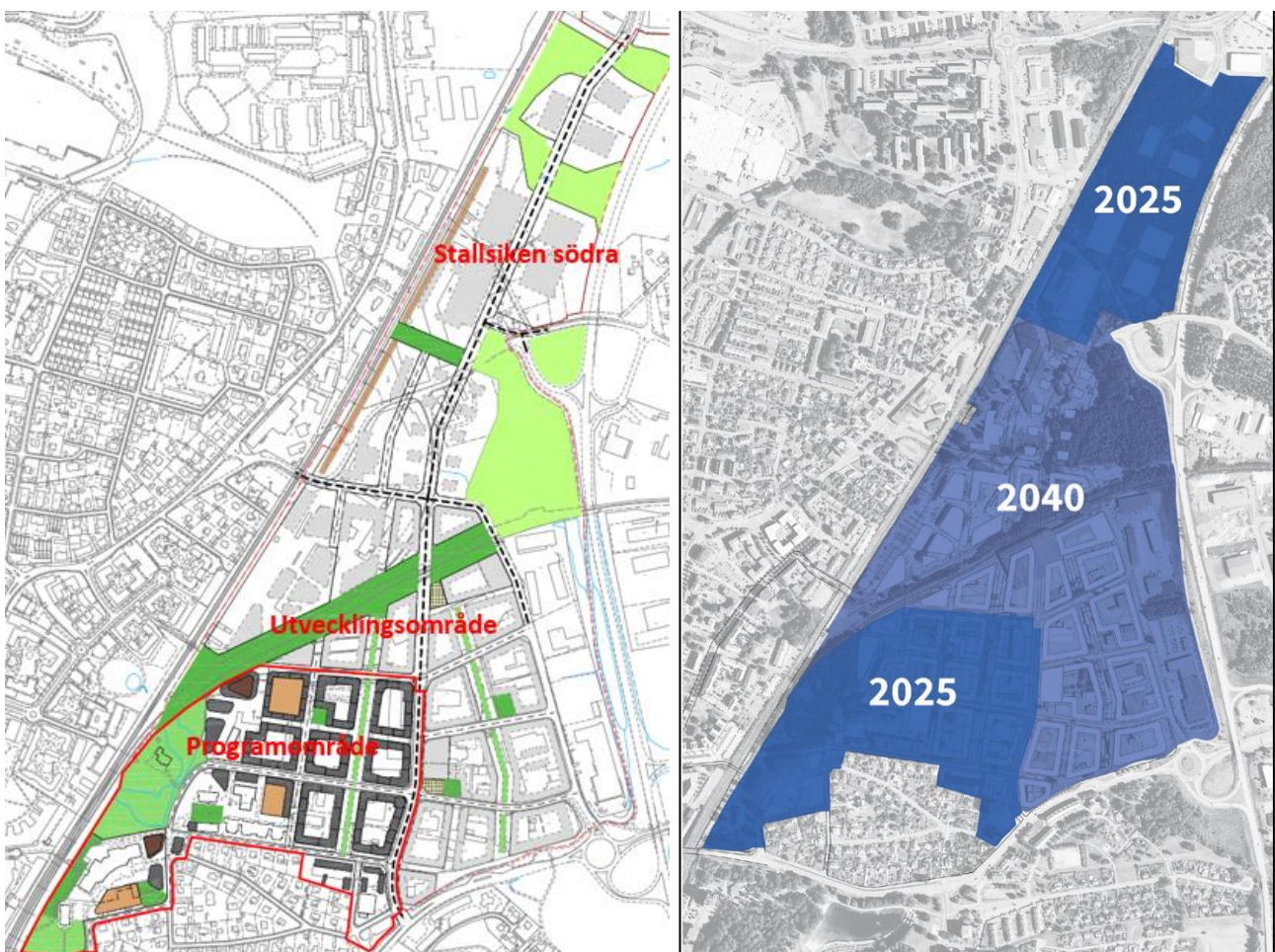
<b>1</b>	<b>Inledning och syfte</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Lagar och regelverk för verksamheter</b>	<b>8</b>
2.1	Hantering av brandfarliga vätskor och gaser	8
2.2	Tankstation	9
<b>3</b>	<b>Befintliga riskkällor bland verksamheter</b>	<b>12</b>
3.1	Inventering	12
3.2	Rekommendationer	13
<b>4</b>	<b>Riskbedömning i den fysiska planeringen för transport av farligt gods</b>	<b>14</b>
4.1	Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen	14
4.2	Definitioner	15
<b>5</b>	<b>Risker med transport av farligt gods</b>	<b>19</b>
5.1	Typer av farligt gods	19
5.2	Konsekvenser av olycka med farligt gods	19
<b>6</b>	<b>Platsspecifika förutsättningar längs transportlederna för farligt gods</b>	<b>21</b>
6.1	Strukturbild över utvecklingsområde Mariesjö	21
6.2	Persontäthet	23
6.3	Västra stambanan	24
6.4	Väg 26	25
<b>7</b>	<b>Beräkningsresultat farligt gods</b>	<b>29</b>
7.1	Urspårningsrisk	29
7.2	Individrisk	31
7.3	Samhällsrisk	33
<b>8</b>	<b>Slutsats</b>	<b>40</b>
<b>9</b>	<b>Referenser</b>	<b>40</b>
	Bilaga 1 Riskberäkningar för transport av farligt gods på väg	
	Bilaga 2 Riskberäkningar för transport av farligt gods på järnväg	



# 1 Inledning och syfte

Skövdes kommun avser att ta fram ett planprogram för området Mariesjö. I planprogrammet studeras områdets möjliga utveckling utifrån två tidsperspektiv men även utifrån olika detaljeringsgrad. Inom programområdet görs en mer fördjupad analys vilken bedöms kunna genomföras inom den närmaste 10-årsperioden, medan en mer översiktlig analys görs inom hela det stora utvecklingsområdet för vilket tidshorizonten är ca år 2040. Samtidigt pågår detaljplanearbetet för områdets norra del - Stallsiken Södra – parallellt med aktuellt planprogram varför analysen görs ännu mer detaljerad än för programområdet medan genomförandetiden även här är ca 10 år.

Norconsult AB har av Skövde kommun fått i uppdrag att ta fram en kvantitativ riskutredning som behandlar riskerna med transporter av farligt gods på Västra stambanan och väg 26 och dess konsekvenser för utvecklingsområdet Mariesjö vilket innefattar hela det blåmarkerade området i Figur 1. Riskutredningen kommer även översiktligt behandla andra riskkällor inom utvecklingsområde Mariesjö såsom befintliga pågående verksamheter.



Figur 1 Utvecklingsområdets struktur och utbyggnadsår (Skövde kommun 2018).

## 2 Lagar och regelverk för verksamheter

Föreskrifter och rekommendationer avseende hantering av brandfarliga gaser och vätskor finns utgivna av MSB enligt Lagen om skydd för olyckor. Även Boverket har tagit fram rekommendationer för tankstationer baserade på PBL.

### 2.1 Hantering av brandfarliga vätskor och gaser

Två relevanta myndighetsföreskrifter finns: Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SAIFS 2000:2) om hantering av brandfarliga vätskor och Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÅIFS 1998:7) om brandfarlig gas i lös behållare.

I de allmänna råd som hur till dessa författningssamlingar anges riktvärden på avstånd som vanligen anses betryggande utan särskild utredning. Riktvärden för brandfarliga vätskor respektive gaser ges i Figur 2 och Figur 3.

Kringliggande skyddsobjekt	Klass 1 och 2a			Klass 2b och 3		
	V≤3	3<V≤100	V>100	V≤12	12<V≤100	V>100
Byggnader av obrännbart material, icke brandfarlig verksamhet	9 m	12 m	25 m	6 m	9 m	12 m
Materiel med stor brandbelastning	12 m	25 m	50 m	9 m	12 m	25 m
Byggnad av brännbart material, brandfarlig verksamhet, A-byggnad	25 m	50 m	50 m	9 m	12 m	25 m
Svårutrymda lokaler, sjukhus, skolor m.m., annan verksamhet med farliga ämnen	25 m	50 m	100 m	12 m	25 m	50 m

Figur 2 Rekommenderade avstånd förförvaring av brandfarliga vätskor. V är volymen i m<sup>3</sup> i behållaren/cisternen med brandfarlig vätska (SÅIFS 2000:2).



Anslutna och oanslutna lösa behållares sammanlagda volym V <i>liter</i>	Byggnad i allmänhet, antändbart material eller brandfarlig verksamhet		Stor brandbelastning		Svårutrymda lokaler <i>meter</i>
	Utom anläggning <i>meter</i>	Inom anläggning <i>meter</i>	Utom anläggning <i>meter</i>	Inom anläggning <i>meter</i>	
$4\ 000 < V$	25 *	12 *	50 *	25 *	100 *
$1\ 000 < V \leq 4\ 000$	6 *	6 *	25 *	12 *	100 *
$60 < V \leq 1\ 000$	3 **	3 **	25 **	12 **	100 **

\* Med avskiljning i lägst brandteknisk klass EI 60 får avståndet minskas till hälften.

\*\* Med avskiljning i lägst brandteknisk klass EI 60 behövs inget minskat avstånd.

Figur 3 Riktvärden på avstånd vid förvaring av brandfarliga gaser i lösa behållare (SÄIFS 1998:7)

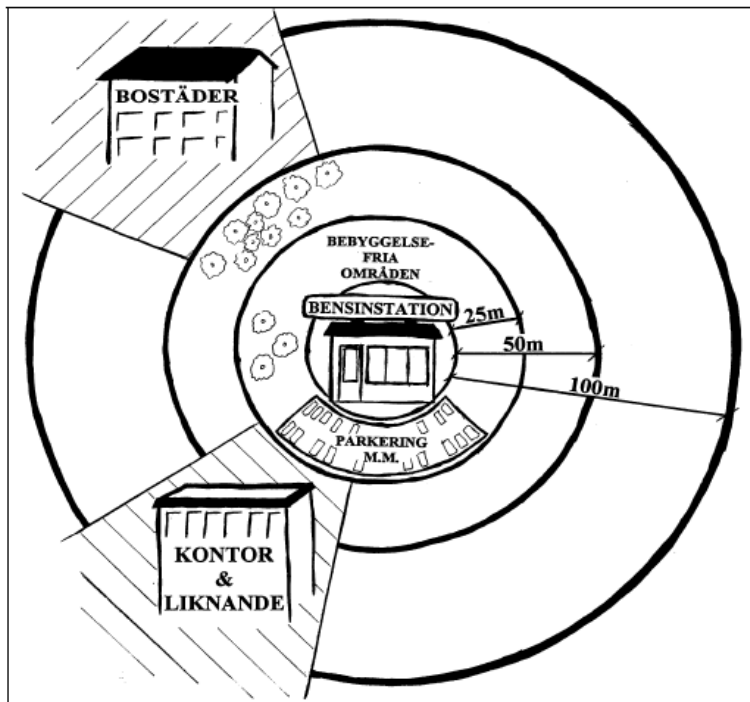
Med svårutrymda lokaler avses bl.a. samlingslokal, skola, sjukhus och daghem.

## 2.2 Tankstation

### 2.2.1 Plan- och bygglagen

Enligt Boverkets handbok "Bättre plats för arbete" (Boverket 1995) anger att ett riktvärde för skyddsavstånd på 100 m till bostäder ska beaktas från bensinstationer. Avståndet motiveras dels av riskhänsyn och dels av störningar som buller, lukt, ljussken och luftföroreningar.

Länsstyrelsen i Stockholms län har behandlat riskfrågan kring bensinstationer i rapporten: "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer" (Lst AB-län 2000). Där fastslås att risksituationen och olägenheterna för människor och miljö alltid skall analyseras och bedömas inom 100 meter från en bensinstation med medelstor försäljningsvolym. Ett minimumavstånd på 50 m bör hållas från bensinstation till bostäder, daghem, ålderdomshem och sjukhus samt samlingsplatser utomhus där oskyddade människor uppehåller sig (t.ex. uteservering, lekplats m.m.). Till kontor och liknande verksamheter skall ett minsta avstånd på 25 meter upprätthållas, se Figur 4.



Figur 4 Rekommenderade skyddsavstånd till bensinstationer (Lst AB-län 2000)

## 2.2.2 Regelverk hantering brandfarliga vätskor och gaser

När det gäller risker för explosion och brand på tankstationer har de regelverk som gäller samlats i en handbok från Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB): "Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer" (MSB 2015).

En sammanställning över riktvärden på avstånd mellan olika delar av bensinstationen och verksamheter i närheten enligt handboken ges i Figur 5.

OBJEKT / RISKKÄLLA	PÅFYLLNINGS- ANSLUTNING TILL CISTERN	MÄTAR- SKÅP	PEJL- FÖRSKRUVNING	CISTERN- AVLUFTNINGENS MYNNING
Plats där människor vanligen vistas (t.ex. bostad, kontor, gatukök, butik, servering, busshållplats), verksamheter och objekt med stor brandbelastning, verkstad eller annan lokal där gnistbildande verksamhet eller öppen eld förekommer	25 <sup>1,2</sup>	18 <sup>1</sup>	6	12
Stationsbyggnad (se 1.6.1)	12	6 <sup>3</sup>	3	6
Minst en utrymningsväg från stationsbyggnad	18	9	6	12
Byggnad där människor vanligen inte vistas (t.ex. fristående förråd, garage) eller objekt med låg brandbelastning	9	3	3	3
Förrådsbyggnad med stor brandbelastning <sup>4</sup>	12	3	3	6
Cistern ovan mark för brandfarlig vätska <sup>5</sup>	3	3	–	–
Starkt trafikerad väg eller gata	3	3	3	3
Parkeringsplatser	6	3	3	6
Miljöstation	12	12	3	12

<sup>1</sup> Busshållplats och gatukök utan gäster inomhus kan placeras minst 18 m från påfyllningsanslutning till cistern förutsatt att gästbord placeras minst 25 m från påfyllningsanslutning.

<sup>2</sup> Avståndet kan halveras om vägg mot spillzon är av obrännbart material och lägst i brandteknisk klass EI 60 utan ventilationsöppningar och brandtekniskt oklassade fönster. Hela avståndet gäller dock för in- och utgångar.

<sup>3</sup> Avståndet förut sätter att mark mellan t.ex. byggnad och pumpö är doserad med fall mot pumpön samt att doseringen omfattar hela spillzonen.

<sup>4</sup> Avser t.ex. förråd för lösa behållare med brandfarlig vara.

<sup>5</sup> För s.k. containerstationer gäller särskilda rekommendationer.

Figur 5 Riktvärden på avstånd enligt "Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer (MSB, 2015).

Dessa avstånd är kortare än de som tagits fram utifrån PBL och syftar till stor del till att skydda tankstationen från yttre påverkan.

### 2.2.3 Rangering och temporär lagring av tankvagnar med gasol

Rangering av farligt gods klassas som en del av transportkedjan och faller under Lag (2008:243) om transport av farligt gods. Regelverket är internationellt och finns för Sverige i RID-S (MSB 2018). Krav ställs att rangerbangården där farligt gods mellanlagras ska vara ordentligt skyddade, välbelysta också långt som möjligt inte tillgängliga för allmänheten (RID-S 1.10.1.3). Dessutom krävs att de ska upprättas interna nödlägesplaner för förekommande transporter av farligt gods (RID-S 1.11).

Något krav på skyddsavstånd finns inte men vid transport av farligt gods kräver Länsstyrelsen att riskerna ska beaktas vid fysisk planering inom 150 m från transportled för farligt gods.

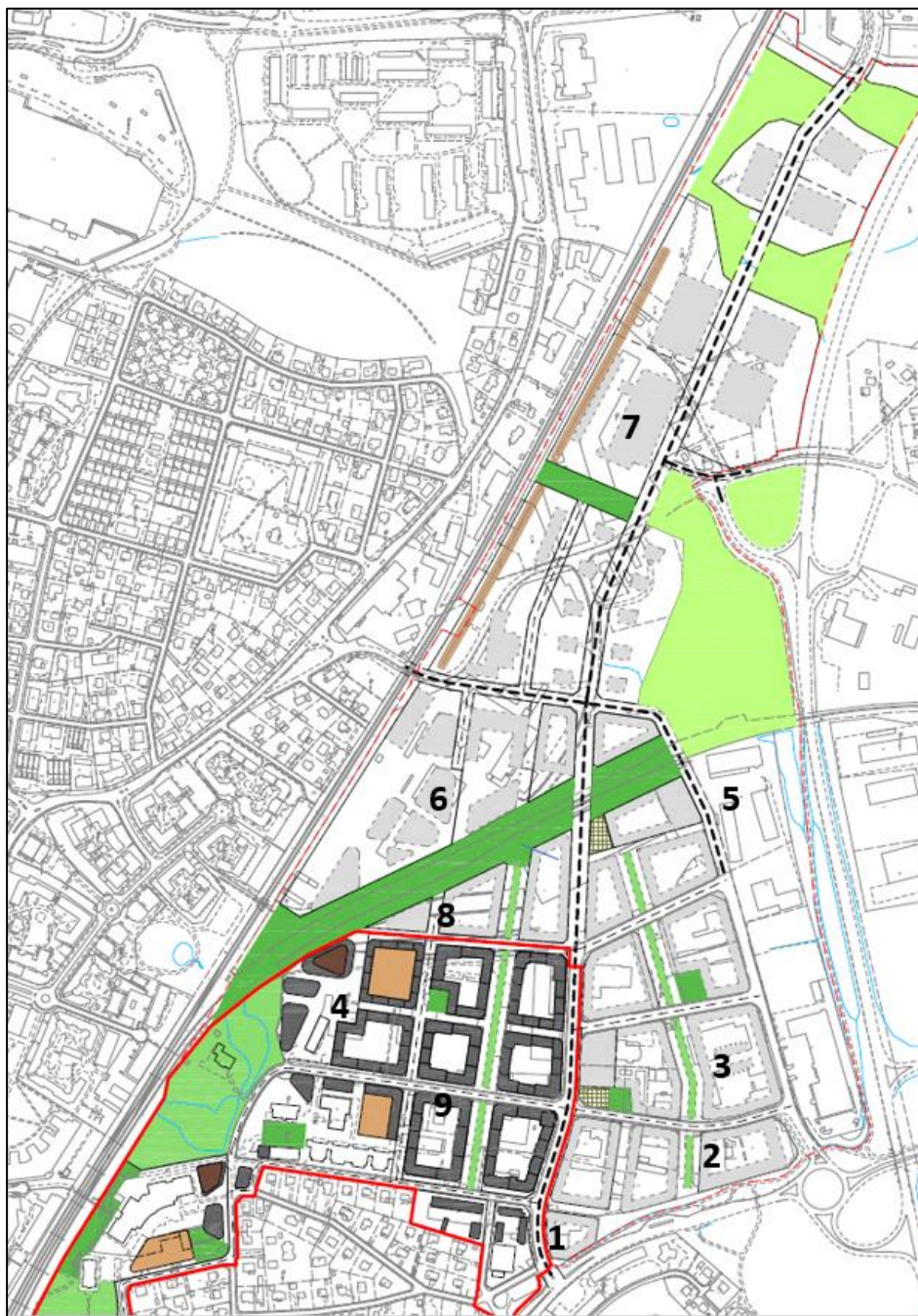
## 3 Befintliga riskkällor bland verksamheter

### 3.1 Inventering

En inventering av riskkällor inom utvecklingsområdet har genomförts. Kontakt har tagits med verksamhetsutövare och räddningstjänsten (RÖS 2019) för att få uppgifter avseende brandfarliga och explosiva varor m m som kan finnas inom verksamheterna. Verksamheter redovisas i Tabell 1 och Figur 6.

Tabell 1 Identifierade verksamheter.

Nummer på kartan	Fastighet	Företag	Brandfarlig och explosiva varor	Kommentar avs. skyddsavstånd
1	Bromsaren 1	Tankstation som ägs av Preem AB	Cisterner i mark 30 000 liter bensin 95, 15 000 liter bensin 98, 10 000 liter Etanol E85, 6 000 liter spillolja, 25 000 l APC diesel.	50 m till bostäder, 25 m kontor
2	Bromsaren 4	Bilservice Caparol Sverige AB	30 liter Aerosoler brkl 1, 60 liter Färg o lösningsmedel brkl 1, 1 560 liter Färg o lösningsmedel brkl 2b, 500 liter färg o lösningsmedel brkl 3.	25 m bostäder skolor, sjukhus mm
3	Eldaren 6	Källström&Wästle Bilservice i Skövde AB	Motorolja, brkl 3, 3 000 l Spillolja , brkl 1, 2 000 l Spolarvätska, brkl 1, 200 l Acetylen 20 l.	25 m bostäder skolor, sjukhus mm
4	Mariesjö 4	Swebus AB	Diesel brkl 3, 30 000 liter, Spolarvätska 1 200 liter , 20 liter Acetylen Gasol, brkl 1, 360 liter Metan, brkl T1, 50 000 liter.	Skyddsavstånd 50 m, metan förvaras med avskiljning EI120
5	Mariesjö 8	Preem Petroleum AB/Såifa	Diesel brkl 3, 50 000 liter	12 m bostäder, 25 m sjukhus, skolor mm
6	Skövde 5:178/ Kommunverkstaden 1	Skövde kommun	Cisterner ovan mark Bensin 2-takt, brkl1, 1 700 l Bensin 4-takt, brkl 1, 1 700 l Cistern i mark 25 000 liter bensin 95 brkl 1. 3 Cisterner i mark HVO/Diesel 75 000 liter Gasol 2500 l, lös behållare utomhus	50 m till bostäder, 25 m kontor
7	Åkaren 3	Pelle G:s Svetsservice	Mindre mängd gasol samt 2 ggr 20 l acetylen.	Inget skyddsavstånd
8	Mariesjö 7	Mariesjöterminalen	Tankvagnar med gasol (ca 50 m <sup>3</sup> ) mellanlagras ibland inom området.	Närmaste kvarter bör inte byggas innan terminalen tas bort.
9	Tegelbruket 3	Fordonsservice	Ev. mindre mängder brandfarliga gaser, ej tillståndspliktiga mängder	Verksamheten försvinner när de nya kvarteren byggs.



Figur 6 Utvecklingsområdet med ungefärligt läge på identifierade riskkällor.

### 3.2 Rekommendationer

Rekommenderade skyddsavstånd återfinns i Tabell 1. Skyddsavstånden gäller generellt från riskkällan, dvs att vid lagring av brandfarliga gaser och vätskor gäller avstånden från lagringsplatsen. Undantaget är tankstationen där lagring sker under jord och anses vara säkrare. Där anges ofta påfyllningsplatsen för bränslena som punkten som skyddsavståndet ska räknas ifrån.

När det gäller Mariesjöterminalen kan inget skyddsavstånd anges förutom att angränsande kvarter inte ska bebyggas innan terminalen är flyttat. En rekommendation är att beakta riskerna inom 150 m från rangerbangården om framtida detaljplanering sker innan terminalen är avvecklad.

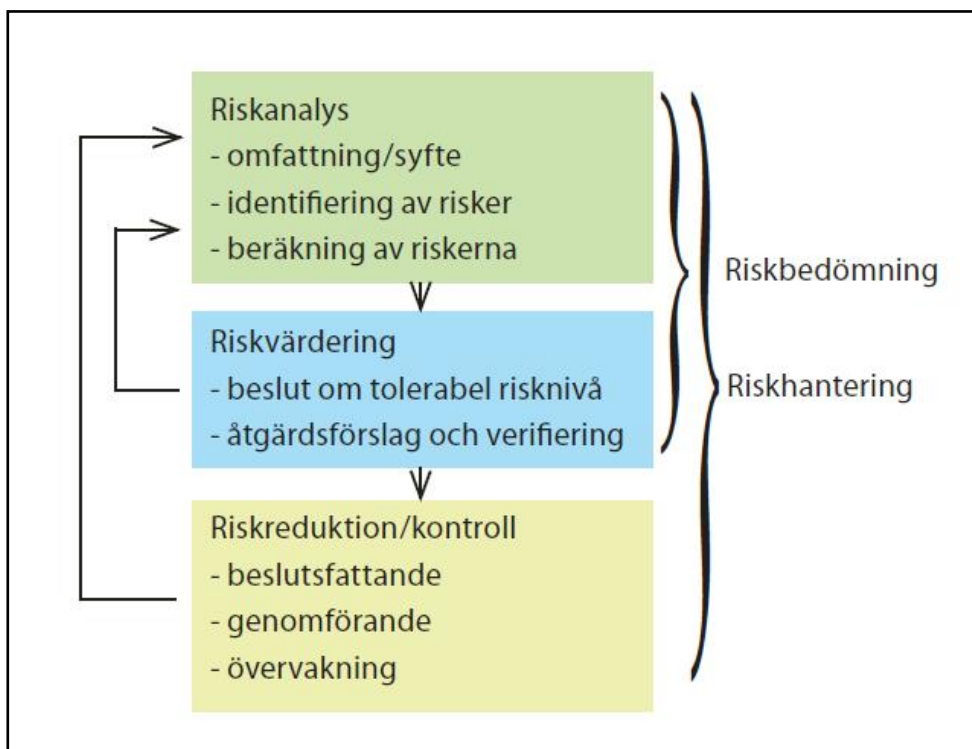


## 4 Riskbedömning i den fysiska planeringen för transport av farligt gods

### 4.1 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen

Krav på hantering av risker i den fysiska planeringen finns i plan- och bygglagen och miljöbalken. Hälsa och säkerhet skall beaktas så tidigt som möjligt i detaljplaneprocessen. Ofta startar detta arbete redan i programsamrådet för detaljplanen för att sedan bli mera detaljerat i plansamrådet. Riskfrågan bör då vara så pass utredd att den kan utgöra ett beslutsunderlag för att avgöra om risken anses tolerabel eller inte. Slutsatserna från riskbedömningen bör föras in i planhandlingarna. Om riskreducerande åtgärder krävs för att nå en tolerabel risknivå ska dessa om möjligt föras in som planbestämmelser på plankartan. Åtgärder som inte omfattas av detaljplanen bör befästas på annat sätt, till exempel genom avtal.

Riskhanteringsprocessen kan delas upp i tre delar; riskanalys, riskvärdering och riskreduktion/kontroll, se Figur 7. I den första delen beräknas riskerna, i den andra delen bedöms de och åtgärder föreslås och i den tredje delen tas beslut om åtgärderna.



Figur 7 Schema över riskhanteringsprocessen (Lst, 2006).

I denna rapport genomförs den första delen – riskanalys – samt ges input till den andra delen – riskvärdering genom att riskerna jämförs med kriterier och förslag till åtgärder ges. Själva beslutet om hur riskerna skall värderas och den fortsatta hanteringen tas i kommunen med möjlighet för länsstyrelsen att överpröva beslutet.

Förslag till riskreducerande åtgärder ges redan vid risknivåerna inom ALARP-området, kravet på verifiering av dessa åtgärder aktualiseras normalt inte om risknivåerna underskrider gränsen för det tolerabla.

I denna rapport genomförs den första delen – riskanalys – samt ges input till den andra delen – riskvärdering genom att riskerna jämförs med kriterier och förslag till åtgärder ges. Själva beslutet om hur riskerna skall värderas och den fortsatta hanteringen tas i kommunen med möjlighet för länsstyrelsen att överpröva beslutet.

Förslag till riskreducerande åtgärder ges redan vid risknivåerna inom ALARP-området, kravet på verifiering av dessa åtgärder aktualiseras normalt inte om risknivåerna underskrider gränsen för det tolerabla.

ALARP-området är området i riskkriterierna där riskerna är lägre än det som inte kan tolereras men högre än det som kan accepteras utan vidare. ALARP betyder As Low As Reasonably Practicable. På svenska betyder detta att risknivån skall göras så låg som är praktiskt möjligt när riskerna hamnar i detta område.

Området spänner över en faktor 100 i risknivåer, de lägsta nivåerna inom området är hundra gånger lägre än de högsta nivåerna. Intervallet är så pass stort beroende på den osäkerhet som alltid finns i riskberäkningar. Ofta anses att osäkerheten i resultaten av en riskberäkning kan vara så hög som en faktor 10, beroende på alla okända faktorer som ingår. Att ha ett brett område där det finns krav på visst hänsynstagande av riskerna säkerställer att inga risknivåer över den tolerabla nivån släpps igenom utan vidare.

Kraven på skyddsåtgärder inom ALARP-området är att alla rimliga skyddsåtgärder, sett ur kostnadsperspektiv och praktisk genomförbarhet, är vidtagna.

## 4.2 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 oönskad 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 är 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. Individrisk 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 då 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.

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. Vid en beräkning beaktas det totala antalet människor som kan drabbas vid olika olycksförlopp.

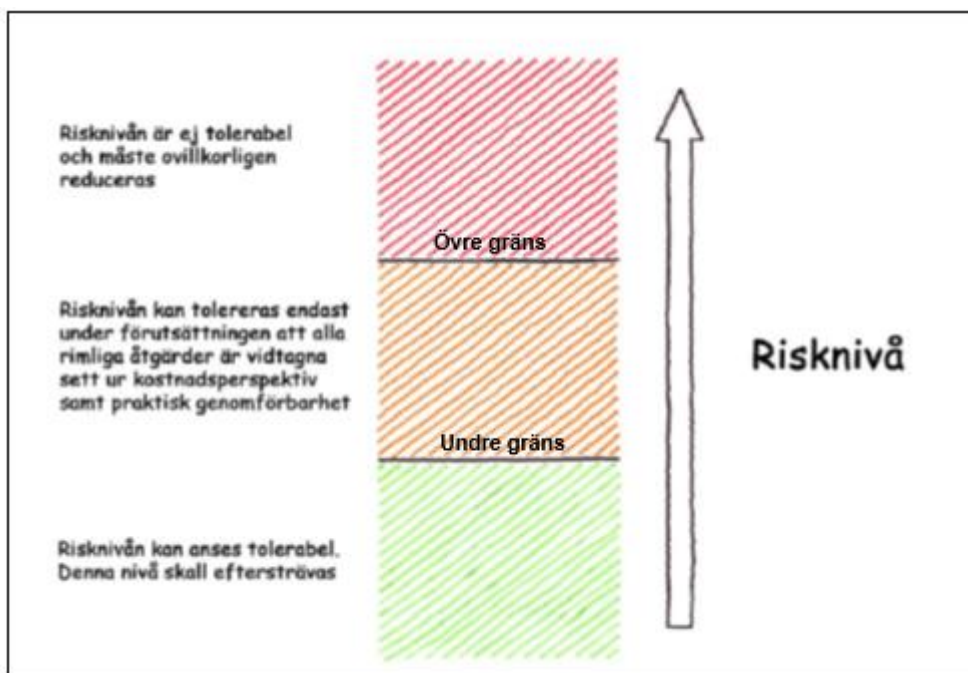
Det är förstas inte känt i förväg när och hur en olycka kommer att inträffa. Därför analyseras ett stort antal tänkbara olyckor när det gäller såväl sannolikhet som konsekvens. För dessa olycksscenarier beräknar man dels sannolikheten att de kan inträffa och dels antalet personer som kan drabbas.

Resultaten uttrycks då som en s.k. FN-kurva där man sätter ut sannolikheten (F) för olika antal omkomna (N) vid de olyckstyper som kan orsakas av riskkällan.

I en riskutredning för den fysiska planeringen bör hänsyn tas till både individrisken och samhällsrisken. Syftet med denna utredning är att beräkna dessa risknivåer och att sedan - om så krävs - föreslå åtgärder för att uppnå en situation med acceptabla risker. Dessa åtgärdsförslag skall i sin tur säkerställas genom detaljplanen.

#### 4.2.1 Kvantitativa kriterier för individrisk

I många fall – främst när det inte finns kommunala krav - tas kriterier för vad som kan bedömas vara en acceptabel risknivå från rapporten "Värdering av risk" som tagits fram på uppdrag av dåvarande Räddningsverket (Räddningsverket ingår numera i Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB) (SRV 1997). I rapporten används en övre och en undre gräns, se Figur 8. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån är så hög att den inte kan tolereras.



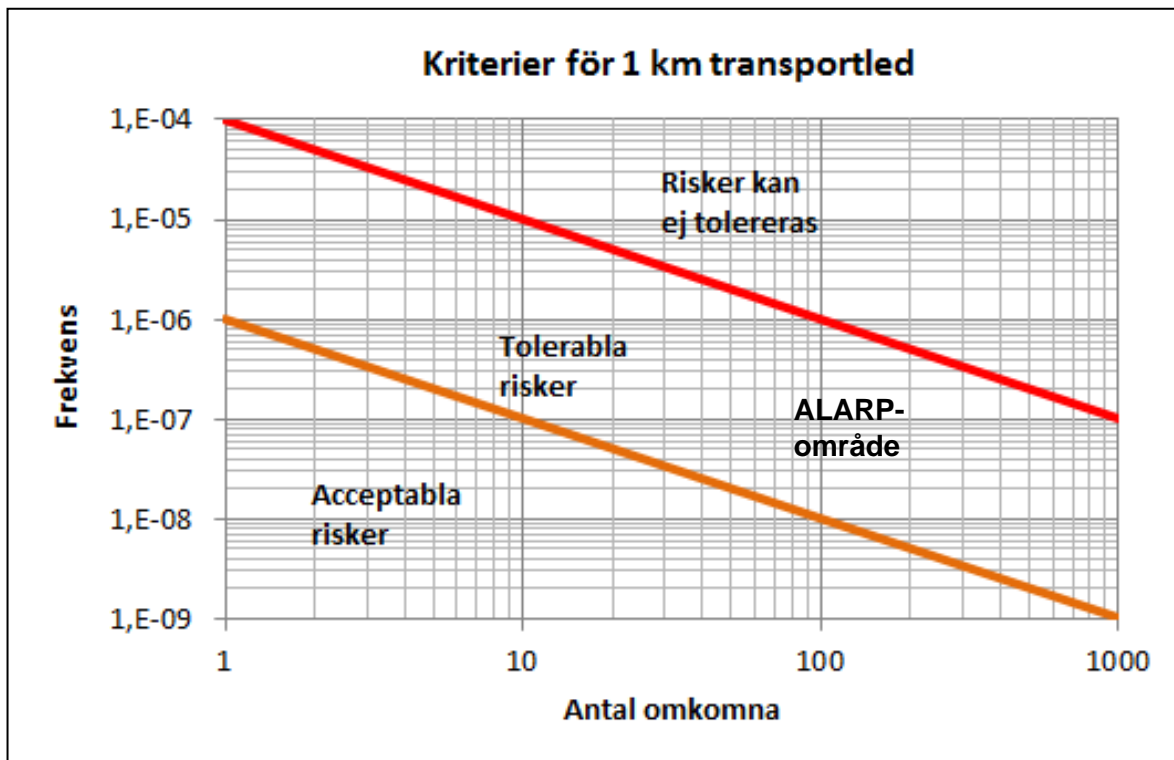
Figur 8 Risknivåer och gränserna mellan dem (Rtj Storgöteborg, 2004).

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. Om risknivån ligger under den undre gränsen så kan den anses vara acceptabel och inga ytterligare åtgärder krävs.

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.

#### 4.2.2 Kvantitativa kriterier för samhällsrisk

Även för samhällsrisk finns det kriterier i ovannämnda rapport. Kriterierna utgår från samhällsriskenivåer för ett område på båda sidor om en sträcka av 1 km längs transportleden för farligt gods, se Figur 9.



Figur 9 Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

Kriterier i ovanstående figur innebär till exempel att en olycka med högst en omkommen accepteras högst en gång på 1 000 000 år (orangea linjen). Olyckor med en omkommen kan inte tolereras oftare än en gång per 10 000 år (röda linjen). Olyckor med mer 10 omkomna kan accepteras om de är så sällsynta som en gång på 10 000 000 år. Om dessa olyckor förekommer oftare än en gång på 100 000 år så kan detta inte tolereras.

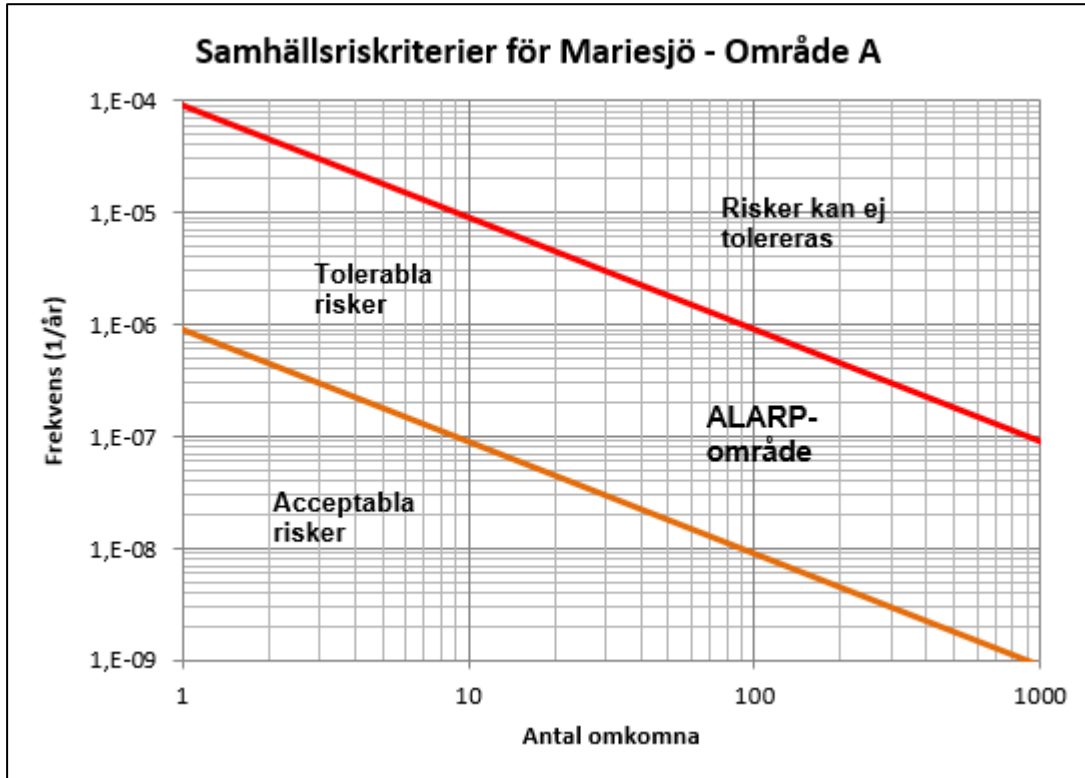
När risknivån ligger i det acceptabla området så krävs inga ytterligare åtgärder. Förslag till riskreducerande åtgärder ges redan vid risknivåerna inom ALARP-området, kravet på verifiering av dessa åtgärder aktualiseras normalt inte om risknivåerna underskrider gränsen för det tolerabla.

ALARP-området är området i riskkriterierna där riskerna är lägre än det som inte kan tolereras men högre än det som kan accepteras utan vidare. ALARP betyder As Low As Reasonably Practicable. På svenska betyder detta att risknivån skall göras så låg som är praktiskt möjligt när riskerna hamnar i detta område.

Området spänner över en faktor 100 i risknivåer, de lägsta nivåerna inom området är hundra gånger lägre än de högsta nivåerna. Intervallet är så pass stort beroende på den osäkerhet som alltid finns i riskberäkningar. Ofta anses att osäkerheten i resultaten av en riskberäkning kan vara så hög som en faktor 10, beroende på alla okända faktorer som ingår. Att ha ett brett område där det finns krav på visst hänsynstagande av riskerna säkerställer att inga risknivåer över den tolerabla nivån släpps igenom utan vidare.

Kraven på skyddsåtgärder inom ALARP-området är att alla rimliga skyddsåtgärder, sett ur kostnadsperspektiv och praktisk genomförbarhet, är vidtagna.

Kriterierna ovan gäller för 1 km område längs transportleden och med bebyggelse på båda sidor om transportleden. Kriterier för det aktuella utvecklingsområdet beräknas utifrån områdets längd längs transportleden och att utvecklingsområdet endast ligger på ena sidan av leden. I Figur 10 kan ett exempel på omräknade kriterier för bebyggelsen utifrån Västra stambanan ses.



Figur 10 Riskkriterier omräknade till 1,8 km och enkelsidig bebyggelse.



## 5 Risker med transport av farligt gods

### 5.1 Typer av farligt gods

Enligt internationella bestämmelser (ADR/RID) delas farligt gods in i nio klasser, se Tabell 2.

Tabell 2 Indelning av farligt gods.

Klass	Innehåll	Exempel
1	Explosiva ämnen	Massexplosiva varor (dvs. sprängämnen), fyrverkerier
2	Komprimerade, kondenserade eller under tryck lösta gaser	Brännbara gaser (gasol), giftiga gaser (klor, svaveldioxid) och andra trycksatta gaser (kvävgas, syrgas)
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, eldningsolja
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kalciumkarbid
5	Oxiderande ämnen	Väteperoxid
6	Giftiga ämnen	Arsenik
7	Radioaktiva ämnen	Radioaktiva preparat för sjukhusen
8	Frätande ämnen	Olika syror, lut
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Asbest

### 5.2 Konsekvenser av olycka med farligt gods

I detta avsnitt 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 för aktuella klasser 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 meter. 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.

### *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 inom ca 20 m från olycksplatsen eftersom skada uppkommer vid direkt exponering på personen.

### *Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål*

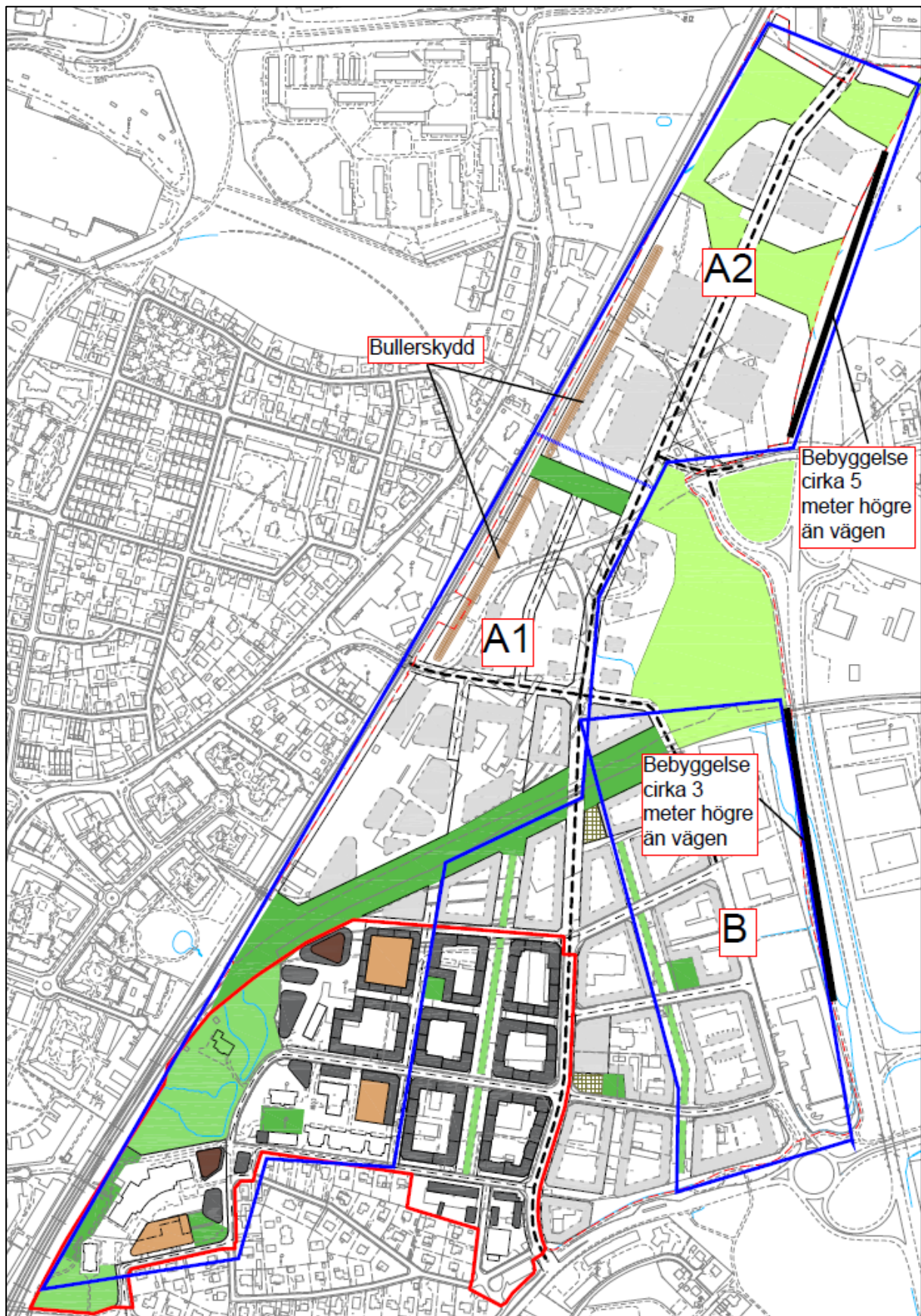
Denna klass omfattar bl.a. miljöfarligt avfall dock inga ämnen som är brandfarliga eller explosiva.

## 6 Platsspecifika förutsättningar längs transportlederna för farligt gods

### 6.1 Strukturbild över utvecklingsområde Mariesjö

En översikt över strukturförslaget på utvecklingsområde Mariesjö kan ses i Figur 11. Utvecklingsområdet delas in ytterligare i olika delområden för att underlätta beräkningen av risknivåer. För område A2 beräknas riskerna med hänsyn till transporter av farligt gods på Västra stambanan och väg 26. Område A1 ligger på mer än 250 meter från väg 26 så därför beräknas endast risknivåerna för transporter av farligt gods på Västra stambanan för detta område. Risknivåerna för transporter av farligt gods på Västra stambanan förbi område A1 och A2 slås ihop och redovisas tillsammans som risknivåer för område A.

För område B beräknas riskerna endast för väg 26 då Västra stambanan ligger på ett avstånd på över 500 meter från område B.



Figur 11 Utvecklingsområdets strukturbild och uppdelning i olika delområden för riskberäkningar.

Västra stambanan ligger utefter utvecklingsområdet på samma eller en högre nivå än utvecklingsområdet. Avståndet mellan Västra stambanan och utvecklingsområdet är inte fastställt eftersom det eventuellt kommer byggas ett tredje spår på Västra stambanan. I beräkningarna antas avståndet vara cirka 30 meter mellan Västra stambanan och bebyggelse.

Väg 26 ligger på långa sträckor på en lägre nivå än utvecklingsområdet vilket är gynnsamt ur riskperspektiv. Se Figur 11 för en redovisning av sträckor där denna nivåskillnad finns. Närmaste bebyggelse i område B ligger i genomsnitt cirka 45 meter från väg 26. Närmaste bebyggelse i område A2 ligger i genomsnitt cirka 50 meter från väg 26.

I föreslagen utformning finns ett bullerskydd föreslaget som är gynnsamt ur riskhänseende för området.

Enligt Trafikverkets riktlinjer ska ett 30 meter brett bebyggelsefritt område finnas utmed stambanan. Enligt Skövde kommuns ÖP2025 ska kommunen även beakta det eventuella behovet av att reservera mark för ett tredje spår utmed Västra stambanan, vilket innebär ytterligare ca. 15 meter utmed spåret. (Skövde kommun 2018)

## 6.2 Persontäthet

För att kunna bedöma konsekvenser i utvecklingsområdet av eventuella olyckor med farligt gods görs en uppskattning av antalet människor i genomsnitt som förväntas befinna sig i området.

Underlag gällande markanvändning och bedömd BTA i utvecklingsområdet har tillhandahållits av Skövde kommun (Skövde kommun 2020). Antaganden av persontätheten har hämtats från en tidigare rapport för Stenungsunds centrum (Norconsult 2017).

I östra delen av Område B är befintliga verksamheter av typen som har låg persontäthet som exempelvis åkeri, bilhandel och däckverkstad. För dessa verksamheter används persontätheter för ett tidigare projekt som har studerat handel med skrymmande varor (Norconsult 2018). I denna utredning bedöms antal personer per 1 000 m<sup>2</sup> vara cirka 2 stycken på dagtid. Eftermiddags och kvällstid bedöms färre personer vara på plats i dessa typer av verksamheter. Därför används 1 person per 1 000 m<sup>2</sup> för antal personer på kvällstid i denna typ av verksamhet.

En sammanställning av antal personer närvarande i olika typer av markanvändning redovisas i Tabell 3.



Tabell 3 Antal personer närvarande i olika typer av markanvändning inom området.

Område A1	BTA	persontäthet, antal pers /1000m <sup>2</sup>		antal personer	
		dag	natt	dag	natt
Kontor	153 000	38	0	5 814	-
Handel, verksamhet	13 000	11	2,5	143	33
Bostäder	60 000	13	25	780	1 500
<b>Totalt</b>	<b>226 000</b>			<b>6 737</b>	<b>1 533</b>
Område A2	BTA	persontäthet, antal pers /1000m <sup>2</sup>		antal personer	
		dag	natt	dag	natt
Handel, verksamhet	66 000	11	2,5	726	165
<b>Totalt</b>	<b>66 000</b>			<b>726</b>	<b>165</b>
Område B	BTA	persontäthet, antal pers /1000m <sup>2</sup>		antal personer	
		dag	natt	dag	natt
Kontor	13 000	38	0	494	-
Bostäder	30 000	13	25	390	750
Handel, verksamhet	30 000	2	1	60	30
<b>Totalt</b>	<b>73 000</b>			<b>944</b>	<b>780</b>

Andelen inomhus på dagen antas vara 93 % och andelen inomhus på natten antas vara 99 %. Resterande personer befinner sig utomhus.

## 6.3 Västra stambanan

### 6.3.1 Antal transporter av farligt gods

Antal transporter av farligt gods hämtas från en tidigare genomförd utredning (COWI 2016). I denna utredning anges transporter av farligt gods på Västra stambanan vara enligt Tabell 4.

Tabell 4 Uppskattat antal transporter av farligt gods på Västra stambanan år 2030.

RID-klass	Uppskattat antal vagnar på Västra stambanan intill programområdet år 2030
1.1 Massexplosiva ämnen	4
2.1 Brandfarliga gaser	5 300
2.3 Giftiga gaser	400
3. Brandfarlig vätska	15 000
5. Oxiderande ämnen	6 100

### 6.3.2 Sannolikhet för olyckor

Sannolikheten för olyckor på järnvägen förbi aktuellt område har beräknats med den av Trafikverket angivna metoden (Banverket, 2001). Beräkningarna visas i *bilaga 2*. Sannolikheten för en olycka har beräknats till  $2,8 \times 10^{-8}$  per vagnkilometer och år. I beräkningar har hänsyn tagits till att det är 3 växlar på ena spåret och 2 växlar på det andra.

Enligt nationell järnvägsdatabas (Trafikverket 2019) är högsta tillåtna hastighet för tåg på sträckan 160 km/h för A-tåg (majoriteten av godstågen är A-tåg)

Sannolikheten är mycket liten för varje enskild vagn som transporteras men på järnvägar med mycket transporter av farligt gods kan det transporteras flera tusen vagnar årligen, vilket gör att riskerna inte är försumbara.

## 6.4 Väg 26

### 6.4.1 Antal transporter av farligt gods

Väg 26 är utpekad som primär rekommenderad farligt gods led, se Figur 12.



Figur 12 Rekommenderade vägar för farligt gods vid aktuellt planområde.

Uppgifter om mängden farligt gods som transporteras på väg 26 och fördelningen på olika klasser har samlats in av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (SRV 2007). Uppgifterna är baserade på en undersökning som genomförts under en månad, september 2006, och finns samlade i en GIS-databas. Enligt dessa uppgifter var det cirka 1 350 transporter med farligt gods år 2006 på väg 26.

Ökningen av antalet godstransporter på väg 26 från 2006 till 2040 förbi utvecklingsområdet har beräknats till cirka 91 % (Trafikverket 2018:1). Nationell statistik från Trafikanalys (TRAFKA 2016) visar att andelen farligt gods av den totala godstrafiken låg på ungefär samma nivå 2006 som den gjorde 2015. Därför görs antagandet att antalet farligt gods-transporter har ökat i samma takt som övriga godstransporter. Detta innebär att det beräknas gå cirka 2 600 transporter per år av farligt gods år 2040 på väg 26 förbi utvecklingsområdet, se Tabell 5.

Uppgifterna från MSB skall inte användas utan vidare som underlag för prognoser då endast en månad ingår i underlaget. Uppgifterna jämförs därför med nationell statistik som anger att ca 4% av godstransporter innehåller farligt gods i genomsnitt mellan 2011 och 2015 (TRAFKA 2016). Antalet tunga fordon på väg 26 förbi utvecklingsområdet har av Trafikverket (2018:2) uppmätts till cirka 588 000 fordon år 2014. Med en trafiktillväxt av tung trafik på cirka 64 % från år 2014 till år 2040 samt att cirka 5 % av transportererna är farligt gods beräknas antal transporter av farligt gods enligt nationellt genomsnitt vara cirka 44 000 transporter per år 2040.

En mer detaljerad jämförelse mellan statistiken för aktuell sträcka och den nationella statistiken görs i Tabell 5 där även fördelningen på olika klasser presenteras och de uppgifter som används i riskberäkningarna.

*Tabell 5 Prognosticerade antal transporter per år 2040 enligt underlag från MSB:s kartläggning i september 2006 och beräkning enligt nationellt genomsnitt.*

Klass	MSB:s kartläggning	Nationellt genomsnitt	Använt i riskberäkningarna	Använt i känslighetsanalys
1 Explosiva ämnen	90	200	<b>90</b>	<b>90</b>
2.1 Brandfarliga gaser	-	1 580	<b>790</b>	<b>1 580</b>
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	190	5 090	-	-
2.3 Giftiga gaser	-	10	<b>10</b>	<b>10</b>
3 Brandfarliga vätskor	200	27 050	<b>10 000</b>	<b>27 050</b>
4 Brandfarliga fasta ämnen	10	430	-	-
5 Oxiderande ämnen	-	1 650	<b>825</b>	<b>1 650</b>
6 Giftiga ämnen m m	120	550	-	-
7 Radioaktiva ämnen	-	10	-	-
8 Frätande ämnen	2 000	5 750	-	-
9 Övriga farliga ämnen	10	1 470	-	-
Totalt	2 620	43 790		

Av klasserna i Tabell 5 är det ämnen i klasserna 1, 2.1, 2.3, 3 och 5 som kan leda till olyckor med betydande konsekvenser för området och som används i riskberäkningarna.

För klass 1 används MSB:s siffror då sprängämnen i huvudsak transporteras i norra Sverige för gruvindustrins behov och att nationellt genomsnitt därför är missvisande.

För klass 2.1 och 5 används medelvärdet mellan MSB:s kartläggning och nationellt genomsnitt då MSB:s statistik skulle kunna vara underskattad medan nationellt genomsnitt kan vara överskattad.

För klass 2.3 används det högre värdet då de ligger relativt nära varandra i storleksordning.

För klass 3 används 10 000 transporter för att hamna på samma storleksordning som nationellt genomsnitt. En höjning av antal transporter från 200 till 10 000 är en ökning med en faktor 50 vilket bedöms vara konservativt.

För klass 2.1, 3 och 5 genomförs en känslighetsanalys där nationellt genomsnitt används. Mer om känslighetsanalysen i kapitel 7.

De angivna klasserna omfattar var för sig ett stort antal olika ämnen med varierande farlighetsgrad. För att kunna genomföra en riskberäkning måste antalet transporter beräknas för de ämnesgrupper med de högsta risknivåerna. Detta 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).

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

För klass 5 räknas endast de oxiderande ämnen som bedöms kunna leda till en massexplosion. De uppskattas stå för högst en tredjedel av den totala mängden.

Detta ger följande antal transporter i de kategorier som främst bedöms innebära risker för området, se Tabell 6.

Tabell 6 Antal transporter av farligt gods på väg 26 som innebär betydande risker för utvecklingsområdet.

Klass och ämnesgrupp	
1.1 Massexplosiva ämnen	9
2.1 Brandfarligt gaser	790
2.3 Giftiga gaser	10
3 Mycket brandfarliga vätskor	7 500
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	270

#### 6.4.2 Sannolikhet för olyckor

Sannolikheten för olyckor på väg 26 erhålls från Trafikverkets handbok "Effektsamband för transportsystemet" (Trafikverket 2018:3). Risken för olyckor på en statlig landsväg med en högsta tillåten hastighet på 80 km/h anges till 0,085 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller  $8,5 \times 10^{-8}$  olyckor per fordonskilometer och år.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är ca 25 % (SRV 1996) vilket innebär att det vid 75 % av olyckorna är minst två fordon inblandade. Om det bortses från olyckor med fler än 2 fordon inblandade, vilket inte påverkar resultatet nämnvärt, så är risken för att ett fordon blir inblandat i en olycka på en 1 km lång sträcka av vägen lika med  $7,0 \times 10^{-8} \times (2-0,25) = 1,5 \times 10^{-7}$  per år.

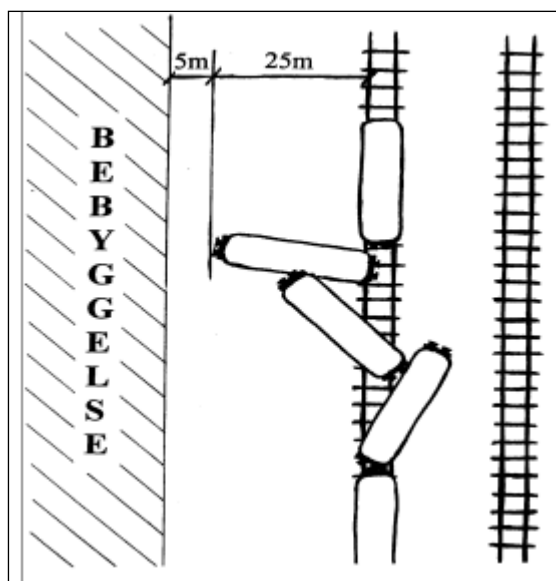


## 7 Beräkningsresultat farligt gods

### 7.1 Urspårningsrisk

Vid en urspårning är det två olika händelseförlopp som kan inträffa. I det första förloppet spårar tåget ut utan att några tågagnar viker sig på ett betydande sätt. Hastigheten som tåget har när det spårar ut har betydelse för hur långt tåget förflyttar sig och huvudsakligen rör sig tåget i den färdriktning som tåget har vid urspårning. För denna typ av urspårning finns teoretiska modeller. Längsta sträckan som det urspårade tåget förväntas gå längs med spåret är lika med  $v^2/80$  där  $v$  är tåghastigheten. Längsta avståndet som tågdelar förväntas hamna från spåret är lika med  $v^{0,55}$  (IUR 2003). Den maximalt tillåtna tåghastigheten förbi området är 160 km/h. Detta innebär att tåget kan spåra ut över ett avstånd på cirka 320 meter och når som längst cirka 16 meter från spåret. Beräkningarna tar inte hänsyn till eventuell nivåskillnad mellan järnväg och närliggande område.

Det andra händelseförlopp som kan inträffa vid urspårning är att tågets främre del bromsas upp snabbare än dess bakre del så att tågagnarna viker sig som ett dragspel, se Figur 13.



Figur 13 Urspårning av tåg där tågdelar viker sig (Lst, ABC-län 2000).

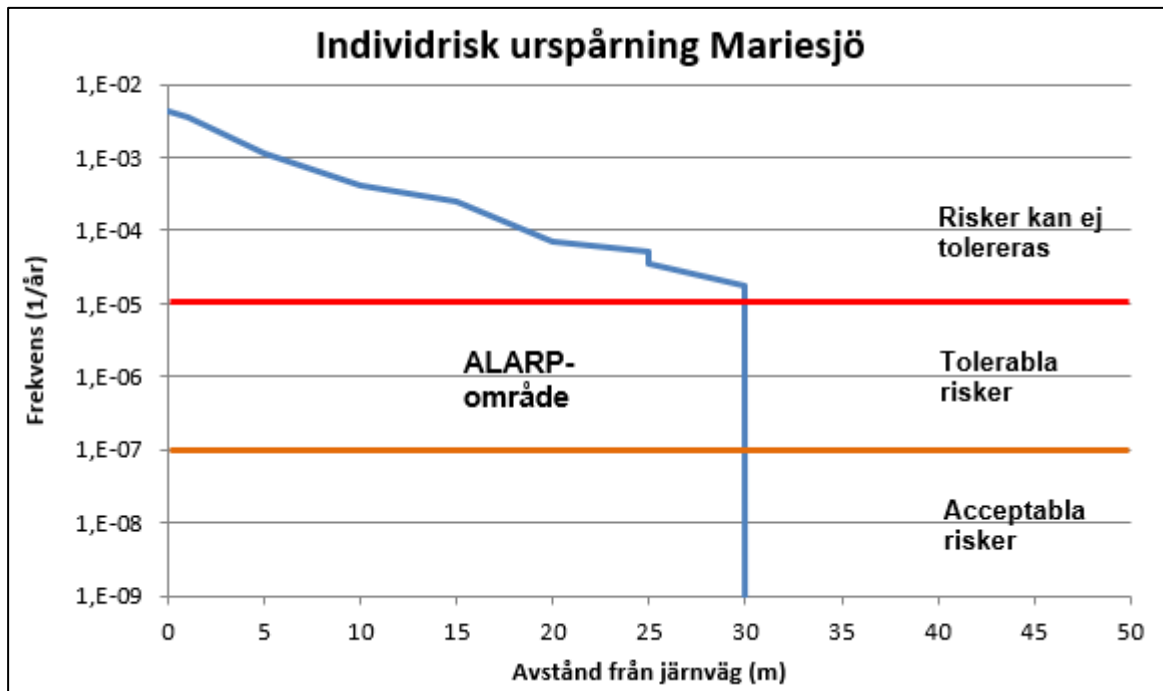
Delar av tåget kan hamna på större avstånd från spåret beroende på att tågets främre del bromsas in snabbare än bakomliggande vagnar. Delar av tåget trycks åt sidan och hamnar på tvären. Friktionskrafterna på dessa vagnar är då större och avståndet som dessa vagnar färdas blir mindre.

Enligt statistik över urspårningsolyckor i Sverige (Banverket 2001) är fördelningen mellan avståndet från spåret som tågdelar kan hamna enligt Tabell 7.

Tabell 7 Sannolikhet att någon del av tåget hamnar utanför spåret (Banverket 2001).

Avstånd från spår	0 - 1 m	1 - 5 m	5 - 15 m	15 - 25 m	➤ 25 m
Persontåg	78%	18%	2%	2%	0%
Godståg	70%	20%	5%	2%	2%

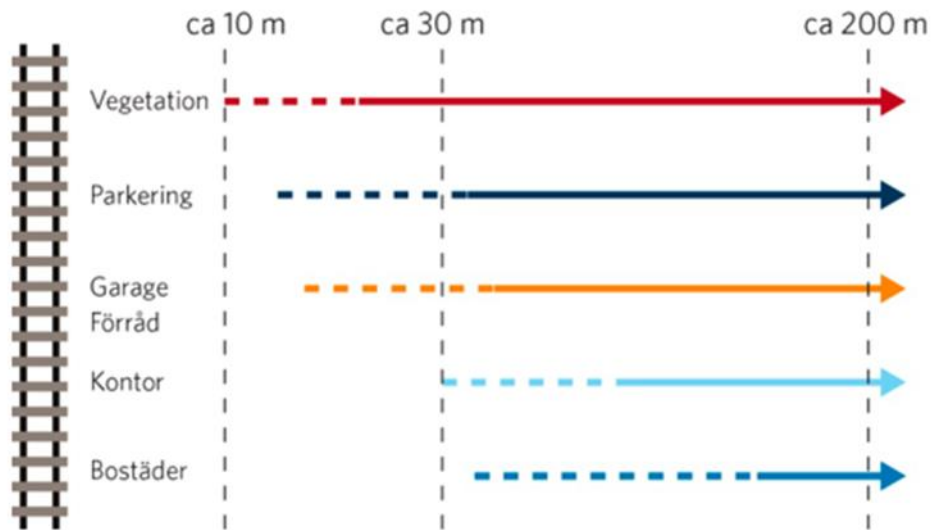
Utifrån Tabell 7 samt antalet tåg som transporteras utmed sträckan så kan en individrisk för urspårning av tåg beräknas. Resultaten redovisas i figur 12. Sannolikhet för urspårning av tågen beräknas enligt den av Trafikverket angivna metoden (Banverket 2001).



Figur 14 Beräknad individrisk för urspårning på Västra stambanan förbi utvecklingsområdet.

Ur Figur 14 kan utläsas att individrisken upp till 30 meter från Västra stambanan är inom området där risker ej kan tolereras och vid bebyggelse inom 30 meter ska skyddsåtgärder genomföras ovillkorligen och deras skyddseffekt ska verifieras. Området inom 30 meter bör heller inte inbjuda till stadigvarande vistelse. Från 30 meter är individrisken acceptabel och således krävs inga skyddsåtgärder.

Sammanfattningsvis är bedömningen att ett säkerhetsavstånd på 30 meter från spårmittpunkt för ny bebyggelse bör hållas. Detta är dessutom något som Trafikverket i normala fall förespråkar (Trafikverket 2017), se Figur 15. Figuren tolkas som att den skarpa linjen är minimiavstånd och att de streckade delen av linjerna kan vara acceptabla under vissa omständigheter.



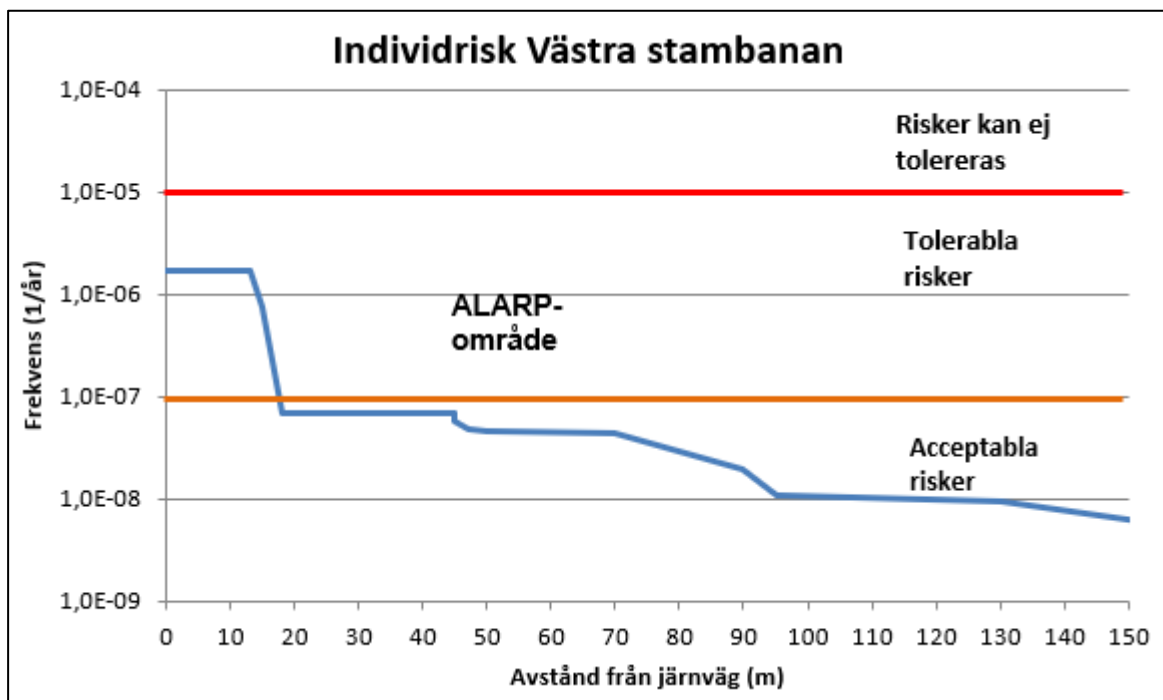
Figur 15 Generella råd om avstånd till järnvägen för olika typer av verksamheter (Trafikverket 2017: 2).

Ett sådant avstånd ger utrymme för räddningsinsatser om det skulle ske en olycka, ökade möjligheter att underhålla järnvägen och bebyggelsen samt möjliggör en viss utveckling av järnvägsanläggningen.

## 7.2 Individrisk

### 7.2.1 Västra stambanan

I Figur 16 visas individrisken på grund av transporter av farligt gods utmed Västra stambanan.

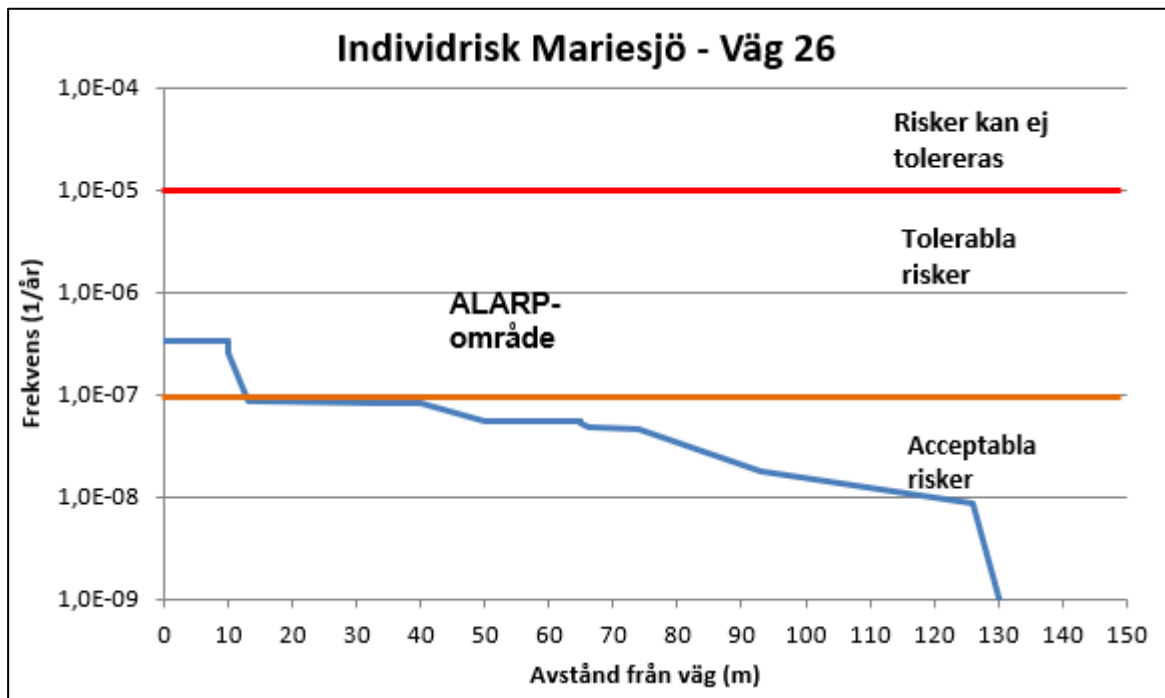


Figur 16 Individrisk för transporter av farligt gods utmed Västra stambanan förbi området.

Individrisken till följd av transporter av farligt gods bedöms vara acceptabla på ett avstånd av cirka 18 meter från Västra stambanan. Områden inom 18 meter från Västra stambanans närmaste räls bör därför inte inbjuda till stadigvarande vistelse.

## 7.2.2 Väg 26

Figur 17 visar att beräknad individrisk är acceptabel på cirka 15 meters avstånd från väg 26. Områden inom 15 meters avstånd från vägkanten på väg 26 bör därför inte inbjuda till stadigvarande vistelse.



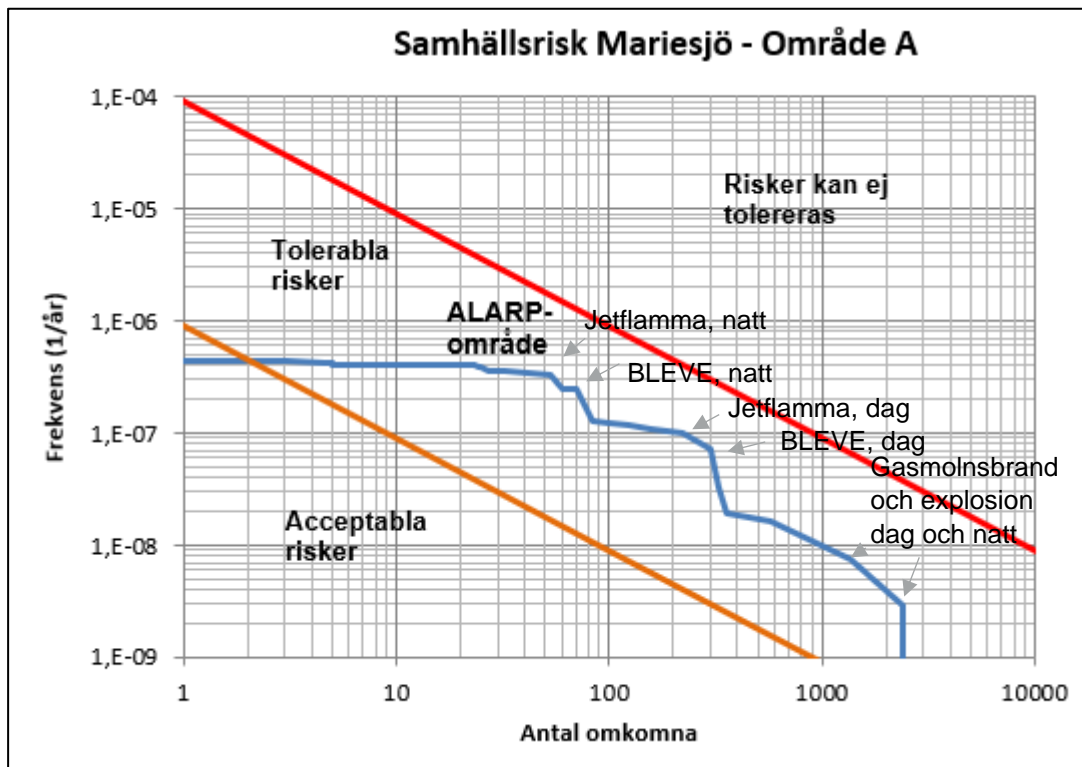
Figur 17. Individrisken för utvecklingsområdet beroende på antal transporter på väg 26.

### 7.3 Samhällsrisk

#### 7.3.1 Västra stambanan – Område A

I Figur 18 redovisas samhällsrisken för område A på grund av transporter av farligt gods på Västra stambanan. De dimensionerande olyckorna är de som innefattar brandfarliga gaser (Jetflamma, gasmolnsbrand, gasmolnsexplosion och BLEVE). I figuren framgår det att samhällsrisken ligger inom ALARP området vilket innebär att skyddsåtgärder som är tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga ska genomföras, se avsnitt 4.2.2.



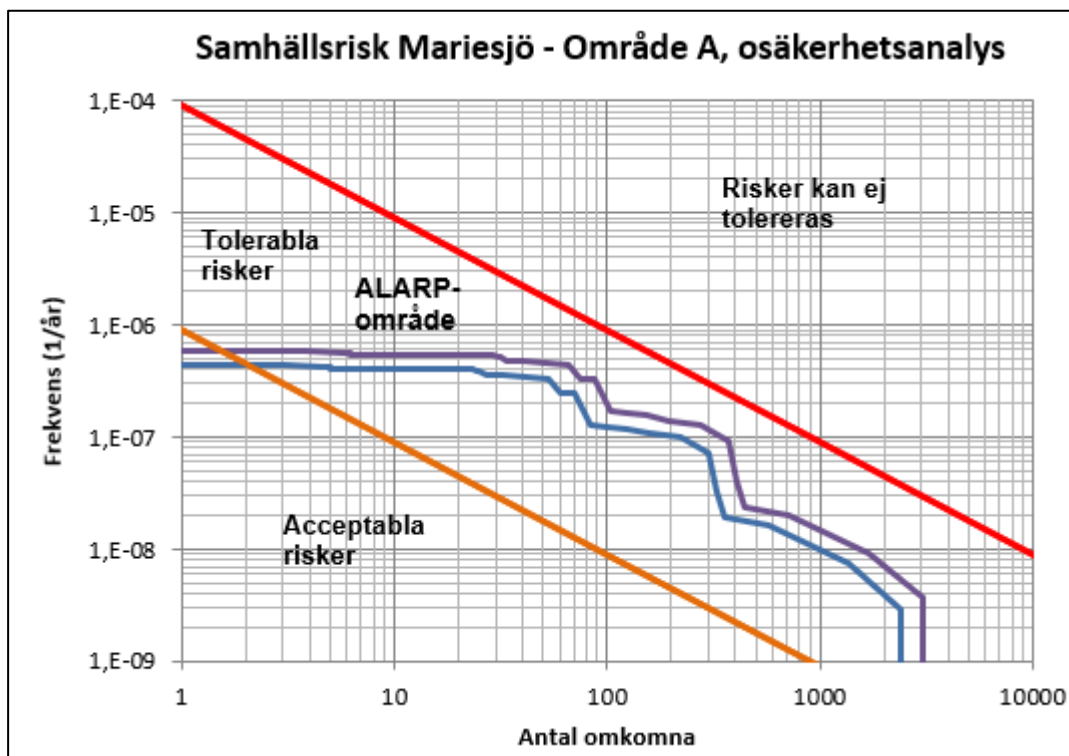


Figur 18 Samhällsrisk för område A.

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 i framtiden av betydelse.

Ytterligare en källa till osäkerhet kan vara att det inte helt går att förutspå hur många personer som kommer att vistas inom området. För att behandla osäkerheten att antalet personer i området blir fler än med den uppskattade fördelningen av markanvändning räknas antalet personer på plats i genomsnitt i utvecklingsområdet upp med 25 % i osäkerhetsanalysen.

För att hantera dessa båda osäkerheter görs en osäkerhetsanalys där transportererna av farligt gods och antal personer på plats ökas med 25 %, se Figur 19.



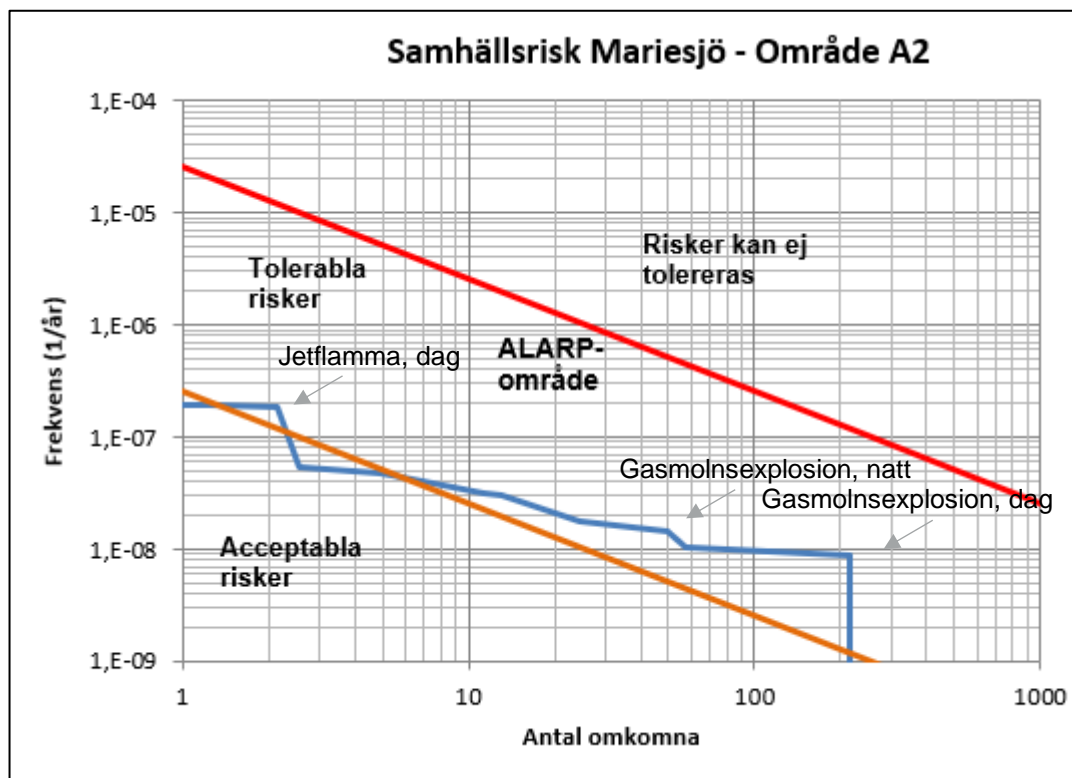
Figur 19 Samhällsrisk för område A, osäkerhetsanalys. Blå linje visar ursprungsberäkning och lila linje är osäkerhetsanalysen.

Samhällsrisken ökar vid osäkerhetsanalysen men överskrider inte riskkriteriet för risker som ej kan tolereras.

## 7.3.2 Väg 26

### 7.3.2.1 Område A2

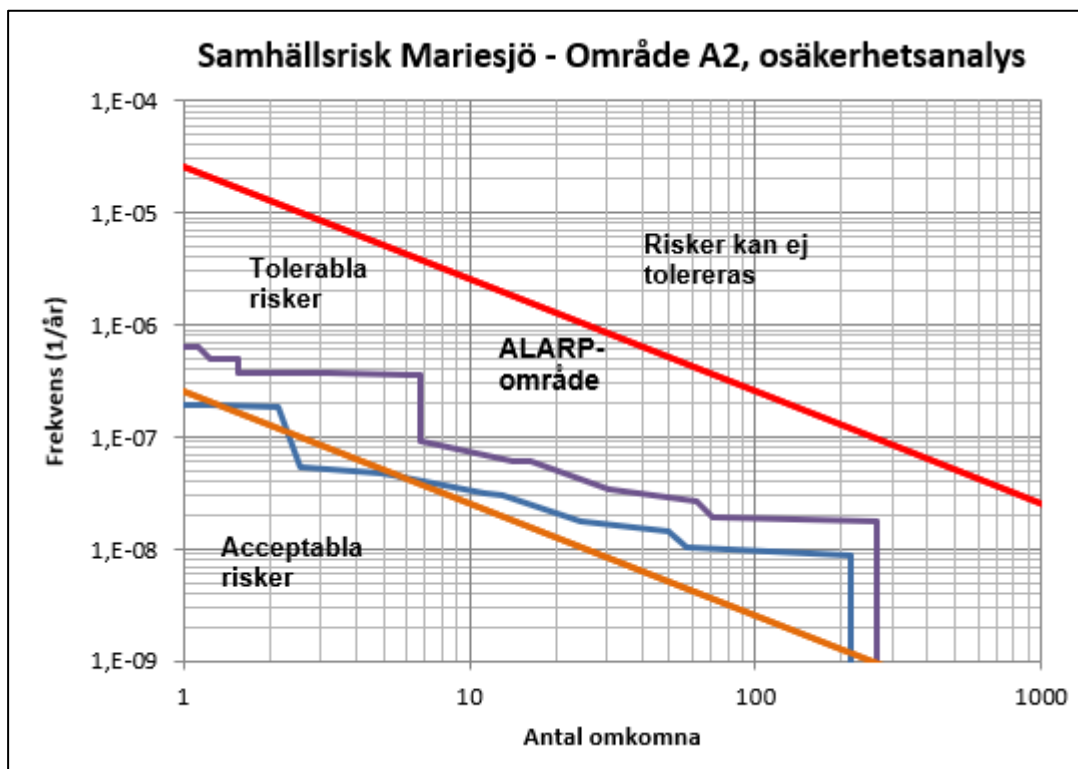
I Figur 20 redovisas samhällsrisken för område A2 på grund av transporter av farligt gods på väg 26. De dimensionerande olyckorna är de som innefattar brandfarliga gaser (gasmolnsexplosion och jetflamma). I figuren framgår det att samhällsrisken ligger inom ALARP-området vilket innebär att skyddsåtgärder som är tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga ska genomföras.



Figur 20 Samhällsrisik för område A2.

Även för område A2 genomförs en osäkerhetsanalys. I denna används nationellt genomsnitt av klass 2.1, 3 och 5 för mängderna transporter av farligt gods samt att antalet personer på plats i genomsnitt i utvecklingsområdet räknas upp med 25 %.

För att hantera dessa båda osäkerheter görs en osäkerhetsanalys där transportererna av farligt gods enligt nationellt genomsnitt används samt antal personer på plats ökas med 25 %, se Figur 21.

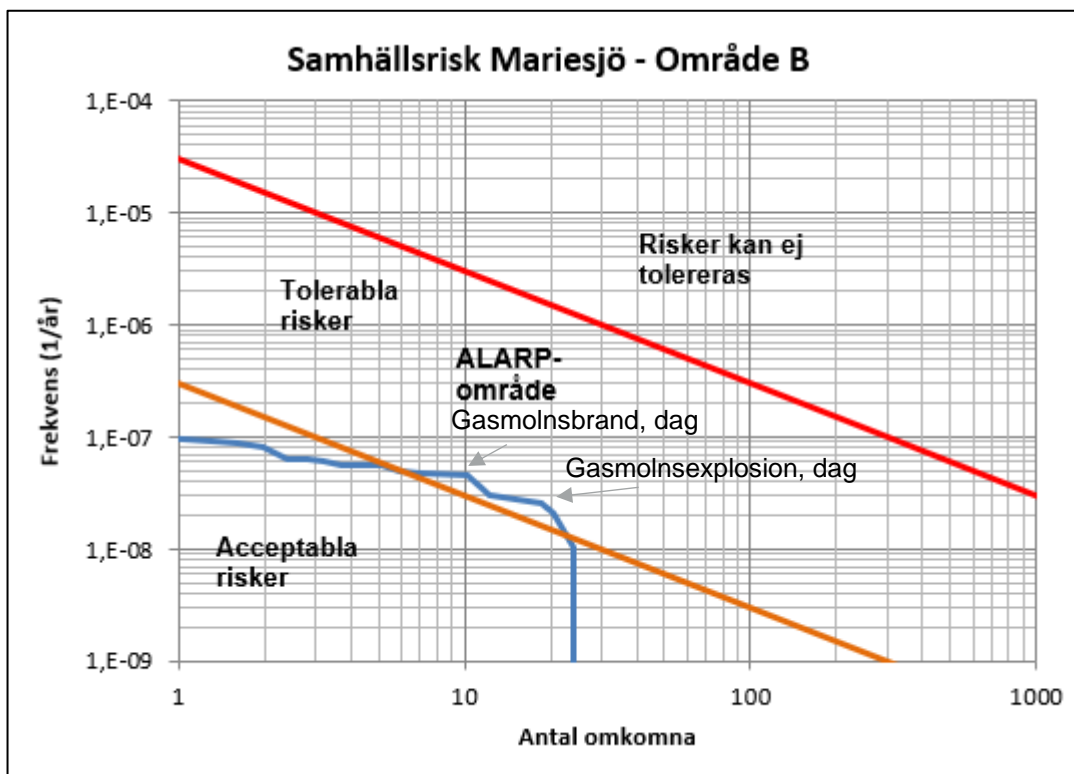


Figur 21 Samhällsrisk för område A2, osäkerhetsanalys. Blå linje visar ursprungsberäkning. Lila linje visar osäkerhetsanalysen.

Samhällsrisken ökar vid osäkerhetsanalysen men överskrider inte riskkriteriet för risker som ej kan tolereras.

### 7.3.2.2 Område B

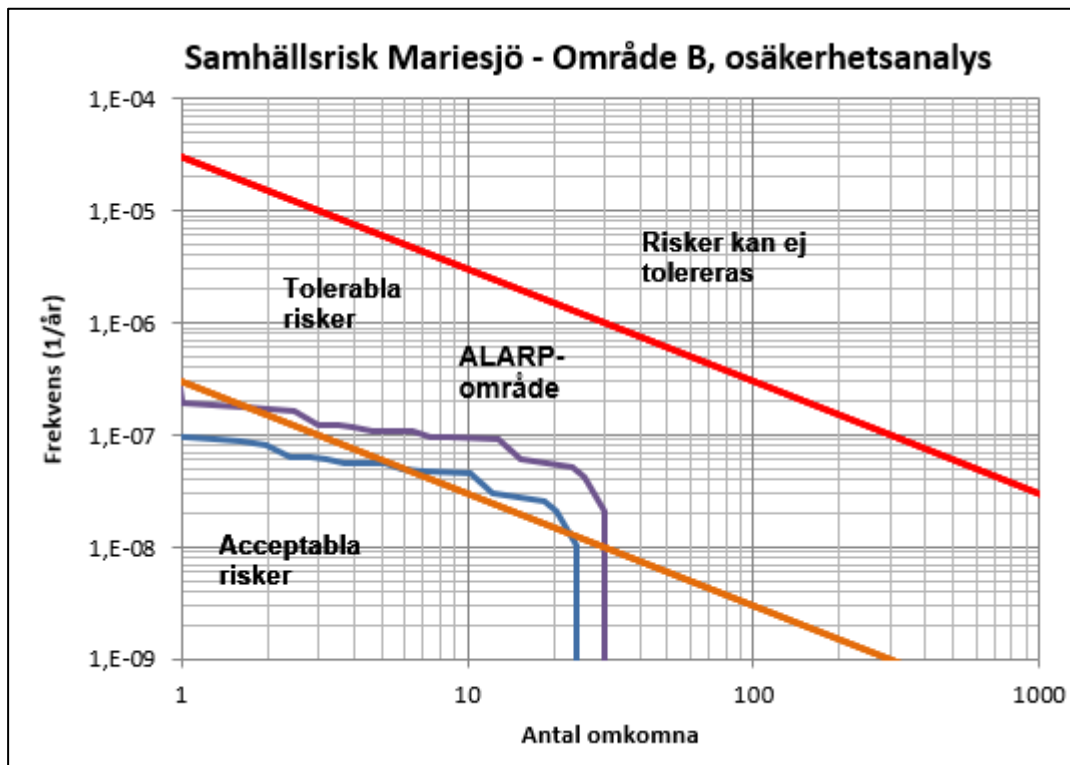
I Figur 22 redovisas samhällsrisken för område B på grund av transporter av farligt gods på väg 26. De dimensionerande olyckorna är de som innefattar brandfarliga gaser (gasmolnsexplosion och gasmolnsbrand) I figuren framgår det att samhällsrisken ligger inom ALARP-området vilket innebär att skyddsåtgärder som är tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga ska genomföras.



Figur 22 Samhällsrisk område B.

Även för område B genomförs en osäkerhetsanalys. I denna används nationellt genomsnitt av klass 2.1, 3 och 5 för mängderna transporter av farligt gods samt att antalet personer på plats i genomsnitt i utvecklingsområdet räknas upp med 25 %. Resultaten presenteras i Figur 23





Figur 23 Samhällsrisk för område B, osäkerhetsanalys. Blå linje visar ursprungsberäkning. Lila linje representerar osäkerhetsanalysen.

Samhällsrisken ökar vid osäkerhetsanalysen men överskrider inte riskkriteriet för risker som ej kan tolereras.

## 8 Slutsats

Rekommenderade skyddsavstånd på grund av pågående verksamheter i området återfinns i Tabell 1. Skyddsavstånden gäller generellt från riskkällan, dvs att vid lagring av brandfarliga gaser och vätskor gäller avstånden från lagringsplatsen. Undantaget är tankstationen där lagring sker under jord och anses vara säkrare. Där anges ofta påfyllningsplatsen för bränslena som punkten som skyddsavståndet ska räknas ifrån.

När det gäller Mariesjöterminalen kan inget skyddsavstånd anges förutom att angränsande kvarter inte ska bebyggas innan terminalen är flyttad. En rekommendation är att beakta riskerna inom 150 m från rangerbangården om framtida detaljplanering sker innan terminalen är avvecklad.

Beräkningarna av risknivåer utifrån transporter av farligt gods visar på att individrisken är acceptabel på cirka 18 meters avstånd från Västra stambanan och cirka 15 meter från väg 26. Individrisken för urspårningsrisk vid Västra stambanan visar dock på en acceptabel risknivå först vid 30 meter vilket blir dimensionerande. Områden inom dessa avstånd bör inte inbjuda till stadigvarande vistelse.

Riskenivåerna för transporter av farlig gods på Västra stambanan och väg 26 ligger inom ALARP-området vilket innebär att tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga skyddsåtgärder ska genomföras. Område A2 påverkas av risker från både Västra stambanan och väg 26 vilket innebär att extra hänsyn behöver tas för risker med transporter av farligt gods förbi detta område. Utifrån de dimensionerande olyckorna bör följande skyddsåtgärder för ny bebyggelse inom område A (A1 och A2) utredas vidare i detaljplaneskedet:

- Brandskydd för fasader som vetter mot transportleder (Västra stambanan och väg 26).
- Eventuella olyckor med brandfarliga gaser kan leda till explosioner. Dimensionering av byggnader för att förhindra fortskridande ras kan inträffa på byggnader inom 150 meter från transportleder bör därför genomföras.
- Utrymning bör vara möjlig bort från transportleder för farligt gods (Västra stambanan och väg 26) på byggnader inom 150 meter från transportleder för farligt gods.
- Ventilation på byggnader inom 150 meter från transportleder för farlig gods (Västra stambanan och väg 26) bör placeras högt och bort från lederna.
- Föreslagen bullerskyddsåtgärd i områdets nordvästra del bör utföras i brandklassat material EI 30. Om en bullervall föreslås finns inga krav på materialval.
- Svårutrymda lokaler bör placeras på ett avstånd på över 150 meter från transportleder för farligt gods (Västra stambanan och väg 26).

I område B är risknivåerna lägre än i område A och påverkas endast av risker från transporter av farligt gods på väg 26. För ny bebyggelse inom område B bör följande skyddsåtgärder genomföras:

- Ventilation på byggnader inom 150 meter från transportled för farligt gods (väg 26) bör placeras högt och bort från leden.
- Utrymning bör vara möjlig bort från transportleder för farligt gods på byggnader inom 150 meter från transportleder för farligt gods (väg 26).

## 9 Referenser

Banverket 2001	Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5; 2001-10-22.
Boverket 1995	Bättre plats för arbete – Planering av arbetsområden med hänsyn till miljö, hälsa och säkerhet, Allmänna råd 1995:5, 1995
COWI 2016	Kvantitativ riskutredning för detaljplan kv. Mode, Skövde. COWI, April 2016.
IUR 2003	International Union of Railways, (2002). Structures Built over Railway Lines – Construction Requirements in the Track Zone (UIC Code 777-2 R), 2nd edition. International Union of Railways.
Lst AB-län 2000	Riskanalys vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer, rapport 2000:1, 2000
Lst 2006	Riskhantering i detaljplaneprocessen, Länsstyrelserna Skånelän, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006
MSB 2015	Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer, MSB mars 2015
MSB 2018	MSBFS 2018:6 föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg (RID-S), MSB 2018
Norconsult 2017	Stenungsunds centrum – Riskanalys avseende transport av farligt gods, 2017-06-02.
Norconsult 2018	Munkeröd 1:21 i Stenungsunds kommun – Riskanalys transport av farligt gods, version 2 2018-02-22.
OpenStreetMap 2019	Kartmaterial från openstreetmap.org. Hämtad 2019-02-06.
Rtj Storgöteborg 2004	Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänst Storgöteborg 2004
RÖS 2019	Mail från Daniele Coen, Räddningstjänsten Östra Skaraborg, 2019-01-29
SÄIFS 1998:7	Föreskrifter och allmänna råd om brandfarlig gas i lös behållare. Sprängämnesinspektionen (numera del av MSB) 1998
SÄIFS 2000:2	Föreskrifter och allmänna råd om hantering av brandfarliga vätskor. Sprängämnesinspektionen (numera del av MSB) 2002
Skövde kommun 2018	Planeringsförutsättningar Mariesjö tillhandahållen av Skövde kommun 2018-05-23.
Skövde kommun 2020	Mail från planarkitekt på Skövde kommun Ingemar Frid 2020-03-03.
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
TRAF A 2016	Lastbilstrafik 2000-2015. Årliga rapporter utgivna av TRAF A (f.d. SIK A) tillsammans med SCB.

---

Trafikverket 2017	Transportsystemet i samhällsplaneringen. Trafikverkets underlag för tillämpning av 3-5 kap. miljöbalken och av plan- och bygglagen. Publ. 2016:148
Trafikverket 2018:1	Trafikuppräkningsstal för EVA och manuella beräkningar 2014-2040-2060. Trafikverket 2018-04-01.
Trafikverket 2018:2	Uttag från Trafikverkets trafikflödeskarta. Hämtad 2019-01-16.
Trafikverket 2018:3	Effektsamband för transportsystemet – Fyrstegsprincipen Steg 3 och 4, Bygg om eller bygg nytt. 2018-04-01.
Trafikverket 2019	Uppgifter från Nationell Järnvägs databas NJDB. <a href="http://www.njdbwebb.trafikverket.se/">www.njdbwebb.trafikverket.se/</a> , Hämtat 2019-01-16
ØSA 2004	Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen; Øresund Safety Advisers AB, 2004

# Bilaga 1

## Riskberäkningar för transport av farligt gods på väg

### Innehåll

<b>1. Inledning</b> .....	<b>2</b>
1.1 Beräkningsmetod .....	2
1.1.1 Inledning .....	2
1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar .....	5
<b>2. Aktuella scenarierna</b> .....	<b>10</b>
2.1. Scenarier med sprängämnen, klass 1.1 .....	10
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1 .....	19
2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3.....	24
2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1 .....	27
2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1.....	29
<b>3. Beräkningsresultat</b> .....	<b>31</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 händelseträäd
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.

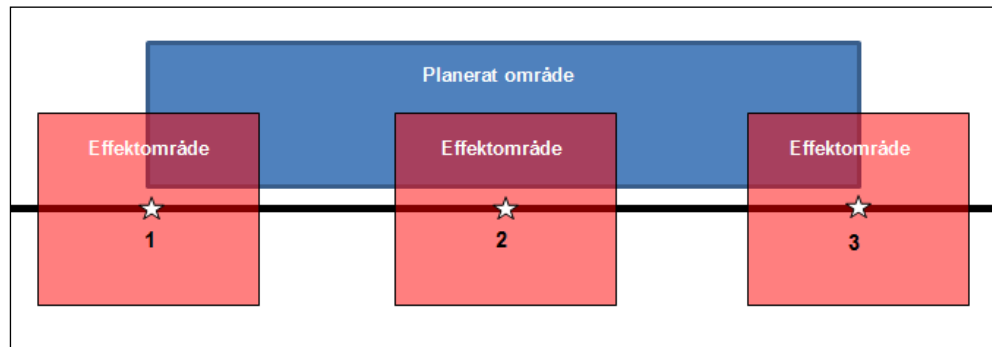
Sannolikheter och effektområdets storlek har, för klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 tagits från den nederländska beräkningsmetoden RBMII som är en av den nederländska staten godkänd metod för riskberäkning vid transport av farligt gods utifrån de modeller som presenteras i den s.k. Gula Boken (PGS2 2005) 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).

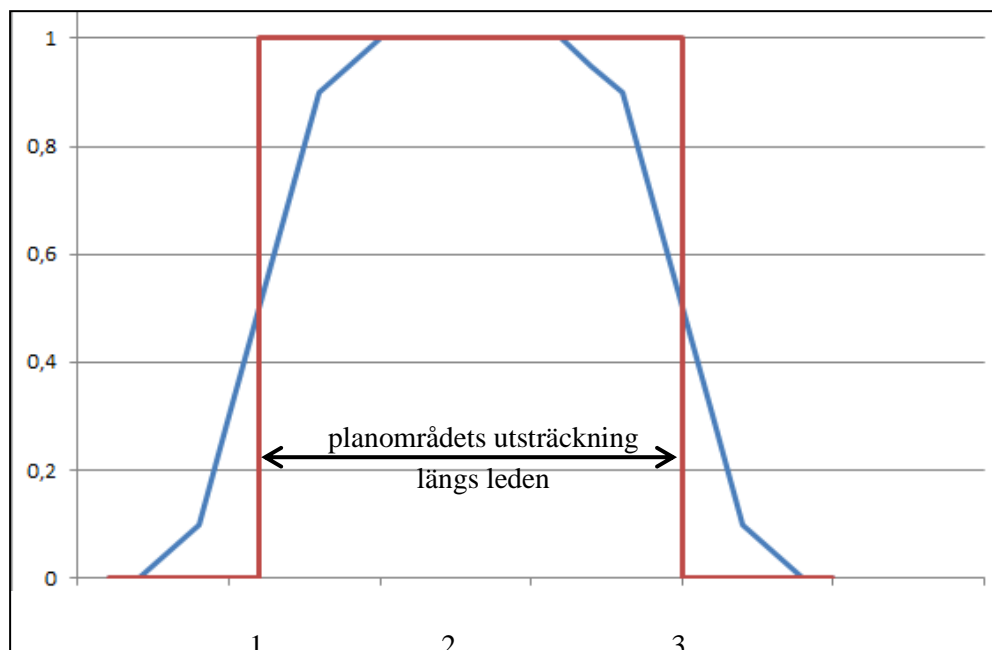
Antal transporter med de olika klasser farligt gods ger sedan antalet olyckor med transporter av de olika klasser farligt gods per kilometer. Beräkningsresultaten för dessa olyckor finns i *figur 4*. Att sannolikheten beräknas per kilometer beror på att vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar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

För samhällsrisken 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.

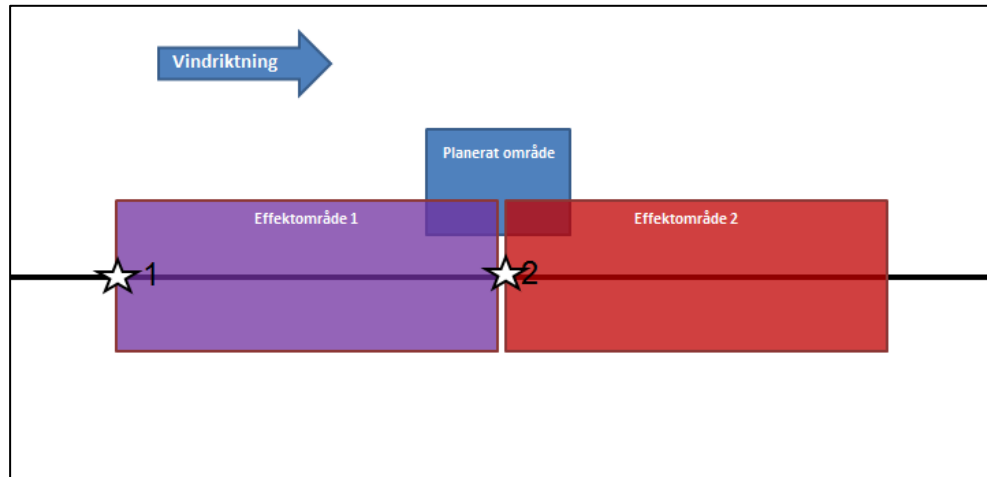
Tre lägen för olyckor visas. I läge 1 drabbas området av halva effekten, i läge 2 av hela effekten och läge 3 åter av halva effekten. Till vänster om läge 1 och till höger om läge 3 drabbas området av mindre än halva effekten. Detta förenklas till att området drabbas av hela effekten (som i olycksplats 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 när 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 a, 4b och 4c*. Där framgår också beräkningarna av persontäthet inom området och i husen närmast vägen.

Ingångsdata		Uppdragsnamn:	Risikutredning Mariesjö B1	2019-03-31
<b>Olycksrisk</b>				
Risk för olycka	8,5E-08	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,25			
Olycksrisk fordon	1,5E-07	1/km, år		
Område enl nedan	2	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	
Mellan Motorväg 90 km/h	4	0,043	0,089	
<b>Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och nattetid</b>				
Andel transporter dagtid	0,7			
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsris k dag/km,år	utsläppsris k natt/km,år
Klass 1, masseexplosiv	9,0	1	9,4E-07	4,0E-07
Klass 2.1	790,0	0,034	2,8E-06	1,2E-06
Klass 2.3	10,0	0,034	3,5E-08	1,5E-08
Klass 3, bensin	7500,0	0,077	6,0E-05	2,6E-05
Klass 5.1, explosionsrisk	270,0	0,077	2,2E-06	9,3E-07
<b>Områdesinfo</b>				
<b>Områdets storlek</b>				
	Inne	Ute		
Planområdets avstånd le	45	35		m
Planområdets bredd	115	130		m
Planområdets längd	450	550		m
<b>Befolkningstäthet</b>				
	Dag			
	Inne	Ute		
Befolkning inne +ute	60			personer
Andel inne/ute	93%	7%		
Befolkning	55,8	4,2		personer
Befolkningstäthet	1,1E-03	5,9E-05		pers/m2
	Natt			
	Inne	Ute		
Befolkning inne +ute	30			personer
Andel inne/ute	99%	1%		
Befolkning	29,7	0,3		personer
Befolkningstäthet	5,7E-04	4,2E-06		pers/m2
	Dag	Natt		
Antal personer första raden totalt	60	30		
	Dag			
	Inne	Ute		
Andel i %	93%	7%		
Antal personer 1:a rad	55,8	4,2		
	Natt			
	Inne	Ute		
Andel i %	99%	1%		
Antal personer 1:a rad	29,7	0,3		

Figur 4a. Ingångsvärden för riskberäkningarna för område B1.

Ingångsdata		Uppdrags namn:	Risikutredning Mariesjö B2	2020-03-31
<b>Olycksrisk</b>				
Risk för olycka	8,5E-08	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,25			
Olycksrisk fordon	1,5E-07	1/km, år		
Område enl nedan	2	ange siffervärde		
<b>Sannolikhet utströmning &gt; 100 kg</b>				
Område		Kondens erade gaser	Vätskor	
Motorväg	1	0,052	0,101	
Utanför tätort	2	0,034	0,077	
Inom tätort	3	0,006	0,021	
Mellan Motorväg 90 km/h	4	0,043	0,089	
<b>Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och nattetid</b>				
Andel transporter dagtid	0,7			
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsris k dag/km,år	utsläppsris k natt/km,år
Klass 1, massexplosiv	9,0	1	9,4E-07	4,0E-07
Klass 2.1	790,0	0,034	2,8E-06	1,2E-06
Klass 2.3	10,0	0,034	3,5E-08	1,5E-08
Klass 3, bensin	7500,0	0,077	6,0E-05	2,6E-05
Klass 5.1, explosionsrisk	270,0	0,077	2,2E-06	9,3E-07
<b>Områdesinfo</b>				
<b>Områdets storlek</b>				
	Inne	Ute		
Planområdets avstånd le	130	130		m
Planområdets bredd	100	115		m
Planområdets längd	450	550		m
<b>Befolkningstäthet</b>				
	Dag			
	Inne	Ute		
Befolkning inne +ute	884			personer
Andel inne/ute	93%			7%
Befolkning	822,1			61,9 personer
Befolkningstäthet	1,8E-02			9,8E-04 pers/m2
	Natt			
	Inne	Ute		
Befolkning inne +ute	750			personer
Andel inne/ute	99%			1%
Befolkning	742,5			7,5 personer
Befolkningstäthet	1,7E-02			1,2E-04 pers/m2
	Dag	Natt		
Antal personer första raden totalt	0			0
	Dag			
	Inne	Ute		
Andel i %	93%			7%
Antal personer 1:a rad	0,0			0,0
	Natt			
	Inne	Ute		
Andel i %	99%			1%
Antal personer 1:a rad	0,0			0,0

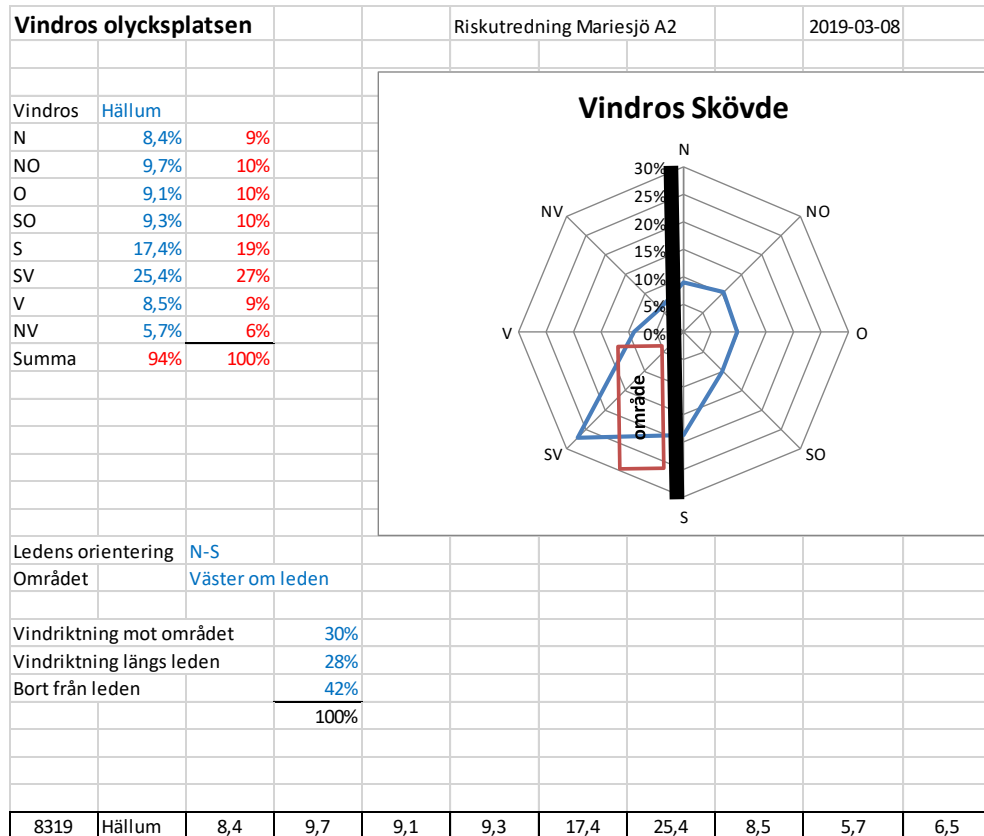
Figur 4b. Ingångsvärden för riskberäkningarna för område B2.



Ingångsdata		Uppdragsnamn:	Risikutredning Mariesjö A2	2020-03-31
<b>Olycksrisk</b>				
Risk för olycka	8,5E-08	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,25			
Olycksrisk fordon	1,5E-07	1/km, år		
Område enl nedan	2	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	
Mellan Motorväg 90 km/h	4	0,043	0,089	
<b>Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och nattetid</b>				
Andel transporter dagtid	0,7			
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsris k dag/km,år	utsläppsris k natt/km,år
Klass 1, masseexplosiv	9,0	1	9,4E-07	4,0E-07
Klass 2.1	790,0	0,034	2,8E-06	1,2E-06
Klass 2.3	10,0	0,034	3,5E-08	1,5E-08
Klass 3, bensin	7500,0	0,077	6,0E-05	2,6E-05
Klass 5.1, explosionsrisk	270,0	0,077	2,2E-06	9,3E-07
<b>Områdesinfo</b>				
<b>Områdets storlek</b>				
	Inne	Ute		
Planområdets avstånd le	50	15		m
Planområdets bredd	120	240		m
Planområdets längd	300	510		m
<b>Befolkningstäthet</b>				
	Dag			
	Inne	Ute		
Befolkning inne +ute	726			personer
Andel inne/ute	93%	7%		
Befolkning	675,2	50,8		personer
Befolkningstäthet	1,9E-02	4,2E-04		pers/m2
	Natt			
	Inne	Ute		
Befolkning inne +ute	165			personer
Andel inne/ute	99%	1%		
Befolkning	163,4	1,7		personer
Befolkningstäthet	4,5E-03	1,3E-05		pers/m2
	Dag	Natt		
Antal personer första raden totalt	363	83		
	Dag			
	Inne	Ute		
Andel i %	93%	7%		
Antal personer 1:a rad	337,6	25,4		
	Natt			
	Inne	Ute		
Andel i %	99%	1%		
Antal personer 1:a rad	81,7	0,8		

Figur 4c. Ingångsvärden för riskberäkningarna för område A2.

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 området.

## 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 massexplösiva 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.

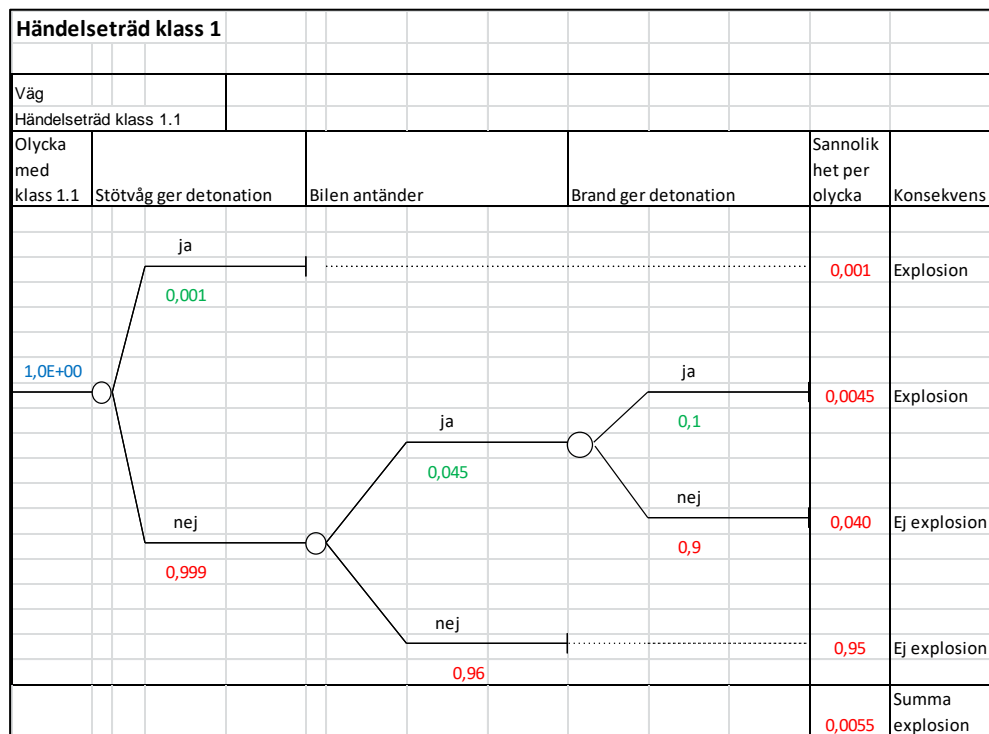
Sammantaget bedöms det att sannolikheten för detonation på grund av stöt vid en olycka med emulsionssprängämnen ligger under 0,1 %. Detta värde kommer att användas vid sannolikhetsberäkningarna.

#### 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.

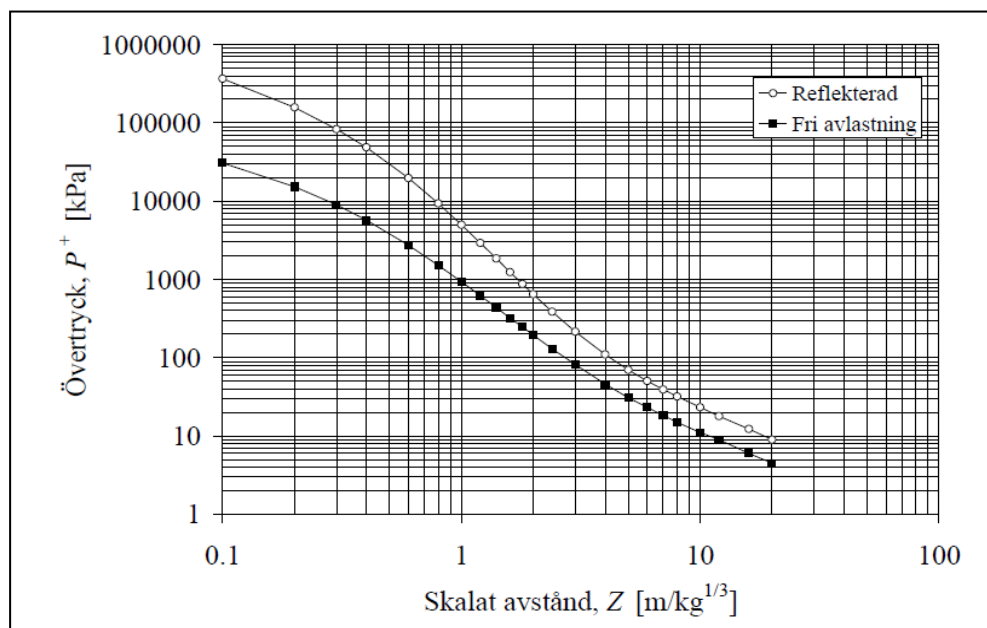
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

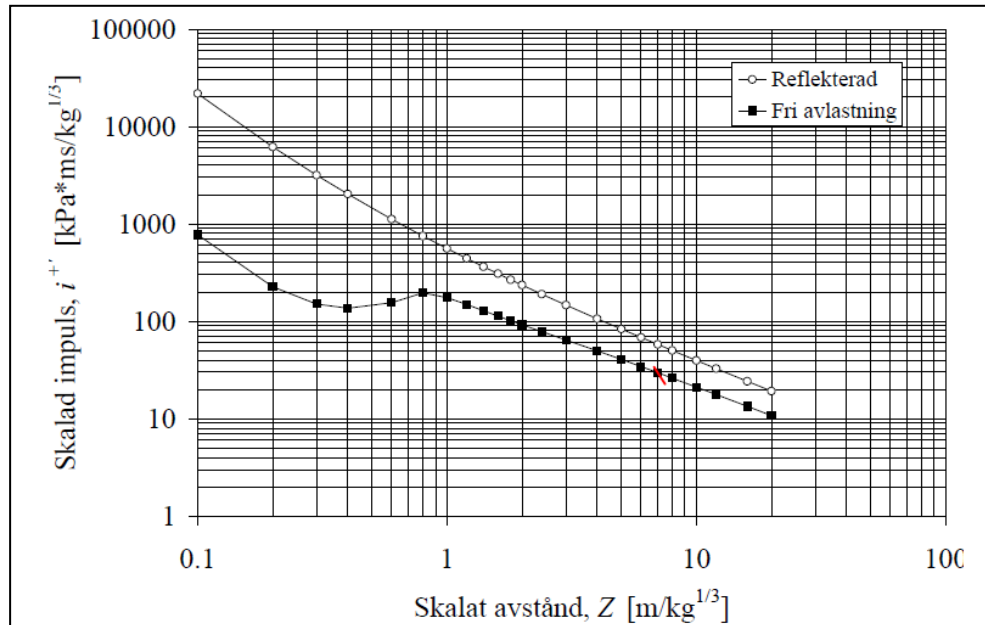
M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

*Figur 7* ger övertrycket  $p_+$



Figur 7 Reflekerat och oreflekerat 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.

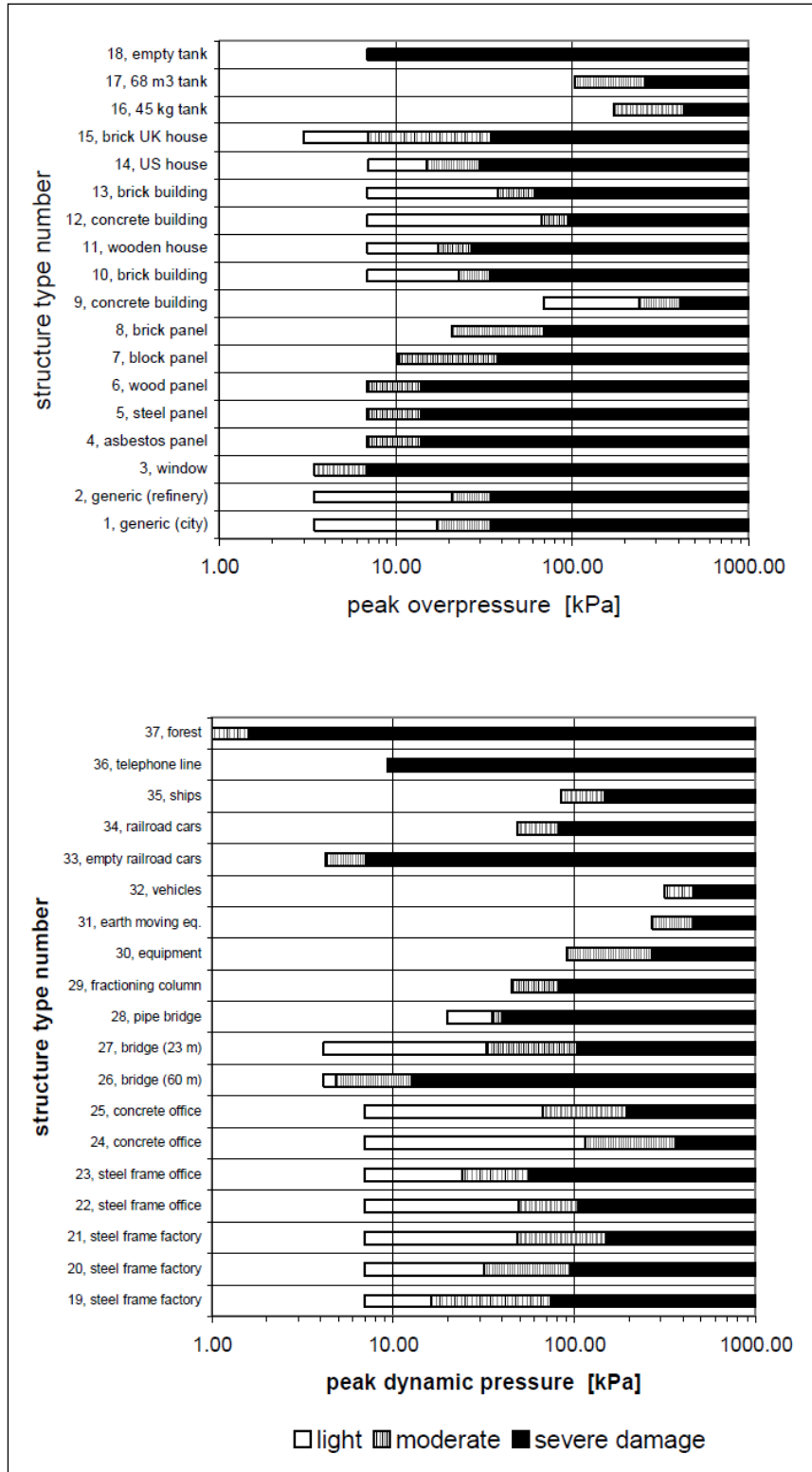
Tabell 1. Reflekerat och oreflekerat tryck och impulstäthet som funktion av avståndet till explosionscentrum.

Avstånd	Z	$p^+$	$p_r$	$i^+$	$i_r$
m	$\text{m/kg}^{1/3}$	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**

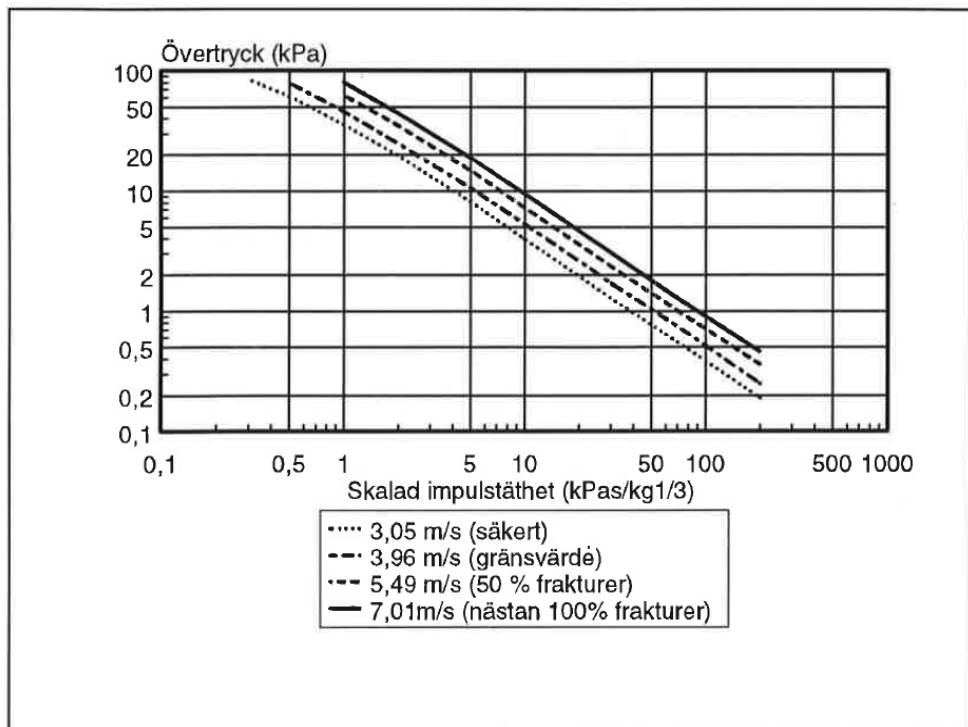
#### **Direkta skador pga. tryck**

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 massexplosion. 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**

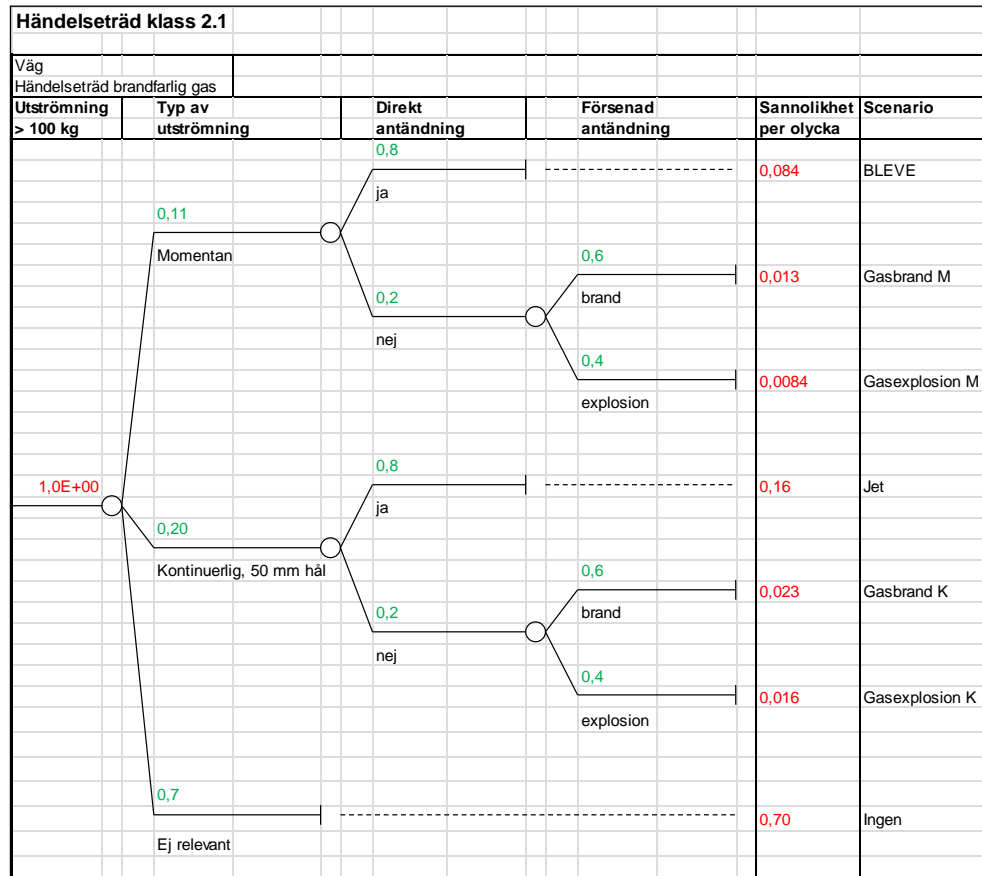
Sannolikheten för en olycka med ett fordon med brandfarliga gaser per kilometer transportled har beräknats på samma sätt som för massexplösiva ämnen i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 3*.

### **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. Händelseträäd olycka med brandfarlig gas

**Individrisk**

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

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

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**

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.

### **Individerisk**

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**

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.

### **Individrisk**

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*.

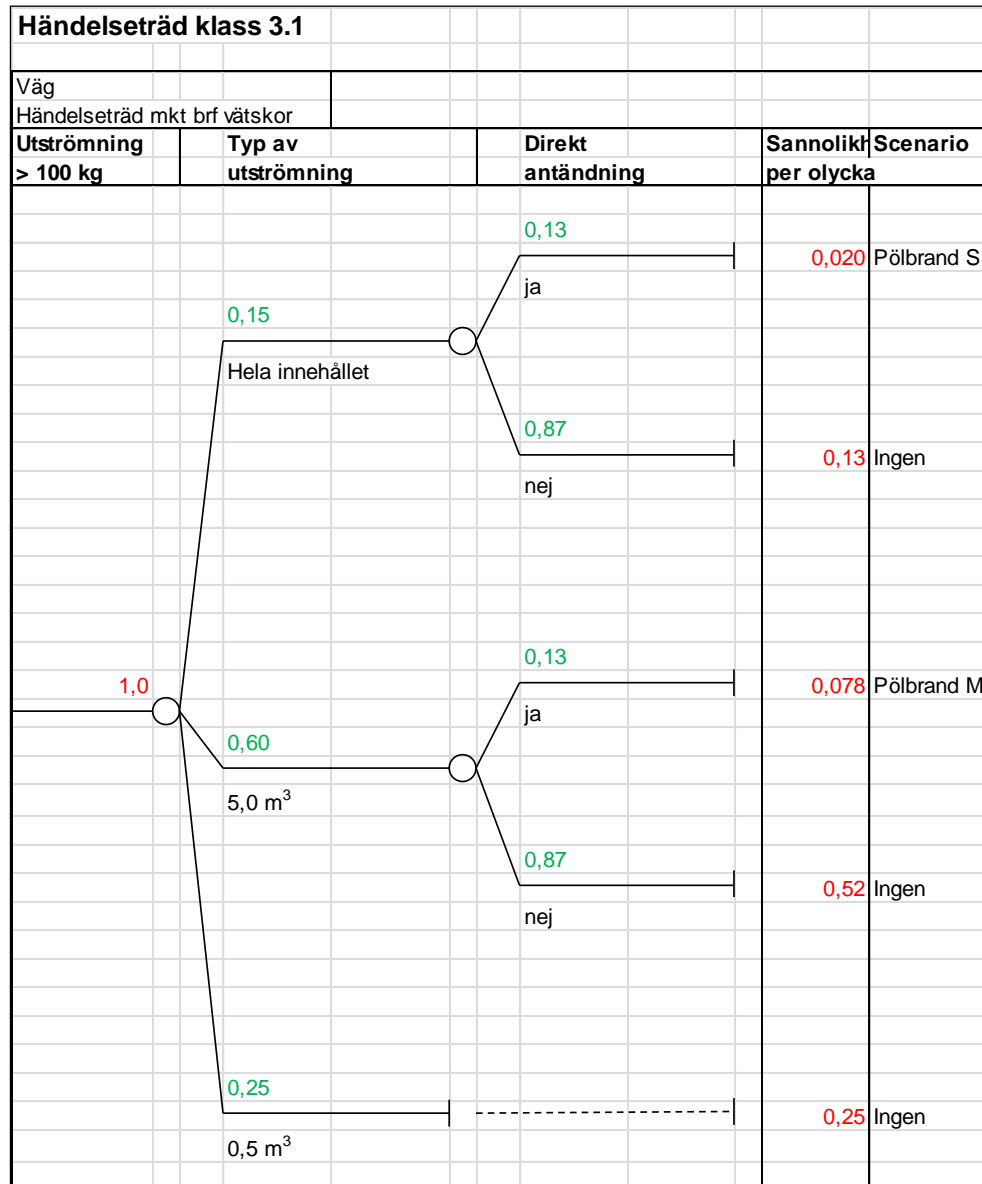
Händelseträdet för scenarier med mycket brandfarliga vätskor framgår i *figur 13* nedan.

### 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 Händelseträd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.

### Individrisk

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.

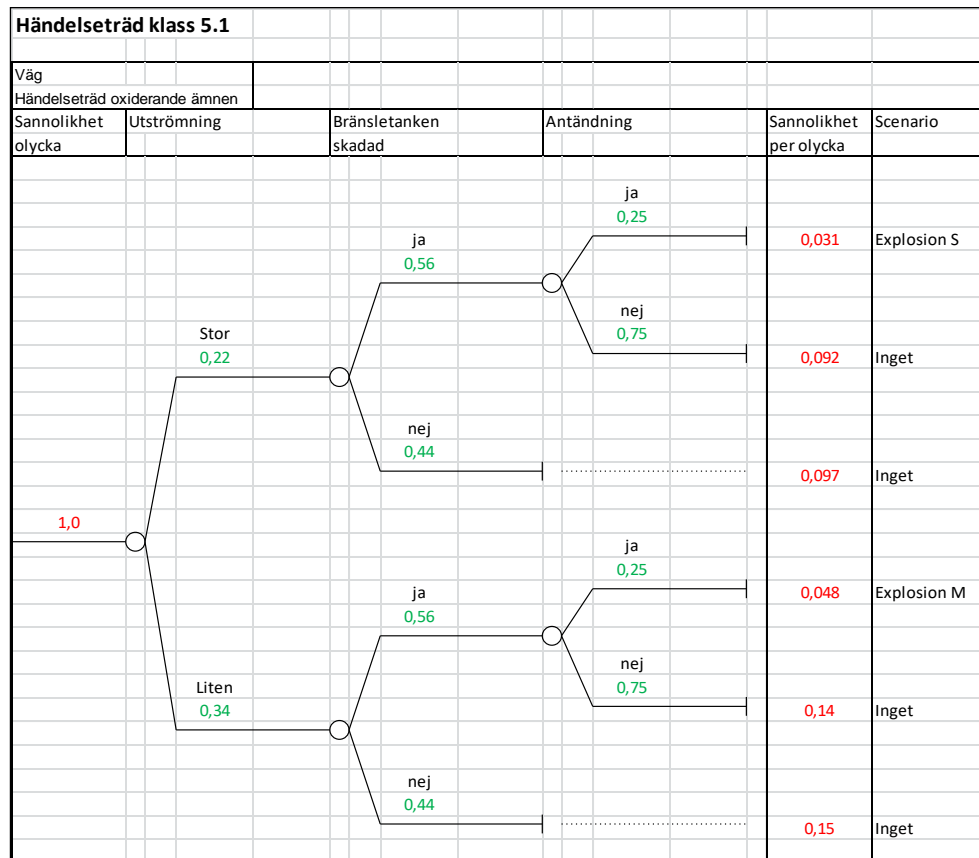
#### **Sannolikhet**

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 2a och 2b presenteras resultaten av riskberäkningarna för området som presenteras grafisk av den blå kurvan i rapporten.

Tabell 2a. Riskberäkningar för område A2.

Sammanställning av beräkningsresultat dagtid												Riskutredning Mariesjö A2		2019-03-08
Klass	F <sub>klass</sub> /år, km	Scenario	F <sub>scen</sub> /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				Om-komna	F <sub>scen</sub> /år	
				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.	9,4E-07	Massexlosion	5,1E-09	240	80	0,17	1,00	-	-	-	-	70	1,5E-09	
2.1	2,8E-06	Jet	4,4E-07	45	74	0,10	0,10	66	80	0,00	0,02	3	1,3E-07	
		Gasbrand M	3,5E-08	185	10	1,00	1,00	-	-	-	-	0	1,1E-08	
		Gasbrand KT	2,0E-08	10	10	1,00	1,00	-	-	-	-	0	5,9E-09	
		Gasbrand KL	1,8E-08	50	5	1,00	1,00	-	-	-	-	0	5,4E-09	
		Gasexplosion M	2,3E-08	378	84	1,00	1,00	-	-	-	-	262	8,9E-09	
		Gasexplosion KT	1,3E-08	133	33	1,00	1,00	-	-	-	-	1	3,9E-09	
		Gasexplosion KL	1,2E-08	133	16,5	1,00	1,00	-	-	-	-	0	3,6E-09	
		Bleve	2,3E-07	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	1	7,0E-08	
2.3	3,5E-08	Giftig gasmoln M	3,7E-09	70	10	0,10	1,00	120	10	0,03	0,30	0	1,1E-09	
		Giftig gasmoln KT	2,1E-09	25	10	0,10	1,00	75	10	0,03	0,30	0	6,2E-10	
		Giftig gasmoln KL	1,9E-09	135	10	0,10	1,00	220	10	0,03	0,30	0	5,7E-10	
3.	6,0E-05	Stor pölbrand	1,2E-06	48	10	1,00	1,00	-	-	-	-	0	3,5E-07	
		Liten pölbrand	4,7E-06	25	10	1,00	1,00	33	10	0,00	0,04	0	1,4E-06	
5.1	2,2E-06	Stor explosion	1,1E-08	104	72	0,17	1,00	-	-	-	-	30	3,3E-09	
		Liten explosion	4,4E-08	55	57	0,17	1,00	-	-	-	-	16	1,3E-08	

Sammanställning av beräkningsresultat nattetid												Riskutredning Mariesjö A2		2019-03-08
Klass	F <sub>klass</sub> /år, km	Scenario	F <sub>scen</sub> /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				Om-komna	F <sub>scen</sub> /år	
				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.	4,0E-07	Massexlosion	2,2E-09	240	80	0,17	1,00	-	-	-	-	14	6,6E-10	
2.1	1,2E-06	Jet	1,9E-07	45	74	0,10	0,10	66	80	0,00	0,02	1	5,6E-08	
		Gasbrand M	1,5E-08	185	10	1,00	1,00	-	-	-	-	0	4,5E-09	
		Gasbrand KT	8,4E-09	10	10	1,00	1,00	-	-	-	-	0	2,5E-09	
		Gasbrand KL	7,7E-09	50	5	1,00	1,00	-	-	-	-	0	2,3E-09	
		Gasexplosion M	1,0E-08	378	84	1,00	1,00	-	-	-	-	61	3,8E-09	
		Gasexplosion KT	5,6E-09	133	33	1,00	1,00	-	-	-	-	0	1,7E-09	
		Gasexplosion KL	5,2E-09	133	16,5	1,00	1,00	-	-	-	-	0	1,5E-09	
		Bleve	1,0E-07	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	0	3,0E-08	
2.3	1,5E-08	Giftig gasmoln M	1,6E-09	70	10	0,10	1,00	120	10	0,03	0,30	0	4,8E-10	
		Giftig gasmoln KT	8,9E-10	25	10	0,10	1,00	75	10	0,03	0,30	0	2,7E-10	
		Giftig gasmoln KL	8,2E-10	135	10	0,10	1,00	220	10	0,03	0,30	0	2,4E-10	
3.	2,6E-05	Stor pölbrand	5,0E-07	48	10	1,00	1,00	-	-	-	-	0	1,5E-07	
		Liten pölbrand	2,0E-06	25	10	1,00	1,00	33	10	0,00	0,04	0	6,0E-07	
5.1	9,3E-07	Stor explosion	4,7E-09	104	72	0,17	1,00	-	-	-	-	6	1,4E-09	
		Liten explosion	1,9E-08	55	57	0,17	1,00	-	-	-	-	3	5,6E-09	

Tabell 2b. Riskberäkningar för område B.

Sammanställning av beräkningsresultat dagtid													Riskutredning Mariesjö		2019-03-08
Klass	F <sub>klass</sub> /år, km	Scenario	F <sub>scen</sub> /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				Om-komna	F <sub>scen</sub> /år		
				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.	2,1E-06	Massexlosion	1,1E-08	240	80	0,17	1,00	-	-	-	-	10	2,3E-09		
2.1	3,5E-07	Jet	5,5E-08	45	74	1,00	1,00	66	80	0,00	0,07	1	2,0E-07		
		Gasbrand M	4,5E-09	185	93	1,00	1,00	-	-	-	-	14	1,6E-08		
		Gasbrand KT	2,5E-09	10	50	1,00	1,00	-	-	-	-	0	8,9E-09		
		Gasbrand KL	2,3E-09	50	5	1,00	1,00	-	-	-	-	0	8,1E-09		
		Gasexplosion M	3,0E-09	252	126	1,00	1,00	-	-	-	-	47	1,1E-08		
		Gasexplosion KT	1,7E-09	66	66	1,00	1,00	-	-	-	-	2	5,9E-09		
		Gasexplosion KL	1,5E-09	66	33	1,00	1,00	-	-	-	-	0	5,4E-09		
		Bleve	3,0E-08	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	0	1,1E-07		
2.3	3,5E-08	Giftig gasmoln M	3,7E-09	70	35	0,10	1,00	120	60	0,03	0,30	0	1,7E-09		
		Giftig gasmoln KT	2,1E-09	25	135	0,10	1,00	75	220	0,03	0,30	5	9,3E-10		
		Giftig gasmoln KL	1,9E-09	135	13	0,10	1,00	220	38	0,03	0,30	0	8,6E-10		
3.	1,6E-04	Stor pölbrand	3,2E-06	48	24	1,00	1,00	-	-	-	-	0	5,3E-07		
		Liten pölbrand	1,3E-05	25	13	1,00	1,00	33	17	0,00	0,04	0	2,1E-06		
5.1	4,4E-06	Stor explosion	2,2E-08	104	72	0,17	1,00	-	-	-	-	4	4,9E-09		
		Liten explosion	8,9E-08	55	57	0,17	1,00	-	-	-	-	3	2,0E-08		

Sammanställning av beräkningsresultat nattetid													Riskutredning Mariesjö		2019-03-08
Klass	F <sub>klass</sub> /år, km	Scenario	F <sub>scen</sub> /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				Om-komna	F <sub>scen</sub> /år		
				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.	8,9E-07	Massexlosion	4,9E-09	240	80	0,17	1,00	-	-	-	-	4	9,9E-10		
2.1	1,5E-07	Jet	2,4E-08	45	74	1,00	1,00	66	80	0,00	0,07	1	8,4E-08		
		Gasbrand M	1,9E-09	185	93	1,00	1,00	-	-	-	-	7	6,8E-09		
		Gasbrand KT	1,1E-09	10	50	1,00	1,00	-	-	-	-	0	3,8E-09		
		Gasbrand KL	9,8E-10	50	5	1,00	1,00	-	-	-	-	0	3,5E-09		
		Gasexplosion M	1,3E-09	252	126	1,00	1,00	-	-	-	-	40	4,5E-09		
		Gasexplosion KT	7,1E-10	66	66	1,00	1,00	-	-	-	-	1	2,5E-09		
		Gasexplosion KL	6,5E-10	66	33	1,00	1,00	-	-	-	-	0	2,3E-09		
		Bleve	1,3E-08	80	40	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	0	4,5E-08		
2.3	1,5E-08	Giftig gasmoln M	1,6E-09	70	35	0,10	1,00	120	60	0,03	0,30	0	7,2E-10		
		Giftig gasmoln KT	8,9E-10	25	135	0,10	1,00	75	220	0,03	0,30	5	4,0E-10		
		Giftig gasmoln KL	8,2E-10	135	13	0,10	1,00	220	38	0,03	0,30	0	3,7E-10		
3.	7,0E-05	Stor pölbrand	1,4E-06	48	24	1,00	1,00	-	-	-	-	0	2,3E-07		
		Liten pölbrand	5,4E-06	25	13	1,00	1,00	33	17	0,00	0,04	0	9,0E-07		
5.1	1,9E-06	Stor explosion	9,6E-09	104	72	0,17	1,00	-	-	-	-	2	2,1E-09		
		Liten explosion	3,8E-08	55	57	0,17	1,00	-	-	-	-	1	8,5E-09		

## 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 luftstötstång, 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

# Bilaga 2 Beräkning av risker transporter av farligt gods på järnväg

## Innehåll

<b>1. Inledning .....</b>	<b>2</b>
1.1 Beräkningsmetod .....	2
1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar .....	5
<b>2. Scenarierna.....</b>	<b>9</b>
2.1. Scenarier med sprängämnen, klass 1. ....	9
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1 .....	18
2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3.....	24
2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1 .....	27
2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1.....	30
<b>3. Beräkningsresultat.....</b>	<b>35</b>
<b>4. Referenser .....</b>	<b>37</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 händelseträäd
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 2.3 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: Methods for the calculation of Physical Effect due to releases of hazardous materials (liquids and gases) (PGS2 2005) och Lila Boken: Guidelines for Quantitative Risk Assessment (PGS3 2005). En bra beskrivning av utgångspunkter och parameterar hittas i del 2 av PGS3 som behandlar riskanalys för transport av farligt gods.

För klass 1.1 och klass 5.1 anges mera i detalj hur sannolikheterna och effektområdets storlek har beräknats.

### 1.1.2 Sannolikhetsberäkning

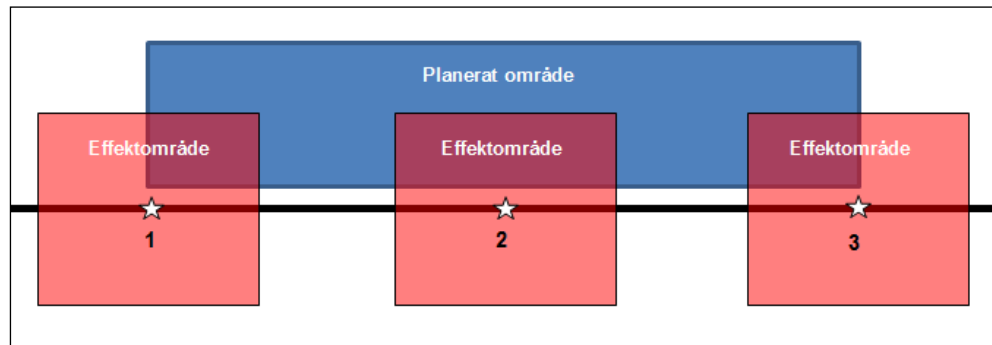
Olycksrisken för tåg beräknas enligt den av Banverket (numera en del av Trafikverket) angivna metod (Banverket 2001).

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

Antal transporter med olika klasser farligt gods ger sedan antalet olyckor med transporter av olika klasser farligt gods per kilometer. Beräkningsresultaten för dessa olyckor finns i *figur 5*. Att sannolikheten beräknas per kilometer beror på att

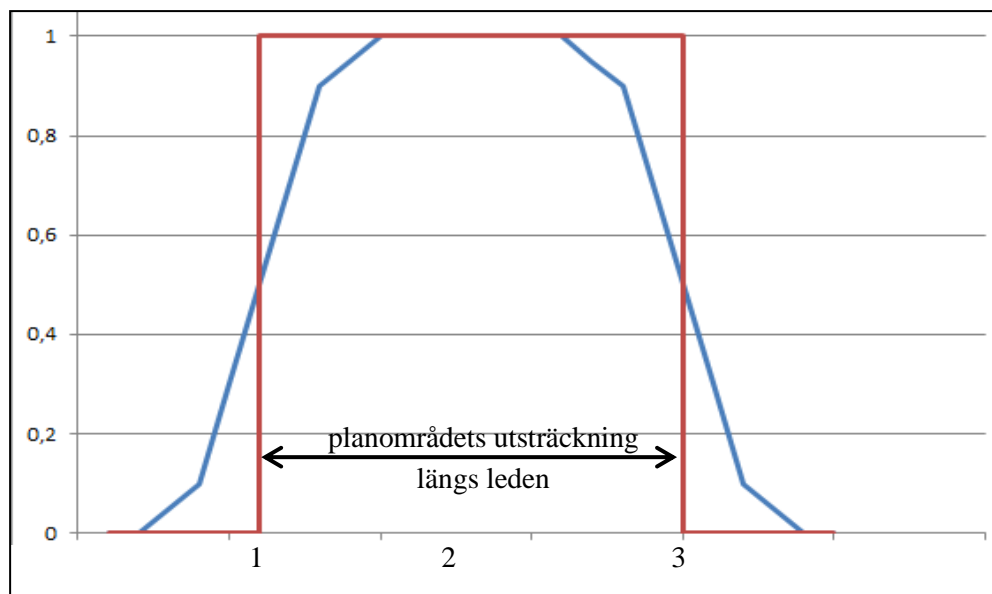
vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar varierar beroende på vilket scenario som är aktuellt

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



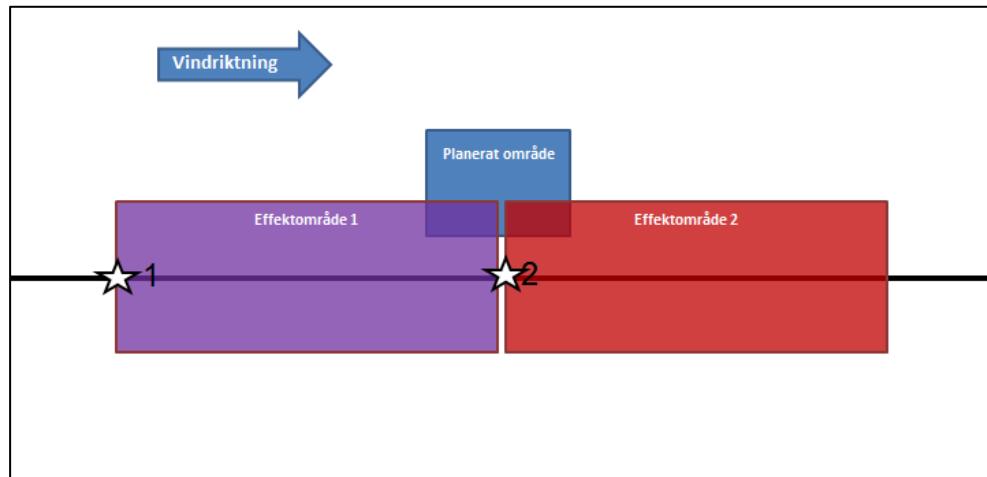
Figur 1. Tre olika lägen för en olycka med farligt gods med effektområde mindre än det planerade området..

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. Programmet skiljer på sannolikheten för olika händelseförlopp beroende på om tågets hastighet är större eller mindre än 40 km/h. Därför presenteras två händelseträder för var och en av klasserna 2.1, 2.3 och 3. Även i händelseträden för klass 1.1 och 5.1 används uppgifter från RBMII så även där presenteras händelseträder för hastigheter större och mindre än 40 km/h.

### 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

Olycksrisken för tåg beräknas enligt den av Banverket (numera en del av Trafikverket) angivna metod (Banverket 2001). Resultaten av beräkningen av olycksrisk per kilometer och år för de olika klasser farligt gods framgår av *figur 4 och 5*. Transporter av gods på järnvägen sker i stor utsträckning på natten då det finns bättre utrymme på banan pga. färre persontransporter. Utifrån en tidigare undersökning av fördelningen av godstransporter på Västra Stambanan antas att 25 % av godset transporteras dagtid och 75 % nattetid.

I *figur 5* framgår också beräkningarna av persontäthet inom området och i husen närmast vägen.

<b>Ingångsdata 1(2)</b>		Uppdragsnamn:	Risicanalys Mariesjö	2020-03-31		
<b>Beräkning av olycksfrekvens enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket 2001:5</b>						
<b>Ingångsdata</b>						
Sträcka	1	km	Färgernas betydelse: Fylls i			
Vagnaxel/vagn	2,75		Standard			
Tåglängd	447	m	Beräknas			
Vagnlängd	20	m				
Godståg/dag	122					
Persontåg/dag	45					
Pendeltåg/dag	0					
Antal vagnar/tåg	22,4					
Antal tåg/dag	167					
Antal tåg/år	60955					
Antal tåg/v	1172					
Antal växlar	2,5					
Plankorsn. bommar	0					
Plankorsn. ljus	0					
Plankorsn. Kryss	0					
Vagnaxelkm/år	3,7E+06					
Vagnkm	1,4E+06					
<b>Beräkning olycksrisken</b>						
			<b>Intensitet</b>		<b>Frekvens</b>	
<b>Orsak</b>	<b>Parameter</b>		<b>Spårklass A</b>	<b>Spårkl. B o C</b>	<b>Spårklass A</b>	<b>Spårkl. B o C</b>
Rälsbrott	Vagnaxelkm		5,0E-11	1,0E-10	1,9E-04	3,7E-04
Solkurva	Spårkm		1,0E-05	2,0E-04	1,0E-05	2,0E-04
Spårlägesfel	Vagnaxelkm		4,0E-10	4,0E-10	1,5E-03	1,5E-03
Växel sliten	Antal tågpassager		5,0E-09	5,0E-09	7,6E-04	7,6E-04
Växel ur kontroll	Antal tågpassager		7,0E-08	7,0E-08	1,1E-02	1,1E-02
Vagnfel	Vagnaxelkm		3,1E-09	3,1E-09	1,2E-02	1,2E-02
Lastförskjutning	Vagnaxelkm		4,0E-10	4,0E-10	1,5E-03	1,5E-03
Plankorsn. bommar	Antal tågpassager		5,0E-08	5,0E-08	0,0E+00	0,0E+00
Plankorsn. ljus	Antal tågpassager		1,5E-08	1,5E-08	0,0E+00	0,0E+00
Plankorsn. Kryss	Antal tågpassager		2,0E-08	2,0E-08	0,0E+00	0,0E+00
Annan/okänd	Tågkm		2,0E-07	2,0E-07	1,2E-02	1,2E-02
Summa	Olyckor per år/km				3,8E-02	3,9E-02
Antal tågkm/år					6,1E+04	6,1E+04
Olyckor per tågkm, år					6,3E-07	6,3E-07
Antal vagnkm/år					1,4E+06	1,4E+06
Olyckor per vagnkm, år					2,8E-08	2,8E-08

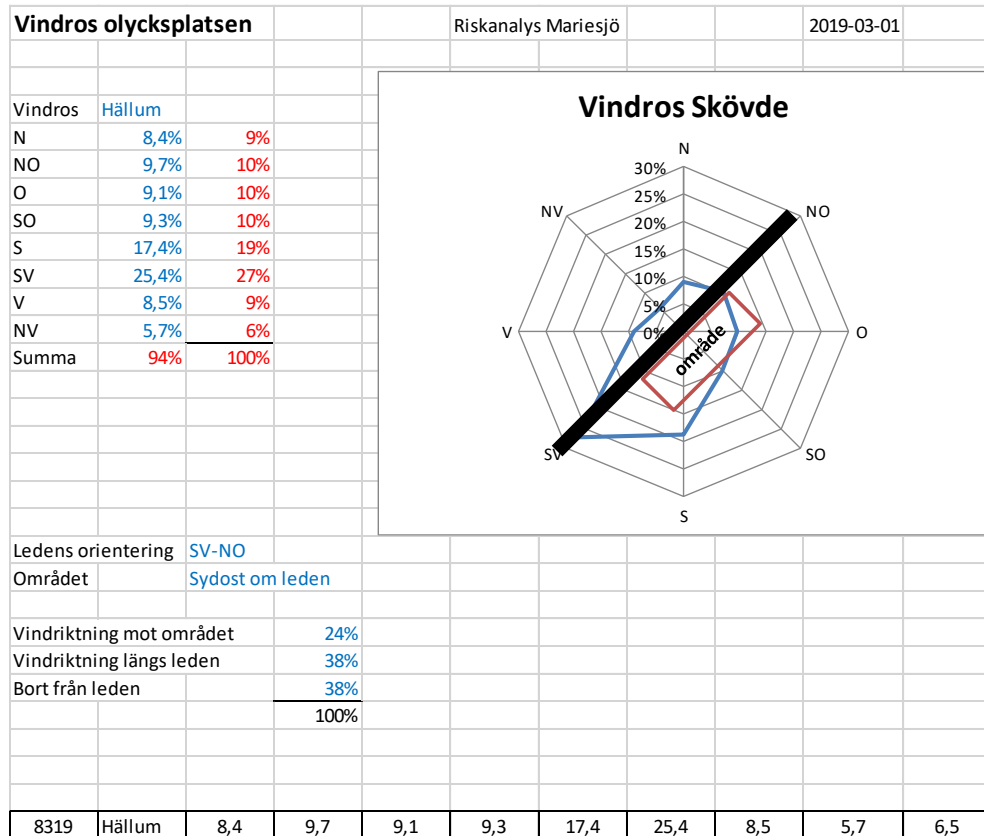
Figur 4. Ingångsvärden för riskberäkningarna.

Ingångsdata 2(2)		Riskanalys Mariesjö		2020-03-31	
<b>Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och nattetid</b>					
	antal vagnar totalt	antal vagnar dagtid/år	olycksrisk dagtid/km ,år	antal vagnar natt/år	olycksrisk natt/km,år
Klass 1, massexplisiv	4,0	1,0	2,8E-08	3,0	8,4E-08
Klass 2.1	5300	1325,0	3,7E-05	3975,0	1,1E-04
Klass 2.3	400	100,0	2,8E-06	300,0	8,4E-06
Klass 3, bensin	15000	3750,0	1,1E-04	11250,0	3,2E-04
Klass 5.1, explosionsrisk	6100	1525,0	4,3E-05	4575,0	1,3E-04
<b>Beräkning antal vagnar med mkt brandfarliga vätskor per godståg</b>					
antal godståg	44530				
andel m bensinvagnar	34%				
<b>Områdesinfo</b>					
<b>Områdets storlek</b>					
	Inne	Ute			
Planområdets avstånd le	30	15	m		
Planområdets bredd	150	250	m		
Planområdets längd	900	1800	m		
<b>Befolkningstäthet</b>					
	Dag				
	Inne	Ute			
Befolkning inne +ute	7463		personer		
Andel inne/ute	93%	7%			
Befolkning	6940,6	522,4	personer		
Befolkningstäthet	5,1E-02	1,2E-03	pers/m2		
	Natt				
	Inne	Ute			
Befolkning inne +ute	1698		personer		
Andel inne/ute	99%	1%			
Befolkning	1681,0	17,0	personer		
Befolkningstäthet	1,2E-02	3,8E-05	pers/m2		
	Dag	Natt			
Antal personer första raden totalt	2488	566			
	Dag				
	Inne	Ute			
Andel i %	93%	7%			
Antal personer 1:a rad	2313,5	174,1			
	Natt				
	Inne	Ute			
Andel i %	99%	1%			
Antal personer 1:a rad	560,3	5,7			

Figur 5. Ingångsvärden för riskberäkningarna, fortsättning.



I figur 6 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 6. Vindros för aktuell plats.

## 2. 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.

#### 2.1.1 Sannolikheter

Sannolikheten per vagnkilometer för en olycka med massexplosiva sprängämnen framgår av *figur 5*.

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 fordon 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.

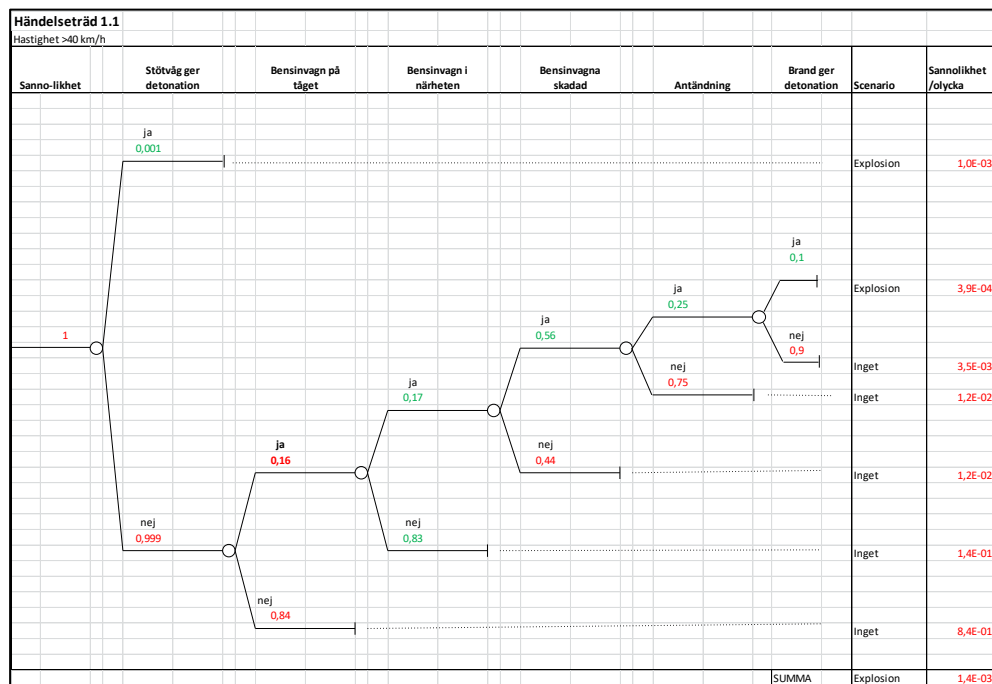
#### **Sannolikhet för detonation på grund av brand**

Sannolikheten för brand beräknas enligt följande.

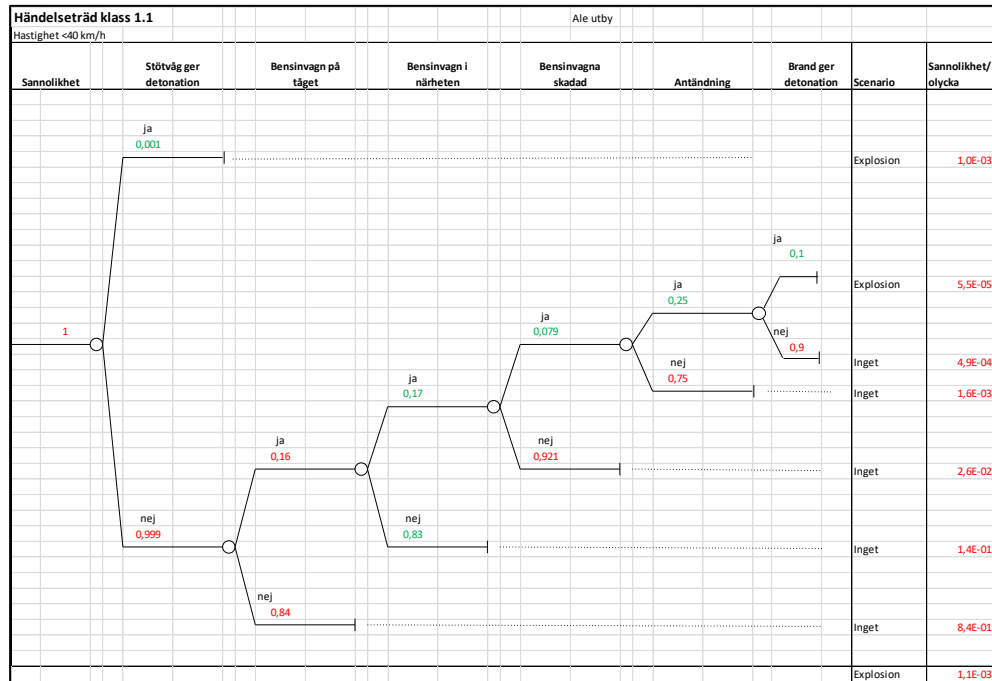
1. Det måste finnas en tankvagn med bensin eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med sprängämnen, högst en vagn emellan
3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande utsläpp
4. Vätskan måste antändas

Sannolikheten för detta framgår av händelseträden i *figur 7 och 8* nedan.  
Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankvagnar i RBMII.

Sannolikheten att en brand leder till detonation av sprängämnet uppskattas grovt till 10 %. Händelseträdet för hela händelseförloppet vid olycka med sprängämnen visas i *figur 7* för tåghastigheter över 40 km/h och i *figur 8* för tåghastigheter under 40 km/h.



Figur 7. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1, tåghastigheter över 40 km/h.



Figur 8. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1, tågastigheter under 40 km/h.

Sannolikheten för att en vagn med mycket brandfarliga vätskor skall vara med på tåget tas från ingångsdaten i figur 5. (I figur 7 och 8 anges ett värde från ett tidigare projekt, det aktuella värdet har dock använts i beräkningarna.)

Resultaten av sannolikhetsberäkningar för fallet en masseexplosion 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 25 ton TNT.

Explosionens övertryck och impuls har beräknats nedan. 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 9 som tagits från rapporten Dynamisk lastpåverkan – Referensbok (SRV 2005). För en närmare förklaring av beräkningsmetoden hänvisas till denna rapport.

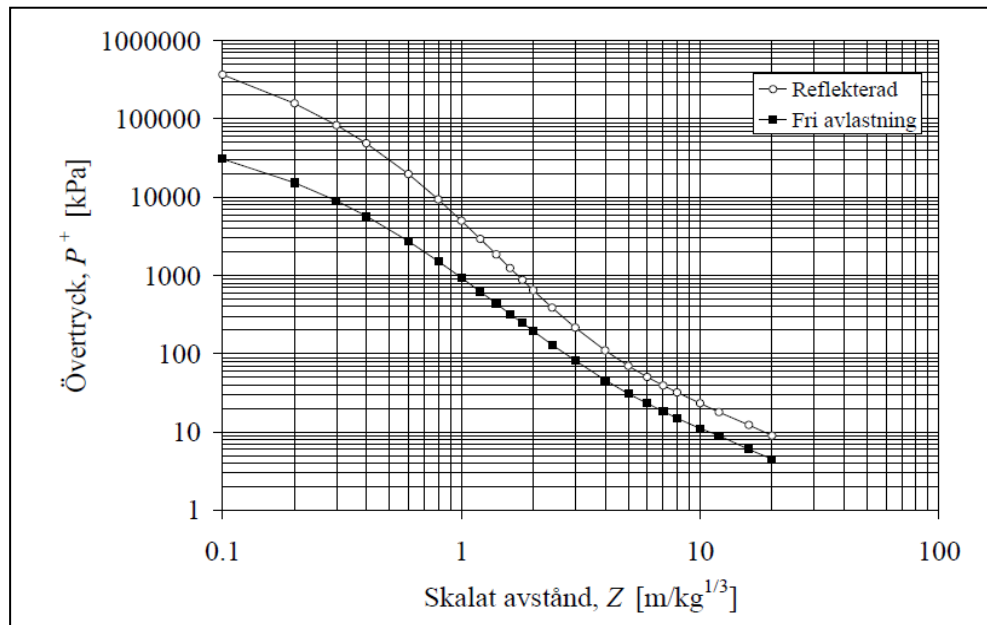
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 9 ger övertrycket  $p_+$



Figur 9 Reflekterat och oreflekterat övertryck som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

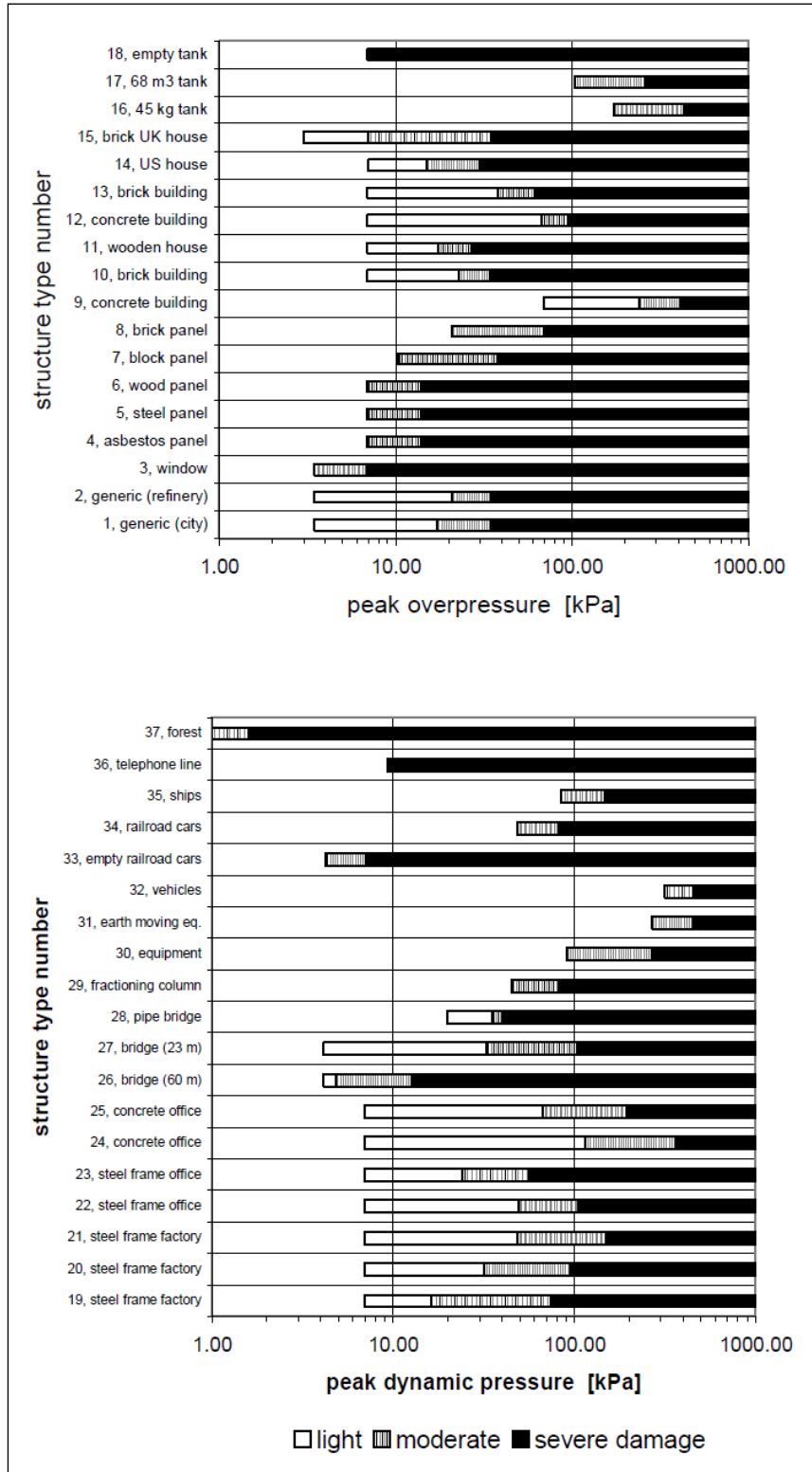
Resultaten visas i *tabell 1*.

Tabell 1. Explosionstryck som funktion av avståndet till explosionscentrum.

M (kg)		12500	25000
$M^{1/3}$ ( $\text{kg}^{1/3}$ )		23,2	29,2
Z	$p^+$		
$\text{m/kg}^{1/3}$	kPa	avstånd (m)	avstånd (m)
1	900	23	29
2	200	46	58
2,5	120	58	73
3	80	70	88
4	45	93	117
5	33	116	146
5,2	30	121	152
6	23	139	175
6,9	20	160	202
7,9	15	183	231

### **Skador på bebyggelsen**

Enligt amerikanska undersökningar (EAI 1997) rasar vanliga hus vid ett övertryck ( $p^+$ ) på 25-35 kPa medan en vanlig stadsbebyggelse bedöms få allvarliga skador vid ungefär samma övertryck, se *figur 10 och 11*. Detta tryck uppnås enligt *tabell 1* ungefär 146 m från platsen för explosionen vid en explosion av 25 ton TNT. (För en explosion med 12,5 ton TNT, se avsnitt 2.5 Scenarier med oxiderande ämnen, ämnen, är detta avstånd ca 116 m.)



Figur 10 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 11. Beskrivning av byggnadstyper mm i figur 10.



Sammantaget antas att byggnader närmast järnvägen får allvarliga skador inom 160 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**

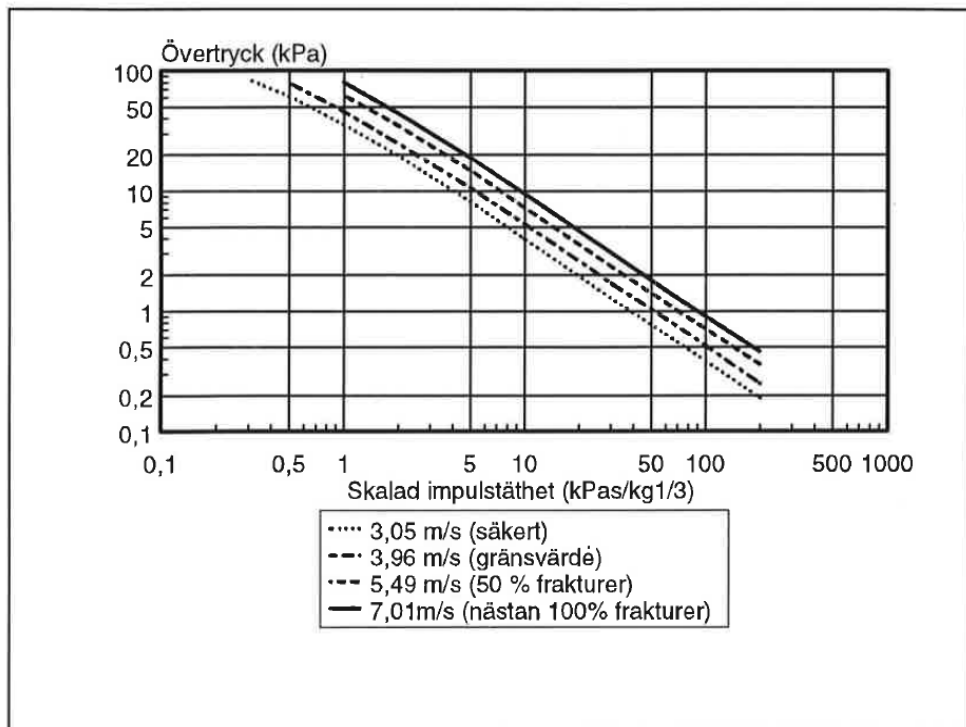
#### **Direkta skador pga. tryck**

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 12* och *tabell 1*. På 75 m har sannolikheten avtagit till 50 % och minskar till 10 % på ca 90 m.



Figur 12. Kombinationer av övertryck och skalad impulstäthet som ger allvarliga skador vid slag mot 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 massexplosion. 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.

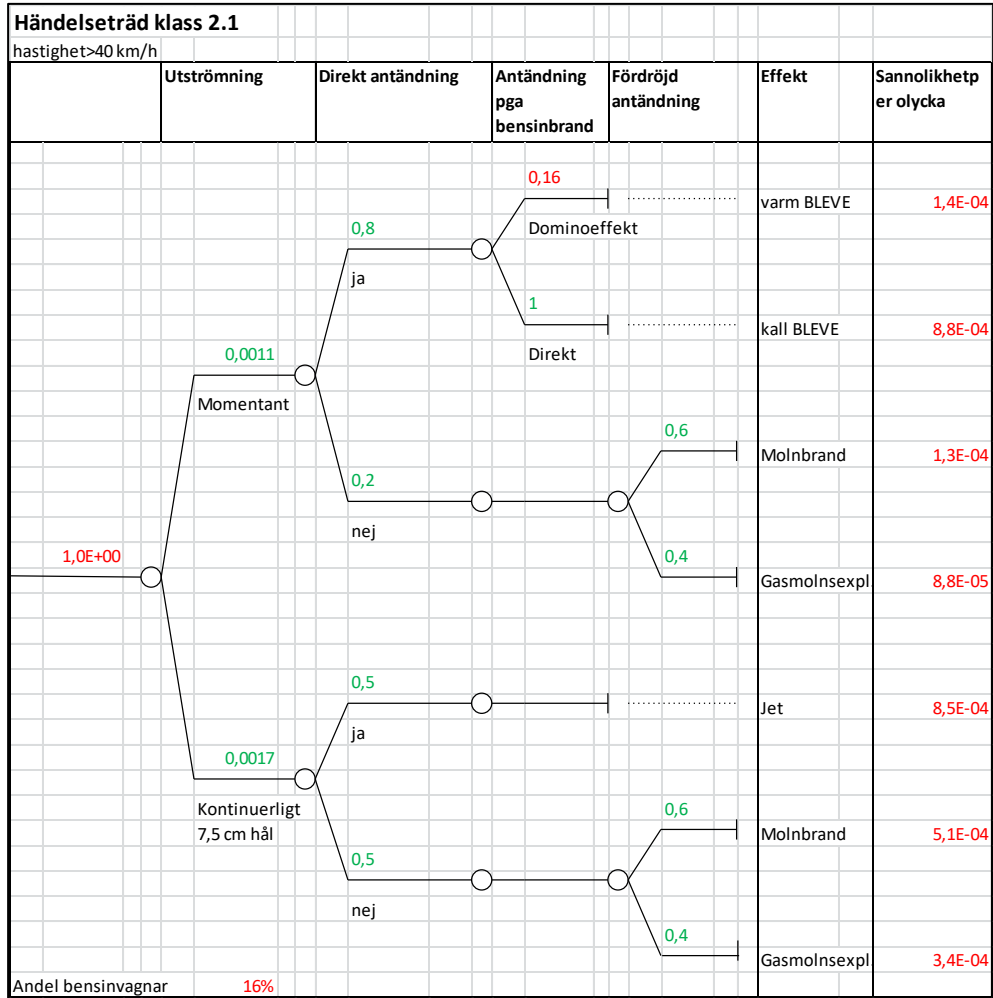
## **2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1**

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med brandfarliga gaser per kilometer järnväg har beräknats på samma sätt som för massexplosiva ämnen i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 4*.

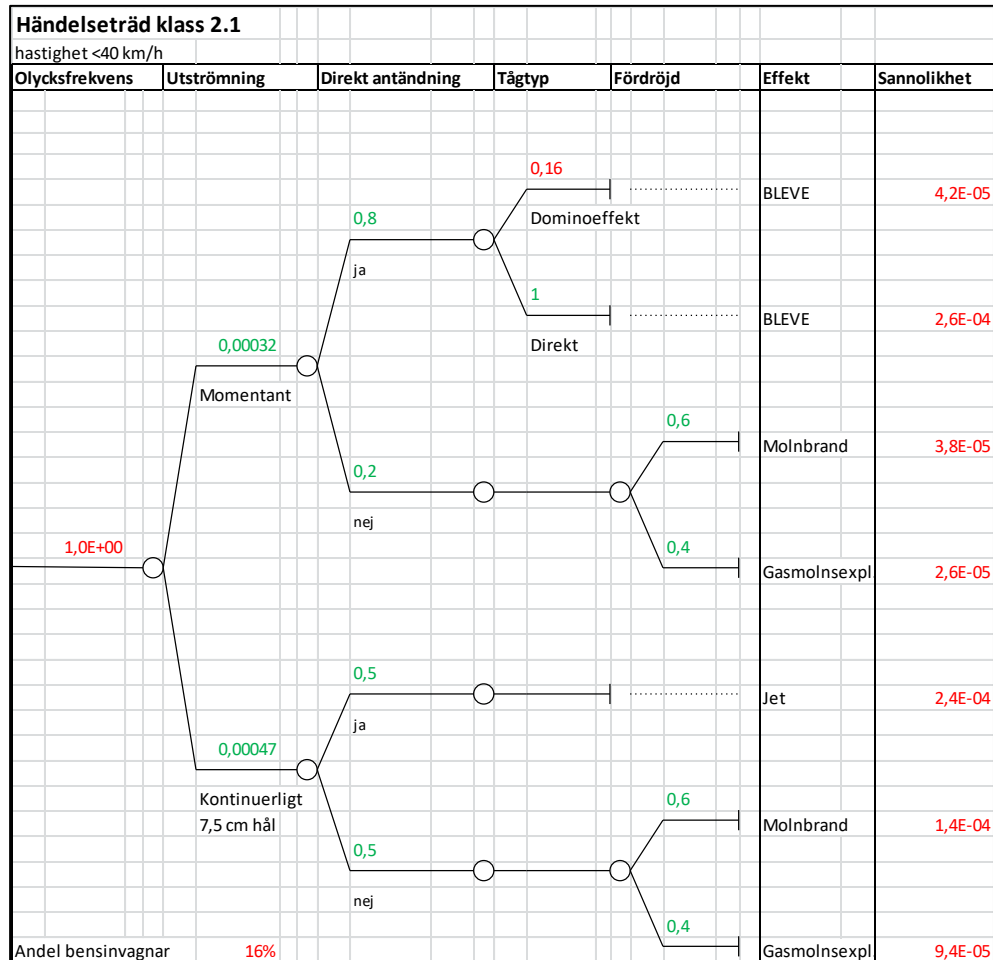
### **2.2.1 Scenario Jetflamma**

I detta scenario uppstår ett hål på 7,5 cm i tanken på tankvagnen 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 70x90 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 händelseträden för brandfarliga gaser, *figur 14 och 15*, framgår att sannolikheten för scenario Jetflamma vid en olycka med brandfarlig gas med betydande utströmning är lika med  $8,5 \times 10^{-4}$  vid tåghastigheter över 40 km/h och  $2,4 \times 10^{-4}$  vid lägre hastigheter.



Figur 14. Händelseträäd olycka med brandfarlig gas, tåghastighet över 40 km/h



Figur 15. Händelseträd olycka med brandfarlig gas, tåghastighet under 40 km/h

### Individrisk

En individ omkommer om olyckan sker på de närmaste 70 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 90 m från leden.

### Samhällsrisk

Personer som vistas inom ett område på 70 m längs vägen och 90 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 260x260 m. Inom ett område av 260x130 m (längs vägen x in mot området) omkommer alla ute och inne. Effektområdet har valts 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 14 och 15* och är lika med  $1,3 \times 10^{-4}$  vid hastigheter över 40 km/h och  $3,8 \times 10^{-5}$  vid lägre hastigheter.

### **Individrisk**

En individ omkommer vid detta scenario om han/hon befinner sig inom det brinnande molnet, dvs om olyckan händer inom 260 m från personen och om personen står på ett avstånd mindre än 130 m från järnvägen.

### **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 7,5 cm i tanken på samma sätt som i scenario Jetflamma. Den brandfarliga gasen antänds inte direkt men sprids med vinden från olycksplatsen. Gasen blandas med luft tills den lägre brännbarhetsnivån är nådd (LFL) då gasen antänds. Molnets utsträckning är då 70 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 vid en olycka framgår av händelseträdet i *figur 14 och 15* och är lika med  $5,1 \times 10^{-4}$  vid hastigheter över 40 km/h och  $1,4 \times 10^{-4}$  vid hastigheter under 40 km/h när en olycka sker med utsläpp av brandfarlig gas.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 6*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen in mot området, detta är scenario Gasbrand KT. Blåser vinden i banans riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasbrand KL. Vid övriga vindriktningar förs gasen bort från området.

### **Individrisk**

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 70 m från leden.

I scenario Gasbrand KL omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 70 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 70 m in från vägen.

I scenario Gasbrand KL antas personer omkomma inom ett område med längd 70 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 330 x 330 m, centrum för explosionen antas ligga på leden.

Sannolikheten för detta scenario vid en olycka med en tågagn med brandfarlig gas framgår av händelseträdet i *figur 14 och 15* och är lika med  $8,8 \times 10^{-5}$  för tågastigheter över 40 km/h och  $2,6 \times 10^{-5}$  vid lägre hastigheter.

**Individrisk**

I scenario Gasexplosion M omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 330 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 165 m från leden.

**Samhällsrisk**

Personer som vistas inomhus eller utomhus inom ett område med längd 330 m längs leden och bredd 165 m från vägen antas omkomma. Inom ett område utanför detta område med längd 650 m och bredd 325 m antas 3 % av de som befinner sig inomhus omkomma.

## 2.2.5 Scenario Gasexplosion vid kontinuerlig 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 95x95 m. Sannolikheten för detta per olycka med en tankvagn med brandfarlig gas är enligt händelseträden i *figur 14 och 15* lika med  $3,4 \times 10^{-4}$  vid hastigheter över 40 km/h och  $9,4 \times 10^{-5}$  vid lägre hastigheter.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 6*. 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 48 m från järnvägen så att hela effektområdet ligger vid sidan om vägen.

Blåser vinden i banans riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasexplosion KL. Centrum för explosionen antas ligga på banan 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 95 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 95 m från leden.

I scenario Gasbrand KL omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 98 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 48 m från leden.



### **Samhällsrisk**

I scenario Gasexplosion KT antas personer inomhus och utomhus omkomma inom ett område med längd 95 m längs leden och bredd 95 m in från vägen.

I scenario Gasexplosion KL antas personer omkomma inom ett område med längd 95 m längs leden och bredd 48 m in från vägen inomhus och utomhus.

### **2.2.6 Scenario BLEVE**

Vid en BLEVE havererar tanken brandfarlig gas vilket leder till ett momentant utsläpp som antänds direkt. Detta kallas en BLEVE. Orsaken kan vara krafterna vid själva olyckan eller att en brand har uppstått som leder till att tanken hettas upp till trycket blir så stort att den exploderar. En BLEVE leder till att personer omkommer inom ett område av 140x140 m. BLEVE:ns centrum ligger på olycksplatsen. Sannolikheten för detta scenario vid en olycka med en tankvagn för brandfarlig gas framgår av händelseträdet i *figur 14 och 15* och är lika med  $(1,4+8,8) \times 10^{-4} = 1,0 \times 10^{-3}$  vid tåghastigheter över 40 km/h. vid hastigheter under 40 km/h är sannolikheten lika med  $3,0 \times 10^{-4}$ .

### **Individrisk**

En person förväntas omkomma inom ett område med längd 140 m längs leden och bredd 70 m in från vägen.

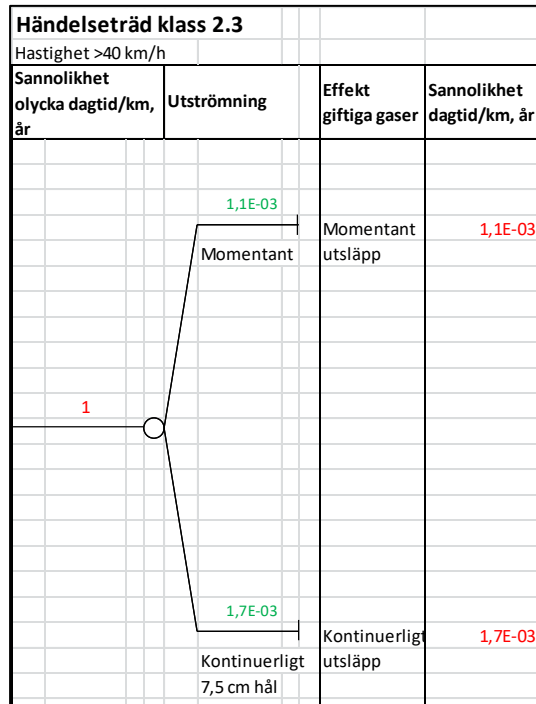
### **Samhällsrisk**

I scenario BLEVE antas personer omkomma inom ett område med längd 140 m längs leden och bredd 70 m in från vägen inomhus och utomhus.

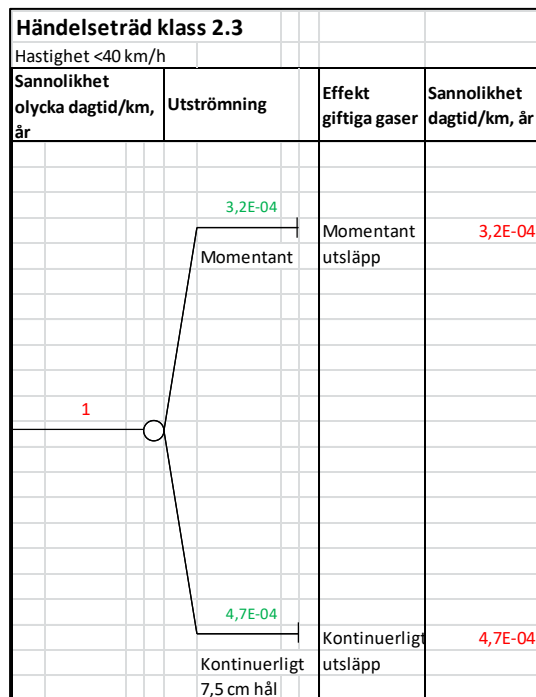
## **2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3**

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med giftiga gaser per kilometer transportled har beräknats på samma sätt som för massexplösiva ämnen i *tidigare avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 5*.

Händelseträden för scenarier med giftiga gaser framgår i *figur 16 och 17* nedan.



Figur 16. Händelseträäd för olycka med giftiga gaser, tåghastigheter över 40 km/h



Figur 17. Händelseträäd för olycka med giftiga gaser, tåghastigheter under 40 km/h

### 2.3.1 Scenario Gasmoln M

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

Effektområdena har dock anpassats för att ta hänsyn till spridning med vinden i olika riktningar. Storleken av effektområde 1 bedöms vara 100x100 m med centrum på olycksplatsen. Effektområde 2 har storlek 114x114 m.

Sannolikhet för scenariot per olycka framgår av händelseträdet i *figur 16 och 17* och är lika med  $1,1 \times 10^{-3}$  vid tåghastigheter över 40 km/h och  $3,2 \times 10^{-4}$  vid lägre hastigheter.

#### **Individrisk**

En person har 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 100 m av järnvägen från där personen står och 50 m in från banan. En person har 30 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 114 m av järnvägen från där personen står och 57 m in från banan.

#### **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.

### 2.3.2 Scenario Gasmoln K

Vid detta scenario uppstår ett hål på 7,5 cm i tanken med giftig gas. En gasplym uppstår som rör sig i vindriktningen. Sannolikheten per olycka för scenariot framgår av händelseträdet i *figur 16 och 17* och är lika med  $1,7 \times 10^{-3}$  vid hastigheter över 40 km/h och  $4,7 \times 10^{-4}$  vid lägre hastigheter.

Effektområde 1 har bredd 36 m och längd 240 m i vindriktningen. Effektområde 2 har bredd 121 m och längd 374 m i vindriktningen. Båda effektområdena börjar vid olycksplatsen.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 6*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen till området, detta är scenario Gasmoln KT. Blåser vinden i järnvägens riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasmoln KL. Vid övriga vindriktningar förs gasen bort från området.

### **Individrisk**

I scenario Gasmoln KT har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 36 m av leden från där personen står och 240 m in från vägen. En person har 30 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 121 m av leden från där personen står och 374 m in från vägen.

I scenario Gasmoln KL har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 240 m av leden från där personen står och 18 m in från vägen. En person har 30 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 374 m av leden från där personen står och 61 m in från banan.

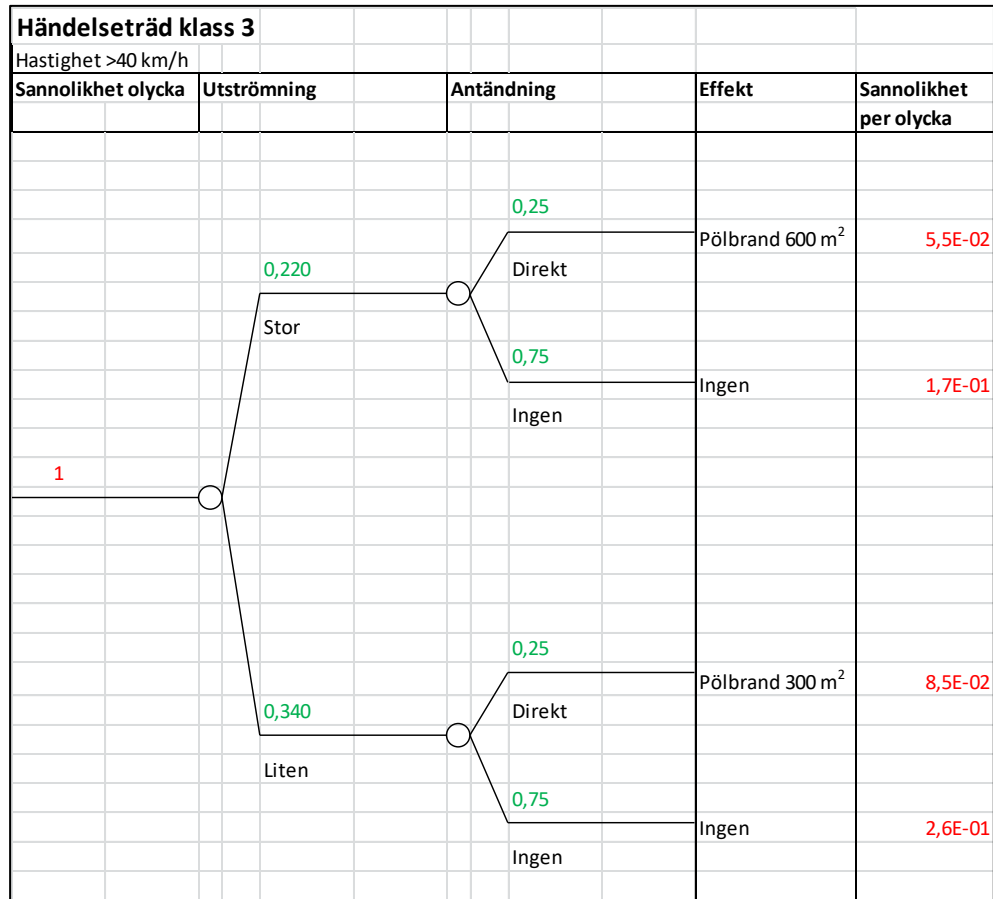
### **Samhällsrisk**

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.

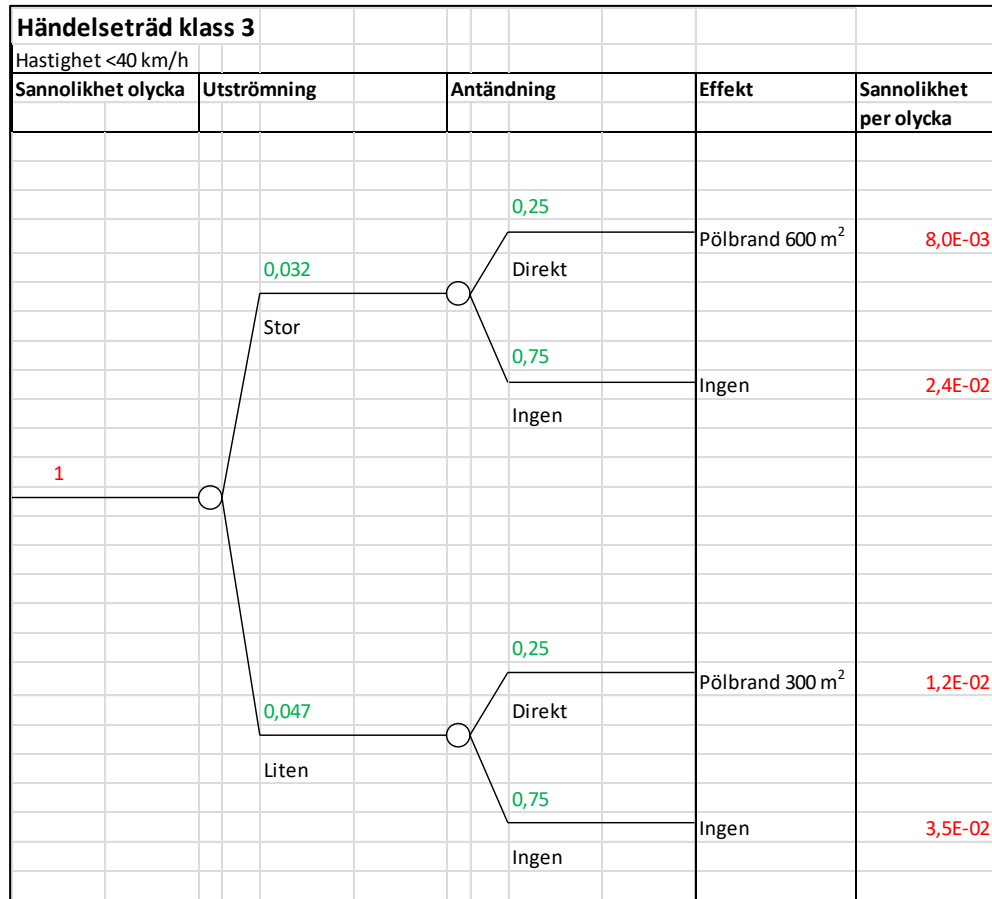
## **2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1**

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med mycket brandfarliga vätskor har beräknats på samma sätt som i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 5*.

Händelseträden för scenarier med mycket brandfarliga vätskor framgår i *figur 18 och 19* nedan.



Figur 18 Händelseträäd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.  
Tåghastighet > 40 km/h



Figur 19 Händelseträäd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.  
Tåghastighet < 40 km/h

### 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 med en yta på 600 m<sup>2</sup> (Pölbrand S) antas personer inom ett område på 30x30m omkomma, såväl inne som ute. Vid en mindre pölbrand (Pölbrand M) antas personer inom ett område på 26x26 m omkomma såväl inne som ute. Områdena antas centrerade kring olycksplatsen.

#### Sannolikhet

Sannolikheten för scenario Pölbrand S vid en olycka med en tankvagn med mycket brandfarlig vätska är lika med  $5,5 \times 10^{-2}$  vid hastigheter över 40 km/h och  $8,0 \times 10^{-2}$  vid hastigheter under 40 km/h.

Sannolikheten för scenario Pölbrand M vid en olycka med en tankvagn med mycket brandfarlig vätska är lika med  $8,5 \times 10^{-2}$  vid hastigheter över 40 km/h och  $1,2 \times 10^{-2}$  vid hastigheter under 40 km/h.

### **Individrisk**

I scenario Pölbrand S har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 30 m av järnvägen från där personen står och 15 m in från banan.

I scenario Pölbrand M har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 26 m av leden från där personen står och 13 m in från vägen.

### **Samhällsrisk**

Inom ett område med längd 30 m längs vägen och bredd 15 m in från vägen antas alla omkomma såväl inomhus som utomhus i scenariot Pölbrand S.

I scenario Pölbrand M antas alla utomhus och inomhus omkomma inom ett område med längd 26 m längs vägen och bredd 13 m in från vägen.

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

Sannolikheten för en olycka med en järnvägsvagn med oxiderande ämnen med risk för massexplosion per kilometer järnväg har beräknats på samma sätt som för massexplosiva ämnen i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 3*.

Händelseträdet för scenarier med oxiderande ämnen framgår i *figur 19 och 20* nedan.

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

I dessa scenarier har vi utgått från att transportererna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 25 ton TNT vid ett stort utsläpp av ammoniumnitrat och cirka hälften vid ett mindre utsläpp. Detta överskattar explosionens kraft eftersom den blandning som kommer att ske om båda ämnena 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.

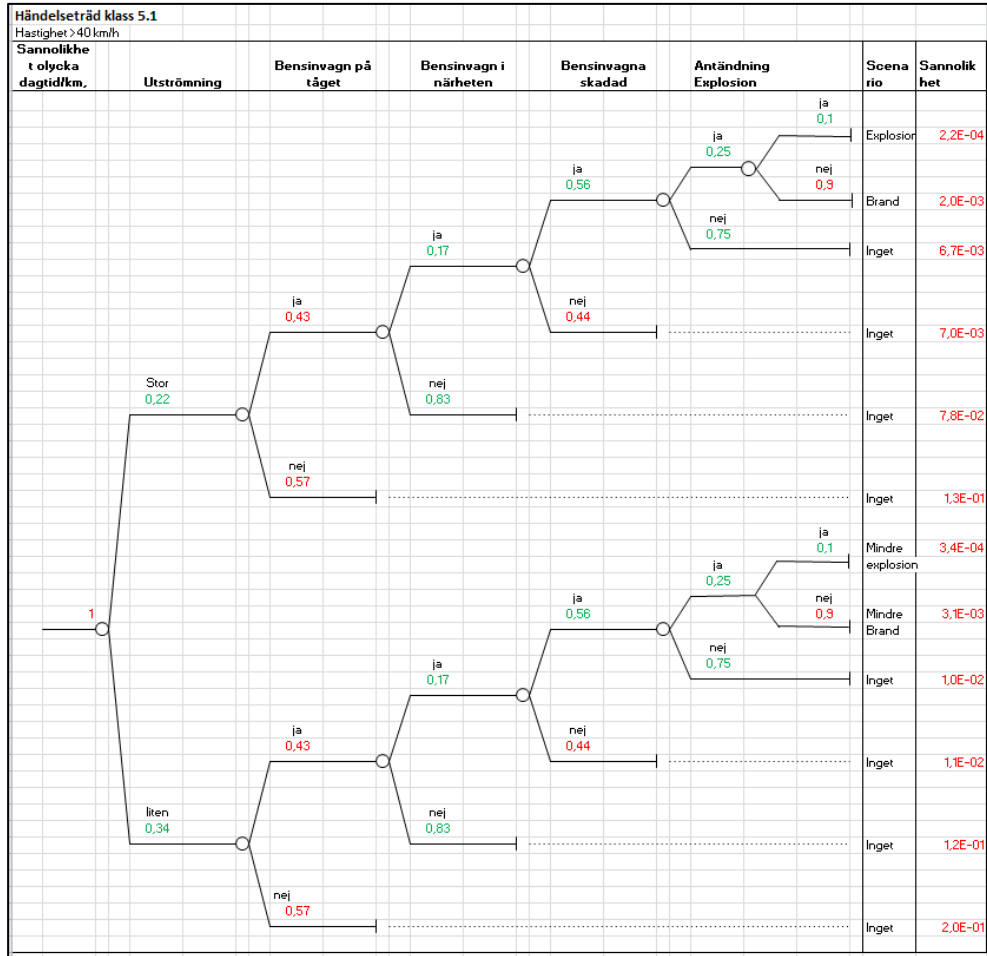
### **Sannolikhet**

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

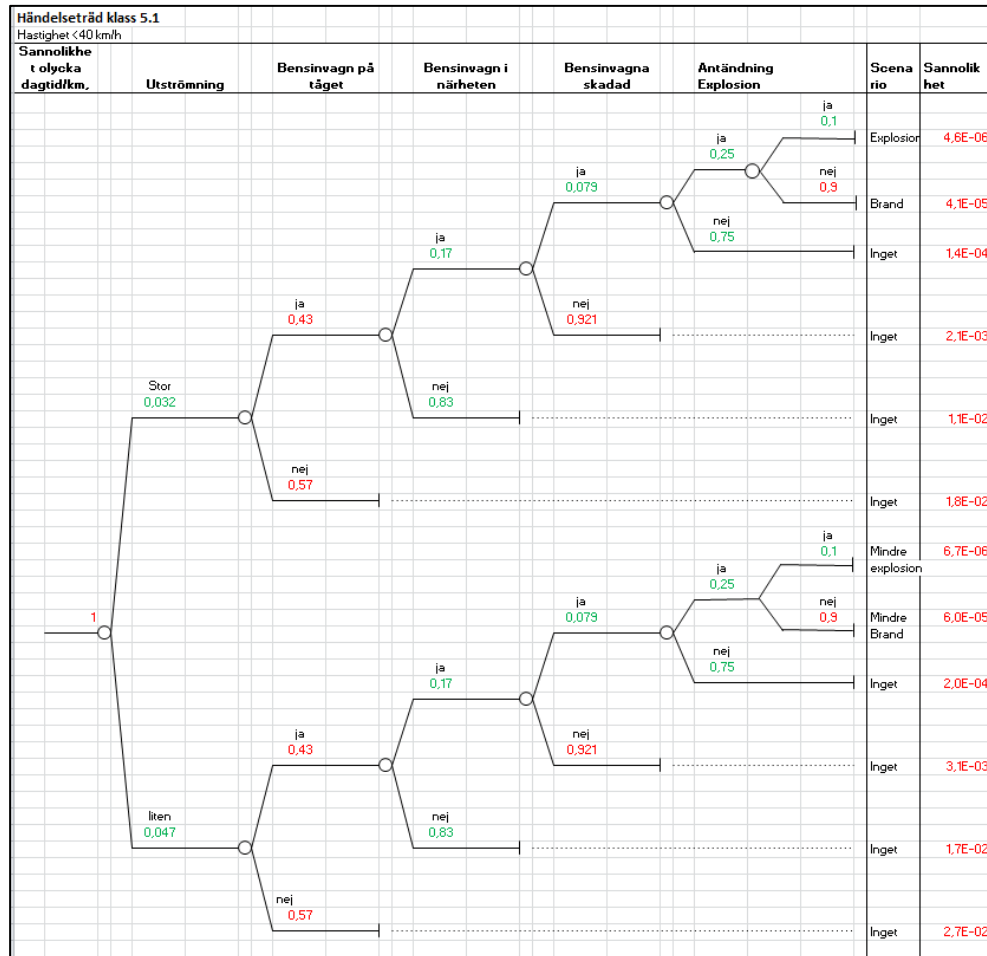
1. Det måste finnas en tankvagn med bensin eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med oxiderande ämnen för att en blandning skall kunna ske, högst en vagn emellan.
3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande utsläpp.
4. Vätskan måste antändas.
5. Blandningen oxiderande ämne/brandfarlig vätska kan antingen brinna som en pölbrand eller explodera.

Sannolikheten för detta framgår av händelseträdet i *figur 19 och 20* nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar. I de visade händelseträden utgås från att en vagn med mycket brandfarlig vätska finns med på 16 % av tågen. Denna siffra är tagen från ett äldre projekt och används här endast som exempel. I beräkningarna har den rätta siffran används som finns i *figur 5*.





Figur 19. Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion. Tåghastigheter över 40 km/h



Figur 20. Händelsesträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion. Tåghastigheter under 40 km/h

### Konsekvenser

Två scenarier finns beroende på storleken på utsläppet av det oxiderande ämnet. Storleken på utsläppet av den brandfarliga vätskan är av mindre vikt eftersom 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 densamma som för en explosion av 25 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk för denna mängd sprängämne finns beskriven i scenariot för klass 1.1.

Konsekvenserna för en mindre explosion har antagits vara densamma som för en explosion av 12,5 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk för denna mängd sprängämne finns också beskriven i scenariot för klass 1.1.

De scenarier där ingen explosion sker men det oxiderande ämnen deltar i branden av den brandfarliga vätskan ingår i beräkningarna för konsekvenserna av olyckor med klass 3.

### 3. Beräkningsresultat

I tabell 2 och 3 presenteras resultaten av riskberäkningarna som presenteras i kapitel 5 i rapporten.

Tabell 2. Resultaten av riskberäkningarna för normala tågastigheter.

Sammanställning av beräkningsresultat dagtid													2019-03-08
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.	2,8E-08	Massexplosion	5,1E-11	298	60	0,17	1,00	-	-	4,55E-11	107,8		
2.1	3,7E-05	Jet	3,2E-08	70	90	1,00	1,00	0,10	0,00	2,8E-08	152,5		
		Gasbrand M	4,9E-09	260	130	1,00	1,00	-	-	4,4E-09	942,9		
		Gasbrand KT	4,1E-09	10	70	1,00	1,00	-	-	4,1E-09	14,6		
		Gasbrand KL	6,4E-09	70	5	1,00	1,00	-	-	6,4E-09	0,0		
		Gasexplosion M	4,9E-09	330	165	1,00	1,00	-	-	2,9E-09	1661,0		
		Gasexplosion KT	2,8E-09	95	95	1,00	1,00	-	-	2,8E-09	242,7		
		Gasexplosion KL	4,3E-09	95	47	1,00	1,00	-	-	4,3E-09	68,4		
		Bleve	4,4E-08	140	70	1,00	1,00	0,07	0,00	3,9E-08	204,7		
2.3	2,8E-06	Giftig gasmoln M	3,1E-09	100	50	0,10	1,00	0,30	0,03	2,8E-09	11,3		
		Giftig gasmoln KT	1E-09	36	240	0,10	1,00	0,30	0,03	1,0E-09	44,4		
		Giftig gasmoln KL	1,6E-09	240	18	0,10	1,00	0,30	0,03	1,6E-09	16,8		
3.	1,1E-04	Stor pölbrand	5,8E-06	30	15	1,00	1,00	-	-	5,2E-06	0,0		
		Liten pölbrand	8,9E-06	26	13	1,00	1,00	0,04	0,00	8,1E-06	0,0		
5.1	4,3E-05	Stor explosion	7,5E-09	298	60	0,17	1,00	-	-	6,8E-09	107,8		
		Liten explosion	1,2E-08	234	60	0,17	1,00	-	-	1,1E-08	84,8		

Tabell 3. Resultaten av riskberäkningarna för normala tåg hastigheter, fortsättning.

Sammanställning av beräkningsresultat nattetid													2019-03-08
Natt	F <sub>klass</sub> /år, km	Scenario	F <sub>scen</sub> /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				F <sub>scen</sub> /år	Om- komna
				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.	8,4E-08	Massexplosion	1,5E-10	298	60	0,17	1,00	-	-	-	-	1,36E-10	18,8
2.1	1,1E-04	Jet	9,5E-08	70	90	1,00	1,00	70	90	0,00	0,10	8,5E-08	30,9
		Gasbrand M	1,5E-08	260	130	1,00	1,00	-	-	-	-	1,3E-08	191,3
		Gasbrand KT	1,2E-08	10	70	1,00	1,00	-	-	-	-	1,2E-08	2,9
		Gasbrand KL	1,9E-08	70	5	1,00	1,00	-	-	-	-	1,9E-08	0,0
		Gasexplosion M	9,8E-09	330	165	1,00	1,00	-	-	-	-	8,8E-09	337,5
		Gasexplosion KT	8,3E-09	95	95	1,00	1,00	-	-	-	-	8,3E-09	49,3
		Gasexplosion KL	1,3E-08	95	47	1,00	1,00	-	-	-	-	1,3E-08	13,8
		Bleve	1,3E-07	140	70	1,00	1,00	210	105	0,00	0,07	1,2E-07	41,3
2.3	8,4E-06	Giftig gasmoln M	9,3E-09	100	50	0,10	1,00	114	57	0,03	0,30	8,3E-09	1,8
		Giftig gasmoln KT	3,1E-09	36	240	0,10	1,00	121	374	0,03	0,30	3,1E-09	7,1
		Giftig gasmoln KL	4,8E-09	240	18	0,10	1,00	374	61	0,03	0,30	4,8E-09	2,7
3.	3,2E-04	Stor pölbrand	1,7E-05	30	15	1,00	1,00	-	-	-	-	5,2E-06	0,0
		Liten pölbrand	2,7E-05	26	13	1,00	1,00	30	15	0,00	0,04	2,4E-05	0,0
5.1	1,3E-04	Stor explosion	2,3E-08	298	60	0,17	1,00	-	-	-	-	2,0E-08	18,8
		Liten explosion	3,5E-08	234	60	0,17	1,00	-	-	-	-	3,2E-08	14,8

## 4. Referenser

- Banverket 2001      Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5m 2001-10-22
- 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
- FOA 1997            Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Försvarets Forskningsanstalt, september 1997
- FOA 2000            Explosivämneskunskap, Institutionen för energetiska material, Försvarets Forskningsanstalt 2000
- 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 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 luftstötväg, Statens

Räddningsverk, Avdelningen för stöd till  
räddningsinsatser, 2007