

Göteborgs Stad N300

## Riskutredning - Majorna 720:419

Uppdragsnr: 107 46 42 Version: 0.9 Datum: 2021-08-30



**Uppdragsgivare:** Göteborgs Stad N300  
**Uppdragsgivarens kontaktperson:** Johan Silfwerin  
**Konsult:** Norconsult  
**Uppdragsledare:** Johan Hultman  
**Handläggare:** Kajsa Jakobsson

0.9	2021-08-30	Externgranskning	Kajsa Jakobsson	Robert Kallin	Johan Hultman
0.8	2021-08-23	Interngranskning	Kajsa Jakobsson		
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

Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs stad arbetar just nu med en detaljplan för bostäder med mera i Klippan inom stadsdelen Majorna (Majorna 720:419). Området ligger nordväst om Oscarsleden som är rekommenderad primär transportled för farligt gods. För att bedöma riskbilden för det planerade området genomförs en kvantitativ riskutredning som behandlar riskerna och konsekvenserna med transporter av farligt gods på Oscarsleden. Risknivåerna beräknas för individ- och samhällsrisk och jämförs med kriterier för acceptabla och tolerabla risknivåer framtagna för Myndigheten av Samhällsskydd och beredskaps räkning.

Generellt kräver länsstyrelsen att riskbilden behöver utredas om bebyggelse planeras inom 150 meter ifrån en transportled för farligt gods (Lst 2006). I detta fall är avståndet ca 4,5 eller 20 meter vilket medför att riskbilden behöver utredas för att bedöma lämpligheten för förändrad markanvändning.

Syftet med riskutredning är att verka som ett beslutsunderlag för att inom planprocessen kunna förhålla sig till olycksrisker kopplade till transporter av farligt gods samt riskfyllda verksamheter. Detta ska genomföras gärna i ett tidigt skede och på ett betryggande sätt enligt Plan- och bygglagen (2010:900).

Målet med riskutredningen är att bedöma den förändrade markanvändningens lämplighet samt bedöma behovet av riskreducerande åtgärder i samband med den nya bebyggelsen. Riskutredningen ska även verka som stöd inom vidare arbete inom planprocessen.

Den kvantitativa riskanalysen visar att risknivåerna för Oscarsleden är inom ALARP-området både för samhällsrisk. Även vid en osäkerhetsanalys, där antal transporter av farligt gods ökades med 25% är risknivåerna inom ALARP-området. Detta innebär att alla rimliga skyddsåtgärder, sett ur kostnadnyttoperspektiv och praktisk genomförbarhet, ska vidtas.

Förslag till skyddsåtgärder:

- Utrymning bör vara möjlig bort från Oscarsleden.
- Ventilation bör placeras vänd bort från Oscarsleden.
- Fasader, inklusive fönster inom 30 meter som vetter mot Oscarsleden bör utföras i minst brandklass EI30.
- Funktionen av befintlig skyddsmur mellan Oscarsleden och planområdet bör säkerställas i bygglovsskedet

Om dessa skyddsåtgärder genomförs så bedöms risknivåerna vara tolerabla för planområdet.

## Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>5</b>
1.1	Syfte och mål	5
1.2	Avgränsningar	5
<b>2</b>	<b>Genomförande, metod och kravbeskrivning</b>	<b>6</b>
2.1	Vad är risker?	6
2.2	Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods	7
2.3	Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen	12
<b>3</b>	<b>Platsspecifika förutsättningar</b>	<b>14</b>
3.1	Områdesbeskrivning	14
3.2	Antal personer närvarande i planområdet	15
<b>4</b>	<b>Riskidentifiering</b>	<b>17</b>
4.1	Typer av farligt gods	17
4.2	Oscarsleden	17
4.3	Övriga riskkällor	19
4.4	Risker med transporter av farligt gods	19
<b>5</b>	<b>Risikanalys</b>	<b>21</b>
5.1	Individrisk	21
5.2	Samhällsrisk	21
5.3	Osäkerhetsanalys	23
<b>6</b>	<b>Risikvärdering och riskreducerande åtgärder</b>	<b>26</b>
6.1	Risikvärdering	26
6.2	Riskreducerande åtgärder	26
<b>7</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>27</b>
<b>8</b>	<b>Referenser</b>	<b>28</b>
	<b>Bilaga 1 – Beräkning av risker transport av farligt gods på väg</b>	

# 1 Inledning

Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs stad arbetar just nu med en detaljplan för bostäder med mera i Klippan inom stadsdelen Majorna (Majorna 720:419). Området ligger nordväst om Oscarsleden som är rekommenderad primär transportled för farligt gods.

För att bedöma riskbilden för det planerade området genomförs en kvantitativ riskutredning som behandlar riskerna och konsekvenserna med transporter av farligt gods på Oscarsleden. Risknivåerna beräknas för individ- och samhällsrisk och jämförs med kriterier för acceptabla och tolerabla risknivåer framtagna för Myndigheten av Samhällsskydd och beredskaps räkning.

Generellt kräver länsstyrelsen att riskbilden behöver utredas om bebyggelse planeras inom 150 meter ifrån en transportled för farligt gods (Lst 2006). I detta fall är avståndet ca 4,5 eller 20 meter vilket medför att riskbilden behöver utredas för att bedöma lämpligheten för förändrad markanvändning.

## 1.1 Syfte och mål

Syftet med denna riskutredning är att verka som ett beslutsunderlag för att inom planprocessen kunna förhålla sig till olycksrisker kopplade till transporter av farligt gods samt riskfyllda verksamheter. Detta ska genomföras gärna i ett tidigt skede och på ett betryggande sätt enligt Plan- och bygglagen (2010:900).

Målet med riskutredningen är att bedöma den förändrade markanvändningens lämplighet samt bedöma behovet av riskreducerande åtgärder i samband med den nya bebyggelsen. Riskutredningen ska även verka som stöd inom vidare arbete inom planprocessen.

## 1.2 Avgränsningar

En olyckshändelse kan få många olika konsekvenser: materiella skador, miljöskador, skadade personer och omkomna personer. Det är svårt att beräkna skador på miljön, hus och personer. I sådana fall måste man även medta hur svår skadan är. Det är enklare (rent utredningsmässigt) att räkna på antalet omkomna. Därför uttrycks konsekvensen av en olyckshändelse med farligt gods oftast endast som antalet omkomna. En bakomliggande tanke är att antalet skadade och övriga skador är proportionerligt till antalet omkomna. Även när kriterier för risknivåer vid transport av farligt gods bestäms diskuteras oftast hur många som omkommer. Därför kommer denna riskutrednings beräkningar avgränsas till antalet omkomna vid en olyckshändelse kopplat till transporter av farligt gods.

Riskutredningen kommer även avgränsas till att endast utreda tekniska olyckor kopplade till transporter av farligt gods, samt avgränsas geografiskt till transportlederna förbi den nya bebyggelsen.

## 2 Genomförande, metod och kravbeskrivning

Följande kapitel beskrivs hur riskbedömning i den fysiska planeringen genomförs och de teorier och krav som bedömningen utgår ifrån.

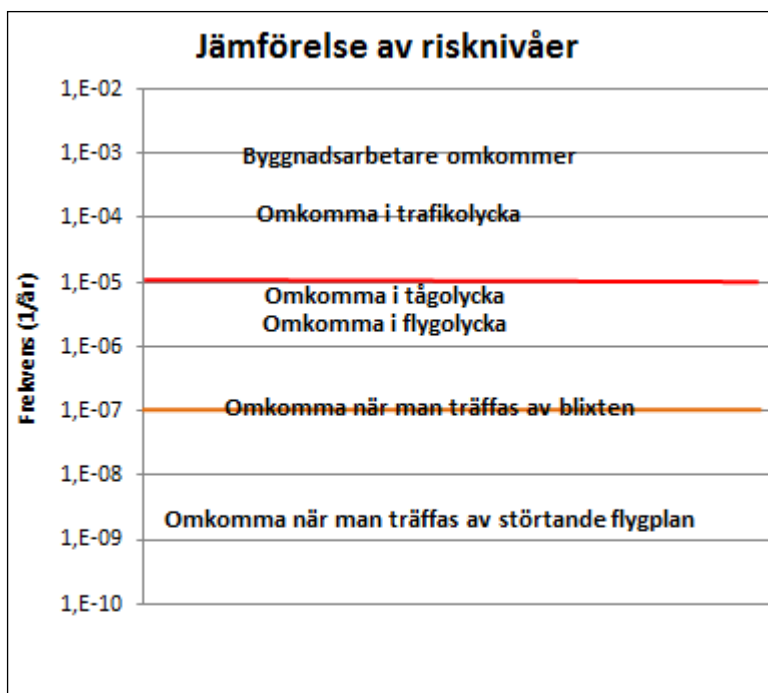
### 2.1 Vad är risker?

Risker beror på att händelser kan inträffa som har oönskade konsekvenser. Viktiga frågor är: "Hur ofta kan dessa händelser inträffa?" och "Vad är följderna om den händelsen inträffar?". Risk definieras därför oftast som sannolikheten för oönskade händelser multiplicerat med konsekvenserna av dessa händelser.

Sannolikheten brukar uttryckas som antal gånger en händelse förväntas inträffa under ett år. Detta kan bli ett väldigt litet tal för händelser som inte förväntas inträffa så ofta. En sannolikhet på 0,001 per år innebär att olyckan förväntas ske en gång på 1000 år. Sannolikheten för olyckor med farligt gods är oftast mycket lägre, exempelvis 0,000 001 per år eller en gång på 1 000 000 år (matematiskt kan detta uttryckas som  $1 \times 10^{-6}$  per år).

I denna riskutredning kommer konsekvenserna endast vara beräknat utifrån antalet personer som omkommer vid olyckor kopplade till transporter av farligt gods.

Risker finns överallt omkring oss. Några risker och deras sannolikheter anges i Figur 1.



Figur 1. Exempel på vilka risknivåer som finns i samhället. De röda och orangea strecken är kriterier för bedömning av risknivåer och förklaras i avsnitt 3.2.

Vid riskutredning för den fysiska planeringen skiljs det på individrisk och samhällsrisk. Individrisken är risken för en person att omkomma i en olycka när han/hon/hen befinner sig på en specifik plats i närheten av en s.k. riskkälla. Beräkningar av individrisken utgår från att personen befinner sig på denna plats under ett helt år. Risken uttrycks som risken att omkomma i en olycka under det året. Individrisken är ett mått på hur farligt det är på en viss plats och tar inte hänsyn till hur många människor som kommer att befinna sig på platsen.

Individrisken är ett lämpligt mått vid riskbedömning för områden där det endast kommer att vistas ett fåtal människor.

Samhällsrisken är ett mått på hur stora olyckor en riskkälla kan orsaka. Detta beror dels på riskkällans risknivå, dels på hur många människor som brukar befinna sig i riskkällans omgivning. Detta mått är användbart om planeringen innebär att många människor kommer att befinna sig inom 150 m från en transportled för farligt gods. Samhällsrisk anges som sannolikheten för olyckor där minst ett visst antal personer omkommer.

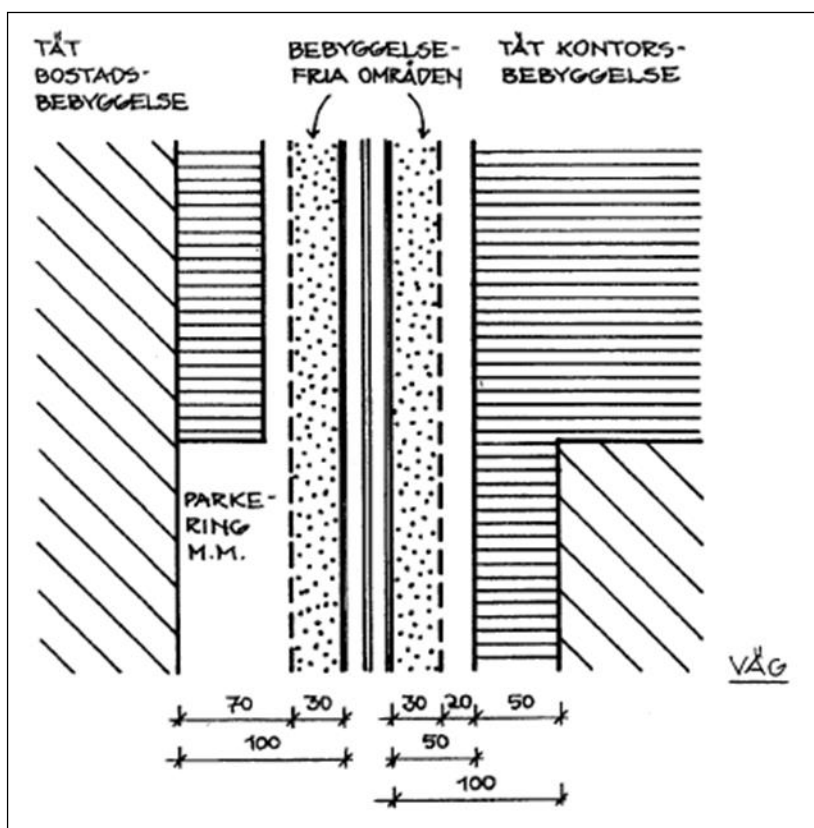
## **2.2 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods**

I avsnitten nedan beskrivs de teorier som bedömningsgrunden utgår ifrån för risker vid transporter av farligt gods.

### **2.2.1 Göteborg Stad**

Göteborgs Stad har antagit kriterier för markanvändningen i närheten av transportleder för farligt gods i "Översiktsplanen för Göteborg fördjupad för sektorn Transporter av farligt gods" (härefter kallat FÖP) som antogs av kommunfullmäktige 1999 (Göteborgs stad 1999). Dessa kriterier används ofta även i kommunerna runt Göteborg.

I översiktsplanen anges hur markanvändningen i närheten av en väg med transporter av farligt gods skall utformas, se Figur 2.



Figur 2 Markanvändning längs väg där farligt gods transporteras.

Enligt riktlinjerna bör det vara bebyggelsefritt upp till 30 meter från vägen. Närmare än 30 meter från vägen bör få människor normalt vistas och marken skall vara utformat för att förhindra att bensin eller liknande sprider sig ut från en eventuell olycksplats. I vissa fall kan det uppstå önskemål att uppföra ny bebyggelse inom det bebyggelsefria området. För att detta kan genomföras krävs en särskild riskanalys som visar vad som krävs för att uppnå en säkerhetsmässigt tillfredställande lösning.

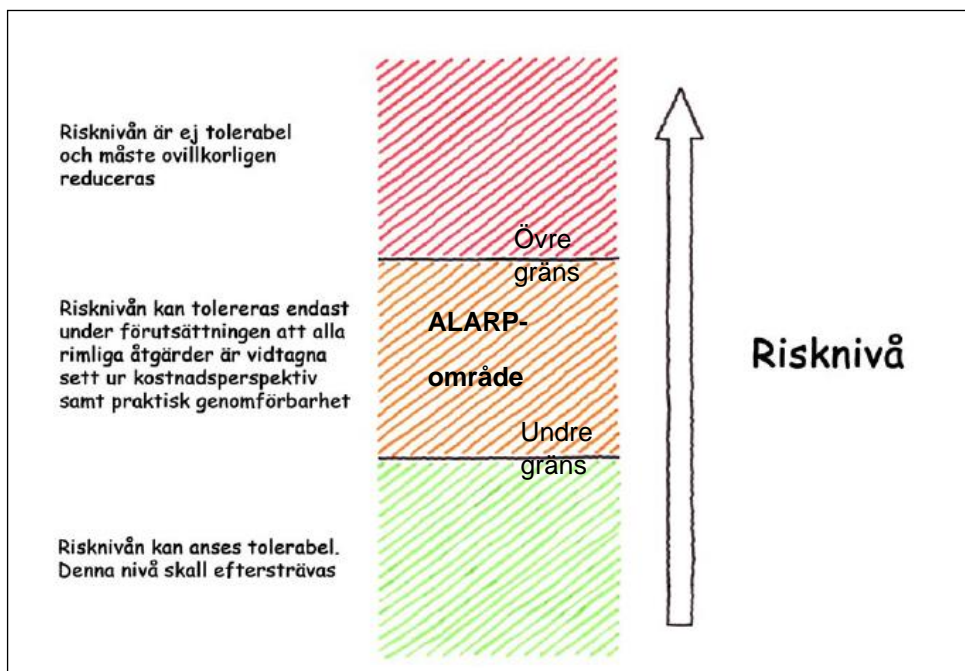
## 2.2.2 Länsstyrelsen

Länsstyrelsen i Västra Götaland har antagit en riskpolicy (Lst 2006) där det framgår att kravet är att åtminstone tolerabla risknivåer skall uppnås vid fysisk planering i närhet av transportleder för farligt gods. Länsstyrelsen har inte uttalat om vilka nivåer som gäller för att riskerna skall betraktas som tolerabla men anger att värderingskriterier skall motiveras. I *avsnitt 2.2.4*, behandlas kriterier för individ-och samhällsrisk och i detta avsnitt motiveras även vilka kriterier för samhällsrisk som används för projektet.

## 2.2.3 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 3. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån är så hög att den inte kan tolereras.





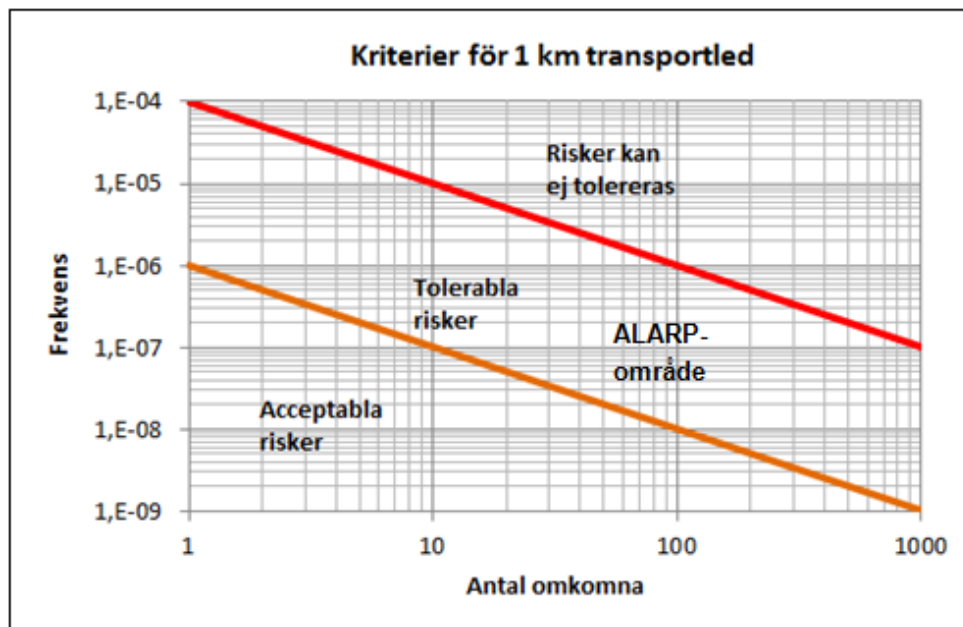
Figur 3. Risknivåer och gränserna mellan dem (Rtj Storgöteborg 2004).

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. Om risknivån ligger under denna gräns så anses den vara acceptabel och inga ytterligare åtgärder krävs.

Den övre gränsen motsvarar högst en tiondel av den totala dödsfallsrisken för olika grupper i samhället. Om risknivån ligger över denna gräns så skall åtgärder vidtas och effekten av dessa åtgärder skall verifieras (Lst 2006).

#### 2.2.4 Kvantitativa kriterier för samhällsrisk

Kvantitativa kriterier för samhällsrisk finns i rapporten "Värdering av risk" som tagits fram av Det Norska Veritas på uppdrag av dåvarande Räddningsverket (SRV 1997). Kriterierna i "Värdering av risk" visas i Figur 4. I fortsättningen betecknas dessa kriterier med DNV.



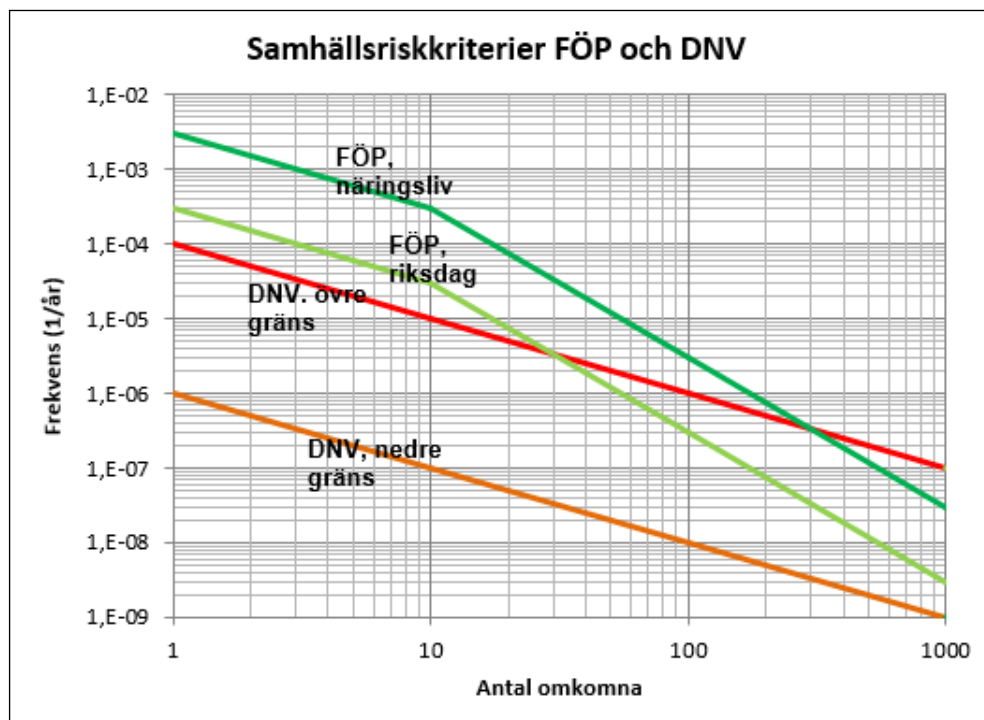
Figur 4 Riskkriterier för 1 km transportled för farligt gods med dubbelsidig bebyggelse (SRV 1997).

Kriterier i Figur 4 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 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. Ligger risknivån i området med tolerabla risker (ALARP-område) så skall rimliga skyddsåtgärder vidtas.

Även i FÖP:en diskuteras kriterier för samhällsrisk. Dessa baseras på riksdagens mål för minskning av antalet årliga dödsoffer i vägtrafiken fram till år 2000. Riskerna under denna nivå bedöms vara acceptabla. Näringslivet har under arbetet med FÖP:en uttryckt att nivån för acceptabla risker borde ligga något högre.

FÖP:ens kriterierna utgår från samhällsrisknivåer för ett typområde på båda sidor om en sträcka av 2 km längs transportleden för farligt gods, se Figur 5, de gröna linjerna. Det finns kriterier för såväl bostäder som verksamheter, här redovisas endast kriterierna för verksamheter.



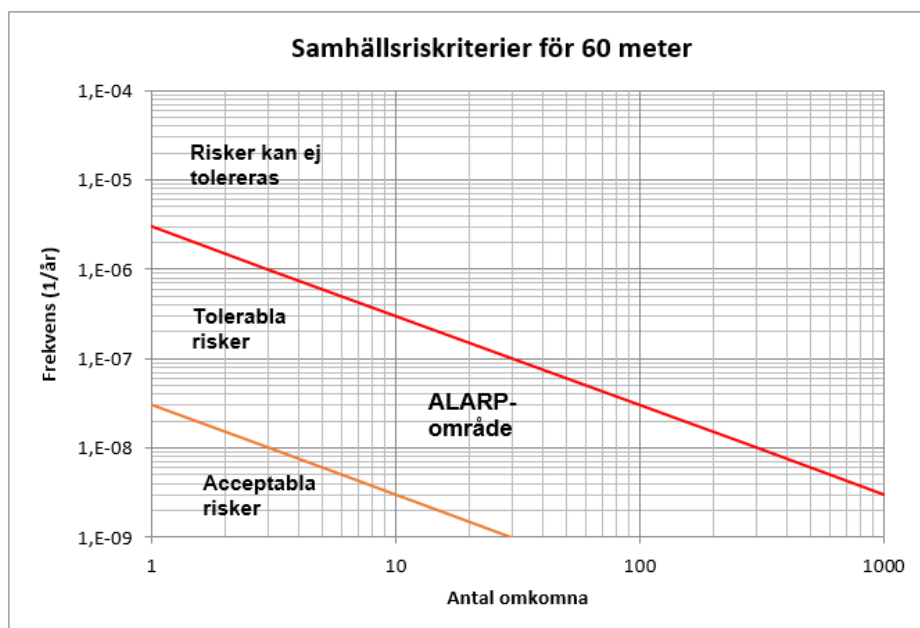
Figur 5 Kriterier för risker längs transportleder för farligt gods. FÖP betecknar Göteborg Stads kriterier i FÖP:en, DNV anger de för Räddningsverket framtagna kriterier.

Göteborgs kriterier är satt på annorlunda sätt än DNV:s. Det anges endast ett kriterium för acceptabla risker (även om det finns olika synpunkter var gränsen för detta går). Detta skiljer de från DNV:s kriterier som skiljer på: acceptabla, tolerabla och ej tolerabla risknivåer, se även Figur 4.

Det framgår inte heller tydligt av FÖP:en vad som skall göras om risknivåerna överskrids. Det som anges är att det vid avvikelser från den föreslagna fysiska ramen, se Figur 2, skall göras en riskanalys som visar på hur riskfrågorna kan lösas på ett tillfredställande sätt men detta förtydligas inte ytterligare.

Nivåerna i kriterierna är satta på olika sätt. Göteborgs kriterier accepterar högre olycksfrekvens för olyckor med 1-10 omkomna men är strängare när det kommer till större och mer osannolika olyckor. Detta görs genom att Göteborgskriterierna lutar brantare neråt för olyckor med över 10 omkomna.

Kriterierna ovan gäller för område längs 1 respektive 2 km transportled. Kriterier för planområdet beräknas utifrån transportledens längd längs området vilket är ca 60 meter, se Figur 6.



Figur 6. Riskkriterier omräknade till 60 meter enkelsidig bebyggelse.

### 2.2.5 ALARP-området

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 lågt som är praktiskt möjligt när riskerna hamnar i detta område.

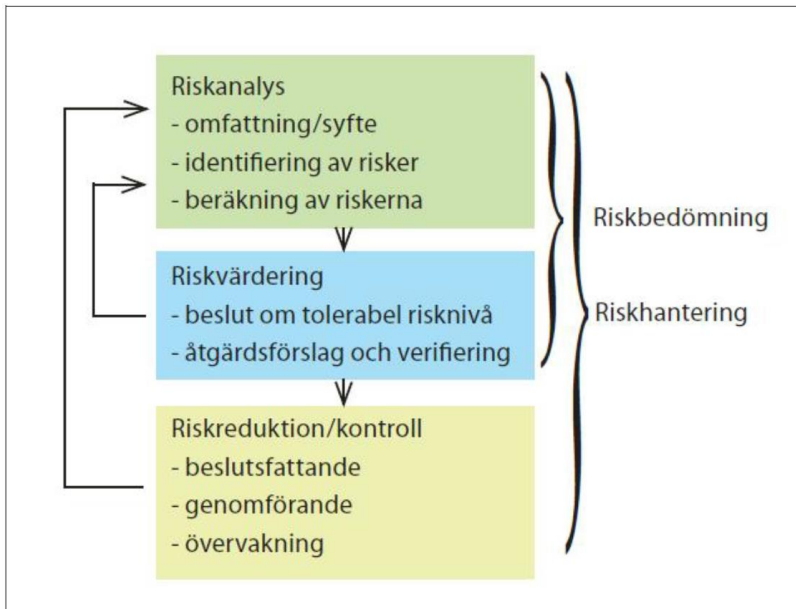
Området spänner över en faktor 100 i risknivåer, de lägsta nivåerna inom området är hundra gånger lägre än de högsta nivåerna. Området är så pass stort beroende på den osäkerhet som alltid finns i riskberäkningarna. Ofta anses att osäkerheten i resultaten av en riskberäkning kan vara så högt som en faktor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

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

## 2.3 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 (Lst 2006). 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 – fördelat på riskidentifiering och 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.

### 3 Platsspecifika förutsättningar

Följande kapitel innefattar beskrivning av områdets förutsättningar för förändrad markanvändning samt sammanställning av persontätheten i planområdet.

#### 3.1 Områdesbeskrivning

Fastigheten Majorna 720:419 där ny bebyggelse planeras är belägen på Klippan längs med Oscarsledens nordvästra sida. Planområdet ligger nära bland annat Sockerbruket och Strobées trädgård och omfattar en yta på ca 3 900 m<sup>2</sup>. På fastigheten stod tidigare Ålvsborgs Kungsladugård vilket brann ned under 2004. Endast en liten del av byggnaden finns kvar men kommer att rivas.

Planområdet är frånsett den kvarvarande byggnaden efter branden obebyggd och består endast av grus och grönytor. Omkring planområdet finns blandad bebyggelse som innefattar bostäder, kontor, hotell, restauranger och grönytor, se Figur 8.



Figur 8. Karta över planområdet och dess omgivning. Oscarsleden är markerat med rött och planområdet i blått. (eniro.se)

Hur den tillkommande bebyggelsen ska vara utformad samt dess markanvändning är inte fastställt. Därför kommer denna riskutredning utgå ifrån fyra scenarier och utreda respektive scenarios riskbild. Placeringen av bebyggelsen är antingen på ca 4,5 eller 20 meters avstånd ifrån Oscarsleden. Bebyggelsen kommer antingen vara utformad i två huskroppar eller i en sammankopplad U-formad byggnad likt bebyggelsen var innan branden (Göteborgs stad 2021). Se Figur 9.



Figur 9. Placering av byggnader enligt planbesked (vänster) och enligt tidigare bebyggelse (höger).

Vilken typ av markanvändning eller verksamhet som bebyggelsen ska bestå av är inte heller bestämt. Antingen kommer huslängan eller huskroppen närmast Oscarsleden innefatta lokaler för verksamhet (ca 550 m<sup>2</sup>) eller så kommer den verka som ett hotell för långtidsboende (ca 10 lägenheter). Resterande bebyggelse innefattar ca 25 lägenheter.

De undersökta scenarierna är:

1. Utformning enligt planbesked med verksamheter närmast Oscarsleden.
2. Utformning enligt tidigare bebyggelse i Kungsladugård med verksamheter närmast Oscarsleden.
3. Utformning enligt planbesked med hotell närmast Oscarsleden.
4. Utformning enligt tidigare bebyggelse i Kungsladugård med hotell närmast Oscarsleden.

### 3.2 Antal personer närvarande i planområdet

För att kunna bedöma konsekvenser i planområdet av eventuella olyckor med farligt gods inblandade så görs en uppskattning av antalet människor som förväntas befinna sig i området. I detta fall görs två olika antaganden utifrån respektive verksamhet dvs en för hotell och en för verksamheter. Området bakom planområdet kan även påverkas och en beräkning av antalet personer i området upp till 150 meter ifrån Oscarsleden har gjorts.

#### 3.2.1 Bostäder och vistandes utomhus

Samtliga scenarier antas ha ca 25 bostäder i den bakersta huslängan. För den U-formade bebyggelsen har det antagits att en tredjedel av bostäderna ligger huset mellan de två större längorna. I respektive bostad antas 2 personer bo. Hälften av dem antas vara i lägenheterna under dagen (12h) och samtliga antas befinna sig i lägenheterna på natten (12h).

Antalet boende antas även påverka antalet personer i som vistas utomhus. Utifrån antalet boende på dagen antas shablonmässigt 7% vara utomhus och endast 1% under natten. För utformningen med långtidshotell har även de 7 respektive 1% av dem antagits vistas utomhus.

Vid utformning enligt planbeskedet planeras en parkering i området närmast Oscarsleden. På parkeringen antas 1 person vistas dygnet runt, vilket är ett konservativt antagande.

### 3.2.2 Hotell och verksamhetslokaler

För huskroppen närmast Oscarsleden varierar antalet personer beroende på vilken typ av användningen den kommer att ha.

Vid beräkningar för hotellverksamheten har underlag för antaganden givits av stadsbyggnadskontoret (Franzén, 2021). Antagandena innefattar 10 hotellrum med antagande på 2 personer i varje. Beläggningen för hotellet antas vara 70%. I övrigt följer antagandena för vinstandes i hotellet enligt beräkningarna för bostäder.

Om huskroppen närmast Oscarsleden innefattar yta för verksamheter antas en person nyttja en yta på 25 m<sup>2</sup>. Verksamhetens totala yta är beräknad till 550 m<sup>2</sup> vilket betyder att 22 personer antas finnas i verksamhetslokalen. Över ett helt år antas dock personerna befinna sig i lokalen 40 timmar i veckan under 45 veckor om året. Personerna antas endast vara i lokalen dagtid dvs verksamhetslokalen är tom under natten. Beräkningarna av antagandena resulterar i att 9 personer antas finnas i lokalen dagtid i snitt.

### 3.2.3 Bakomliggande bebyggelse

Bakom det studerade planområdet finns blandbebyggelse med verksamheter, bostäder och restauranger. För dessa har antaganden gjorts genom att utifrån kartvy i Qgis beräkna respektive huskroppens yta. För bostäder antas en bostad i Göteborg vara 37 m<sup>2</sup> i snitt per person (Statistiska Centralbyrån, 2013). För snittyta för handel (restauranger) och kontor har uppgifter ifrån Göteborgs Stad (2011) använts. För handel antas 10 personer per 1000 m<sup>2</sup> och för kontor 30 personer per 1000 m<sup>2</sup>. Total yta samt resultat av beräkningarna kan ses nedan i Tabell 1.

Tabell 1. Sammanställning av beräkningar och resultat för antagandena för antalet personer i bakomliggande bebyggelse.

	Bostäder	Lokaler/kontor	Handel/restaurang
Total yta	7340	2000	1000
Antal personer	198	60	10
Dag (12h)	99	25	4
Natt (12h)	198	0	0



## 4 Riskidentifiering

I följande kapitel presenteras de riskkällor som identifierats inom riskbedömningen samt vilka olyckstyper och konsekvenser som kan uppstå vid transporter av farligt gods. Första avsnittet är en sammanställning och beskrivning av indelningen av farligt gods klasser som kommer utredas vidare i efterföljande avsnitt.

### 4.1 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	Brandfarliga gaser (gasol), giftiga gaser (ammoniak, svaveldioxid) och andra trycksatta gaser (kvävgas, syrgas)
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, eldningsolja
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kalciumkarbid
5	Oxiderande ämnen	Väteperoxid, ammoniumnitrat
6	Giftiga ämnen och smittfarliga ämnen	Kvicksilverföreningar och cyanider, bakterier, levande virus och laboratorieprover
7	Radioaktiva ämnen	Radioaktiva preparat för sjukhus
8	Frätande ämnen	Olika syror, lut
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Asbest

### 4.2 Oscarsleden

Längs med planområdets sydöstra sida går Oscarsleden som är primär transportled för farligt gods fram till avfarten vid Jaegerdorffsplatsen där leden fortsätter ned på Majnabbegatan och Mahnabbegatan. För att utreda transporterna som går på Oscarsleden förbi planområdet har de leveranspunkter som brukar vägen för transporter identifierats. Dels är det till Stena Lines terminal nordost om planområdet samt till två identifierade drivmedelsstationer längs vägen. Underlag för antal leveranser till och från Stena Line terminalen har delgetts från Stena Line (2021) men får inte redovisas i denna riskutredning. Uppgifterna kan lämnas ut av Norconsult på myndigheters begäran. Endast resonemang för framtagandet av underlaget redovisas i denna rapport. För leveranser till drivmedelsstationer har det antagits att det går en leverans per vecka förbi planområdet. Antal transporter är sedan uppräknat till prognosår 2040 enligt Trafikverkets trafikuppräkningsstatistiska EVA (Trafikverket, 2020). Ökningen av trafikflödet antas vara 72% till 2040.

Längs Oscarsleden förbi planområdet finns en befintlig skyddsmur som är byggd med betonggrund och med glasskydd ovanför det, se Figur 10. På Oscarsleden finns även ett mitträcke.



Figur 10. Bild över skyddsmur från Oscarsleden mot planområdet.

Utifrån givet underlag fördelat på respektive farligt gods klass omfattar klasserna ämnen med varierande farlighetsgrad. För att kunna genomföra en riskberäkning måste ämnen delas upp ytterligare.

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

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

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

Sannolikheten för olyckor på Oscarsleden fås från Trafikverkets handbok "Effektsamband för transportsystemet" (Trafikverket 2021). Risken för olyckor på en landsväg med en högsta tillåten hastighet på 70 km/h anges till 0,18 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller  $1,8 \times 10^{-7}$  per fordonskilometer och år. Utmed planområdet finns som tidigare beskrivits en skyddsmur. Tunga vägräcken eller skyddsmurar som klarar av att fånga upp transporter lastade med farligt gods bedöms reducera risken för att fordonen skadas och således minskar risken för utsläpp av farliga ämnen vid en olycka med hälften (VTI 2002, Vägverket 2008).

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är ca 30 % (SRV 1996) vilket innebär att det vid 30 % 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  $1,8 \times 10^{-7} \times 0,5 \times (2-0,3) * 1,1 = 1,68 \times 10^{-7}$ . I beräkningen tas även hänsyn till att antal axelpar på tunga fordon i genomsnitt är 1,1 genom att multiplicera sannolikheten med 1,1.

### 4.3 Övriga riskkällor

Frånsett Oscarsleden och de leveranspunkter som identifierats har inga ytterligare risker eller verksamheter identifierats som bedöms påverka riskbilden för planområdet.

### 4.4 Risker med transporter av farligt gods

I följande avsnitt beskrivs de olycksrisker som kan uppstå vid transporter av farligt gods. Riskerna och dess konsekvenser beskrivs för respektive ADR-S klass.

#### 4.4.1 Konsekvenser av en 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 beskrivs mer utförligt i beräkningsbilagan.

##### ***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. Risken att omkomma är som regel liten på avstånd som överstiger några 10-tals meter. Om ett utsläpp av brandfarliga vätskor kan rinna ner mot bebyggelsen finns risk för att en brand uppstår i det bebyggda området. Risken är svårberäknad eftersom den är beroende av områdets topografi och bedöms därför separat i kapitel 5, Resultat.

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

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

##### ***Klass 5: Oxiderande ämnen***

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

##### ***Klass 6: Giftiga ämnen.***

Giftiga ämnen ger mestadels enbart effekter vid direktkontakt.

##### ***Klass 7: Radioaktiva ämnen***

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

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

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

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

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

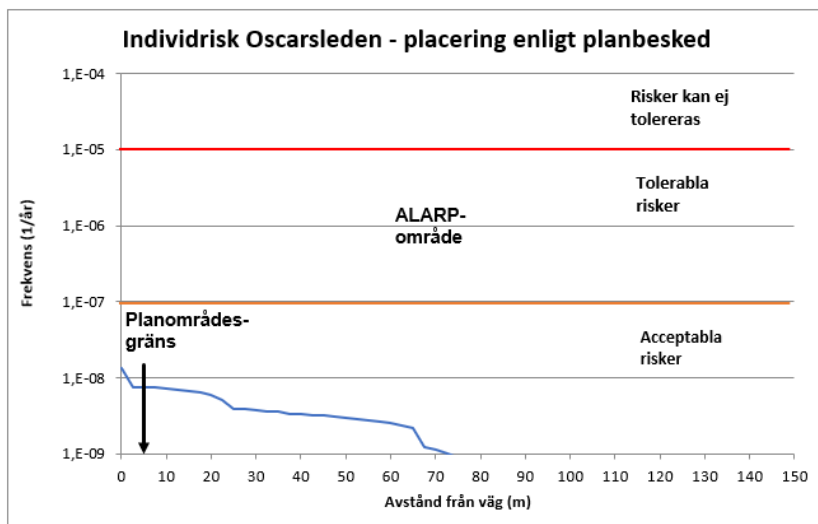
## 5 Riskanalys

I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten för Oscarsleden utifrån individrisk samt samhällsrisk utan skyddsåtgärder. Dessutom redovisas en osäkerhetsanalys där antalet farligt gods transporter ökas med 25%. De ingångsvärden för beräkningarna som är specifika för planområdet har redovisats i *Kapitel 3*.

Ingångsvärden för sannolikheter och konsekvenser för de möjliga händelseförlopp när en olycka väl inträffat samt beräkningsmetoderna redovisas i *bilaga 1*.

### 5.1 Individrisk

I Figur 11 visas individrisken för planområdet längs med Oscarsleden för båda placeringarna. Individrisken är oberoende av antal personer närvarande i området vilket innebär att beräknad individrisk gäller oavsett vad som byggs i planområdet. Därför redovisas endast en figur för området.

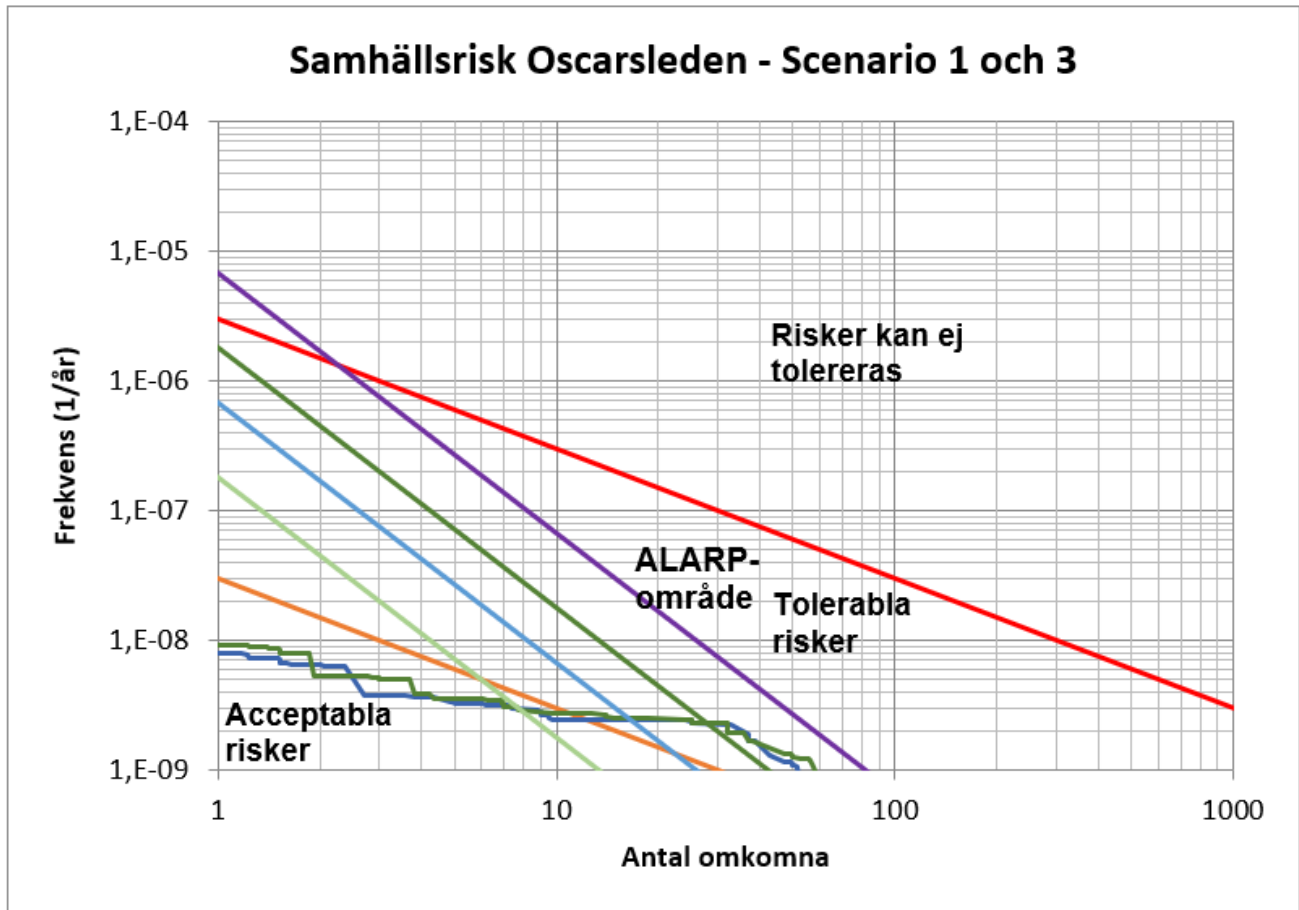


Figur 11. Individrisken längs Oscarsleden vid det studerade området.

Individrisken i planområdet bedöms vara acceptabel för bebyggelsealternativen.

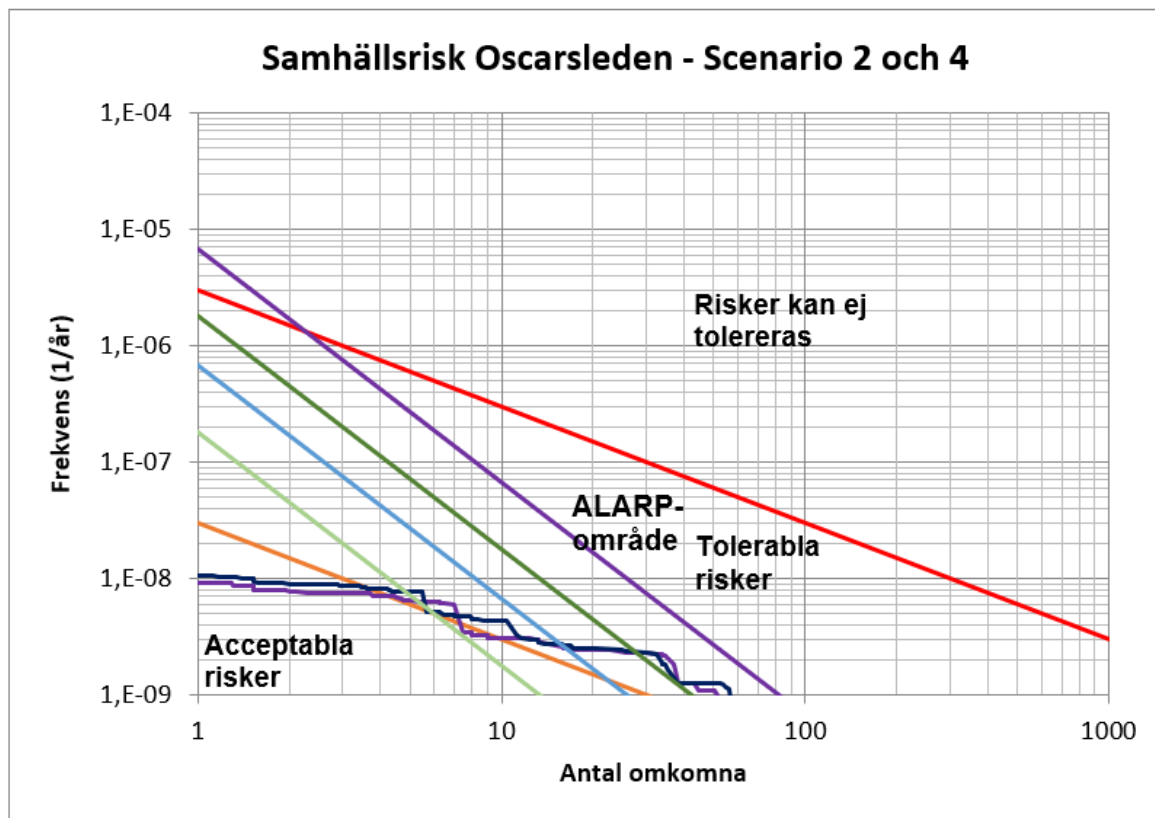
### 5.2 Samhällsrisk

I Figur 12 och Figur 13 visas resultatet av samhällsrisk i planområdet vid exploatering utifrån de fyra olika scenarierna.



Figur 12. Samhällsrisken för scenario 1 (blå linje) och scenario 3 (grön linje).

I Figur 12 kan det ses att för placering av byggnaden enligt planbesked är skillnaden i risknivå vid de olika markanvändningarna mycket liten.



Figur 13. Samhällsrisk för scenario 2 (lila linje) och scenario 4 (svart linje)

I Figur 13 kan det ses att även för placering av byggnad enligt tidigare bebyggelse är skillnaden i risknivå vid olika markanvändning mycket liten. Resultatet av beräkningarna för samhällsrisk visar att för samtliga scenarier är risknivån inom ALARP-området, enligt DNV:s kriterier. Det betyder att risknivån kan tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas. Placering av byggnad enligt tidigare bebyggelse ger något högre sannolikhet för scenarion med 1-10 omkomna men skillnaden innebär endast marginellt ytterligare överskridande av det lägre riskkriteriet.

Störst risknivå är det för scenario 4 dvs utformning enligt tidigare bebyggelse i Kungsladugård med hotell närmast Oscarsleden. Enligt den fördjupade översiktsplanen (FÖP) från Göteborgs stad (1999) finns fyra kriterier varav tre överskrids för alla fyra scenarion. De överskridna kriterierna är för bebyggelse av bostäder enligt riksdagen och näringslivet samt kriteriet för bebyggelse av arbetsplatser enligt riksdagen.

### 5.3 Osäkerhetsanalys

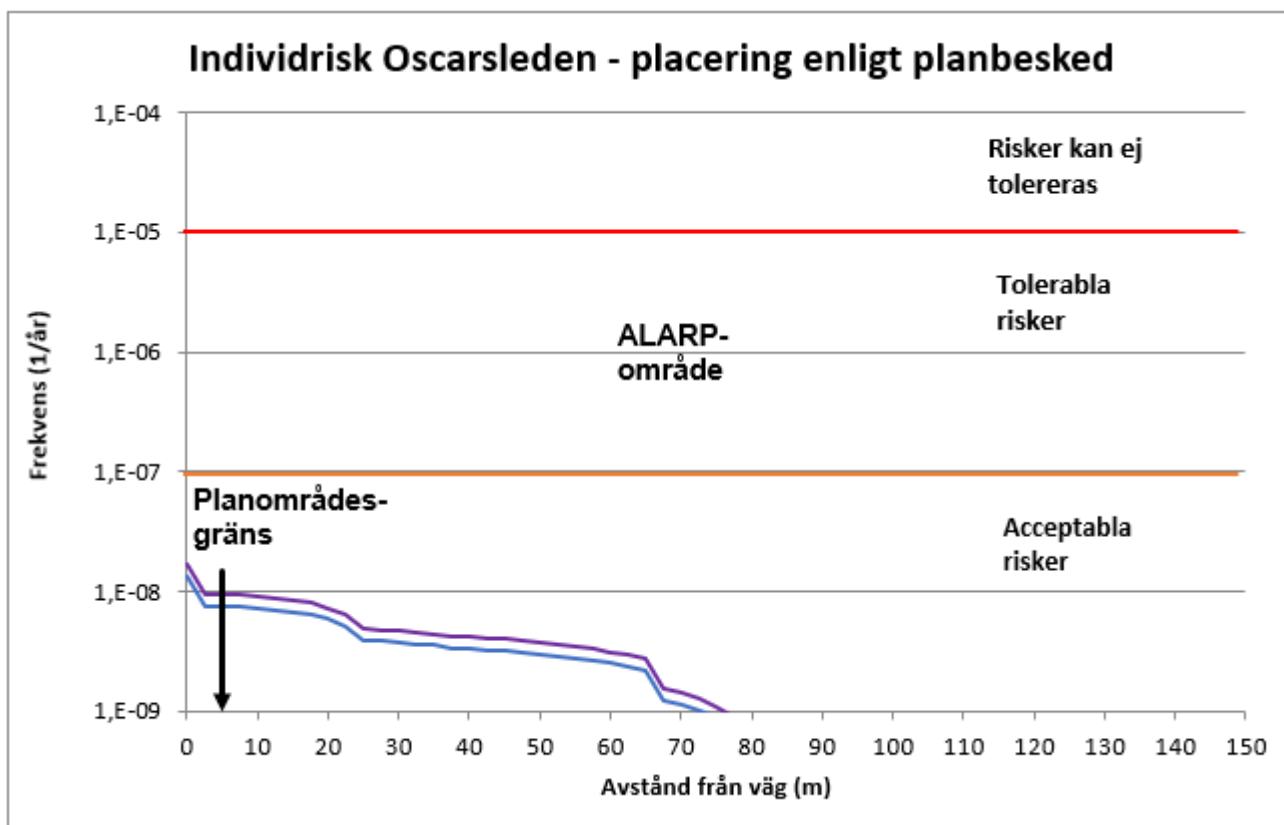
Det finns alltid osäkra faktorer i beräkningar av risker i samband med transporter av farligt gods förbi områden där det vistas människor. Eftersom det handlar om en prognos för en framtida situation så är osäkerheten i vilka mängder farligt gods som kommer transporteras förbi området i framtiden av betydelse. Detta är också viktigt då uppgifterna om transporterade mängder redan i nuläget är relativt osäkra eftersom statistik från nationellt genomsnitt visar på fler transporter än MSB:s statistik, se avsnitt 4.2. Därför antas en ökning av transporter med farligt gods på 25% utifrån de tidigare beräknade flödena för prognosår 2040 för den studerade sträckan.

Beräkningarna för osäkerhetsanalysen genomförs endast av det scenariot som resulterade i högst risknivåer, dvs. scenario 4.

Resultatet av osäkerhetsanalysen presenteras nedan i Figur 14 och Figur 15.

### 5.3.1 Individrisk

Figur 14 visar att individrisken vid en osäkerhetsanalys med en ökning på 25% av farligt gods transporter.



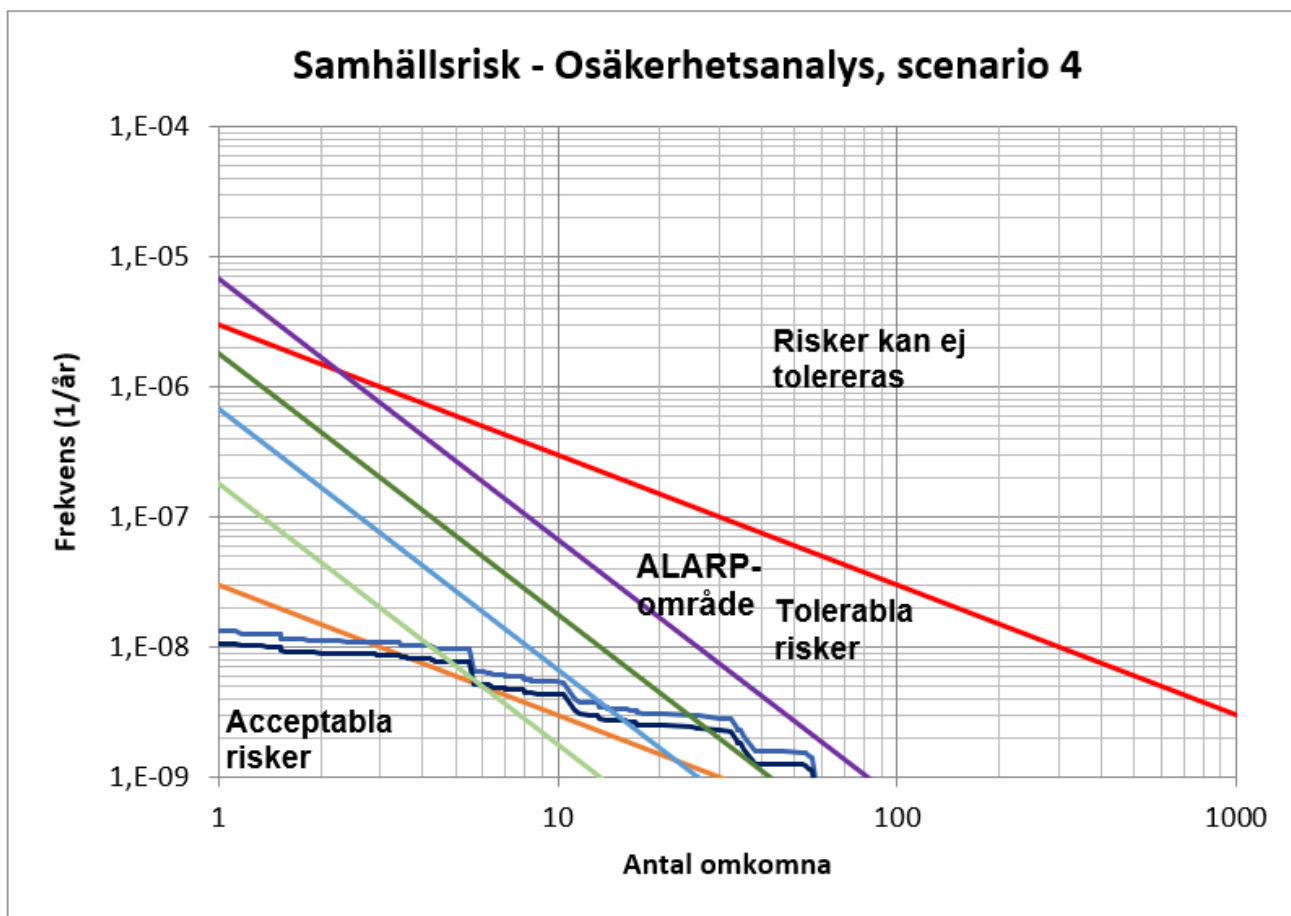
Figur 14. Osäkerhetsanalys för individrisken, lila linje, vid en ökning på 25% av antalet transporter av farligt gods.

Resultatet av osäkerhetsanalysen för individrisken visar att risknivån ökar något men att risknivån fortsatt är på en acceptabel nivå.

### 5.3.2 Samhällsrisk

Figur 15 visar att samhällsrisken ökar men inte överskrider kriterierna för där risken ej kan tolereras vid den osäkerhetsanalys där antalet transporter ökar med 25%. Ingen ytterligare gräns från den fördjupade översiktsplanen överskrids heller vid ökningen i jämförelse med utgångsberäkningarna.





Figur 15. Osäkerhetsanalys för samhällsrisk, blå linje, vid en ökning på 25% av antalet transporter av farligt gods, svart linje visar tidigare beräknad samhällsrisk för scenario 4.

### 5.3.3 Osäkerhetsanalysen – resultat

Resultatet av osäkerhetsanalysen visar på att vid en ökning av 25% av transporter med farligt gods på väg är samhällsrisknivån fortsatt inom ALARP-området och kan tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas. Individrisken är fortsatt att anses som acceptabel. Detta medför att det finns en viss robusthet i de beskrivna antagandena för antalet transporter i beräkningarna och att resultatet av osäkerhetsanalysen visar ytterligare på att åtgärder behövs för den nya bebyggelsen om utformningen blir likt i scenario 4.

## 6 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder

I följande kapitel redovisas riskvärderingen utifrån riskanalysen samt eventuella behov av riskreducerande åtgärder.

### 6.1 Riskvärdering

Resultatet av riskanalysen visar att individrisken är acceptabel oavsett avstånd från Oscarsleden. Beräkningar av samhällsrisken visar att riskerna ligger inom ALARP-området i alla fyra scenarion för risker kopplade till farligt gods på Oscarsleden. Detta innebär att risknivån kan tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas för den nya bebyggelsen. Skillnaden i risknivå för respektive byggnadsplacering och markanvändning är mycket liten vilket bedöms innebära att skyddsåtgärder som föreslås bör gälla för alla utredda scenarion.

Samhällsrisken är belägen i den nedre delen av ALARP-området vilket medför att åtgärder bör vidtas men att åtgärderna ska värderas utifrån dess rimlighet. Exempelvis utifrån om de är praktiskt genomförbara och om kostnaden för åtgärdernas riskreduktion överstiger nyttan. I och med att resultatet är inom ALARP-området bör en bedömning av möjliga riskreducerande åtgärder göras.

### 6.2 Riskreducerande åtgärder

Riskerna är främst kopplade till olyckor med transporter av brandfarliga komprimerade gaser och brandfarliga vätskor som transporteras förbi planområdet. Rimliga skyddsåtgärder bör därför reducera konsekvenserna av eventuella olyckor med dessa transporter. Skyddsåtgärderna bör genomföras på ny bebyggelse då det inte bedöms rimligt att kräva att skyddsåtgärder genomförs på befintlig bebyggelse.

Beräknad risknivå förutsätter att den befintlig skyddsmur som är lokaliserad mellan Oscarsleden och planområdet finns kvar även i framtiden.

Beräknade risknivåer föranleder att följande skyddsåtgärder föreslås:

- Utrymning bör vara möjlig bort från Oscarsleden.
- Ventilation bör placeras vänd bort från Oscarsleden.
- Fasader, inklusive fönster inom 30 meter som vetter mot Oscarsleden bör utföras i minst brandklass EI30.
- Funktionen av befintlig skyddsmur mellan Oscarsleden och planområdet bör säkerställas i bygglovsskedet

Effekten av de föreslagna åtgärderna är främst kopplad till att minsta konsekvenserna vid olycka med gaser eller brand. Placering av ventilation minskar risken för gaser eller brandrök från att sprida sig in i byggnaden. Fasadernas utformning i minst brandklass EI30 minskar risken för att en brand sprids samt ger mer tid för att kunna evakuera och utrymningsvägarna ska då vara riktade bort från riskkällorna för att kunna så snabbt som möjligt skapa avstånd från olyckan. Den befintliga skyddsmuren minskar sannolikhet för en olycka med farligt gods och minskar dessutom risken för att ett transportfordon vid en olycka hamnar närmare planområdet.

## 7 Slutsatser

Den kvantitativa riskanalysen visar att risknivåerna för Oscarsleden är inom ALARP-området både för samhällsrisk. Även vid en osäkerhetsanalys, där antal transporter av farligt gods ökades med 25% är risknivåerna inom ALARP-området. Detta innebär att alla rimliga skyddsåtgärder, sett ur kostnadnyttoperspektiv och praktisk genomförbarhet, ska vidtas.

Förslag till skyddsåtgärder:

- Utrymning bör vara möjlig bort från Oscarsleden.
- Ventilation bör placeras vänd bort från Oscarsleden.
- Fasader, inklusive fönster inom 30 meter som vetter mot Oscarsleden bör utföras i minst brandklass EI30.
- Funktionen av befintlig skyddsmur mellan Oscarsleden och planområdet bör säkerställas i bygglovskedet

Om dessa skyddsåtgärder genomförs så bedöms risknivåerna vara tolerabla för planområdet.

## 8 Referenser

Franzén, J. (2021)	Mailkorrespondens med Josefin Franzén 2021-07-05. Göteborg: Stadsbyggnadskontoret
Göteborgs Stad (1999)	Farligt gods – Fördjupning av översiktsplanen. Göteborgs stad.
Göteborgs Stad (2011)	<i>Vägledning till parkeringstal vid detaljplaner och bygglov.</i> Göteborg: Stadsbyggnadskontoret.
Göteborgs Stad (2021)	Startmöte.
Lst 2006	Riskhantering i detaljplaneprocessen, Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006
Länsstyrelsen i Stockholms Län 2000	Riskhänsyn vid ny bebyggelse, Länsstyrelsen i Stockholms Län 2000:01
Miljöbalken (1998:808)	
MSB 2006	Kartläggning av farligt godstransporter – September 2006. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
Plan- och bygglagen (2010:900)	
Rtj Storgöteborg 2004	Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänsten Storgöteborg 2004
SRV 1997	Värdering av risk, FoU rapport, Räddningsverket 1997
Statistiska Centralbyrån (2013)	<i>Boendestatistik 2012: Storstadsborna bor trångst.</i> Statistiska centralbyrån.
Stena Line (2021)	Mailkorrespondens Kim Lindholm, Stena Line, Göteborg.
Trafikverket 2020	Trafikuppräkningsstal för EVA och manuella beräkningar 2017-2040-2060. Trafikverket 2020-06-15.
Trafikverket 2021	Effektsamband för transportsystemet – Fyrstegsprincipen Steg 3 och 4, Bygg om eller bygg nytt, 2021-04-01.
VTI 2002	Trafiksäkerhetsutvecklingen i Sverige fram till år 2001; VTI rapport 486, 2002.
Vägverket 2008	Effektsamband för vägtransportsystemet. Nybyggnad och förbättring, Effektkatalog Kap 6 Trafiksäkerhet, Vägverket publikation 2008:11
ÖSA 2004	Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen, Öresund Safety Advisers AB, 2004.

# Bilaga 1 – Beräkning av risker transport av farligt gods på väg

## Innehåll

<b>1</b>	<b>Beräkning av sannolikhet för olycka</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Händelseträd</b>	<b>5</b>
2.1	Händelseträd från RBM II	5
2.1.1	Klass 2.1	5
2.1.2	Klass 2.3	6
2.1.3	Klass 3	6
2.2	Klass 1	7
2.3	Klass 5.1	8
<b>3</b>	<b>Konsekvenser av scenario</b>	<b>10</b>
3.1	Klass 1	11
3.1.1	Skador på bebyggelsen	13
3.1.2	Skador utomhus	14
3.2	Klass 5.1	15
3.3	Individrisk	15
	<b>Referenser</b>	<b>16</b>

Riskberäkningsmetoden bygger på den GIS-modell som beskrivs i Kallin (2019). För en fullständig beskrivning av modellen hänvisas till den rapporten. Denna bilaga är en sammanfattning av de mest väsentliga delarna och vad dessa baseras på.

Riskberäkningsmetoden kan delas upp i fyra steg. Steg 1, 2 samt 4 genomförs i excelblad och steg 3 genomförs i GIS-programmet QGIS.

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

# 1 Beräkning av sannolikhet för olycka

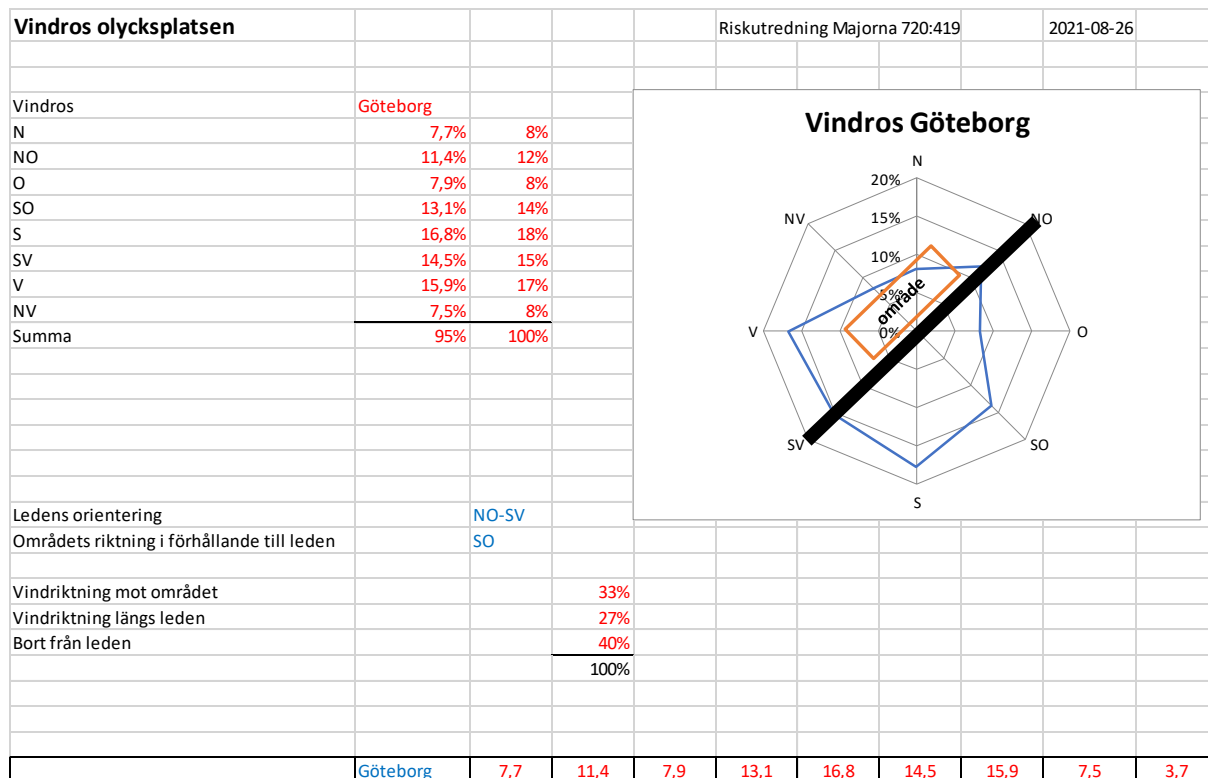
Sannolikheten för en olycka med transport av farligt gods beräknas utifrån de av Trafikverket angivna sannolikheter för personskadeolyckor per fordonskilometer på en vägsträcka av den aktuella typen (Vägverket 2008). Olycksrisken för enstaka fordon har beräknats ur risken per fordonskilometer för olyckor 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. Att sannolikheten beräknas per kilometer beror på att vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar varierar beroende på vilket scenario som är aktuellt. Ingångsdata och beräkningsresultaten för sannolikhet för olyckor finns i *figur 1*. I *figur 1* framgår också ungefärliga avstånd till planområdet samt uppskattning av bredd på hus.

Ingångsdata		Uppdragsnamn:	Riskutredning Majorna 720:419	2021-08-26
<b>Olycksrisk</b>				
Risk för olycka	9,00E-08	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,30			
Olycksrisk fordon	1,68E-07	1/km, år		
Område enl nedan	3	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 natttid</b>				
Andel transporter dagtid	0,7			
Faktor för osäkerhetsanalys (1,0 i vanliga fall 1,25 vid osäkerhetsanalys)	1			
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsrisk dag/km,år	utsläppsrisk natt/km,år
Klass 1, massexplisiv		1	5,2E-07	2,2E-07
Klass 2.1		0,006	1,1E-07	4,5E-08
Klass 2.3		0,006	1,2E-09	5,3E-10
Klass 3, bensin		0,021	3,2E-06	1,4E-06
Klass 5.1, explosionsrisk		0,021	6,7E-08	2,9E-08
Bredd på hus första raden [m]	45			
Medelavstånd till område inne [m]	20			
Medelavstånd till område ute [m]	5			
Områdets längd längs leden [m]	60			

Figur 1. Ingångsdata för riskberäkning

I figur 2 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. Närmaste mätstation där det finns tillgänglig vindstatistik från SMHI (SMHI 2006) har använts i beräkningarna.



Figur 2. Vindros för planområdet.



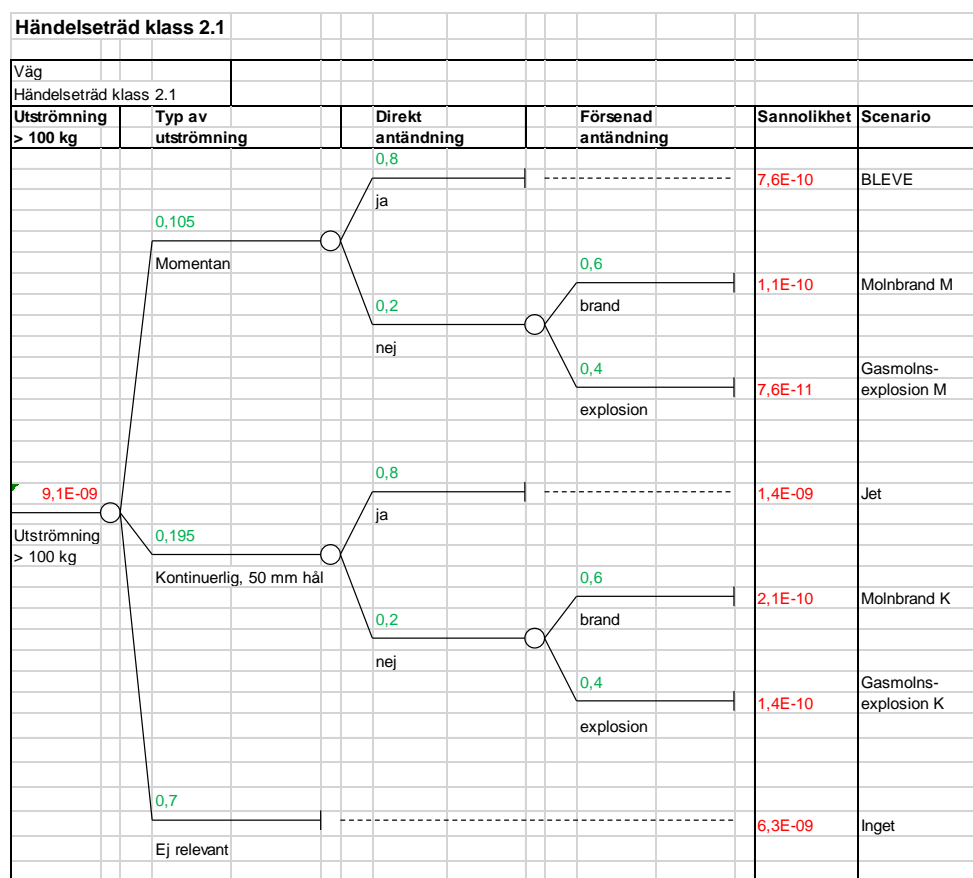
## 2 Händelseträäd

Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 har kopierats från RBM II och presenteras i *avsnitt 2.1*. Händelseträden för klasserna 1.1 och 5.1 är till viss del baserade på uppgifter från RBM II och beskrivs mer i detalj under deras underkategori. I beräkningsmodellen finns händelseträäd för dag och nattscenarion och det som skiljer dem åt är den initiala olycksfrekvensen som kan ses i *figur 1*.

### 2.1 Händelseträäd från RBM II

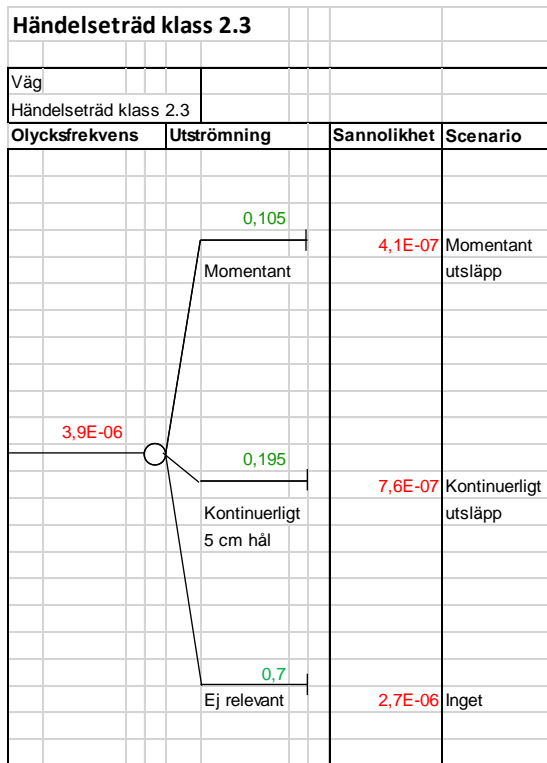
Den initiala olycksfrekvensen för händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 beräknas enligt *avsnitt 1* och resterande delen av händelseträdet baseras på RBM II. RBM II skiljer på om utsläppet sker momentant eller kontinuerligt för de berörda klasserna. Om utsläppet sker momentant släpps hela innehållet av det farliga godset ut på en gång. Om utsläppet däremot sker kontinuerligt släpps innehållet ut över en längre tid och baseras på att ett hål på 5 cm uppkommer i tanken på tankvagnen. För klass 3 skiljer man på utsläppets storlek istället för om utsläppet är momentant eller kontinuerligt. Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 kan ses i *figur 3 – figur 5*.

#### 2.1.1 Klass 2.1



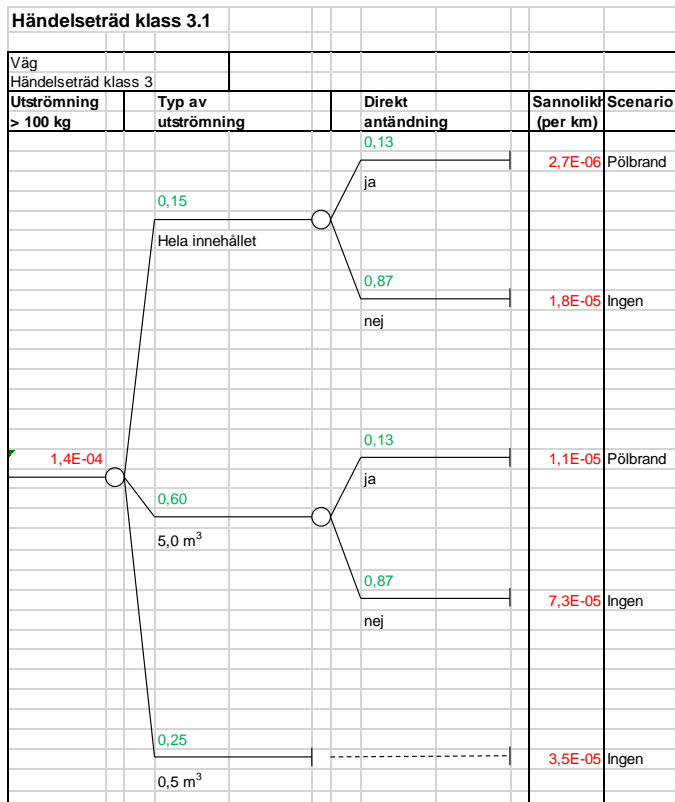
Figur 3. Händelseträäd olycka brandfarlig gas.

### 2.1.2 Klass 2.3



Figur 4. Händelseträd för olycka giftiga gaser.

### 2.1.3 Klass 3



Figur 5. Händelseträd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.

## 2.2 Klass 1

Sannolikheten för en olycka med massexplosiva sprängämnen framgår av *figur 1*.

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 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 hela händelseförloppet vid olycka med sprängämnen visas i *figur 6*.

Händelsetråd klass 1					
Väg					
Händelsetråd klass 1.1					
Olycka med klass 1.1	Stötvåg ger detonation	Bilen antänder	Brand ger detonation	Sannolikhet per kilometer	Konsekvens
	ja			1,5E-09	Explosion
	nej	ja	ja	6,8E-09	Explosion
		nej	nej	6,1E-08	Ej explosion
		nej		1,4E-06	Ej explosion
				8,3E-09	Summa explosion

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

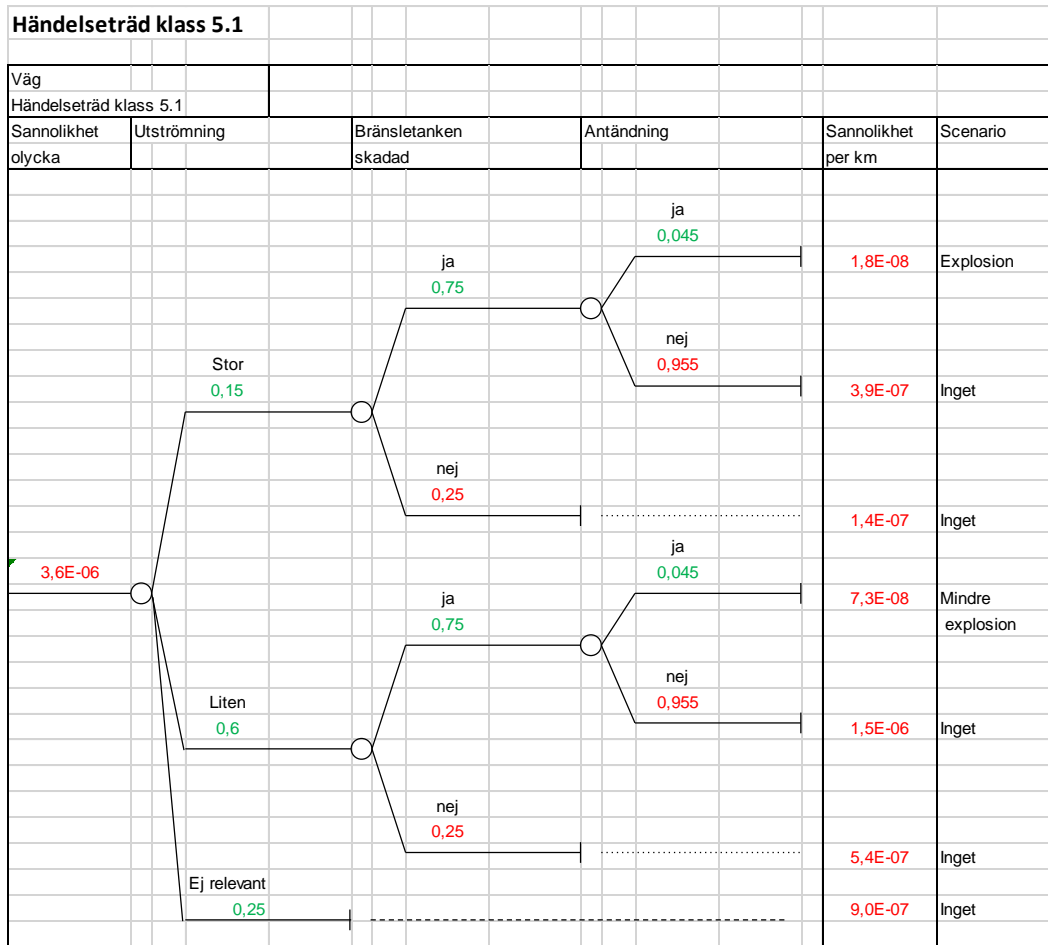
### 2.3 Klass 5.1

Detta scenario baseras på att transportererna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 3 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.

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 händelsetrådet i *figur 7* nedan. Händelsetrådet är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar.



Figur 7. Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion.

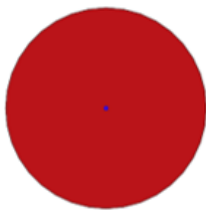
### 3 Konsekvenser av scenario

Detta steg görs i QGIS där antalet omkomna i var och ett av scenariona beräknas med ekvationen nedan.

$$N = \text{Överlappande område} \times \text{sannolikhet omkomna} \times \text{befolkningstäthet}$$

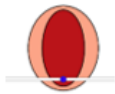
Det överlappande området är det område som påverkas av ett effektområde för de olika scenariona. Sannolikheter för omkomna (P) samt effektområdets form och storlek kan ses i *figur 8*. För klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 har sannolikhet för omkomna och effektområdets storlek tagits från den nederländska beräkningsmetoden RBM II. För klass 1.1 och klass 5.1 beskrivs mer i detalj hur sannolikheterna och effektområdets storlek har beräknats i *avsnitt 3.1* respektive *3.2*.

#### Klass 1 och klass 5



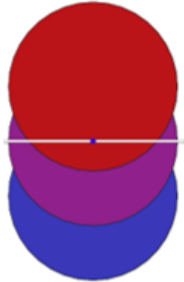
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	130 meter	72 meter	57 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

#### Jet



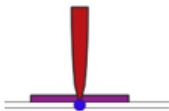
	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (halva längd)	37 meter	40 meter
Minor axis (halva bredd)	20 meter	34 meter
Avstånd centrum	29,5 meter	29,5 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,5

#### Molnbrand momentan



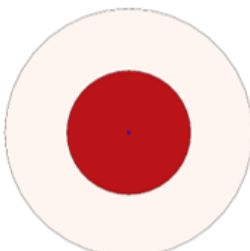
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	93 meter	93 meter	93 meter
Avstånd centrum	60 meter	0	-60 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

#### Molnbrand kontinuerlig



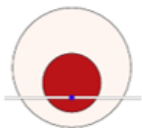
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	50 meter	50 meter
Maximala bredd	8,5 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

#### Gasexplosion momentan



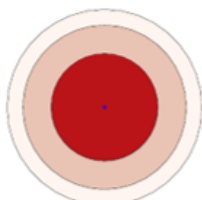
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	126 meter	252 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



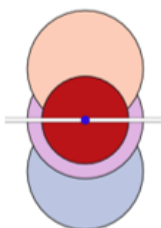
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	33 meter	67 meter
Avstånd centrum	16,5 meter	33,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



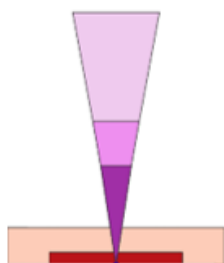
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	80 meter	108 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,3

Giftiga gaser momentan



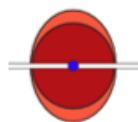
	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	30 meter	40 meter	40 meter	40 meter
Avstånd centrum	0	35 meter	0	-35 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

Giftiga gaser kontinuerligt



	Vind mot (lila yta), effektområde 1	Vind mot (lila yta), effektområde 2	Vind mot (lila yta), effektområde 3	Vind längs (röd yta), effektområde 1	Vind längs (röd yta), effektområde 2
Maximala längd	100 meter	145 meter	255 meter	135 meter	220 meter
Maximala bredd	31 meter	47 meter	88 meter	13 meter	38 meter
P (inne)	0,1	0,06	0,03	0,1	0,03
P (ute)	1	0,6	0,3	1	0,3

Pölbrand



	Pölbrand stor		Pölbrand liten	
	Effektområde 1	Effektområde 2	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (Halva längd)	24 meter	32 meter	11 meter	16 meter
Minor axis (Halva bredd)	23 meter	24 meter	10 meter	12 meter
P (inne)	1	0	1	0
P (ute)	1	0,12	1	0,4

Figur 8. Effektområdenas form och sannolikhet för omkomna. Figuren är ej skalenlig.

### 3.1 Klass 1

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 9 och 10* som tagits från rapporten Dynamisk lastpåverkan – Referensbok (SRV 2005). För en närmare förklaring av beräkningsmetoden hänvisas till denna rapport.

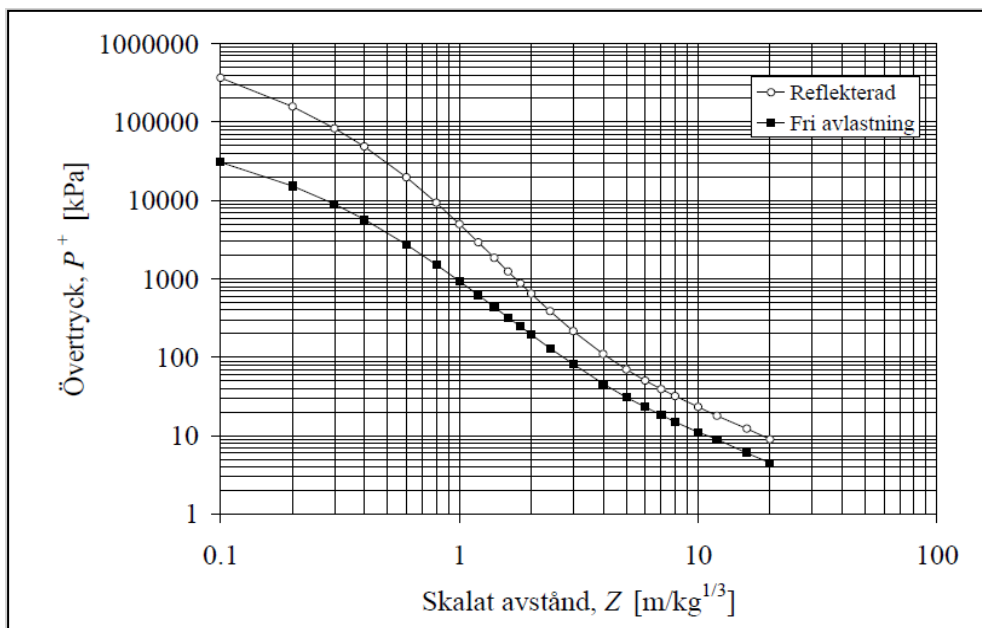
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

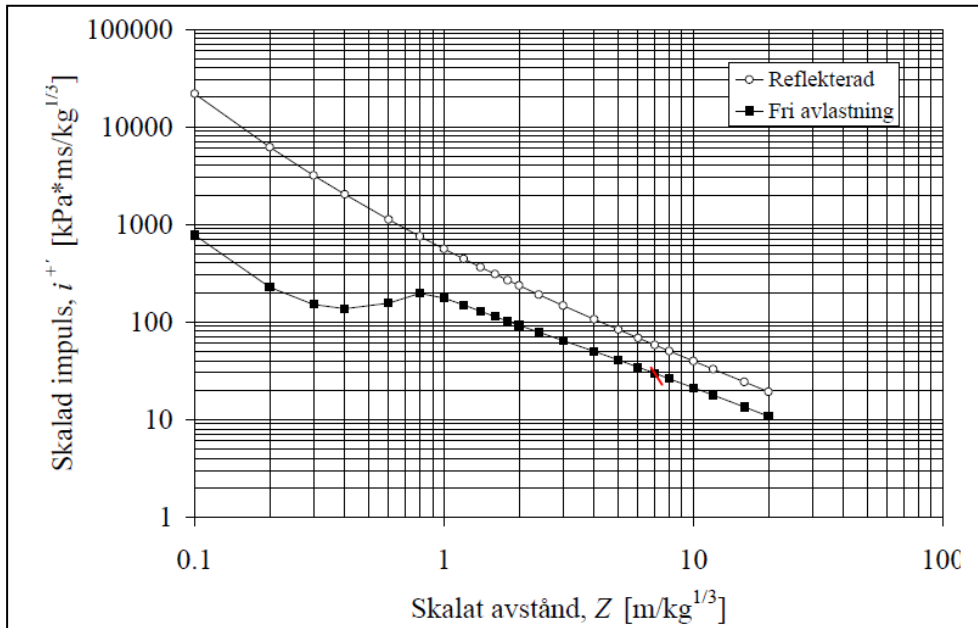
*Figur 9* ger övertrycket  $p_+$



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

*Figur 10* 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 10. Reflekterat och oreflekterat impulsintensitet som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

Resultaten visas i *tabell 1*.

Tabell 1. Reflekterat och oreflekterat tryck och impultstäthet som funktion av avståndet till explosionscentrum.

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

### 3.1.1 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. Detta tryck uppnås enligt *tabell 1* ungefär 125 m från platsen för explosionen.

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.

Inom området där husen skadas allvarligt antas att husens rason sträcker sig in mot ungefär halva huset och att det i rasonen 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

### 3.1.2 Skador utomhus

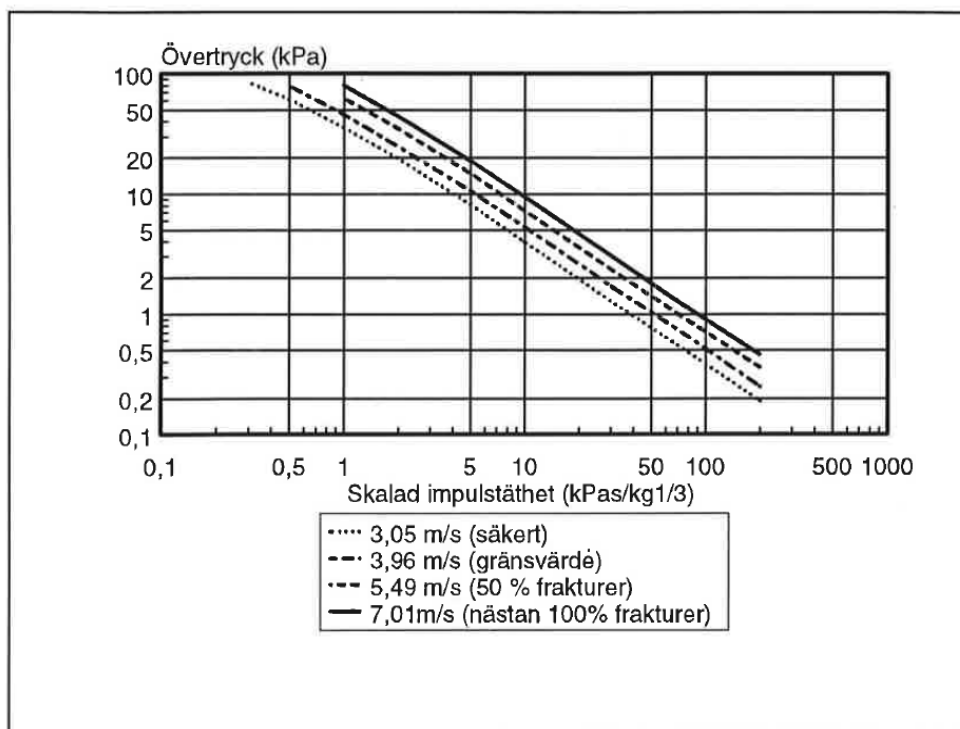
#### Direkta skador pga. tryck

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 skullskador. Enligt FOA får en person med kroppsvikt 70 kg skullfraktur 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 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.

### 3.2 Klass 5.1

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).

Konsekvenserna av en stor explosion har antagits vara desamma som för en explosion av 3 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk beräknas på samma sätt som i scenariot för klass 1.1.

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

### 3.3 Individrisk

Individrisken beräknas med hjälp av följande ekvation:

$$IR(x) = F_{olycka} \times vind \times b(x) \div andel$$

I individrisken beräknas bredden  $b(x)$  med bredden som anges i *figur 8*. För effektområden där centrum av ellipserna eller cirkelarna inte är på transportvägen räknades bredden  $b(x)$  som maximala bredd fram till centrum.

Eftersom bredden  $b(x)$  baseras på distans från transportvägen så beräknas individrisken med 2,5 meters mellanrum.

## 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 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
- Kallin 2019 Risk assessment of transport of dangerous goods with GIS, Chalmers tekniska högskola, 2019. <https://hdl.handle.net/20.500.12380/300121> (Hämtad 2019-08-20)
- NFPA 2010 National Fire Protection Association, US Vehicle Fire Trends and Patterns, June 2010
- SMHI 2006 Vindstatistik för Sverige 1961–2004, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Nr 121 2006
- 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 luftstövåg, 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