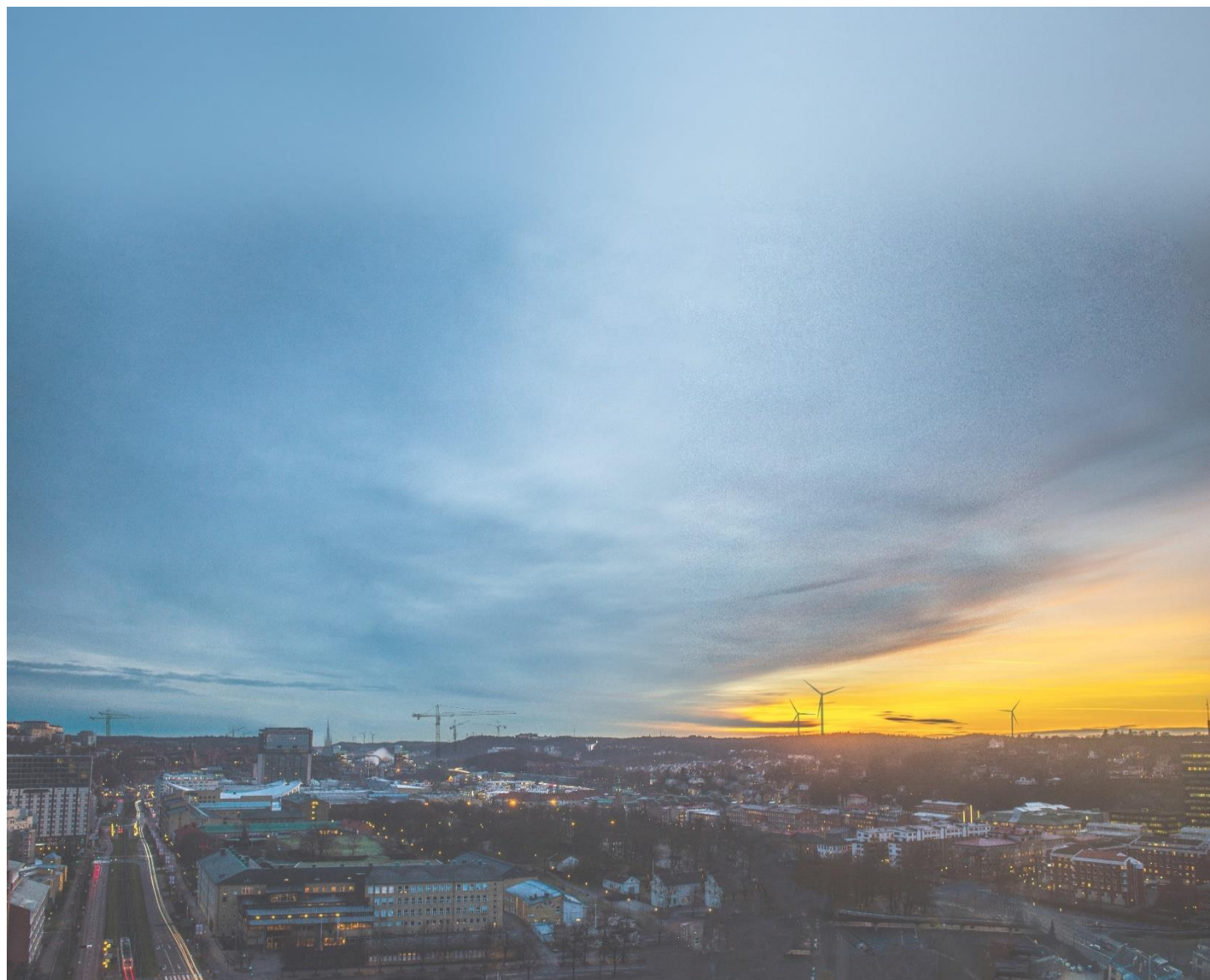


Tornstaden Projektutveckling AB

Riskutredning DP Växthuset

Transporter av farligt gods

Uppdragsnr: 108 37 72 Version: 3 Datum: 2023-10-10



Uppdragsgivare: Tornstaden Projektutveckling AB
Uppdragsgivarens kontaktperson: Marcus Axelsson
Konsult: Norconsult AB, Theres Svenssons gata 11, 417 55 Göteborg
Uppdragsledare: Johan Hultman

3	2023-10-10	Uppdaterade beräkningar efter ny illustrationsplan samt mindre justeringar av text	Johan Hultman	Kajsa Jakobsson	Johan Hultman
2	2022-10-13		Johan Hultman	Kajsa Jakobsson	Johan Hultman
1	2022-10-06		Johan Hultman	Kajsa Jakobsson	Johan Hultman
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

Tornstaden planerar att utveckla ett ca 4,5 ha stort område intill Landvetters gamla centrum, söder om riksväg 40 och i nära anslutning till Landvetter centrum, med cirka 280 bostäder. Riskbilden för det planerade området har bedömts genom en kvantitativ riskutredning som behandlar riskerna och konsekvenserna med transporter av farligt gods på riksväg 40 samt kust till kustbanan. Risknivåerna har beräknats för individ- och samhällsrisk och jämförs med kriterier för acceptabla och tolerabla risknivåer framtagna för Myndigheten av Samhällsskydd och beredskaps räkning. Generellt kräver länsstyrelser att riskbilden behöver utredas om bebyggelse planeras inom 150 meter ifrån en transportled för farligt gods.

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).

Beräkningar av individrisken och samhällsrisken visar att risknivån på grund av transporter av farligt gods på kust till kustbanan är acceptabla och långt under kriterier för tolerabla risknivåer. Jämfört med risknivån på riksväg 40 så är riskerna på järnvägen en faktor 1 000 lägre vilket innebär att den dimensionerande risken är uteslutande från riksväg 40.

Beräkningarna av risknivåer från transport av farligt gods visar att individrisken är acceptabel först vid ett avstånd på 70 meter från riksväg 40. Detta innebär att människor inte bör uppmuntras till stadigvarande vistelse utomhus i oskyddat läge inom 70 meter från väggkant på riksväg 40.

Risknivåerna avseende samhällsrisk för transport av farligt gods på väg 40 ligger i på den risknivå som medför att tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga skyddsåtgärder ska genomföras. Beräknade risknivåer på grund av transporter av farligt gods på kust till kustbanan bedöms inte vara så höga så de motiverar några skyddsåtgärder för planområdet.

Följande skyddsåtgärder föreslås på ny bebyggelse:

- Utrymning bör vara möjlig bort från riksväg 40.
- Ventilation bör placeras högt och i skyddat läge som inte direkt vetter mot riksväg 40.
- Byggnader inom 50 meter från väggkant på riksväg 40 ska utformas för att minska risken för att fortskridande ras inträffar.

För att skydda människor som befinner sig utomhus föreslås följande skyddsåtgärder:

- Utmed riksväg 40 bör planområdet inom 70 meter från väggkant på riksväg 40 inte uppmuntra människor till stadigvarande vistelse utomhus i oskyddat läge. Exempel på hur man undviker att inbjuda till stadigvarande vistelse kan vara att undvika bänkar, utegym, lekplatser etc.

Om dessa skyddsåtgärder införs bedöms risknivåerna vara tolerabla enligt använda kriterier.

► Innehåll

1	Inledning	5
1.1	Syfte och mål	5
1.2	Avgränsningar	5
2	Genomförande, metod och kravbeskrivning	6
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	10
3	Riskidentifiering	11
3.1	Typer av farligt gods	11
3.2	Riksväg 40	11
3.3	Kust till kustbanan	13
3.4	Risker med transporter av farligt gods	14
4	Platsspecifika förutsättningar	16
4.1	Framtida utveckling	17
4.2	Antal personer närvarande i planområdet	17
5	Resultat	19
5.1	Individrisk	19
5.2	Samhällsrisk	21
5.3	Osäkerhetsanalys	22
6	Riskvärdering och riskreducerande åtgärder	27
6.1	Riskvärdering	27
6.2	Riskreducerande åtgärder	27
7	Diskussion och slutsats	28
8	Referenser	29
	Bilaga 1 – Beräkning av risker transport av farligt gods på väg	
	Bilaga 2 – Beräkning av risker transport av farligt gods på järnväg	

1 Inledning

Tornstaden planerar att utveckla ett ca 4,5 ha stort område intill Landvetters gamla centrum, söder om riksväg 40 och i nära anslutning till Landvetter centrum, med cirka 280 bostäder. Området har tidigare dels använts som handelsträdgård och odling i växthus och dels varit oexploaterad mark, men i dagsläget pågår endast några mindre verksamheter i det enda kvarvarande växthuset som ännu inte rivits. Norr om planområdet går riksväg 40 som är utpekad som rekommenderad primär transportled för farligt gods. Söder om planområdet går kust till kustbanan där det transporteras 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 riksväg 40 samt kust till kustbanan. Risknivåerna beräknas för individ- och samhällsrisik och jämförs med kriterier för acceptabla och tolerabla risknivåer framtagna för Myndigheten av Samhällsskydd och beredskaps räkning.

Generellt kräver länsstyrelser att riskbilden behöver utredas om bebyggelse planeras inom 150 meter ifrån en transportled för farligt gods (Länsstyrelsen, 2006).

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 det även medtas 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 har även avgränsats till att endast utreda tekniska olyckor kopplade till transporter av farligt gods, samt avgränsas geografiskt till transportlederna förbi den nya bebyggelsen. På grund av planområdets avstånd från järnvägen utreds inte risken för urspårning.

Utredningen har enbart prövat scenariot som redovisas i tillhandahållet underlag. Om en annan utformning prövas som väsentligt avviker från studerad markanvändning, behövs en ny utredning för att säkerställa att utformningen är lämplig ur risksynpunkt.

2 Genomförande, metod och kravbeskrivning

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

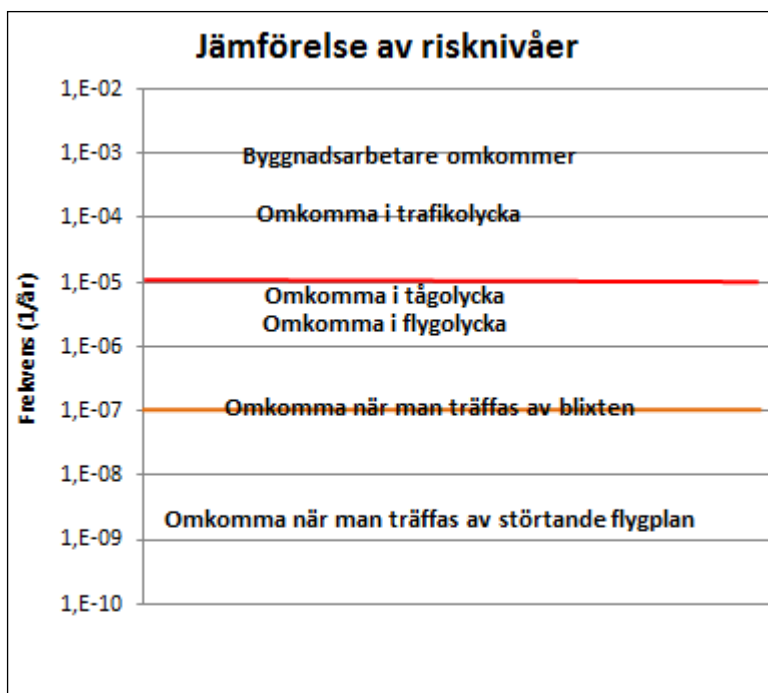
2.1 Vad är risker?

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 1×10^{-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 2.2.

Vid riskutredning för den fysiska planeringen skiljs det på individrisk och samhällsrisk. Individrisken är risken för en person att omkomma i en olycka när personen 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 på olika avstånd från transportleden 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.

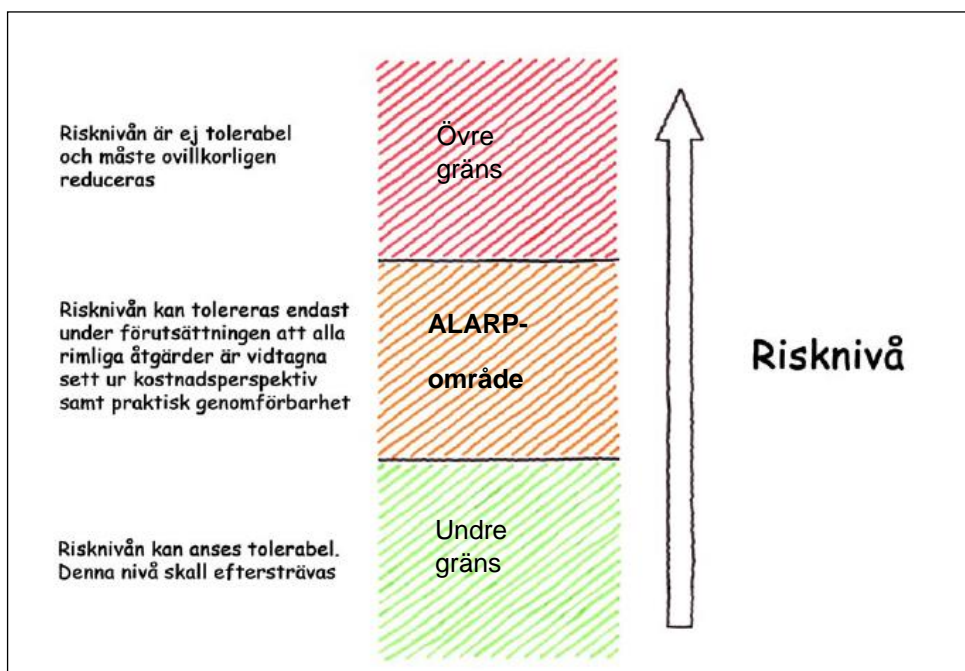
Samhällsrisken är ett mått på hur stora olyckor en riskkälla kan orsaka. Detta beror dels på riskkällans risknivå, dels på hur många människor som brukar befinna sig i riskkällans omgivning. Detta mått är användbart om planeringen innebär att många människor kommer att befinna sig inom 150 m från en transportled för farligt gods. Samhällsrisken 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 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) (Räddningsverket, 1997). I rapporten används en övre och en undre gräns, se Figur 2. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån är så hög att den inte kan tolereras.



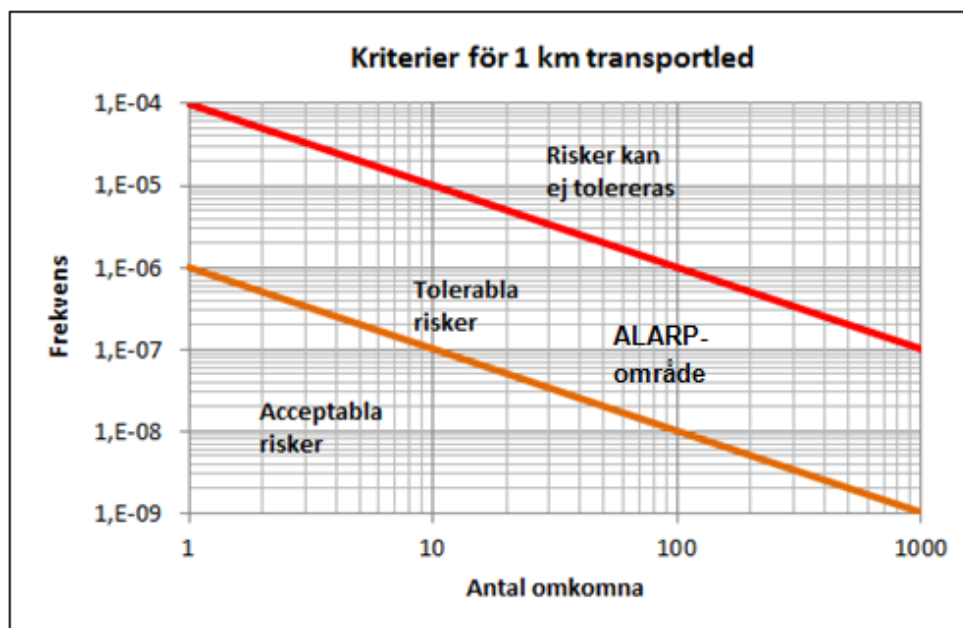
Figur 2. Risknivåer och gränserna mellan dem (Räddningstjänsten storgöteborg, 2004).

För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år och den undre på 1×10^{-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 (Länsstyrelsen, 2006).

2.2.2 Kvantitativa kriterier för samhällsrisk

Kvantitativa kriterier för samhällsrisken finns i rapporten "Värdering av risk" som tagits fram av Det Norska Veritas på uppdrag av dåvarande Räddningsverket (Räddningsverket, 1997). Kriterierna i "Värdering av risk" visas i Figur 3. I fortsättningen betecknas dessa kriterier med DNV.

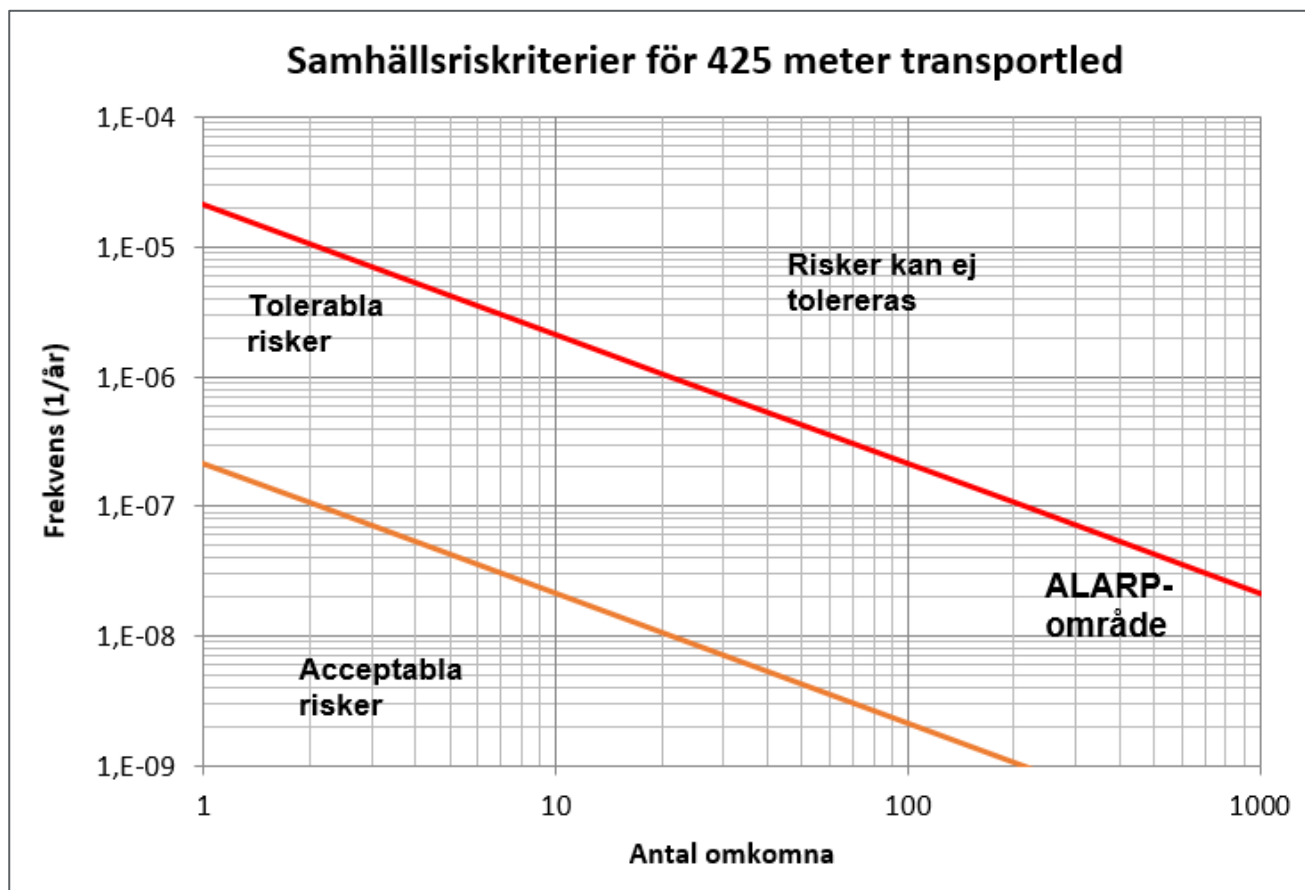


Figur 3. Riskkriterier för 1 km transportled för farligt gods med dubbelsidig bebyggelse (Räddningsverket, 1997).

Kriterier i Figur 3 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.

Kriterierna ovan gäller för område längs 1 km transportled samt dubbelsidig bebyggelse. Kriterier för planområdet beräknas utifrån enkelsidig bebyggelse samt att transportledens längd längs området är ca 425 meter, se Figur 4.



Figur 4. Riskkriterier omräknade till 425 meter enkelsidig bebyggelse.

2.2.3 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 låg som är praktiskt möjligt när riskerna hamnar i detta område.

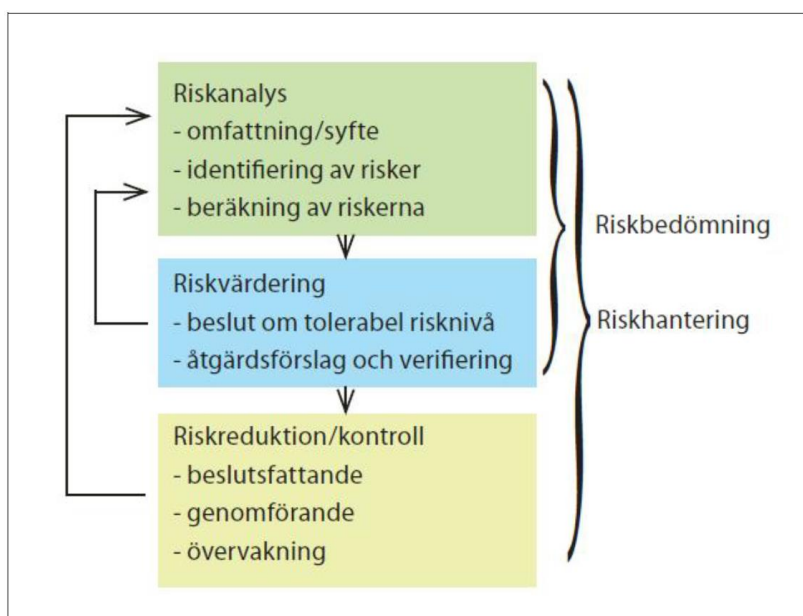
Området spänner över en faktor 100 i risknivåer, de lägsta nivåerna inom området är hundra gånger lägre än de högsta nivåerna. Området är så pass stort beroende på den osäkerhet som alltid finns i riskberäkningarna. Ofta anses att osäkerheten i resultaten av en riskberäkning kan vara så högt som en faktor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

Kraven på skyddsåtgärder inom ALARP-området är att alla kostnadsfritt rimliga och praktiska genomförbara skyddsåtgärder 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 5 (Länsstyrelsen, 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 5. Schema över riskhanteringsprocessen (Länsstyrelsen, 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 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 redovisas vidare i efterföljande avsnitt.

3.1 Typer av farligt gods

Enligt internationella bestämmelser (ADR/RID) delas farligt gods in i nio klasser, se Tabell 1.

Tabell 1. 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

3.2 Riksväg 40

Riksväg 40 är rekommenderad primärväg för farligt gods. Uppgifter om mängden farligt gods som transporteras på vägen och fördelningen på olika klasser har samlats in av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB, 2006). MSB:s uppgifter för 2006 anger cirka 19 000 transporter med farligt gods per år på riksväg 40 förbi planområdet. Omräknat till år 2040 blir det cirka 33 800 transporter per år, förutsatt en ökning av godstransporter med 79 % (Trafikverket, 2021:2).

Uppgifterna från MSB ska inte användas utan vidare som underlag för prognoser då endast en månad ingår i underlaget. Uppgifterna jämförs därför med nationell statistik som anger att cirka 3,9 % av godstransporter innehåller farligt gods (TRAFA, 2019). Antalet tunga fordon på riksväg 40 förbi planområdet har av Trafikverket uppmäts till cirka 5 500 fordon per dygn år 2018 (Trafikverket, 2022:1). Med Trafikverkets

trafikuppräkningsstal samt att cirka 3,9 % av transportererna är farligt gods så beräknas antal transporter av farligt gods enligt nationellt genomsnitt vara cirka 113 500 transporter/år 2040, se Tabell 2.

Tabell 2. Antal förväntade transporter år 2040 med farligt gods på väg 49 enligt MSB och nationellt genomsnitt.

Klass	MSB	Nationellt genomsnitt	Använt i riskberäkningarna
1 Explosiva ämnen	10	310	100
2.1 Brandfarliga gaser	2 600	5 400	4 000
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	1 400	17 000	-
2.3 Giftiga gaser	0	40	40
3 Brandfarliga vätskor	28 000	56 000	42 000
4 Brandfarliga fasta ämnen	100	3 000	-
5 Oxiderande ämnen	0	2 800	1 000
6 Giftiga ämnen m m	70	7 900	-
8 Frätande ämnen	1 500	15 000	-
9 Övriga farliga ämnen	300	5600	-
Totalt	34 000	110 000	

Av klasserna i Tabell 2 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. Dessa är därför markerade med fet stil i tabellen.

För att inte underskatta riskerna i klasserna där MSB inte har några transporter så har antalet transporter valts till samma tio-, hundra- eller tusental som för nationellt genomsnitt. För klass 3 och klass 2.1 har ett genomsnitt mellan MSB och nationellt genomsnitt används eftersom nationellt genomsnitt troligtvis är en överskattning, samtligt går det inte att utesluta att MSB:s undersökning ger för få transporter. För klass 1 har samma totala som nationellt genomsnitt använts eftersom ämnen i klass 1 transporteras i större utsträckning i norra Sverige.

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 ämnesgrupperna 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 % (ÖSA, 2004). Andelen mycket brandfarlig vätska i klass 3 (bensin mm) 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. En sammanställning av antal transporter i de kategorier som främst bedöms innebära risker för området finns i Tabell 3.

För att ta hänsyn till osäkerheten i antalet transporter har en osäkerhetsanalys genomförts med 25 % fler transporter än vad som anges i Tabell 3.

Tabell 3. Farligt gods på riksväg 40 som medför betydande risker för området.

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
1.1 Masseexplosiva ämnen	10
2.1 Brandfarliga gaser	4 000
2.3 Giftiga gaser	40
3. Mycket brandfarliga vätskor	31 500
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	333

Sannolikheten för olyckor hämtas från Trafikverkets handbok "Effektsamband för transportsystemet" (Trafikverket, 2021:1). Risken för olyckor på en statlig motorväg med en högsta tillåten hastighet på 100 km/h anges till 0,055 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $5,5 \times 10^{-8}$ per fordonskilometer och år.

Sidoområdet längs med stora delar av riksväg 40 är utformad för att fånga upp ett avåkande fordon. En utformning där en skyddsvall fångar upp avåkande fordon kan likställas med att anlägga ett tungt vägräcke längs vägen. I tidigare trafiksäkerhetsutredningar har tunga vägräcken bedömts reducera risken för skador på transportfordonen så att sannolikheten för utsläpp av farliga ämnen vid en olycka minskar med en faktor 2 (VTI, 2002) (Vägverket, 2008).

I Trafikverkets vägledning för yt- och grundvattenskydd har avkörningsvänliga sidoområdet bedömts vara en åtgärd som är relativt effektiv för att minska risken för föroreningsutsläpp vid en eventuell olycka. Dessa avkörningsvänliga sidoområden anses även av Trafikverket kunna reducera sannolikheten för olycka med upp till en faktor 2 (Trafikverket, 2020).

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är cirka 55 % (Räddningsverket, 1996) vilket innebär att det vid 45 % 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 $3,36 \times 10^{-8} \times (2-0,55) * 1,1 = 5,3 \times 10^{-8}$. I denna beräkning tas även hänsyn till att antal standardaxlar är 1,1.

3.3 Kust till kustbanan

Kust till kustbanan är en elektrifierad järnväg mellan Göteborg och Kalmar/Karlskrona där det transporteras farligt gods.

Transporterade mängder farligt gods

För att beräkna mängden farligt gods som kommer att transporteras på Kust till kustbanan förbi området utgår denna rapport från den metodik för att ta fram transporterade mängder farligt gods på Kust till kustbanan förbi Kvarnbyterassen, Mölndal, (Hexionområdet) som genomfördes 2011 (Norconsult, 2011) (Norconsult, 2012).

Analysen utgår från två olika källor för trafikuppgifter. MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, har i en undersökning under september 2006 (MSB, 2006) att det transporteras högst 1 100 vagnar med farligt gods längs området. Trafikverket registrerar antalet vagnar med farligt gods på sträckan och kom för åren 2007-2010 fram till ca 1 000 transporter per år. Källorna är ganska samstämmiga och i denna utredning utgår det därför från ca 1 100 transporter för år 2010.

Under perioden 2010 till 2040 kommer godstrafiken på sträckan att öka från 8 till 10 tåg per vardagsdygn enligt Trafikverkets basprognos för 2040 (Trafikverket, 2022:2). Detta innebär att antalet transporter med farligt gods uppskattas till $10/8 \times 1100 = 1\,375$ vagnar per år.

När det gäller vilka klasser av farligt gods som transporteras så redovisar MSB resultaten som ett mycket brett intervall. En jämförelse med uppgifter från Trafikverket för åren 2007-2010 pekar på stora skillnader. Uppgifterna från Trafikverket får av konkurrensskäl inte publiceras men kan användas för analysen.

Då MSB:s uppgifter endast rör en månad under år 2006 och är mycket ungefärliga kommer analysen utgå från Trafikverkets fördelning. Intressenter som vill ha tillgång till uppgifterna hänvisas till Trafikverket.

Sannolikhet för olyckor

Sannolikheten för olyckor för Kust till kustbanan har beräknats med Banverkets beräkningsmodell (Banverket 2001) till $2,8 \times 10^{-8}$ per vagnkilometer. I beräkningarna har hänsyn tagits till en järnvägsövergång med bommar i närområdet, se *bilaga 2*.

3.4 Risker med transporter av 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 beräkningsbilagorna.

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 gasmolnexplosion (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 meter.

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.

Klass 4: Brandfarliga ämnen såsom svavel, fosfor, kapid.

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.

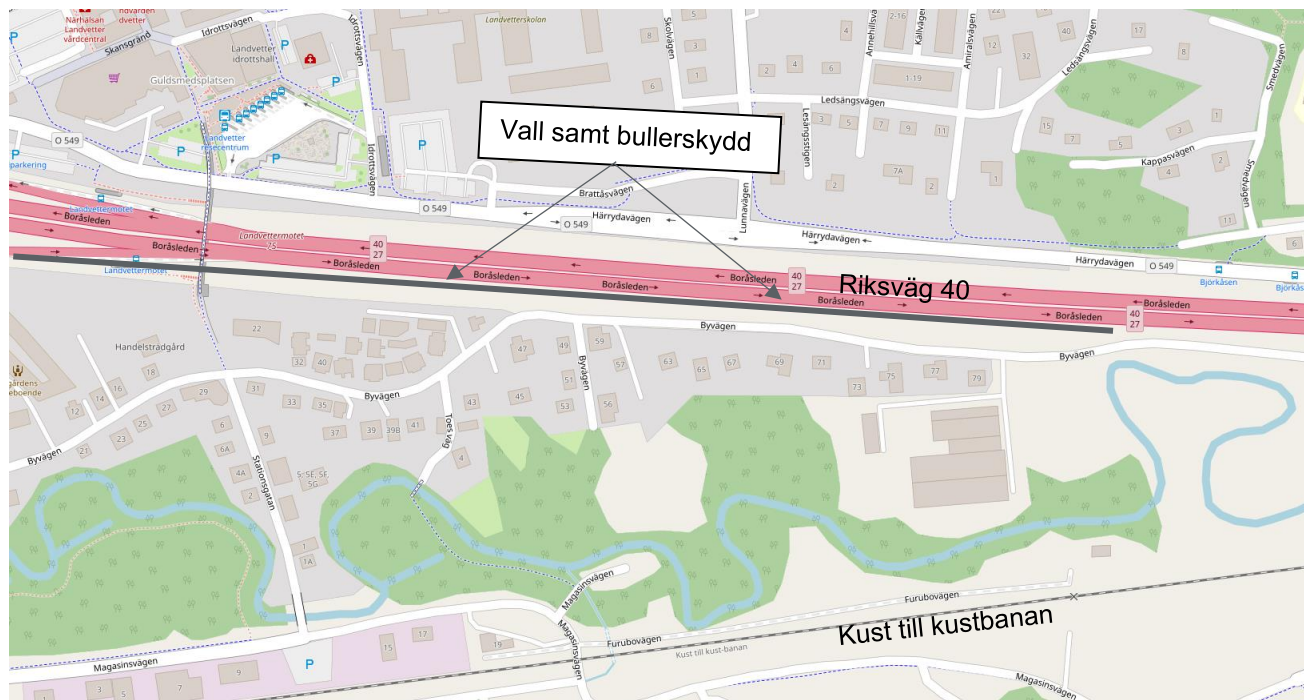
4 Platsspecifika förutsättningar

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

Aktuell detaljplan Växthuset är belägen mellan riksväg 40 och kust till kustbanan, se Figur 6. På sträckan utmed riksväg 40 mellan studerat område och vägen finns idag en cirka 5 meter hög vall som på del av sträckan är kompletterad med en bullerskärm. Denna barriär bedöms effektivt förhindra att brandfarliga vätskor kan rinna mot planområdet.

Beräkningar i ett tidigare projekt visar att en vall/skärm på cirka 5 meter ger en mycket god skyddseffekt där gasspridning i princip förhindras helt och gasmolnet inte kan spridas in mot planområdet (Norconsult, 2010). En vall/skärm med denna höjd bedöms således hindra spridning av brandfarliga och giftiga gaser (klass 2.1 respektive klass 2.3) mot planområdet vid en olycka.

En vall/skärm som är cirka 5 meter hög bedöms även minska konsekvensområdet för scenarion med gasmolnexplosion eftersom gasmolnet inte tillåts driva in mot planområdet. Konsekvensområdets utbredning in mot området bedöms halveras med en 5 meter hög skärm/vall. Konsekvensområdets utbredning längs området bedöms fördubblas men en 5 meter hög vall/skärm. En vall/skärm med denna höjd bedöms även ge ett visst skydd mot scenario jetflamma där skärmen fungerar som en barriär som skyddar människor som befinner sig både inomhus och utomhus bakom skärmen/vallen (Norconsult, 2010). I östra delen av planområdet planar vallen ut och detta bedöms påverka skyddseffekten av vallen. Bedömd skyddseffekt av vallen sänks därför till 95 % i riskberäkningarna.



Figur 6. Översikt över befintlig utformning av området. © OpenStreetMap contributors

4.1 Framtida utveckling

Tornstaden har arbetat fram förslag till bebyggelse kring handelsträdgården och växthuset, se Figur 7. I det scenario som denna rapport utgår från, utvecklas området med cirka 280 nya bostäder fördelat på cirka 235 lägenheter och 45 småhus. Ny bebyggelse redovisas med ett minsta avstånd på cirka 33 meter från väggkant på riksväg 40 och cirka 78 meter från närmaste räls på kust till kustbanan.



Figur 7. Illustration över ny detaljplan Växthuset (AL Studio, 2023).

4.2 Antal personer närvarande i planområdet

För att kunna bedöma konsekvenser i planområdet av eventuella olyckor med farligt gods inblandade så har en uppskattning gjorts av antalet människor som i genomsnitt förväntas befinna sig i området. Endast personer i det studerade planområdet tas det hänsyn till i beräkningarna och underlag för beräkningarna är tillhandahållna av Tornstaden.

Enligt statistik från statistiska centralbyrån så bor det cirka 1,9 personer per bostad i flerbostadshus och cirka 3 personer per småhus i Härryda kommun (Statistiska centralbyrån, 2022). Denna siffra används som underlag för att beräkna totalt antal personer i bostadsområden. På dagtid (06-18) antas schablonmässigt att hälften av personerna är på plats. På natten (18-06) bedöms alla vara på plats. Av personerna på plats antas schablonmässigt att 93 % befinner sig inomhus på dagtid och resten utomhus. Motsvarande siffra nattetid är att 99% befinner sig inomhus och resten utomhus.

Befintlig och föreslagen framtida markanvändning i området anges i Figur 8.



Figur 8. Förslag på ny exploatering detaljplan Växthuset uppdelat på olika områden där även befintlig bebyggelse redovisas (AL Studio, 2023).

En sammanställning av personer på plats i genomsnitt i de olika områdena kan ses i Tabell 4.

Tabell 4. Markanvändning samt antal personer på plats per område.

Område	Markanvändning	Antal personer dagtid inomhus	Antal personer dagtid utomhus	Antal personer nattetid inomhus	Antal personer nattetid utomhus
A	40 lägenheter, 4 småhus	41	3	87	1
B	45 lägenheter, 12 småhus	56	4	120	1
C	115 lägenheter, 24 småhus	135	10	288	3
D	35 lägenheter, 5 småhus	38	3	81	1
E	12 befintliga småhus	17	1	36	0

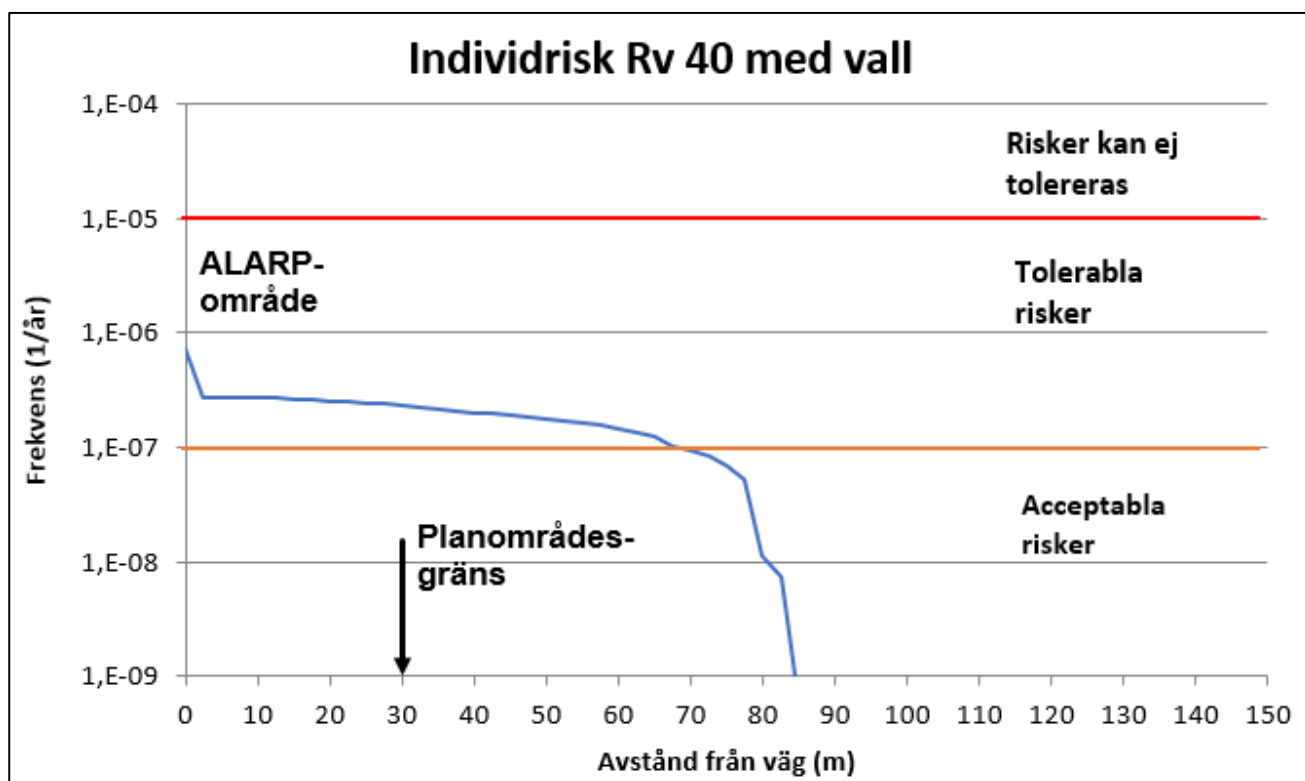
5 Resultat

I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten för riksväg 40 och kust till kustbanan utifrån individrisk samt samhällsrisk utan skyddsåtgärder. Dessutom redovisas en osäkerhetsanalys där antalet farligt gods transporter och antal personer på plats i området ökas med 25 %. De ingångsvärden för beräkningarna som är specifika för planområdet har redovisats i *Kapitel 4*.

Ingångsvärden för sannolikheter och konsekvenser för de möjliga händelseförlopp när en olycka väl inträffat samt beräkningsmetoderna redovisas i *bilaga 1 och 2*.

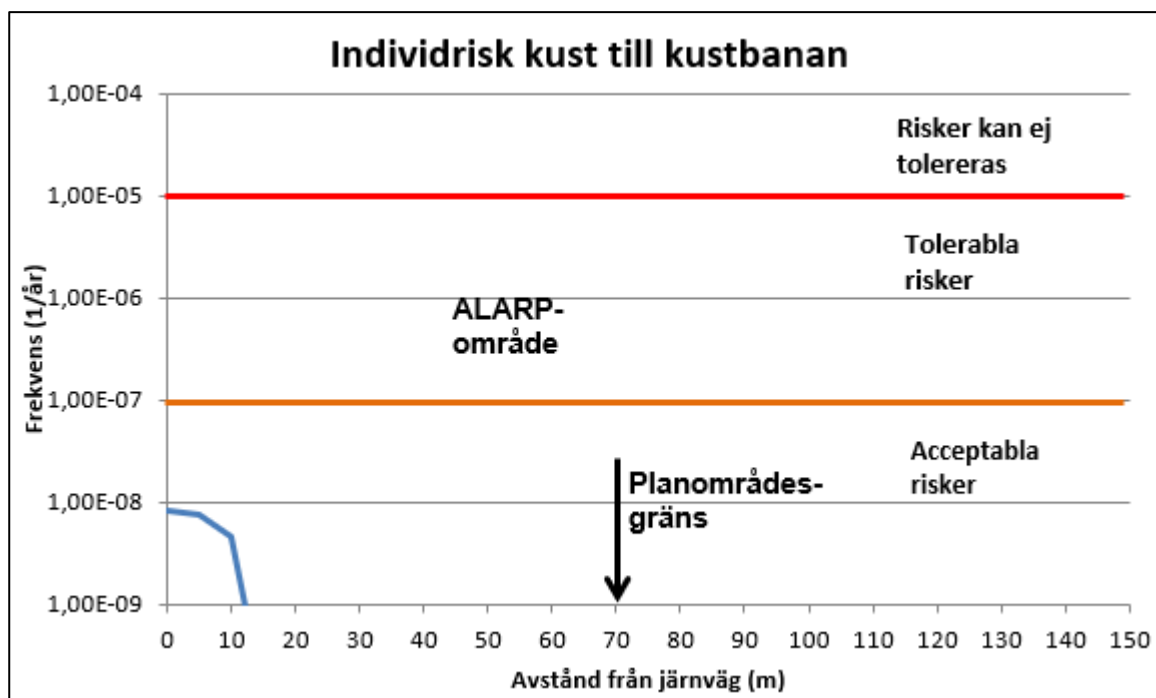
5.1 Individrisk

I Figur 9 och Figur 10 visas individrisken för planområdet längs med riksväg 40 och kust till kustbanan. Individrisken är oberoende av antal personer närvarande i området vilket innebär att beräknad individrisk gäller oavsett vad som byggs i planområdet. Resultatet av beräkningarna för individrisken visar att risknivån är inom ALARP-området fram till cirka 70 meter ifrån vägkant. Det innebär att för att risknivån i området ska tolereras ska alla rimliga åtgärder vidtas inom 70 meter. På avstånd längre än 70 meter ifrån vägen är individrisknivån acceptabel.



Figur 9. Individrisken längs riksväg 40 med skyddsvall vid det studerade området.

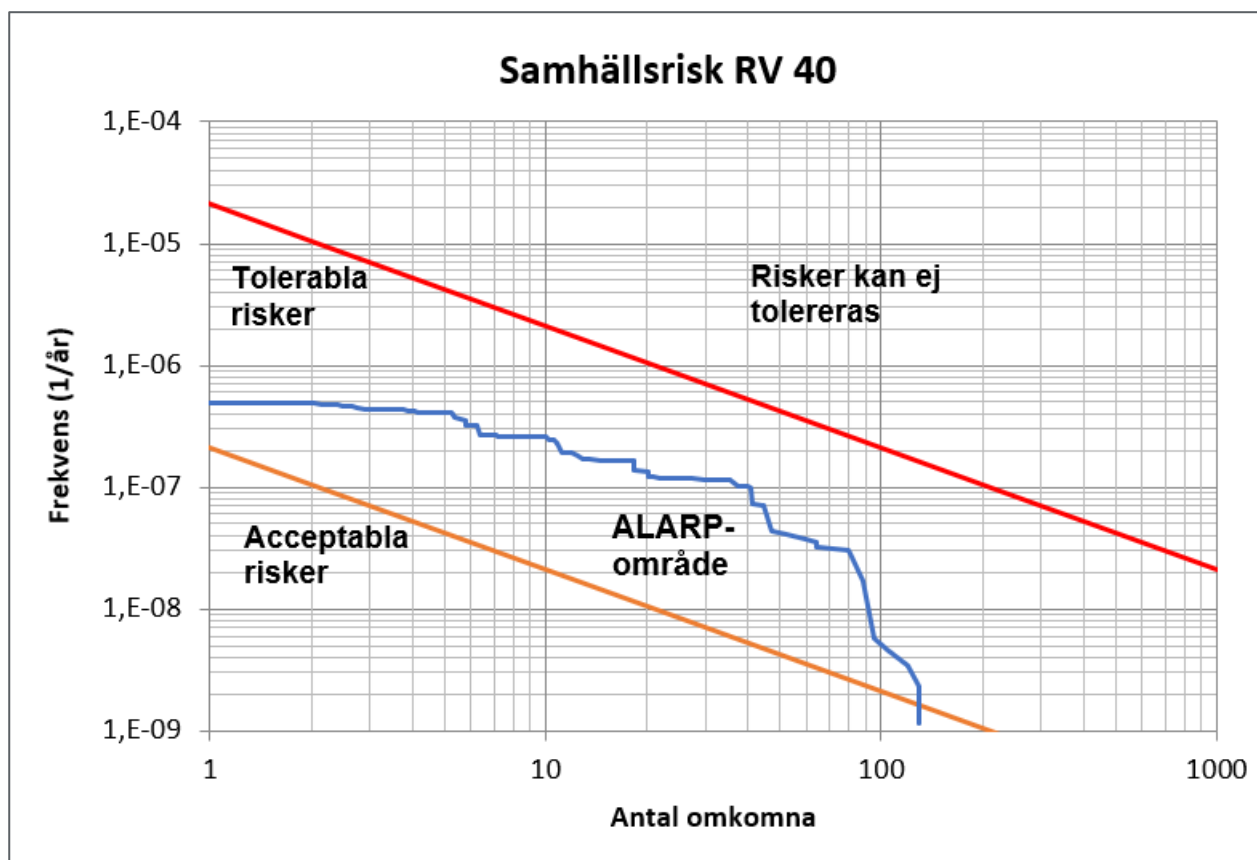
I Figur 10 visas individrisken utmed kust till kustbanan. Resultatet av beräkningarna för individrisken visar att risknivån är acceptabel oavsett avstånd från kust till kustbanan.



Figur 10. Individrisken längs kust till kustbanan.

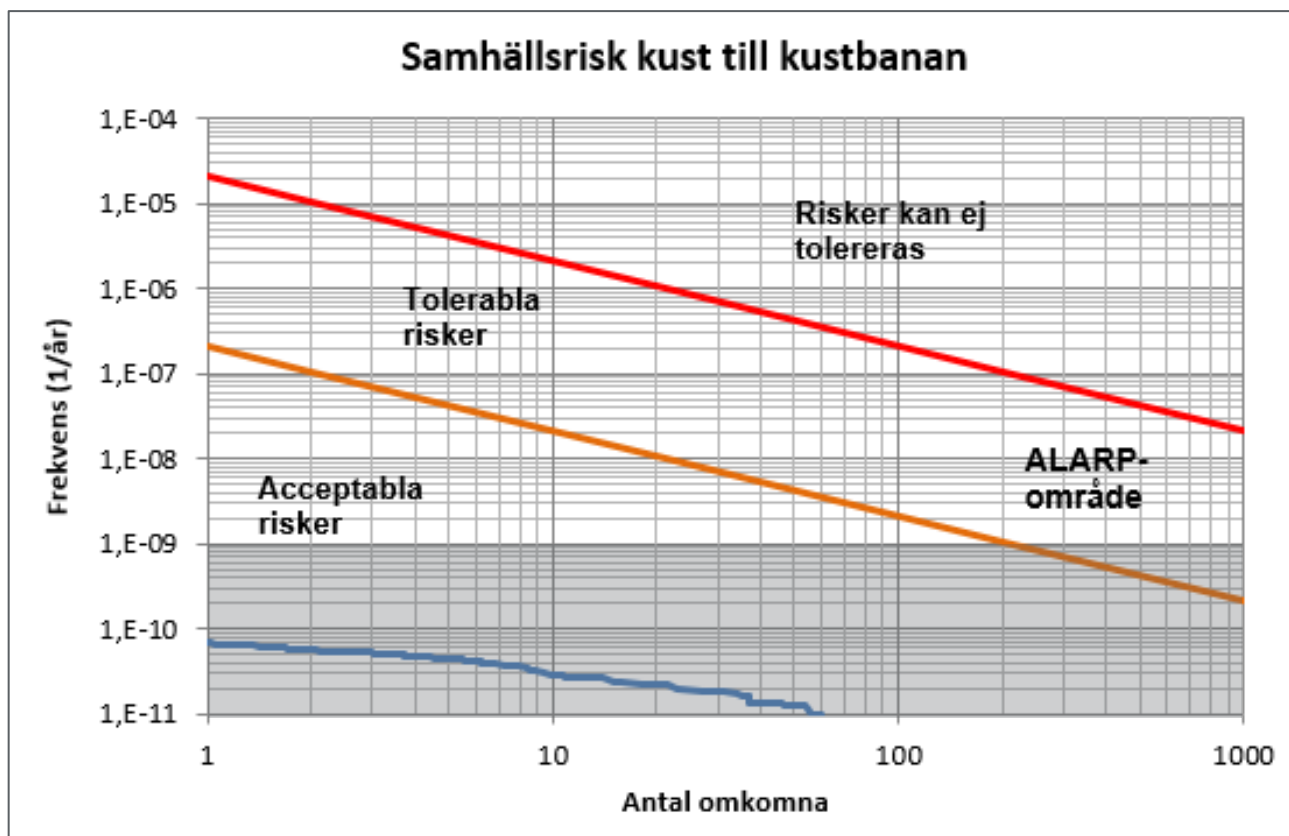
5.2 Samhällsrisk

I Figur 11 visas resultatet av samhällsrisk i planområdet från riksväg 40 vid exploatering. Resultatet av samhällsriskberäkningarna visar att risknivån i området är inom de övre delarna av ALARP-området, enligt DNV:s kriterier. Det betyder att risknivån kan tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas. Beräkningarna visar att det är olycksscenario som leder till explosion som är dimensionerande för riskkurvan. Detta eftersom skyddsvallen ger ett väl fungerande skydd mot olika typer av brandscenarion och scenarion med utsläpp av giftig gas men inte för olycksscenario som leder till explosion.



Figur 11. Samhällsrisk på grund av transporter av farligt gods på riksväg 40 för etablering i DP Växthuset.

I Figur 12 visas resultatet av samhällsrisk i planområdet från kust till kustbanan vid exploatering. Resultatet av samhällsriskberäkningarna visar att risknivån i området acceptabel, enligt DNV:s kriterier. Det betyder att risknivån kan accepteras utan särskilda krav på skyddsåtgärder. Den största anledningen till att risknivåerna på kust till kustbanan är så pass låga är att antalet prognosticerade transporter är jämförelsevis få. På riksväg 40 går det exempelvis 25 gånger fler transporter jämfört med järnvägsvagnar på kust till kustbanan. En annan bidragande faktor är att avståndet är relativt långt mellan planerad bebyggelse och järnvägen.



Figur 12. Samhällsrisk på grund av transporter av farligt gods på kust till kustbanan. Grått område redovisas normalt sett inte i riskutredningar men redovisas här för att ge en fullständig bild av risknivån.

Eftersom planområdet påverkas av risker från båda transportlederna så kan en sammanlagd risknivå visa den sammantagna samhällsrisk i området. Eftersom risknivån från kust till kustbanan generellt ligger en faktor 1 000 lägre än risknivåerna på riksväg 40 så är den sammanlagda risknivån endast beroende på riskerna från riksväg 40.

5.3 Osäkerhetsanalys

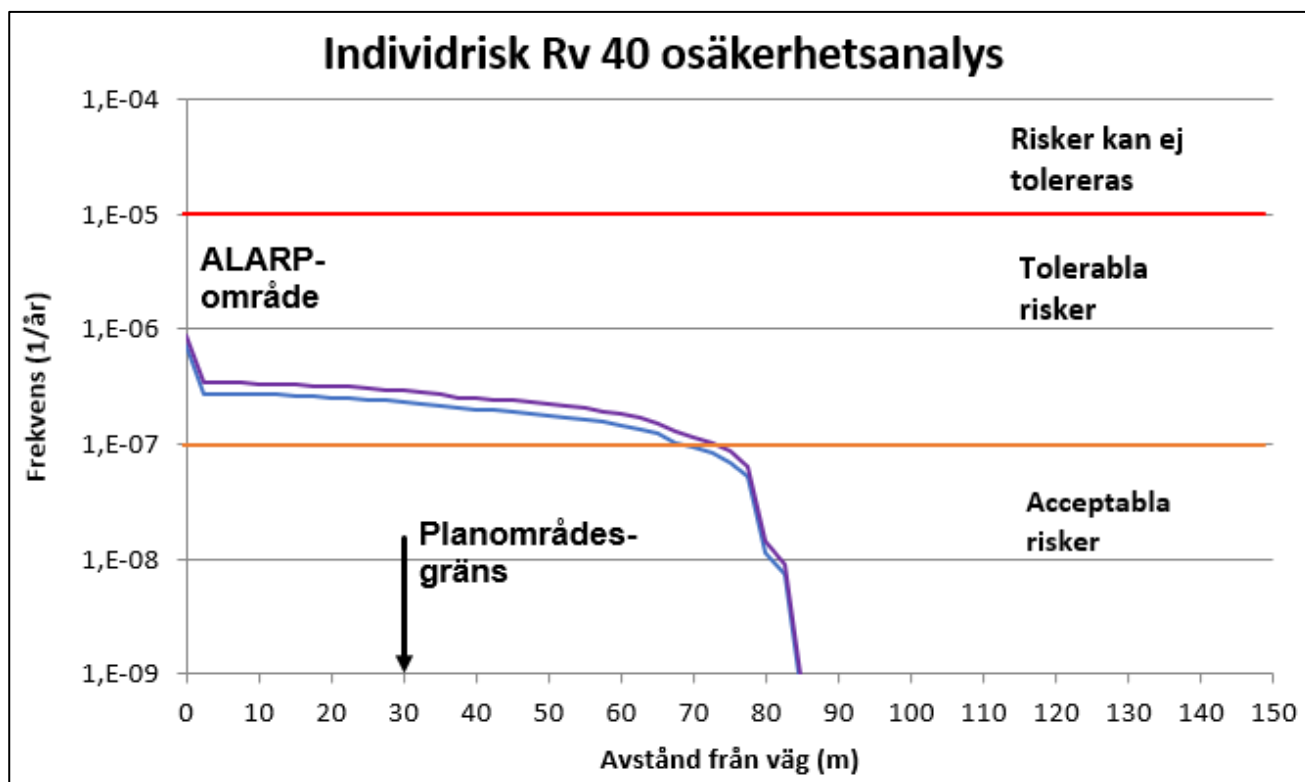
Det finns alltid osäkra faktorer i beräkningar av risker i samband med transporter av farligt gods förbi områden där det vistas människor. Eftersom det handlar om en prognos för en framtida situation så är osäkerheten i vilka mängder farligt gods som kommer transporteras förbi området i framtiden. Därför antas en ökning av transporter med farligt gods på 25% utifrån de tidigare beräknade flödena för prognosår 2040 för den studerade sträckan.

Antaganden för antalet personer som kommer vistas i det studerade området förknippas också med en viss osäkerhet. Därför har även en osäkerhetsanalys för en ökning av 25% av antagandet för personer i området genomförts. Denna har beräknats tillsammans med en ökning av antalet transporter av farligt gods.

Resultatet av beräkningarna för osäkerhetsanalyserna är presenterade nedan.

Individrisk

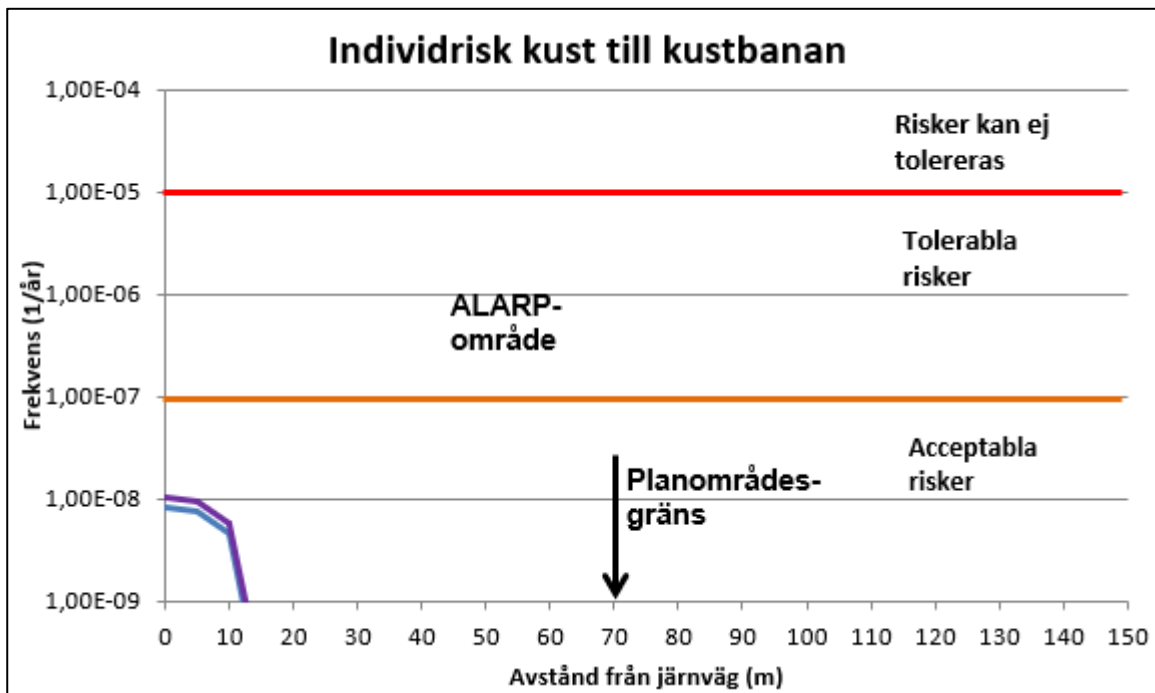
Figur 13 visar individrisken vid en osäkerhetsanalys med en ökning på 25% av transporter med farligt gods. En ökning av persontätheten i området påverkar inte individrisken då den är oberoende av det.



Figur 13. Osäkerhetsanalys för individrisken med, lila linje vid en ökning av antalet transporter av farligt gods med 25%. Blå linje visar ursprungsberäkningen.

Resultatet av osäkerhetsanalysen visar en viss höjning av risknivån och är inom lägre delarna av ALARP-området. Individrisken anses vara på en acceptabelnivå vid 75 meter, vilket är en ökning med 5 meter jämfört med ursprungsberäkningen.

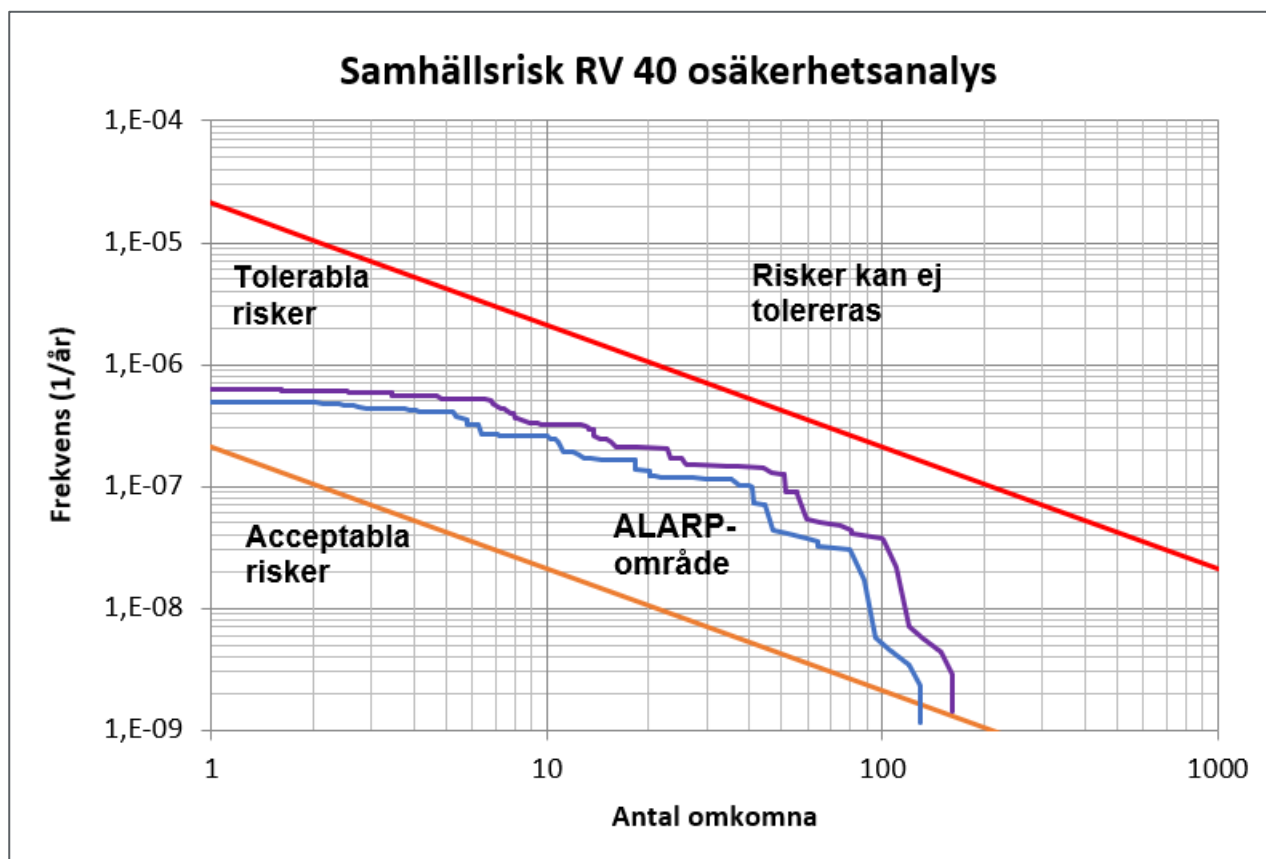
Figur 14 visar individrisken med längs med kust till kustbanan vid en osäkerhetsanalys med en ökning på 25% av transporter med farligt gods. Beräkningen visar att individrisken fortfarande är acceptabel oavsett avstånd från kust till kustbanan.



Figur 14. Osäkerhetsanalys för individrisken med, lila linje vid en ökning av antalet transporter av farligt gods med 25 %. Blå linje visar ursprungsberäkningen.

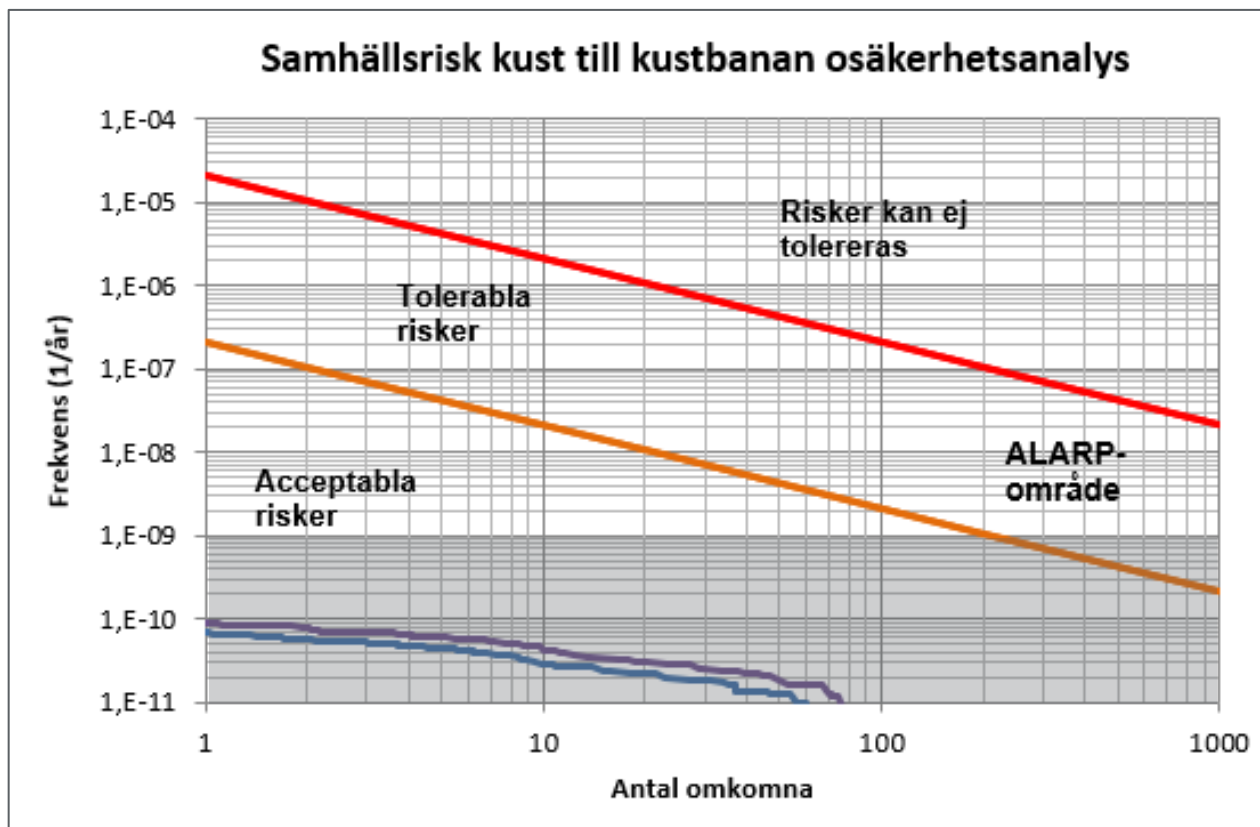
Samhällsrisk

I Figur 15 visas resultatet av osäkerhetsanalysen vid en ökning av antalet transporter av farligt gods med 25% och antalet personer i området med 25%.



Figur 15. Osäkerhetsanalys för samhällsrisken för en ökning av antalet transporter med farligt gods samt ökning av antalet personer med 25 % (lila linje). Blå linje visar ursprungsberäkningen.

Resultatet av beräkningarna visar att vid ökning av antalet farligt gods transporter och antal personer med 25 % så är samhällsriskerna fortsatt inom övre delen av ALARP-området. Inget ytterligare kriterium överskrids vid en ökning av osäkra parametrar med 25% vilket stärker tidigare bedömning att skyddsåtgärder som är ekonomiskt rimliga och tekniskt genomförbara bör vidtas.



Figur 16. Osäkerhetsanalys för samhällsriskerna för en ökning av antalet transporter med farligt gods samt ökning av antalet personer med 25 % (lila linje). Blå linje visar ursprungsberäkningen.

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 för ursprungsberäkningen är på acceptabel nivå först på ett 70 meters avstånd från riksväg 40 för det planerade området. Individrisken är acceptabel oavsett avstånd från kust till kustbanan. Beräkningarna av samhällsrisken ligger inom övre delen av ALARP-området för risker kopplade till transporterna av farligt gods på riksväg 40. Detta innebär att risknivån kan tolereras om alla rimliga åtgärder vidtas för den nya bebyggelsen. Samhällsrisikberäkningen för kust till kustbanan visar att risknivåerna är acceptabla.

Samhällsrisken är belägen i den övre delen av ALARP-området och ökar något men ligger kvar i den övre delen av ALARP-området vid osäkerhetsanalysen av riskerna från riksväg 40. Detta innebär att åtgärder bör vidtas men att åtgärder fortsatt ska värderas utifrån dess rimlighet då nivån är inom ALARP. I och med att resultatet är inom ALARP-området bör en bedömning av möjliga riskreducerande åtgärder göras. De dimensionerande olycksscenarioerna bedöms vara de som leder till explosion.

6.2 Riskreducerande åtgärder

Nedan följer beskrivning av de riskreducerande åtgärderna som diskuterats och hanterats som förslag att implementera i eller i omgivning till planområdet.

För att skydda människor inomhus mot det dimensionerande olycksscenarioet som bedömts vara explosionsscenarioet så bör byggnader inom 50 meter från riksväg 40 dimensioneras för att förhindra fortskridande ras (en mindre del av byggnaden kan tillåtas rasa). Enligt länsstyrelsen i Hallands län kan en dimensioneringsförutsättning vara en explosionslast motsvarande 10 kg gasol med explosionscentrum vid väggkant (Länsstyrelsen Hallands län, 2011). Exempel på en möjlig konstruktion som kan motstå dessa explosionstryck är byggnader med sammanhållen betongstomme.

Ytterligare skyddsåtgärder som bedöms vara rimliga är att placera friskluftsintag högt och vänt bort från leden samt att utrymning ska vara möjlig bort från transportleden.

Riskerna från transporter av farligt gods på kust till kustbanan bedöms vara så pass låga så att riskreducerande åtgärder inte är rimliga att kräva utifrån denna transportled.

7 Diskussion och slutsats

Beräkningarna av risknivåer från transport av farligt gods visar att individrisken är acceptabel först vid ett avstånd på 70 meter från riksväg 40. Detta innebär att människor inte bör uppmuntras till stadigvarande vistelse utomhus i oskyddat läge inom 70 meter från väggkant på riksväg 40.

Riskenivåerna avseende samhällsrisik för transport av farligt gods på väg 40 ligger i den övre delen av ALARP-området vilket medför att tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga skyddsåtgärder ska genomföras.

Den skyddsvall som finns utmed stora delar av riksväg 40 bedöms ge ett effektivt skydd mot scenarion med brandfarliga vätskor samt brandfarliga och giftiga gaser. I beräkningarna har det förutsatts att vätskorna inte rinner ner mot den nya bebyggelsen. De dimensionerande olyckorna för beräkningsresultatet är de som leder till explosioner. Den nya bebyggelsen inom 50 meter från väggkant på riksväg 40 bör därför utformas för att minska risken för fortskridande ras (en mindre del av byggnaden kan tillåtas rasa) på byggnaden.

Beräknade risknivåer på grund av transporter av farligt gods på kust till kustbanan bedöms inte vara så höga så de motiverar några skyddsåtgärder för planområdet.

Följande skyddsåtgärder föreslås på ny bebyggelse:

- Utrymning bör vara möjlig bort från riksväg 40.
- Ventilation bör placeras högt och i skyddat läge som inte direkt vetter mot riksväg 40.
- Byggnader inom 50 meter från väggkant på riksväg 40 ska utformas för att minska risken för att fortskridande ras inträffar.

För att skydda människor som befinner sig utomhus föreslås följande skyddsåtgärder:

- Utmed riksväg 40 bör planområdet inom 70 meter från väggkant på riksväg 40 inte uppmuntra människor till stadigvarande vistelse utomhus i oskyddat läge. Exempel på hur man undviker att inbjuda till stadigvarande vistelse kan vara att undvika bänkar, utegym, lekplatser etc.

Om dessa skyddsåtgärder införs bedöms risknivåerna vara tolerabla enligt använda kriterier.

8 Referenser

- AL Studio. (2023). *Situationsplan Landvetter Växthusen*.
- Länsstyrelsen. (2006). *Riskhantering i detaljplaneprocessen - Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods*. Länsstyrelsen.
- Länsstyrelsen Hallands län. (2011). *Risکانالys av farligt gods i Hallands län*. Länsstyrelsen Hallands län.
- MSB. (2006). *Kartläggning av farligt godstransporter - september*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- Norconsult . (2012). *Hexionområdet, Mölndal. Riskutredning avseende transport av farligt gods*.
- Norconsult. (2010). *Gårda 1:15, 2:12 och 3:12 - Riskutredning avseende transport av farligt gods*. Norconsult.
- Norconsult. (2011). *PM uppdatering riskanalys för Hexionområdet, Mölndals kommun*.
- Räddningstjänsten storgöteborg. (2004). *Riktlinjer för riskbedömningar*. Räddningstjänsten storgöteborg.
- Räddningsverket. (1996). *Farligt gods - riskbedömning vid transport*. Räddningsverket.
- Räddningsverket. (1997). *Värdering av risk*. Räddningsverket.
- Statistiska centralbyrån. (2022, februari 7). *Antal personer per hushåll efter region och boendeform. År 2012 - 2020*. Retrieved from Statistiska centralbyrån:
https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__HE__HE0111/HushallT29/
- TRAFÄ. (2019). *Lastbilstrafik 2000-2018. Årliga rapporter utgivna av TRAFÄ (fd. SIKÄ) tillsammans med SCB. Trafikanalys*.
- Trafikverket. (2020). *Yt- och grundvattenskydd - metodik för riskhantering och riskanalys samt principer för åtgärdsval, publikation 2020:171*. Trafikverket.
- Trafikverket. (2021:1). *Effektsamband för transportsystemet - Fyrstegsprincipen Steg 3 och 4, Bygg om eller bygg nytt*. Trafikverket.
- Trafikverket. (2021:2). *Trafikuppräkningsstal för EVA och manuella beräkningar 2017-2040-2060*. Trafikverket.
- Trafikverket. (2022:1, januari 15). *Nationell vägdatabas NVDB*. Retrieved from
<https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>
- Trafikverket. (2022:2). *Trafikuppgifter prognos 2040*.
- VTI. (2002). *Trafiksäkerhetsutvecklingen i Sverige fram till år 2001; VTI rapport 486*. VTI.
- Vägverket. (2008). *Effektsamband för vägtransportsystemet. Nybyggnad och förbättring - Effektkatalog, Vägverkets publikation 2008:11*. Vägverket.
- ÖSA. (2004). *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen*. Öresund Safety Advisers AB.

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

Innehåll

1	Beräkning av sannolikhet för olycka	3
2	Händelseträd	5
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
3	Konsekvenser av scenario	10
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
	Referenser	16

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

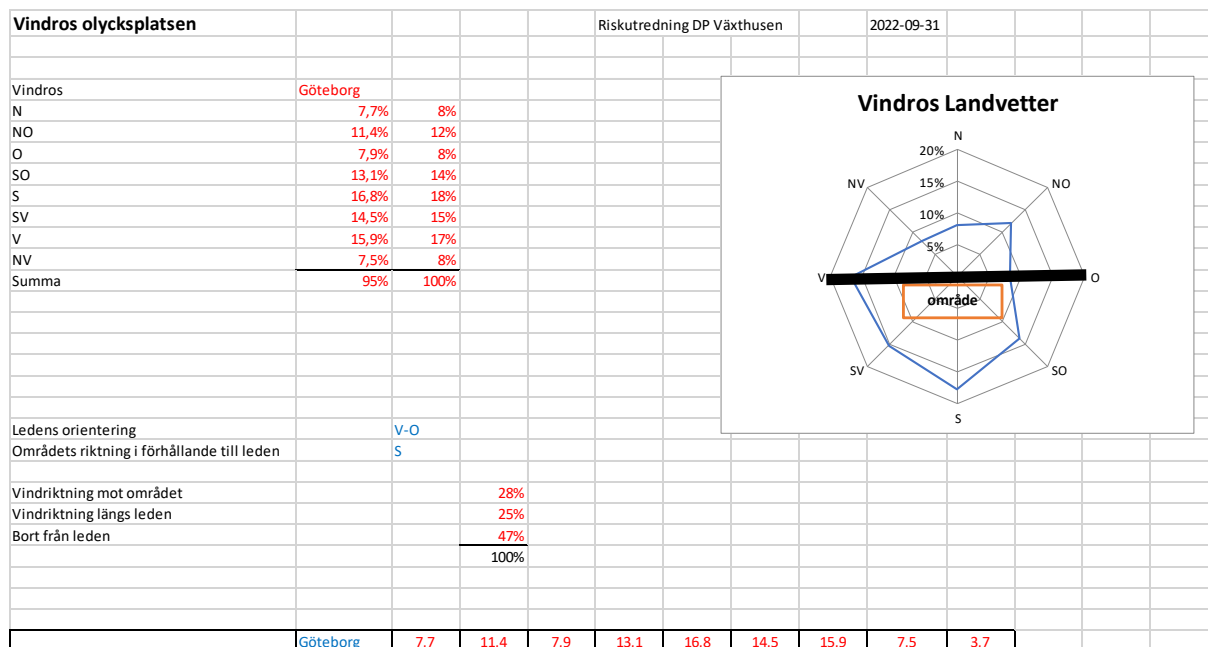
Sannolikheten för en olycka med transport av farligt gods beräknas utifrån de av Trafikverket angivna sannolikheter för personskadeolyckor per fordonskilometer på en vägsträcka av den aktuella typen (Vägverket 2008). Olycksrisken för enstaka fordon har beräknats ur risken per fordonskilometer för olyckor 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 DP Växthuset	2022-09-31
Olycksrisk				
Risk för olycka	2,75E-08	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,55			
Olycksrisk fordon	4,39E-08	1/km, år		
Område enl nedan	1	ange siffervärde		
Sannolikhet utströmning > 100 kg				
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	
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och natttid				
Andel transporter dagtid	0,7			
Faktor för osäkerhetsanalys (1,0 i vanliga fall 1,25 vid osäkerhetsanalys)	1,25			
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsrisk dag/km,år	utsläppsrisk natt/km,år
Klass 1, massexplisiv	12,5	1	3,8E-07	1,6E-07
Klass 2.1	5000,0	0,052	8,0E-06	3,4E-06
Klass 2.3	50,0	0,052	8,0E-08	3,4E-08
Klass 3, bensin	39375,0	0,101	1,2E-04	5,2E-05
Klass 5.1, explosionsrisk	416,7	0,101	1,3E-06	5,5E-07
Bredd på hus första raden [m]	45			
Medelavstånd till område inne [m]	55			
Medelavstånd till område ute [m]	30			
Områdets längd längs leden [m]	425			

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.

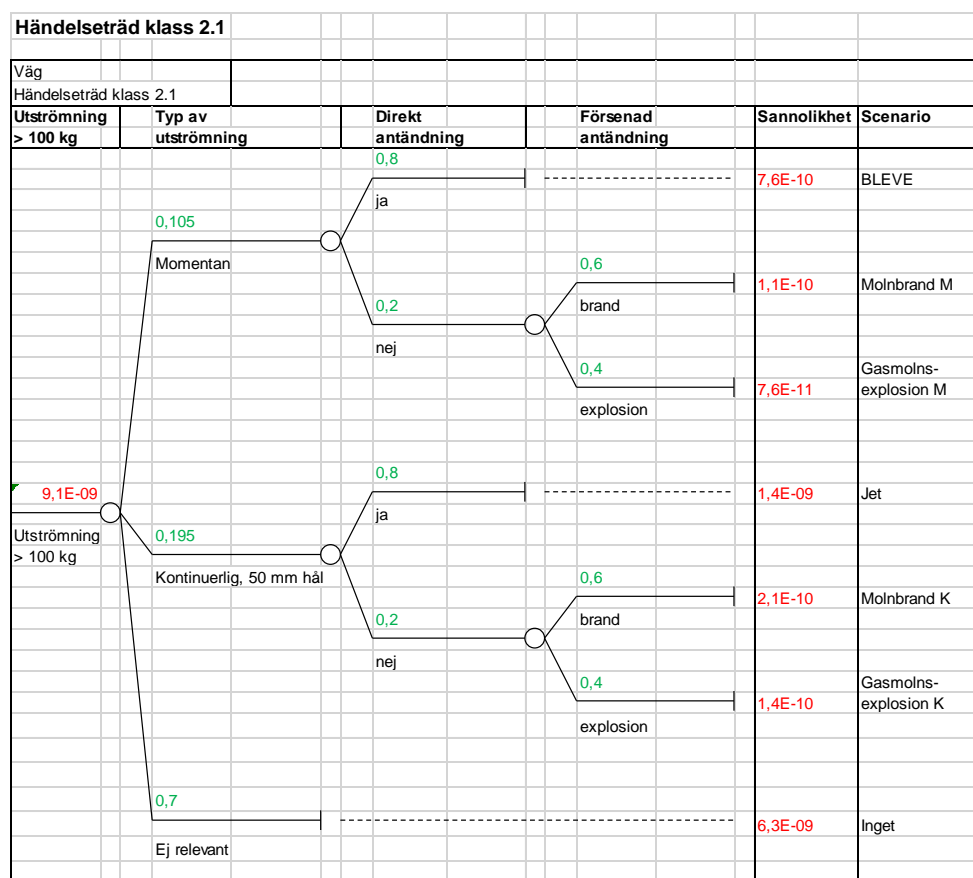
2 Händelseträäd

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

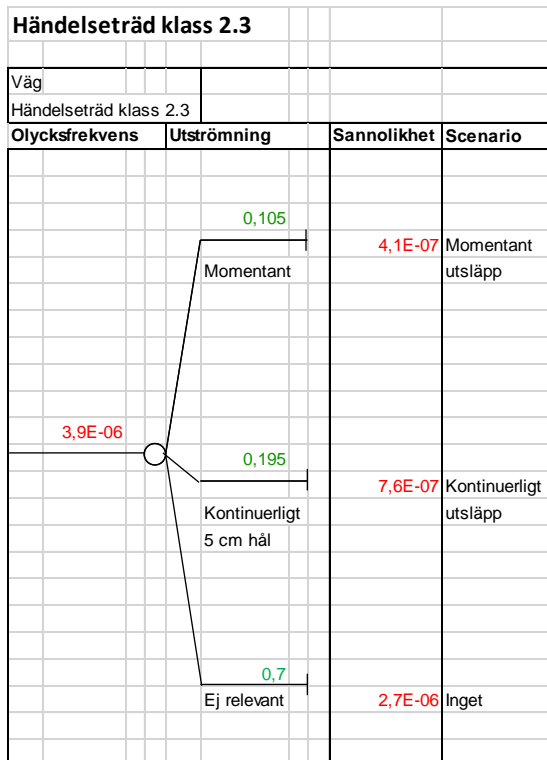
Den initiala olycksfrekvensen för händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 beräknas enligt *avsnitt 1* och resterande delen av händelseträdet baseras på RBM II. RBM II skiljer på om utsläppet sker momentant eller kontinuerligt för de berörda klasserna. Om utsläppet sker momentant släpps hela innehållet 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



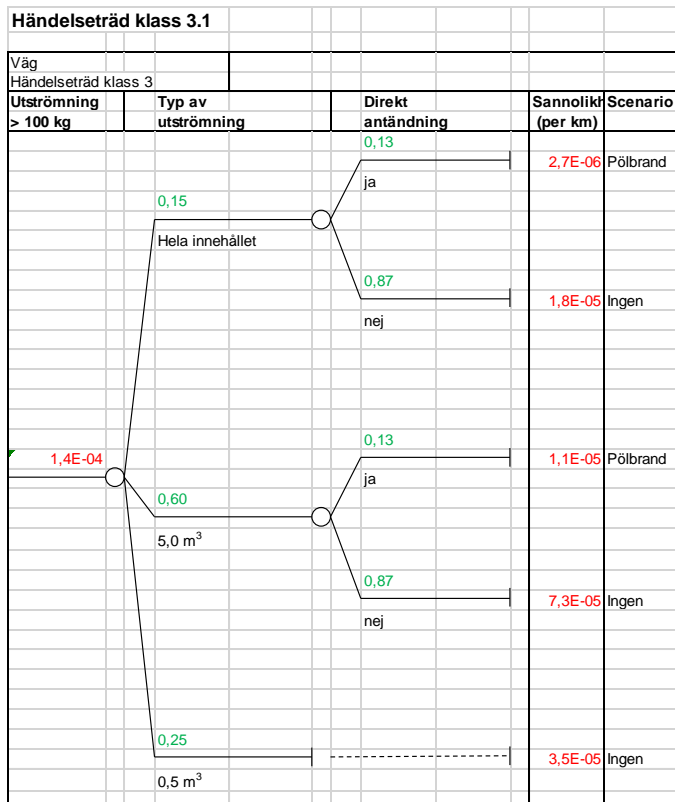
Figur 3. Händelseträäd olycka brandfarlig gas.

2.1.2 Klass 2.3



Figur 4. Händelseträäd för olycka giftiga gaser.

2.1.3 Klass 3



Figur 5. Händelseträäd 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.

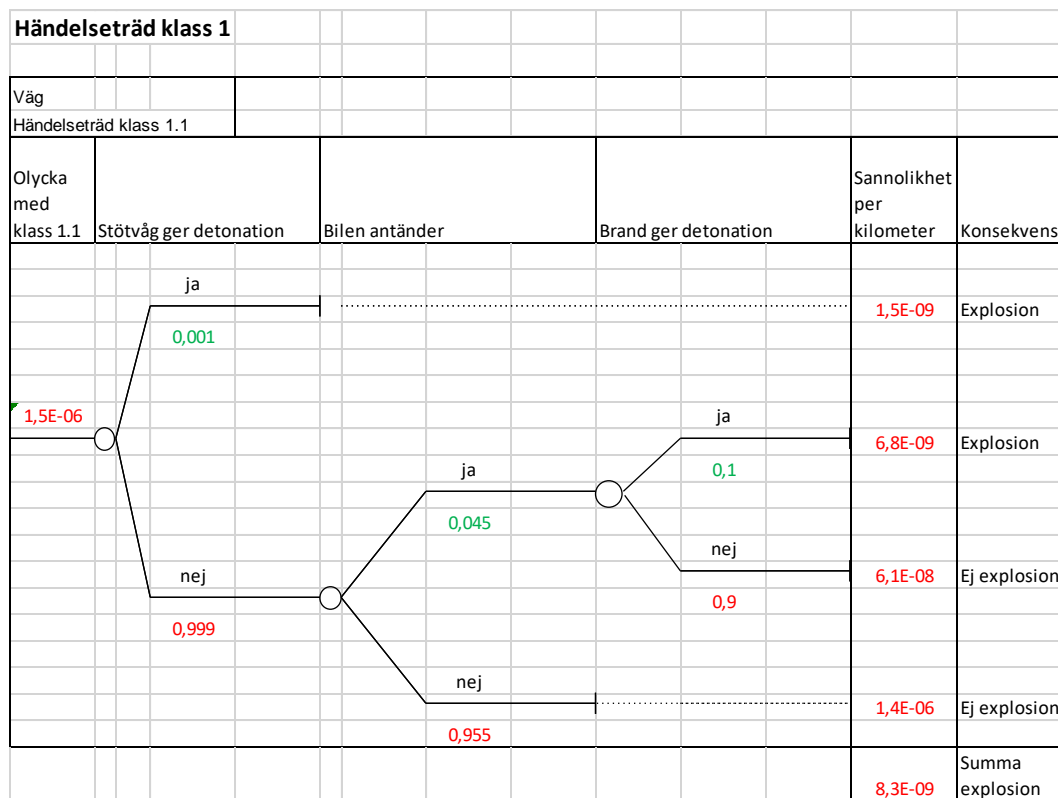
Tidigare studier har visat att den kritiska hastigheten för att en projektil skall leda till en explosion för ett emulsionssprängämne är några tiotals gånger större än för dynamit. En studie med fallvikter på nitroglycerinbaserade sprängämnen har visat att sannolikheten för antändning låg under 0,1 %. 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*.



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

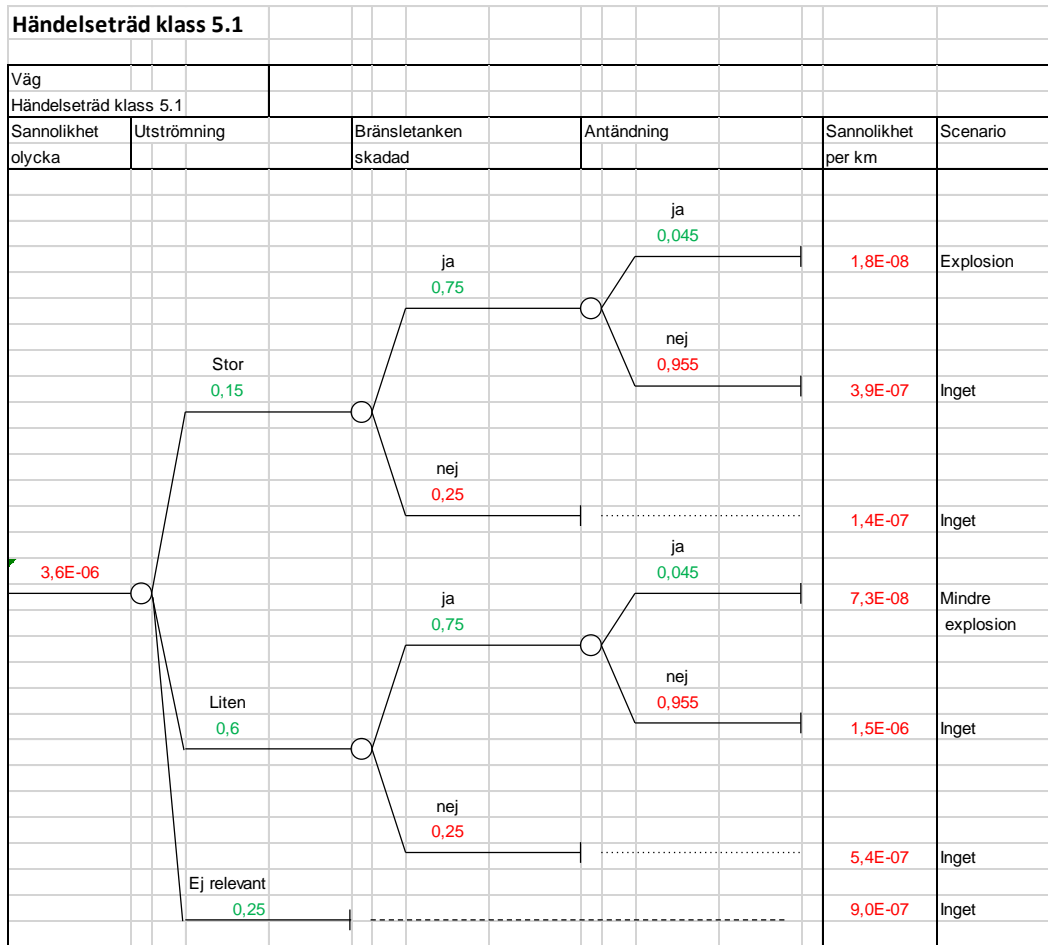
2.3 Klass 5.1

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 händelseträdet i *figur 7* nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar.



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

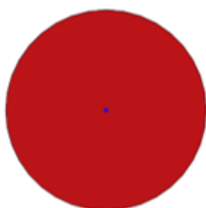
3 Konsekvenser av scenario

Detta steg görs i QGIS där antalet omkomna i var och ett av scenarierna 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 scenarierna. 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



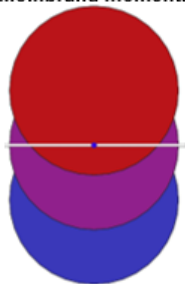
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	130 meter	72 meter	57 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

Jet



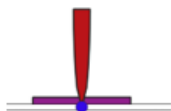
	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (halva längd)	37 meter	40 meter
Minor axis (halva bredd)	20 meter	34 meter
Avstånd centrum	29,5 meter	29,5 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,5

Molnbrand momentan



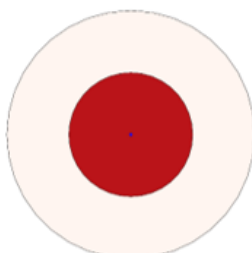
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	93 meter	93 meter	93 meter
Avstånd centrum	60 meter	0	-60 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



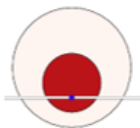
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	50 meter	50 meter
Maximala bredd	8,5 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



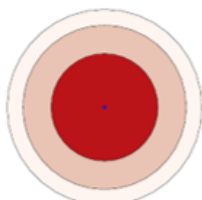
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	126 meter	252 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



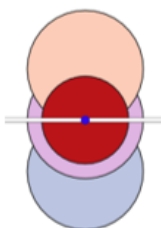
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	33 meter	67 meter
Avstånd centrum	16,5 meter	33,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



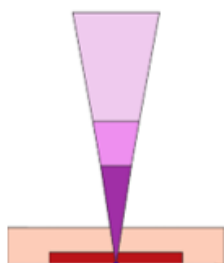
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	80 meter	108 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,3

Giftiga gaser momentan



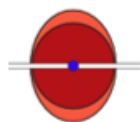
	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	30 meter	40 meter	40 meter	40 meter
Avstånd centrum	0	35 meter	0	-35 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

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.

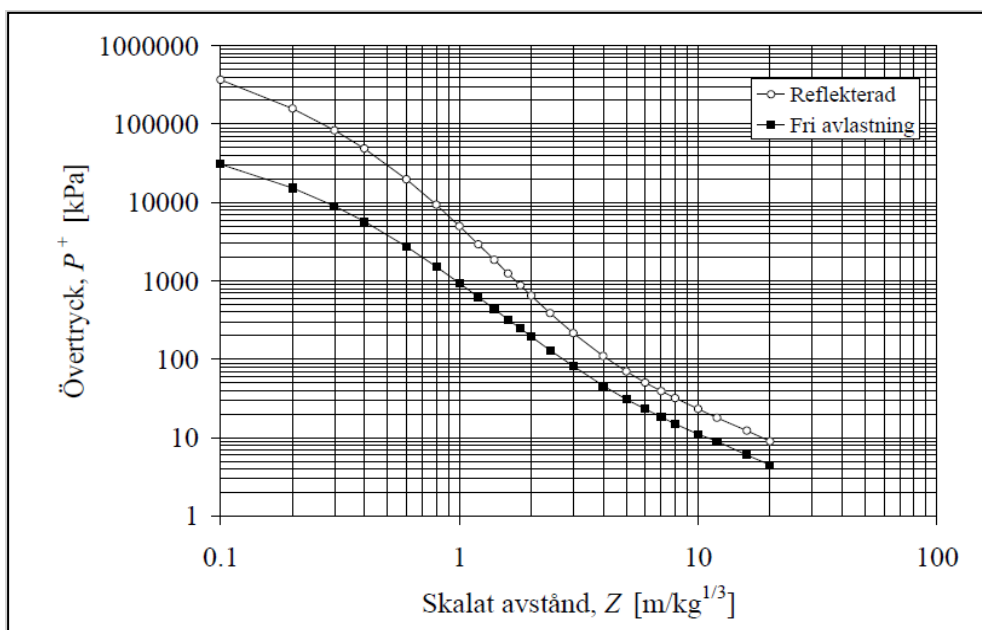
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

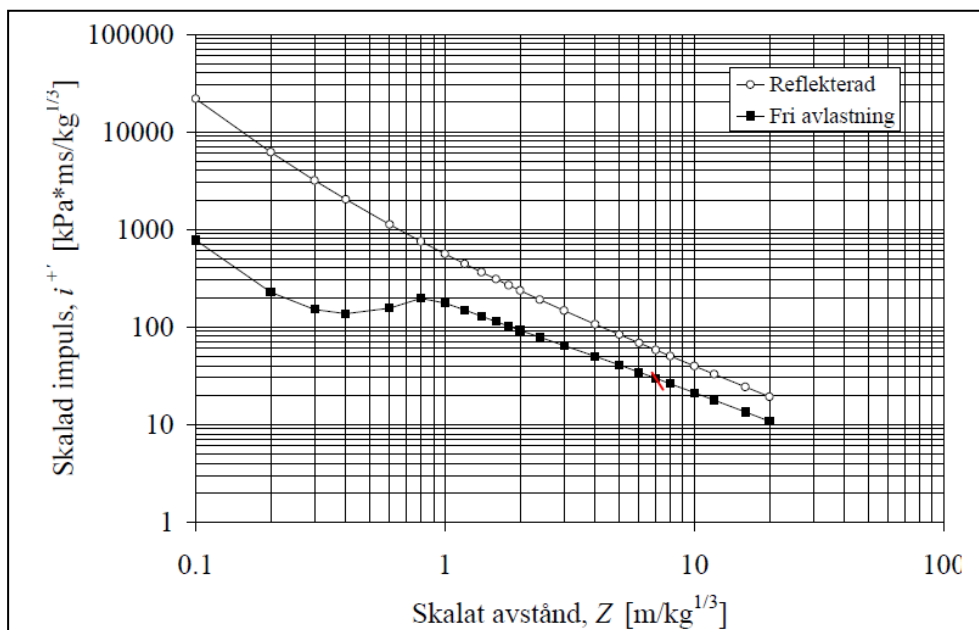
M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

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

Resultaten visas i *tabell 1*.

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

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

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 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

3.1.2 Skador utomhus

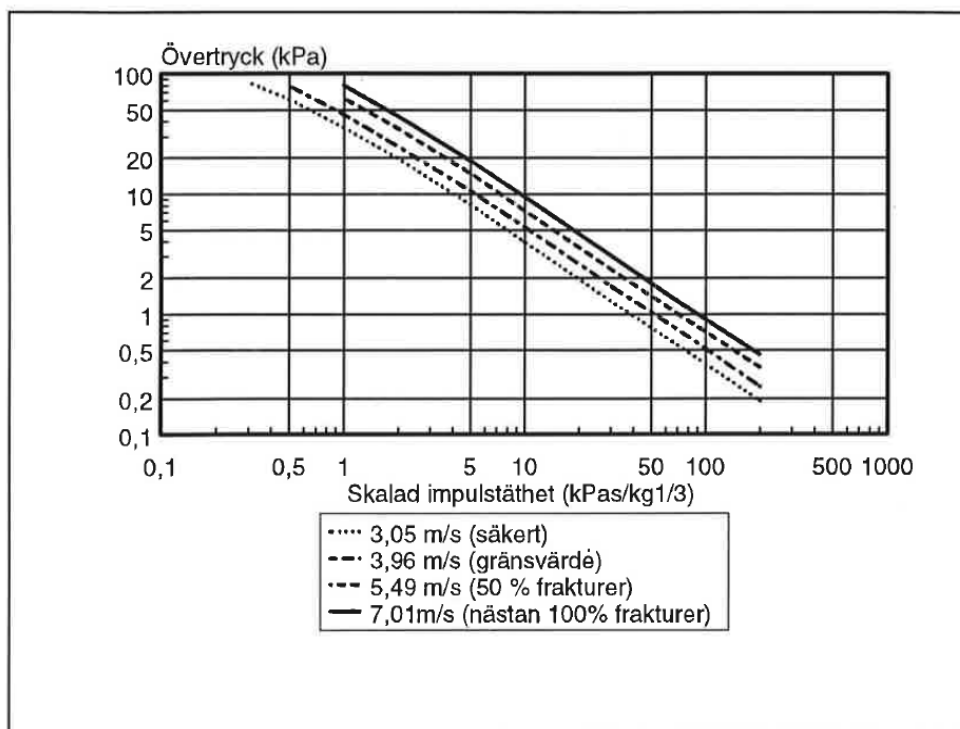
Direkta skador pga. tryck

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

Bilaga 2 – Beräkning av risker transport av farligt gods på järnväg

Innehåll

1	Beräkning av sannolikhet för olycka	3
2	Händelseträd	6
2.1	Händelseträd från RBM II	6
2.1.1	Klass 2.1	6
2.1.2	Klass 2.3	7
2.1.3	Klass 3	8
2.2	Klass 1	9
2.3	Klass 5.1	11
3	Konsekvenser av scenario	14
3.1	Klass 1	16
3.1.1	Skador på bebyggelsen	17
3.1.2	Skador utomhus	17
3.2	Klass 5.1	18
3.3	Individrisk	19
	Referenser	20

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

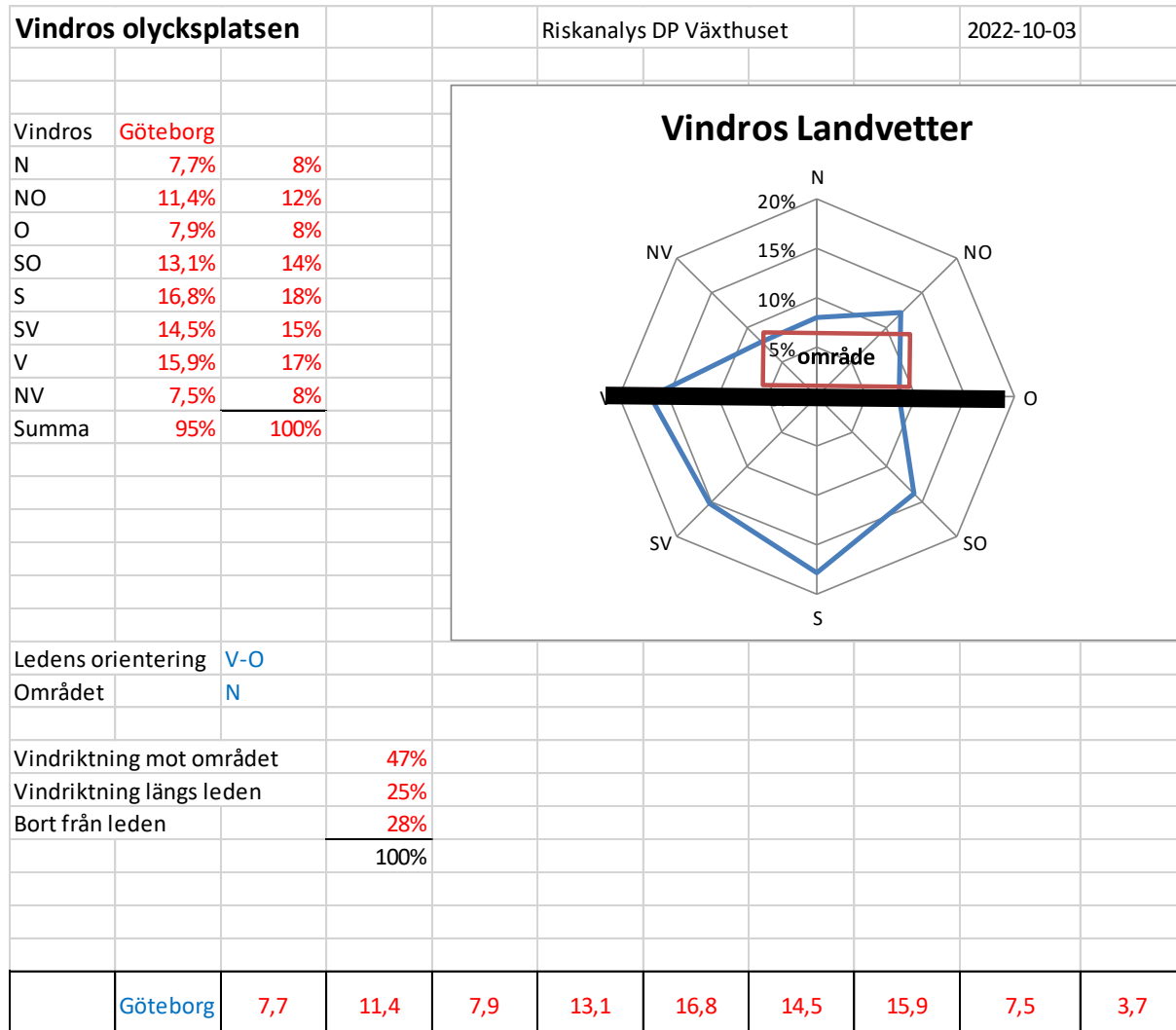
Olycksrisken för tåg beräknas enligt den av Banverket (numera en del av Trafikverket) angivna metod (Banverket 2001). Resultaten av beräkningen av olycksrisk per kilometer och år för de olika klasser farligt gods framgår i *figur 1*. Transporter av gods på järnvägen sker i stor utsträckning på natten då det finns bättre utrymme på banan pga. färre persontransporter. Utifrån en undersökning av fördelningen av godstransporter på Västra Stambanan antas att 25 % av godset transporteras dagtid och 75 % nattetid.

I *figur 1* framgår också ungefärliga avstånd till planområdet samt uppskattning av bredd på hus.

Ingångsdata 1(2)		Uppdragsnamn:	Risikanalys DP Växthuset	2022-10-03	
Beräkning av olycksfrekvens enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket 2001:5					
Ingångsdata					
Sträcka	1 km	Färgernas betydelse:		Fylls i	
Vagnaxel/vagn	2,75			Standard	
Tåglängd	292 m			Beräknas	
Vagnlängd	20 m				
Godståg/dag	10				
Persontåg/dag	14				
Pendeltåg/dag	0				
Antal vagnar/tåg	14,6				
Antal tåg/dag	24				
Antal tåg/år	8760				
Antal tåg/v	168				
Antal växlar	0				
Plankorsn. bommar	1				
Plankorsn. ljus	0				
Plankorsn. Kryss	0				
Vagnaxelkm/år	3,5E+05				
Vagnkm	1,3E+05				
Beräkning olycksrisken					
		Intensitet		Frekvens	
Orsak	Parameter	Spårklass A	Spårkl. B o C	Spårklass A	Spårkl. B o C
Rälsbrott	Vagnaxelkm	5,0E-11	1,0E-10	1,8E-05	3,5E-05
Solkurva	Spårkm	1,0E-05	2,0E-04	1,0E-05	2,0E-04
Spårilägesfel	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10	1,4E-04	1,4E-04
Växel sliten	Antal tågpassager	5,0E-09	5,0E-09	0,0E+00	0,0E+00
Växel ur kontroll	Antal tågpassager	7,0E-08	7,0E-08	0,0E+00	0,0E+00
Vagnfel	Vagnaxelkm	3,1E-09	3,1E-09	1,1E-03	1,1E-03
Lastförskjutning	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10	1,4E-04	1,4E-04
Plankorsn. bommar	Antal tågpassager	5,0E-08	5,0E-08	4,4E-04	4,4E-04
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	1,7E-03	1,7E-03
Summa	Olyckor per år/km			3,6E-03	3,8E-03
Antal tågkm/år				8,8E+03	8,8E+03
Olyckor per tågkm, år				4,1E-07	4,3E-07
Antal vagnkm/år				1,3E+05	1,3E+05
Olyckor per vagnkm, år				2,8E-08	2,9E-08
Beräkning antal vagnar med mkt brandfarliga vätskor per godståg					
antal godståg	3650				
andel m bensinvagnar	3%				
Områdesinfo					
Områdets storlek					
	Inne	Ute			
Planområdets avstånd leden	75	70	m		
Bredd på hus första raden	30	m			
Områdets längd längs leden	425	m			

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 järnvägen framgår. Närmaste mätstation där det finns tillgänglig vindstatistik från SMHI (SMHI 2006) har använts i beräkningarna.



Figur 2. Vindros för planområdet.

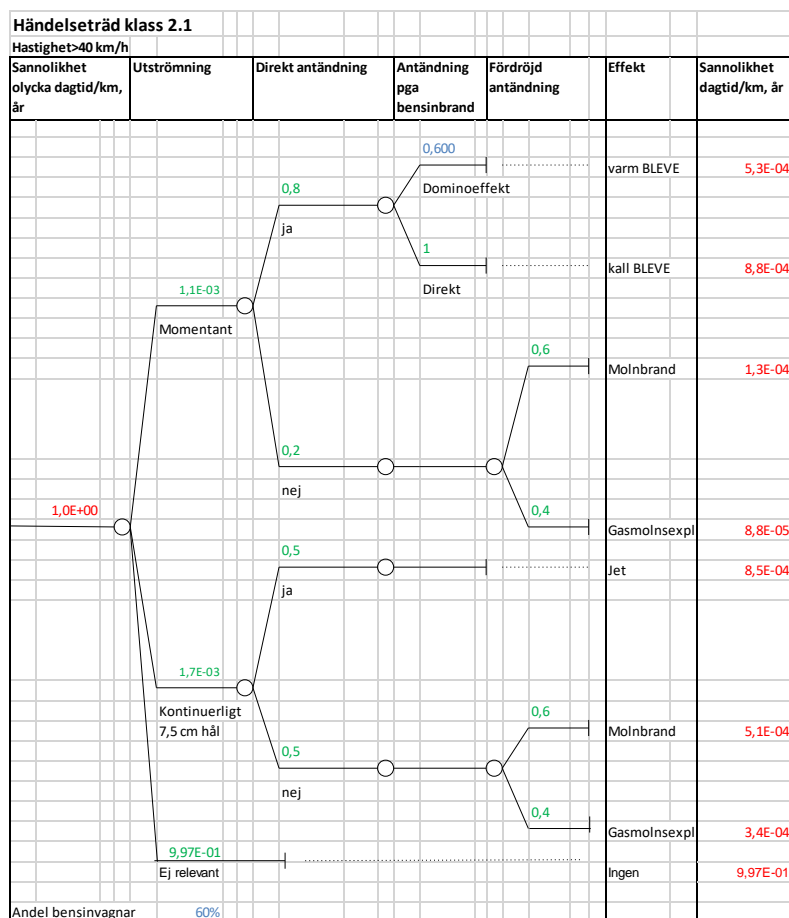
2 Händelseträäd

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. RBM II skiljer på sannolikheten för olika händelseförlopp beroende på om tågets hastighet är större eller mindre än 40 km/h. Därför presenteras två händelseträäd för var och en av klasserna.

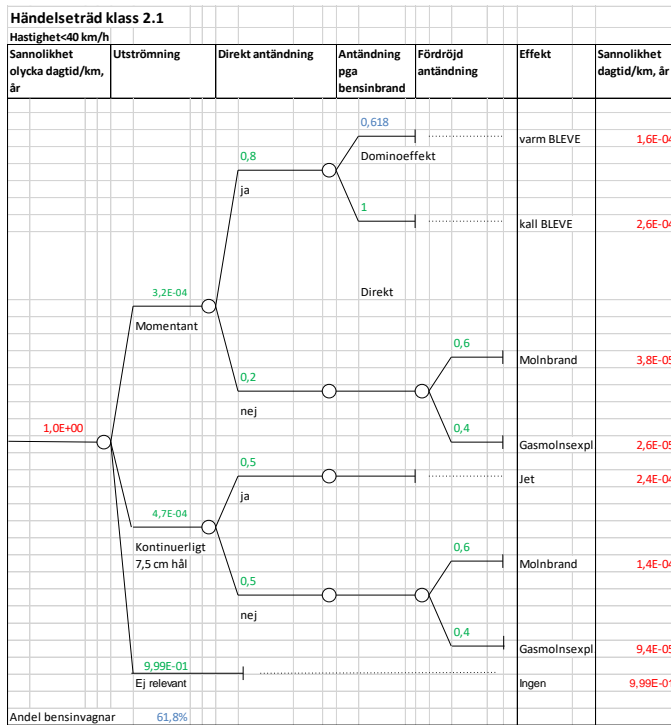
2.1 Händelseträäd från RBM II

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 alla 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 7,5 cm uppkommer i tanken på tankvagnen. Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 kan ses i *figur 3– figur 8*.

2.1.1 Klass 2.1

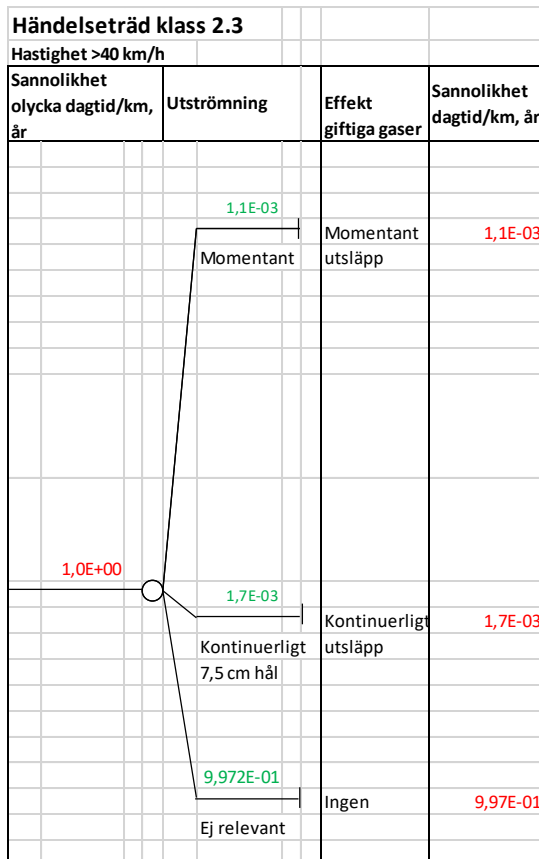


Figur 3. Händelseträäd olycka brandfarlig gas, tågshastighet över 40 km/h

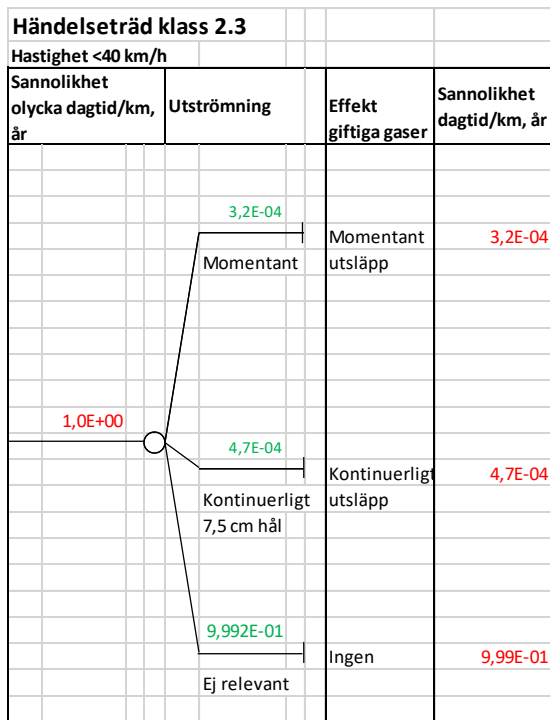


Figur 4. Händelseträd olycka brandfarlig gas, tågastighet under 40 km/h

2.1.2 Klass 2.3

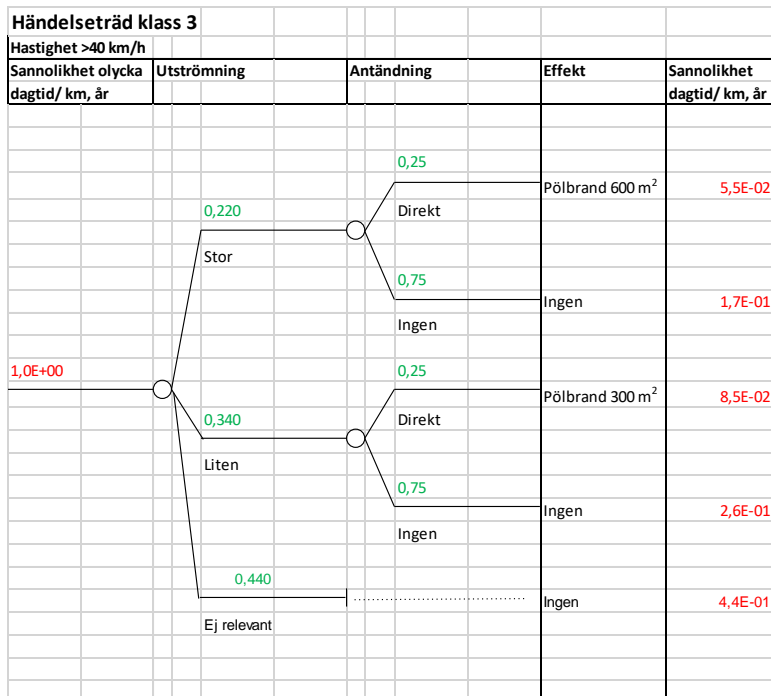


Figur 5. Händelseträd för olycka giftiga gaser, tågastigheter över 40 km/h



Figur 6. Händelseträäd för olycka giftiga gaser, tåghastigheter under 40 km/h

2.1.3 Klass 3



Figur 7. Händelseträäd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3. Tåghastighet över 40 km/h

Händelseträäd klass 3				
Hastighet <40 km/h	Utströmning	Antändning	Effekt	Sannolikhet dagtid/ km, år
1,0E+00	Stor	Direkt	Pölbrand 600 m ²	8,0E-03
			Ingen	2,4E-02
		Ingen	Pölbrand 300 m ²	1,2E-02
			Ingen	3,5E-02
	Liten	Ingen	Ingen	9,2E-01
			Ej relevant	

Figur 8. Händelseträäd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3. Tåghastighet under 40 km/h

2.2 Klass 1

Sannolikheten per vagnkilometer för en olycka med massexplösiva 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.

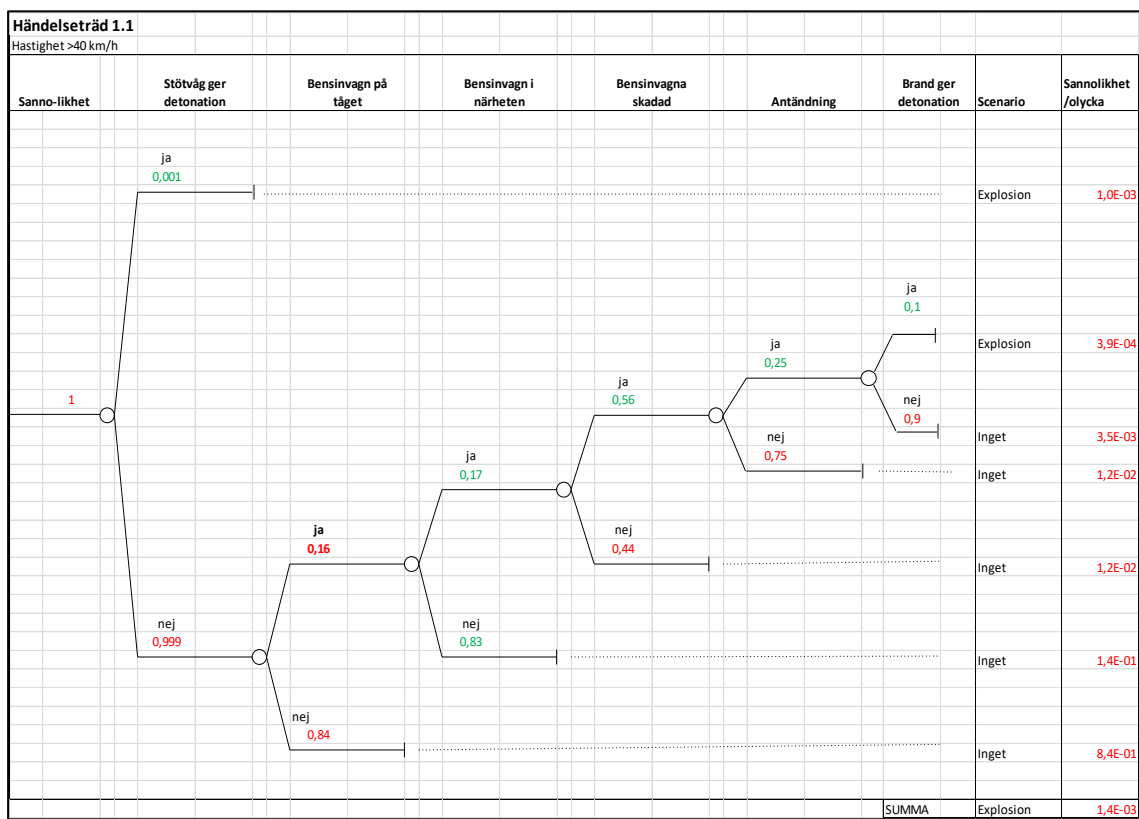
Sannolikhet för detonation på grund av brand

Sannolikheten för brand beräknas enligt följande.

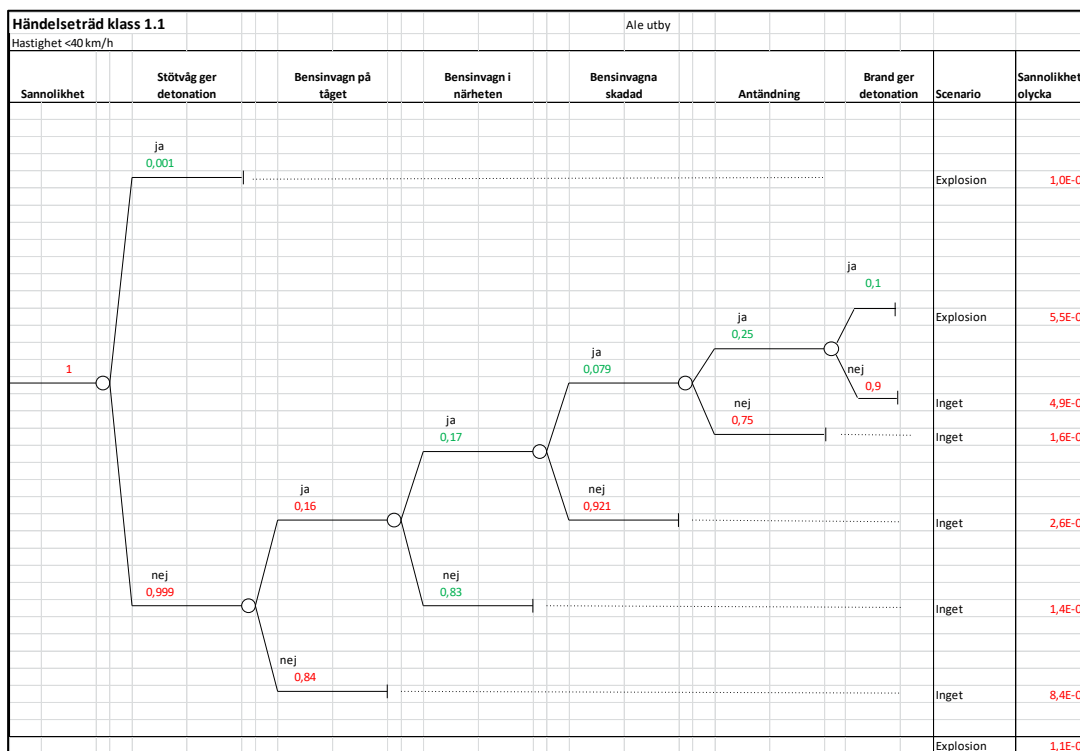
1. Det måste finnas en tankvagn med bensin eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med sprängämnen, högst en vagn emellan
3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande utsläpp
4. Vätskan måste antändas

Sannolikheten för detta framgår av händelseträden i figur 9 och 10 nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankvagnar i RBM II.

Sannolikheten att en brand leder till detonation av sprängämnet uppskattas grovt till 10 %. Händelseträdet för hela händelseförloppet vid olycka med sprängämnen visas i figur 9 för tågshastigheter över 40 km/h och i figur 4 för tågshastigheter under 40 km/h.



Figur 9. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1, tågshastigheter över 40 km/h.



Figur 10. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1, tåghastigheter under 40 km/h.

Sannolikheten för att en vagn med mycket brandfarliga vätskor skall vara med på tåget tas från ingångsdaten i figur 1. (I figur 9 och 10 anges ett värde från ett tidigare projekt, det aktuella värdet har dock används i beräkningarna.)

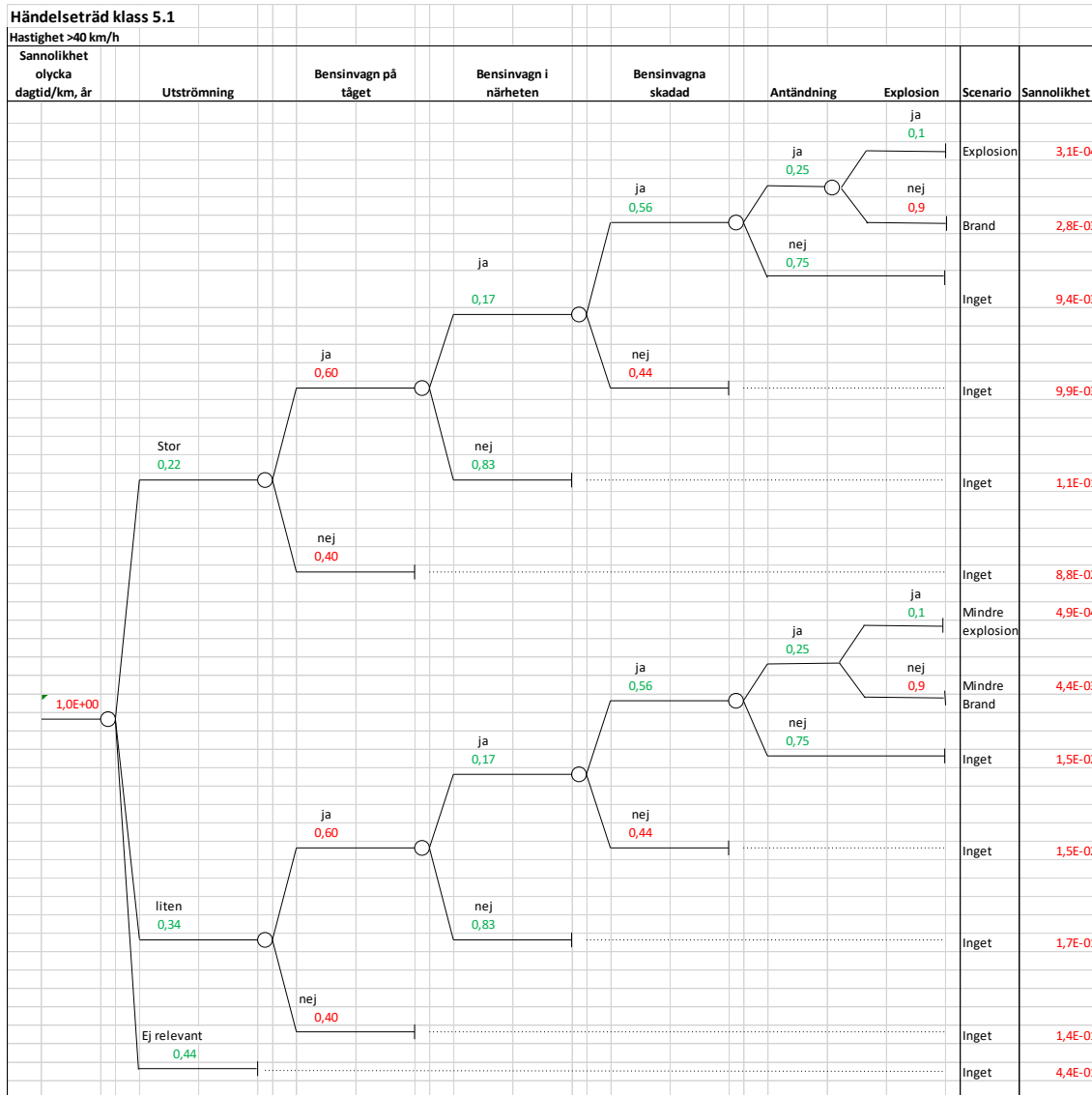
2.3 Klass 5.1

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

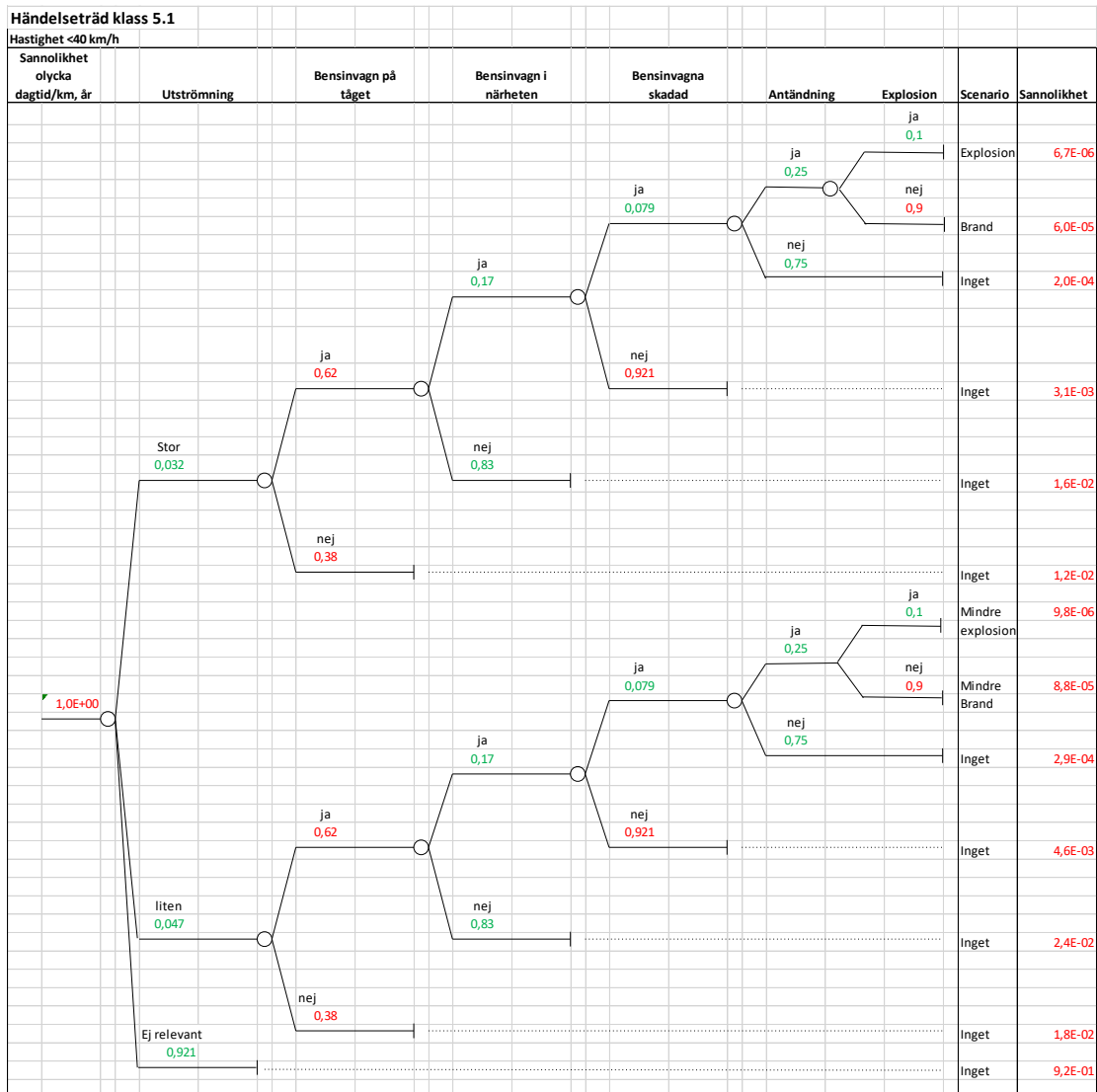
För att en olycka med en transport med oxiderande ämnen skall leda till betydande konsekvenser krävs att det oxiderande ämnet blandas med bensin och att blandningen antänds. För att detta skall ske måste flera förutsättningar vara uppfyllda:

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 11 och 12 nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar. I de visade händelseträden utgår 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 använts som finns i figur 1.



Figur 11. Händelseträäd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion. Tåghastigheter över 40 km/h



Figur 12. Händelseträäd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion. Tåghastigheter under 40 km/h

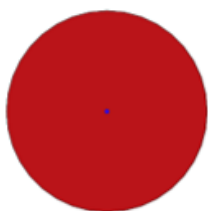
3 Konsekvenser av scenario

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

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

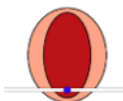
Det överlappande området är det område som påverkas av ett effektområde för de olika scenariona. Sannolikheter för omkomna (P) och effektområdets form kan ses i figur 13. För klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 har sannolikhet för omkomna och effektområdets storlek tagits från den nederländska beräkningsmetoden 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



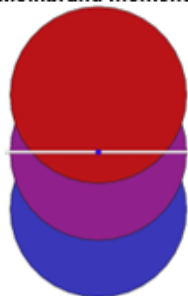
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	152 meter	152 meter	121 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

Jet



	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (halva längden)	47 meter	52,6 meter
Minor axis (halva bredden)	23 meter	45,9 meter
Avstånd centrum	39 meter	39 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,5

Molnbrand momentan



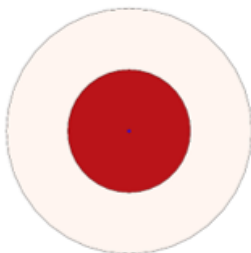
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	133,5 meter	133,5 meter	133,5 meter
Avstånd centrum	85 meter	0	-85 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



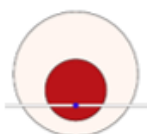
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	70 meter	70 meter
Maximala bredd	13,7 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



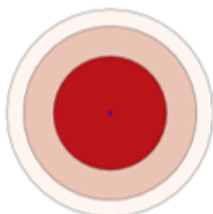
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	163 meter	325 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



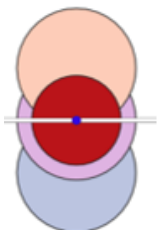
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	47 meter	95 meter
Avstånd centrum	23,5 meter	47,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



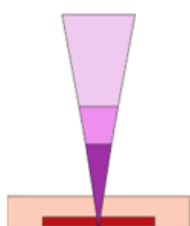
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	102 meter	156 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,6

Giftiga gaser momentan



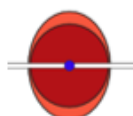
	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	46 meter	57,5 meter	57,5 meter	57,5 meter
Avstånd centrum	0	65 meter	0	-65 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

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	174 meter	232 meter	374 meter	240 meter	374 meter
Maximala bredd	51,3 meter	70,5 meter	121 meter	18 meter	61 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	14,5 meter	17,7 meter	11 meter	16 meter
Minor axis	13,9 meter	14,4 meter	10 meter	11 meter
P (inne)	1	0	1	0
P (ute)	1	0,4	1	0,4

Figur 13. Effektområdenas form och sannolikhet för omkomna. Figuren är ej skalenlig.

3.1 Klass 1

Vid beräkning av explosionslast utgås 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 14* som tagits från rapporten Dynamisk lastpåverkan – Referensbok (SRV 2005). För en närmare förklaring av beräkningsmetoden hänvisas till denna rapport.

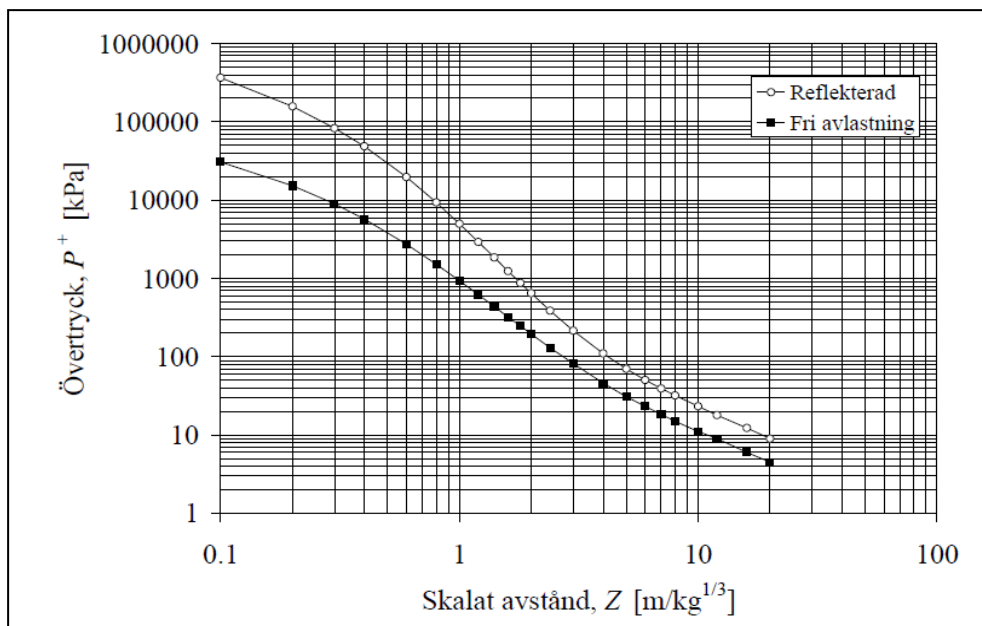
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 14 ger övertrycket p_+



Figur 14. 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
$M^{1/3}$ (kg ^{1/3})		23,2	29,2
Z	p^+		
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

3.1.1 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. Detta tryck uppnås enligt *tabell 1* ungefär 152 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 121 m.)

Sammantaget antas att byggnader närmast järnvägen får allvarliga skador inom 152 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 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 järnvägen

3.1.2 Skador utomhus

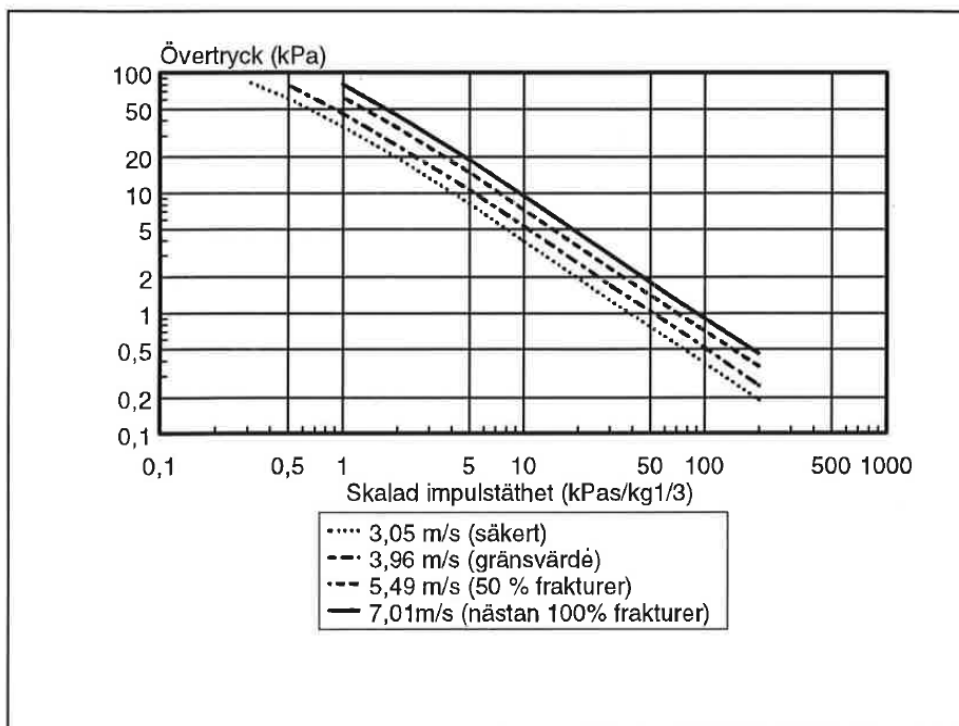
Direkta skador pga. tryck

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



Figur 15. 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 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.

3.3 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 13*. För effektområden där centrum av ellipserna eller cirklarna 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 5 meters mellanrum.

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 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
- 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)
- SMHI 2006 Vindstatistik för Sverige 1961–2004, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Nr 121 2006
- 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 luftstövåvåg, Statens Räddningsverk, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2007