

Karlsborgs kommun

Kv Pilen, Karlsborgs kommun

Riskutredning transport av farligt gods

Uppdragsnr: 107 53 94 Version: 1.0 Datum: 2021-10-04



Uppdragsgivare: Karlsborgs kommun
Uppdragsgivarens kontaktperson: Håkan Karlsson
Konsult: Norconsult AB, Theres Svenssons gata 11, 417 55 Göteborg
Uppdragsledare: Johan Hultman
Handläggare: Robert Kallin

1.0	2021-10-04	Färdig handling	Robert Kallin	Johan Hultman	Johan Hultman
0.9	2021-09-24	Externgranskning	Robert Kallin	Johan Hultman	Johan Hultman
0.8	2021-09-21	Interngranskning	Robert Kallin		
Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt

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

► Sammanfattning

En ny detaljplan för Kv. Pilen i centrala Karlsborgs håller på att tas fram. Syftet med detaljplanen är att möjliggöra en exploatering av nytt centrumområde som planeras inrymma cirka 75 lägenheter, affärslokaler, torgyta och grönytor. Planområdet avgränsas av en rekommenderad sekundärväg för transport av farligt gods i väster, väg 49. Enligt Länsstyrelsens riskpolicy ska riskfrågor beaktas vid fysisk planering inom 150 meter från transportled för farligt gods och därför har denna riskutredning tagits fram.

Den kvantitativa riskanalysen visar att individrisken är på en acceptabel nivå redan vid väggkant och således på en acceptabel nivå inom hela planområdet. Även vid en osäkerhetsanalys då antalet transporter ökas med 25 % ligger individrisken inom acceptabla nivåer.

Riskenivåerna avseende samhällsrisik för transport av farligt gods på väg 49 ligger inom nedre delen av ALARP-området vilket medför att tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga skyddsåtgärder ska genomföras. De dimensionerande olyckorna för beräkningsresultatet är de som innehåller brandfarliga vätskor.

En förutsättning för att beräkningsresultaten ska gälla är att de brandfarliga vätskorna ej rinner in mot den nya bebyggelsen. Därför måste planområdet utformas så att vätskorna stannar kvar vid väggkantens närområde. Ett förslag är att den mur som föreslås i plankartan byggs med tät underkant för att förhindra att vätskor sprids bort från vägen.

Utöver ovanstående skyddsåtgärd om att förhindra spridning av brandfarliga vätskor föreslås följande skyddsåtgärder på ny bebyggelse:

- Utrymning bör vara möjlig bort från väg 49.
- Ventilation bör placeras högt och i skyddat läge som inte direkt vetter mot väg 49.
- Fasader inklusive dörrar och fönster som vetter mot väg 49 och som ligger närmare än 25 meter bör utföras i obrännbart material.

Avståndet på 25 meter motiveras med att effektområdena för brandfarliga vätskor täcks in inom detta avstånd. Visualiseringen av samhällsrisken visar på att risken är som störst närmast vägen och avtar med avståndet från väg 49.

Eftersom riskenivån ligger i den nedre delen av ALARP-området bedöms det inte vara rimligt att kräva skyddsåtgärder på befintlig bebyggelse. Om livsmedelsbutiken skall renoveras i samband med byggnation av Kv Pilen rekommenderas att den renoveras med samma skyddsåtgärder som för ny bebyggelse.

► Innehåll

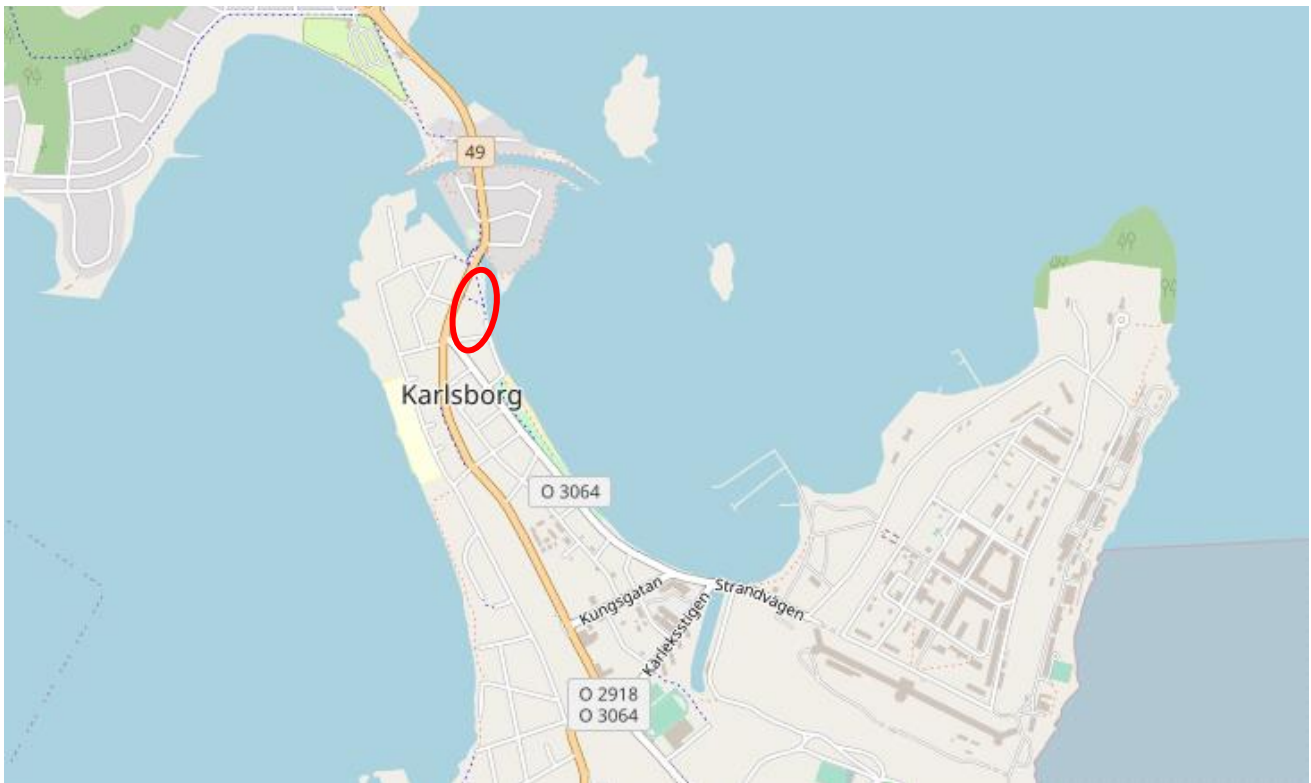
1	Inledning	5
2	Risker med transporter av farligt gods	6
2.1	Typer av farligt gods	6
2.2	Konsekvenser av en olycka med farligt gods	6
3	Riskbedömning i den fysiska planeringen	8
3.1	Vad är risker?	8
3.2	Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods	9
3.2.1	<i>Kvantitativa kriterier för individrisk</i>	9
3.2.2	<i>Kvantitativa kriterier för samhällsrisk</i>	10
3.3	Riskhantering	11
3.3.1	<i>Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen</i>	11
3.3.2	<i>ALARP-området</i>	12
4	Platsspecifika förutsättningar	13
4.1	Området	13
4.2	Antal personer närvarande	14
4.3	Väg 49	15
5	Resultat	18
5.1	Individrisk	18
5.2	Samhällsrisk	19
5.3	Osäkerhetsanalys	20
5.3.1	<i>Individrisk</i>	21
5.3.2	<i>Samhällsrisk</i>	21
6	Diskussion och slutsats	22
7	Referenser	23

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

1 Inledning

Karlsborgs kommun, Wennergrens och Karlsborgsbostäder arbetar med att ta fram en ny detaljplan för Kv. Pilen i centrala Karlsborg. Detaljplanen syftar till att möjliggöra en exploatering av nytt centrumområde som planeras inrymma cirka 75 lägenheter, affärslokaler, torgyta och grönytor. Planområdet är beläget vid Rödesunds torg i Karlsborgs tätort, se *figur 1*. Väster om området ligger väg 49 som är en sekundärväg för transport av farligt gods.

Enligt Länsstyrelsens riskpolicy (Lst 2006) ska riskfrågor beaktas vid fysisk planering inom 150 meter från transportled för farligt gods och därför har Norconsult fått i uppdrag att genomföra denna riskutredning. En kvantitativ beräkning har genomförts med hjälp av en beräkningsmetod i GIS-miljö och resultatet jämförs med kriterier från rapporten "Värdering av risk" (SRV 1997). Rapporten syftar till att ge bakgrundsinformation om risker med transport av farligt gods, redovisa förutsättningar för beräkningar samt presentera och diskutera resultat från riskberäkningarna.



Figur 1. Översiktlig karta med markerat läge för Kv Pilen (Bakgrundkarta: OpenStreetMap)

2 Risker med transporter av farligt gods

2.1 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	Kviksilverföreningar och cyanider, bakterier, levande virus och laboratorieprover
7	Radioaktiva ämnen	Radioaktiva preparat för sjukhus
8	Frätande ämnen	Olika syror, lut
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Asbest

2.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods

I detta avsnitt följer en allmän beskrivning av de olika sorters farligt gods som transporteras och potentiella följderna 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 *Bilaga 1*.

Klass 1. Explosiva ämnen

En explosion av så kallade massexplosiva ämnen kan ge omkomna upp till cirka 100 meter 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 så kallad 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, så kallad 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 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, 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 cirka 20 meter eftersom skada uppkommer vid direkt exponering på personen.

Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

Denna klass omfattar bland annat miljöfarligt avfall dock inga ämnen som är brandfarliga eller explosiva.

3 Riskbedömning i den fysiska planeringen

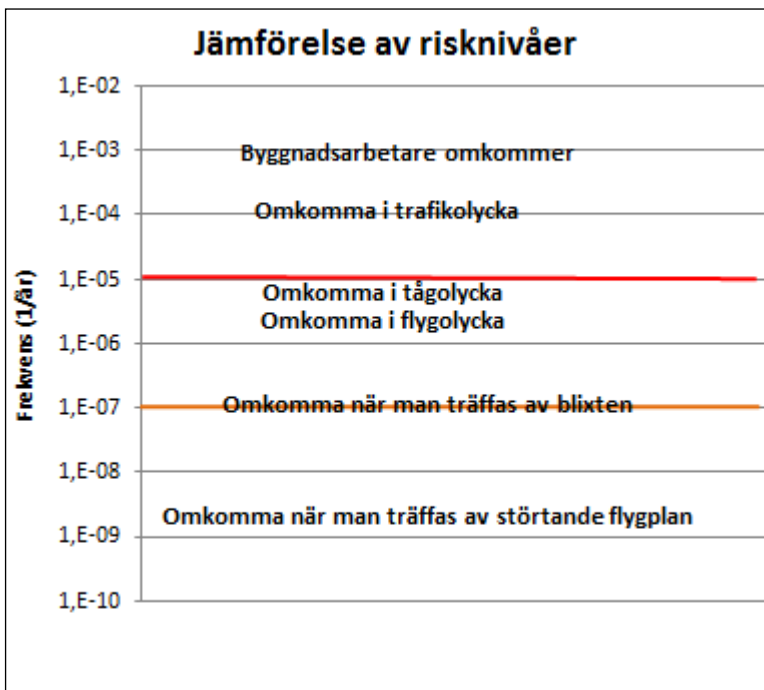
3.1 Vad är risker?

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?". Det handlar om sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser. Risk definieras därför oftast som sannolikheten för oönskade händelser multiplicerat med konsekvenserna av dessa händelser.

Sannolikheten brukar uttryckas som antal gånger det förväntas att en händelse kommer att 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)*.

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 beaktas hur svår skadan är. Det är enklare, rent utredningsmässigt, att räkna på antalet personer som omkommer. Därför uttrycks konsekvensen av en olyckshändelse med farligt gods oftast som antalet omkomna. En bakomliggande tanke är att antalet skadade och övriga skador är proportionerligt till antalet omkomna. Även när kriterierna sätts för risknivåer vid transport av farligt gods används oftast antalet omkomna.

Risker finns överallt omkring oss. Några risker och deras sannolikheter anges i *figur 2*.



Figur 2. 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.

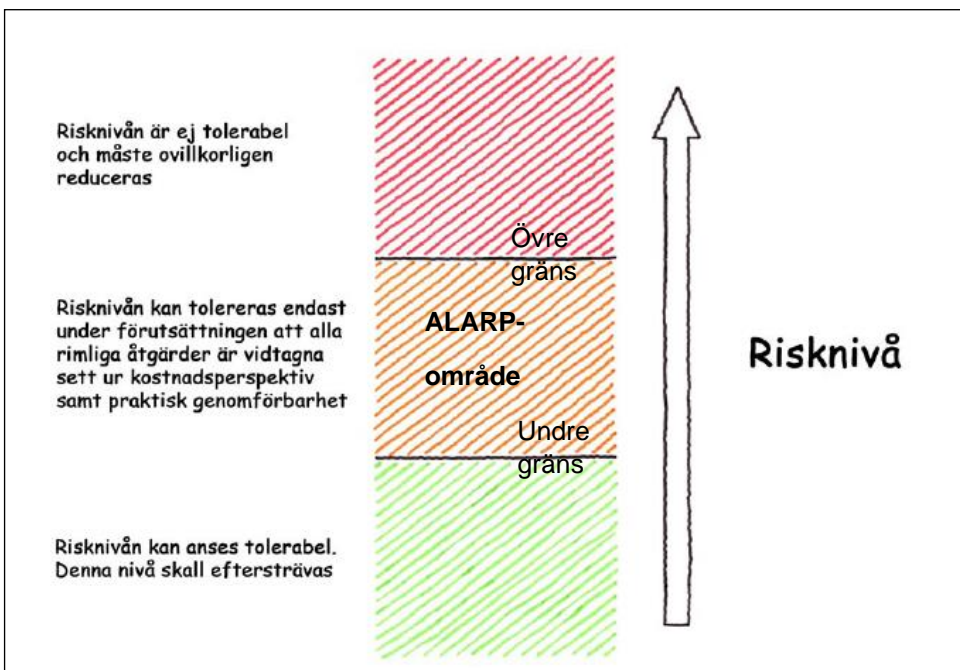
Vid riskutredning för den fysiska planeringen skiljs det på individrisk och samhällsrisk. Individrisken är risken för en person att omkomma i en olycka när han/hon befinner sig på en specifik plats i närheten av en riskkälla. För individrisken antas att personen befinner sig på denna plats under ett helt år. Risken uttrycks som risken att omkomma i en olycka under det året. Individrisken är ett mått på hur farligt det är på en viss plats och tar inte hänsyn till hur många människor som kommer att befinna sig på platsen. Individrisken är ett lämpligt mått vid riskbedömning för områden där det endast kommer att vistas ett fåtal människor.

Samhällsrisk är ett mått på hur stora olyckor en riskkälla kan orsaka. Detta beror dels på riskkällans farlighet 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 meter från en transportled för farligt gods. Samhällsrisk anges som sannolikheten för olyckor där minst ett visst antal personer omkommer.

3.2 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods

3.2.1 Kvantitativa kriterier för individrisk

I många fall – främst när det inte finns kommunala krav - tas kriterier för vad som kan bedömas vara en acceptabel risknivå från rapporten "Värdering av risk" som tagits fram på uppdrag av dåvarande Räddningsverket (Räddningsverket ingår numera i Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB) (SRV 1997). I rapporten används en övre och en undre gräns, se *figur 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).

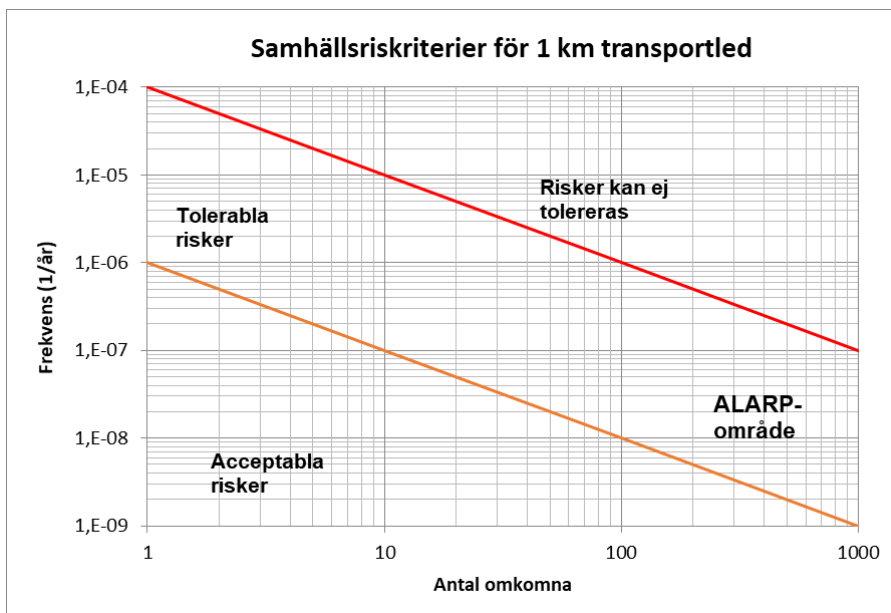
För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år och den undre på 1×10^{-7} per år. Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens totala risknivå. Om risknivån ligger under 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 ska åtgärder vidtas och effekten av dessa åtgärder ska verifieras (Lst 2006).

Om risknivån ligger mellan den undre och den övre gränsen, det så kallade ALARP-området så ska alla rimliga åtgärder vidtas för att minska risknivån. Efter detta betraktas risknivån som tolerabel. Beräkningar av effekten på risknivåer krävs normalt inte.

3.2.2 Kvantitativa kriterier för samhällsrisk

Även för samhällsrisk finns det kriterier i ovannämnda rapport. Kriterierna utgår från samhällsriskenivåer för ett område på båda sidor om en sträcka av 1 km längs transportleden för farligt gods, se *figur 4*.

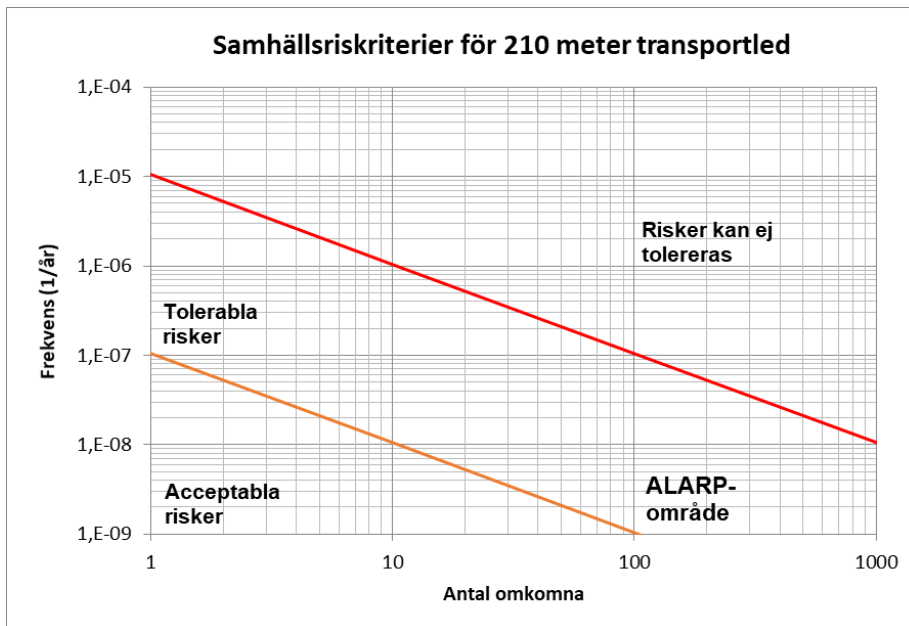


Figur 4. Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

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 mer än 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 ska rimliga skyddsåtgärder vidtas.

Kriterierna ovan gäller för 1 km område längs transportleden. Kriterier för det aktuella området beräknas utifrån områdets längd längs väg 49 och att området endast ligger på ena sidan av leden. Omräknade kriterier visas i *figur 5*. Längden på huvudområdet för ny bebyggelse utmed väg 49 är cirka 210 meter.



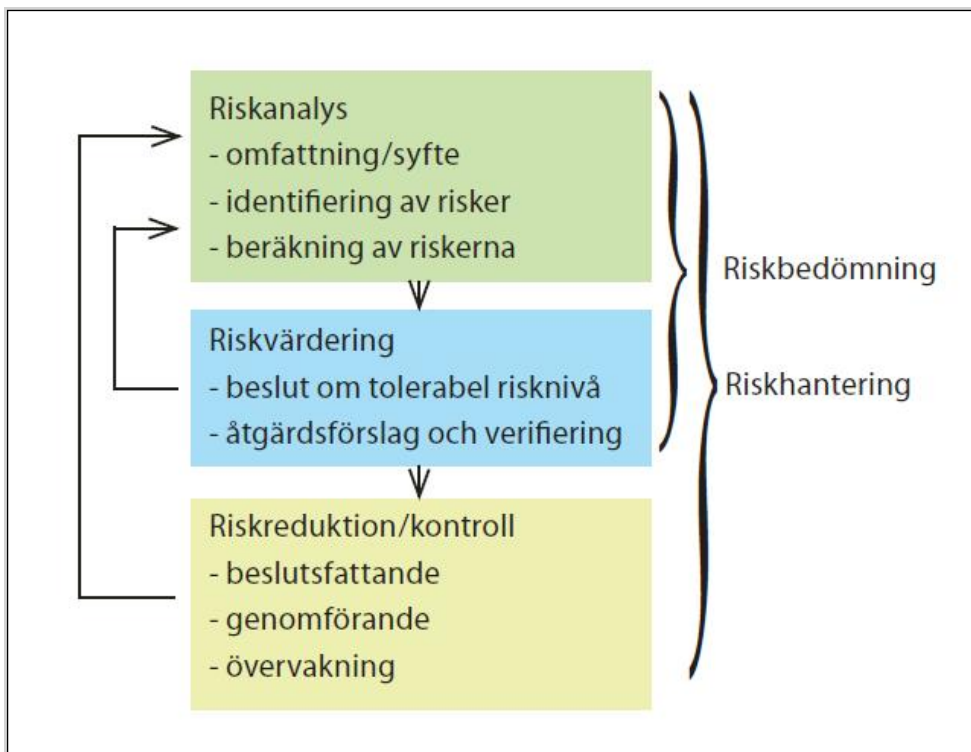
Figur 5. Riskkriterier omräknade till 210 meter enkelsidig bebyggelse.

3.3 Riskhantering

3.3.1 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen

Krav på hantering av risker i den fysiska planeringen finns i plan- och bygglagen och miljöbalken. Hälsa och säkerhet ska 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 6 (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 6. Schema över riskhanteringsprocessen (Lst 2006).

I denna rapport genomförs den första delen – riskanalys – samt ges input till den andra delen – riskvärdering genom att riskerna jämförs med kriterier och förslag till åtgärder ges. Själva beslutet om hur riskerna ska 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.

3.3.2 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 ska 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 visst 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.

4 Platsspecifika förutsättningar

4.1 Området

Detaljplan Kv Pilen ligger vid Rödesunds torg i Karlsborgs centrum. Detaljplanen syftar till att möjliggöra en exploatering av nytt centrumområde som planeras inrymma cirka 75 lägenheter, affärslokaler, torgyta och grönytor. Därtill planeras för en utemiljö med torgyta, ny strandpromenad och marina för att skapa en attraktiv miljö för boende och besökare. Planområdet avgränsas av väg 49 i väst och av Vättern i norr och öst. Söder om området finns ett befintligt bostadsområde. Terrängen inom planområdet är plant och ligger på ungefär samma marknivå som väg 49.

Det planerade uteområdet ligger i direkt anslutning till väg 49, det enda som skiljer körbanan och området är en cirka 2 meter bred gång och cykelväg. Bebyggt område kommer ligga som närmast på ett avstånd av cirka 4 meter från väggkant, se *figur 7*. Närmast vägen planeras lägenhetsförråd vilket medför att bostäder kommer byggas som närmst på ett avstånd på cirka 14 meter. Vid torgytan i mitten av planområdet planeras affärslokaler i bottenplan för två av huskropparna. Avståndet till de planerade affärslokalerna är cirka 50 meter.

I riskutredningar beräknas den totala risken för området vilket medför att även befintliga byggnader som ligger mellan planområde och transportled ska tas med i beräkningarna. I detta fall inkluderas ytterligare två byggnader: en livsmedelsbutik (blå byggnad i *figur 7*) och en byggnad innehållande affärslokaler och bostäder (orange byggnad i *figur 7*).

Livsmedelsbutiken är en cirka 900 m² stor enplansbyggnad som inrymmer en Coop-butik. Avståndet mellan väggkant och byggnaden är cirka 6 meter. Söder om byggnadskroppen finns butikens tillhörande parkeringsplatser. I samband med byggnation av Kv Pilen planeras en renovering av den befintliga livsmedelsbutiken.

Den andra befintliga byggnaden ingår ej i planområdet och antas därför ej förändras i riskberäkningarna. Byggnaden antas innehålla affärslokaler i bottenvåningen med bostäder ovanpå



Figur 7. Plankarta med ungefärliga avstånd till byggnader inom planområdet. Baseras på plankarta daterad 2021-05-23 (H. Karlsson, personlig kommunikation, 19 augusti, 2021)

4.2 Antal personer närvarande

För att kunna bedöma konsekvenser i utvecklingsområdet av eventuella olyckor med farligt gods görs en uppskattning av antalet människor som i genomsnitt förväntas befinna sig i området. Antalet personer per lägenhet baseras på statistik från SCB (2021). De nyproducerade lägenheterna förväntas bli både bostads- och hyresrätter. Eftersom fördelningen mellan dessa bostadsformer inte är känd så har antagande gjorts om att samtliga byggs som hyresrätter då detta ger något fler personer per lägenhet enligt statistiken. Den befintliga byggnaden i söder antas inrymma tre lägenheter på andra våning ovanför affärslokalerna.

Av de boende antas hälften vara på plats dagtid (06-18) och alla på nattetid (18-06). Andelen inomhus på dagen antas schablonmässigt vara 93 % och andelen inomhus på natten antas vara 99 %. Resterande personer befinner sig utomhus.

Antal personer som vistas i den befintliga livsmedelsbutiken har beräknats med samma antagande som för en tidigare riskutredning Norconsult genomförd på en livsmedelsbutik (Norconsult 2011). Livsmedelsbutiken i den tidigare riskutredningen är dock betydligt större till ytan, cirka 3000-4000m², jämfört med livsmedelsbutiken vid Kv Pilen, cirka 900 m². Antalet besökare har därför antagits vara hälften så många som i den tidigare utredningen. Sammanfattningsvis har följande antaganden gjorts för att få fram persontätheten för livsmedelsbutiken:

- Dagligvaruhandeln får i snitt 900 besökare per dag (halva antalet besökare som i tidigare riskutredning, Norconsult 2011)
- Besökarna stannar i snitt 30 minuter varav cirka 5 minuter är utomhus.
- Antal sysselsatta per 1000 m² är 10 personer (Göteborgs stad 2011)
- Öppettider baseras på nuvarande butiks öppettider och förväntas inte ändras i framtiden. Den befintliga butiken inom planområdet har öppet alla dagar i veckan mellan 8–21.

Antalet personer i affärsverksamheter på bottenvåningarna har beräknats med hjälp av statistik från citygallerior från Newsec (2015). Med hjälp av statistiken har antal besökare per kvadratmeter försäljningsyta beräknats och gjorts om till en totalt persontäthet för affärsverksamheterna med följande antaganden:

- Antalet besökare är 237 per kvadratmeter försäljningsyta och dag (Medelantal av besökare i citygallerior från Newsec, 2015).
- Försäljningsytan är 75 % av butiksarean (HUI 2009)
- Uppehållstiden är i snitt 1,22 h (baseras på uppgifter från Frölunda tog i Göteborgs stad). Besökarna antas vara utomhus cirka 10 minuter av denna tid.
- Antal sysselsatta per 1000 m² är 10 personer (Göteborgs stad 2011)

Personer som befinner sig utomhus från bostäder, livsmedelsbutik och handel inkluderas i antagandena som beskrivs ovan. Inom projektet planeras dock även en torgyta, ny strandpromenad och marina för att skapa en attraktiv miljö. Så för att inte underskatta antalet personer utomhus har ett antagande om att det samtidigt befinner sig i snitt 10 personer dagtid och 3 personer nattid till det nya planområdet.

För att ta hänsyn till osäkerheten i antal personer närvarande i området så har en osäkerhetsanalys genomförts med 25 % fler personer närvarande än vad som anges i *tabell 2*.

Tabell 2. Antal personer närvarande.

	Dagtid		Natttid	
	Inomhus Dag (06-18)	Utomhus Dag (06-18)	Inomhus natt (18-06)	Utomhus natt (18-06)
Nytt bostadsområde	57	4	120	1
Nya affärslokaler	7	1	4	1
Torgyta/strandpromenad/ marina	0	10	0	3
Befintlig byggnad söder	6	1	7	1
Befintlig byggnad livsmedelsbutik	27	5	8	1
Totalt	97	21	139	7

4.3 Väg 49

Väg 49 är rekommenderad sekundärvägar 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 1600 transporter med farligt gods per år på väg 49 förbi planområdet. Omräknat till år 2040 blir det cirka 2800 transporter per år, förutsatt en ökning av godstransporter med 79 % (Trafikverket 2020:1).

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 (TRAFI 2019). Antalet tunga fordon på väg 49 förbi planområdet har av Trafikverket (2021) uppmätts till cirka 307 000 fordon totalt år 2018. Med Trafikverkets trafikuppräkningsstatistik samt att cirka 3,9 % av transportererna är farligt gods så beräknas antal transporter av farligt gods enligt nationellt genomsnitt vara cirka 18 000 transporter/år 2040, se *tabell 3*.

Tabell 3. 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	51	48	51
2.1 Brandfarliga gaser	0	850	100
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	230	2700	-
2.3 Giftiga gaser	0	6	1
3 Brandfarliga vätskor	750	8700	4725
4 Brandfarliga fasta ämnen	64	470	-
5 Oxiderande ämnen	0	440	100
6 Giftiga ämnen m m	1	1200	-
8 Frätande ämnen	1700	2400	-
9 Övriga farliga ämnen	1	880	-
Totalt	2800	18000	

Av klasserna i *tabell 3* 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 har ett genomsnitt mellan MSB och nationellt genomsnitt används eftersom vägen är en sekundärväg och därför är troligen nationellt genomsnitt en överskattning, samtligt går det inte att utesluta att MSB:s undersökning ger för få transporter. För klass 1 har MSB:s transporter används eftersom det inte går att utesluta att fler transporter med explosiva ämnen transporteras på väg 49 jämfört med nationellt genomsnitt.

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 % (ØSA 2004). Andelen mycket brandfarlig vätska i klass 3 (bensin mm) sätts till 75 % (ØSA 2004). För klass 5 räknas endast de oxiderande ämnen med som bedöms kunna leda till en massexplosion. 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 4*.

För att ta hänsyn till osäkerheten i antalet transporter har en osäkerhetsanalys genomförts med 25 % fler transporter än vad som anges i *tabell 4*.

Tabell 4. Farligt gods på väg 49 som medför betydande risker för området.

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
1.1 Massexplosiva ämnen	5
2.1 Brandfarliga gaser	100
2.3 Giftiga gaser	1
3. Mycket brandfarliga vätskor	3544
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	33

Sannolikheten för olyckor hämtas från Trafikverkets handbok "Effektsamband för transportsystemet" (Trafikverket 2020:2). Risken för olyckor på en statlig väg med en högsta tillåten hastighet på 40 km/h anges till 0,112 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $1,12 \times 10^{-7}$ per fordonskilometer och år.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är cirka 15 % (SRV 1996) vilket innebär att det vid 85 % 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 $1,12 \times 10^{-7} \times (2-0,15) * 1,1 = 2,28 \times 10^{-7}$. I denna beräkning tas även hänsyn till att antal standardaxlar är 1,1.

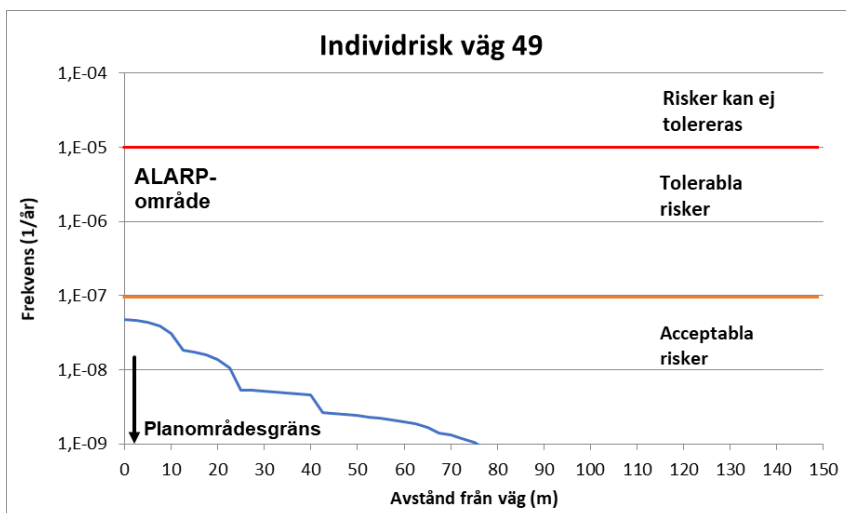
5 Resultat

I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten för individ- och samhällsrisk utan skyddsåtgärder för transporter av farlig gods på väg 49. Dessutom redovisas en osäkerhetsanalys där antalet transporter av farligt gods och antal personer närvarande i området ökas med 25 %. De ingångsvärden för beräkningarna som är specifika för området 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*.

5.1 Individrisk

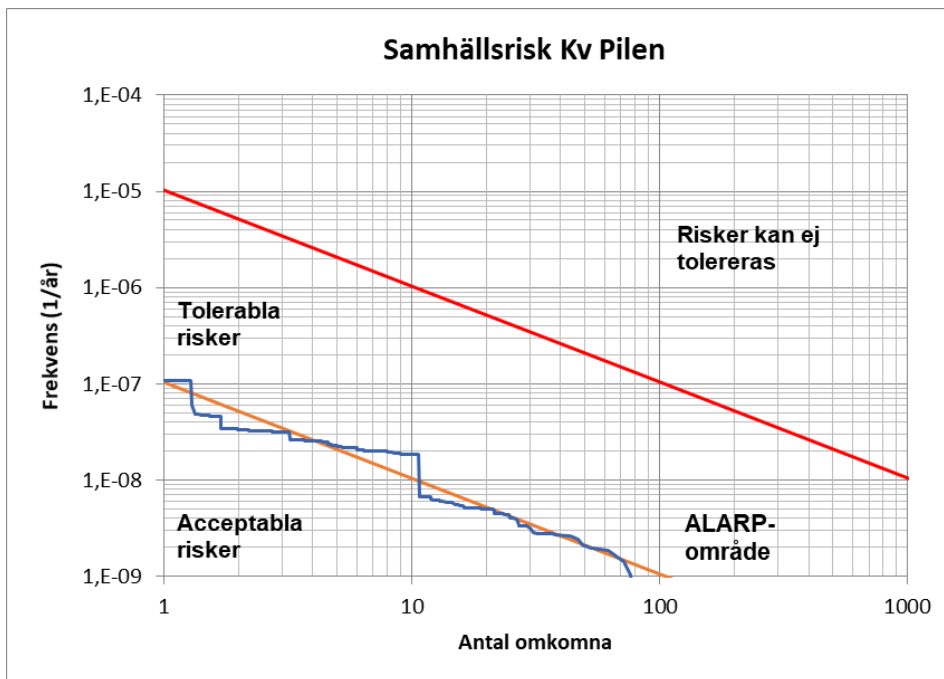
I *figur 8* visas individrisken i planområdet vid väg 49. Individrisken är oberoende av antal personer närvarande i området vilket innebär att beräknad individrisk gäller oavsett vad som byggs. Planområdet ligger som närmast cirka 2 meter från transportledens väggkant. Individrisken beräknas ligga på en acceptabel nivå inom hela planområdet.



Figur 8. Individrisken vid planområdet vid väg 49

5.2 Samhällsrisk

I figur 9 redovisas samhällsrisken för transporter av farligt gods på väg 49. De dimensionerande olyckorna är de som innefattar brandfarliga vätskor (olycksscenarior med pölbrand). I figuren framgår att samhällsrisken ligger i nedre delen av ALARP området vilket innebär att skyddsåtgärder som är tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga ska genomföras, se avsnitt 3.3.2.



Figur 9. Samhällsrisk för transporter av farligt gods på väg 49.

I figur 10 visas en visualisering av samhällsrisken där hänsyn har tagits till hur många personer som befinner sig inom en kvadratmeter samt hur långt avståndet är till transportleden. Desto rödare området är, desto högre är samhällsrisken. Visualiseringen kan ge en uppfattning om var samhällsrisken är störst och var åtgärder bör prioriteras.



Figur 10. Visualisering av samhällsrisken för Kv Pilen. Desto rödare området är, desto högre är samhällsrisken.

5.3 Osäkerhetsanalys

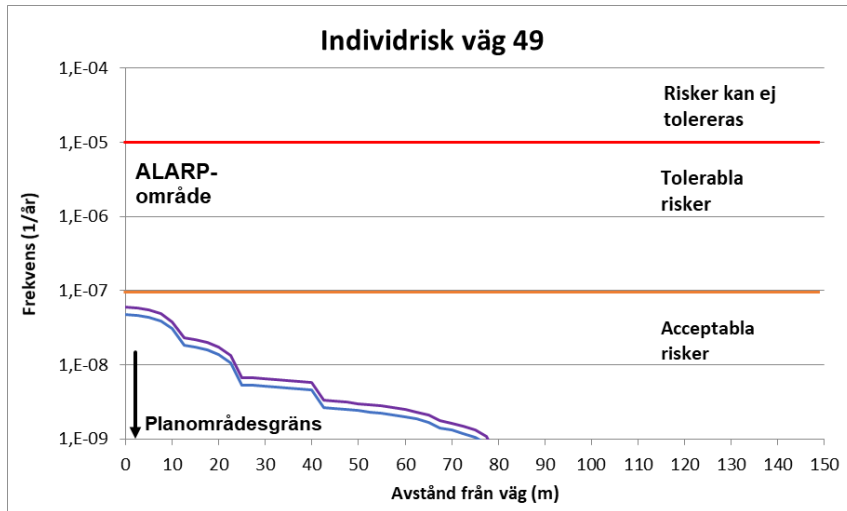
Det finns alltid osäkra faktorer i beräkningar av risker i samband med transporter av farligt gods förbi områden där det vistas människor. Eftersom det handlar om en prognos för en framtida situation så är osäkerheten i vilka mängder farligt gods som kommer transporteras förbi området i framtiden av betydelse. Detta är också viktigt då uppgifterna om transporterade mängder redan i nuläget är relativt osäkra. Därför undersöks resulterande risknivåer vid 25 % fler transporter av farligt gods förbi området.

Ytterligare en källa till osäkerhet kan vara att det inte helt går att förutspå hur många personer som kommer att vistas inom området. I osäkerhetsanalysen studeras därför risknivåerna om det är 25 % fler personer på plats i planområdet.

Resultaten av osäkerhetsanalysen där antal transporter av farligt gods och antal personer närvarande i området har ökats med 25 % presenteras i *figur 11* och *12*.

5.3.1 Individrisk

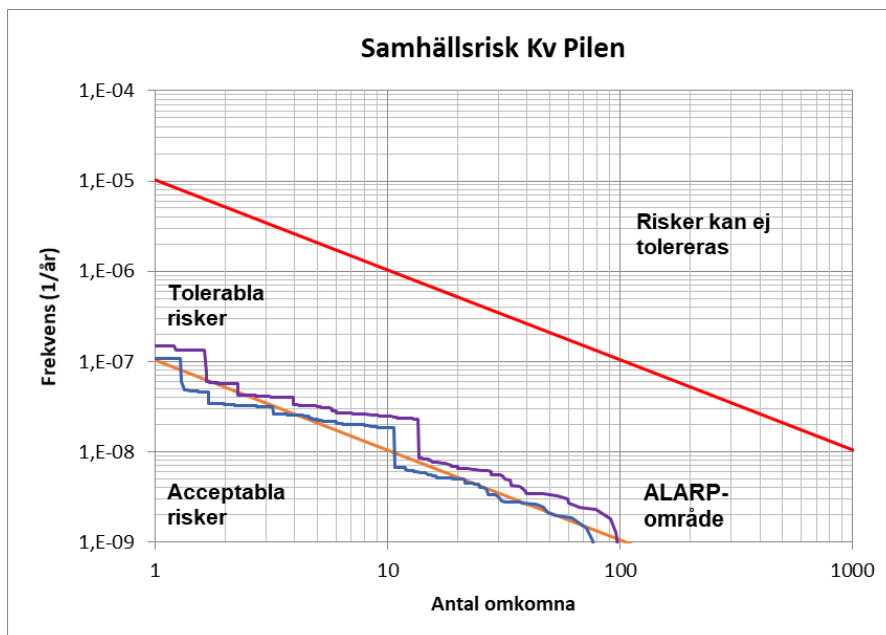
Figur 11 visar individrisken vid en osäkerhetsanalys. Enligt beräkningarna öka risknivån något men ligger fortfarande på en acceptabel nivå inom hela planområdet.



Figur 11. Osäkerhetsanalysen för individrisken från väg 49, lila linje, om antalet transporter av farligt gods ökas med 25 %. Ursprunglig beräkning visas med blå linje.

5.3.2 Samhällsrisk

Figur 12 visar att samhällsrisken ökar men ligger kvar i nedre delen av ALARP området. I osäkerhetsanalys har antalet transporter av farligt gods samt antalet personer närvarande i planområdet ökats med 25 %.



Figur 12. Osäkerhetsanalys för samhällsrisken, lila linje, om antalet transporter av farligt gods samt antalet personer närvarande i området ökas med 25 %. Ursprunglig beräkning visas med blå linje.

6 Diskussion och slutsats

Beräkningarna av risknivåer från transport av farligt gods visar att individrisken är acceptabel redan vid vägkant och således på en acceptabel nivå inom hela planområdet.

Riskenivåerna avseende samhällsrisk för transport av farligt gods på väg 49 ligger i den nedre delen av ALARP-området vilket medför att tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga skyddsåtgärder ska genomföras.

De dimensionerande olyckorna för beräkningsresultatet är de som innehåller brandfarliga vätskor. I beräkningarna har det förutsatts att vätskorna inte rinner ner mot den nya bebyggelsen. Om vätskorna rinner ner mot området kommer effektområdena för dessa olyckor förflyttas och risknivån öka. För att beräkningsresultaten ska gälla måste därför planområdet utformas så att vätskorna stannar kvar vid vägkantens närområde. Förslagsvis byggs den mur som föreslås i plankartan med tät underkant så att vätskorna stannar kvar i vägens närområde. Skyddsåtgärd som minskar risken för att brandfarliga vätskor sprider sig mot bebyggelse gäller i den norra delen där den nya bebyggelsen planeras närmare än 25 meter. I den södra delen anses avståndet mellan väg och ny bebyggelse vara en tillräcklig skyddsåtgärd.

Utöver ovanstående skyddsåtgärd om att förhindra spridning av brandfarliga vätskor föreslås följande skyddsåtgärder på ny bebyggelse:

- Utrymning bör vara möjlig bort från väg 49.
- Ventilation bör placeras högt och i skyddat läge som inte direkt vetter mot väg 49.
- Fasader inklusive dörrar och fönster som vetter mot väg 49 och som ligger närmare än 25 meter bör utföras i obrännbart material.

Avståndet på 25 meter motiveras med att effektområdena för brandfarliga vätskor täcks in inom detta avstånd. Visualiseringen av samhällsrisken i *figur 10* visar detta då de röda områdena avtar ju med avståndet från vägen. Åtgärderna bör alltså prioriteras på byggnaderna närmaste väg 49.

Eftersom risknivån ligger i den nedre delen av ALARP-området bedöms det inte vara rimligt att kräva skyddsåtgärder på befintlig bebyggelse. Om livsmedelsbutiken skall renoveras i samband med byggnation av Kv Pilen rekommenderas att den renoveras med samma skyddsåtgärder som för ny bebyggelse.

7 Referenser

Göteborgs Stad 2011	Vägledning till parkeringstal vid detaljplaner och bygglov 2011. Göteborg Stad 2011-10-31
HUI 2009	Handelsanalys – Mjölby kommun. AB Handelns Utredningsinstitut, december 2009.
Lst 2006	Riskhantering i detaljplaneprocessen, Länsstyrelserna Skånelän, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006
MSB 2006	Kartläggning av farligt godstransporter – September 2006. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
Newsec 2015	SVENSKA KÖPCENTER & HANDELSPLATSER. Newsec - The full service property house
Norconsult 2011	Kv Kronhjorten i Trollhättans stad – Riskanalys avseende transporter av farligt gods. Norconsult 2011-05-27
Rtj Storgöteborg 2004	Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänst Storgöteborg 2004
SCB 2021	Antal personer per hushåll efter region och år, www.statistikdatabasen.scb.se , Hämtat 2021-09-08
SRV 1996	Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Räddningsverket 1996
SRV 1997	Värdering av risk; FoU rapport, Räddningsverket 1997.
TRAFÄ 2019	Lastbilstrafik 2000–2018. Årliga rapporter utgivna av TRAFÄ (f.d. SIKÄ) tillsammans med SCB. Publicerad 2019
Trafikverket 2020:1	Trafikuppräkningsstal för EVA och manuella beräkningar 2017-2040-2060. Trafikverket 2020-06-15.
Trafikverket 2020:2	Effektsamband för transportsystemet – Fyrstegsprincipen Steg 3 och 4, Bygg om eller bygg nytt, 2020-06-15.
Trafikverket 2021	NVDB på webb. NVDB på webb (trafikverket.se) . Hämtad 2021-09-07.
ØSA 2004	Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen; Øresund Safety Advisers AB, 2004

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

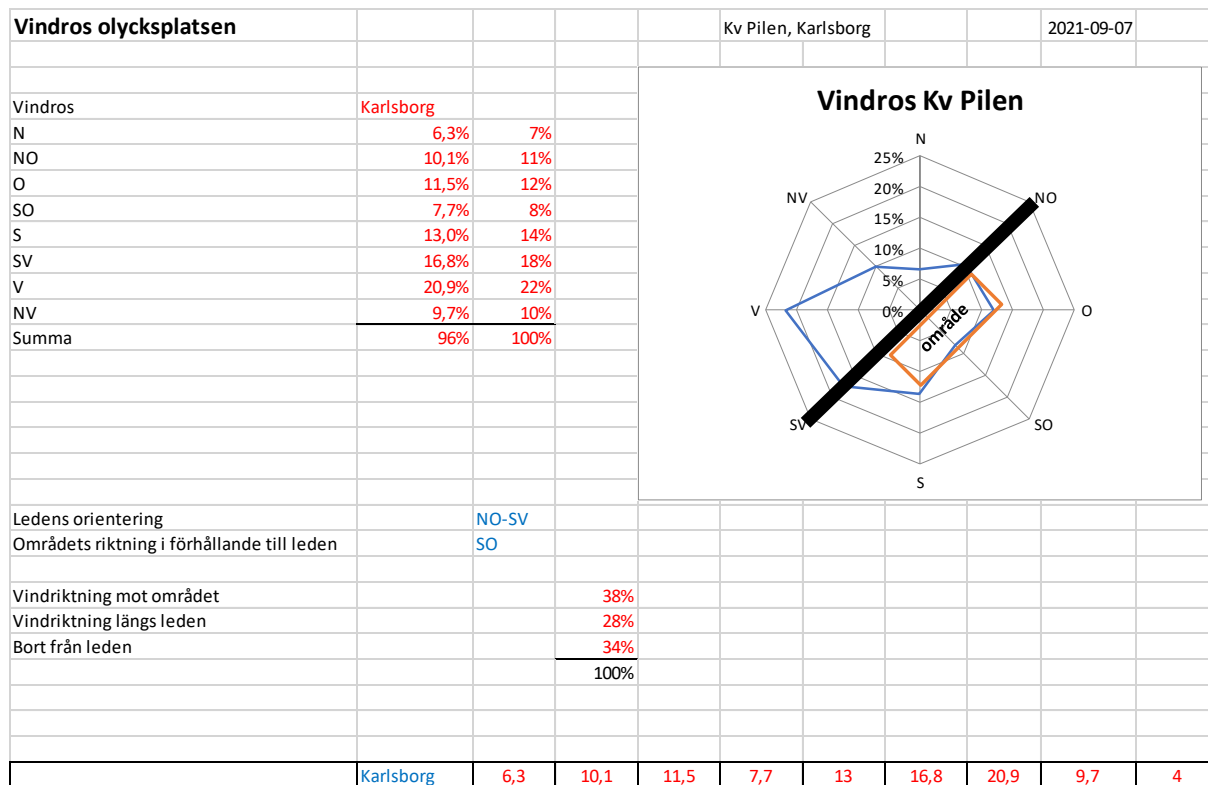
Sannolikheten för en olycka med transport av farligt gods beräknas utifrån de av Trafikverket angivna sannolikheter för personskadeolyckor per fordonskilometer på en vägsträcka av den aktuella typen (Vägverket 2008). Olycksrisken för enstaka fordon har beräknats ur risken per fordonskilometer för olyckor 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:	Kv Pilen, Karlsborg		2021-09-07
Olycksrisk					
Risk för olycka	1,12E-07	1/fordonskm, år			
Andel singelolyckor	0,15				
Olycksrisk fordon	2,28E-07	1/km, år			
Område enl nedan	3	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				
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsrisk dag/km,år	utsläppsrisk natt/km,år	
Klass 1, massexplisiv	5,1	1	8,1E-07	3,5E-07	
Klass 2.1	100,0	0,006	9,6E-08	4,1E-08	
Klass 2.3	1,0	0,006	9,6E-10	4,1E-10	
Klass 3, bensin	3543,8	0,021	1,2E-05	5,1E-06	
Klass 5.1, explosionsrisk	33,3	0,021	1,1E-07	4,8E-08	
Bredd på hus första raden [m]	28				
Medelavstånd till område inne [m]	12				
Medelavstånd till område ute [m]	2				
Områdets längd längs leden [m]	210				

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.

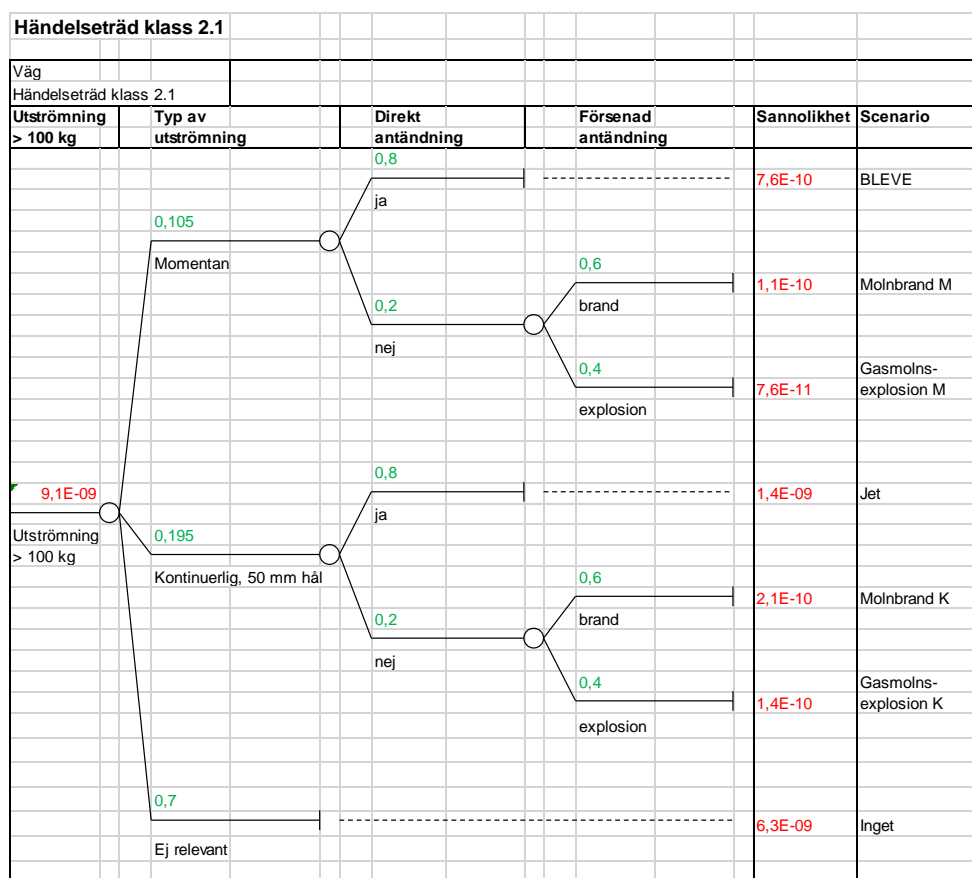
2 Händelseträäd

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

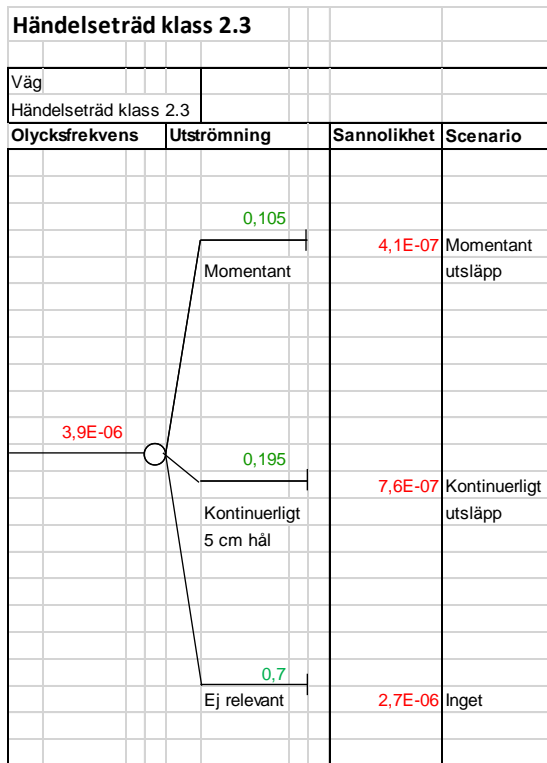
Den initiala olycksfrekvensen för händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 beräknas enligt *avsnitt 1* och resterande delen av händelseträdet baseras på RBM II. RBM II skiljer på om utsläppet sker momentant eller kontinuerligt för de berörda klasserna. Om utsläppet sker momentant släpps hela innehållet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



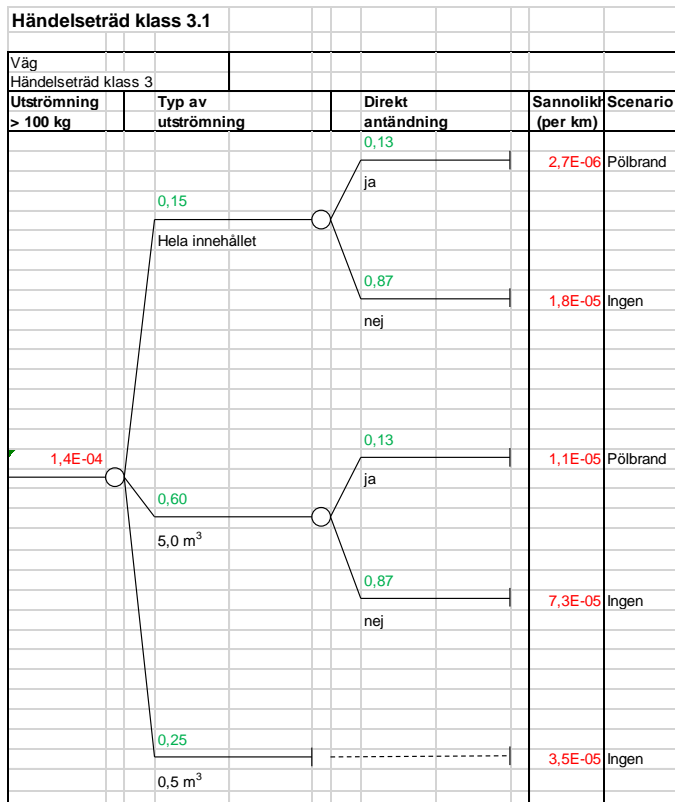
Figur 3. Händelseträäd olycka brandfarlig gas.

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*.

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	nej	1,4E-06	Ej explosion
				8,3E-09	Summa explosion

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

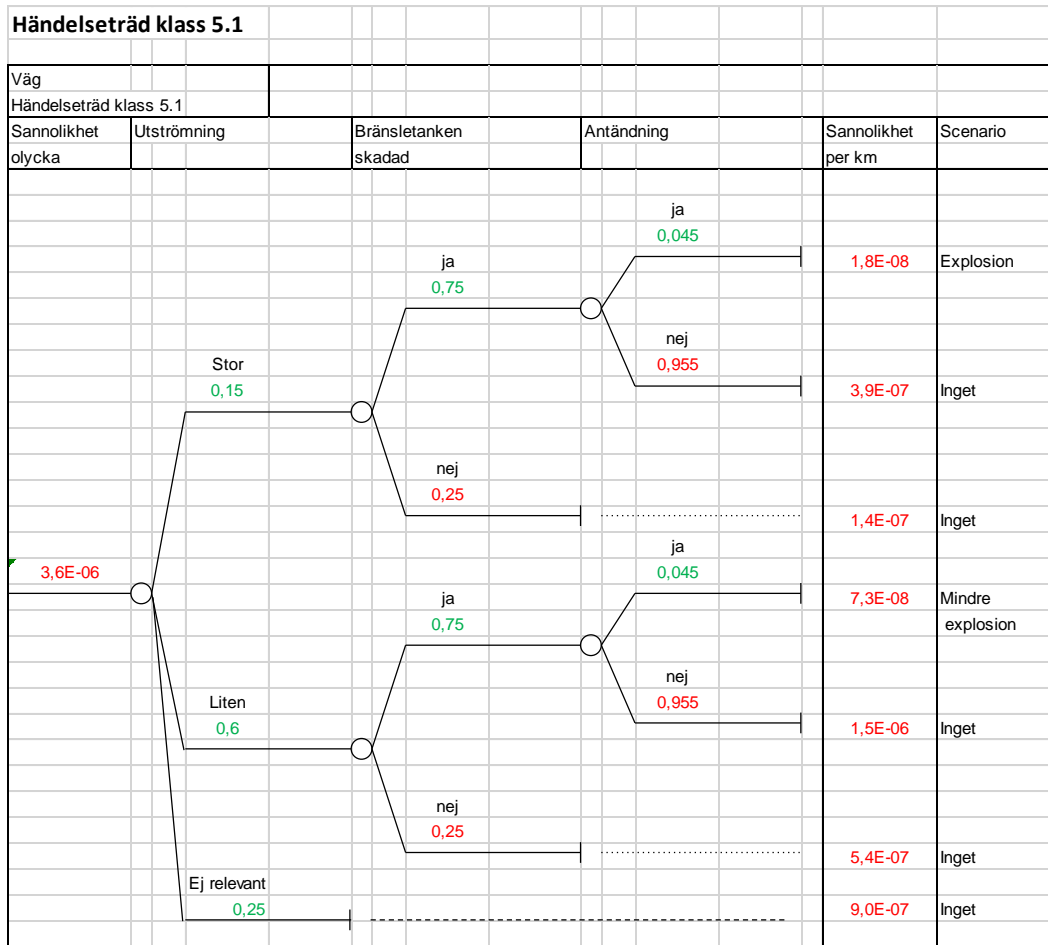
2.3 Klass 5.1

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.

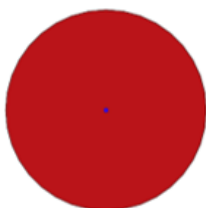
3 Konsekvenser av scenario

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



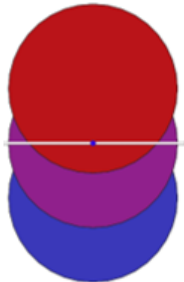
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	130 meter	72 meter	57 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

Jet



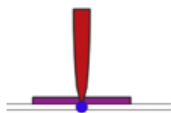
	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (halva längd)	37 meter	40 meter
Minor axis (halva bredd)	20 meter	34 meter
Avstånd centrum	29,5 meter	29,5 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,5

Molnbrand momentan



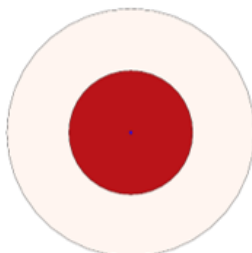
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	93 meter	93 meter	93 meter
Avstånd centrum	60 meter	0	-60 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



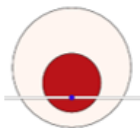
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	50 meter	50 meter
Maximala bredd	8,5 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



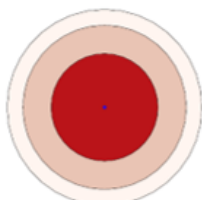
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	126 meter	252 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



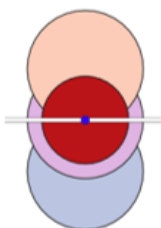
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	33 meter	67 meter
Avstånd centrum	16,5 meter	33,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



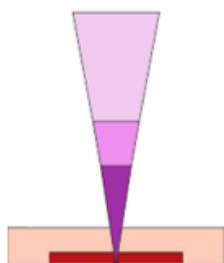
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	80 meter	108 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,3

Giftiga gaser momentan



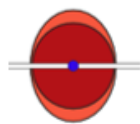
	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	30 meter	40 meter	40 meter	40 meter
Avstånd centrum	0	35 meter	0	-35 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

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.

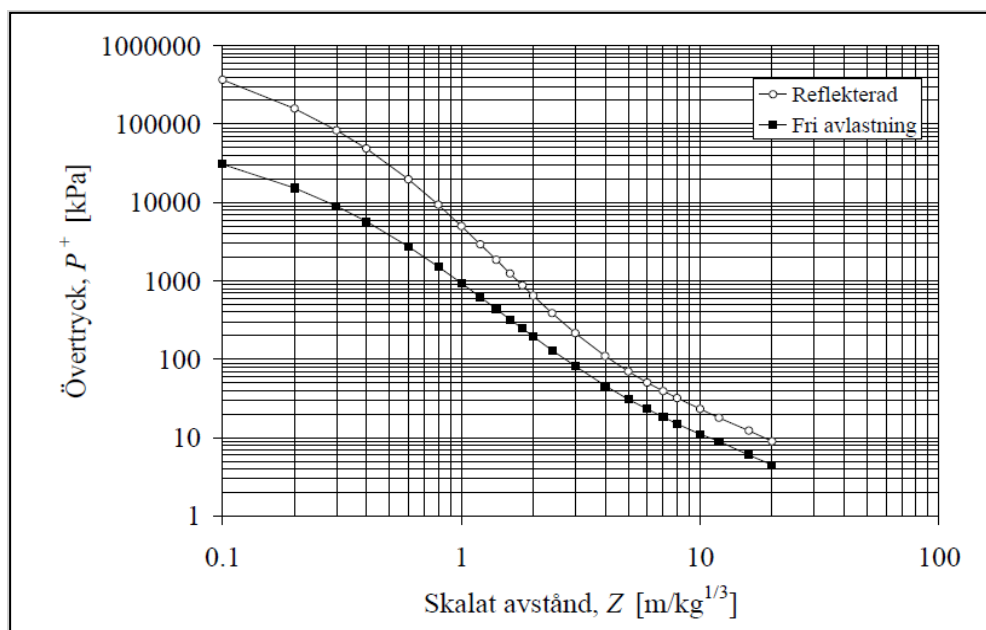
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

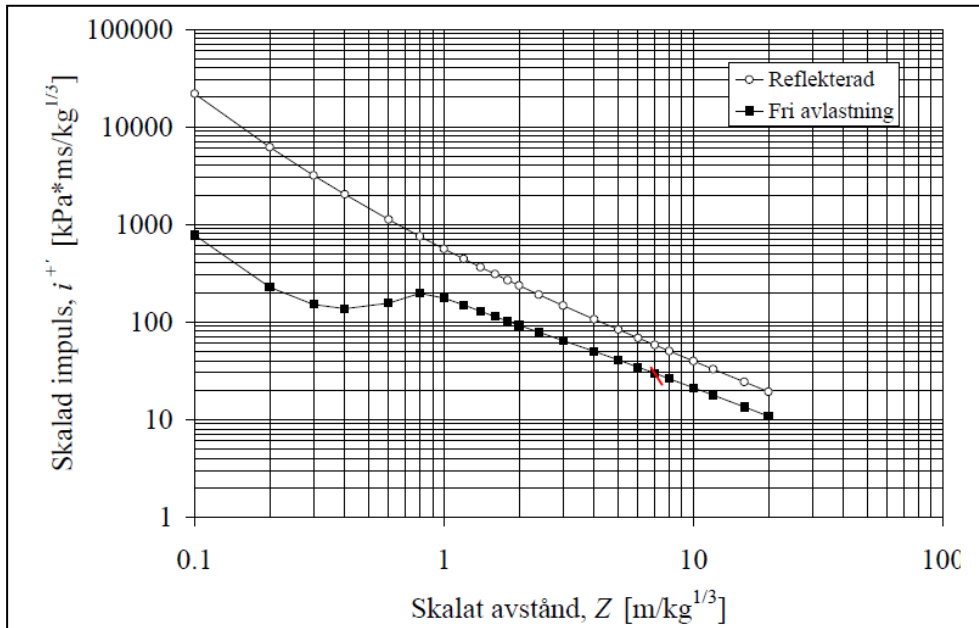
M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

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 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

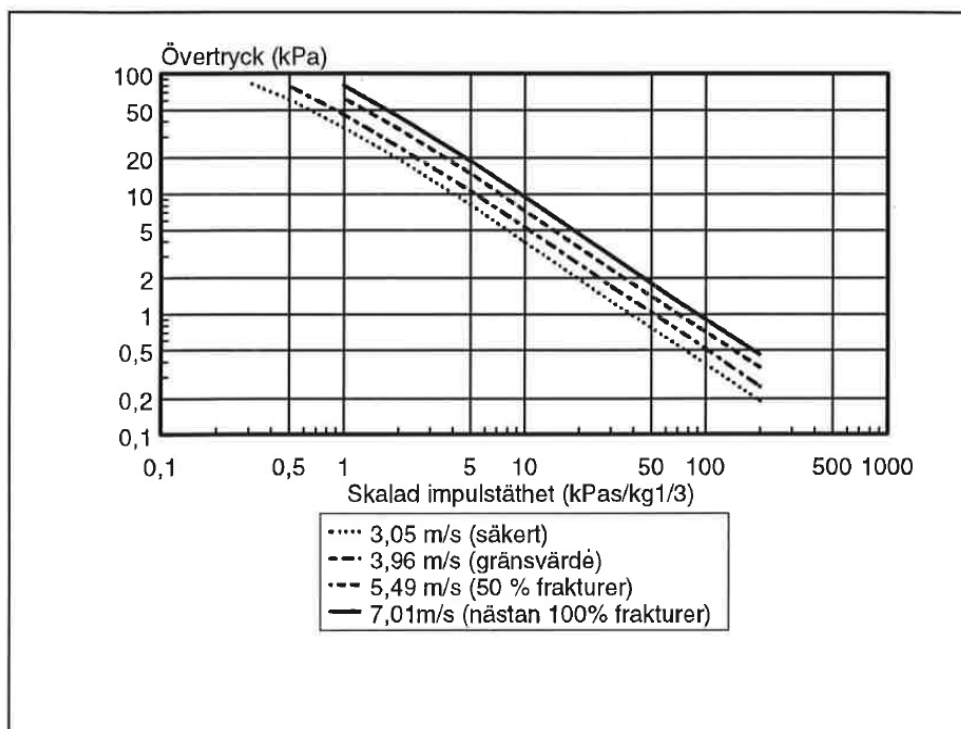
Direkta skador pga. tryck

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