

N300 Stadsbyggnadsförvaltningen

► Riskutredning detaljplan vid Salsmästaregatan

Riskutredning med avseende på transport av farligt gods

Uppdragsnr.: 109 54 32 Revision: 1.0 Datum: 2025-06-16



Uppdragsgivare: N300 Stadsbyggnadsförvaltningen
Uppdragsgivarens kontaktperson: Carl Andrén
Konsult: Norconsult Sverige AB, Theres Svenssons gata 11, 417 55 Göteborg
Uppdragsledare: Johan Hultman
Handläggare: Evelina Skantz

Revision	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt
0.8	2025-05-21	Handling för interngranskning	Evelina Skantz	Johan Hultman	Johan Hultman
0.9	2025-05-23	Handling för externgranskning	Evelina Skantz	Johan Hultman	Johan Hultman
1.0	2025-06-16	Färdig handling	Evelina Skantz	Johan Hultman	Johan Hultman

Detta dokument är framtaget av Norconsult 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.

► Summering

Göteborgs Stad arbetar med detaljplan med syfte att möjliggöra för etablering av verksamheter och industrier inom ett flertal fastigheter vid Salsmästaregatan. Planområdet omringas av tre leder som är utpekade för transporter av farligt gods: E6 Kungsälvsleden, Marieholmsbron del av Bohusbanan/Hamnbanan och E45 Marieholmsleden. Utöver detta ligger planområdet som närmst cirka 800 meter från en Sevesoklassad verksamhet som ska tas hänsyn till. Syftet med denna riskutredning är att värdera olycksrisker kopplade till transporter av farligt gods och därigenom verka som ett beslutsunderlag inom detaljplaneprocessen.

Enligt beräkningarna är individrisken från E45 och E6 acceptabel inom hela planområdet. Individrisken från Hamnbanan/Bohusbanan är acceptabel 75 meter från järnvägen, 90 meter i osäkerhetsanalysen. Delar av planområdet (område 1 och 5) som är beläget inom detta avstånd bör utformas för att inte inbjuda till stadigvarande vistelse utomhus inom ett skyddsavstånd av 75 meter från järnvägen.

Samhällsrisken är inom acceptabla nivåer från alla leder för farligt gods i ursprungsanalysen men hamnar i den lägre delen av ALARP-området i osäkerhetsanalysen för Hamnbanan/Bohusbanan och E45. Tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga skyddsåtgärder ska vidtas för att skydda mot gasmolnexplosion och BLEVE.

Utifrån de dimensionerande olyckorna, platsspecifika förutsättningarna och personer närvarande föreslås följande åtgärder:

- Att planområdet disponeras så att de mest personintensiva delarna placeras längst bort från en led för farligt gods
- Områden inom 75 meter från järnvägen bör inte inbjuda till stadigvarande vistelse
- Fasader som vetter mot Hamnbanan/Bohusbanan och E45 inom 50 meter från leden ska utformas i minst brandklass EI-30
- Bebyggelse ska placeras minst 30 meter från spårmittpå järnvägen
- Utrymning ska vara möjlig bort från Hamnbanan/Bohusbanan och E45
- Luftintag till byggnadens ventilationssystem ska placeras högt upp och riktas bort från riskkällan
- Bebyggelse inom 100 meter från befintlig verksamhet på Stena Recycling bör ha avstängbar ventilation.

Om dessa skyddsåtgärder vidtas bedöms risknivåerna vara acceptabla inom hela planområdet.

► Innehåll

1	Inledning	5
1.1	Syfte och mål	6
1.2	Avgränsningar	6
2	Metod - Riskbedömning i den fysiska planeringen	7
2.1	Vad är risker?	7
2.2	Riskhantering	8
2.3	Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods	9
3	Risker med transport av farligt gods	13
3.1	Typer av farligt gods	13
3.2	Konsekvenser av en olycka med farligt gods	13
4	Områdesbeskrivning	15
4.1	Planområdet	15
4.2	Antal personer närvarande	16
5	Riskidentifiering	18
5.1	Länsstyrelsens trafikföreskrift om transport av farligt gods i Göteborgs stad	19
5.2	E6 Kungälvleden	19
5.3	E45 Marieholmsleden	21
5.4	Marieholmsbron/Hamnbanan	23
6	Risikanalys och riskvärdering	25
6.1	Sevesoklassad verksamhet	25
6.2	Urspårningsrisk	26
6.3	Individrisk	28
6.4	Samhällsrisk	30
6.5	Osäkerhetsanalys	32
7	Riskreducerande åtgärder	36
8	Diskussion och slutsats	39
9	Referenser	40

Bilaga 1. Riskberäkning för transport av farligt gods på väg (E6 och E45)

Bilaga 2. Riskberäkning för transport av farligt gods på järnväg

1 Inledning

Göteborgs Stad arbetar med detaljplan för verksamheter vid Salsmästaregatan inom stadsdelarna Backa och Gamlestaden med syfte att möjliggöra för etablering av verksamheter och industrier. Planen ska möjliggöra för ändrad markanvändning från allmän platsmark och spårområde till verksamhet- och industrimark, bland annat för att etablera en returpappersanläggning i området.

Planområdet ligger strax norr om centrala Göteborg och omringas av tre leder som är utpekade som rekommenderade för transporter av farligt gods: E6 Kungälvsleden, Marieholmsbron del av Bohusbanan/Hamnbanan och E45. Se Figur 1 för planområdets läge.



Figur 1. Planområdets läge i Göteborg markerat i rött. Bakgrundskarta från Lantmäteriet.

Planområdet ligger som närmst cirka 60 meter från E6, 15 meter från Hamnbanan och 75 meter från E45. Länsstyrelsens riskpolicy anger att riskfrågor ska beaktas vid fysisk planering inom 150 m från transportleder

för farligt gods. Cirka 800 meter nordöst om planområdet ligger även en Sevesoklassad verksamhet som inkluderas i riskutredningen.

1.1 Syfte och mål

Syftet med denna riskutredning är att verka som ett beslutsunderlag för att inom detaljplan- och bygglovsprocessen kunna förhålla sig till olycksrisker kopplade till transporter av farligt gods. Detta ska genomföras 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 bygglovsprocessen.

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 beaktas 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 beräkningar i denna riskutredning avgränsas till antalet omkomna vid en olyckshändelse kopplat till transporter av farligt gods.

Riskutredningen kommer även avgränsas till att endast utreda tekniska olyckor kopplade till transporter av farligt gods. Geografiskt avgränsas riskutredningen till transportlederna för farligt gods som går förbi planområdet och till de närliggande verksamheterna som hanterar farligt gods. Resultatet kommer redovisas utifrån prognosår 2045.

2 Metod - Riskbedömning i den fysiska planeringen

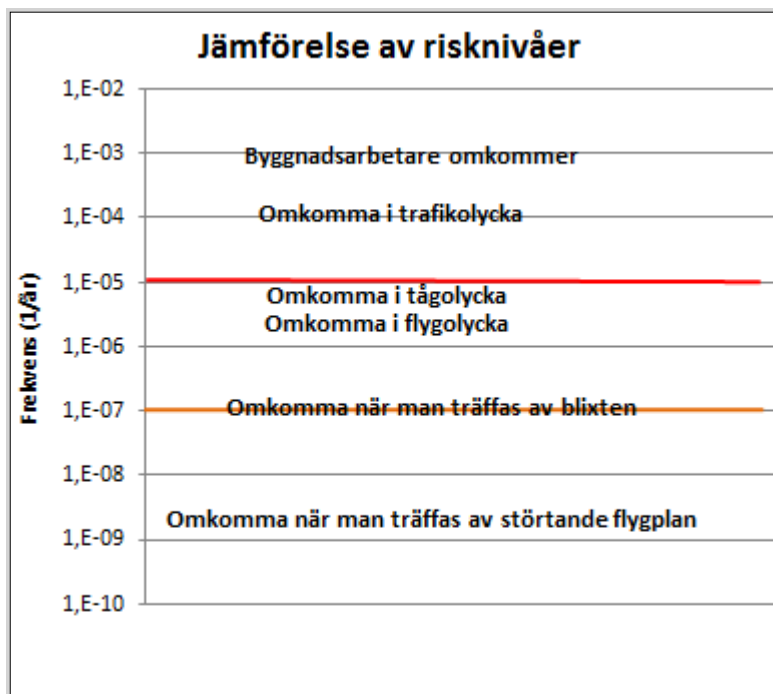
I detta kapitel definieras begreppet risk. Utöver detta beskrivs processen för riskhantering och bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods. Riskbedömningen görs utifrån vägledningsdokumenten Riktlinjer för riskbedömningar (Räddningstjänsten Storgöteborg, 2004) samt Vägledning för hantering av risker vid anläggningar och transporter med farligt gods, som utgör en del av översiktsplanen för Göteborg och som utgår från dokumentet Riskhantering i detaljplaneprocessen Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län (2006).

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?". 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).

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



Figur 2. Exempel på vilka risknivåer som finns i samhället. Det röda och orangea strecket är kriterier för bedömning av risknivåer och förklaras i avsnitt 2.3.

Vid riskutredning för den fysiska planeringen skiljs det på individrisk och samhällsrisk. Individrisken är risken för en person att omkomma i en olycka när denne 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.

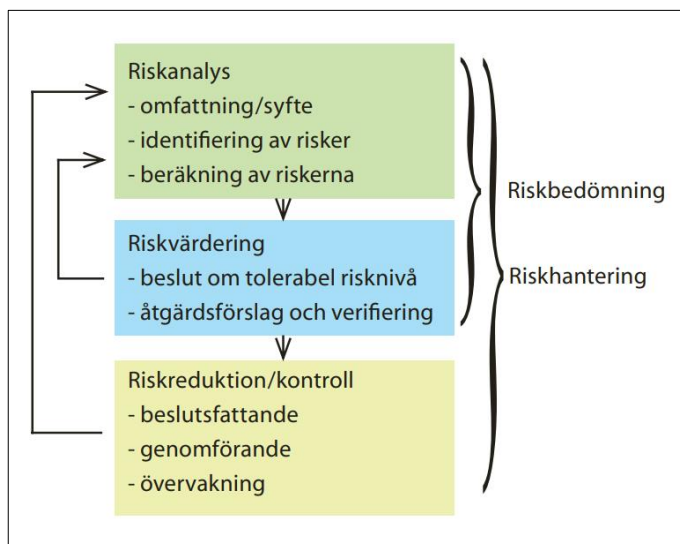
Samhällsrisk är ett mått på hur stora olyckor en riskkälla kan orsaka. Detta beror dels på riskkällans farlighet dels på hur många människor som brukar befinna sig i riskkällans omgivning. Detta mått är användbart om planeringen innebär att många människor kommer att befinna sig inom 150 meter från en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

2.2 Riskhantering

2.2.1 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen

Krav på hantering av risker i den fysiska planeringen finns i Plan- och bygglagen (2010:900) och miljöbalken (1998:808). Kraven innebär att människors 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 befastas på annat sätt, till exempel genom avtal.

Riskutredningen genomförs enligt riskhanteringsprocessen som beskrivs i *Riskhantering i detaljplaneprocessen* (Länsstyrelsen, 2006). Riskhanteringsprocessen omfattar riskidentifiering, riskanalys, riskvärdering och riskreducerande åtgärder, se Figur 3.



Figur 3. Riskhanteringsprocessen (Länsstyrelsen, 2006).

Riskidentifieringen omfattar en utredning av riskkällor och skyddsvärden i planområdets omgivning. Riskkällor som beaktas i riskidentifieringen utgörs av både transportinfrastruktur och riskfyllda verksamheter. De skyddsvärden för denna riskutredning fokuserar på människors liv och hälsa.

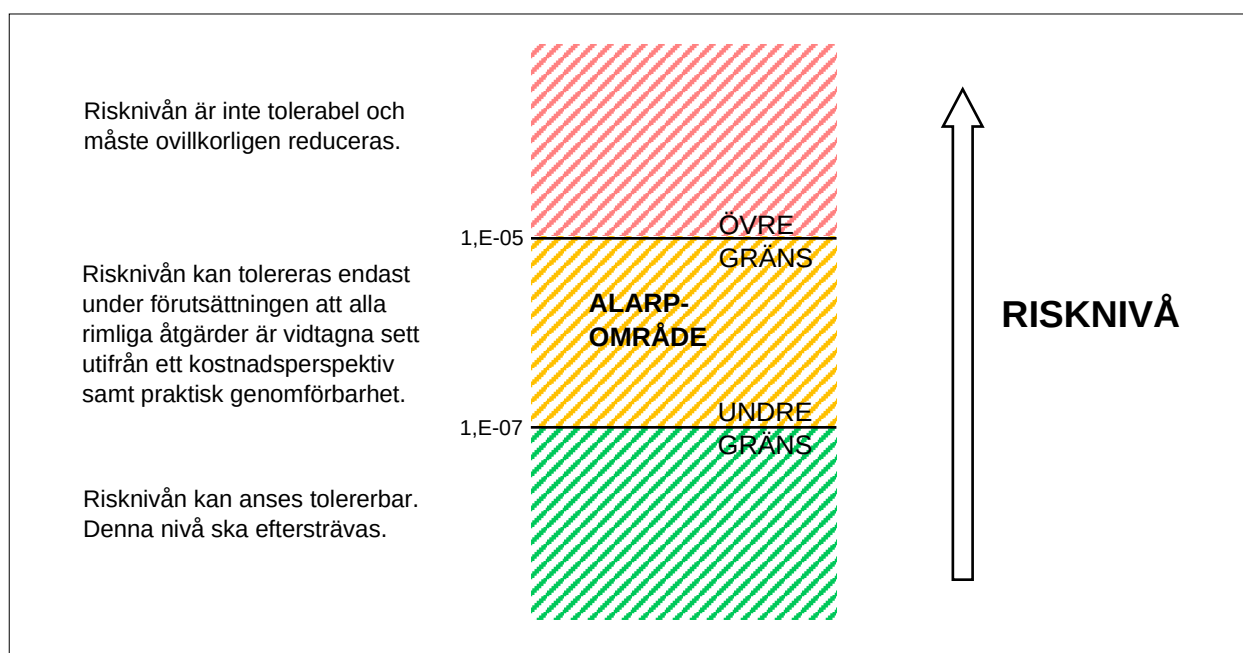
Riskanalysen utgår ifrån nuläget och år 2045 som ett prognosår. För att värdera risker kopplat till transporter av farligt gods på väg och dess påverkan på människa kan både individrisk och samhällsrisk användas som riskmått. Definitionen av dessa riskmått presenteras i avsnitt 2.3.

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.

2.3 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods

2.3.1 Kvantitativa kriterier för individrisk

I många fall, främst när det inte finns kommunala krav, används 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 4. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån vara så hög att den inte kan tolereras.



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

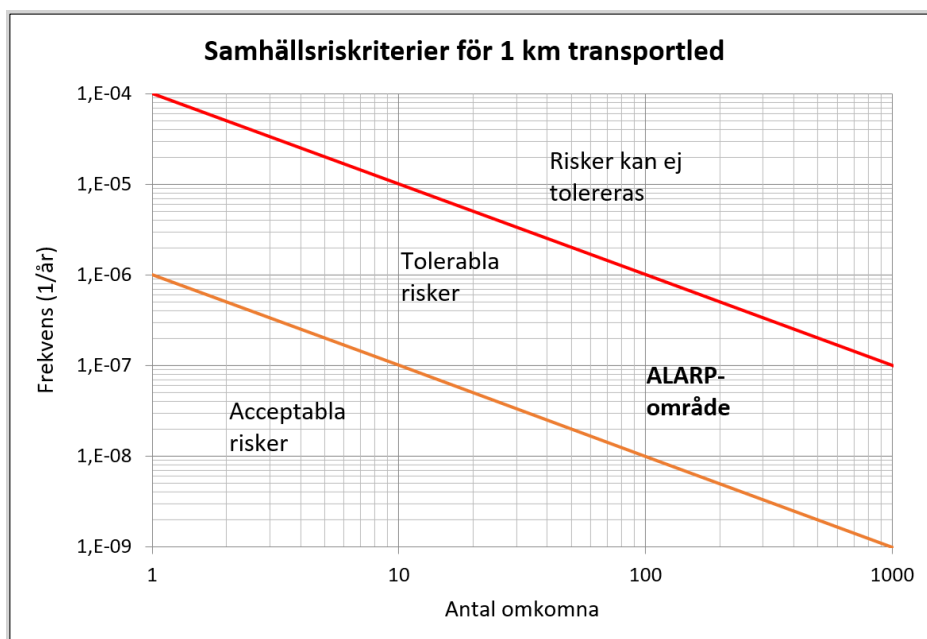
För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år och den undre på 1×10^{-7} per år. Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens totala risknivå. Om risknivån ligger under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

2.3.2 Kvantitativa kriterier för samhällsrisk

Även för samhällsrisk finns det kriterier i ovan nämnda rapport. Kriterierna utgår från samhällsrisknivåer för ett område på båda sidor av en 1 kilometer lång sträcka längs transportleden för farligt gods, se Figur 5.



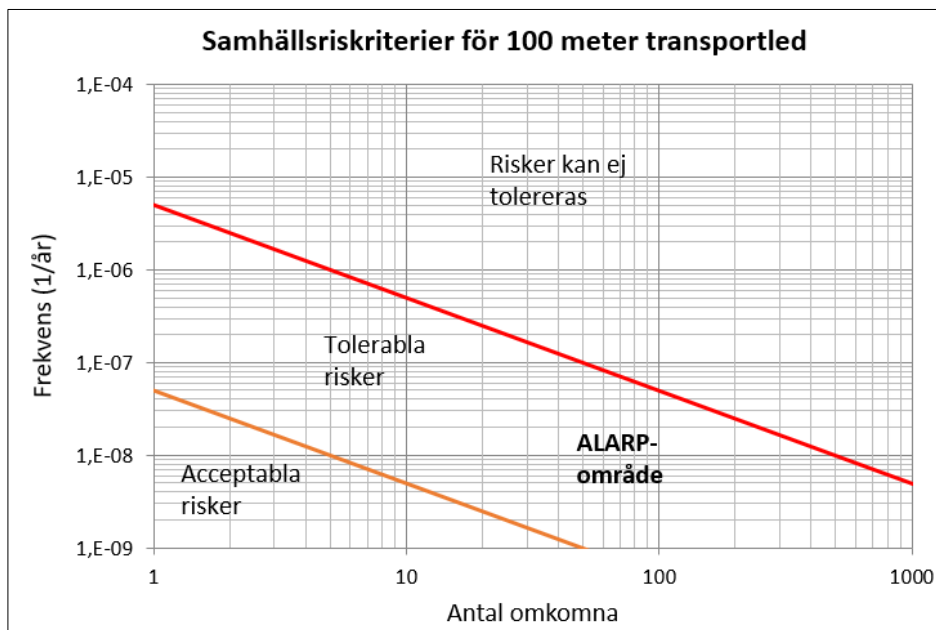
Figur 5. Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

Kriterier i Figur 5 innebär till exempel att en olycka med högst en omkommen accepteras högst en gång på 1 000 000 år (orange linje). Olyckor med en omkommen kan inte tolereras oftare än en gång per 10 000 år (röd linje). 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.

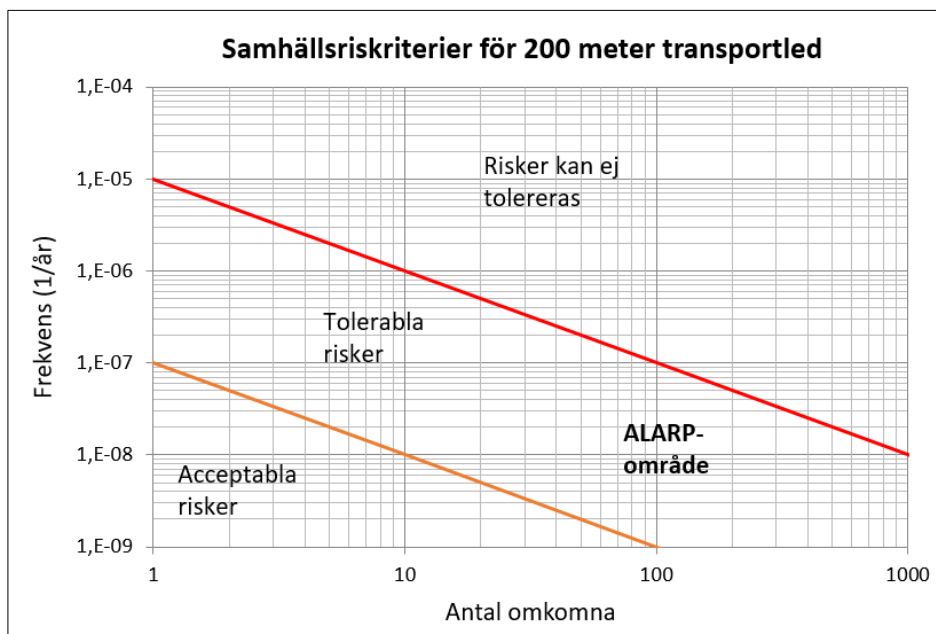
När risknivån ligger i det acceptabla området så krävs inga ytterligare åtgärder. Om risknivån ligger i området med tolerabla risker (ALARP-område) ska rimliga skyddsåtgärder vidtas.

Kriterierna ovan gäller för 1 kilometer långt område längs transportleden. Kriterier för det aktuella området beräknas utifrån områdets längd längs E6, E45 och Hamnbanan under förutsättning att området ligger på en och samma sida av leden.

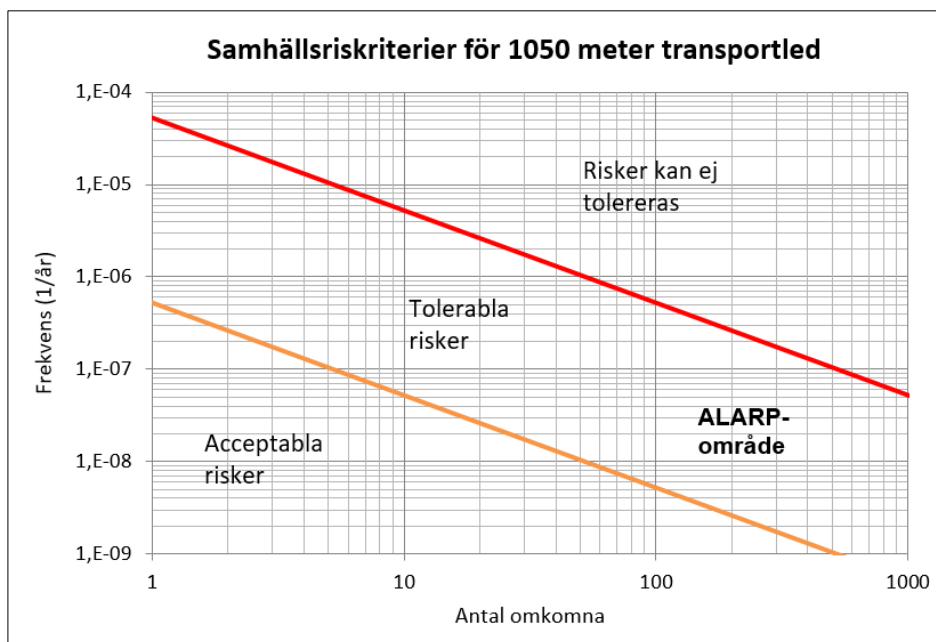
Planområdets längd är cirka 200 meter längs med E6, 100 meter längs med E45 och 1050 meter längs med Hamnbanan/Bohusbanan (område 1-7). De omräknade samhällskriterierna visas i Figur 6, Figur 7 och Figur 8.



Figur 6. Riskkriterier omräknade till 100 meter enkelsidig bebyggelse.



Figur 7. Riskkriterier omräknade till 200 meter enkelsidig bebyggelse.



Figur 8. Riskkriterier omräknade till 1050 meter enkelsidig bebyggelse.

2.3.3 ALARP-området

ALARP-området är området där riskerna är lägre än det som inte kan tolereras men högre än det som kan accepteras utan vidare. ALARP är en förkortning av 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 där 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.

3 Risker med transport av farligt gods

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	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

3.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods

I detta avsnitt följer en allmän beskrivning av de olika sorters farligt gods som transporteras och potentiella 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 Bilaga 1 och 2.

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. Brandfarliga 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 vara 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.

4 Områdesbeskrivning

I följande kapitel beskrivs området, den planerade bebyggelsen och antalet personer närvarande i området.

4.1 Planområdet

I dagsläget består planområdet främst av småskaliga industrier och verksamheter samt upplagsplatser. Planområdet omringas av industri- och verksamhetsområden som Ringön och Backa. Intill Göta älv och Marieholmsbron finns kajer.

I planområdet planeras det främst för industrimark och verksamheter. Området kan delas in i fem delar efter planerad markanvändning och avstånd till en farligt gods-led. För att få en fullskalig riskbild inkluderas även befintligt verksamhetsområde. Kajerna exkluderas i stället på grund av att människor inte stadigvarande vistas där. I Figur 9 visas indelningen av planområdet (område 1-5) exklusive kajerna och inklusive befintlig verksamhet (område 6, 7). Planområdets närmaste avstånd till E6, E45 samt Bohusbanan/Hamnbanan över Marieholmsbron visas även.



Figur 9. Indelning av planområdet och avstånd till närmsta led för transporter av farligt gods. Bilden är ett utklipp från QGIS.

Område 1 ligger som närmast cirka 45 meter från järnvägen och 60 meter från E6. Område 4 ligger som närmast cirka 85 meter från järnvägen och område 5 cirka 15 meter från järnvägen och 75 meter från E45. Område 2 och 3 ligger mer än 150 meter från alla leder för transporter av farligt gods. Område 6 och 7 är befintliga verksamheter där område 6 är utomhusverksamhet och 7 en byggnad med bland annat kontor.

Mellan område 5 och E45 är en vegetationsfylld plan yta och, längst söderut, Marieholmstunneln. Mellan E6 och område 1 är en plan yta med järnväg och vegetation. Ytan mellan vägarna och planområdet innebär att brandfarliga vätskor inte förväntas rinna mot planområdet.

Järnvägen ligger på samma höjd som planområdet bortsett från Marieholmsbron då järnvägen ligger på en högre höjd. På Marieholmsbron skyddas järnvägen av betongfundament för att förhindra urspårande tåg, se Figur 10.



Figur 10. Illustration av var järnvägen omgärdas av betongfundament och ungefärligt avstånd från järnvägen till planområdet.

Den rörliga delen av bron (cirka 70 meter) skyddas inte av betongfundament. Vid en eventuell urspårning från denna del av bron går tågets rörelse mot Göta älv. Mellan järnvägen och planområdet är det en gång- och cykelbro ovan en cirka 15 meter plan yta. Skyddsavståndet på 15 meter har betydelse för ett eventuellt urspårande tågs rörelse mot planområdet.

4.2 Antal personer närvarande

Antal personer som vistas i området beräknas olika beroende på vilken typ av bebyggelse det rör sig om. I område 1 planeras det för 8 000 kvm BTA industriområde, och i område 2-5 sammanlagt cirka 10 000 kvm BTA blandat industri- och verksamhetsområde. Befintlig verksamhet intill område 1 uppskattas ha cirka 4 500 kvm BTA. I samråd med Göteborgs Stad antas att 20 % av ytan för industrier och verksamheter utgörs av kontor.

Beräkningar av antal personer per kvadratmeter BTA i alla delområden uppskattas med stöd i tidigare utredningar. För kontor antas en personnärvaro på i snitt 30 personer/1000 kvm BTA och för verksamheter och handel i snitt 12 personer/1000 kvm BTA. Med stöd i antal parkeringsplatser och att industri/verksamhet antas ha utrymme för färre personer än handel/verksamhet har siffran halverats till cirka 5 personer/1000

kvm BTA. I beräkningarna av persontätheten inkluderas anställda och besökare. Persontätheten justeras också utifrån uppskattade arbetstider och arbetsdagar över året.

För kajerna beräknas ingen persontäthet på grund av att det inte finns samma förutsättningar för långvarig och platsbunden vistelse som i ett verksamhets- och industriområde. Tabell 2 presenterar persontätheten för olika delar av planområdet i Figur 9 fördelat på dagtid (klockan 06:00-18:00) och nattid (klockan 18:00-06:00). För att ta hänsyn till osäkerheter har en osäkerhetsanalys med 25 % fler personer närvarande i området gjorts.

Tabell 2. Persontäthet för olika delar av planområdet i ursprungsberäkningen och osäkerhetsanalysen.

Del av planområde	Personer dagtid	Personer natttid
Område 1	83	8
Område 2, 3, och 4	67	6
Område 5	37	4
Område 6 och 7	83	6
Totalt	270	24
Totalt osäkerhetsanalys	338	29

5 Riskidentifiering

I dagsläget finns det flera potentiella riskkällor nära planområdet som behöver beaktas. Tre transportleder för farligt gods har identifierats som riskkällor inom 150 meter från planområdet: E6, Hamnbanan över Marieholmsbron och E45, se Figur 11 för primärt- och sekundärt rekommenderade vägar för farligt gods.



Figur 11. Rekommenderade vägar för farligt gods.

Planområdets delar har olika riskbilder beroende på med vilket avstånd det ligger från transportlederna.

(1) För planområdets sydvästra del, intill nuvarande Stena, är de dimensionerande riskkällorna E6 och Hamnbanan.

(2-4) För den norra delen av planområdet, västra kajen och området runt cirkulationsplatsen, är de dimensionerande riskkällorna järnvägstransporterna på Hamnbanan. Detta är på grund av avståndet till E6 och E45, som uppgår till cirka 200 respektive 350 meter kortaste avståndet.

(5) För planområdets östra del, den östra kajen, är de dimensionerande riskkällorna E45 och Hamnbanan.

E6 Kungälvleden fortsätter åt sydöst genom Tingsstadstunneln och i sydväst som Lundbyleden E6.21 mot Lundbytunneln. I båda sträckningarna upphör vägen att gälla som primärt rekommenderad väg för farligt

gods strax innan tunnlarna. Bestämmelserna om vilken typ av farligt gods som får transporteras på E6:an och i tunnlarna redovisas i avsnitt 5.1.1.

Utöver detta finns det även verksamheter som hanterar farligt gods i närområdet. Univar Solutions ligger i Marieholms industriområde, som närmst 800 meter från planområdet. Univar är en Sevesoklassad verksamhet som hanterar och lagrar kemikalier, bland annat frätande och oxiderande ämnen (Räddningstjänsten Storgöteborg, 2022). Verksamheten ska eventuellt inte hantera farligt gods i framtiden.

Intill planområdet ligger även Stena Recycling som är en återvinningsanläggning. Enligt Länsstyrelsens handläggarstöd för miljöfarlig verksamhet (Nikita) så har inte anläggningen tillstånd för miljöfarlig verksamhet. Verksamheten hanterar metall, farligt avfall, plast och olika typer av papper. Risk och störningar som kan uppkomma från denna typ av anläggning är primärt kopplade till buller och till viss del brandrisk. Buller uppkommer vid bearbetningen men även vid transporter, lastning, lossning samt sorteringsverksamhet. Störande fläktsystem kan även förekomma. Buller bedöms vara något som kan accepteras eftersom planområdet inte innebär någon ny bostadsbebyggelse.

5.1.1 Länsstyrelsens trafikföreskrift om transport av farligt gods i Göteborgs stad

Länsstyrelsen i Västra Götalands län har lokala trafikföreskrifter om transport av farligt gods på allmänna vägar och gator i Göteborgs kommun i 14TFS 2022:38 (Transportstyrelsen, 2022). I föreskriften framgår bland annat följande:

- ▶ 1 § Dessa föreskrifter avser transport av farligt gods på allmänna vägar och gator i Göteborgs kommun.
- ▶ 2 § Fordon får inte föras med last som omfattas av krav på märkning med orangefärgad skylt enligt ADR-S 2021.

I 3 § framgår undantag för transport av farligt gods från bestämmelserna i 2 § för följande vägar:

- E6 Kungälvsliden, mellan Ringömotet och Kungälv kommungräns.
- E6.21 Lundbyleden, mellan Ringömotet – Brunnsbomotet – Leråkersmotet – Brantingsmotet
- ▶ 5 § Trots bestämmelserna i 2 § får transport av farligt gods ske på den ur säkerhetssynpunkt kortaste och lämpligaste vägen från närmast tillåtna transportväg för farligt gods enligt 3 § eller 4 § till och från av- och pålastningsplats.

Lundbytunneln och Tingstadstunneln tillhör tunnelkategori E. Transport av farligt gods får inte förekomma enligt 3 kap. 83 a-e § trafikförordningen. Detta gäller med undantag för klass 6.2 (smittfarliga ämnen), 7 (radioaktiva ämnen) och 9 (övriga farliga ämnen).

5.2 E6 Kungälvsliden

Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB) kartläggning av farligt gods är bristfällig för sträckan Klarebergsmotet-Brunnsbomotet som passerar planområdet. För att uppskatta antal transporter av farligt gods används tidigare utredningar främst som underlag.

COWI gjorde 2020 en riskutredning i samband med detaljplanearbete vid Backaplan. På grund av att hamnverksamhet med farligt gods i Frihamnen avvecklats har transporterna av farligt gods Lundbyleden primärt målpunkter i närområdet (COWI, 2020). Vägen bedöms inte vara en genomfartsled till exempelvis Göteborgs hamn då Lundbytunneln är en förbudszon för majoriteten farligt gods. I Tabell 3 visas en uppskattning av antal transporter per år på Lundbyleden vid Brunnsbomotet och Backamotet baserat på en

inventering av verksamheter som hanterar farligt gods i närområdet. Transporter av farligt gods-klasser där Lundbyleden kan uteslutas som färdväg för redovisas ej.

Tabell 3. Transporter av farligt gods på Lundbyleden (COWI, 2020).

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
2.1. Brandfarliga gaser	18
3. Mycket brandfarliga vätskor	1516
9. Övriga farliga ämnen	15
Okänd klass	52

Antal transporter av farligt gods mellan Brunnsbomotet och Brantingmotet på Lundbyleden bedöms som helhet vara få och minskande i antal (COWI, 2020). Antal transporter av brandfarliga vätskor anses även vara för högt räknad. Baserat på detta underlag har antal transporter i de klasser som främst bedöms innebära risker för området 2045 uppskattats, se Tabell 4.

Tabell 4. Farligt gods på E6.21 år 2045 som medför betydande risker för området.

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
1.1 Masseexplosiva ämnen	10
2.1 Brandfarliga gaser	20
2.3 Giftiga gaser	10
3. Mycket brandfarliga vätskor	1500
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	10

5.2.1 Sannolikhet för olyckor

Sannolikheten för olyckor på E6 tas ur handboken *Effektsamband för transportsystemet* (Trafikverket, 2023). Risken för olyckor på en fyrfältig motorväg med hastighetsbegränsning på 70 km/h anges till 0,18 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $1,7 \times 10^{-7}$ per fordonskilometer och år.

Vägen är utrustad med ett högkapacitetsvägräcke på en sträcka förbi planområdet. Räcket har en skadereducerande effekt vid olyckor med tunga fordon. Vägräcket bedöms halvera olycksrisken för halva planområdet, det vill säga ha en skadereducerade effekt på 25 % för hela planområdet.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är runt 30 %, vilket innebär att det vid 70 % av olyckorna är minst två fordon inblandade (SRV, 1996). Om det bortses från olyckor med fler än två fordon inblandade, vilket inte påverkar resultatet nämnvärt, är risken för att ett fordon blir inblandat i en olycka på en 1 km lång sträcka av vägen $1,35 \times 10^{-7} \times (2-0,7) \times 1,1 = 1,93 \times 10^{-7}$. I beräkningen ingår att antal standardaxlar är 1,1.

5.3 E45 Marieholmsleden

Uppgifterna om mängden farligt gods som transporteras på E45 förbi planområdet kommer från Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB, 2006). Uppgifterna är baserade på en undersökning som genomfördes under september månad 2006 och resultaten finns i en GIS-databas hos MSB. Uppgifterna för 2006 anger 5 200 transporter per år (Norconsult, 2020). Omräknat till år 2045 med den ökning av godstransporter som anges av Trafikverkets basprognos för Västra Götaland (Trafikverket, 2016) beräknades antal transporter av farligt gods till cirka 10 700.

Uppgifterna skall inte användas utan vidare som underlag för prognoser då endast en månad ingår i underlaget. Uppgifterna jämförs därför med nationell statistik som anger att i genomsnitt cirka 4 % av godstransporter innehåller farligt gods (TRAFKA, 2019). Vägtrafikflödeskartan anger uppmätta trafikmängder på E45 vid planområdet till 2 100 tunga fordon per dygn 2022. Det förväntade antalet transporter av farligt gods enligt nationellt genomsnitt uppgår då till cirka 44 800 år 2045. Dessa transporter fördelas till de olika ADR-klasserna enligt nationell statistik, se Tabell 5.

Tabell 5. Antal förväntade transporter med farligt gods på E45 år 2045 enligt MSB och Nationellt genomsnitt.

Klass	Beräknat antal transporter per år 2045 enligt MSB	Beräknat antal transporter per år 2045 enligt Nationellt genomsnitt	Antal transporter per år 2045 som använts i riskberäkningarna
1 Explosiva ämnen	1	120	100
2.1 Brandfarliga gaser	300	2100	1000
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	0	6900	1000
2.3 Giftiga gaser	-	14	14
3 Brandfarliga vätskor	8200	22 000	10 000
4 Brandfarliga fasta ämnen	350	1200	1000
5 Oxiderande ämnen	0	1100	1000
6 Giftiga ämnen mm	62	3100	1000
7 Radioaktiva ämnen	-	-	-
8 Frätande ämnen	370	6100	1000
9 Övriga farliga ämnen	1400	2200	1400
Totalt	11 000	44 800	17 500

Av klasserna i Tabell 5 är det ämnen i klass 1, 2.1, 2.3, 3 och 5 som kan leda till olyckor med betydande konsekvenser för området, dessa är därför markerade med fetstil. Mängderna farligt gods som används i riskberäkningarna är en sammanvägning mellan MSB:s siffror och nationellt genomsnitt. Då det nationella genomsnittet är mycket högre används siffror i samma storleksordning fast lägre. För att inte gå för lågt används samma 10-potens som det nationella genomsnittet.

Klasserna i Tabell 5 omfattar olika ämnen med varierande farlighetsgrad. För att kunna genomföra en riskberäkning måste ämnena delas upp ytterligare och antalet transporter beräknas för de ämnesgrupperna med de högsta risknivåerna.

Av ämnena i klass 1 står de massexplosiva ämnen för de betydande riskerna. Andelen massexplosiva ämnen i klass 1 sätts till 10 % (ÖSA, 2004). I klass 3 är det de mycket brandfarliga vätskorna som står för de betydande riskerna. Andelen mycket brandfarlig vätska (bensin m.m.) sätts till 75 % (ÖSA, 2004). För klass 5 räknas endast de oxiderande ämnen med som bedöms kunna leda till en massexplosion. De uppskattas stå för högst en tredjedel av den totala mängden.

I Tabell 6 visas antal transporter i de klasser som främst bedöms innebära risker för området uppräknade till år 2045.

Tabell 6. Farligt gods på E45 år 2045 som medför betydande risker för området.

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
1.1 Massexplosiva ämnen	10
2.1 Brandfarliga gaser	1000
2.3 Giftiga gaser	14
3. Mycket brandfarliga vätskor	7500
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	333

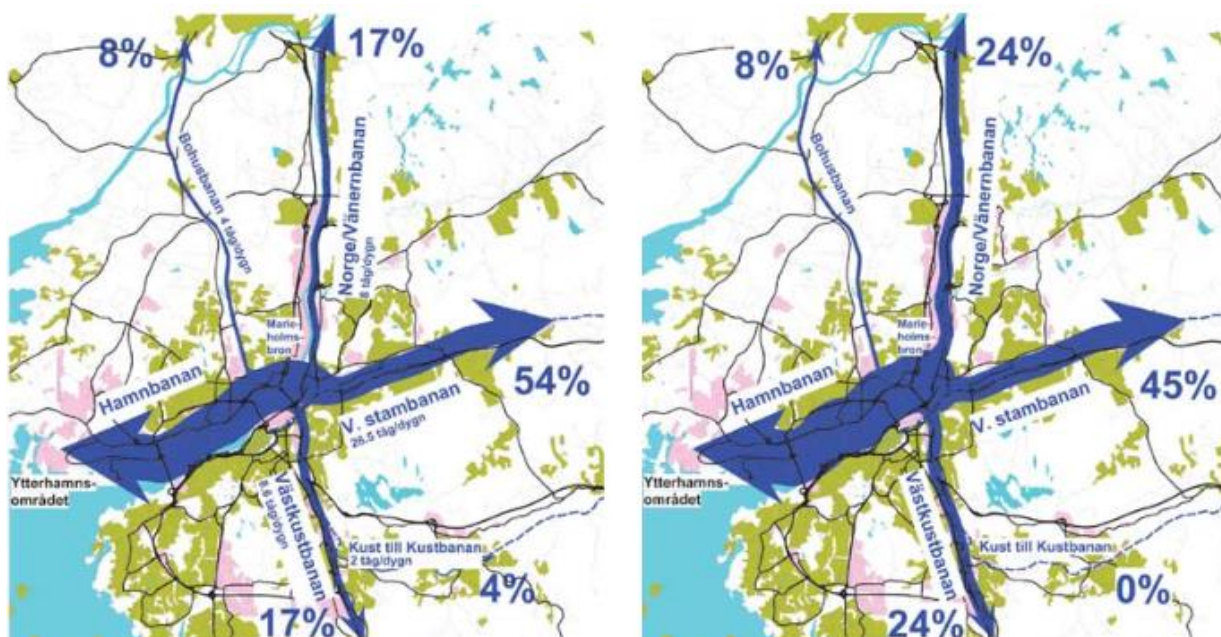
5.3.1 Sannolikhet för olyckor

Sannolikheten för olyckor på E45 tas ur handboken *Effektsamband för transportsystemet* (Trafikverket, 2023). Risken för olyckor på en fyrfältig motorväg med hastighetsbegränsning på 70 km/h anges till 0,18 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $1,7 \times 10^{-7}$ per fordonskilometer och år. Vägen är utrustad med en enklare variant av vägräcke som inte bedöms ha en skadereducerande effekt.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är runt 30 %, vilket innebär att det vid 70 % av olyckorna är minst två fordon inblandade (SRV, 1996). Om det bortses från olyckor med fler än två fordon inblandade, vilket inte påverkar resultatet nämnvärt, är risken för att ett fordon blir inblandat i en olycka på en 1 km lång sträcka av vägen $1,7 \times 10^{-7} \times (2-0,7) \times 1,1 = 2,6 \times 10^{-7}$. I beräkningen ingår att antal standardaxlar är 1,1.

5.4 Marieholmsbron/Hamnbanan

Hamnbanan, som sträcker sig över Marieholmsbron, är en länk för godståg från hela Norden att nå Göteborgs hamn. Banan har byggts om från enkelspårig till dubbelspårig vilket skulle medföra en möjlig kapacitetshöjning från cirka 100 till 175 transporter per dygn på Marieholmsbron 2022 (Räddningstjänsten Storgöteborg, 2011). Andelen farligt gods är okänt. Nutida och trolig framtida fördelning av järnvägsgods till och från Hamnen visas i Figur 12.



Figur 12. Nutida (t.v.) och trolig framtida (t.h.) fördelning av järnvägsgodstransporter till och från hamnen (Räddningstjänsten Storgöteborg, 2011).

Majoriteten av godstransporterna (cirka 92 %) går via Marieholmsbron i framtidsprognosen.

2011 gjorde Tyréns en riskutredning med avseende på farligt gods i samband med tillkomsten av den södra brodelen på Marieholmsbron (Tyréns, 2011). Prognosen för 2030 var 156 godståg per dygn på Marieholmsbron, varav hälften på den södra och hälften på den norra bron.

Uppskattning av antalet transporter av farligt gods på järnvägssträckan 2045 görs med stöd i trafikuppgifter för järnväg och bullerprognos 2045 (Trafikverket, 2024), den tidigare utredningen av Marieholmsbron (Tyréns, 2011) och uppskattningen av den framtida fördelningen av godstrafiken.

Trafikverkets uppgifter för järnväg anger prognosticerad ÅDT 2045 för bland annat Hamnbanan och Bohusbanan. Prognosen är cirka 82 transporter per dygn på sträckan Kville-Olskroken på Hamnbanan över Marieholmsbron, drygt hälften av prognosen för 2030 som var 156 godståg per dygn. Prognosen för 2045 inkluderar troligtvis inte andra godstransporter över Marieholmsbron, så som till Norge/Vänerbanan och anses därför vara lågt räknad.

För att ta höjd för osäkerheter i uppskattningarna används den högre siffran för prognosår 2030 som var 156 godståg per dygn på Marieholmsbron även för prognosår 2045. 75 % av transportererna antas i beräkningarna gå via den södra Marieholmsbron som ligger närmast planområdet. Det resulterar i 117 godståg per dygn på Hamnbanan sträckan över Marieholmsbron.

Antal transporter (vagnar) uppdelat på de klasser som främst bedöms innebära risker för området år 2045 visas i Tabell 7.

Tabell 7. Uppskattat antal vagnar av farligt gods på Marieholmsbron 2045.

Klass och ämnesgrupp	Antal vagnar
1.1 Massexplosiva ämnen	0
2.1 Brandfarliga gaser	13 200
2.3 Giftiga gaser	4400
3. Mycket brandfarliga vätskor	14 800
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	8200

Fördelningen baseras på nationellt genomsnitt snarare än MSB:s siffror. Detta är för att nationellt genomsnitt inkluderar kapacitetshöjningen på Hamnbanan som möjliggör för fler transporter.

Varje klass av farligt gods i Tabell 7 omfattar ämnen med varierande farlighetsgrad. För att kunna genomföra en riskberäkning måste ämnena delas upp ytterligare. I klass 1 är det de massexplosiva ämnena som står för de betydande riskerna. Andelen massexplosiva ämnen sätts till 10 % (ÖSA 2004). Andelen mycket brandfarlig vätska i klass 3 (bensin m.m.) sätts till 75 % (ÖSA 2004). För klass 5 räknas endast de oxiderande ämnen med som bedöms kunna leda till en massexlosion. De uppskattas stå för högst en tredjedel av den totala mängden.

5.4.1 Sannolikhet för olyckor

Sannolikheten för olyckor på järnvägen förbi det aktuella området har beräknats med den av Trafikverket angivna metoden (Banverket, 2001). Beräkningarna för detta visas i Bilaga 2. Olycksrisken beräknas för det södra spåret som ligger närmast planområdet. Sannolikheten för att en olycka inträffar har beräknats till $4,1 \times 10^{-8}$ per vagnkilometer och år. I beräkningarna har det tagits hänsyn till att det är 3 växlar på det södra spåret och två växlar när det södra spåret svänger av mot Norge-Vänerbanan.

Enligt den nationella järnvägsdatabasen (NJDB) är den högsta tillåtna hastigheten sträckan 80 km/h för A-tåg, vilket majoriteten av godståg klassas som (Trafikverket, 2025). Sannolikheten för olyckor är mycket liten för varje enskild vagn som transporteras. På järnvägar med mycket transporter av farligt gods kan det transporteras flera tusen vagnar årligen, vilket gör att riskerna inte är försumbara. Urspråningsrisken beskrivs vidare i avsnitt 6.3.

6 Riskanalys och riskvärdering

I detta kapitel analyseras och värderas risker från den Sevesoklassade verksamheten, urspårningsrisk för järnvägen samt transporter av farligt gods på järnväg och väg. Dessutom redovisas en osäkerhetsanalys för individ- och samhällsrisk. I osäkerhetsanalysen av individrisken ökar antalet transporter av farligt gods med 25 %. I osäkerhetsanalys av samhällsrisken ökas både antalet transporter av farligt gods och antalet personer närvarande i området med 25 %. De ingångsvärdena för beräkningarna som är specifika för området redovisas i avsnitt 4 och 5.

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

6.1 Sevesoklassad verksamhet

UnivarSolutions AB som bedriver en Sevesoklassad verksamhet är beläget som närmst cirka 800 meter från planområdet. Verksamheten identifierar rökutveckling i händelse av brand och klorgasutveckling vid felaktig hantering av kemikalier som de största riskerna (Räddningstjänsten Storgöteborg, 2022). Brandroken kan spridas med vinden och utsätta andra som inte är i den direkta närheten för fara. Verksamheten omfattas av den högre kravnivån enligt lagen (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor. Verksamheten samarbetar med räddningstjänsten och vid händelse av en allvarlig olycka kan ett "viktigt meddelande till allmänheten" (VMA) utfärdas.

Det saknas riktlinjer för vilket skyddsavstånd som bör hållas till verksamheten vid nybyggnation. En uppskattning kan göras baserat på MSB:s generella bedömning av påverkansområdet från ett utsläpp av klor. Bedömningen visar det initiala riskområdet vid ett utsläpp och är enbart avsett att användas i brådskande situationer. Skyddsavstånden i Figur 13 gäller oskyddade individer utomhus, vid läckage i vätskefas utomhus.

		Normalt väder vind 5 m/s (stabilitetsklass D)	Ogynnsamt väder vind ≤ 2 m/s (stabilitetsklass F)
Klor	Litet utsläpp (packningsläckage)	300 m i vindriktningen, 50 m mot vinden.	1100 m radie.
	Större utsläpp (brott på anslutningsrör)	1200 m i vindriktningen, 50 m mot vinden.	11,2 km radie.

Figur 13. Initialt riskområde vid utsläpp av klor (MSB, 2016).

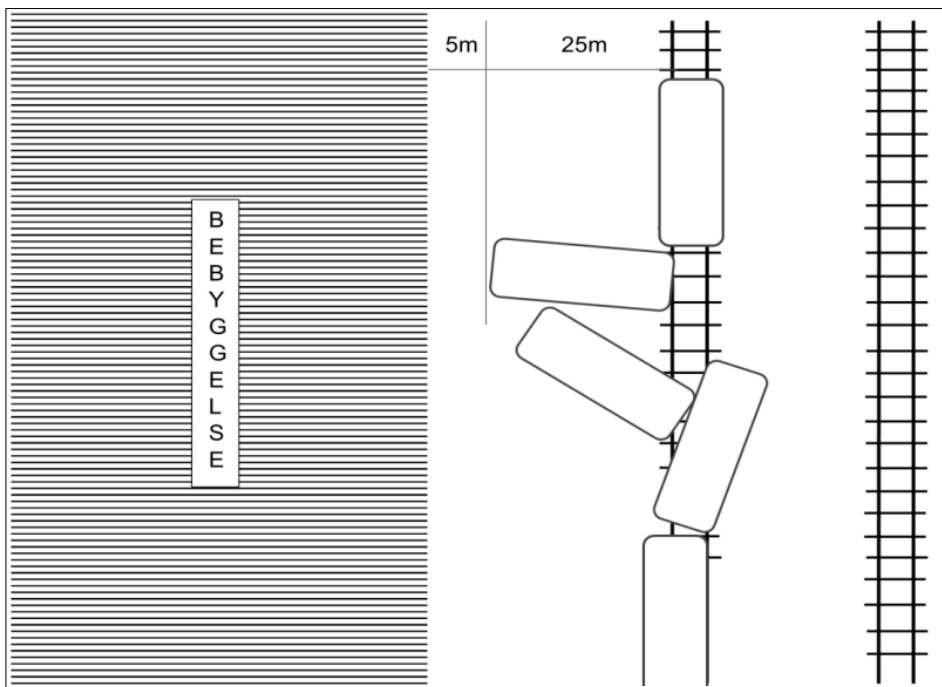
Det initiala påverkansområdet är sannolikt högt tilltaget och riskutredningen kan förhålla sig till ett mindre påverkansområde. I dagsläget finns tät bebyggelse av bostäder och andra verksamheter inom 1100 meter. En tidigare riskutredning för Gamlestads torg bedömde att bostäder vid ett avstånd på 350-400 meter från Sevesoanläggningen krävde skyddsåtgärder i form av information om VMA och möjlighet att tätta fönster i händelse av ett VMA (COWI, 2019).

6.2 Stena Recycling AB

Det dimensionerande skadefallet inom verksamheten är någon form av brand inom verksamheten. Ett brandförlopp bedöms kunna innebära att brandfarlig rök sprids mot närliggande byggnader.

6.3 Urspårningsrisk

Vid en urspårning är det två olika händelseförlopp som kan följa. I det ena förloppet spårar tåget ur utan att några tågagnar viker sig på ett betydande sätt. Tåget rör sig huvudsakligen i den färdriktning som det har vid urspårningen och hastigheten vid urspårningen har betydelse för hur långt tåget förflyttar sig. För denna typ av urspårning finns teoretiska modeller. Den längsta sträckan som det urspårade tåget förväntas gå längs med spåret är lika med $v^2/80$, där v är tåghastigheten. Det längsta avståndet som tågdelarna förväntas hamna från spåret är lika med $v^{0.55}$ (IUR, 2003). Den maximalt tillåtna tåghastigheten förbi området är 80 km/h. Detta innebär att tåget kan spåra ur över ett avstånd på cirka 80 meter och nå som längst cirka 11 meter från spåret. Beräkningarna tar inte hänsyn till eventuell nivåskillnad mellan järnväg och närliggande område. Det andra händelseförloppet som kan inträffa vid urspårning är att tågets främre del bromsas upp snabbare än dess bakre del så att tågagnarna viker sig likt ett dragspel, se Figur 14.



Figur 14. Urspårning av tåg med delar som viker sig (Stockholms Länsstyrelse, 2000)

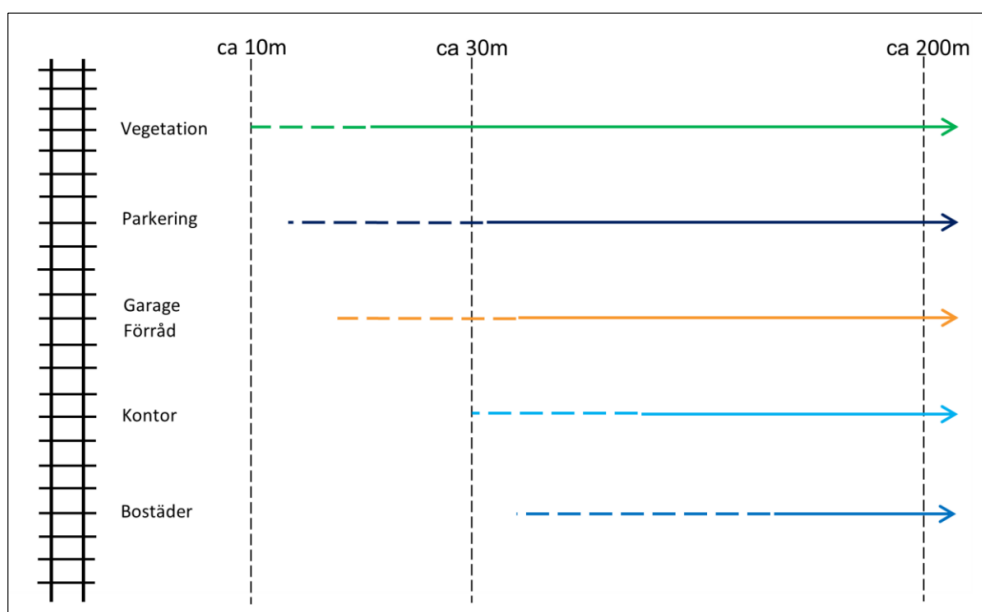
Delar av tåget kan hamna på ett större avstånd från spåret beroende på att tågets främre del bromsas in snabbare än bakomliggande vagnar. Delar av tåget trycks åt sidan och hamnar på tvären. Friktionskrafterna på dessa vagnar är då större och avståndet som dessa vagnar färdas blir mindre. Enligt statistik över urspårningsolyckor i Sverige är fördelningen i avstånd från spåret som tågdelar kan hamna enligt Tabell 8.

Tabell 8. Sannolikhet att någon del av tåget hamnar på ett visst avstånd utanför spåret (Banverket, 2001).

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

Urspårningsrisken beaktas endast för område 5 som är beläget 15 meter från spåret. Det är låg sannolikhet (cirka 4 %) att ett urspårande tåg hamnar mer än 15 meter från spåret vid en urspårning.

Trafikverkets generella rekommenderade avstånd från spårmittpå det närmsta järnvägsspåret till olika typer av bebyggelse visas i Figur 15. Bebyggelse där människor endast tillfälligt befinner sig kan finnas inom 30 meter från närmsta spårmittpå.



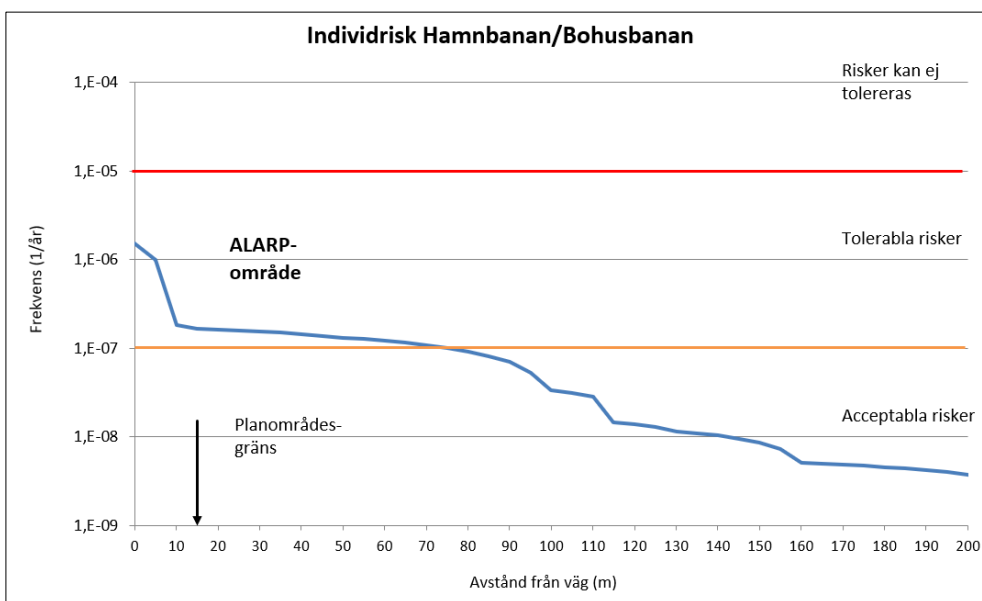
Figur 15. Generella skyddsavstånd från järnväg till olika typer av bebyggelse.

Enligt de generella skyddsavstånden bör utrymmen där människor befinner sig inom en längre tid, så som kontorsutrymmen, placeras på ett avstånd om minst 30 meter från järnvägen i område 5.

6.4 Individrisk

6.4.1 Bohusbanan/Hamnbanan via Marieholmsbron

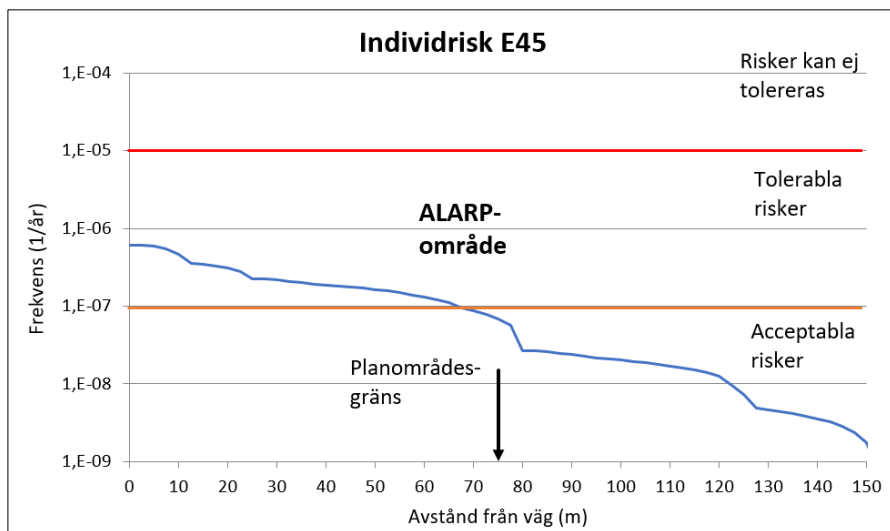
Figur 16 visar individrisken på grund av transport av farligt gods på Bohusbanan/Hamnbanan via Marieholmsbron. Risknivån är på en acceptabel nivå cirka 75 meter från närmsta räil. Notera att x-axeln för tydlighetens skull sträcker sig till 200 meter.



Figur 16. Individrisk längs Bohusbanan/Hamnbanan år 2045 (blå linje).

6.4.2 E45 Marieholmsleden

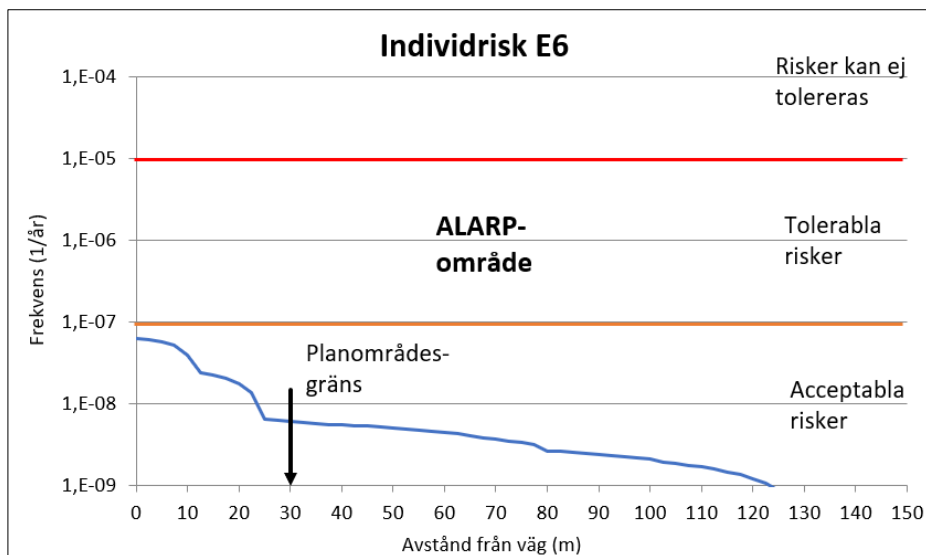
I Figur 17 visas individrisken i området på grund av farligt godstransporter på E45. Individrisken beräknas vara på en acceptabel nivå inom hela planområdet, knappt 70 meter från närmsta väggkant.



Figur 17. Individrisk längs E45 år 2045 (blå linje).

6.4.3 E6 Lundbyleden

I Figur 18 visas individrisken i området på grund av farligt godstransporter på Lundbyleden E6. Individrisken beräknas vara på en acceptabel nivå inom hela planområdet.

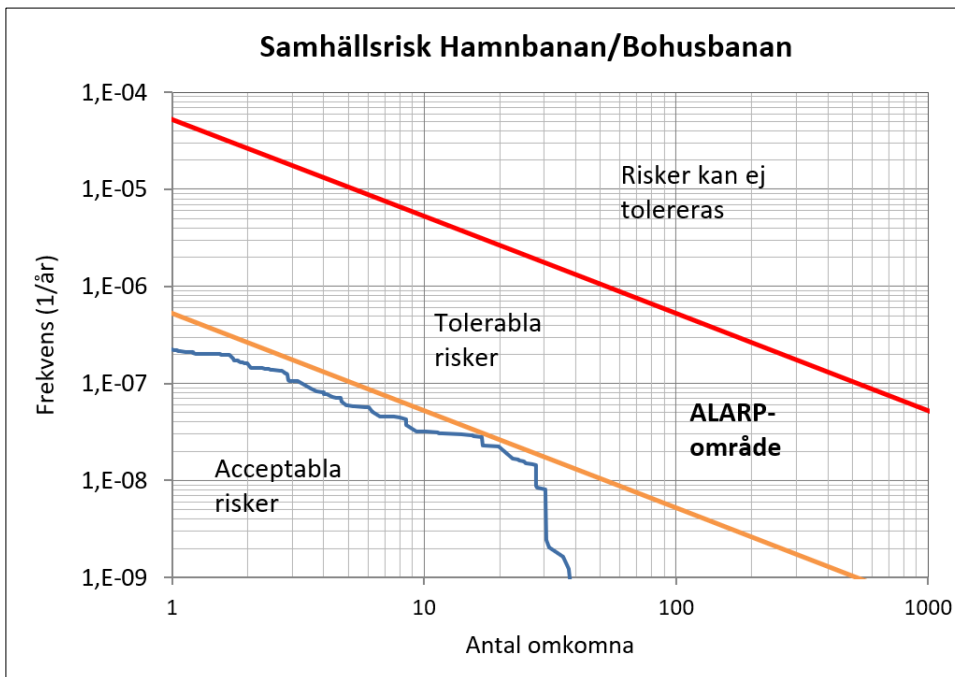


Figur 18. Individrisken längs Lundbyleden E6 år 2045 (blå linje).

6.5 Samhällsrisk

6.5.1 Hamnbanan/Bohusbanan via Marieholmsbron

Figur 19 visar samhällsrisk i planområdet Hamnbanan/Bohusbanan på grund av transporter av farligt gods år 2045.

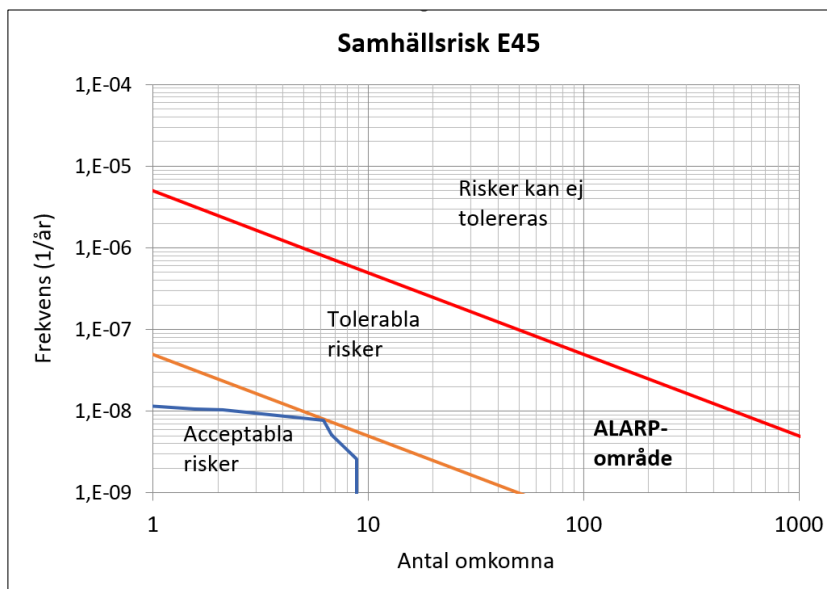


Figur 19. Samhällsrisk från Hamnbanan/Bohusbanan år 2045 (blå linje).

Riskenivån hamnar strax under gränsen till ALARP-området.

6.5.2 E45 Marieholmsleden

Samhällsrisk från transporter av farligt gods på E45 år 2045 visas i Figur 20.

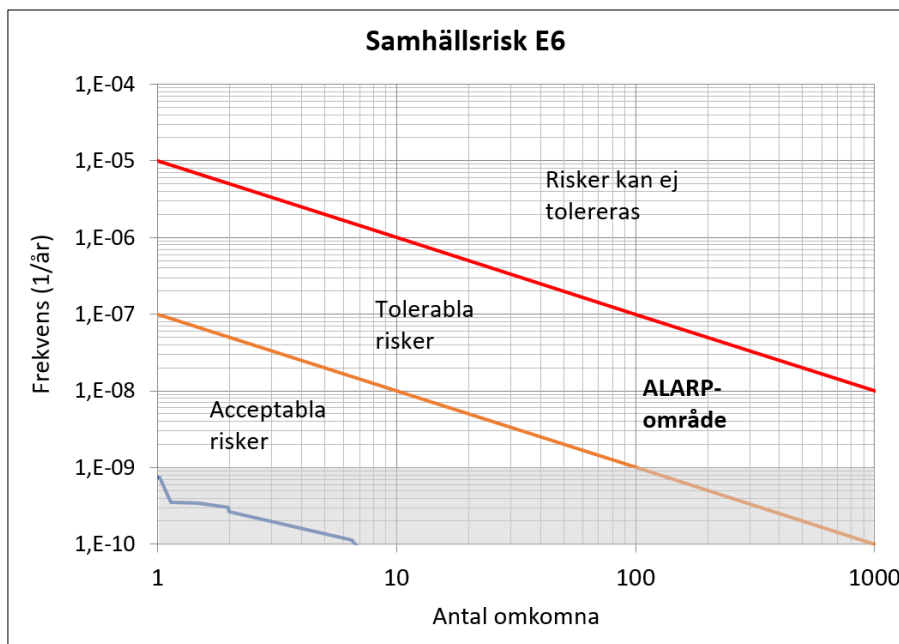


Figur 20. Samhällsrisk från E45 2045 (blå linje).

Riskenivån ligger inom området för acceptabla risker men tangerar ALARP-området. Skyddsåtgärder kan därför bli aktuella.

6.5.3 Lundbyleden E6

Samhällsrisk från transporter av farligt gods på Lundbyleden E6 2045 visas i Figur 21.



Figur 21. Samhällsrisk från E6 2045 (blå linje).

Riskenivån är inom området för acceptabla risker. Olycksfrekvensen visas normalt inte för under 1×10^{-9} , men kan göra det om det är låga riskenivåer. Detta område är därför markerat grått.

6.6 Osäkerhetsanalys

Det finns alltid osäkra faktorer i beräkningar av risker i samband med transporter av farligt gods förbi områden där det vistas människor. Eftersom det handlar om en prognos för en framtida situation så är osäkerheten i vilka mängder farligt gods som kommer transporteras förbi området i framtiden av betydelse. Osäkerhetsanalysen studerar vilka resulterande riskenivåer det blir om antal transporter av farligt gods ökar med 25 %.

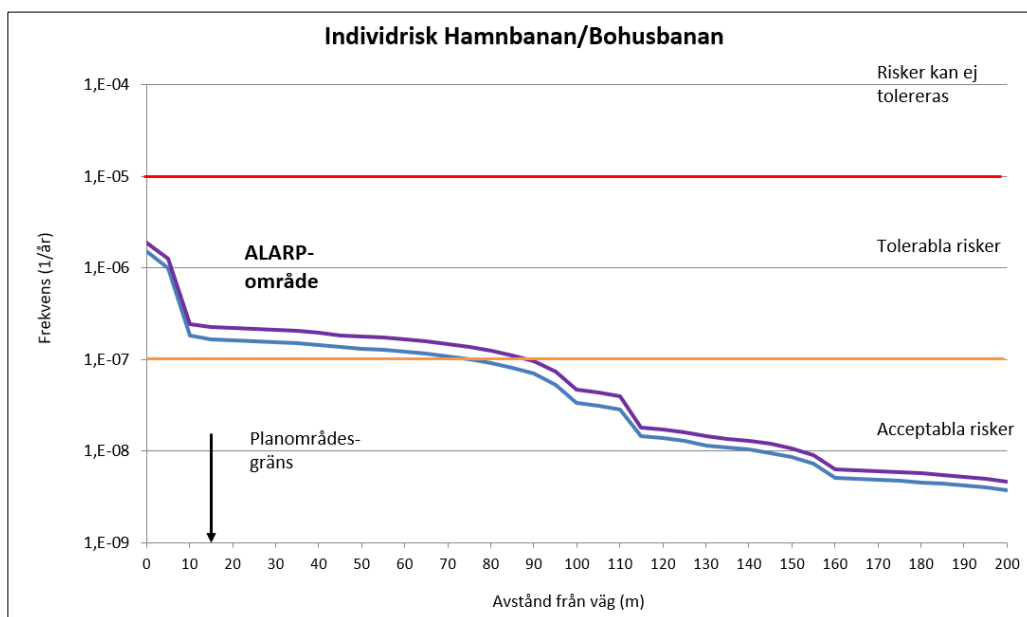
Ytterligare en källa till osäkerhet för samhällsrisk är att det inte helt går att förutspå hur många personer som kommer att vistas inom området. I osäkerhetsanalysen studeras därför riskenivåerna om det är 25 % fler personer på plats i planområdet.

För E6 Lundbyleden är riskenivåerna fortsatt låga inom det acceptabla området, både för individrisk och samhällsrisk i osäkerhetsanalysen, och visas därför inte.

6.6.1 Individrisk

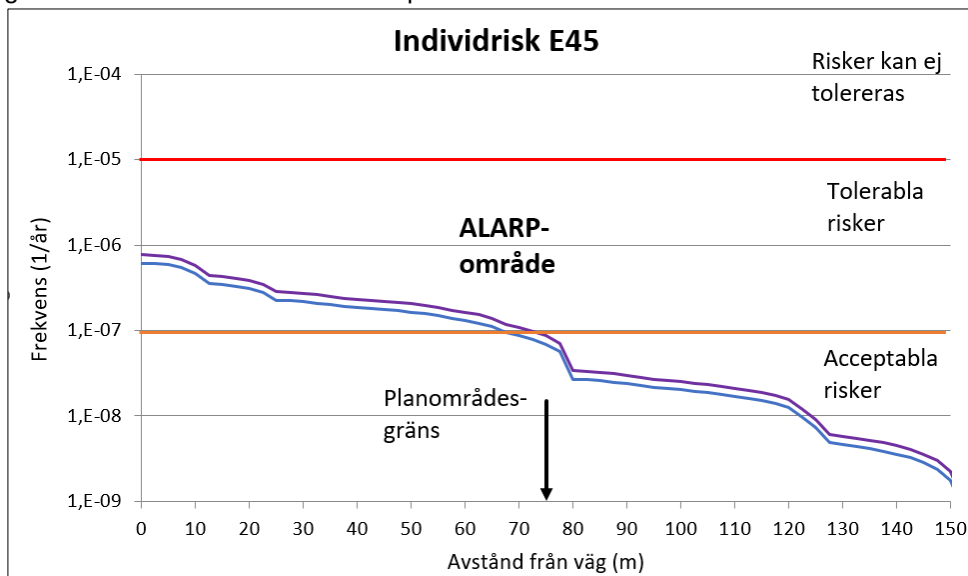
Individrisk vid 25 % fler transporter av farligt gods på E6 presenteras i

Figur 22. Enligt beräkningarna ökar risknivån och beräknas vara acceptabel cirka 90 meter från närmsta räl.



Figur 22. Individrisk längs Hamnbanan/Bohusbanan. Ursprunglig beräkning (blå linje) och osäkerhetsanalys (lila linje).

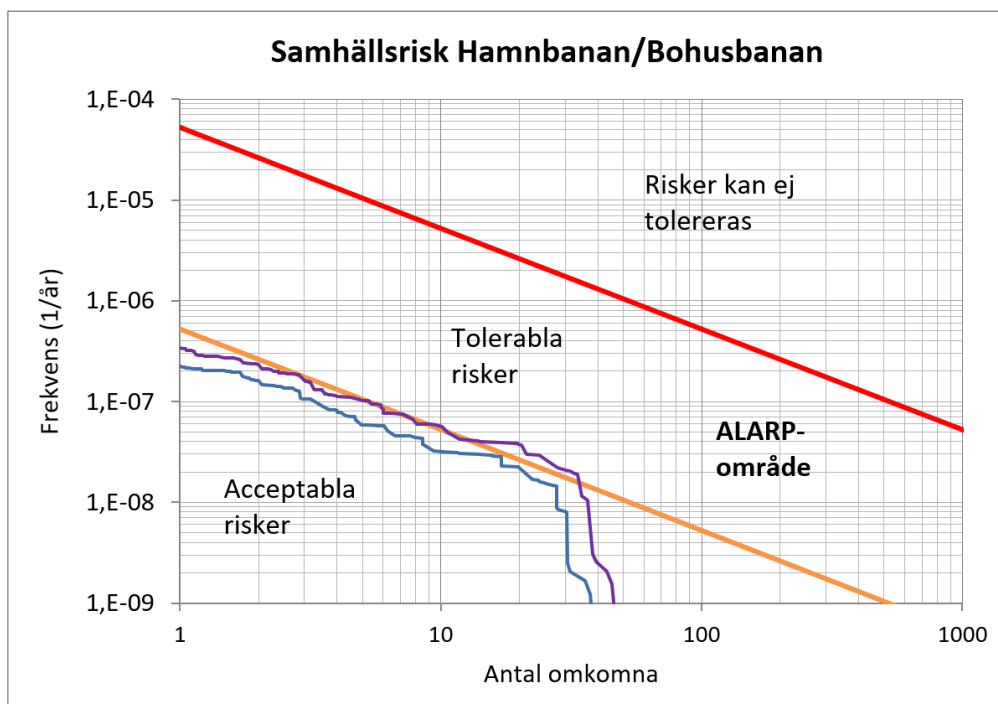
Individrisk vid 25 % fler transporter av farligt gods på E45 visas i Figur 23. Risknivån är fortsatt under gränsen till ALARP-området inom planområdet.



Figur 23. Individrisk längs E45. Ursprunglig beräkning (blå linje) och osäkerhetsanalys (lila linje).

6.6.2 Samhällsrisk

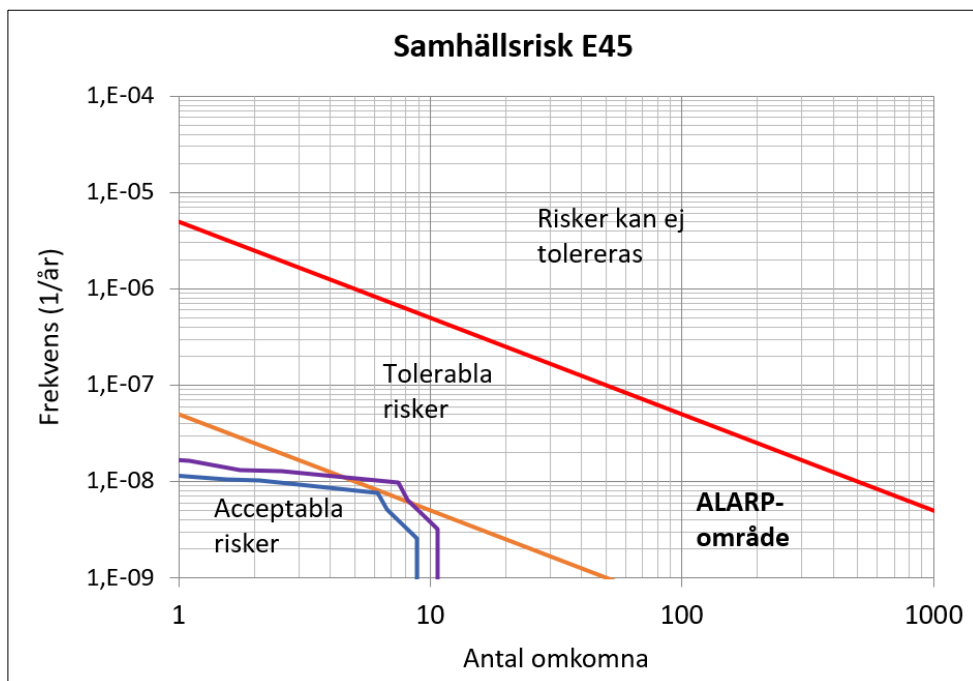
I osäkerhetsanalysen har antalet transporter av farligt gods och antalet personer närvarande i planområdet ökat med 25 %. Resultatet av osäkerhetsanalysen visar att samhällsrisk från Hamnbanan/Bohusbanan ökar något och hamnar inom ALARP-området, se Figur 24.



Figur 24. Samhällsrisk från Hamnbanan/Bohusbanan. Ursprunglig beräkning (blå linje) och osäkerhetsanalys (lila linje).

De dimensionerande olyckorna är gasexplosion och BLEVE.

I osäkerhetsanalysen för E45 hamnar risknivån inom ALARP-området, se Figur 25.



Figur 25. Samhällsrisk från E45 i ursprungsberäkningen (blå linje) och osäkerhetsanalysen (lila linje).

De dimensionerande olyckorna är gasexplosion.

7 Riskreducerande åtgärder

Den dimensionerande olyckan som kan inträffa på Stena Recycling är att en brand kan inträffa och giftig brandrök sprids mot bebyggelse i planområdet. Som en försiktighetsåtgärd så bör ny bebyggelse inom 100 meter från Stena Recycling ha avstängningsbar ventilation.

Enligt beräkningarna är individrisken från E45 och E6 acceptabel inom hela planområdet. Individrisken från Hamnbanan/Bohusbanan är acceptabel 75 meter från järnvägen, 90 meter i osäkerhetsanalysen. Område 5 är beläget 15 meter från järnvägen, och område 1 cirka 45 meter från järnvägen.

Samhällsrisken är på acceptabla nivåer inom hela planområdet. I osäkerhetsanalysen når risknivåerna tolerabla nivåer inom ALARP-området från Hamnbanan/Bohusbanan och E45, vilket innebär att tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga skyddsåtgärder ska vidtas. De dimensionerande olyckorna är de som innefattar brandfarliga gaser, gasexplosion och BLEVE. Riskreducerande åtgärder för brännbara gaser och explosioner tas ur dåvarande Räddningsverkets vägledningsrapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* (2006).

De riskreducerande åtgärderna delas in i följande kategorier:

- A. Markåtgärder
- B. Separationsåtgärder
- C. Utformningsåtgärder
- D. Fasadåtgärder

Skydd mot brandfarliga och brännbara gasers spridning i luft samt explosion (tryckvåg, splitter och konstruktionsdelar/föremål) kan erhållas genom skyddsåtgärder i kategori B-D. I kategori B är skyddsavstånd, vegetation (träd), vall och mur möjliga säkerhetshöjande åtgärder. I kategori C är det disponering av planområde, placering av friskluftsintag (mot spridning i luft) samt förstärkning av stomme (för explosioner) som kan användas som skyddsåtgärder. I kategori D är det begränsning av fönsterarea och ej öppningsbara fönster (för spridning i luft). Delområde 1, 4 och 5 ligger inom 150 meter från järnvägen och område 5 inom 150 meter från E45. Det är endast dessa områden som blir aktuella för skyddsåtgärder.

Delar av planområdet bör utformas för att inte inbjuda till stadigvarande vistelse utomhus inom ett skyddsavstånd av 75 meter från järnvägen. Se en visuell representation av skyddsavståndet som berör område 1 och 5 i Figur 26.



Figur 26. Linje som visar var i planområdet individrisken är på en acceptabel nivå. Bilden är ett utklipp från QGIS.

Cirka 30 meter in i område 1 och 60 meter in i område 5 är individrisken på en acceptabel nivå. Utöver skyddsavstånd är det inga skyddsåtgärder som bedöms vara rimliga för att skydda människor som befinner sig utomhus. I område 5 ska även risken för tågurspårning tas hänsyn till genom att inte placera kontor inom ett avstånd på 30 meter från järnvägsspåren enligt de generella skyddsavstånden i Figur 15.

Samhällsrisken beror hur många människor som vistas i området och minskar om färre personer befinner sig nära riskkällan. I beräkningarna är personer närvarande jämnt fördelade i planområdet, men om ytor där människor samlas och befinner sig under en längre tid placeras längst bort från riskkällan kan skyddseffekter uppnås utan att direkta skyddsåtgärder sätts in. Det är svårt att beräkna effekten av disponering av planområde som skyddsåtgärd men det garanterar ett visst skydd och är en planeringsprincip inför kommande skeden. Vid högre risknivåer hade även förstärkning av stomme kunna vara aktuellt att föreslå, men bedöms inte vara aktuell ur ett kostnads-nyttoperspektiv.

För inomhusvistelse ska fler åtgärder vidtas på grund av de dimensionerande olyckorna. Skyddsåtgärder som ska tillämpas på byggnader inom 50 meter från järnvägen och E45 är:

- Fasader som vetter mot Hamnbanan/Bohusbanan och E45 ska utformas i minst brandklass EI-30
- Utrymning ska vara möjlig bort från Hamnbanan/Bohusbanan och E45
- Luftintag till byggnadens ventilationssystem ska placeras högt upp och riktas bort från riskkällan

Placering av luftintaget bort från riskkällan ger även ett skydd från den Sevesoklassade verksamheten, även om skyddsåtgärden inte hade krävts som skydd endast för den riskkällan. Om dessa skyddsåtgärder vidtas bedöms risknivåerna vara acceptabla inom hela planområdet.

8 Diskussion och slutsats

Riskberäkningarna visar att individrisken från E6 och E45 är på en acceptabel nivå både i ursprungsberäkningen och osäkerhetsanalysen och från Hamnbanan/Bohusbanan 75 meter från närmsta räl. Samhällsrisken är inom acceptabla nivåer från alla leder för farligt gods i ursprungsanalysen men hamnar i den lägre delen av ALARP-området i osäkerhetsanalysen för Hamnbanan/Bohusbanan och E45. Till följd av det ska tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga skyddsåtgärder genomföras. Utifrån de dimensionerande olyckorna, platsspecifika förutsättningarna och personer närvarande föreslås följande åtgärder:

- Att planområdet disponeras så att de mest personintensiva delarna placeras längst bort från en led för farligt gods
- Områden inom 75 meter från järnvägen bör inte inbjuda till stadigvarande vistelse
- Fasader som vetter mot Hamnbanan/Bohusbanan och E45 inom 50 meter från leden ska utformas i minst brandklass EI-30
- Bebyggelse ska placeras minst 30 meter från spårmittpå järnvägen
- Utrymning ska vara möjlig bort från Hamnbanan/Bohusbanan och E45
- Luftintag till byggnadens ventilationssystem ska placeras högt upp och riktas bort från riskkällan
- Bebyggelse inom 100 meter från befintlig verksamhet på Stena Recycling bör ha avstängbar ventilation

Om dessa skyddsåtgärder vidtas bedöms risknivåerna vara acceptabla inom hela planområdet.

9 Referenser

- Banverket. (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Banverket Miljösektionen.
- COWI. (2019). *Riskutredning - Gamlestads torg, etapp 2*.
- COWI. (2020). *Riskanalys för detaljplan för Backaplan*. Hämtat från [https://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planbygg.nsf/vyFiler/Backaplan%20-%20detaljplan%202%3A%20Centrumbebyggelse-Plan%20ut%C3%B6kat%20f%C3%B6rfarande%20-%20samr%C3%A5d-Riskanalys/\\$File/Riskanalys%20f%C3%B6r%20detaljplan%20f%C3%B6r%20Ba](https://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planbygg.nsf/vyFiler/Backaplan%20-%20detaljplan%202%3A%20Centrumbebyggelse-Plan%20ut%C3%B6kat%20f%C3%B6rfarande%20-%20samr%C3%A5d-Riskanalys/$File/Riskanalys%20f%C3%B6r%20detaljplan%20f%C3%B6r%20Ba)
- IUR. (2003). *Structures Built over Railway Lines – Construction Requirements in the Track Zone (UIC Code 777-2 R), 2nd edition*. International Union of Railways.
- Länsstyrelsen. (2006). *Riskhantering i detaljplaneprocessen*. Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län.
- Miljöbalken. (1998:808).
- MSB. (2006). *Kartläggning av farligt godstransporter - september*. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- MSB. (2016). *Nya bedömningar av riskområden vid utsläpp av ammoniak, klor och svaveloxid*.
- Norconsult. (2020). *Riskutredning inför planprogram*.
- Plan-och bygglagen. (2010:900).
- Räddningstjänsten Storgöteborg. (2004). *Riktlinjer för riskbedömningar*. Göteborg: Räddningstjänsten Storgöteborg.
- Räddningstjänsten Storgöteborg. (2011). *Risk- och olycksanalys*. Göteborg.
- Räddningstjänsten Storgöteborg. (2022). *Kommunal Plan för räddningsinsatser*. Göteborg.
- Räddningstjänsten Storgöteborg. (2022). *UnivarSolutions AB*. Hämtat från <https://www.rsgbg.se/foretag--organisation/seveso-anlaggningar/goteborg/univarsolutions-ab/>
- SRV. (1996). *Farligt gods - Riskbedömning vid transport*.
- SRV. (1997). *Värdering av risk; FoU rapport*. Karlstad: Räddningsverket.
- Stockholms Länsstyrelse. (2000). *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer*. Stockholm: Länsstyrelsen i Stockholms län, Räddnings- och säkerhetsavdelningen.
- TRAFKA. (2019). *Lastbilstrafik 2000–2018. Årliga rapporter utgivna av TRAFKA (f.d. SIKa)*.
- Trafikverket. (2016). *Trafikuppräkningsstal för EVA 2014-2040-2060*. Hämtat från https://bransch.trafikverket.se/contentassets/ab2b717bc619425280126edb6e725188/2016/trafikupprakningstal_eva_160401.pdf
- Trafikverket. (2023). *Effektsamband för transportsystemet – Fyrstegsprincipen Steg 3 och 4, Bygg om eller bygg nytt, 2023-10-01*. Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket. (2024). *Trafikuppgifter avsedda för bullerberäkningar*. Trafikverket.

Trafikverket. (2025). *Jvgdata STH A-tåg*. Hämtat från NJDB på webb:
<https://njdbwebb.trafikverket.se/SeTransportnatverket>

Transportstyrelsen. (2022). *Länsstyrelsens i Västra Götalands län lokala trafikföreskrifter om transport av farligt gods i Göteborg kommun*. Hämtat från Svensk trafikföreskriftssamling 14TFS 2022:38:
<https://rdt.transportstyrelsen.se/>

Tyréns. (2011). *Hamnbanan/Bohusbanan, dubbelspår på sträckan Olskroken-Kville*. Trafikverket.

ÖSA. (2004). *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen*. Öresund Safety Advisers AB.

Bilaga 1. Beräkning av risker från transporter av farligt gods på väg

Innehåll

1. Beräkning av sannolikhet för olycka	2
2. Händelseträd	4
2.1 Händelseträd från RBM II	4
2.1.1 Klass 2.1	5
2.1.2 Klass 2.3	6
2.1.3 Klass 3	7
2.2 Klass 1	7
2.5 Klass 5.1	8
3. Konsekvenser av scenario	10
3.1 Klass 1	12
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 och 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 händelseträd
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).

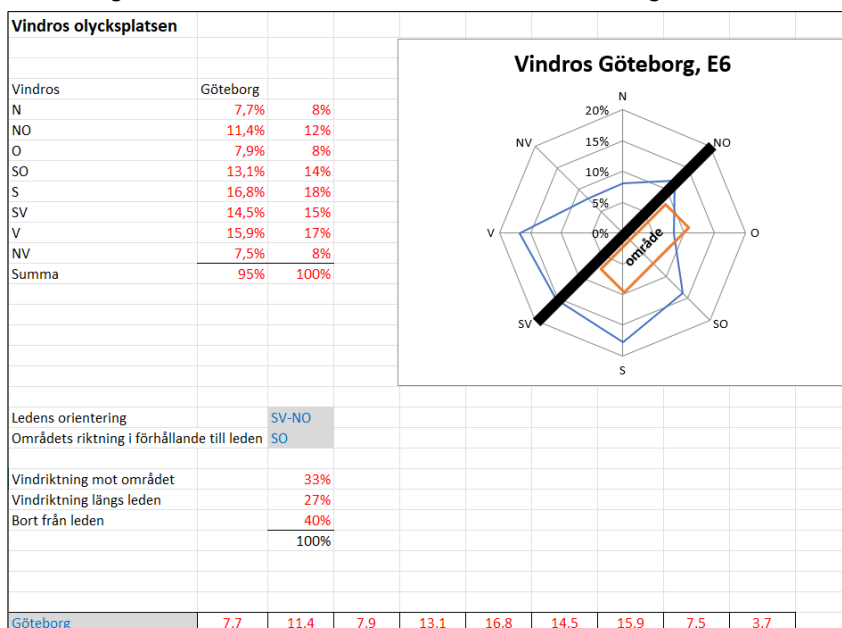
Antal transporter med de olika klasser farligt gods ger sedan antalet olyckor med transporter av de olika klasser farligt gods per kilometer. Att sannolikheten beräknas per kilometer beror på att vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar varierar beroende på vilket scenario som är aktuellt. 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 E6		Riskutredning vid Salsmästaregatan		2025-05-23	
Olycksrisk					
PO-kvot	0,18	1/miljon fordonskm, år			
miljoner till km	1000000				
Risk för olycka	1,35E-07	1/fordonskm			
Andel singelolyckor	0,30				
Andel fler än 2	0,70				
Olycksrisk fordon	1,93E-07	1/km, år			
Område enl nedan	2	ange siffervärde			
Sannolikhet utströmning > 100 kg					
Område		Kondensera de gaser	Vätskor		
Motorväg (100-120 km/h)	1	0,052	0,101		
Utanför tätort (70-80 km/h)	2	0,034	0,077		
Inom tätort (30-50 km/h)	3	0,006	0,021		
Mellan Motorväg 90 km/h	4	0,043	0,089		
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och nattetid					
Andel transporter dagtid	0,7				
Faktor för osäkerhetsanalys	1	1 i vanliga fall, 1,25 vid osäkerhetsanalys			
	Antal transporter totalt	risk>100 kg	Utsläppsrisk dag/km,år	utsläppsrisk natt/km,år	
Klass 1, massexplosiv	10,0	1	1,4E-06	5,8E-07	
Klass 2.1	19,8	0,034	9,1E-08	3,9E-08	
Klass 2.3	10,0	0,034	4,6E-08	2,0E-08	
Klass 3, bensin	1500,0	0,077	1,6E-05	6,7E-06	
Klass 5.1, explosionsrisk	10,0	0,077	1,0E-07	4,5E-08	
Bredd på hus första raden [m]	130				
Medelavstånd till område inne [m]	200				
Medelavstånd till område ute [m]	40				
Områdets längd längs leden [m]	200				

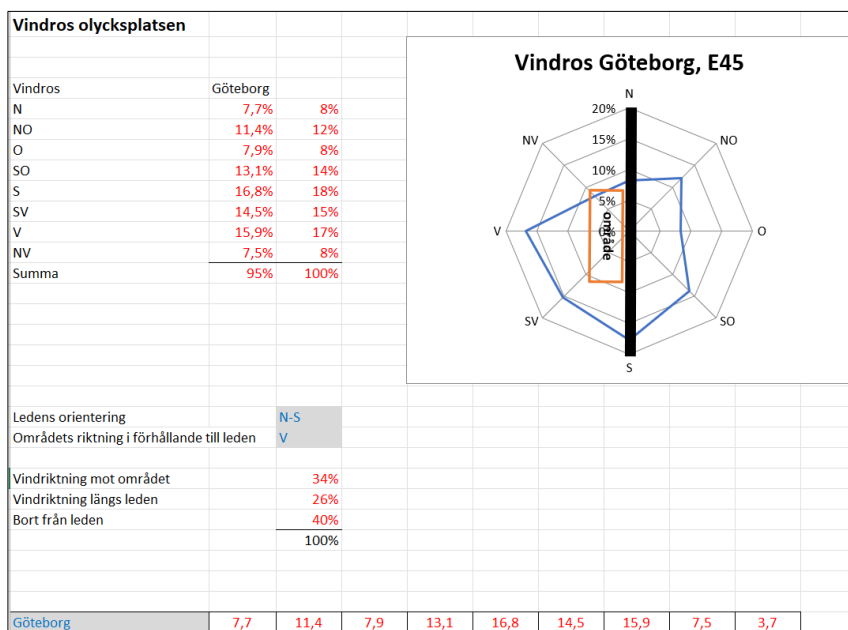
Ingångsdata E45		Riskutredning vid Salsmästaregatan		2025-05-23	
Olycksrisk					
PO-kvot	0,18	1/miljon fordonskm, år			
miljoner till km	1000000				
Risk för olycka	1,80E-07	1/fordonskm, år			
Andel singelolyckor	0,30				
Andel ej singelolyckor	0,70				
Olycksrisk fordon	2,57E-07	1/km, år			
Område enl nedan	2	ange siffervärde			
Sannolikhet utströmning > 100 kg					
Område		Kondenserade	Vätskor		
Motorväg (100-120 km/h)	1	0,052	0,101		
Utanför tätort (70-80 km/h)	2	0,034	0,077		
Inom tätort (30-50 km/h)	3	0,006	0,021		
Mellan Motorväg 90 km/h	4	0,043	0,089		
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och nattetid					
Andel transporter dagtid	0,7				
Faktor för osäkerhetsanalys	1	1 i vanliga fall, 1,25 vid osäkerhetsanalys			
	Antal transporter totalt	risk>100 kg	Utsläppsrisk dag/km,år	utsläppsrisk natt/km,år	
Klass 1, massexplosiv	10,0	1	1,8E-06	7,7E-07	
Klass 2.1	1000,0	0,034	6,1E-06	2,6E-06	
Klass 2.3	14,0	0,034	8,6E-08	3,7E-08	
Klass 3, bensin	7500,0	0,077	1,0E-04	4,5E-05	
Klass 5.1, explosionsrisk	333,3	0,077	4,6E-06	2,0E-06	
Bredd på hus första raden [m]	30				
Medelavstånd till område inne [m]	90				
Medelavstånd till område ute [m]	90				
Områdets längd längs leden [m]	100				

Figur 1. Ingångsdata till riskberäkningar. Till vänster: Indata E6. Till höger: Indata E45.

I Figur 2 och Figur 3 visas vindrosen som används vid beräkningar av vissa scenarier med gasutsläpp. Beräkningen av andelen av tiden som vinden kan föra gasen mot området respektive längs vägen framgår.



Figur 2. Vindros för planområdet i förhållande till E6.



Figur 3. Vindros för planområdet i förhållande till E45.

2. Händelseträd

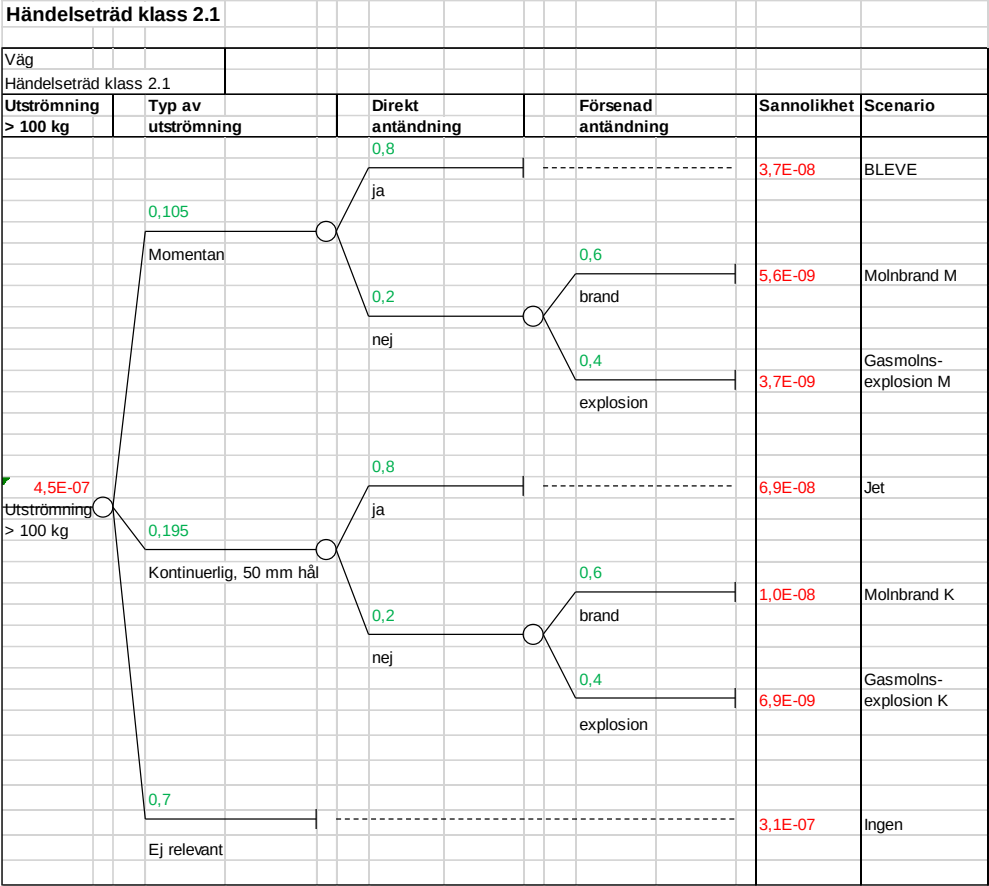
Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 har kopierats från RBM II och presenteras i *avsnitt 2.1*.

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.

2.1 Händelseträd från RBM II

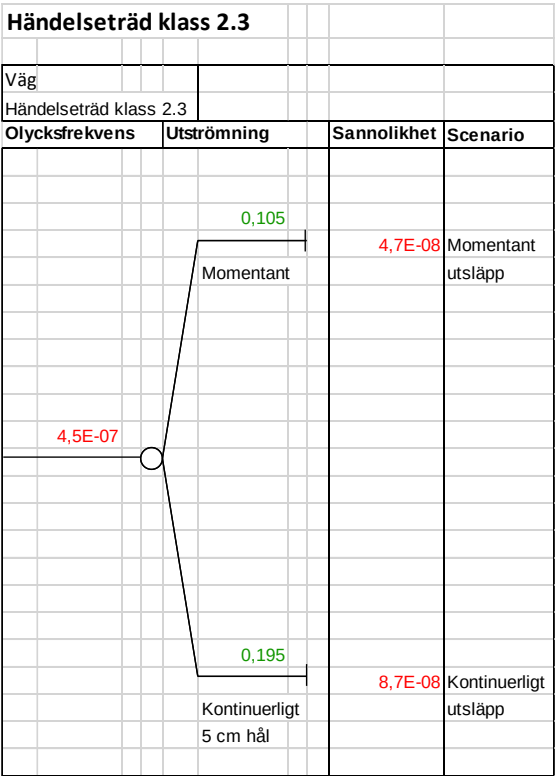
Den initiala olycksfrekvensen för händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 beräknas enligt *avsnitt 1* och resterande delen av händelseträdet baseras på RBM II. RBM II skiljer på om utsläppet sker momentant eller kontinuerligt för de berörda klasserna. Om utsläppet sker momentant släpps hela innehållet 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 i stället för om utsläppet är momentant eller kontinuerligt. Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 kan ses i *figur 4 – figur 6*.

2.1.1 Klass 2.1



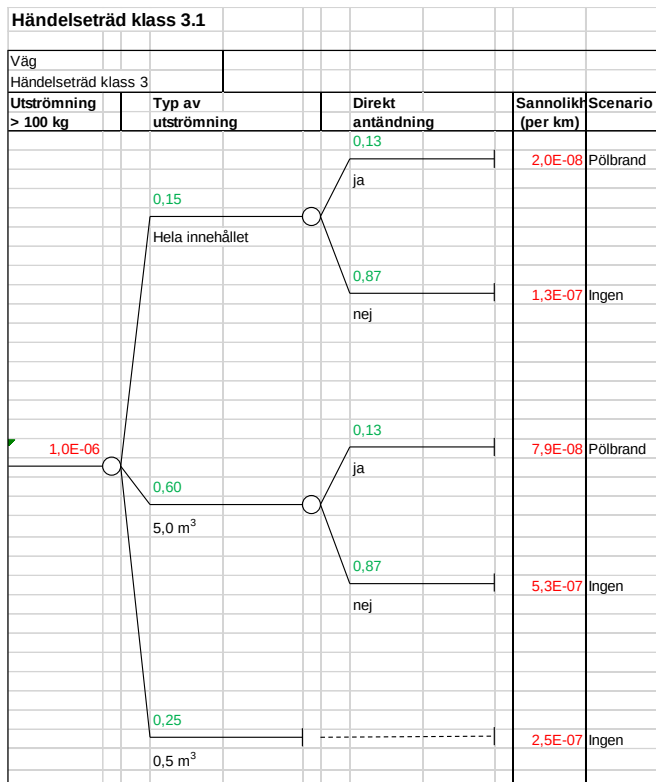
Figur 4. Händelsesträd vid olycka med brandfarlig gas.

2.1.2 Klass 2.3



Figur 5. Händelseträd vid olycka med giftiga gaser.

2.1.3 Klass 3



Figur 6. Händelseträd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.

2.2 Klass 1

Sannolikheten för en olycka med massexplosiva sprängämnen framgår av Figur 1.

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

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

Sannolikhet för explosion på grund av den mekaniska påverkan vid olyckan

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

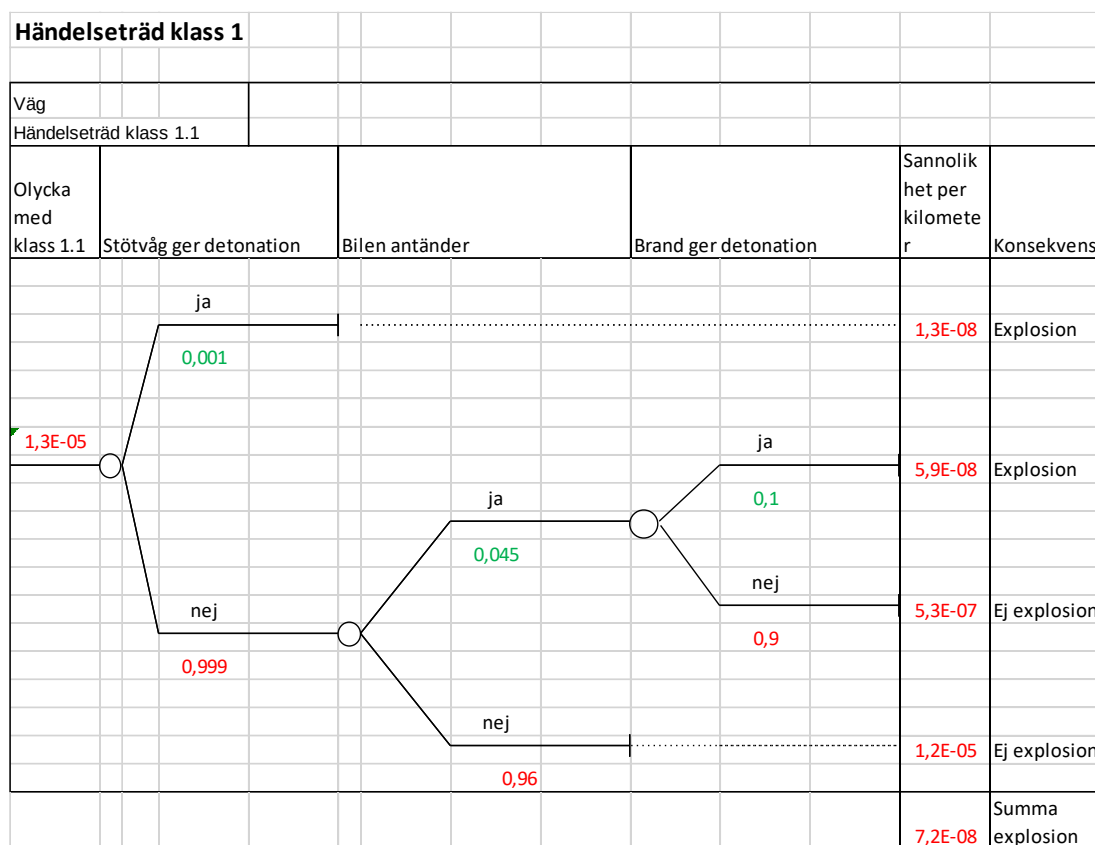
Tidigare studier har visat att den kritiska hastigheten för att en projektil skall leda till en explosion för ett emulsionssprängämne är några tiotals gånger större än för dynamit. En studie med fallvikter på nitroglycerinbaserade sprängämnen har visat att sannolikheten för antändning låg under 0,1 %.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

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

Sannolikhet för detonation på grund av brand

Sannolikheten för att en olycka leder till en fordonsbrand beräknas utifrån statistik från USA då pålitlig svensk statistik saknas. Enligt statistiken (NFPA 2012, FEMA 2008, USCB 2012) förekom det under perioden 2005–2009 ca 52,7 miljoner trafikolyckor på motorvägar i USA. Av dessa var lastbilar inblandade i ca 3,1 % eller 1,6 miljoner olyckor. Av trafikolyckorna på motorväg under perioden 2005–2009 ledde ca 1,13 miljoner till brand i fordon. Av dessa olyckor med brand i fordon berörde ca 6,4 % eller 72 600 lastbilar. Andelen trafikolyckor med lastbilar som ledde till brand är således $72\,600/1\,600\,000 = 4,5\%$ under 2005–2009 i USA. Denna siffra används som sannolikhet för att lastbil fattar eld vid en olycka.

Sannolikheten att en brand leder till detonation av sprängämnet uppskattas grovt till 10 %. Händelseträdet för hela händelseförloppet vid olycka med sprängämnen visas i figur 7.



Figur 7. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1.

2.5 Klass 5.1

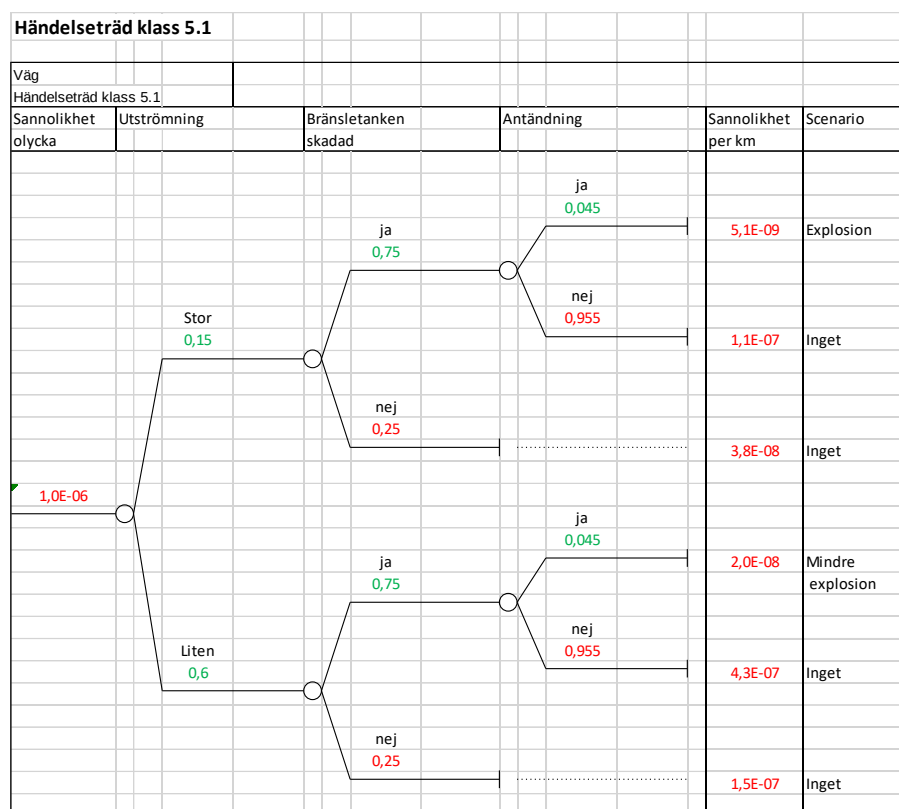
Detta scenario baseras på att transporterna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 3 ton TNT vid ett stort utsläpp av ammoniumnitrat och cirka hälften vid ett mindre utsläpp. Detta överskattar explosionens kraft eftersom den blandning som kommer 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 8* nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar.



Figur 8. Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion.

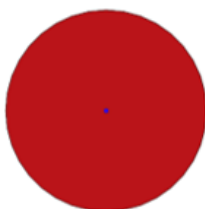
3. Konsekvenser av scenario

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 9*. 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



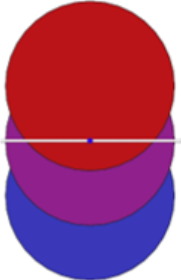
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	130 meter	72 meter	57 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

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



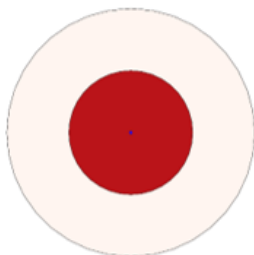
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	93 meter	93 meter	93 meter
Avstånd centrum	60 meter	0	-60 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



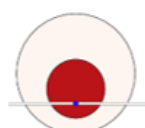
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	50 meter	50 meter
Maximala bredd	8,5 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



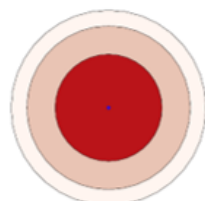
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	126 meter	252 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



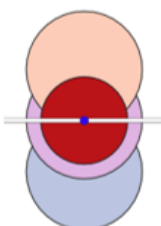
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	33 meter	67 meter
Avstånd centrum	16,5 meter	33,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



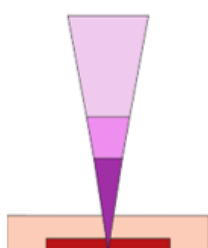
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	80 meter	108 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,3

Giftiga gaser momentan



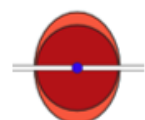
	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	30 meter	40 meter	40 meter	40 meter
Avstånd centrum	0	35 meter	0	-35 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

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 9. Effektområdenas form och sannolikhet för omkomna. Figuren är ej skalenlig.

3.1 Klass 1

Vid beräkning av explosionslast utgås 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 10 och 11* som tagits från rapporten Dynamisk lastpåverkan – Referensbok (SRV 2005). För en närmare förklaring av beräkningsmetoden hänvisas till denna rapport.

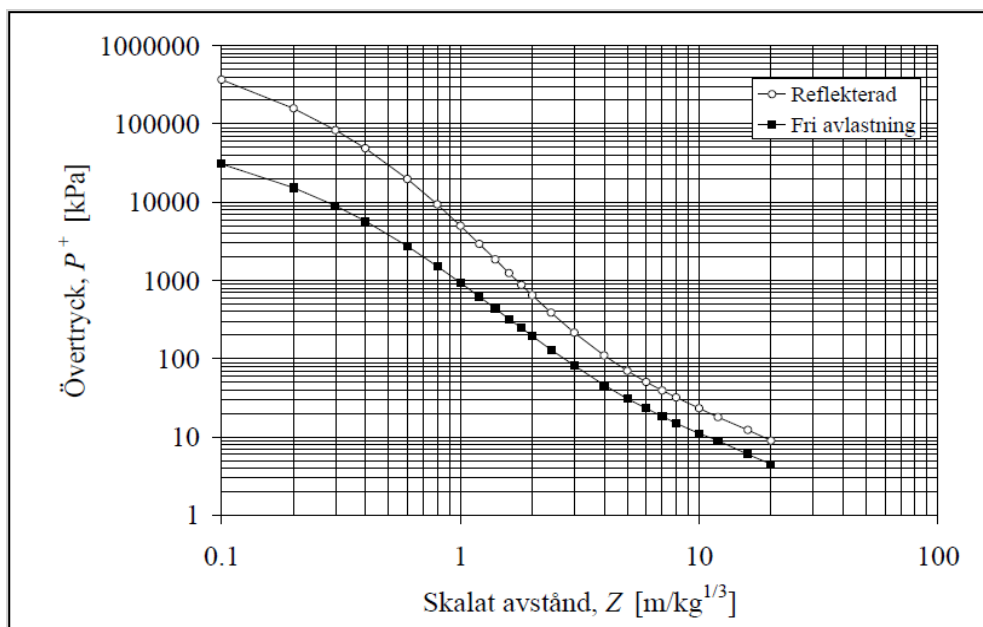
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

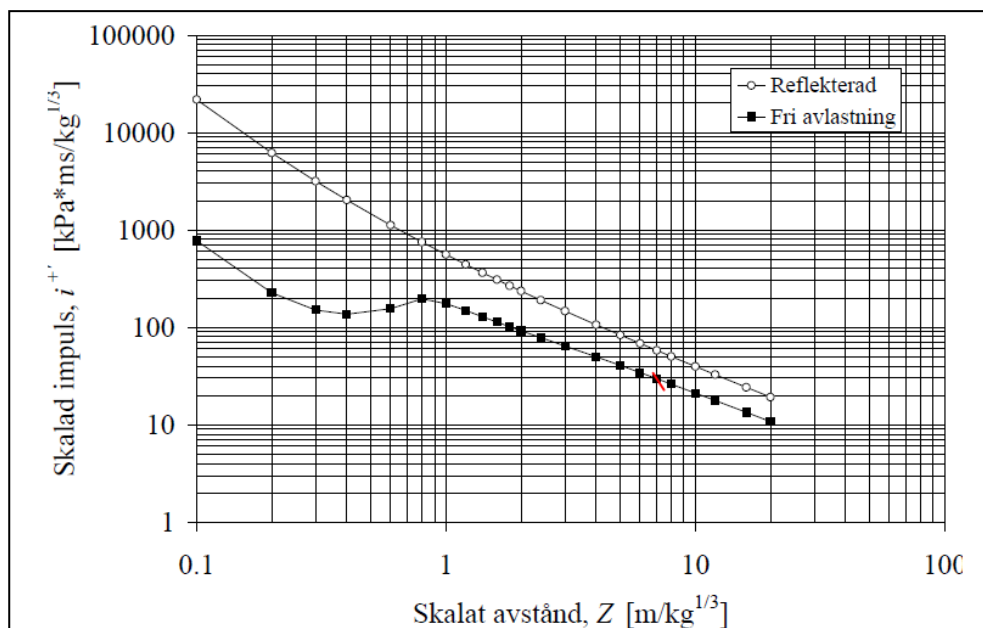
M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 10 ger övertrycket p^+ .



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

Figur 11 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 11. Reflekterad och oreflekterad impulsintensitet som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

Resultaten visas i *Tabell 1*.

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

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

Skador på bebyggelsen

Enligt amerikanska undersökningar (EAI 1997) rasar hus vid ett övertryck (p^+) på 25-35 kPa medan en vanlig stadsbebyggelse bedöms få allvarliga skador vid ungefär samma övertryck. 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

Skador utomhus

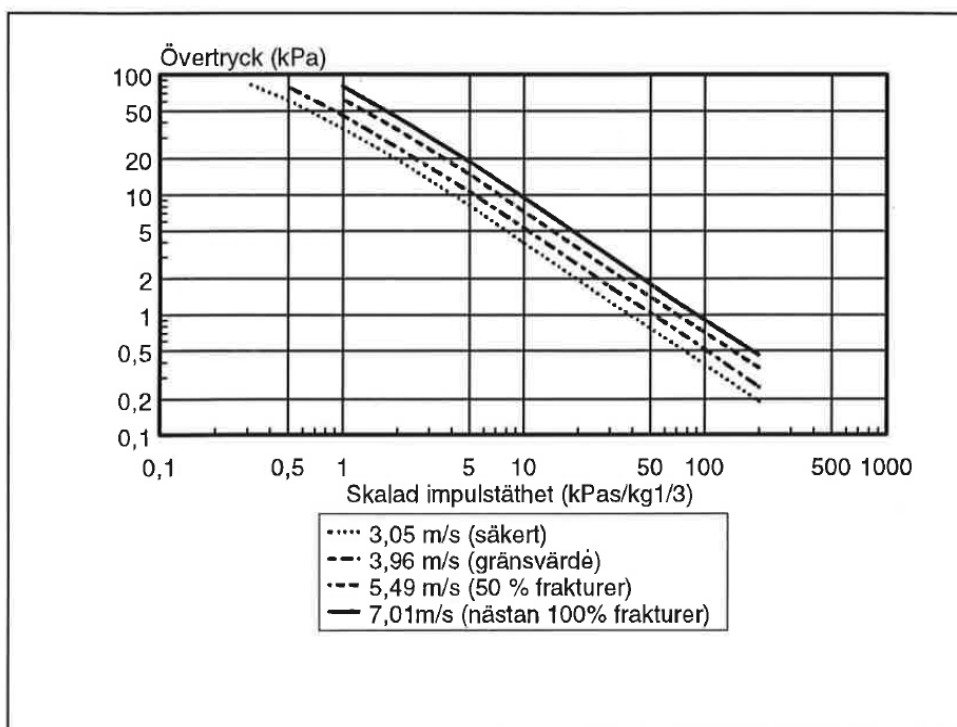
Direkta skador pga. tryck

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

Indirekta skador

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

Som skademått för skador pga. att någon kastas av tryckvågen tas skallskador. Enligt FOA får en person med kroppsvikt 70 kg skallfraktur på ca 50 m från explosionen, se *figur 12* och *tabell 1*. På 75 m har sannolikheten avtagit till 50 % och minskar till 10 % på ca 90 m.



Figur 12. Kombinationer av övertryck och skalad impulstäthet som ger allvarliga skador vid slag mot huvudet (från FOA 1997).

Personer utomhus kan även omkomma av fallande byggnadsdelar eller splitter och vi antar därför att alla personer som befinner sig kring hus som förväntas raseras 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 9*. 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 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
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 luftstöt våg, Statens Räddningsverk, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2007
USCB 2012	United States Census Bureau, Statistical Abstract of the United States: 2012
Vägverket 2008	Effektsamband för vägtransportsystemet. Nybyggnad och förbättring, Effektkatalog Kap 6 Trafiksäkerhet, Vägverket publikation 2008:11

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

Innehåll

1. Beräkning av sannolikhet för olycka	2
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.....	7
2.2 Klass 1.....	8
2.5 Klass 5.1.....	10
3. Konsekvenser av scenario	13
3.1 Klass 1.....	15
3.2 Klass 5.1.....	18
3.3 Individrisk	18
Referenser	19

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 händelseträd
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 av 2		Riskanalys järnväg - Marieholmsbron		2025-05-23	
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 Standard Beräknas			
Vagnaxel/vagn	2,75				
Tåglängd	566 m				
Vagnlängd	20 m				
Godståg/dag	117				
Persontåg/dag	0				
Pendeltåg/dag	0				
Antal vagnar/tåg	28,3				
Antal tåg/dag	117				
Antal tåg/år	42705				
Antal tåg/v	821				
Antal växlar	4				
Plankorsn. bommar	0				
Plankorsn. ljus	0				
Plankorsn. Kryss	0				
Vagnaxelkm/år	3,3E+06				
Vagnkm	1,2E+06				
Beräkning av olycksrisk					
		Intensitet		Frekvens	
Orsak	Parameter	Spårklass A	Spårkl. B o C	Spårklass A	Spårkl. B o C
Rälsbrott	Vagnaxelkm	5,0E-11	1,0E-10	1,7E-04	3,3E-04
Solkurva	Spårkm	1,0E-05	2,0E-04	1,0E-05	2,0E-04
Spårlägesfel	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10	1,3E-03	1,3E-03
Växel sliten	Antal tågpassager	5,0E-09	5,0E-09	8,5E-04	8,5E-04
Växel ur kontroll	Antal tågpassager	7,0E-08	7,0E-08	1,2E-02	1,2E-02
Vagnfel	Vagnaxelkm	3,1E-09	3,1E-09	1,0E-02	1,0E-02
Lastförskjutning	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10	1,3E-03	1,3E-03
Plankorsn. bommar	Antal tågpassager	5,0E-08	5,0E-08	0,0E+00	0,0E+00
Plankorsn. ljus	Antal tågpassager	1,5E-08	1,5E-08	0,0E+00	0,0E+00
Plankorsn. Kryss	Antal tågpassager	2,0E-08	2,0E-08	0,0E+00	0,0E+00
Annan/okänd	Tågkm	2,0E-07	2,0E-07	8,4E-03	8,4E-03
Summa	Olyckor per år/km			3,4E-02	3,5E-02
Antal tågkm/år				4,3E+04	4,3E+04
Olyckor per tågkm, år				8,0E-07	8,1E-07
Antal vagnkm/år				1,2E+06	1,2E+06
Olyckor per vagnkm, år				2,8E-08	2,9E-08

Ingångsdata 2 av 2

Riskanalys järnväg - Marieholmsbron

2025-05-23

Beräkning olycksfrekvens enligt modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket 2001:5

Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och natttid

	antal vagnar totalt	antal vagnar dagtid/år	olycksrisk dagtid/km ,år	antal vagnar natt/år	olycksrisk natt/km,år
Klass 1, massexplosiv	0,0	0,0	0,0E+00	0,0	0,0E+00
Klass 2.1	13159,0	3289,7	9,4E-05	9869,2	2,8E-04
Klass 2.3	4386,3	1096,6	3,1E-05	3289,7	9,4E-05
Klass 3, bensin	14801,7	3700,4	1,1E-04	11101,3	3,2E-04
Klass 5.1, explosionsrisk	8151,7	2037,9	5,8E-05	6113,8	1,7E-04

Beräkning antal vagnar med mkt brandfarliga vätskor per godståg

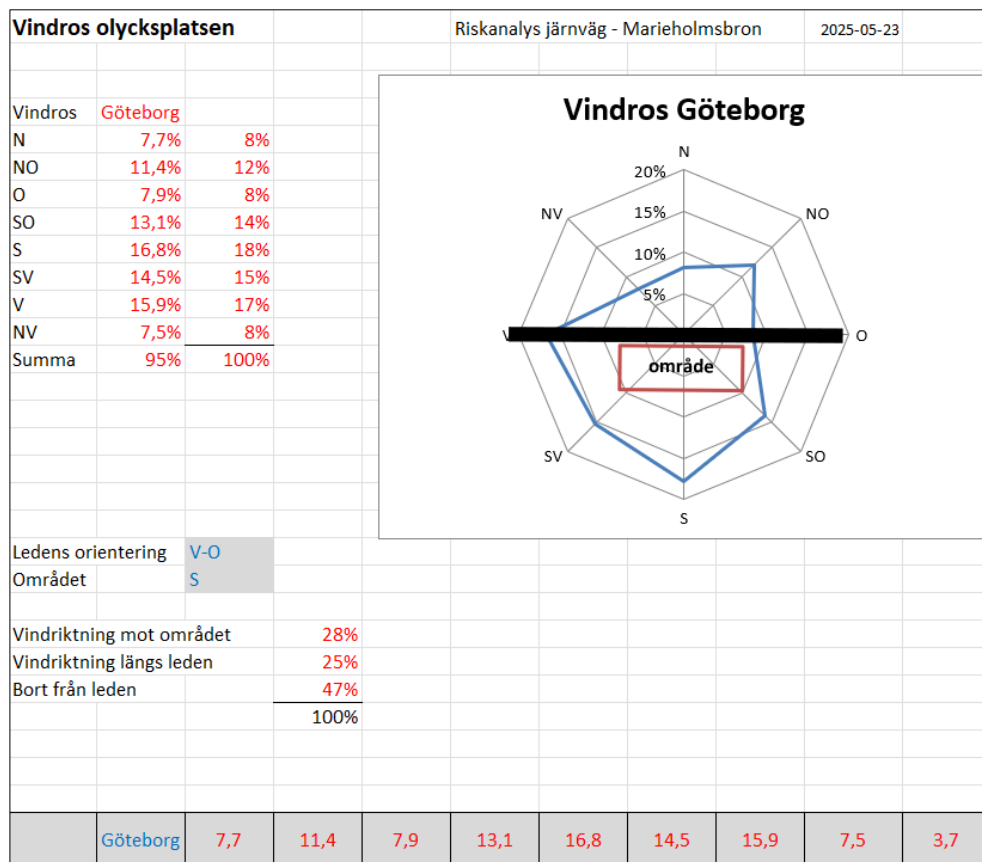
antal godståg	42705
andel m bensinvagnar	35%

Områdesinfo

	Inne	Ute
Planområdets avstånd leden	85	85
Bredd på hus första raden	30	
Områdets längd längs leden	1050	

Figur 1. Ingångsdata till riskberäkningar.

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.



Figur 2. Vindros för planområdet.

2. Händelseträd

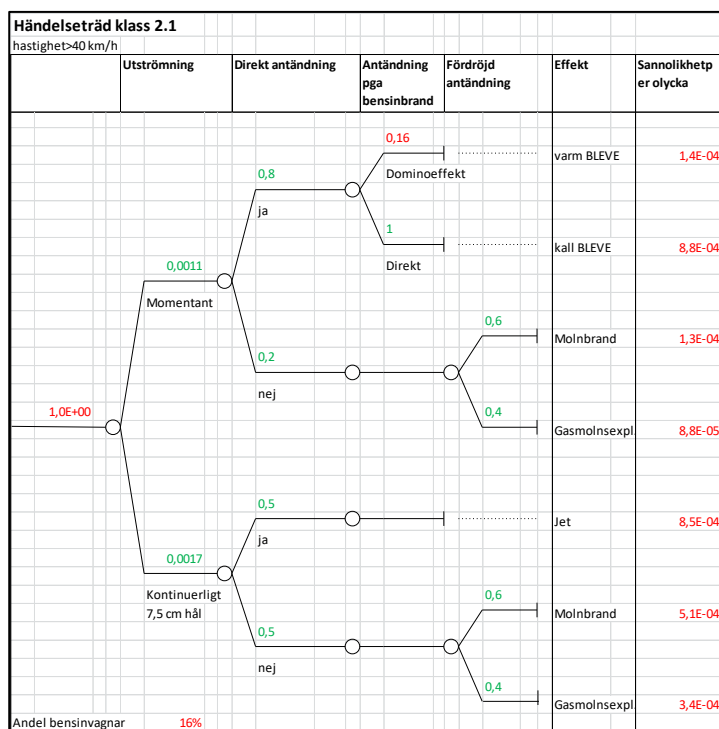
Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 har kopierats från RBM II och presenteras i *avsnitt 2.1*.

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 händelseträd för var och en av klasserna.

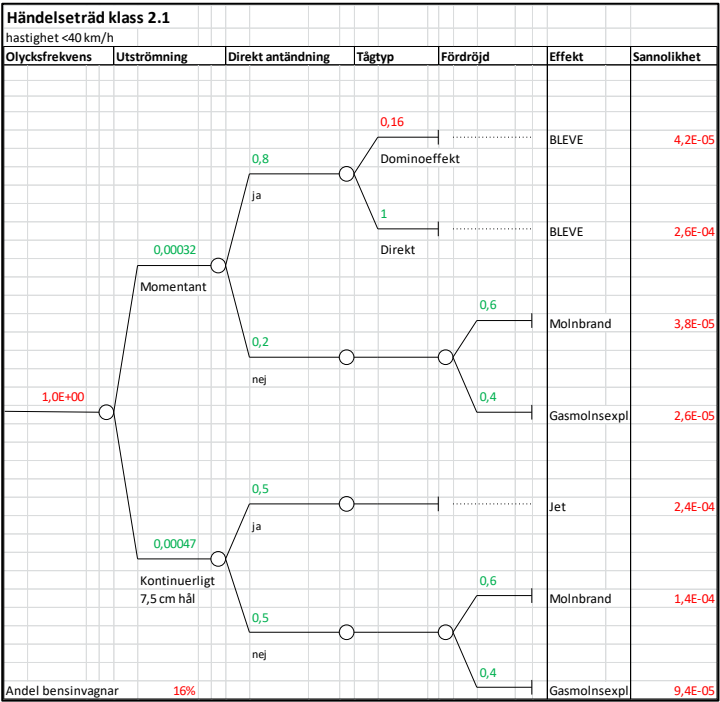
2.1 Händelseträd från RBM II

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

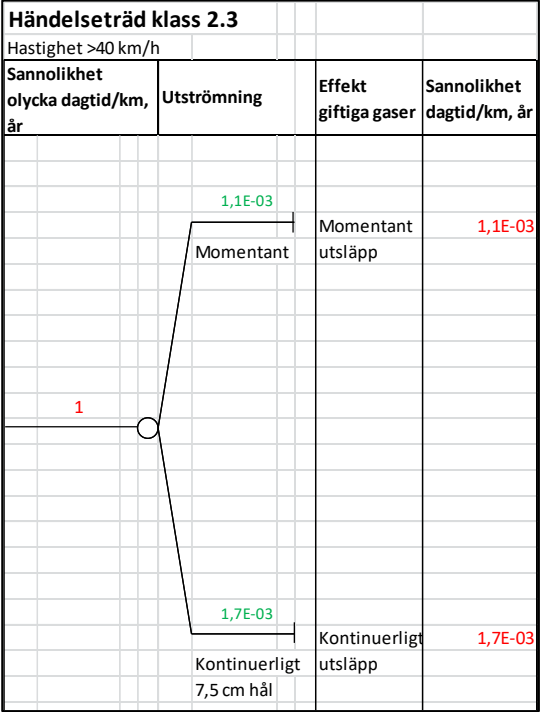


Figur 3. Händelseträd vid olycka med brandfarlig gas, tåghastighet över 40 km/h.

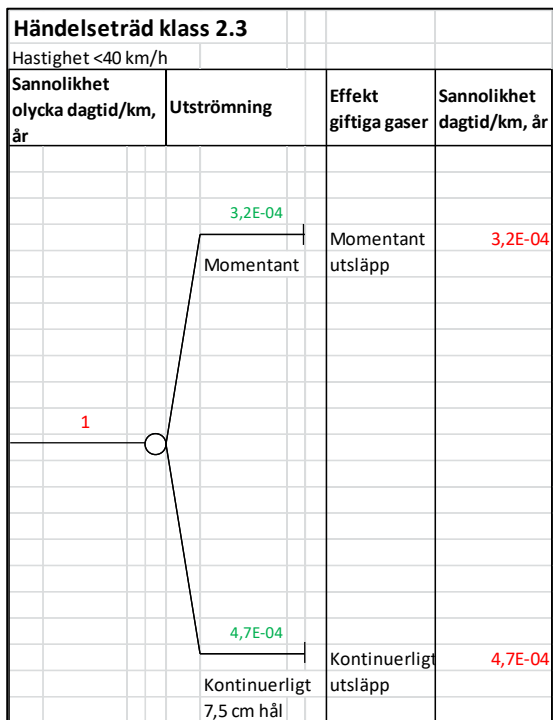


Figur 4. Händelseträd vid olycka med brandfarlig gas, tåghastighet under 40 km/h.

2.1.2 Klass 2.3

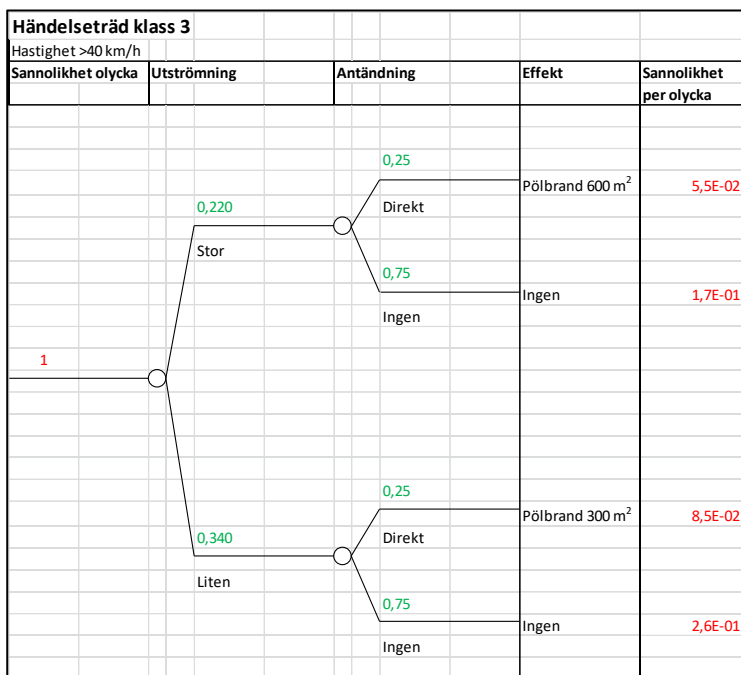


Figur 5. Händelseträd vid olycka med olycka giftiga gaser, tåghastigheter över 40 km/h.

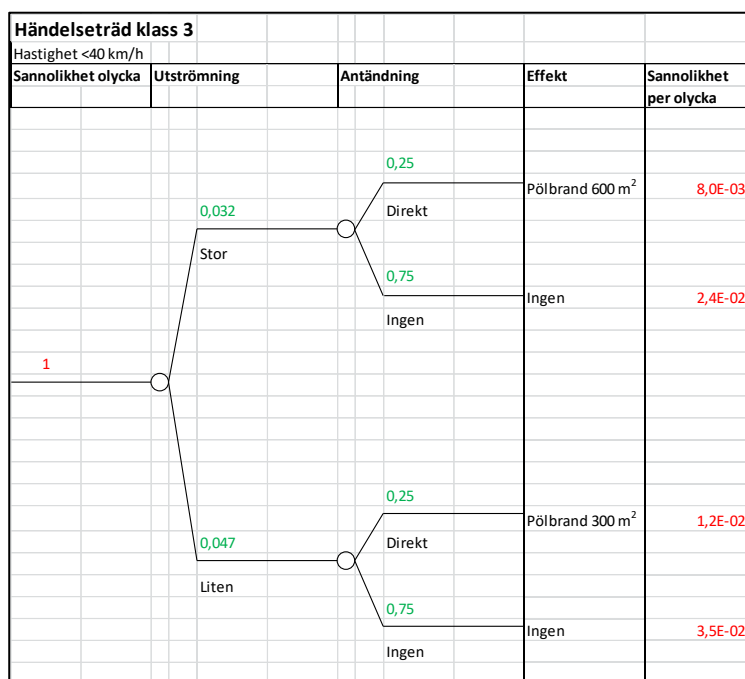


Figur 6. Händelseträd vid olycka med giftiga gaser, tåghastigheter under 40 km/h

2.1.3 Klass 3



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



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

2.2 Klass 1

Sannolikheten per vagnkilometer 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.

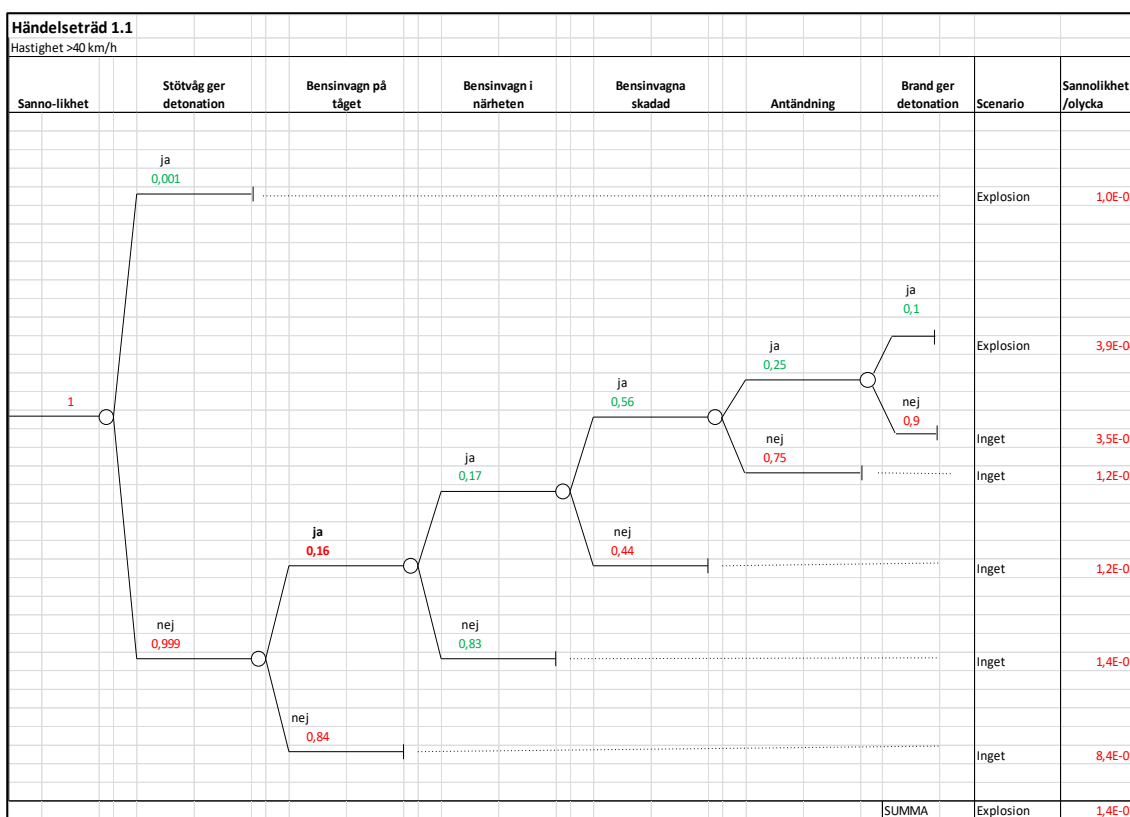
Sannolikhet för detonation på grund av brand

Sannolikheten för brand beräknas enligt följande.

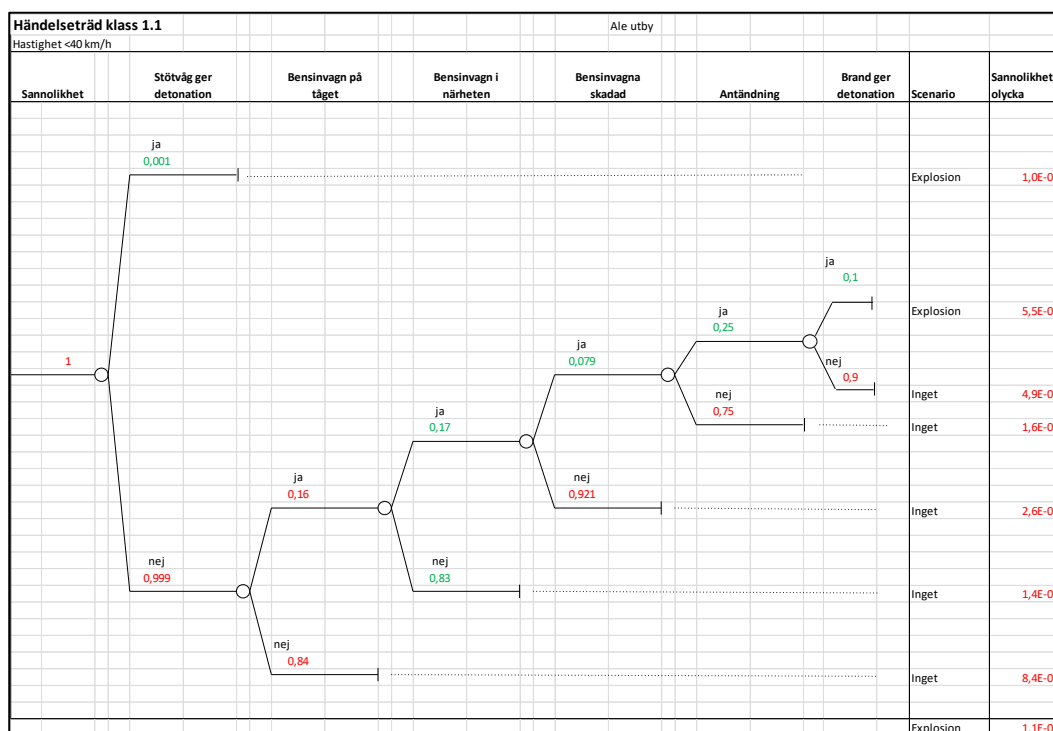
1. Det måste finnas en tankvagn med bensin eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med sprängämnen, högst en vagn emellan
3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande utsläpp
4. Vätskan måste antändas

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 tåghastigheter över 40 km/h och i *figur 4* för tåghastigheter under 40 km/h.



Figur 9. Händelseträd vid olycka med sprängämnen, klass 1.1, tåghastigheter över 40 km/h.



Figur 10. Händelsetråd 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.)

2.5 Klass 5.1

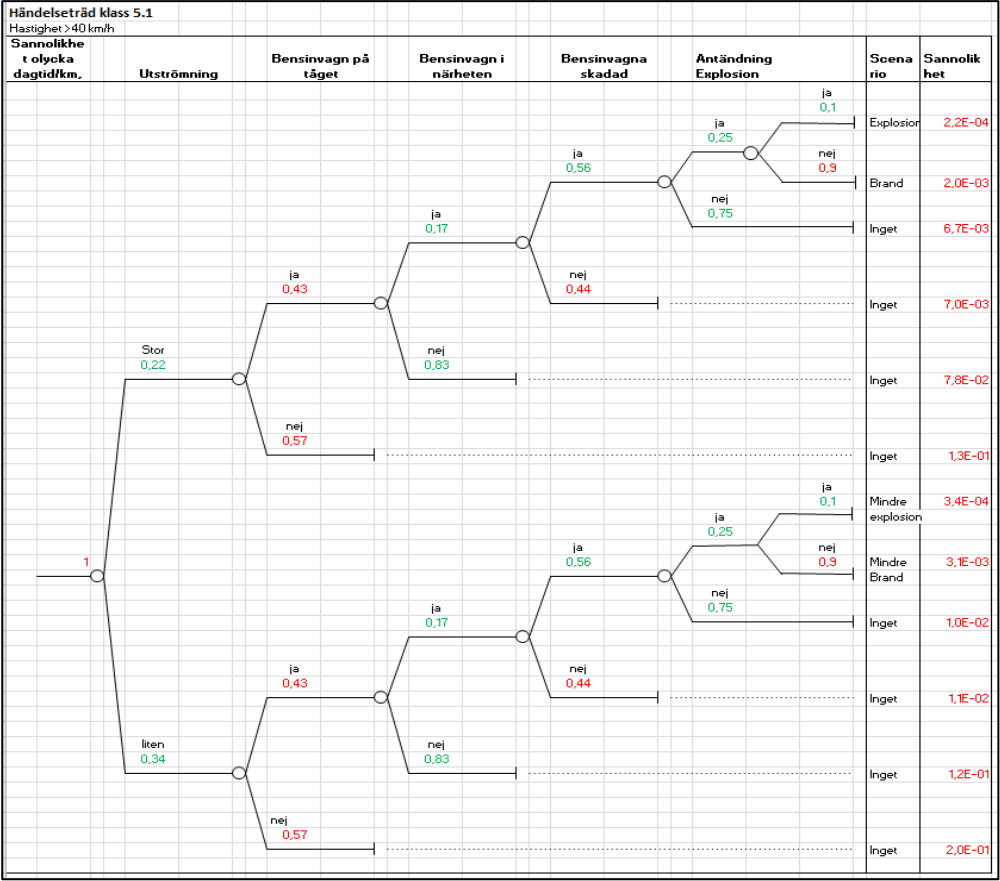
Detta scenario baseras på att transporterna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 25 ton TNT vid ett stort utsläpp av ammoniumnitrat och cirka hälften vid ett mindre utsläpp. Detta överskattar explosionens kraft eftersom den blandning som kommer 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:

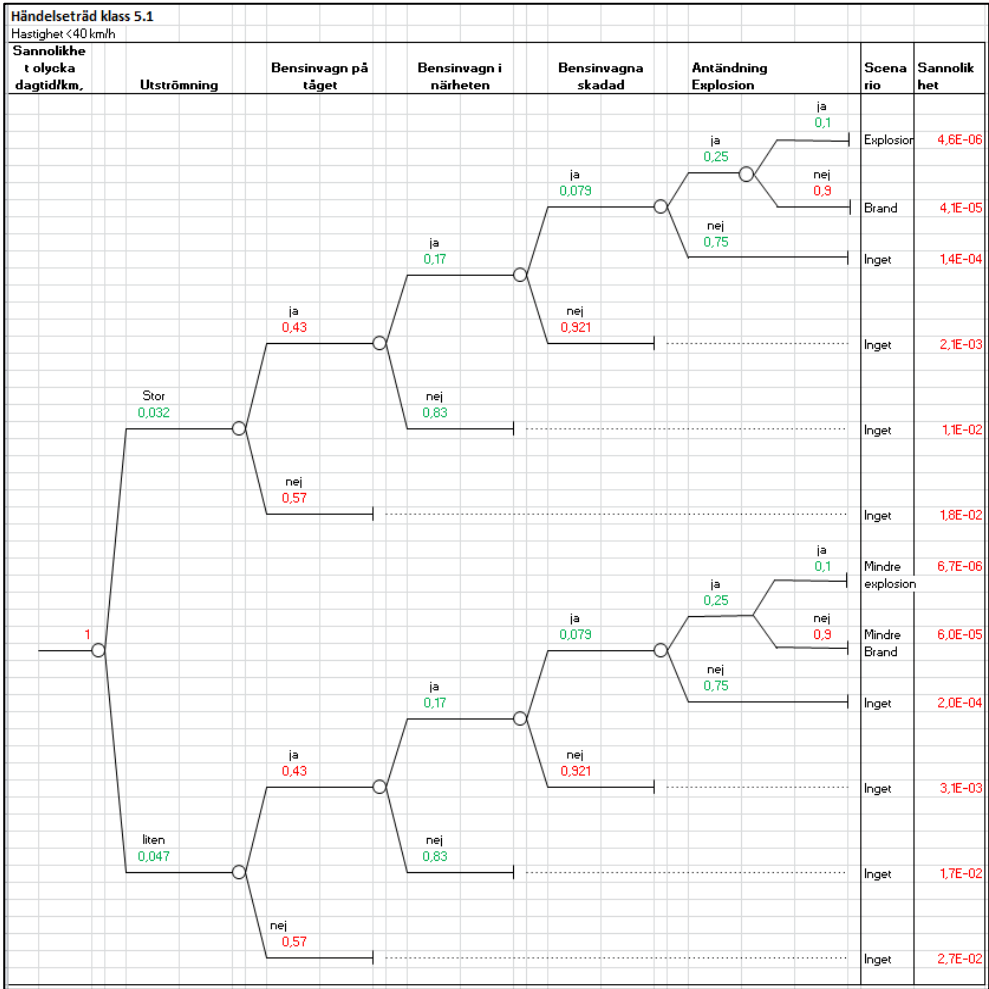
1. Det måste finnas en tankvagn med bensin eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med oxiderande ämnen för att en blandning skall kunna ske, högst en vagn emellan.
3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande 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. Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion. Tåghastigheter över 40 km/h



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

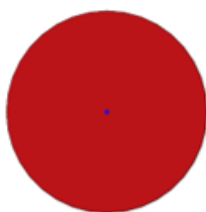
3. Konsekvenser av scenario

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

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

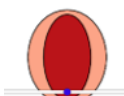
Det överlappande området är det område som påverkas av ett effektområde för de olika scenarierna. Sannolikheter för omkomna (P) och effektområdets form kan ses i *figur 13*. För klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 har sannolikhet för omkomna och effektområdets storlek tagits från den nederländska beräkningsmetoden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



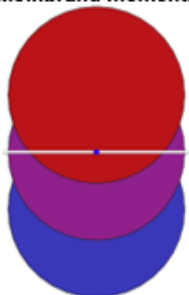
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	152 meter	152 meter	121 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

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



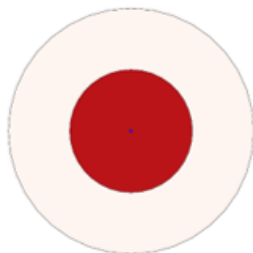
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	133,5 meter	133,5 meter	133,5 meter
Avstånd centrum	85 meter	0	-85 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



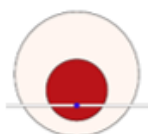
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	70 meter	70 meter
Maximala bredd	13,7 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



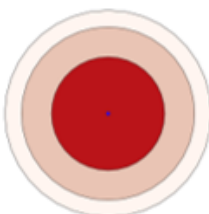
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	163 meter	325 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



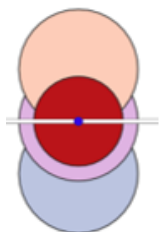
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	47 meter	95 meter
Avstånd centrum	23,5 meter	47,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



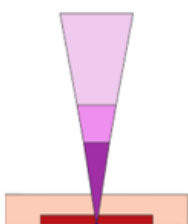
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	102 meter	156 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,6

Giftiga gaser momentan



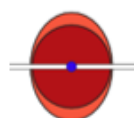
	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	46 meter	57,5 meter	57,5 meter	57,5 meter
Avstånd centrum	0	65 meter	0	-65 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

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.

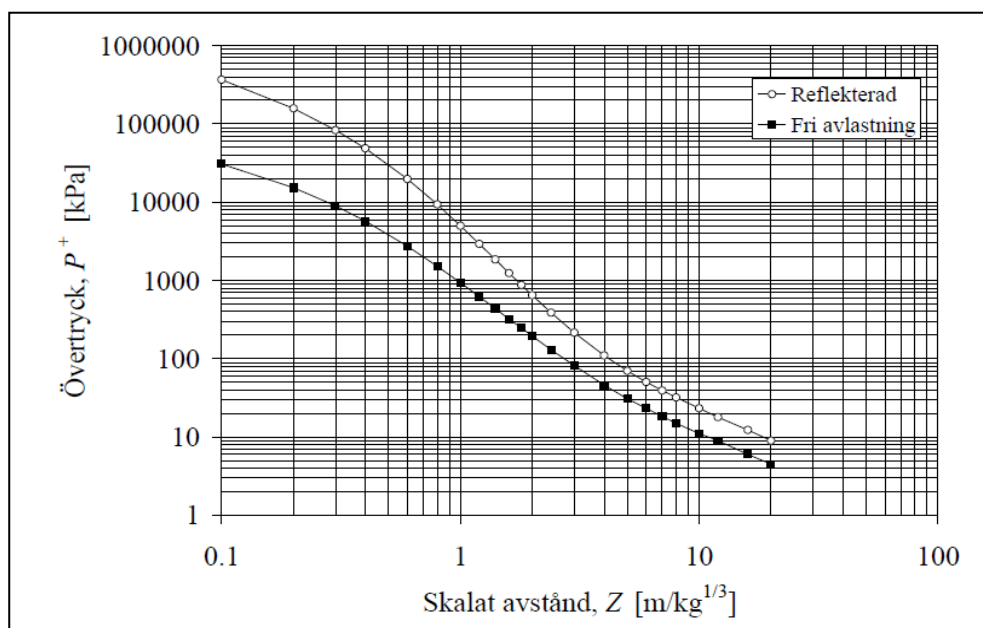
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

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

Skador på bebyggelsen

Enligt amerikanska undersökningar (EAI 1997) rasar vanliga hus vid ett övertryck (p^+) på 25-35 kPa medan en vanlig stadsbebyggelse bedöms få allvarliga skador vid ungefär samma övertryck. 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 vägen

Skador utomhus

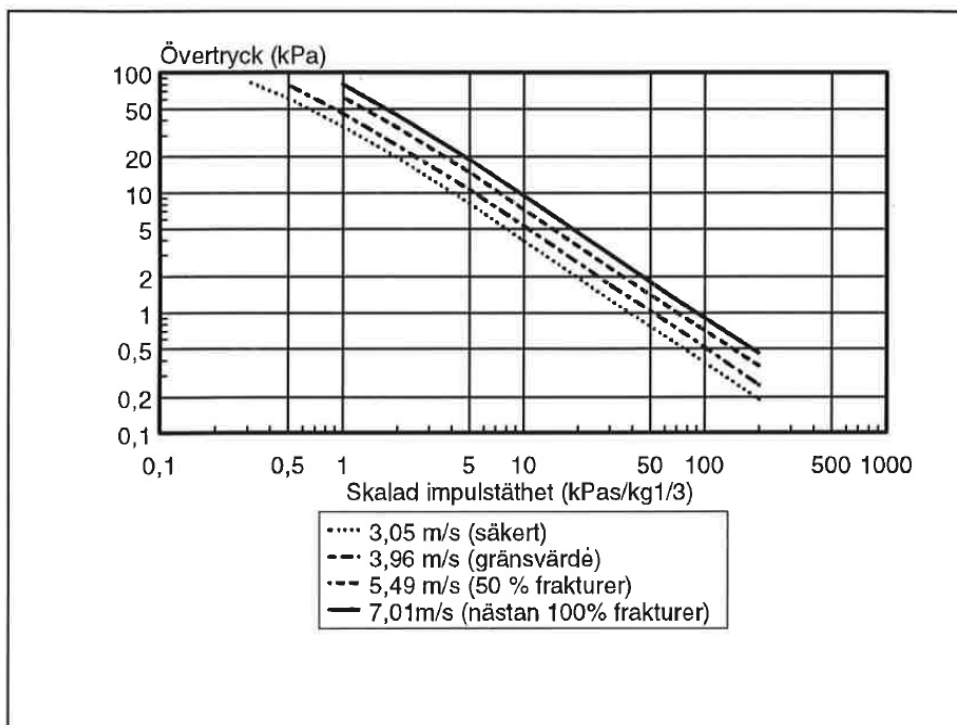
Direkta skador pga. tryck

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

Indirekta skador

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

Som skademått för skador pga. att någon kastas av tryckvågen tas skallskador. Enligt FOA får en person med kroppsvikt 70 kg skallfraktur på ca 50 m från explosionen, se *figur 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 (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 rase 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 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 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)
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 luftstöt våg, Statens Räddningsverk, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2007