

Egfors Byggteam AB

Västerbodarna 1:48 1:119 och 1:83, Västra Bodarne

Risکاناليس transporter av farligt gods



Uppdragsnr: 1054143 Version: 1.1
2020-05-06

Uppdragsgivare: Egfors Byggteam AB
Uppdragsgivarens kontaktperson: Josef Egfors
Konsult: Norconsult AB, Theres Svenssons gata 11, 417 55 Göteborg
Uppdragsledare: Daniel Hammerlid
Handläggare: Johan Hultman

| 1.1 | 2020-05-06 | | Johan Hultman | Herman Heijmans | Johanna Gervide |
|------------------|------------|-------------|---------------|-----------------|------------------|
| Slutversion | 2018-11-05 | | Johan Hultman | Herman Heijmans | Daniel Hammerlid |
| Interngranskning | 2018-10-19 | | Johan Hultman | | |
| Version | Datum | Beskrivning | Upprättat | Granskat | Godkänt |

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

Sammanfattning

Egfors Byggteam AB ska ansöka om bygglov för nya bostäder på fastigheten Västerbodarna 1:83 och förändrad markanvändning från kyrka till bostäder på fastigheterna Västerbodarna 1:48 och 1:119 i Västra Bodarne i Alingsås kommun. Fastigheterna ligger öster om Västra stambanan som är utpekad för transporter av farligt gods. Enligt Länsstyrelsens riskpolicy skall riskfrågor beaktas vid fysisk planering inom 150 meter från transportled för farligt gods varför denna riskutredning har tagits fram.

Västra stambanan går i bergskärning förbi utredningsområdet. Denna skärning fungerar till viss del som ett skydd mot vissa typer av farligt godsolyckor. För att ta med bergskärningens skyddande effekt så görs ett antal anpassningar till beräkningsmodellens effektområden (de områden där människor påverkas av en eventuell olycka med farligt gods) för ett antal scenarion.

Den kvantitativa riskanalysen visar att risknivåerna för Västra stambanan förbi planområdet är inom ALARP-området. Även vid en osäkerhetsanalys, där antal transporter av farlig gods samt en ökning av antalet personer närvarande i planområdet med 25 % används, visar att risknivåerna ligger inom ALARP-området. Detta innebär att alla rimliga skyddsåtgärder, sett ur kostnadsperspektiv och praktisk genomförbarhet, ska vidtas.

Skyddsåtgärderna är indelade i åtgärder som föreslås på befintlig bebyggelse och på ny bebyggelse.

Skyddsåtgärder befintlig bebyggelse på fastighet Västerbodarna 1:48 och 1:119:

- Bullerskärmar ska utföras i brandklassat material EI30.
- Del av byggnad närmast järnvägen föreslås vara förrådsutrymme eller annat utrymme där personer inte vistas under en längre tid. Mellan förråd och bostad ska en brandvägg uppföras i minst klass REI-M60. Alternativt ska föreslagen bullerskärm mellan byggnaden och Västra stambanan utföras i brandklassat material EI 30. Vid detta utförande är det acceptabelt att människor vistas stadigvarande i delen av byggnaden närmast järnvägen.
- Området väster om byggnaden ska inte inbjuda till stadigvarande vistelse.

Skyddsåtgärder ny bebyggelse:

- Ny bebyggelse på fastigheten placeras så långt bort från Västra stambanan som det är praktiskt möjligt.
- Fasad på ny bostadsbebyggelse utförs i obrännbart material. Om bullerskärm och annan avskärmande förrådsbebyggelse uppförs enligt förslag i bullerutredningen så ska dessa utföras i brandklass EI 30. Då krävs det inte att fasaden på ny bebyggelse utförs i obrännbart material.
- Utrymning ska vara möjlig bort från järnvägen.

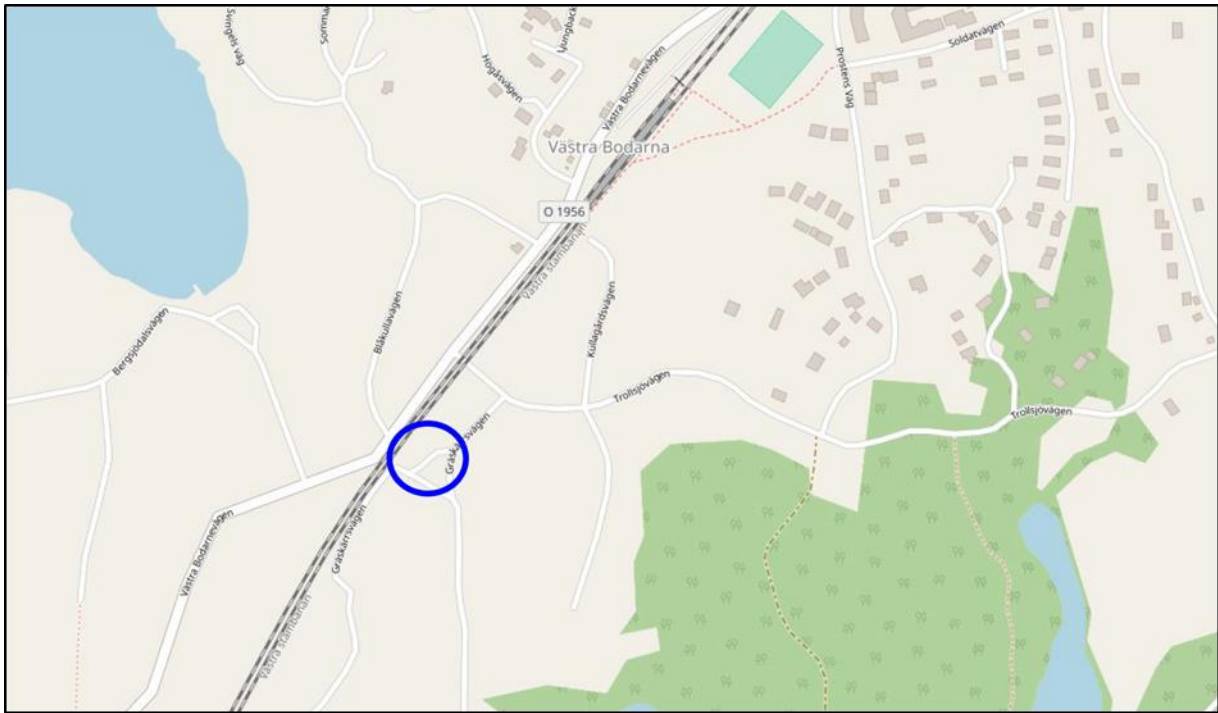
Om dessa skyddsåtgärder genomförs så bedöms risknivåerna vara tolerabla för utredningsområdet.

Innehåll

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Inledning | 5 |
| 2 | Risker med transporter av farligt gods | 6 |
| 2.1 | Typen av farligt gods | 6 |
| 2.2 | Konsekvenser av en olycka med farligt gods | 6 |
| 3 | Riskbedömning i den fysiska planeringen | 8 |
| 3.1 | Vad är risker? | 8 |
| 3.2 | Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods | 9 |
| 3.3 | Riskhantering | 11 |
| 4 | Platsspecifika förutsättningar | 13 |
| 4.1 | Området | 13 |
| 4.2 | Antal personer närvarande i utredningsområdet | 14 |
| 4.3 | Västra stambanan | 14 |
| 4.4 | Bergsskäringens skyddseffekt | 16 |
| 5 | Resultat | 17 |
| 5.1 | Individrisk | 17 |
| 5.2 | Samhällsrisk | 17 |
| 5.3 | Osäkerhetsanalys | 18 |
| 6 | Diskussion och slutsatser | 21 |
| 7 | Referenser | 23 |
| | Bilaga Riskberäkningar för transport av farligt gods på järnväg | |

1 Inledning

Egfors Byggteam AB ska ansöka om bygglov för nya bostäder på fastigheten Västerbodarna 1:83 och förändrad markanvändning från kyrka till bostäder på fastigheterna Västerbodarna 1:48 och 1:119 i Västra Bodarne i Alingsås kommun. *Figur 1* visar en kartbild med fastighetens ungefärliga placering.



Figur 1 Fastighetens läge markerad med blå ring.

Fastigheterna ligger öster om Västra stambanan där det sker transporter av farligt gods. Enligt Länsstyrelsens riskpolicy (Lst 2006) skall riskfrågor beaktas vid fysisk planering inom 150 meter från transportled för farligt gods varför denna riskutredning har tagits fram.

2 Risker med transporter av farligt gods

2.1 Typer av farligt gods

Enligt internationella bestämmelser (RID) delas farligt gods in i nio klasser, se *tabell 1*.

Tabell 1. Indelning av farligt gods.

| Klass | Innehåll | Exempel |
|-------|--|---|
| 1 | Explosiva ämnen | Massexplosiva varor (dvs. sprängämnen), fyrverkerier |
| 2 | Komprimerade, kondenserade eller under tryck lösta gaser | Brandfarliga gaser (gasol), giftiga gaser (ammoniak, svaveldioxid) och andra trycksatta gaser (kvävgas, syrgas) |
| 3 | Brandfarliga vätskor | Bensin, eldningsolja |
| 4 | Brandfarliga fasta ämnen | Kalciumkarbid |
| 5 | Oxiderande ämnen | Väteperoxid, ammoniumnitrat |
| 6 | Giftiga ämnen och smittfarliga ämnen | Kvicksilverföreningar och cyanider, bakterier, levande virus och laboratorieprover |
| 7 | Radioaktiva ämnen | Radioaktiva preparat för sjukhus |
| 8 | Frätande ämnen | Olika syror, lut |
| 9 | Övriga farliga ämnen och föremål | Asbest |

2.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods

I detta avsnitt följer en allmän beskrivning av de olika sorters farligt gods som transporteras och potentiella följder av olyckor där farligt gods är inblandat. De förväntade följderna i form av dödsfall avser, om inget annat sägs, personer som vistas utomhus utan skydd.

Konsekvenserna för aktuella klasser beskriv mera utförligt i *beräkningsbilagan*.

Klass 1. Explosiva ämnen

En explosion av s.k. massexplosiva ämnen kan ge omkomna upp till ca 100 m från explosionen och byggnader kan raseras på flera hundra meters avstånd. Övriga explosiva ämnen kan, i huvudsak genom raserade byggnader, ge effekter på några tiotal meters avstånd.

Klass 2: Brännbara eller giftiga gaser

Utsläpp av brännbar gas i luft kan antändas direkt och orsaka en s.k. jetflamma. Om gasen inte antänds direkt bildas först ett brännbart gasmoln som sedan kan antändas relativt omgående eller driva iväg och antändas över bebyggelsen. Detta resulterar då i en flash brand (Flash Fire) eller gasmolnsexplosion (Vapor Cloud Explosion). I ytterst sällsynta komplicerade olyckor kan gastanken explodera och bilda ett eldklot, s.k. BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). Risken att omkomma av en jetflamma är vanligtvis liten på avstånd som överstiger 90 meter. Ett gasmoln som driver iväg med vinden kan hamna nära bebyggelsen och orsaka betydande skador vid antändning. En BLEVE kan ge upphov till omkomna på ett avstånd av 150 m.

Klass 3: Brandfarliga vätskor

Om en tank med mycket brandfarlig vätska (exempelvis bensin) skadas rinner bensinen ut och en s.k. pölbrand kan uppstå. Eldningsolja är så svårantändlig att brandrisken är försumbar. Risken att omkomma är som regel liten på avstånd som överstiger några 10-tals meter. Om ett utsläpp av brandfarliga vätskor kan rinna ner mot bebyggelsen finns risk för att en brand uppstår i det bebyggda området. Risken är svårberäknad eftersom den är beroende på områdets topografi och bedöms därför separat i *kapitel 5, Resultat*.

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

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

Klass 5: Oxiderande ämnen

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

Klass 6: Giftiga ämnen.

Giftiga ämnen ger mestadels enbart effekter vid direktkontakt.

Klass 7: Radioaktiva ämnen

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

Klass 8: Frätande ämnen såsom saltsyra, svavelsyra.

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

Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

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

3 Riskbedömning i den fysiska planeringen

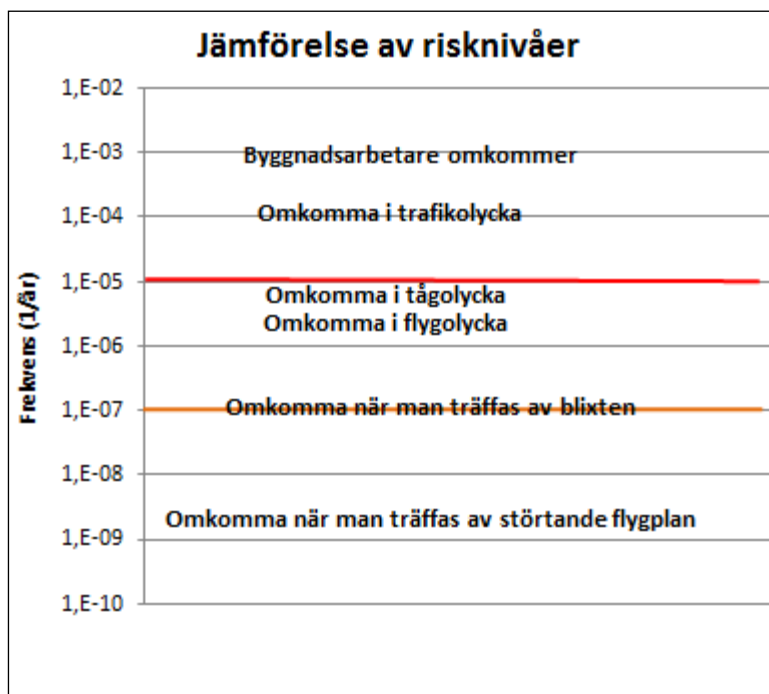
3.1 Vad är risker?

Risker beror på att händelser kan inträffa som har oönskade konsekvenser. Viktiga frågor är: "Hur ofta kan dessa händelser inträffa?" och "Vad är följderna om den händelsen inträffar?". Man talar 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 man förväntar att en händelse kommer att inträffa under ett år. Detta kan bli ett väldigt litet tal för händelser som inte förväntas inträffa så ofta. En sannolikhet på 0,001 per år innebär att olyckan förväntas ske en gång på 1000 år. Sannolikheten för olyckor med farligt gods är oftast mycket lägre, exempelvis 0,000 001 per år eller en gång på 1 000 000 år (matematiskt kan detta uttryckas som 1×10^{-6} per år).

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

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



Figur 2. Exempel på vilka risknivåer som finns i samhället. De röda och orangea strecken är kriterier för bedömning av risknivåer och förklaras i avsnitt 3.2.

Vid riskutredning för den fysiska planeringen skiljer man på individrisk och samhällsrisk. Individrisken är risken för en person att omkomma i en olycka när han/hon befinner sig på en specifik plats i närheten av en s.k. riskkälla. Man utgår från att personen befinner sig på denna plats under ett helt år. Risken uttrycks som risken att omkomma i en olycka under det året. Individrisken är ett mått på hur

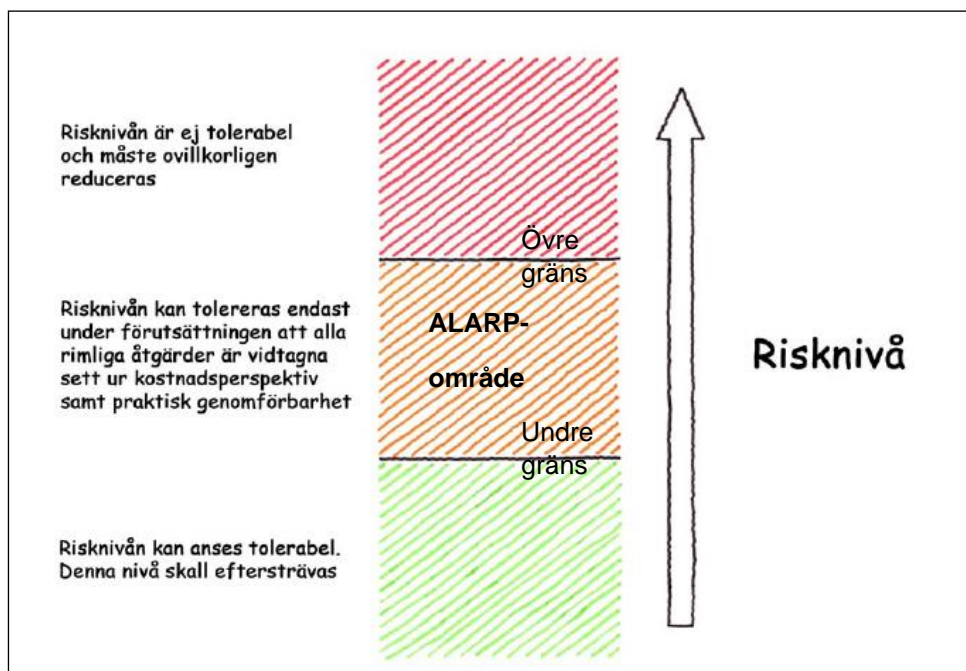
farligt det är på en viss plats och tar inte hänsyn till hur många människor som kommer att befinna sig på platsen. Individrisken är ett lämpligt mått vid riskbedömning för områden där det endast kommer att vistas ett fåtal människor.

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

3.2 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods

3.2.1 Kvantitativa kriterier för individrisk

I många fall – främst när det inte finns kommunala krav - tas kriterier för vad som kan bedömas vara en acceptabel risknivå från rapporten "Värdering av risk" som tagits fram på uppdrag av dåvarande Räddningsverket (Räddningsverket ingår numera i Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB) (SRV 1997). I rapporten används en övre och en undre gräns, se *figur 3*. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån är så hög att den inte kan tolereras.



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

För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år och den undre på

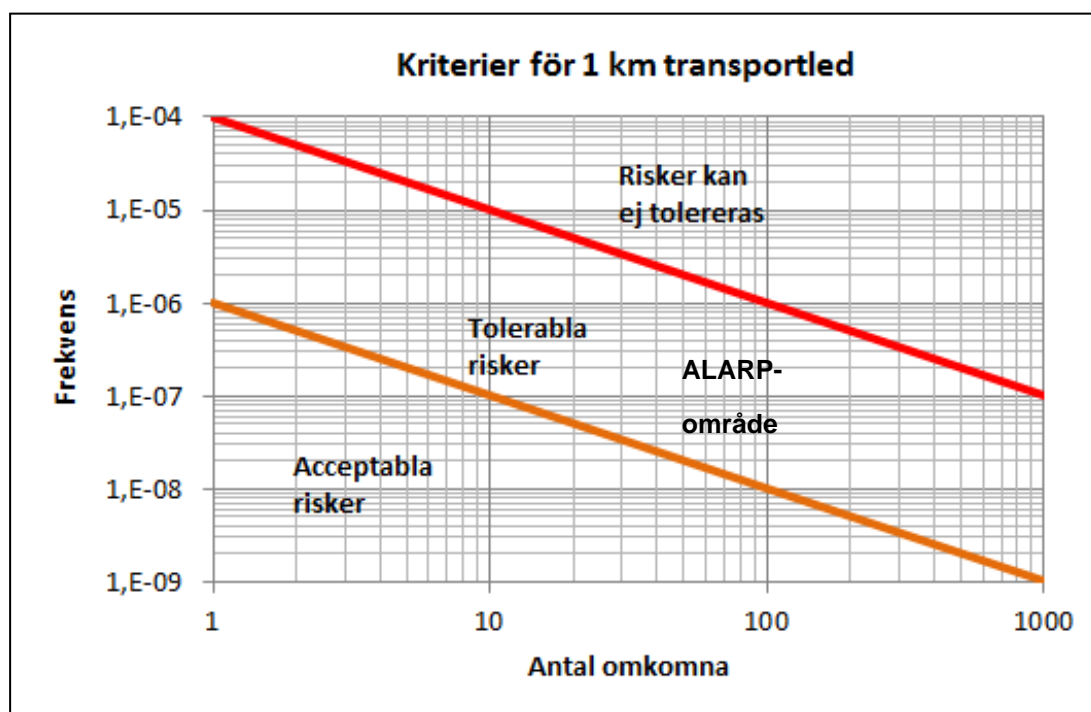
1×10^{-7} per år. Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens totala risknivå. Om risknivån ligger under denna gräns så anses den vara acceptabel och inga ytterligare åtgärder krävs.

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

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

3.2.2 Kvantitativa kriterier för samhällsrisk

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

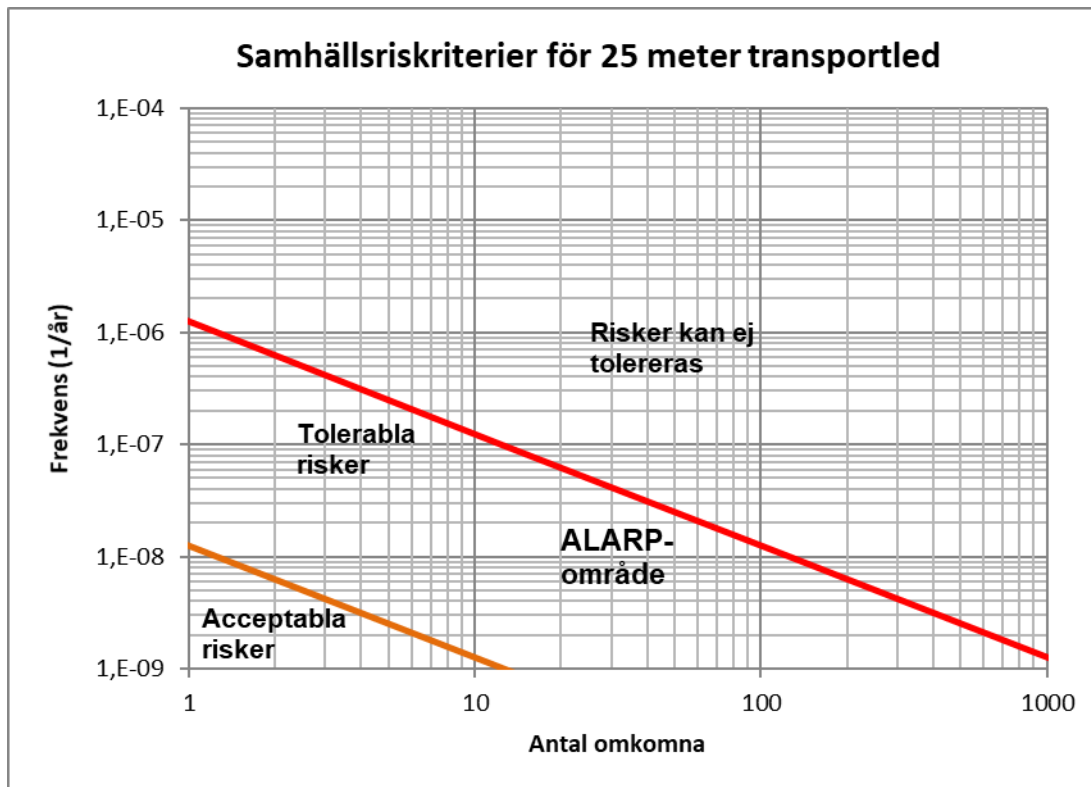


Figur 4. Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

Kriterier i *figur 4* innebär till exempel att en olycka med högst en omkommen accepteras högst en gång på 1 000 000 år (orangea linjen). Olyckor med en omkommen kan inte tolereras oftare än en gång per 10 000 år (röda linjen). Olyckor med mer 10 omkomna kan accepteras om de är så sällsynta som en gång på 10 000 000 år. Om dessa olyckor förekommer oftare än en gång på 100 000 år så kan detta inte tolereras.

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

Kriterierna ovan gäller för 1 km område längs transportleden. Kriterier för det aktuella planområdet beräknas utifrån områdets längd längs transportleden och att planområdet endast ligger på ena sidan av leden. Omräknade kriterier visas i *figur 5*. Planområdets längd utmed leden är cirka 25 meter.



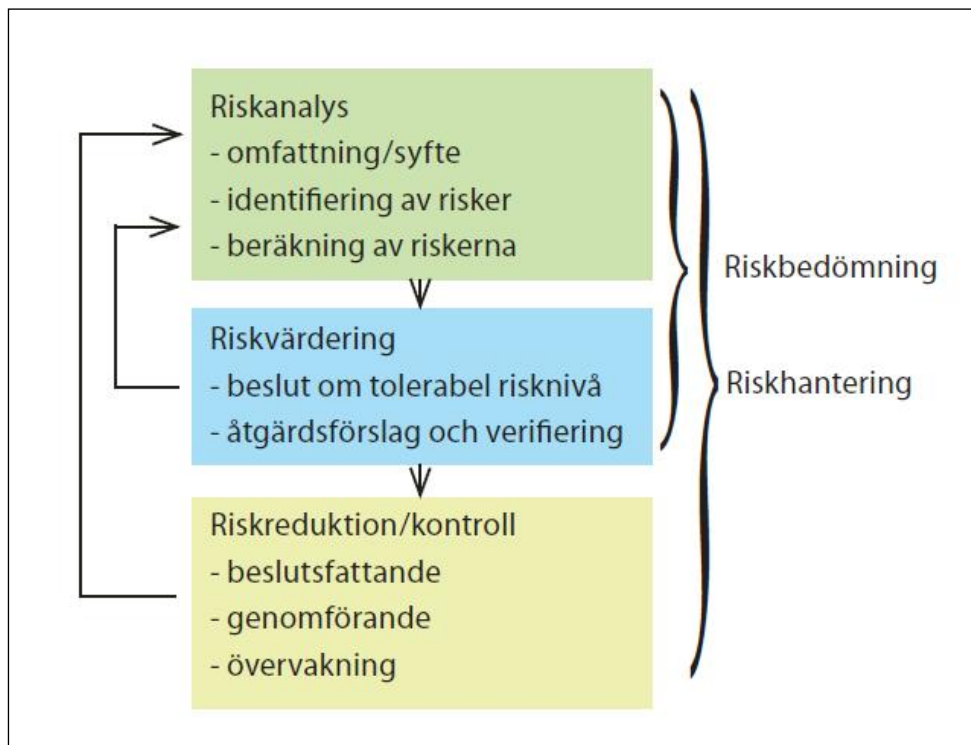
Figur 5. Riskkriterier omräknade till 25 meter enkelsidig bebyggelse.

3.3 Riskhantering

3.3.1 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen

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

Riskhanteringsprocessen kan delas upp i tre delar; riskanalys, riskvärdering och riskreduktion/kontroll, se figur 6 (Lst 2006). I den första delen beräknas riskerna, i den andra delen bedöms de och åtgärder föreslås och i den tredje delen tas beslut om åtgärderna.



Figur 6. Schema över riskhanteringsprocessen (Lst 2006).

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

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

3.3.2 ALARP-området

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

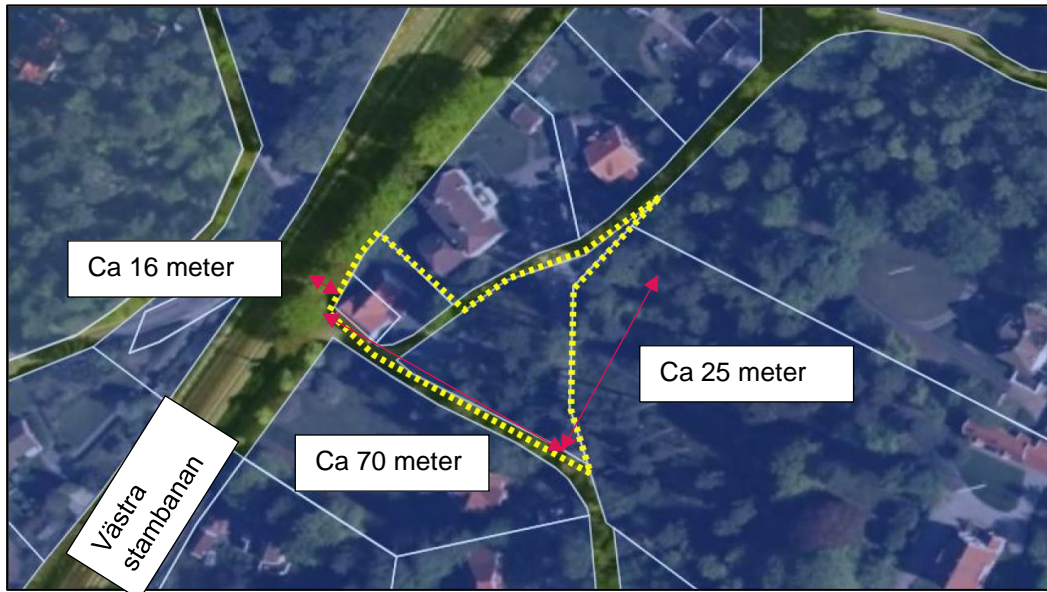
Området spänner över en faktor 100 i risknivåer, de lägsta nivåerna inom området är hundra gånger lägre än de högsta nivåerna. Området är så pass stort beroende på den osäkerhet som alltid finns i riskberäkningarna. Ofta anses att osäkerheten i resultaten av en riskberäkning kan vara så högt som en faktor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

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

4 Platsspecifika förutsättningar

4.1 Området

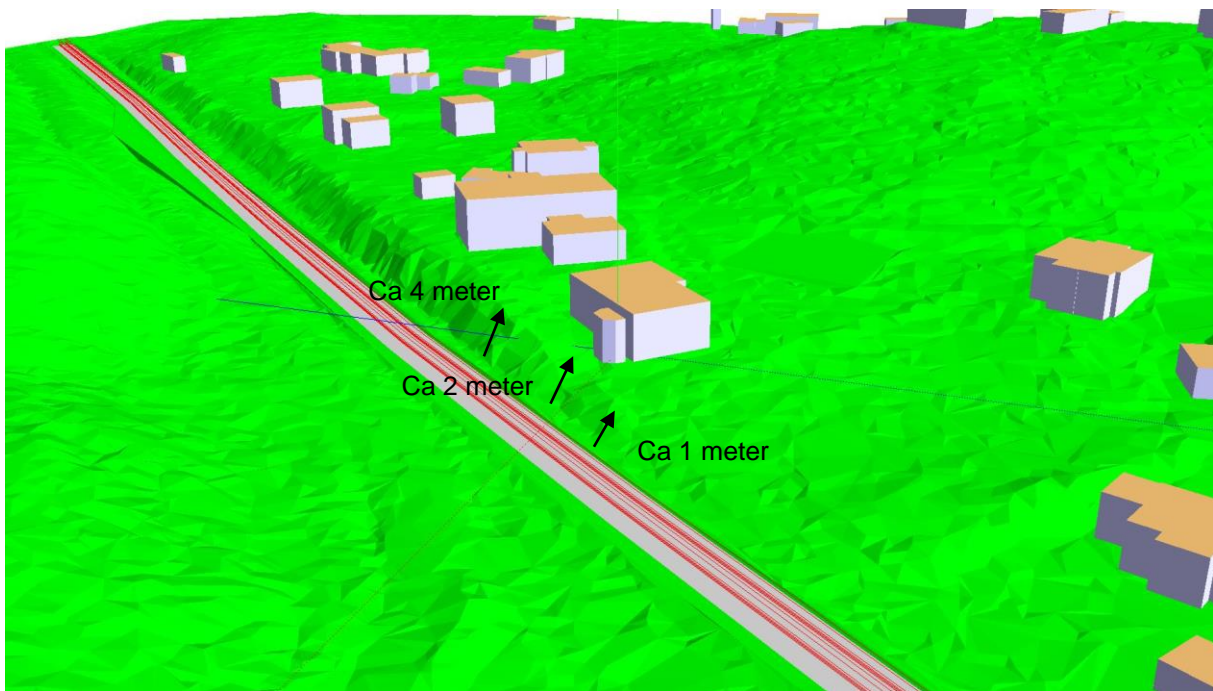
I figur 4 visas fastigheterna i det aktuella området i denna riskutredning. Markanvändningen ämnas förändras för fastigheten på Gräskärsvägen 7 från kyrka till en enfamiljsbostad. Dessutom planeras fastigheten direkt sydöst bebyggas med ett enfamiljshus.



Figur 7 Fastigheternas läge och storlek.

Utredningsområdet är cirka 70 gånger 25 meter stort och befintlig byggnad ligger som närmast cirka 16 meter från Västra stambanan, se figur 7.

Västra stambanan ligger i en bergskärning förbi hela fastigheten och planerad bebyggelse ligger på en högre nivå än Västra stambanan på hela sträckan, se figur 8. Bergskärningens höjd varierar mellan 1 och 4 meter förbi fastigheten.



Figur 8 Tredimensionell bild av området där höjden på bergskärningen redovisas .

4.2 Antal personer närvarande i utredningsområdet

För att beräkna samhällsrisken måste en uppskattning av antalet personer närvarande i området tas fram. Detta har gjorts utifrån föreslaget antal bostäder och med hjälp av statistik gällande antalet boende per hushåll i Alingsås kommun (SCB 2016). Statistiken visar att antal boende i småhus i genomsnitt är cirka 2,6 personer. Detta resulterar i att det bedöms vara cirka 6 boenden på de båda fastigheterna. Siffran är avrundad uppåt för att bedömningen ska vara konservativ.

På natten bedöms alla boenden i området vara närvarande. På dagtid antas hälften av dessa vara närvarande. Av dagbefolkningen antas ca 7 % befinna sig utomhus. Av nattbefolkningen antas ca 1 % vara utomhus.

4.3 Västra stambanan

4.3.1 Transporterade mängder

Uppgifter om transporterade mängder på Västra stambanan hämtas från en tidigare utredning som Norconsult AB har genomfört för Alingsås nya djursjukhus (Norconsult 2018). I den tidigare riskutredningen bedöms godstransporterna med farligt gods öka från år 2018 till år 2040 med den faktor 1,65. Totalt väntas ca 31 000 godsvagnar med farligt gods passera området år 2040. Antalet transporterade vagnar med farligt gods i de olika klasserna får inte publiceras av konkurrensskäl men finns tillgängliga hos Norconsult på myndigheternas begäran.

De olika klasser med farligt gods innehåller ämnen med varierande farlighetsgrad och för att kunna genomföra en riskberäkning måste ämnen delas upp på ett annat sätt. Ämnena i klass 1, 3 och 5, har därför delats upp ytterligare enligt nedan.

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

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

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

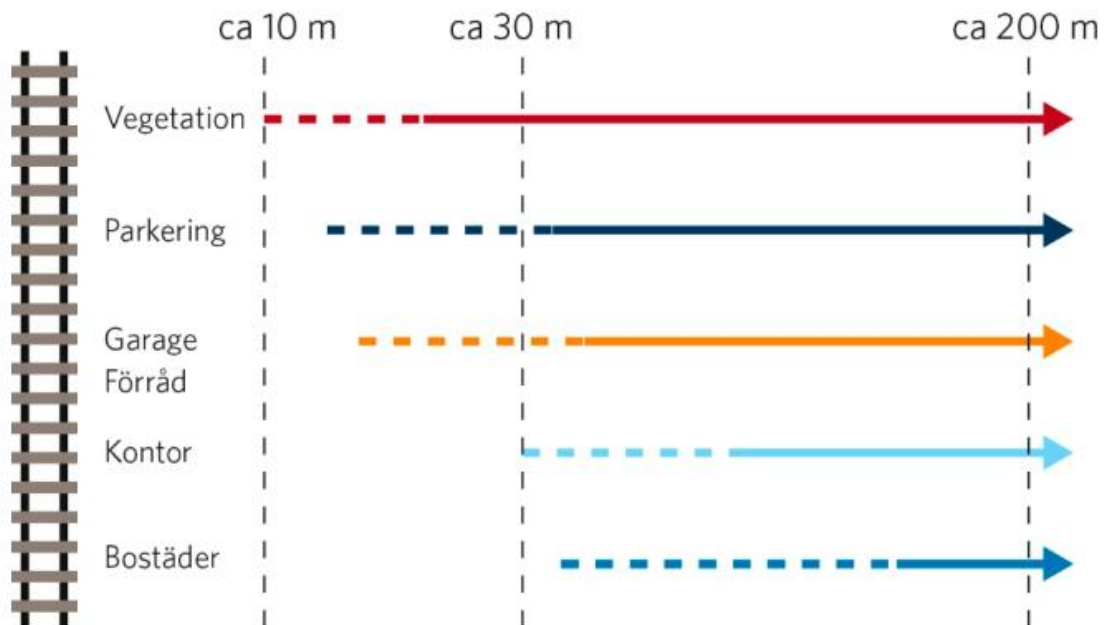
4.3.2 Sannolikhet för olyckor och olyckskonsekvenser

Sannolikheten för olyckor på Västra stambanan har beräknats med Banverkets beräkningsmodell (Banverket 2001) till $2,6 \times 10^{-8}$ per vagnkilometer och år. Det finns inga plankorsningar eller växlar i nära anslutning till det utredda området.

Enligt nationell järnvägsdatabas (Trafikverket 2018) är högsta tillåtna hastighet för tåg på sträckan 110 km/h.

4.3.3 Trafikverkets rekommendationer på säkerhetsavstånd vid byggande intill järnväg

Trafikverket anser generellt att ny bebyggelse inte bör tillåtas inom ett område av 30 meter från spårmittpå närmaste spår (Trafikverket 2017), se figur 9.



Figur 9 Generella råd om avstånd till järnvägen för olika typer av verksamhet (Trafikverket 2017)

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

Ny bebyggelse är planerad på ett avstånd av minst 40 meter från spårmittpå Västra stambanan vilket innebär att Trafikverkets generella råd uppfylls för ny bebyggelse. Dessa råd om avstånd gäller ny bebyggelse, vilket gör att de inte är applicerbara på befintlig bebyggelse.

4.4 Bergsskärningens skyddseffekt

I avsnitt 4.1 beskrivs att Västra stambanan går i bergsskärning förbi planområdet. Denna skärning bidrar effektivt till att brandfarliga vätskor kvarhålls i järnvägsområdet och inte kan sprida sig mot bebyggelse. Bergsskärningen bedöms också skydda bakomvarande bebyggelse mot urspårningsrisk.

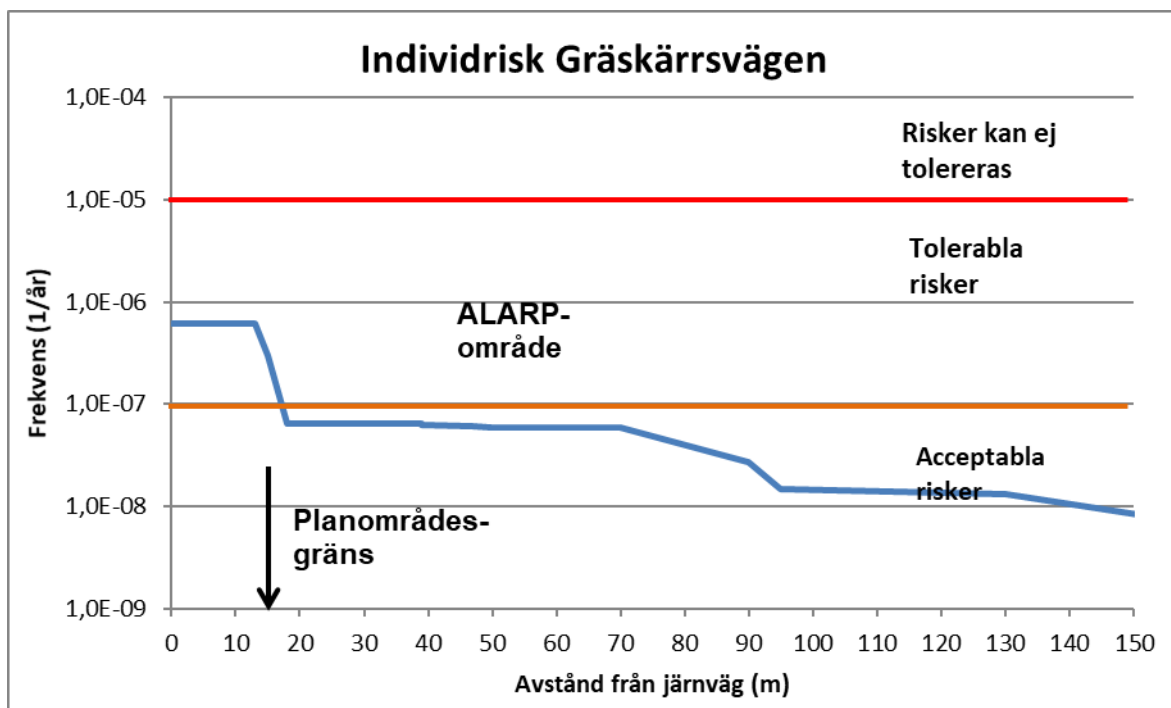
5 Resultat

I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten på Västra stambanan för individrisk samt samhällsrisk utan skyddsåtgärder. Dessutom redovisas en osäkerhetsanalys där antalet transporter av farligt gods och antal personer närvarande i området ökas med 25 %. De ingångsvärden för beräkningarna som är specifika för planområdet har redovisats i *kapitel 4*.

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

5.1 Individrisk

I *figur 11* visas individrisken i planområdet vid Västra stambanan.

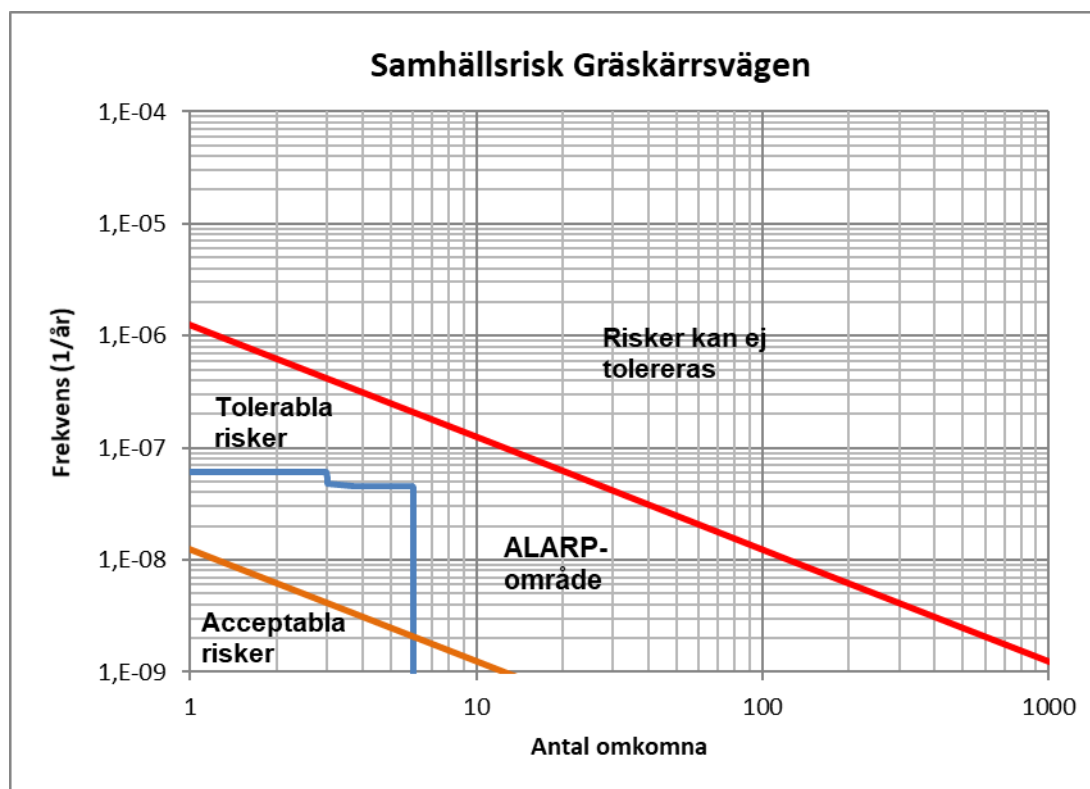


Figur 11. Individrisken vid planområdet vid Västra stambanan.

Individrisken i utredningsområdet bedöms vara acceptabel vid cirka 18 meter från Västra stambanan.

5.2 Samhällsrisk

I *figur 12* visas samhällsrisken i utredningsområdet vid Västra stambanan och det framgår av figuren att risknivån överskrider kriteriet för acceptabla risker.



Figur 12. Samhällsrisk från Västra stambanan för det planerade området.

Enligt *tabell 2* i bilaga 1 är de dimensionerande olyckorna de som orsakas av brandfarliga gaser. Det innebär att rimliga skyddsåtgärder som minskar konsekvenserna vid dessa typer av olyckor bör utföras.

5.3 Osäkerhetsanalys

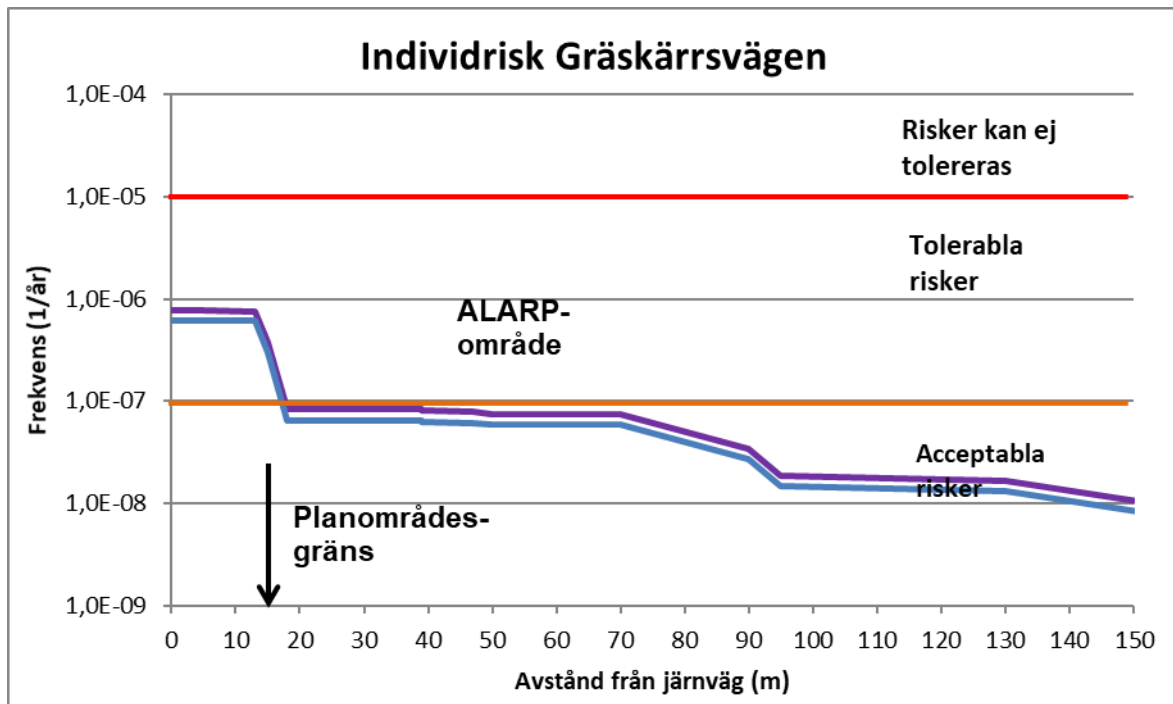
Det finns alltid osäkra faktorer i beräkningar av risker i samband med transporter av farligt gods förbi områden där det vistas människor. Eftersom det handlar om en prognos för en framtida situation så är osäkerheten i vilka mängder farligt gods som kommer transporteras förbi området i framtiden av betydelse. I osäkerhetsanalysen studeras resultatet av en 25 % ökning av transportererna av farligt gods förbi planområdet.

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

Resultaten av osäkerhetsanalysen presenteras i *figur 13 och 14*.

5.3.1 Individrisk

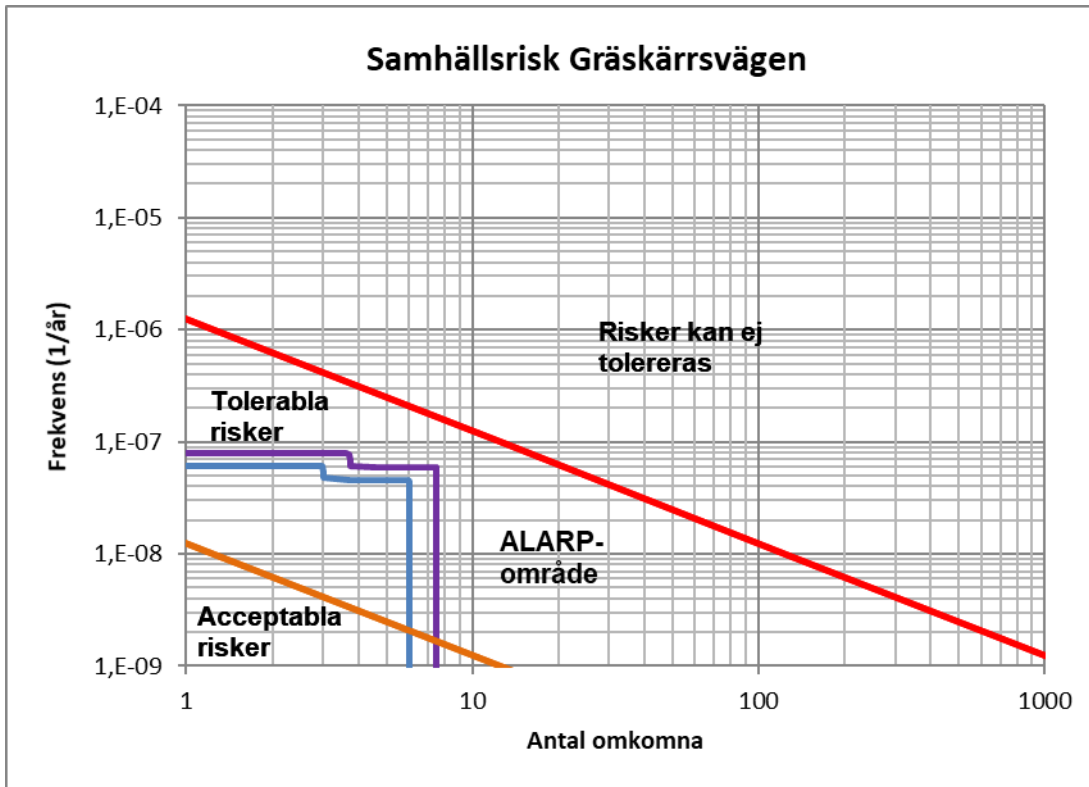
Figur 13 visar att individrisken vid en osäkerhetsanalys är acceptabel på ett avstånd av cirka 20 meter från Västra stambanan.



Figur 13 Osäkerhetsanalys för individrisken, lila linje, om antalet transporter av farligt gods och antalet personer närvarande i området ökas med 25 %. Ursprunglig beräkning visas med blå linje.

5.3.2 Samhällsrisk

Figur 14 visar att samhällsrisken ökar men inte överskrider kriterierna för där risker ej kan tolereras vid den osäkerhetsanalys där en ökning av transporter av farligt gods med 25 % samt en ökning av antalet personer närvarande i planområdet med 25 % används.



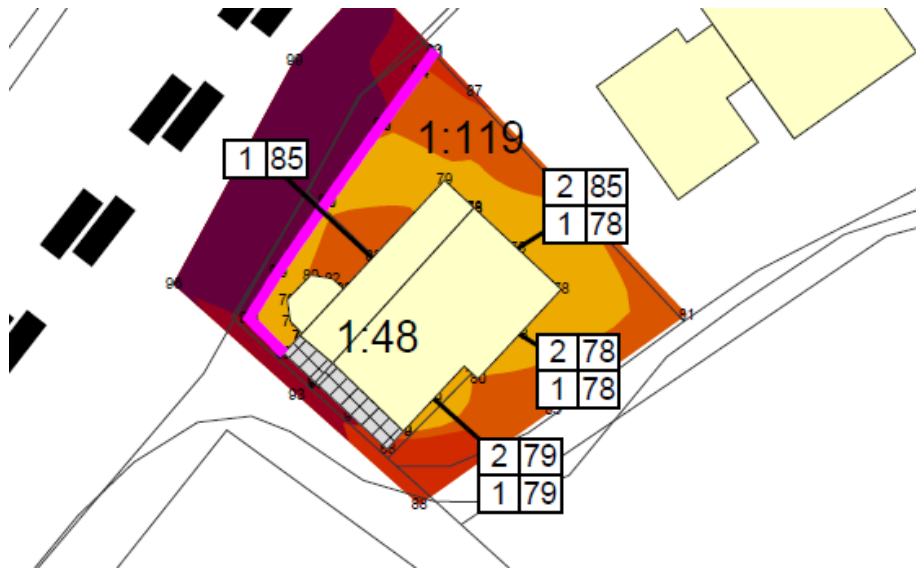
Figur 14 Osäkerhetsanalys för samhällsrisiken, lila linje, om antalet transporter av farligt gods och antalet personer närvarande i området ökas med 25 %. Ursprunglig beräkning visas med blå linje.

6 Diskussion och slutsatser

Den kvantitativa riskanalysen visar att risknivåerna för Västra stambanan förbi planområdet är inom ALARP-området. Även vid en osäkerhetsanalys, där antal transporter av farlig gods enligt nationellt genomsnitt samt en ökning av antalet personer närvarande i planområdet med 25 % används, visar att risknivåerna ligger inom ALARP-området. Detta innebär att alla rimliga skyddsåtgärder, sett ur kostnadsperspektiv och praktisk genomförbarhet, ska vidtas. Skyddsåtgärder är indelade i åtgärder som föreslås på befintlig bebyggelse och på ny bebyggelse.

Skyddsåtgärder befintlig bebyggelse på fastighet Västerbodarna 1:48 och 1:119:

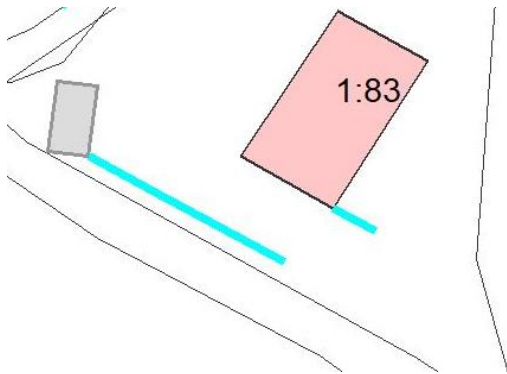
- Bullerskärmar ska utföras i brandklassat material EI30.
- Del av byggnad närmast järnvägen föreslås vara förrådsutrymme eller annat utrymme där personer inte vistas under en längre tid. Mellan förråd och bostad ska en brandvägg uppföras i minst klass REI-M60. Alternativt ska föreslagen bullerskärm med placering enligt uppdatering av bullerutredning utföras i brandklassat material EI 30, se figur 15. En sådan bullerskärm bedöms kraftigt minska konsekvenserna vid en eventuell olycka med brandfarliga gaser på Västra stambanan. Vid detta utförande är det acceptabelt att människor vistas stadigvarande i delen av byggnaden närmast järnvägen.
- Området väster om byggnaden ska inte inbjuda till stadigvarande vistelse.



Figur 15. Föreslagen bullerskärm (lila streck) på fastigheterna Västerbodarna 1:48 och 1:119. Den rutiga delen av huset föreslås inte vara bostad utan förråd eller liknande.

Skyddsåtgärder ny bebyggelse:

- Ny bebyggelse på fastigheten placeras så långt bort från Västra stambanan som det är praktiskt möjligt.
- Fasad på ny bostadsbebyggelse utförs i obrännbart material. Om bullerskärm och annan avskärmande förrådsbebyggelse uppförs enligt förslag i bullerutredningen så ska dessa utföras i brandklass EI 30. Då krävs det inte att fasaden på ny bebyggelse utförs i obrännbart material.
- Utrymning ska vara möjlig bort från järnvägen.



Figur 16. Föreslaget förråd (grå byggnad) och bullerskärm (ljusblå streck) på fastigheten Västerbodarna 1:83.

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

7 Referenser

| | |
|-----------------------|--|
| Banverket 2001 | Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5; 2001-10-22 |
| Norconsult 2018 | Alingsås nya djursjukhus – Riskutredning avseende transport av farligt gods, Norconsult, 2018 |
| Lst 2006 | Riskhantering i detaljplaneprocessen, Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006 |
| Rtj Storgöteborg 2004 | Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänsten Storgöteborg 2004 |
| SCB 2016 | Statistikdatabasen, Antal personer per hushåll efter region, boendeform och år, Statistiska centralbyrån. Hämtad 2018-02-09. |
| SRV 1997 | Värdering av risk, FoU rapport, Räddningsverket 1997 |
| Trafikverket 2017 | Transportsystemet i samhällsplaneringen. Trafikverkets underlag för tillämpning av 3-5 kap. miljöbalken och av plan- och bygglagen. Publ. 2016:148 |
| ÖSA 2004 | Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen, Öresund Safety Advisers AB, 2004. |

Bilaga Beräkning av risker transporter av farligt gods på järnväg

Innehåll

| | |
|---|-----------|
| 1. Inledning | 2 |
| 1.1 Beräkningsmetod | 2 |
| 1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar | 5 |
| 2. Scenarierna..... | 9 |
| 2.1. Scenarier med sprängämnen, klass 1. | 9 |
| 2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1 | 18 |
| 2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3..... | 24 |
| 2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1 | 27 |
| 2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1..... | 30 |
| 3. Beräkningsresultat..... | 35 |
| 4. Referenser | 37 |

1. Inledning

1.1 Beräkningsmetod

1.1.1 Inledning

Riskberäkningsmetoden kan delas upp i fyra steg.

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

Alla beräkningar genomförs i excelblad. Dessa excelblad finns för insyn för myndigheterna och endast vissa utdrag publiceras här.

Sannolikheter och effektområdets storlek har, för klass 2.1, klass 2.3 och klass 3 tagits från den nederländska beräkningsmetoden RBMII som är en av den nederländska staten godkänd metod för riskberäkning vid transport av farligt gods utifrån de modeller som presenteras i den s.k. Gula Boken: Methods for the calculation of Physical Effect due to releases of hazardous materials (liquids and gases) (PGS2 2005) och Lila Boken: Guidelines for Quantitative Risk Assessment (PGS3 2005). En bra beskrivning av utgångspunkter och parameterar hittas i del 2 av PGS3 som behandlar riskanalys för transport av farligt gods.

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

1.1.2 Sannolikhetsberäkning

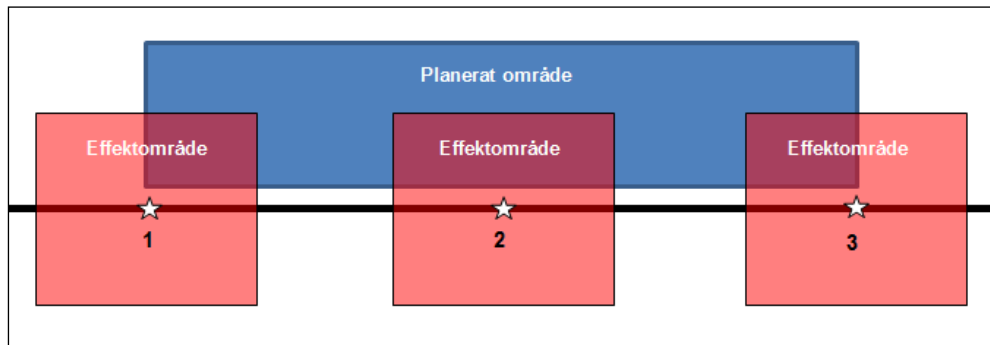
Olycksrisken för tåg beräknas enligt den av Banverket (numera en del av Trafikverket) angivna metod (Banverket 2001).

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

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

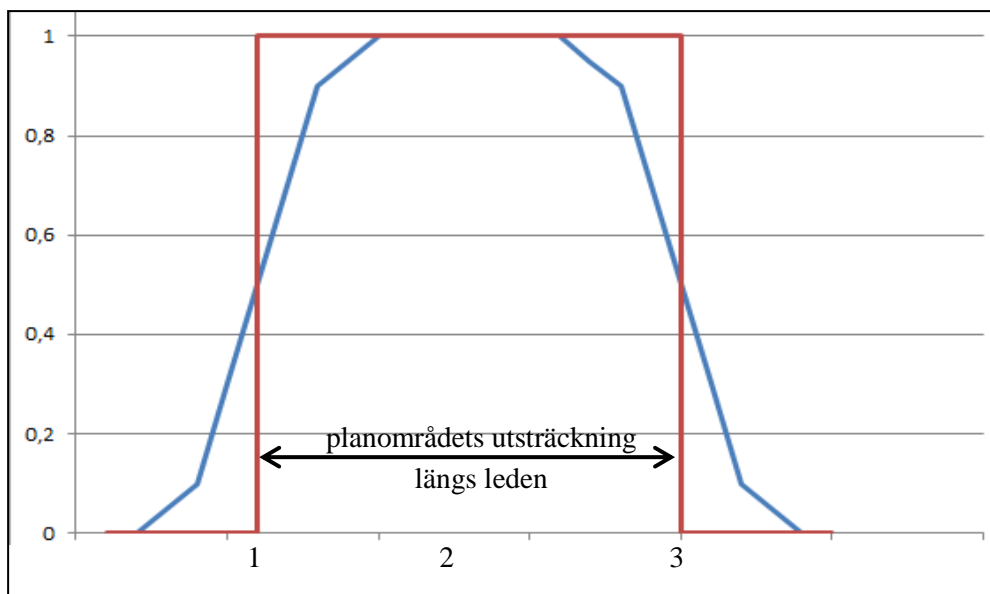
vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar varierar beroende på vilket scenario som är aktuellt

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



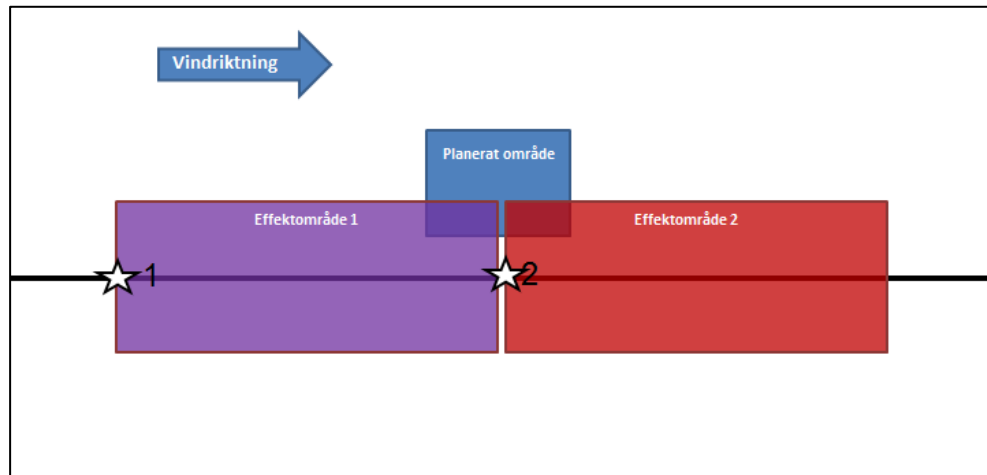
Figur 1. Tre olika lägen för en olycka med farligt gods med effektområde mindre än det planerade området..

Tre lägen för olyckor visas. I läge 1 drabbas området av halva effekten, i läge 2 av hela effekten och läge 3 åter av halva effekten. Till vänster om läge 1 och till höger om läge 3 drabbas området av mindre än halva effekten. Detta förenklas till att området drabbas av hela effekten (som i olycksplats 2) för alla olyckslägen mellan 1 och 3. Olyckor utanför denna sträcka tas däremot inte med i beräkningen. Approximationen förtydligas i *figur 2* nedan.



Figur 2. Förenkling av effekten av olyckor med farligt gods.

Om effektområdets längd utmed leden är större än planområdets längd utmed leden så är det effektområdets längd som är utgångspunkten. Detta visas i *figur 3* som visar effektområdet för exempelvis ett gasmoln som blåses av vinden längs med vägen. Om olyckan sker mellan läge 1 och läge 2 så antas området drabbas av effekten. Avståndet är lika med effektområdets utsträckning längs leden.



Figur 3. Två olika lägen (lila resp röda effektområdet) för en olycka med farligt gods (gas i detta fall) med effektområde större än det planerade området.

Vid individriskberäkningar bestäms sannolikheten för olyckor alltid av effektområdenas utsträckning längs leden.

Sannolikheten att en olycka leder till ett utsläpp av betydelse (>100 kg) för klass 2.1, 2.3, 3 och 5.1 har tagits från RBMII.

Händelseträden för klass 1.1 och klass 5.1 förklaras i nästa kapitel vid aktuella scenarier

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

1.1.3 Konsekvenser

Konsekvenserna beräknas med hjälp av effektområden för scenarier för ämnen i klass 2.2, 2.3 och 3. För ämnen i klass 1.1 och 5.1 används en något annorlunda metod som förklaras vid dessa scenarier.

Effektområden har tagits från den nederländska metoden RBMII som är föreskriven metod i Nederländerna vid denna sorts beräkningar. Effektområden har förenklats till att vara rektangulära. Storleken på dessa effektområden är generellt något större än på de effektområden som används i RBMII vilket leder till mera konservativa beräkningar.

I vissa fall finns det skäl att använda två effektområden i ett scenario. Detta är fallet då effekten av olyckan endast avklingar långsamt som exempelvis för olyckor med giftiga gaser i klass 2.3. För många scenarier avklingar effekten ganska snabbt från att alla omkommer till att nästan inga omkommer. I dessa fall används endast ett effektområde vars storlek har utökats för att även täcka de delar där endast en del av de närvarande omkommer.

Vindens påverkan tas med för de effekter som beror på vindriktningen. Alla vindriktningar mot området samlas till en vindriktning lodrätt från leden mot området. Vindriktningar längs leden beaktas också då vissa scenarier ger plymer längs leden som påverkar närmast leden.

Antalet omkomna i ett scenario beräknas utifrån ytan på området där scenariot påverkar, antal personer som befinner sig ute och inne inom detta område samt andelen av dessa som omkommer.

1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar

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

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

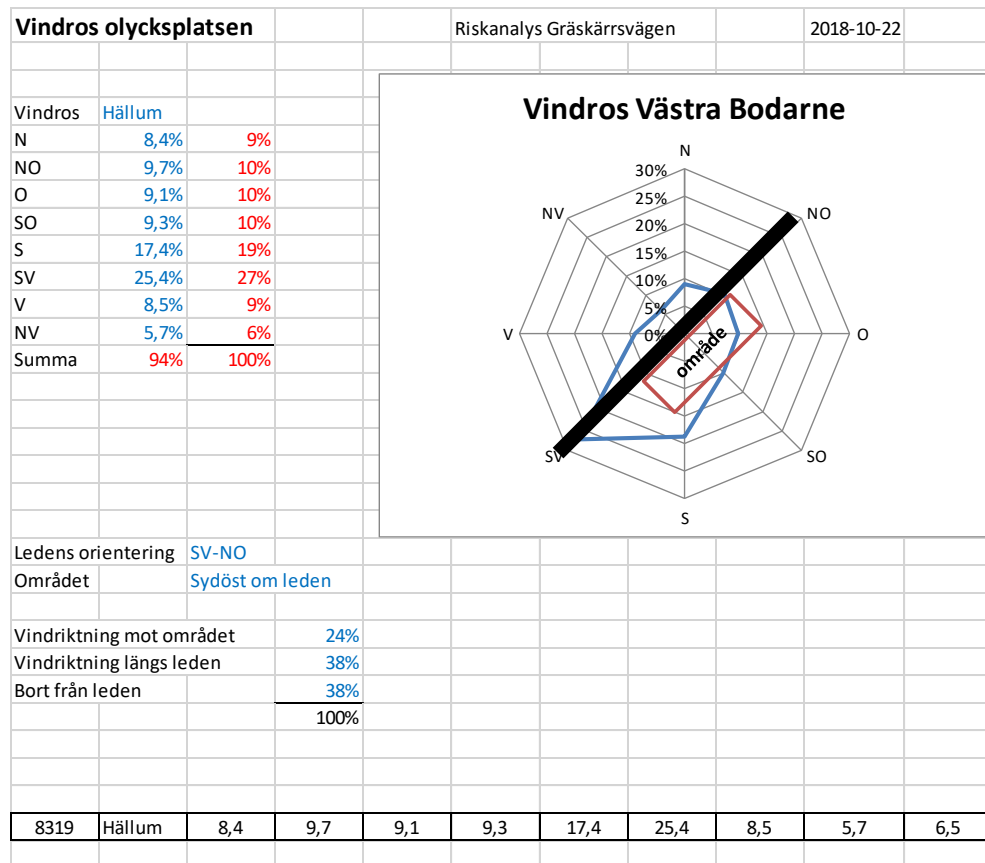
| Ingångsdata 1(2) | | Uppdragsnamn: | Riskanalys Gräskärsvägen | 2018-10-22 | | |
|---|-------------------|---------------|------------------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| Beräkning av olycksfrekvens enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket 2001:5 | | | | | | |
| Ingångsdata | | | | | | |
| Sträcka | 1 | km | Färgernas betydelse: Fylls i | | | |
| Vagnaxel/vagn | 2,75 | | Standard | | | |
| Tåglängd | 266 | m | Beräknas | | | |
| Vagnlängd | 20 | m | | | | |
| Godståg/dag | 69 | | | | | |
| Persontåg/dag | 74 | | | | | |
| Pendeltåg/dag | 36 | | | | | |
| Antal vagnar/tåg | 13,3 | | | | | |
| Antal tåg/dag | 179 | | | | | |
| Antal tåg/år | 65335 | | | | | |
| Antal tåg/v | 1256 | | | | | |
| Antal växlar | 0 | | | | | |
| Plankorsn. bommar | 0 | | | | | |
| Plankorsn. ljus | 0 | | | | | |
| Plankorsn. Kryss | 0 | | | | | |
| Vagnaxelkm/år | 2,4E+06 | | | | | |
| Vagnkm | 8,7E+05 | | | | | |
| Beräkning olycksrisken | | | | | | |
| | | | Intensitet | | Frekvens | |
| Orsak | Parameter | | Spårklass A | Spårkl. B o C | Spårklass A | Spårkl. B o C |
| Rälsbrott | Vagnaxelkm | | 5,0E-11 | 1,0E-10 | 1,2E-04 | 2,4E-04 |
| Solkurva | Spårkm | | 1,0E-05 | 2,0E-04 | 1,0E-05 | 2,0E-04 |
| Spårlägesfel | Vagnaxelkm | | 4,0E-10 | 4,0E-10 | 9,6E-04 | 9,6E-04 |
| Växel sliten | Antal tågpassager | | 5,0E-09 | 5,0E-09 | 0,0E+00 | 0,0E+00 |
| Växel ur kontroll | Antal tågpassager | | 7,0E-08 | 7,0E-08 | 0,0E+00 | 0,0E+00 |
| Vagnfel | Vagnaxelkm | | 3,1E-09 | 3,1E-09 | 7,4E-03 | 7,4E-03 |
| Lastförskjutning | Vagnaxelkm | | 4,0E-10 | 4,0E-10 | 9,6E-04 | 9,6E-04 |
| Plankorsn. bommar | Antal tågpassager | | 5,0E-08 | 5,0E-08 | 0,0E+00 | 0,0E+00 |
| Plankorsn. ljus | Antal tågpassager | | 1,5E-08 | 1,5E-08 | 0,0E+00 | 0,0E+00 |
| Plankorsn. Kryss | Antal tågpassager | | 2,0E-08 | 2,0E-08 | 0,0E+00 | 0,0E+00 |
| Annan/okänd | Tågkm | | 2,0E-07 | 2,0E-07 | 1,3E-02 | 1,3E-02 |
| Summa | Olyckor per år/km | | | | 2,2E-02 | 2,3E-02 |
| Antal tågkm/år | | | | | 6,5E+04 | 6,5E+04 |
| Olyckor per tågkm, år | | | | | 3,4E-07 | 3,5E-07 |
| Antal vagnkm/år | | | | | 8,7E+05 | 8,7E+05 |
| Olyckor per vagnkm, år | | | | | 2,6E-08 | 2,6E-08 |

Figur 4. Ingångsvärden för riskberäkningarna.

| Ingångsdata 2(2) | | Riskanalys Gräskärsvägen | | 2018-10-22 | |
|--|---------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| 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, massexplisiv | | | 1,3E-08 | | 3,8E-08 |
| Klass 2.1 | | | 5,2E-05 | | 1,6E-04 |
| Klass 2.3 | | | 3,7E-07 | | 1,1E-06 |
| Klass 3, bensin | | | 3,5E-05 | | 1,1E-04 |
| Klass 5.1, explosionsrisk | | | 1,2E-05 | | 3,5E-05 |
| Beräkning antal vagnar med mkt brandfarliga vätskor per godståg | | | | | |
| antal godståg | 25185 | | | | |
| andel m bensinvagnar | 22% | | | | |
| Områdesinfo | | | | | |
| Områdets storlek | | | | | |
| | Inne | Ute | | | |
| Planområdets avstånd le | 16 | 9 | m | | |
| Planområdets bredd | 20 | 70 | m | | |
| Planområdets längd | 16 | 25 | m | | |
| Befolkningstäthet | | | | | |
| | Dag | | | | |
| | Inne | Ute | | | |
| Befolkning inne +ute | 3 | | personer | | |
| Andel inne/ute | 93% | 7% | | | |
| Befolkning | 2,8 | 0,2 | personer | | |
| Befolkningstäthet | 8,7E-03 | 1,2E-04 | pers/m2 | | |
| | Natt | | | | |
| | Inne | Ute | | | |
| Befolkning inne +ute | 6 | | personer | | |
| Andel inne/ute | 99% | 1% | | | |
| Befolkning | 5,9 | 0,1 | personer | | |
| Befolkningstäthet | 1,9E-02 | 3,4E-05 | pers/m2 | | |
| | Dag | Natt | | | |
| Antal personer första raden totalt | 2 | 3 | | | |
| | Dag | | | | |
| | Inne | Ute | | | |
| Andel i % | 93% | 7% | | | |
| Antal personer 1:a rad | 1,4 | 0,1 | | | |
| | Natt | | | | |
| | Inne | Ute | | | |
| Andel i % | 99% | 1% | | | |
| Antal personer 1:a rad | 3,0 | 0,0 | | | |

Figur 5. Ingångsvärden för riskberäkningarna, fortsättning.

I figur 6 visas vindrosen som används vid beräkningar av vissa scenarier med gasutsläpp. Beräkningen av andelen av tiden som vinden kan föra gasen mot området respektive längs vägen framgår.



Figur 6. Vindros för aktuell plats.

2. Scenarierna

Här ges en generell beskrivning av scenarierna som kan leda till betydande konsekvenser för området utifrån de klasser farligt gods som kan komma att transporteras, *se rapporten*.

2.1. Scenarier med sprängämnen, klass 1.

2.1.1 Sannolikheter

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

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

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

Sannolikhet för explosion på grund av den mekaniska påverkan vid olyckan

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

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

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

Sannolikhet för detonation på grund av brand

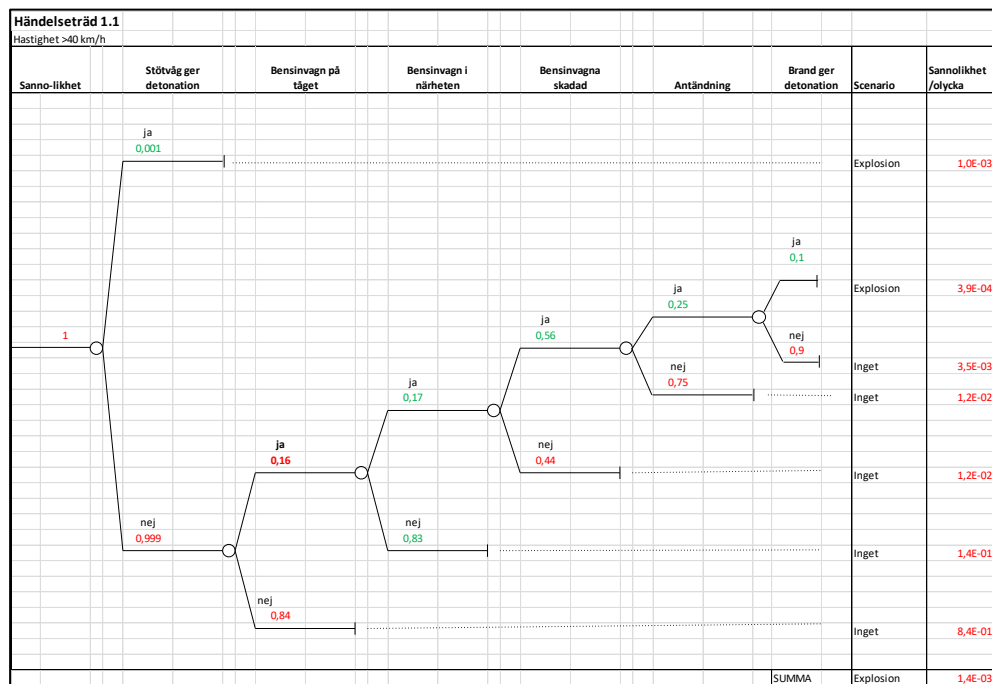
Sannolikheten för brand beräknas enligt följande.

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

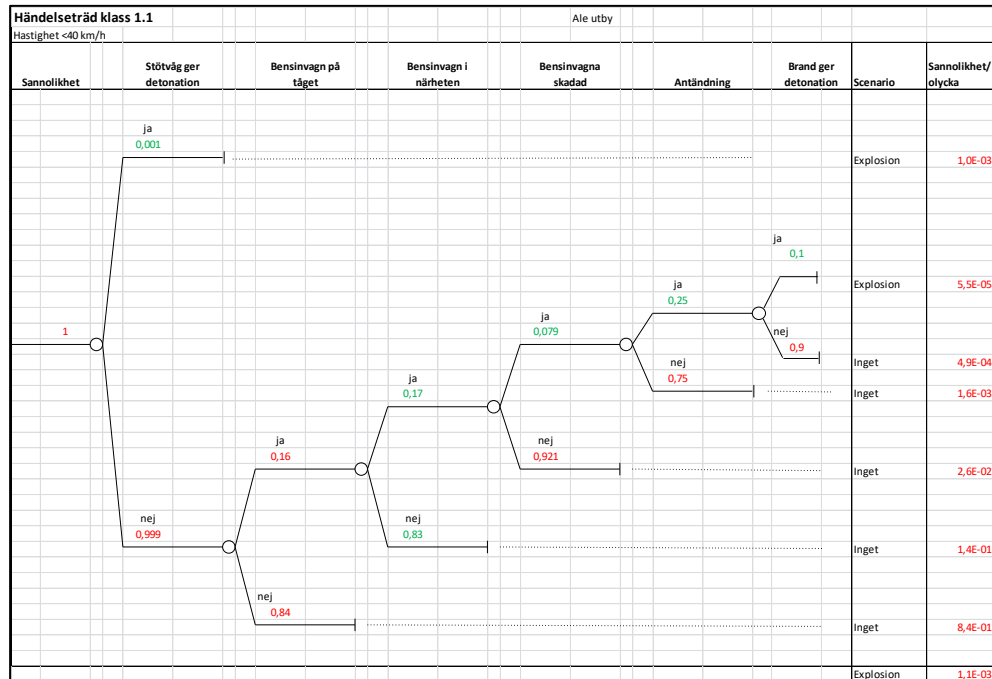
Sannolikheten för detta framgår av händelseträden i *figur 7 och 8* nedan.

Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankvagnar i RBMII.

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



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



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

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

Resultaten av sannolikhetsberäkningar för fallet en masseexplosion på grund av en olycka med en sprängämnestransport visas i tabell 2, avsnitt 3.

2.1.2 Konsekvenser

Explosionslast

Vid beräkning av explosionslast utgår från en explosion av 25 ton TNT.

Explosionens övertryck och impuls har beräknats nedan. De reflekterade värdena är aktuella när explosionen träffar en yta som är riktat vinkelrät mot explosionen. De oreflekterade värdena gäller för ytor som är riktade i samma riktning som explosionen.

Explosionsstyrkan beräknas med hjälp av figur 9 som tagits från rapporten Dynamisk lastpåverkan – Referensbok (SRV 2005). För en närmare förklaring av beräkningsmetoden hänvisas till denna rapport.

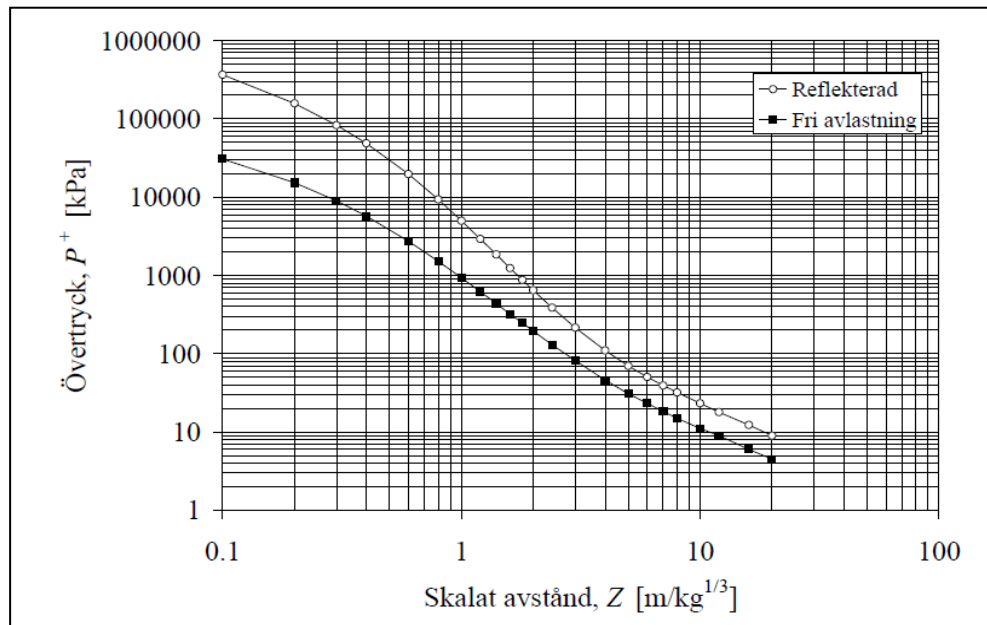
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 9 ger övertrycket p_+



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

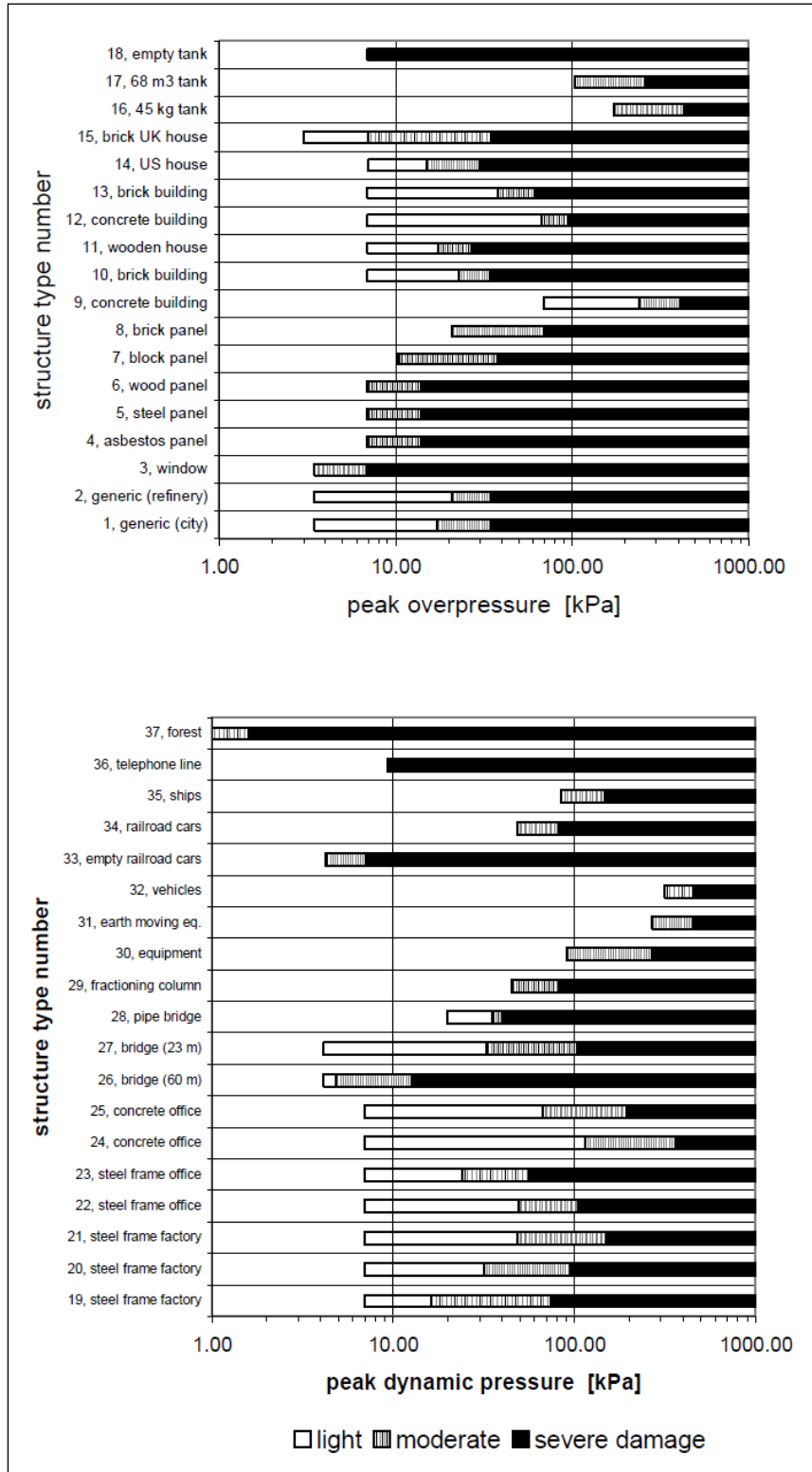
Resultaten visas i *tabell 1*.

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

Skador på bebyggelsen

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



Figur 10 Övertryck som leder till raserade byggnader mm.

| Type | Description of structure |
|------|---|
| 1 | city |
| 2 | refinery |
| 3 | glass windows, large and small |
| 4 | corrugated asbestos siding |
| 5 | corrugated steel or aluminum panelling |
| 6 | wood siding panels, standard house construction |
| 7 | concrete or cinder-block wall panels, 8" or 12" thick (not reinforced) |
| 8 | brick wall panel, 8" or 12" thick (not reinforced) |
| 9 | blast-resistant reinforced concrete windowless building |
| 10 | multi-storey wall-bearing building, brick apartment house type, up to three storeys |
| 11 | wood-frame house |
| 12 | multi-storey reinforced concrete building with concrete walls, small window area, three to eight storeys |
| 13 | multi-storey wall-bearing building, monumental type, up to four storeys |
| 14 | typical American-style house |
| 15 | typical brick-built English house |
| 16 | 45 kg LPG tank |
| 17 | 68000-litre LPG bulk gas plant |
| 18 | floating- or conical roof tanks, empty |
| 19 | light steel frame industrial building, single storey, with up to 5-ton crane capacity, low strength walls which fail quickly |
| 20 | heavy steel frame industrial building, single storey, with 25- to 50-ton crane capacity, lightweight low strength walls which fail quickly |
| 21 | heavy steel frame industrial building, single storey, with 60- to 100-ton crane capacity, lightweight low strength walls which fail quickly |
| 22 | multi-storey steel frame office-type building, 3 to 10 storeys. Lightweight low strength walls which fail quickly, earthquake-resistant design |
| 23 | multi-storey steel frame office-type building, 3 to 10 storeys. Lightweight low strength walls which fail quickly, non-earthquake-resistant design |
| 24 | multi-storey reinforced concrete-frame office-type building, 3 to 10 storeys. Lightweight low strength walls which fail quickly, earthquake-resistant construction. |
| 25 | multi-storey reinforced concrete-frame office-type building, 3 to 10 storeys. Lightweight low strength walls which fail quickly, non-earthquake-resistant construction. |
| 26 | railroad girder bridges, single track deck or through, open floors, span 200 ft (60 m) |
| 27 | railroad girder bridges, single track deck or through, open floors, span 75 ft (23 m) |
| 28 | pipe bridge |
| 29 | fractioning column |
| 30 | truck-mounted engineering equipment (unprotected) |
| 31 | earth-moving engineering equipment (unprotected) |
| 32 | transportation vehicles |
| 33 | unloaded railroad cars |
| 34 | loaded boxcars, flatcars, full tank cars, and gondola cars (side-on orientation) |
| 35 | merchant shipping |
| 36 | telephone lines (transverse) |
| 37 | average deciduous forest stand |

Figur 11.

Beskrivning av byggnadstyper mm i figur 10.

Sammantaget antas att byggnader närmast järnvägen får allvarliga skador inom 160 m från explosionen. Bebyggelsen bakom skyddas i stor utsträckning av husen framför och antas inte få lika betydande skador.

Storleken av området längs vägen där husen rasar beräknas utifrån husens avstånd till vägen och Pythagoras sats.

Inom området där husen skadas allvarligt antas att husens raszon sträcker sig in mot ungefär halva huset och att det i raszonen omkommer cirka en tredjedel av de personer som vistas där (FOA 1997). Detta innebär att cirka en sjättedel av de boende inom detta område antas omkomma vid en explosion med sprängämnen.

Antalet omkomna beräknas utifrån antal i husraden närmast vägen, resultaten visas i *tabell 2*.

Skador utomhus

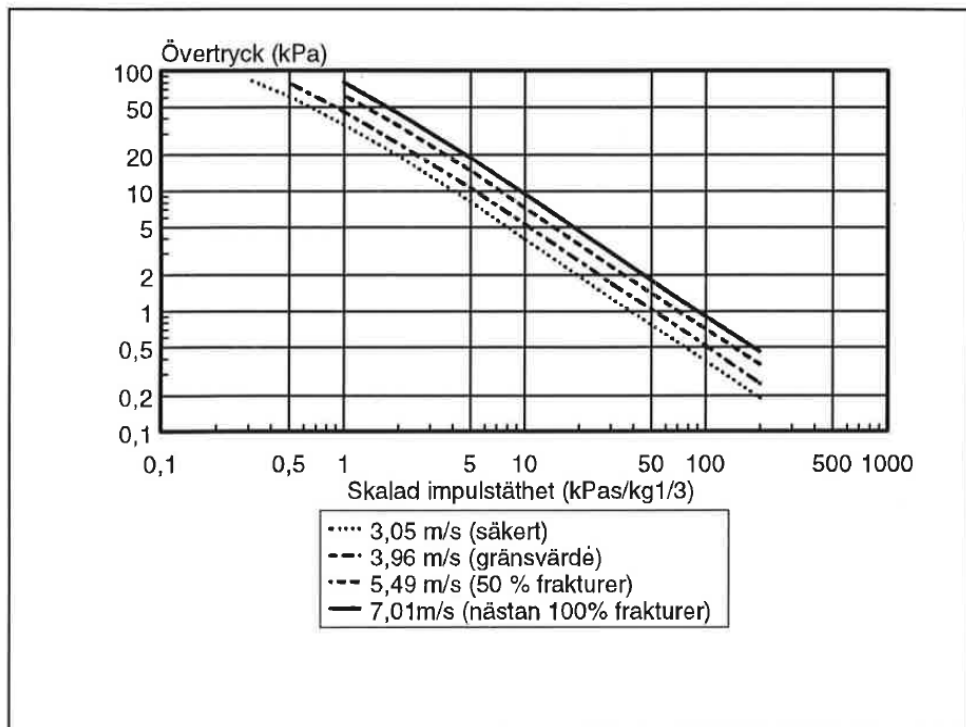
Direkta skador pga. tryck

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

Indirekta skador

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

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



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

Personer utomhus kan även omkomma av fallande byggnadsdelar eller splitter och vi antar därför att alla personer som befinner sig kring hus som förväntas rasera omkommer i explosionen.

En gynnsam omständighet som inte beaktats i detta scenario är att det kommer att ta tid innan en brand i ett fordon med sprängämnen sprider sig till lasten och ger upphov till en explosion. Under denna tidsperiod finns möjligheter att evakuera personer från området. Praktiska erfarenheter från olyckor med sprängämnen visar att evakueringen ofta har kunnat genomföras och lett till en reduktion av antalet omkomna.

Det här beskrivna scenariot ger därför konservativa värden för det förväntade antalet omkomna.

Individrisk

En person antas omkomma om han befinner sig i området kring den bebyggelse som kommer att rasa vid en massexplosion. Avståndet beror på avståndet mellan transportleden och husen och husens bredd, som default används 30 m för detta.

Sannolikheten beräknas med att explosionen måste ske på de 250 m av vägen som är närmast individen.

Samhällsrisk

Sannolikheten för en person att omkomma inomhus är 17 % i de hus som antas rasa vid massexplosionen, dvs de som ligger inom 125 m från olycksplatsen. Alla personer som befinner sig utomhus kring husen antas omkomma, se avsnittet om individrisk.

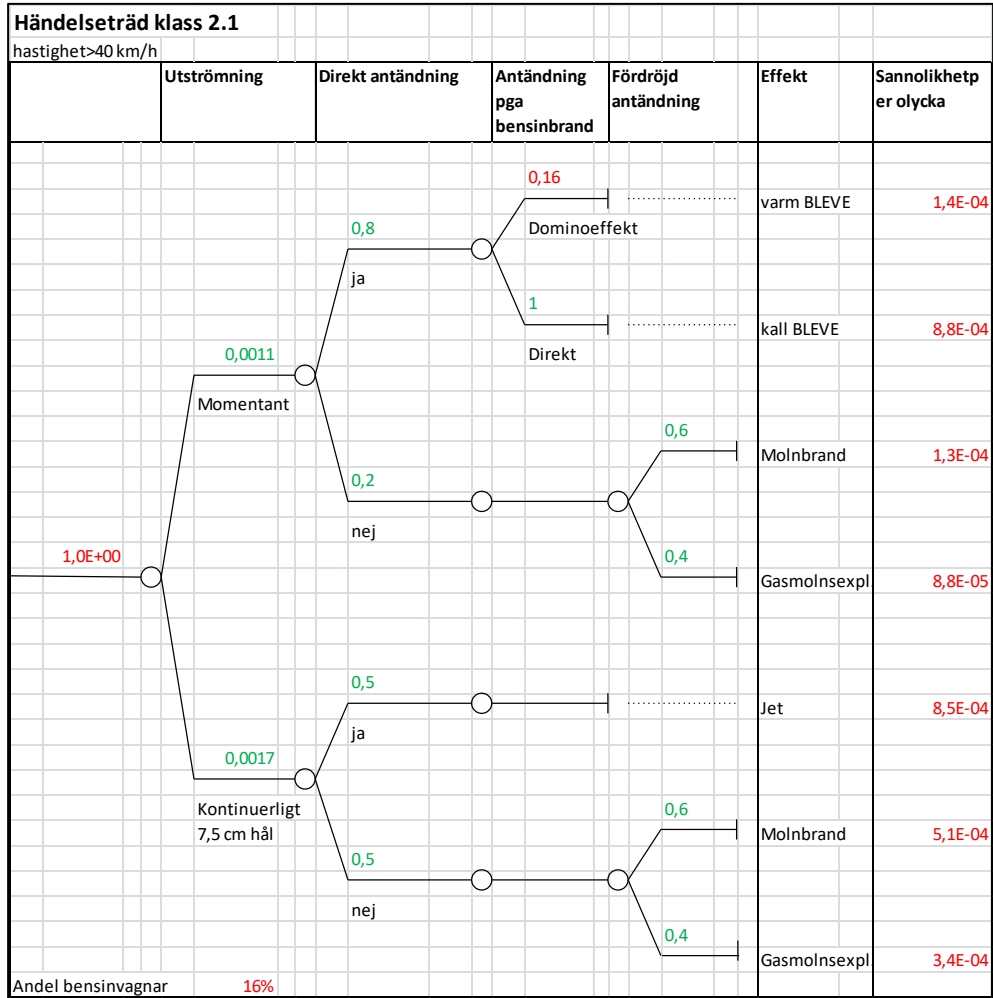
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1

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

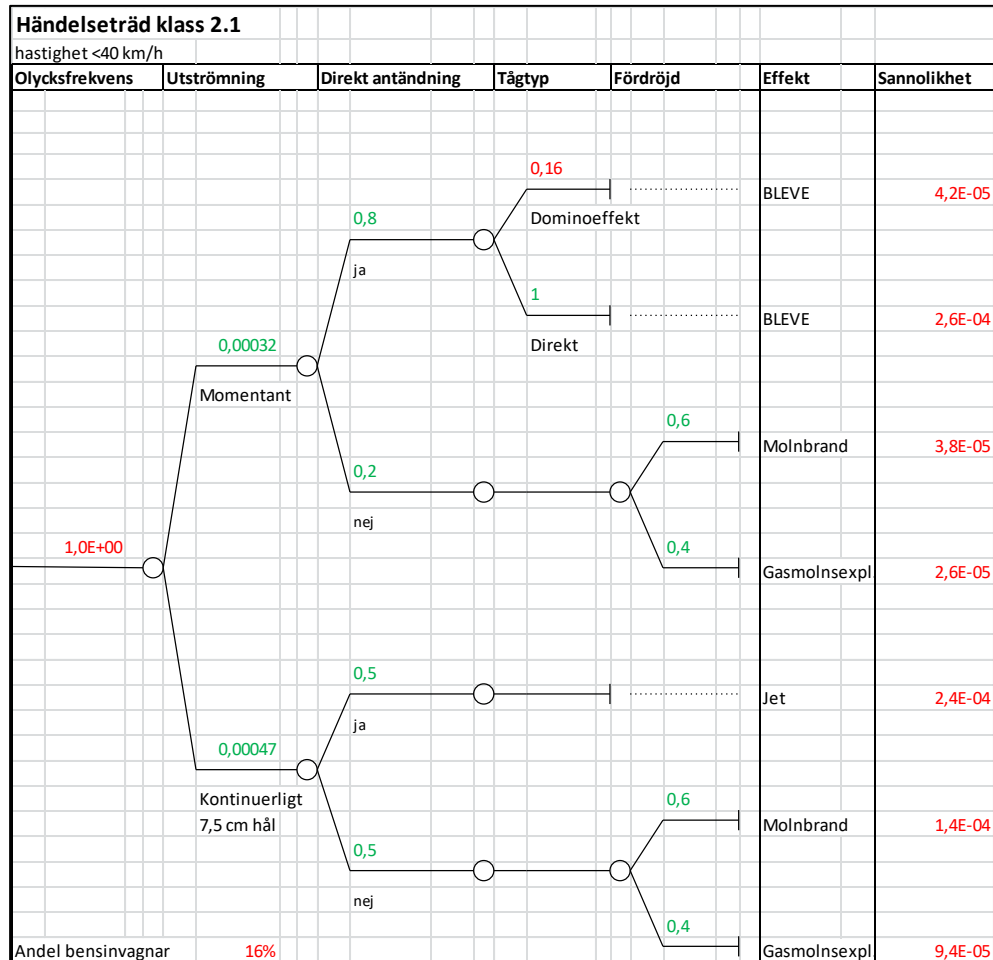
2.2.1 Scenario Jetflamma

I detta scenario uppstår ett hål på 7,5 cm i tanken på tankvagnen med komprimerad brandfarlig gas. Gasen sprutar ut och antänds vilket leder till en låga som sträcker sig från olycksplatsen in mot området. Inom ett område av 70x90 m (längs vägen x in mot området) förväntas alla omkomma. Utomhus på grund av att människorna hamnar i eller nära lågan, inomhus då byggnaden fattar eld och brinner ner.

Av händelseträden för brandfarliga gaser, *figur 14 och 15*, framgår att sannolikheten för scenario Jetflamma vid en olycka med brandfarlig gas med betydande utströmning är lika med $8,5 \times 10^{-4}$ vid tåghastigheter över 40 km/h och $2,4 \times 10^{-4}$ vid lägre hastigheter.



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



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

Individrisk

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

Samhällsrisk

Personer som vistas inom ett område på 70 m längs vägen och 90 m in från vägen antas omkomma, såväl inomhus som utomhus.

2.2.2 Scenario Gasbrand vid momentant utsläpp, Gasbrand M

I detta scenario havererar tanken och hela innehållet släpps ut momentant. Gasen blandas med luft tills den lägre brännbarhetsnivån är nådd (LFL) då gasen antänds.

Förbränningen kan ske som deflagration (flamfronten rör sig med en hastighet som är lägre än ljudets hastighet), vilket leder till en gasbrand, eller som en detonation (flamfronten rör sig med en hastighet som överstiger ljudets) vilket leder till en gasexplosion. Detta är scenario Gasbrand M respektive Gasexplosion M. För dessa scenarier spelar vindriktningen en mindre roll på grund av den stora mängden gas som expanderar och antänds snabbt. För scenario Gasbrand M antas gasmolnet ha sitt centrum på olycksplatsen och en storlek av 260x260 m. Inom ett område av 260x130 m (längs vägen x in mot området) omkommer alla ute och inne. Effektområdet har valts med marginal så att det även tas hänsyn till att gasmolnet förflyttar sig i viss mån med vinden innan det antänds.

Sannolikheten för detta scenario vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas framgår av händelseträdet i *figur 14 och 15* och är lika med $1,3 \times 10^{-4}$ vid hastigheter över 40 km/h och $3,8 \times 10^{-5}$ vid lägre hastigheter.

Individrisk

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

Samhällsrisk

Personer som vistas inne i det brinnande gasmolnet antas omkomma, inne såväl som ute.

2.2.3 Scenario Gasbrand vid kontinuerligt utsläpp, Gasbrand KT och KL

I detta scenario uppstår ett hål på 7,5 cm i tanken på samma sätt som i scenario Jetflamma. Den brandfarliga gasen antänds inte direkt men sprids med vinden från olycksplatsen. Gasen blandas med luft tills den lägre brännbarhetsnivån är nådd (LFL) då gasen antänds. Molnets utsträckning är då 70 x10 m i vindriktningen. Förbränningen kan ske som deflagration (flamfronten rör sig med en hastighet som är lägre än ljudets hastighet), vilket leder till en gasbrand, scenario Gasbrand K, eller till en detonation (flamfronten rör sig med en hastighet som överstiger ljudets) vilket leder till en gasexplosion, detta är scenario Gasexplosion K.

Vid Scenario Gasbrand K antas alla som vistas i det brinnande molnet omkomma, såväl inomhus som utomhus.

Sannolikheten för Scenario Gasbrand K vid en olycka framgår av händelseträdet i *figur 14 och 15* och är lika med $5,1 \times 10^{-4}$ vid hastigheter över 40 km/h och $1,4 \times 10^{-4}$ vid hastigheter under 40 km/h när en olycka sker med utsläpp av brandfarlig gas.

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

Individrisk

I scenario Gasbrand KT omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 10 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 70 m från leden.

I scenario Gasbrand KL omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 70 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 5 m från leden

Samhällsrisk

I scenario Gasbrand KT antas personer omkomma inom ett område med längd 10 m längs leden och bredd 70 m in från vägen.

I scenario Gasbrand KL antas personer omkomma inom ett område med längd 70 m längs leden och bredd 5 m in från vägen.

2.2.4 Scenario Gasexplosion vid momentant utsläpp, Gasexplosion M

Detta är samma som scenario Gasbrand M, med den skillnaden att gas/luftblandningen förbränns explosionsartat. En individ antas omkomma vid ett explosionstryck över 0,3 Bar. Detta inträffar vid en gasexplosion inom ett område på 330 x 330 m, centrum för explosionen antas ligga på leden.

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

Individrisk

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

Samhällsrisk

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

2.2.5 Scenario Gasexplosion vid kontinuerlig utsläpp, Gasexplosion KT och KL

Dessa scenarier är detsamma som scenario Gasbrand KT och KL med den skillnaden att gas/luftblandningen förbränns snabbare vilket leder till en gasexplosion. En individ antas omkomma vid ett explosionstryck över 0,3 Bar. Detta inträffar i ett område av 95x95 m. Sannolikheten för detta per olycka med en tankvagn med brandfarlig gas är enligt händelseträden i *figur 14 och 15* lika med $3,4 \times 10^{-4}$ vid hastigheter över 40 km/h och $9,4 \times 10^{-5}$ vid lägre hastigheter.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 6*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen in mot området, detta är scenario Gasexplosion KT. Centrum för explosionen antas då ligga 48 m från järnvägen så att hela effektområdet ligger vid sidan om vägen.

Blåser vinden i banans riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasexplosion KL. Centrum för explosionen antas ligga på banan men mitt framför området. Vid övriga vindriktningar förs gasen bort från området.

Individrisk

I scenario Gasexplosion KT omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 95 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 95 m från leden.

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

Samhällsrisk

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

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

2.2.6 Scenario BLEVE

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

Individrisk

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

Samhällsrisk

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

2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3

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

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

| Händelseträäd klass 2.3 | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Hastighet >40 km/h | | | |
| Sannolikhet olycka dagtid/km, år | Utströmning | Effekt giftiga gaser | Sannolikhet dagtid/km, år |
| 1 | Momentant | Momentant utsläpp | 1,1E-03 |
| | Kontinuerligt 7,5 cm hål | Kontinuerligt utsläpp | 1,7E-03 |

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

| Händelseträäd klass 2.3 | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Hastighet <40 km/h | | | |
| Sannolikhet olycka dagtid/km, år | Utströmning | Effekt giftiga gaser | Sannolikhet dagtid/km, år |
| 1 | Momentant | Momentant utsläpp | 3,2E-04 |
| | Kontinuerligt 7,5 cm hål | Kontinuerligt utsläpp | 4,7E-04 |

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

2.3.1 Scenario Gasmoln M

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

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

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

Individrisk

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

Samhällsrisk

Inom effektområde 1 antas alla som vistas utomhus inom molnet omkomma. Av de som vistas inomhus antas ca 10 % omkomma. Inom effektområde 2 antas 30 % av de som vistas utomhus omkomma. Av de som vistas inomhus antas 3 % omkomma.

2.3.2 Scenario Gasmoln K

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

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

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

Individrisk

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

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

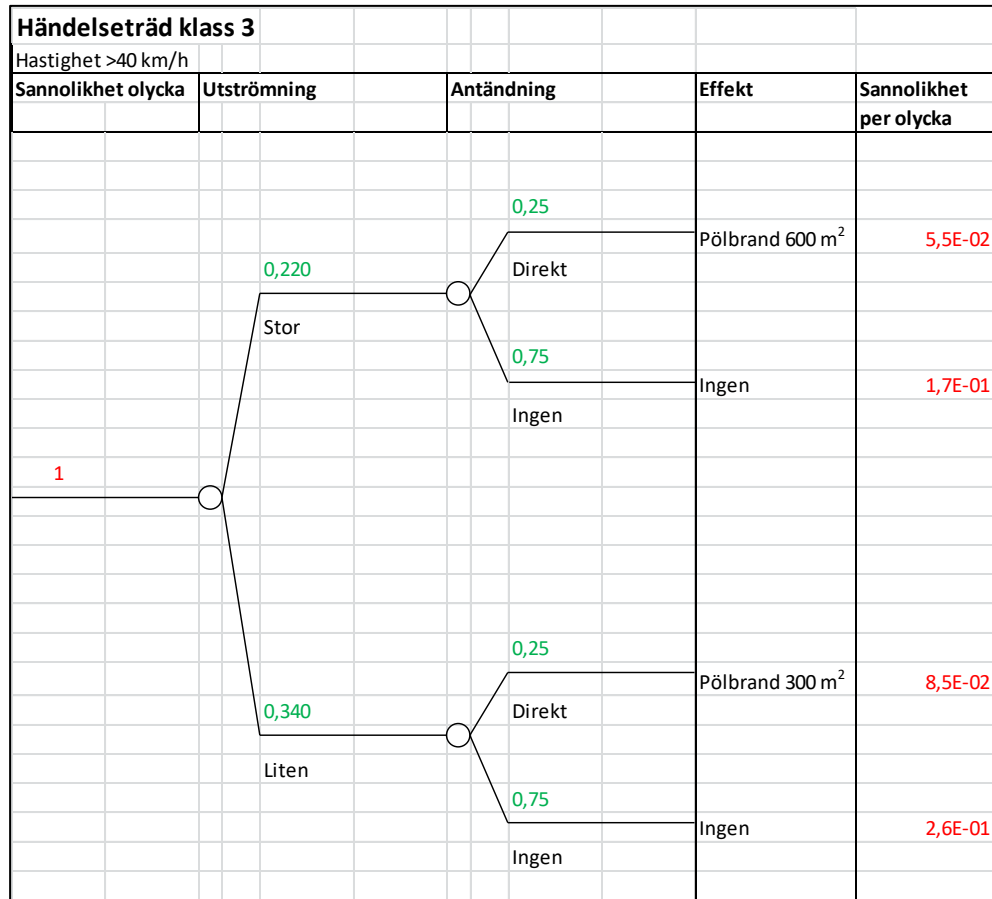
Samhällsrisk

Inom effektområde 1 antas alla som vistas utomhus inom molnet omkomma. Av de som vistas inomhus antas ca 10 % omkomma. Inom effektområde 2 antas 30 % av de som vistas utomhus omkomma. Av de som vistas inomhus antas 3 % omkomma här.

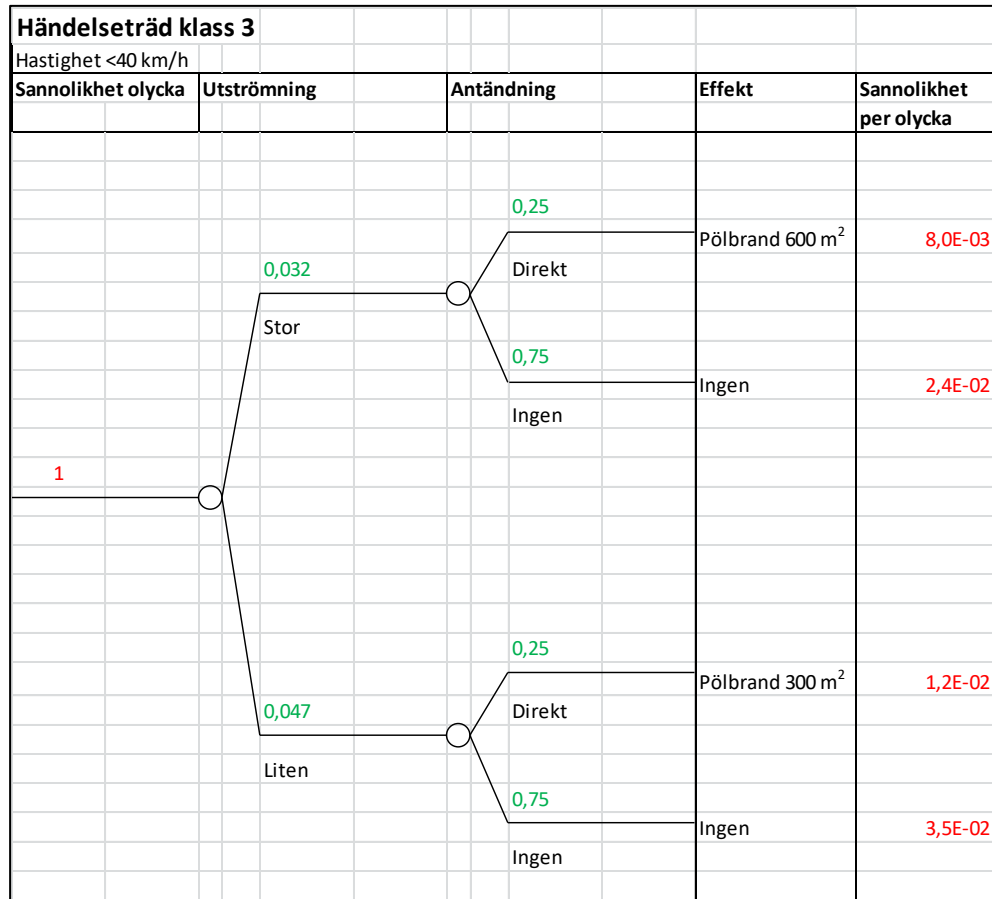
2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1

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

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



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



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

2.4.1 Scenarier Pölbrand S och M

I scenario Pölbrand sker en olycka där tanken skadas och ett utsläpp sker av mycket brandfarlig vätska (exempelvis bensin) som rinner ut till en pöl som sedan antänds. Värmestrålningen kan leda till att människor omkommer. Vid en stor pölbrand med en yta på 600 m² (Pölbrand S) antas personer inom ett område på 30x30m omkomma, såväl inne som ute. Vid en mindre pölbrand (Pölbrand M) antas personer inom ett område på 26x26 m omkomma såväl inne som ute. Områdena antas centrerade kring olycksplatsen.

Sannolikhet

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

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

Individrisk

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

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

Samhällsrisk

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

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

2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1

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

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

2.5.1 Scenario Explosion S och M

I dessa scenarior har vi utgått från att transportererna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 25 ton TNT vid ett stort utsläpp av ammoniumnitrat och cirka hälften vid ett mindre utsläpp. Detta överskattar explosionens kraft eftersom den blandning som kommer att ske om båda ämnena rinner ut vid en olycka inte räcker för att åstadkomma ett effektivt sprängämne vilket egentligen kräver en ganska exakt blandning av dessa ämnen.

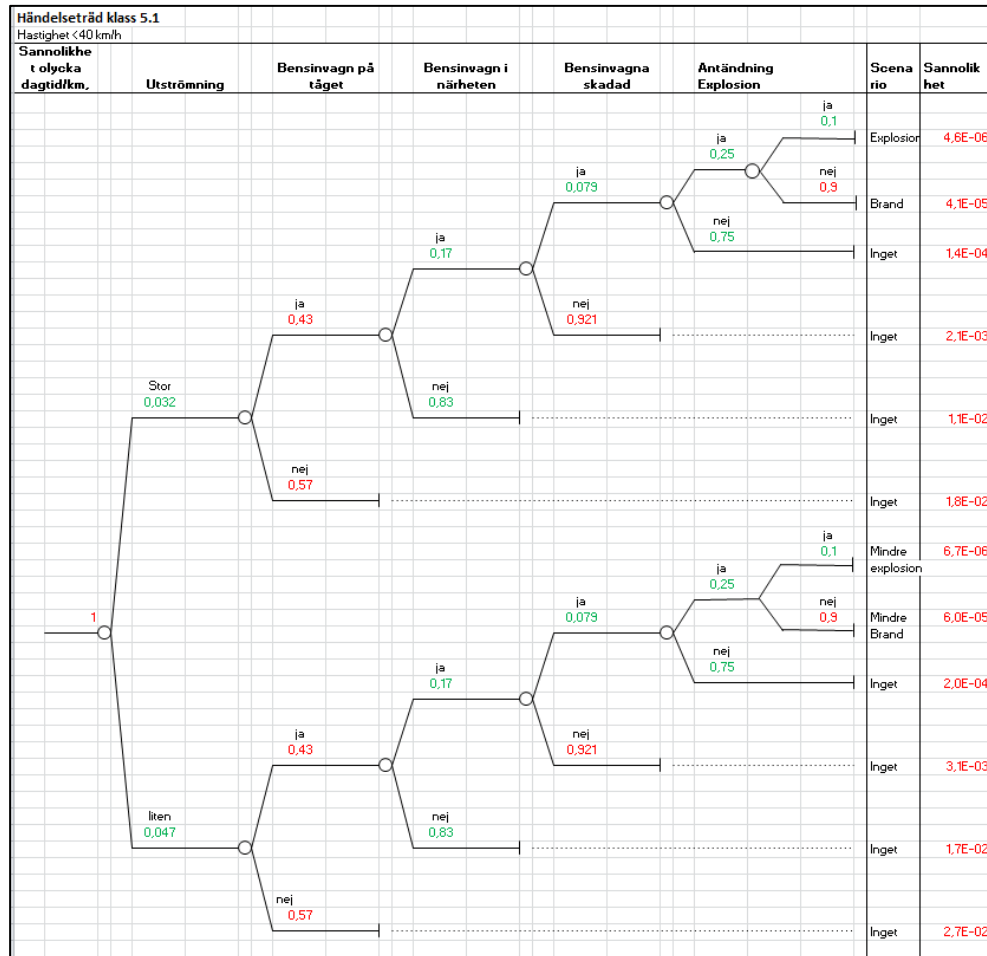
Konsekvenserna av dessa explosioner härleds på samma sätt som för massexplosiva ämnen i klass 1.

Sannolikhet

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

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

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



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

Konsekvenser

Två scenarier finns beroende på storleken på utsläppet av det oxiderande ämnet. Storleken på utsläppet av den brandfarliga vätskan är av mindre vikt eftersom en explosiv blandning endast kräver en mindre mängd brandfarlig vätska (ca 1 del brandfarlig vätska på 7 delar oxiderande ämne). Ett stort utsläpp av oxiderande ämnen ger scenario Explosion S, ett något mindre utsläpp ger scenario Explosion M.

Konsekvenserna av en stor explosion har antagits vara densamma som för en explosion av 25 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk för denna mängd sprängämne finns beskriven i scenariot för klass 1.1.

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

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

3. Beräkningsresultat

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

Tabell 2. Resultaten av riskberäkningarna för normala tågastigheter.

| Sammanställning av beräkningsresultat dagtid | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|-------------------|---------------------------|----------------|-------|------------------------|-----------------------|----------------|-------|------------------------|-----------------------|--------------------------|-------|-----------------------|----------|
| Klass | F _{klass} /år, km | Scenario | F _{scen} /år, km | Effektområde 1 | | | | Effektområde 2 | | | | Riskanalys Gräskärsvägen | | | |
| | | | | längd | bredd | F _{omk. inne} | F _{omk. ute} | längd | bredd | F _{omk. inne} | F _{omk. ute} | längd | bredd | F _{scen} /år | Om-komma |
| 1. | 1,3E-08 | Massexplosion | 1,9E-11 | 302 | 46 | 0,17 | 1,00 | - | - | - | - | - | - | 5,88E-12 | 0,3 |
| 2.1 | 5,2E-05 | Jet | 4,4E-08 | 70 | 90 | 1,00 | 1,00 | 70 | 90 | 0,00 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 3,1E-09 | 3,0 |
| | | Gasbrand M | 6,9E-09 | 260 | 130 | 1,00 | 1,00 | - | - | - | - | - | - | 1,8E-09 | 3,0 |
| | | Gasbrand KT | 1,0E-10 | 10 | 70 | 1,00 | 1,00 | - | - | - | - | - | - | 1,0E-10 | 1,8 |
| | | Gasbrand KL | 7,0E-10 | 70 | 5 | 1,00 | 1,00 | - | - | - | - | - | - | 7,0E-10 | 0,0 |
| | | Gasexplosion M | 6,9E-09 | 330 | 165 | 1,00 | 1,00 | - | - | - | - | - | - | 1,5E-09 | 3,0 |
| | | Gasexplosion KT | 4,1E-10 | 95 | 95 | 1,00 | 1,00 | - | - | - | - | - | - | 4,1E-10 | 3,0 |
| | | Gasexplosion KL | 6,3E-10 | 95 | 47 | 1,00 | 1,00 | - | - | - | - | - | - | 6,3E-10 | 2,9 |
| | | Bleve | 5,6E-08 | 140 | 70 | 1,00 | 1,00 | 210 | 105 | 0,00 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 7,8E-09 | 3,0 |
| 2.3 | 3,7E-07 | Giftig gasmoln M | 4,1E-10 | 100 | 50 | 0,10 | 1,00 | 114 | 57 | 0,03 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 4,1E-11 | 0,4 |
| | | Giftig gasmoln KT | 5,5E-12 | 36 | 240 | 0,10 | 1,00 | 121 | 374 | 0,03 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 5,5E-12 | 0,5 |
| | | Giftig gasmoln KL | 5,7E-11 | 240 | 18 | 0,10 | 1,00 | 374 | 61 | 0,03 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 5,7E-11 | 0,2 |
| 3. | 3,5E-05 | Stor pöbrand | 1,9E-06 | 30 | 15 | 1,00 | 1,00 | - | - | - | - | - | - | 5,8E-08 | 0,0 |
| | | Liten pöbrand | 3,0E-06 | 26 | 13 | 1,00 | 1,00 | 30 | 15 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 7,7E-08 | 0,0 |
| 5.1 | 1,2E-05 | Stor explosion | 1,3E-09 | 302 | 46 | 0,17 | 1,00 | - | - | - | - | - | - | 4,0E-10 | 0,3 |
| | | Liten explosion | 2,0E-09 | 240 | 46 | 0,17 | 1,00 | - | - | - | - | - | - | 4,9E-10 | 0,3 |

Tabell 3. Resultaten av riskberäkningarna för normala tåghastigheter, fortsättning.

| Sammanställning av beräkningsresultat nattetid | | | | | | | | | | | Riskanalys Gräskärrsvägen | | | 2018-10-22 |
|--|-------------------------------|-------------------|------------------------------|----------------|-------|------------------------|-----------------------|-------|-------|----------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|------------|
| Natt | F _{klass/år} , km | Scenario | F _{scen/år} , km | Effektområde 1 | | | Effektområde 2 | | | F _{scen/år} | Om- komna | | | |
| | | | | längd | bredd | F _{omk. inne} | F _{omk. ute} | längd | bredd | | | F _{omk. inne} | F _{omk. ute} | |
| 1. | 3,8E-08 | Massexplosion | 5,8E-11 | 302 | 46 | 0,17 | 1,00 | - | - | - | 1,76E-11 | 0,5 | | |
| 2.1 | 1,6E-04 | Jet | 1,3E-07 | 70 | 90 | 1,00 | 1,00 | 70 | 90 | 0,10 | 9,3E-09 | 6,0 | | |
| | | Gasbrand M | 2,1E-08 | 260 | 130 | 1,00 | 1,00 | - | - | - | 5,4E-09 | 6,0 | | |
| | | Gasbrand KT | 3,1E-10 | 10 | 70 | 1,00 | 1,00 | - | - | - | 3,1E-10 | 3,7 | | |
| | | Gasbrand KL | 2,1E-09 | 70 | 5 | 1,00 | 1,00 | - | - | - | 2,1E-09 | 0,0 | | |
| | | Gasexplosion M | 1,4E-08 | 330 | 165 | 1,00 | 1,00 | - | - | - | 4,5E-09 | 6,0 | | |
| | | Gasexplosion KT | 1,2E-09 | 95 | 95 | 1,00 | 1,00 | - | - | - | 1,2E-09 | 6,0 | | |
| | | Gasexplosion KL | 1,9E-09 | 95 | 47 | 1,00 | 1,00 | - | - | - | 1,9E-09 | 6,0 | | |
| | | Bleve | 1,7E-07 | 140 | 70 | 1,00 | 1,00 | 210 | 105 | 0,07 | 2,3E-08 | 6,0 | | |
| 2.3 | 1,1E-06 | Giftig gasmoln M | 1,2E-09 | 100 | 50 | 0,10 | 1,00 | 114 | 57 | 0,03 | 1,2E-10 | 0,6 | | |
| | | Giftig gasmoln KT | 1,7E-11 | 36 | 240 | 0,10 | 1,00 | 121 | 374 | 0,03 | 1,7E-11 | 0,7 | | |
| | | Giftig gasmoln KL | 1,7E-10 | 240 | 18 | 0,10 | 1,00 | 374 | 61 | 0,03 | 1,7E-10 | 0,2 | | |
| 3. | 1,1E-04 | Stor pölbrand | 5,8E-06 | 30 | 15 | 1,00 | 1,00 | - | - | - | 5,8E-08 | 0,0 | | |
| | | Liten pölbrand | 8,9E-06 | 26 | 13 | 1,00 | 1,00 | 30 | 15 | 0,00 | 2,3E-07 | 0,0 | | |
| 5.1 | 3,5E-05 | Stor explosion | 3,9E-09 | 302 | 46 | 0,17 | 1,00 | - | - | - | 1,2E-09 | 0,5 | | |
| | | Liten explosion | 6,1E-09 | 240 | 46 | 0,17 | 1,00 | - | - | - | 1,5E-09 | 0,5 | | |

4. Referenser

- Banverket 2001 Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5m 2001-10-22
- EAI 1997 High explosive assessment model, 5th industrial version in SI units, Engineering Analysis Inc. 1997
- ERM 2008 SAFEX-paper Guangzhou-Shenzhen-Hong Kong Express Rail Link: An overview of the explosives aspects in a quantitative risk analysis for the road transport of cartridged emulsion explosives and accessories through a densely populated area. ERM-Hong Kong Ltd, 2008
- FOA 1997 Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Försvarets Forskningsanstalt, september 1997
- FOA 2000 Explosivämneskunskap, Institutionen för energetiska material, Försvarets Forskningsanstalt 2000
- PGS2 2005 Methods for the calculation of Physical Effects due to releases of hazardous materials (liquids and gases), Dutch Organization for Applied Scientific Research under supervision of the Committee for the Prevention of Disasters, 2005.
- PGS3 2005 Guidelines for quantitative risk assessment, Dutch Organization for Applied Scientific Research under supervision of the Advisory Council in Dangerous Substances, 2005
- SRV 2005 Dynamisk lastpåverkan – Referensbok, Statens Räddningsverk, Karlstad, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2005
- SRV 2007 Bebyggelsens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning, delrapport 1 Last av luftstötväg, Statens Räddningsverk, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2007