

Detaljplan för Ormbacka B Järfälla kommun

Risakanalys transport av farligt gods

2016-03-24

Detaljplan för Ormbäcka B Järfälla kommun
Riskanalys transport av farligt gods

2016-03-24

Beställare: Järfälla kommun
117 80 Järfälla

Beställarens representant: Tina Hatt

Konsult: Norconsult AB
Box 8774
402 76 Göteborg

Uppdragsledare Herman Heijmans

Handläggare Johan Hultman

Uppdragsnr: 104 19 21

Filnamn och sökväg: n:\104\19\1041921\5 arbetsmaterial\01
dokument\riskanalys ormbäcka b, järfälla.doc

Kvalitetsgranskad av: Herman Heijmans

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
1. Inledning	5
2. Risker med transport av farligt gods	6
2.1 Typer av farligt gods	6
2.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods	6
3. Platsbeskrivning	9
3.1 Planområdet	9
3.2 Persontäthet	10
3.3 Transporter av farligt gods förbi planområdet	10
3.4 Sannolikhet för olyckor på Viksjöleden	12
4. Riskbedömning i den fysiska planeringen	13
4.1 Vad är risker	13
4.2 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods	15
4.3 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen	17
4.4 ALARP-området	18
5. Resultat av riskberäkningarna	20
5.1 Individrisk	20
5.2 Samhällsrisk	20
5.3 Osäkerhetsanalys	21
6. Diskussion och slutsatser	23
7. Referenser	24

Bilaga Riskberäkningar för transport av farligt gods på väg

Sammanfattning

Planområdet som utreds i denna riskutredning ligger i Järfälla kommun i närheten av Viksjöleden som är sekundär transportled för farligt gods. Området är ca 38 ha och nybyggnation planeras på ett kortaste avstånd på ca 30 meter från Viksjöleden. Riskpolicyerna som länsstyrelserna i storstads länen har antagit förskriver att riskfrågor beaktas vid fysisk planering inom 150 meter från transportleder för farligt gods. Järfälla kommun har därför uppdragit åt Norconsult AB att genomföra en riskanalys för transporter av farligt gods på Viksjöleden.

Planen syftar till att uppföra uppskattningsvis cirka 300 bostäder. Bebyggelsen ska vara varierad och bestå av friliggande villor, radhus och mindre flerbostadshus. I nordöstra delen av planområdet är Viksjöleden belägen på en lägre nivå än planområdet vilket innebär att vid en olycka med brandfarliga vätskor så stannar dessa på vägen. Detta i kombination med att avståndet från Viksjöleden till planerad bebyggelse är över 200 meter resulterar i bedömningen att risksituationen i östra delen av planområdet är acceptabel. Följaktligen studeras risker med transporter av farligt gods endast i den nordvästra delen av planområdet. För att bedöma konsekvenser av eventuella olyckor med farligt gods inblandade så görs en beräkning att cirka 375 personer befinner sig i det utredda området.

Ingen transportstatistik har kunnat hittas för den aktuella vägsträckan utan en uppskattning har gjorts utifrån underlag presenterade i två tidigare utredningar, samt samtal med Räddningstjänsten och Järfälla kommun.

Individrisken och samhällsrisken i det utredda området bedöms vara acceptabel. En osäkerhetsanalys har genomförts där antalet transporter av farligt gods har ökat med 70 %. Denna analys visar samhällsrisken fortfarande ligger inom området för acceptabla risker.

Även om riskanalysen visar att både nivåerna för samhälls- och individrisk ligger inom acceptabla nivåer så bör vissa åtgärder vidtas på grund av områdets topografi. Åtgärder som föreslås syftar till att förhindra avåkning och spridning av farligt gods mot planområdet.

1. Inledning

Planområdet ligger i Järfälla kommun i närheten av Viksjöleden som är sekundär transportled för farligt gods, se *figur 1*. Området är ca 38 ha och nybyggnation planeras på ett kortaste avstånd på ca 30 meter från Viksjöleden. Riskpolicyn som länsstyrelserna i storstads länen har antagit förskriver att riskfrågor beaktas vid fysisk planering inom 150 meter från transportleder för farligt gods (Lst 2006). Järfälla kommun har därför uppdragit åt Norconsult AB att genomföra en riskanalys för transporter av farligt gods på Viksjöleden. Analysen beskrivs i föreliggande rapport.



Figur 1. Översiktskarta med områdets lokalisering markerat med röd ring.

2. Risker med transport av farligt gods

2.1 Typer av farligt gods

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

Tabell 1. Indelning av farligt gods.

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

2.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods

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

Konsekvenserna beskrivs mer utförligt i *bilagan*.

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.

Giftiga gaser kan vid ett utsläpp driva iväg i vindriktningen och leda till omkomna på flera hundra meter från utsläppskällan. Dödsfall inträffar framförallt bland de som vistas utomhus.

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.

Klass 4: Brandfarliga ämnen såsom svavel, fosfor och 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 och svavelsyra

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

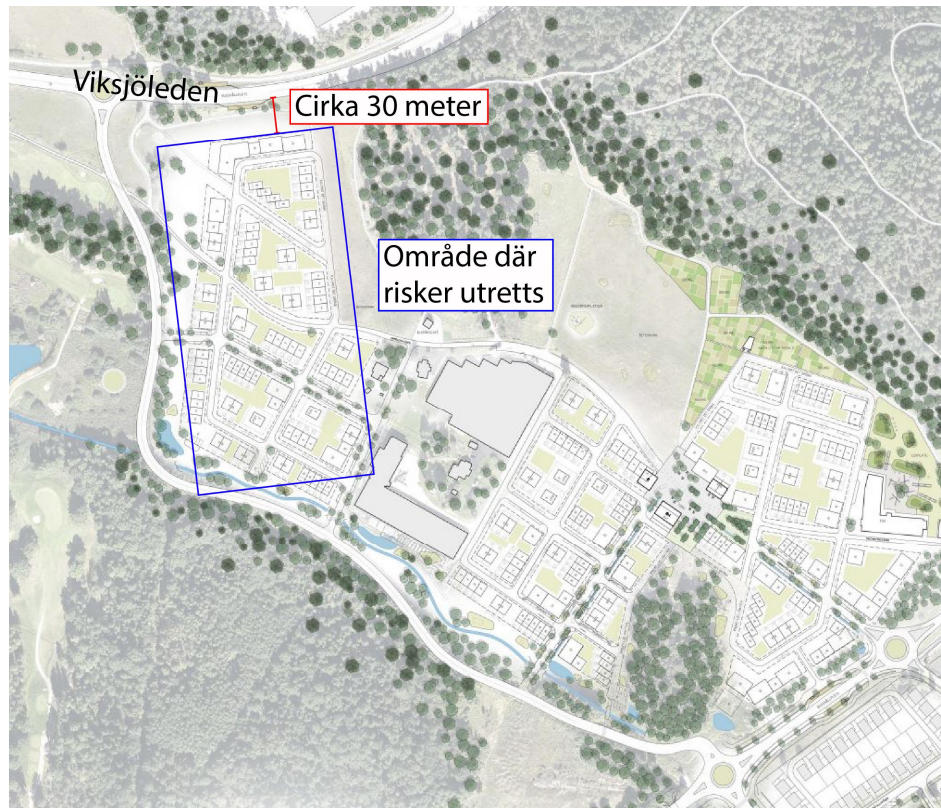
Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

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

3. Platsbeskrivning

3.1 Planområdet

Planområdet ligger i Järfälla kommun i närheten av Viksjöleden som är sekundär transportled för farligt gods, se *figur 2*. Området är ca 38 ha och nybyggnation planeras på ett kortaste avstånd på ca 30 meter från Viksjöleden.



Figur 2. Skiss över möjlig markanvändning i planområdet tillhandahållen av Järfälla kommun.

Planen syftar till att uppföra uppskattningsvis cirka 300 bostäder. Bebyggelsen ska vara varierad och bestå av friliggande villor, radhus och mindre flerbostadshus.

I nordöstra delen av planområdet är avståndet från Viksjöleden till planerad bebyggelse över 200 meter. Dessutom finns ett höjdparti mellan planområdets bebyggelse och leden vilket innebär att vid en eventuell olycka med brandfarliga vätskor så stannar dessa på vägen. Sammantaget resulterar dessa två faktorer i bedömningen att risksituationen i östra planområdet är acceptabel. Följaktligen

studeras risker med transporter av farligt gods endast i det område som är markerat med blå rektangel i *figur 2*.

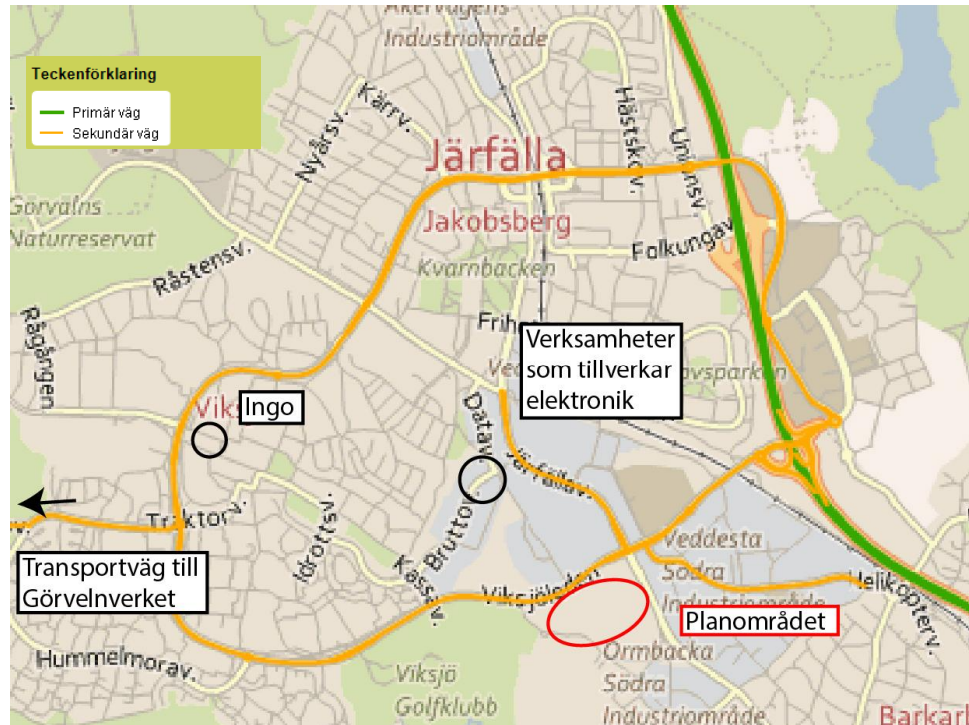
3.2 Persontäthet

För att kunna bedöma konsekvenser i planområdet av eventuella olyckor med farligt gods inblandade görs en uppskattning av antalet människor som förväntas befinna sig i området. Utifrån situationsplanen tillhandahållen av Järfälla kommun kommer cirka 150 bostäder uppföras i det område som beaktas när det gäller risker från transporter av farligt gods.

Enligt SCB:s statistik över Sveriges hushåll (SCB 2014) så bor det 2,44 personer per hushåll i Järfälla kommun. För att vara konservativ i beräkningarna avrundas detta tal till 2,5 vilket innebär att det i framtiden bedöms bo cirka 375 personer i området som utreds för risker.

3.3 Transporter av farligt gods förbi planområdet

Viksjöleden är en sekundär transportväg för farligt gods, se *figur 3*. Det innebär att leden endast rekommenderas för transporter som har sin mål- eller startpunkt längs vägen, någon genomfartstrafik med farligt gods bör inte förekomma. Ingen transportstatistik har kunnat hittas för den aktuella vägsträckan utan en uppskattning har gjorts utifrån underlag presenterade i två tidigare utredningar genomförda av Brandkonsulten AB 2012 och 2016. Dessutom har diskussioner förts med Anneli Åsterbro på Järfälla kommun 2016-03-03 samt Sabina Gustavsson på Räddningstjänsten i Attunda 2016-03-04 för att identifiera övriga verksamheter i närområdet som möjligtvis hanterar transporter av farligt gods.



Figur 3. Transportleder för farligt gods i närheten av planområdet (Trafikverket 2016).

I en tidigare inventering (Brandkonsulten 2016) har det bedömts att det sker 3 transporter av bensin och diesel per vecka och 3 transporter av gasol eller acetylen per månad. Dessa transporter sker främst till bensinmacken Ingo som är lokaliserad på Plogvägen 2 samt till vattenverket Görvelnverket.

Nordväst om planområdet, i korsningen mellan Bruttovägen och Datavägen, är ett antal verksamheter som tillverkar elektronik belägna som använder kemiska produkter i sin tillverkning. Transporter till dessa verksamheter bedöms passera planområdet. Ämnen som används i produktionen är ett antal frätande ämnen, framför allt syror och lut samt flytande kväve. Risk för personskador vid en olycka med dessa typer av farligt gods är störst inom cirka 20 meter från olyckan eftersom skada endast uppkommer vid direkt exponering på personen. Planområdet är beläget på mer än 20 meter från Viksjöleden, därför behandlas dessa ämnen inte vidare i denna riskutredning.

Ämnen som kan ge betydande konsekvenser vid en olycka med farligt gods anges i *tabell 2*.

Tabell 2. Antal transporter av farligt gods per år på Viksjöleden.

Klass	
2.1 Brandfarliga gaser	40
3 Brandfarliga vätskor	160
Totalt	200

3.4 Sannolikhet för olyckor på Viksjöleden

Sannolikheten för olyckor på Viksjöleden fås från Trafikverkets handbok "Effektsamband för transportsystemet" (Trafikverket 2015). Risken för olyckor på en väg med en högsta tillåten hastighet på 60 km/h anges till 0,12 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $1,2 \times 10^{-7}$ olyckor per fordonskilometer och år.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är ca 20 % (SRV 1996) vilket innebär att det vid 80 % av olyckorna är minst två fordon inblandade. Om det bortses från olyckor med fler än 2 fordon inblandade, vilket inte påverkar resultatet nämnvärt, så är risken för att ett fordon blir inblandat i en olycka på en 1 km lång sträcka av vägen lika med $1,2 \times 10^{-7} \times (2-0,20) = 2,1 \times 10^{-7}$ per år.

4. Riskbedömning i den fysiska planeringen

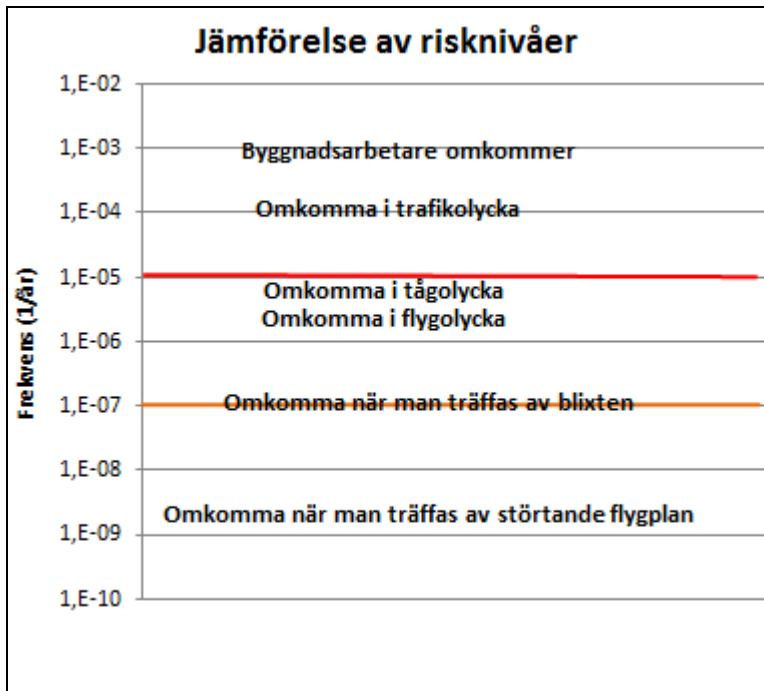
4.1 Vad är risker

Risker beror på att händelser som har oönskade konsekvenser kan inträffa. 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 antalet gånger det förväntas att en händelse inträffar 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 per 1000 år. Sannolikheten för olyckor med farligt gods är oftast ännu mycket lägre, exempelvis 0,000 001 per år eller en gång per 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 i förväg beräkna skador på miljön, byggnader och människor då man även måste ta med hur svår skadan kan vara. Det är enklare (rent utredningsmässigt!) att räkna på antalet personer som förväntas omkomma. 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 det bestäms kriterier för risknivåer vid transport av farligt gods talas det mest om antalet omkomna.

Risker finns överallt omkring oss i vardagen. För att sätta riskerna med farligt gods i proportion anges några risker och deras sannolikheter i *figur 4*.



Figur 4 Exempel på olika risknivåer som finns i samhället. 1,E-02 betyder 1×10^{-2} eller en gång på 100 år. De röda och orangea sträckorna är kriterier för bedömning av risknivåer och förklaras i *avsnitt 4.2*.

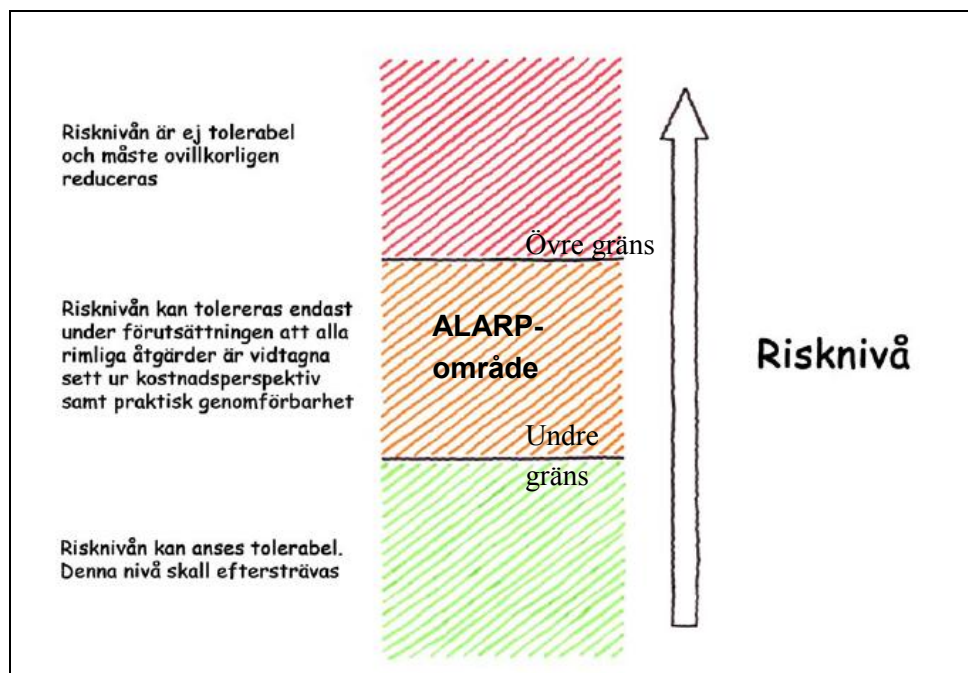
Vid riskutredning för den fysiska planeringen skiljs på individrisk och samhällsrisk. Individrisken är risken för en person att omkomma i en olycka när han/hon befinner sig på en specifik plats i närheten av en s.k. riskkälla. Det utgår från att personen befinner sig på denna plats under ett helt år. 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.

Samhällsrisk är ett mått på hur stora olyckor en riskkälla kan orsaka. Detta beror dels på riskkällans farlighet men även på hur många människor som brukar befinna sig i riskkällans närhet. Detta mått är användbart om de planerade åtgärderna innebär att många människor kommer att befinna sig i närheten av en transportled för farligt gods. Samhällsrisk anges som sannolikheten för olyckor där minst ett visst antal personer omkommer.

4.2 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods

Kvantitativa kriterier för individrisk

I många fall, främst när det inte finns särskilda 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 5*. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån är så hög att den inte kan tolereras.



Figur 5. Risknivåer och gränserna mellan dem (Rtj Storgöteborg 2004).

För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år (en gång på 100 000 år) och den undre på 1×10^{-7} per år (en gång på 10 000 000 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.

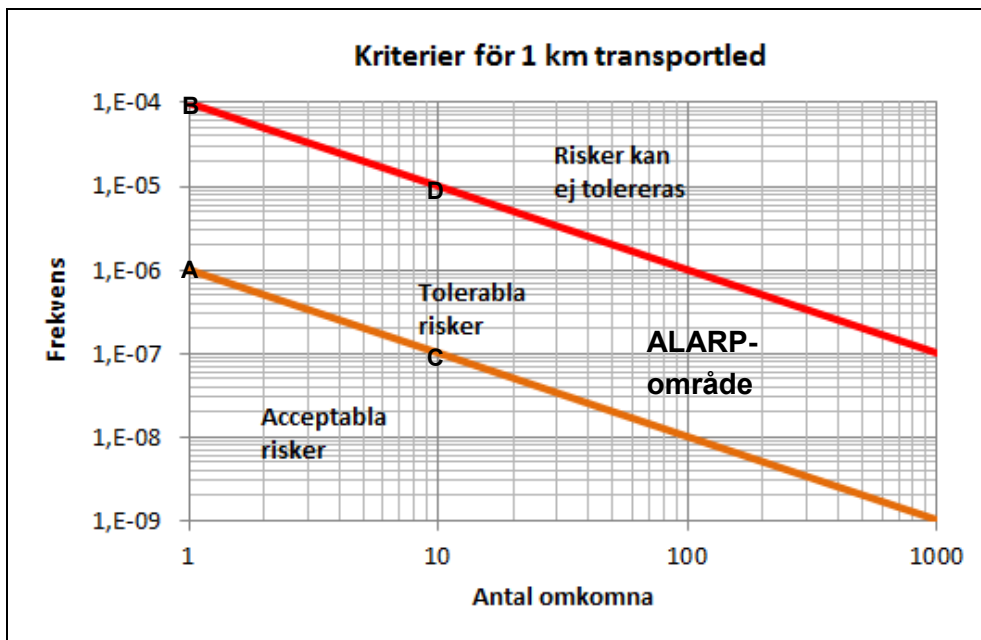
Den övre gränsen motsvarar högst en tiondel av den totala dödsfallsrisken för olika grupper i samhället. Om risknivån ligger över denna gräns så skall åtgärder vidtas och effekten av dessa åtgärder skall verifieras (Lst 2006).

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.

Kvantitativa kriterier för samhällsrisk

Samhällsriskerna visas oftast i ett FN-diagram där F står för frekvens och N för antalet omkomna. Det som anges är med vilken frekvens (F) olyckor med ett visst antal omkomna (N) förväntas förekomma inom området. Detta ger en s.k. FN-kurva för området.

Kriterier för samhällsrisk finns i ovannämnda rapport. Kriterierna utgår från samhällsrisknivåer för ett område på båda sidor om en sträcka av 1 km längs transportleden för farligt gods och visas i FN-diagrammet i *figur 6*.



Figur 6. Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

Kriterier i *figur 6* innebär till exempel att en olycka med högst en omkommen accepteras högst en gång på 1 000 000 år (punkt A på den orangea linjen). Olyckor med en omkommen kan inte tolereras oftare än en gång per 10 000 år (punkt B på den röda linjen). Olyckor med 10 omkomna kan accepteras om de är så sällsynta

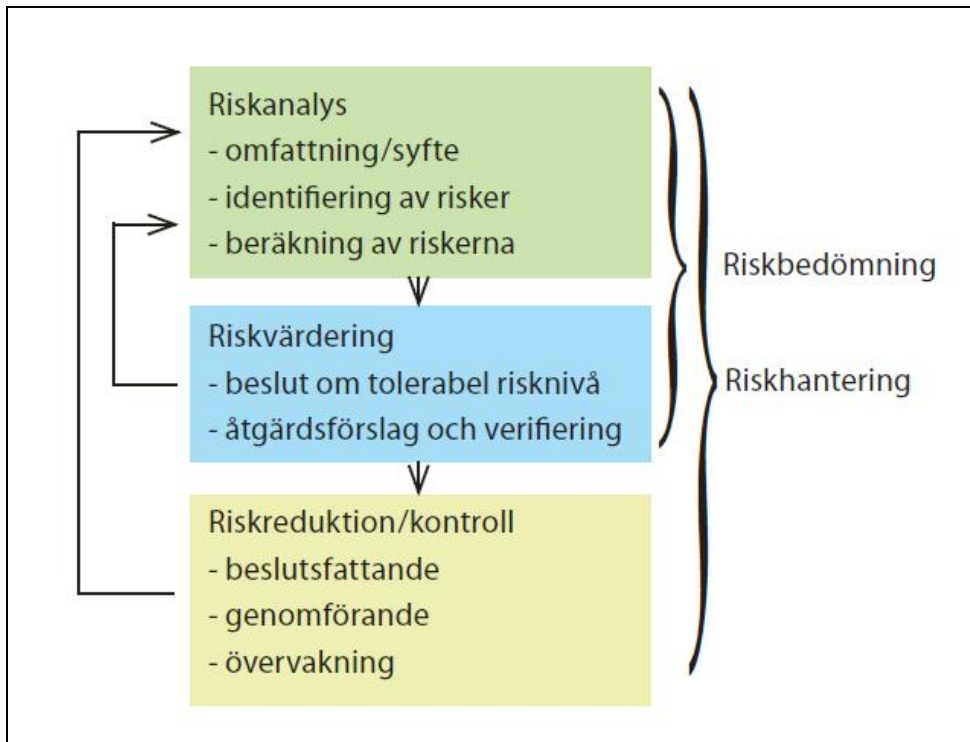
som en gång på 10 000 000 år (punkt C). Om dessa olyckor förekommer oftare än en gång på 100 000 år så kan detta inte tolereras (punkt D).

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, se *avsnitt 4.4*.

4.3 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen

Krav på hantering av risker i den fysiska planeringen finns i plan- och bygglagen och miljöbalken. Hälsa och säkerhet skall beaktas så tidigt som möjligt i detaljplanprocessen. Ofta startar detta arbete redan i programarbete för detaljplanen för att sedan bli mer detaljerat i planarbetet. 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 acceptabel risknivå ska dessa om möjligt föras in som planbestämmelser på plankartan. Åtgärder som inte omfattas av detaljplanen bör befästas på annat sätt, till exempel genom avtal.

Riskhanteringsprocessen kan delas upp i tre delar; riskanalys, riskvärdering och riskreduktion/kontroll, se *figur 7* (Lst 2006). I den första delen beräknas riskerna, i den andra delen bedöms de och åtgärder föreslås och i den tredje delen tas beslut om åtgärderna.



Figur 7. Schema över riskhanteringsprocessen (Lst 2006).

I denna rapport genomförs den första delen – riskanalys – 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 inte risknivåerna överskrider gränsen för det tolerabla.

4.4 ALARP-området

ALARP-området är området i riskkriterierna där riskerna är lägre än det som inte kan tolereras men högre än det som kan accepteras utan vidare. ALARP betyder As Low As Reasonably Practicable, på svenska betyder detta att risknivån skall göras så låg som är praktiskt möjligt med rimliga åtgärder när risknivån 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 riskberäkningar. Ofta anses att osäkerheten i

resultaten av en riskberäkning kan vara så högt som en faktor 10, beroende på alla okända faktorer som ingår. Att ha ett brett område där det finns krav på viss hänsynstagande av riskerna säkerställer att inga risknivåer över det tolerabla släpps igenom utan vidare.

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

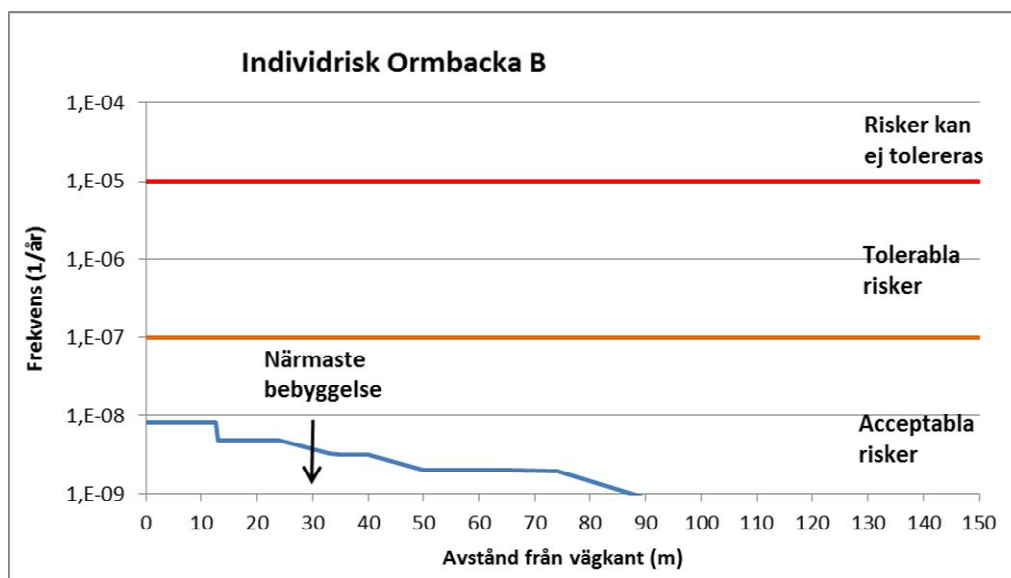
5. Resultat av riskberäkningarna

I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten för individrisk och samhällsrisk utan skyddsåtgärder. De ingångsvärden för beräkningarna som är specifika för planområdet har redovisats i *kapitel 3*.

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

5.1 Individrisk

I *figur 8* visas individrisken i planområdet.

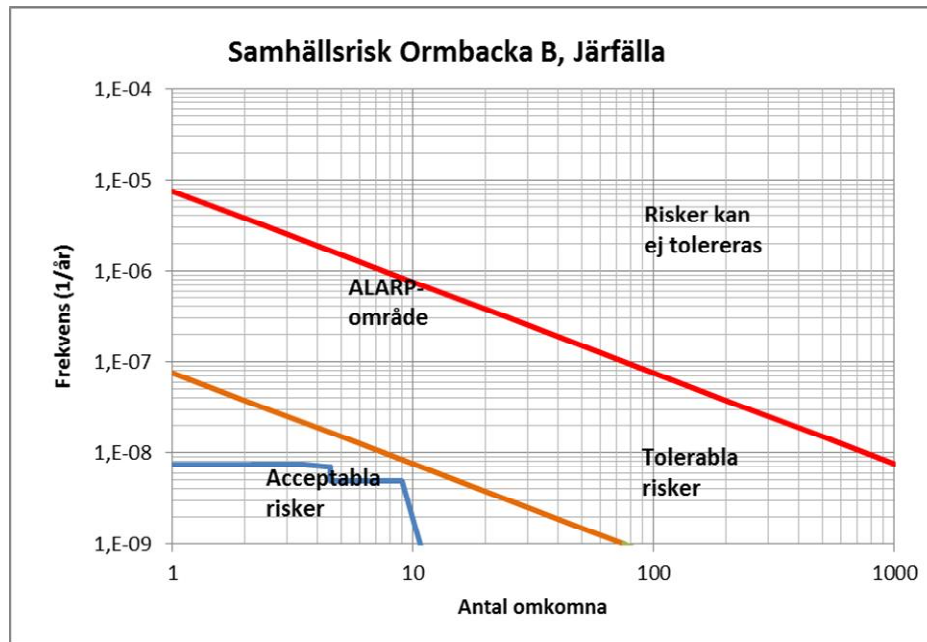


Figur 8. Individrisken vid planområdet längs Viksjöleden.

Individrisken i det utredda området bedöms vara acceptabel eftersom den ligger under kriteriet för acceptabla risker.

5.2 Samhällsrisk

I *figur 9* redovisas samhällsrisken inom området och det framgår av figuren att risknivån ligger under kriteriet för acceptabla risker.



Figur 9. Samhällsrisiken för det planerade området.

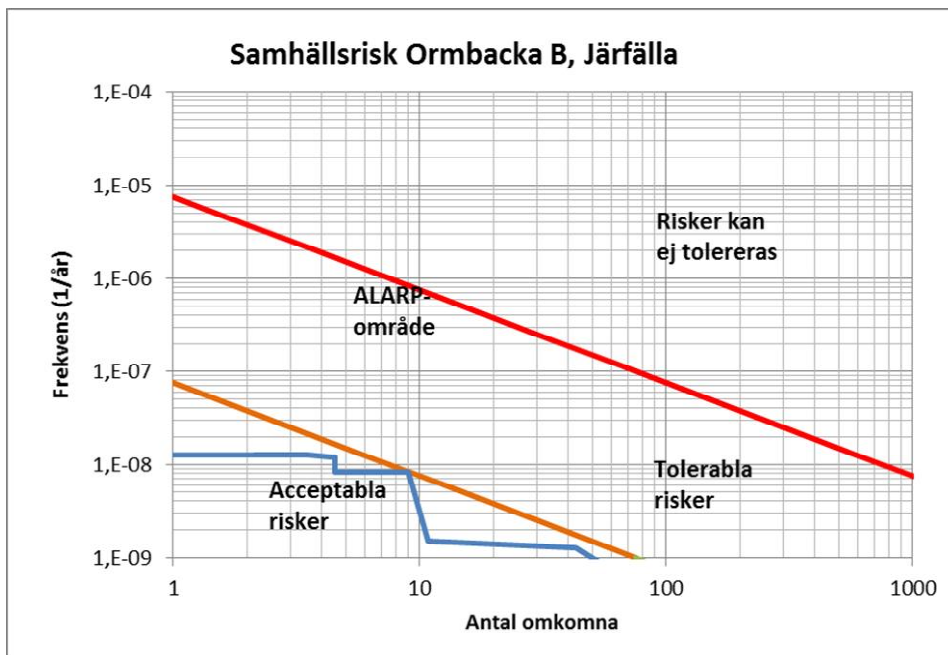
5.3 Osäkerhetsanalys

Det finns alltid osäkra faktorer i beräkningar av risker i samband med transporter av farligt gods förbi områden där det vistas människor. Eftersom det handlar om en prognos för en framtida situation så är osäkerheten i vilka mängder farligt gods som kommer transporteras förbi området i framtiden av betydelse. Detta är också viktigt då uppgifterna om transporterade mängder redan i nuläget är relativt osäkra eftersom statistik utefter sträckan saknas.

För att hantera detta har mängderna farligt gods valts på ett konservativt sätt, d.v.s. det har utgått från väl tilltagna mängder farligt gods som sannolikt är högre än vad som transporteras i verkligheten.

Ytterligare en källa till osäkerhet är att det inte helt går att förutspå hur många personer som kommer att vistas inom området. Även här har konservativa val gjorts där antalet personer har avrundats uppåt i beräkningarna.

För att kunna bedöma hur osäkerheten i ingångsvärden påverkar våra slutsatser och för att samtidigt säkerställa att risknivån inte underskattas har en beräkning av samhällsrisiken genomförts för området där antalet godstransporter förbi området har ökat med 70 %, se figur 10.



Figur 10 Osäkerhetsanalysen visar samhällsrisken om antalet transporter i nuvarande klasser som trafikerar Viksjöleden ökar med 70%.

Figur 10 visar att samhällsrisken fortfarande ligger inom området för acceptabla risker, även vid den osäkerhetsanalys där antalet transporter ökats med 70 %. Osäkerhetsanalysen visar att även vid en eventuell framtida ökning av farligt godstransporter förbi planområdet (p g a att existerande verksamheter expanderar eller att verksamheter tillkommer) så håller sig nivån för samhällsrisken i området under kriteriet för acceptabla risker.

6. Diskussion och slutsatser

Risken analysen visar att risknivåerna för både samhällsrisk och individrisk ligger under kriteriet för acceptabla risker utan att särskilda skyddsåtgärder behöver vidtas. Dock kan topografin i planområdets nordvästra del motivera att någon form av skyddsåtgärd för att förhindra att eventuellt utläckage av farligt gods i flytande form rinner nerför slänter och in mot planområdet. I detta fall bör skyddsåtgärder vidtas för att hålla kvar det farliga godset på vägen. Exempel på skyddsåtgärder kan vara att anlägga en vall, ett dike eller en hög kantsten som håller kvar det farliga godset på vägen.

Norconsult AB
Väg och Bana/Trafik

Herman Heijmans
herman.heijmans@norconsult.com

Johan Hultman
johan.hultman@norconsult.com

7. Referenser

- Brandkonsulten 2012 KV Viksjö S:13 II, Järfälla kommun Riskanalys utgåva 3, Brandkonsulten AB 2012-11-20
- Brandkonsulten 2016 KV Viksjö 3:577, Banangränd, Risk-PM angående detaljplan. Brandkonsulten AB 2016-01-14
- Lst 2006 Riskhantering i detaljplaneprocessen, Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006
- Rtj Storgöteborg 2004 Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänst Storgöteborg 2004
- SCB 2014 Antal personer och hushåll samt personer per hushåll 31 december 2014, www.scb.se
- SRV 1996 Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Räddningsverket 1996
- SRV 1997 Värdering av risk; FoU rapport, Räddningsverket 1997
- Trafikverket 2015 Effektsamband för transportsystemet – Fyrstegsprincipen Steg 3 och 4, Bygg om eller bygg nytt
- Trafikverket 2016 Uttag från NVDB (Nationella Vägdatan) 2016-03-17

Bilaga

Riskberäkningar för transport av farligt gods på väg

Innehåll

1. Inledning	2
1.1 Beräkningsmetod	2
1.1.1 Inledning	2
1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar	5
2. Aktuella scenarierna	8
2.1. Scenarier med sprängämnen, klass 1.1 (ej aktuell)	8
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1	17
2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3 (ej aktuell)	22
2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1	25
2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1 (ej aktuell)	27
3. Beräkningsresultat	29
4. Referenser	31

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.

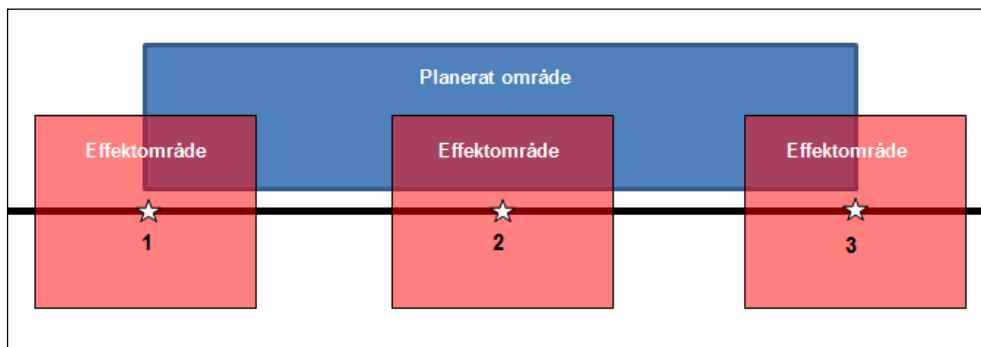
Sannolikheter och effektområdets storlek har, för klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 tagits från den nederländska beräkningsmetoden RBMII som är en av den nederländska staten godkänd metod för riskberäkning vid transport av farligt gods utifrån de modeller som presenteras i den s.k. Gula Boken (PGS2 2005) och Lila Boken (PGS3 2005). För klass 1.1 och klass 5.1 anges mera i detalj hur sannolikheterna och effektområdets storlek har beräknats.

1.1.2 Sannolikhetsberäkning

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).

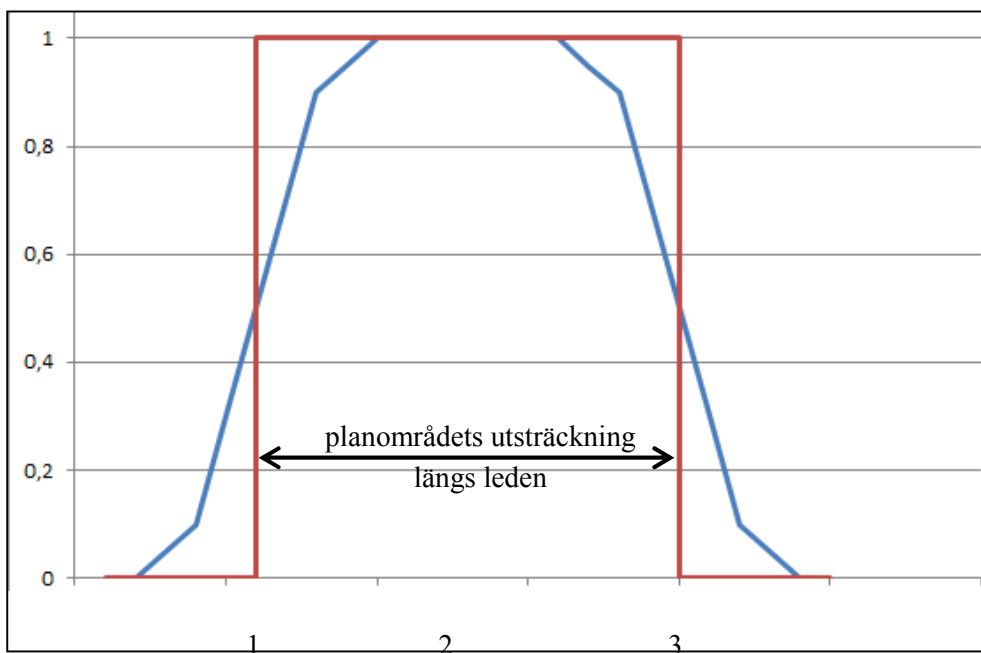
Antal transporter med de olika klasser farligt gods ger sedan antalet olyckor med transporter av de olika klasser farligt gods per kilometer. Beräkningsresultaten för dessa olyckor finns i *figur 4*. Att sannolikheten beräknas per kilometer beror på att vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar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

För samhällsrisken 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.

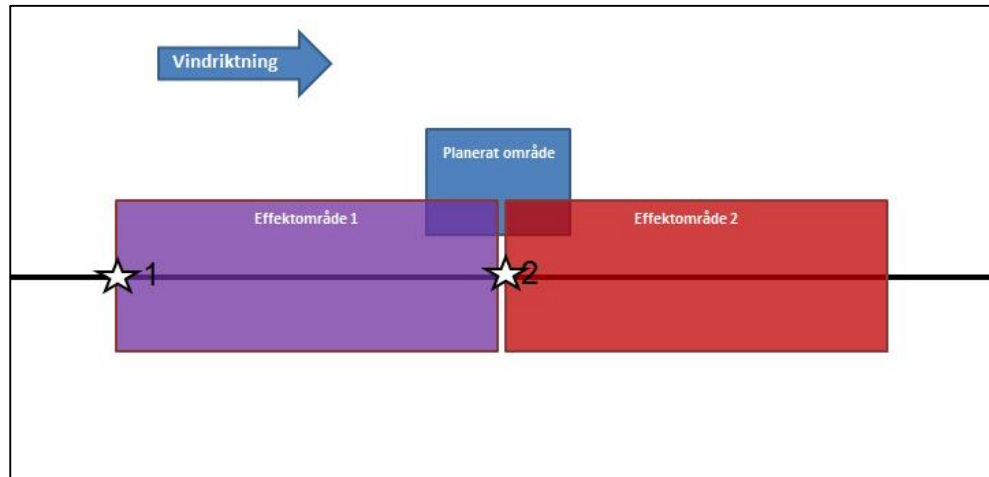
Tre lägen för olyckor visas. I läge 1 drabbas området av halva effekten, i läge 2 av hela effekten och läge 3 åter av halva effekten. Till vänster om läge 1 och till höger om läge 3 drabbas området av mindre än halva effekten. Detta förenklas till att området drabbas av hela effekten (som i olycksplats 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.

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 när 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.

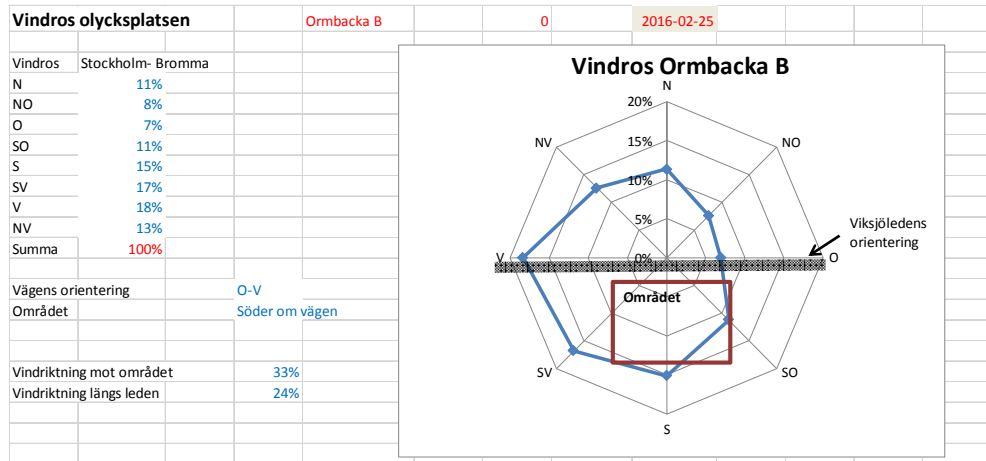
1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar

Resultaten av beräkningen av olycksrisk per kilometer för de olika klasser farligt gods framgår av *figur 4 a och b*. Där framgår också beräkningarna av persontäthet inom området och i husen närmast vägen.

Ingångsdata		Ormbäcka B		2016-02-25
Olycksrisk				
Risk för olycka	1,2E-07	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,20			
Olycksrisk fordon	2,1E-07	1/km, år		
Område enl nedan	4	ange siffervärde		
Sannolikhet utströmning > 100 kg				
Område		Kondenserade gaser	Vätskor	
Motorväg	1	0,052	0,101	
Utanför tätort	2	0,034	0,077	
Inom tätort	3	0,006	0,021	
60 km/h	4	0,02	0,049	
Sannolikhet utströmning olika klasser				
	antal transport	risk olycka/km,	risk>100 kg	olycksrisk/km,år
Klass 1, masseexplosiv		0,0E+00	1	0,0E+00
Klass 2.1	40	8,6E-06	0,02	1,7E-07
Klass 2.3		0,0E+00	0,02	0,0E+00
Klass 3, bensin	160	3,4E-05	0,049	1,7E-06
Klass 5.1, explosionsrisk		0,0E+00	0,049	0,0E+00
Områdesinfo				
	Inne	Ute		
Befolkningstäthet	4,2E-03	3,2E-04		
Områdets storlek				
	Inne	Ute		
Planområdets avstånd leden	30	30 m		
Planområdets bredd (bort från vägen)	275	275 m		
Planområdets längd (längs vägen)	150	150 m		
Antal personer total	375			
Andel närv dagtid	50%			
Antal personer dagtid	187,5			
	Inne	Ute		
Andel i %	93%	7%		
Antal personer	174,4	13,1		
Antal personer första raden totalt	60			
Andel närv dagtid	50%			
Antal personer dagtid	30			
	Inne	Ute		
Andel i %	93%	7%		
Antal personer	27,9	2,1		

Figur 4a. Ingångsvärden för riskberäkningarna för Ormbäcka B.

I figur 5 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 5. Vindros för Stockholm-Bromma.

2. Aktuella 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*. Observera att alla scenarier inte är aktuella i denna riskutredning.

2.1. Scenarier med sprängämnen, klass 1.1 (ej aktuell)

2.1.1 Sannolikheter

Sannolikheten för en olycka med massexplosiva sprängämnen framgår av *figur 4*

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 fordonet 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.

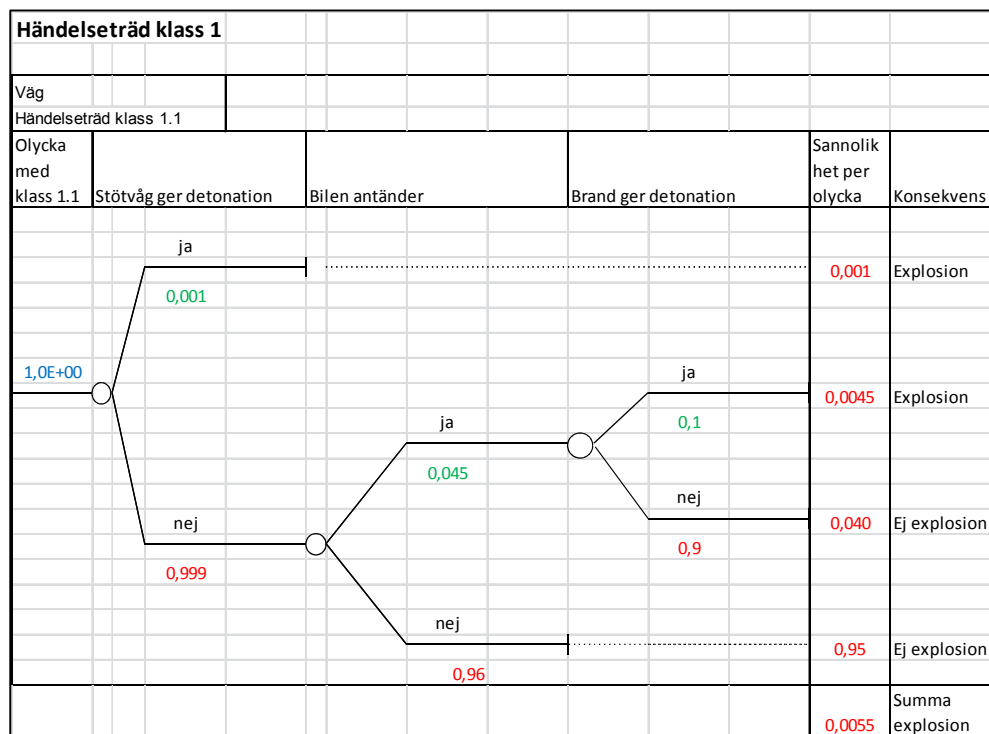
Tidigare studier har visat att den kritiska hastigheten för att en projektil skall leda till en explosion för ett emulsionsprängämne är några tiotals gånger större än för dynamit. En studie med fallvikter på nitroglycerinbaserade sprängämnen har visat att sannolikheten för antändning låg under 0,1 %. 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 emulsionsprängämnen 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 olycka med sprängämnen visas i *figur 6*.



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

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

2.1.2 Konsekvenser

Explosionslast

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 7 och 8* som tagits från rapporten Dynamisk lastpåverkan – Referensbok (SRV 2005). För en närmare förklaring av beräkningsmetoden hänvisas till denna rapport.

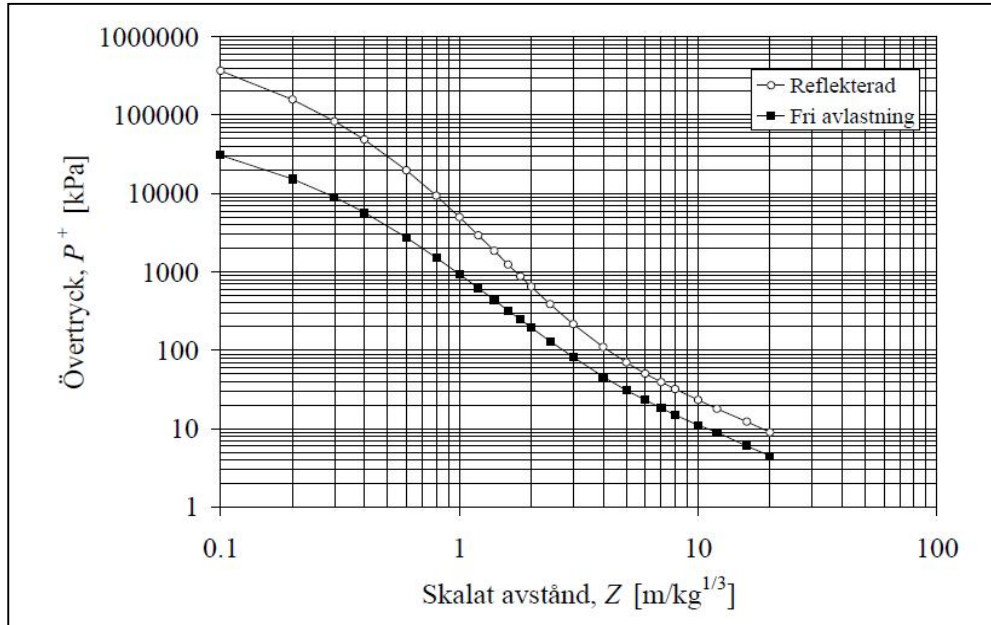
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

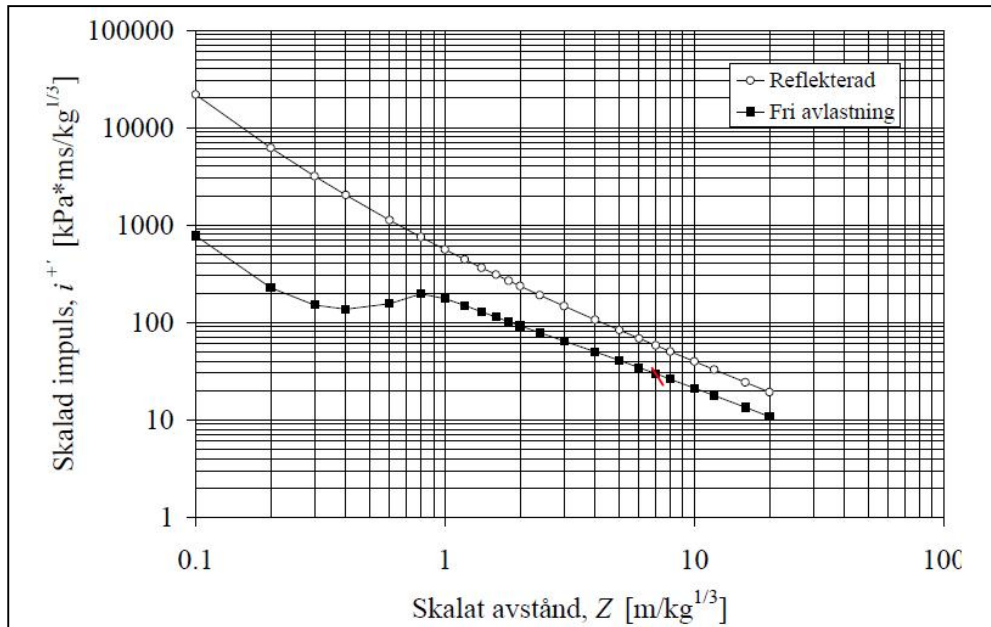
M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 7 ger övertrycket p_+



Figur 7 Reflekerat och oreflekerat övertryck som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

Figur 8 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 8. Reflekerat och oreflekerat impulsintensitet som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

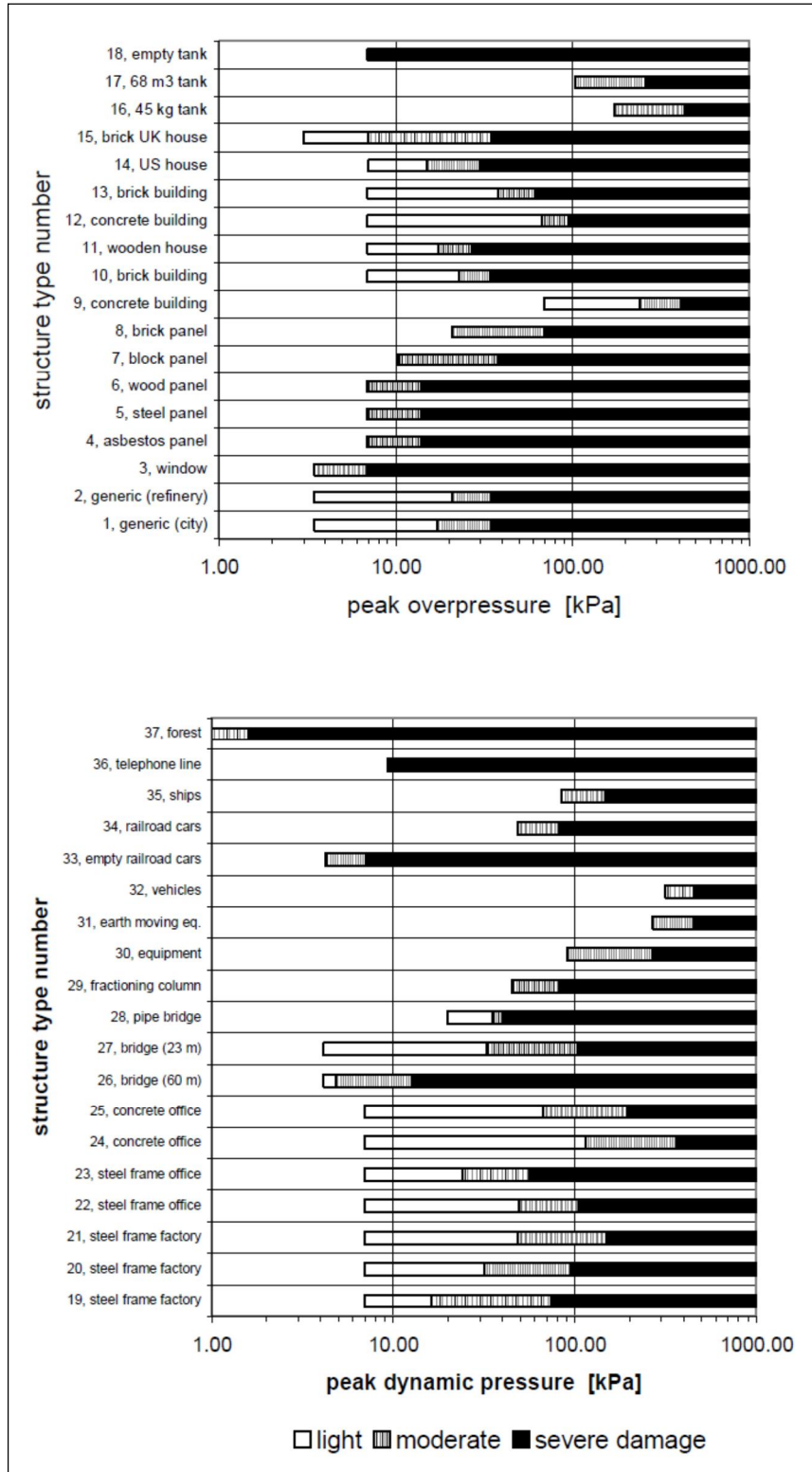
Resultaten visas i *tabell 1*.

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

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

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, se *figur 9 och 10*. Detta tryck uppnås enligt *tabell 1* ungefär 125 m från platsen för explosionen.



Figur 9 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 10. Beskrivning av byggnadstyper mm i figur 9.

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.

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

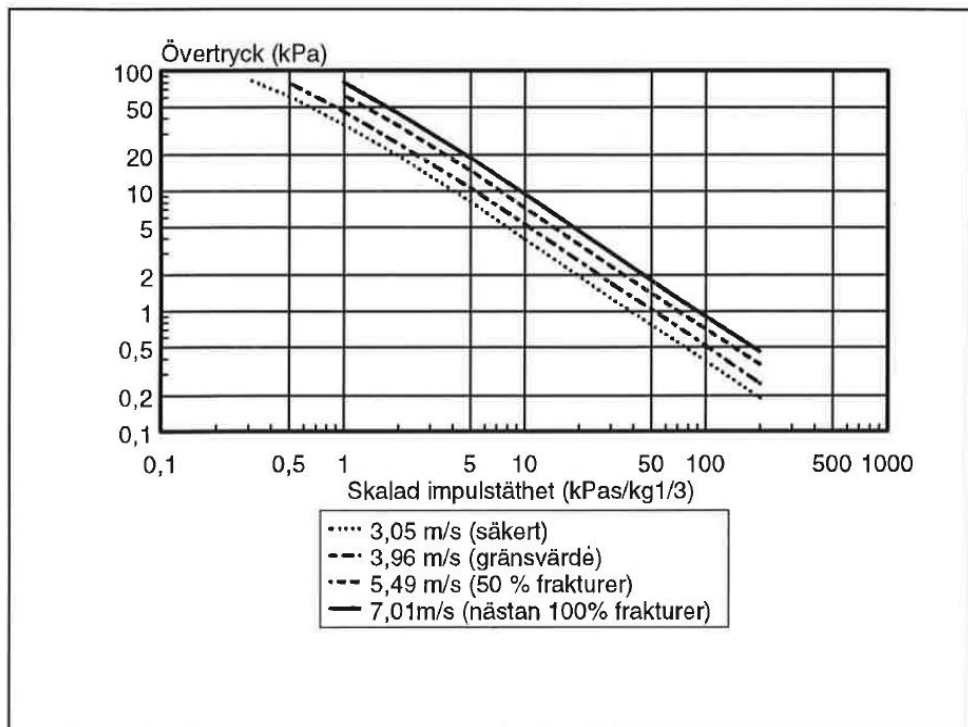
Direkta skador pga. tryck

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



Figur 11. Kombinationer av övertryck och skalad impulstäthet som ger allvarliga skador vid islag av 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 massexlosionen, dvs de som ligger inom 125 m från olycksplatsen. Alla personer som befinner sig utomhus kring husen antas omkomma, se avsnittet om individrisk.

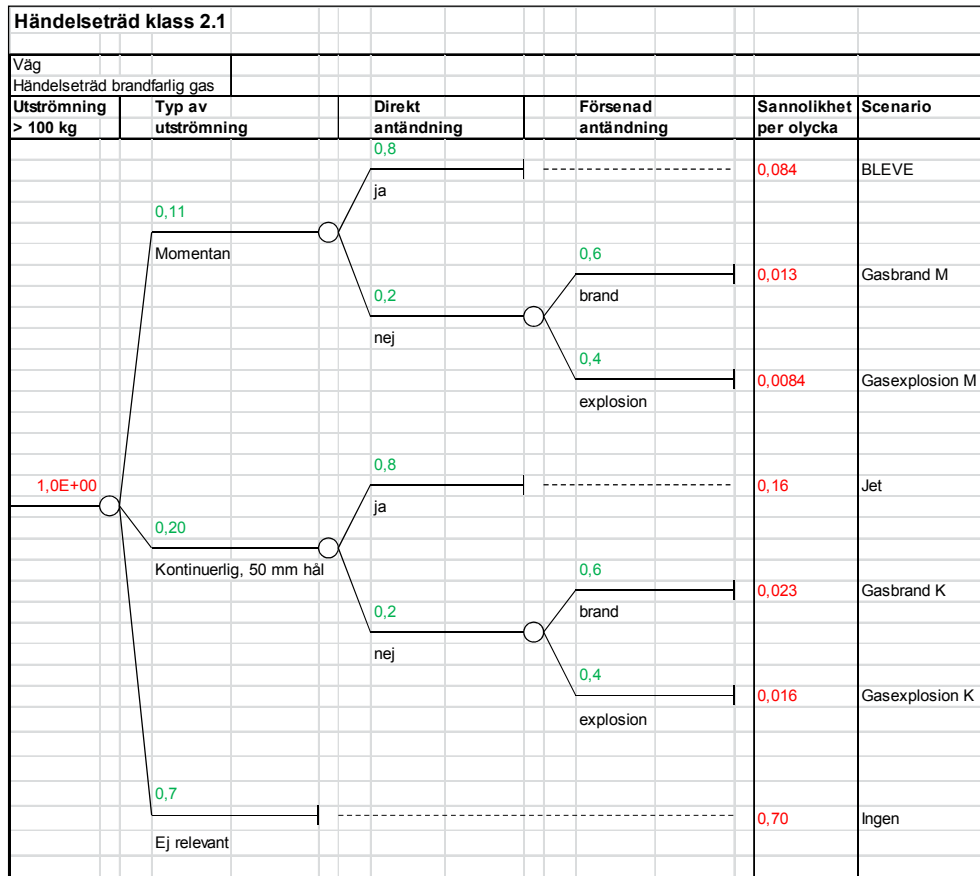
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med brandfarliga gaser per kilometer transportled har beräknats på samma sätt som för massexplösiva ämnen i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 3*.

2.2.1 Scenario Jetflamma

I detta scenario uppstår ett hål på 5 cm i tanken på tankfordon 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 45x74 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 händelseträdet för brandfarliga gaser, *figur 12*, framgår att sannolikheten för scenario Jetflamma vid en olycka med brandfarlig gas med betydande utströmning är lika med 0,16.



Figur 12. Händelseträäd olycka med brandfarlig gas

Individrisk

Scenario Jetflamma antas leda till att oskyddade individer utomhus omkommer inom ett område på 45 m av leden i ledens riktning och som sträcker sig ca 74 m in i området.

En individ omkommer om olyckan sker på de närmaste 45 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 74 m från leden.

Samhällsrisk

Personer som vistas inom ett område på 45 m längs vägen och 74 m in från vägen antas omkomma, såväl inomhus som utomhus.

2.2.2 Scenario Gasbrand vid momentant utsläpp

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 18 5x 185 m. Inom ett område av 185 x 93 m (längs vägen x in mot området) omkommer alla ute och inne. Effektområdet har valt 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 10* och är lika med 0,013.

Individrisk

En individ omkommer vid detta scenario om han/hon befinner sig inom det brinnande molnet, dvs om olyckan händer inom 93 m från personen och om personen står på ett avstånd av mindre än 93 m från leden.

Samhällsrisk

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

2.2.3 Scenario Gasbrand vid kontinuerligt utsläpp

I detta scenario uppstår ett hål på 5 cm i tanken på samma sätt som i scenario Jetflamma. Den brandfarliga gasen antänds inte direkt men sprids med vinden mot olycksplatsen. Gasen blandas med luft tills den lägre brännbarhetsnivån är nådd (LFL) då gasen antänds. Molnets utsträckning är då 50 x 10 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 framgår av händelseträdet i *figur 12* och är lika med 0,023 vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 5*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen in mot området, detta är scenario Gasbrand KT. Blåser vinden i ledens riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasbrand KL. Vid övriga vindriktningar förs gasen bort från området.

Individerisk

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 50 m från leden.

I scenario Gasbrand KL omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 50 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 50 m in från vägen.

I scenario Gasbrand KL antas personer omkomma inom ett område med längd 50 m längs leden och bredd 5 m in från vägen.

2.2.4 Scenario Gasexplosion vid momentant utsläpp

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 252 x 252 m, centrum för explosionen antas ligga på leden.

Sannolikheten för detta vid en olycka med utsläpp av brandfarliga gaser framgår av händelseträdet i *figur 12* och är lika med 0,0084 vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas.

Individerisk

I scenario Gasexplosion M omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 252 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 126 m från leden.

Samhällsrisk

Personer som vistas inomhus eller utomhus inom ett område med längd 252 m längs leden och bredd 126 m från vägen antas omkomma. Inom ett område utanför detta område med längd 504 m och bredd 252 m antas 3 % av de som befinner sig inomhus omkomma.

2.2.5 Scenario Gasexplosion vid kontinuerligt utsläpp

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 66x66 m. Sannolikheten för detta är enligt händelseträdet i *figur 12* lika med 0,016 per olycka med utsläpp av brandfarlig gas.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 5*. 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 33 m från vägen så att hela effektområdet ligger vid sidan om vägen.

Blåser vinden i ledens riktning transporteras gasen längs leden, detta ger scenario Gasexplosion KL. Centrum för explosionen antas då ligga på vägen 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 66 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 66 m från leden.

I scenario Gasbrand KL omkommer en person om olyckan sker på de närmaste 66 m av leden från där personen står och om personen står på mindre än 33 m från leden

Samhällsrisk

I scenario Gasexplosion KT antas personer inomhus och utomhus omkomma inom ett område med längd 66 m längs leden och bredd 66 m in från vägen.

I scenario Gasexplosion KL antas personer omkomma inom ett område med längd 66 m längs leden och bredd 33 m in från vägen inomhus och utomhus.

2.2.6 Scenario BLEVE

Vid en BLEVE havererar tanken brandfarlig gas, mestadels på grund av en brand i en annan del av fordonet, vilket leder till ett momentant utsläpp som antänds direkt. Detta kallas en BLEVE och leder till att personer omkommer inom ett område av 80x80m. BLEVE:ns centrum ligger på olycksplatsen. Sannolikheten för detta scenario vid en olycka med utsläpp av brandfarlig gas framgår av händelseträdet i *figur 10* och är lika med 0,084 vid en olycka.

Individrisk

En person antas omkomma inom ett område med längd 80 m längs vägen och bredd 40 m in från vägen.

Samhällsrisk

I scenario BLEVE antas personer omkomma inom ett område med längd 80 m längs leden och bredd 40 m in från vägen inomhus och utomhus.

2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3 (ej aktuell)

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med giftiga gaser per kilometer transportled har beräknats på samma sätt som för massexplosiva ämnen i *tidigare avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 3*.

Händelseträdet för scenarier med giftiga gaser framgår i *figur 13* nedan.

Händelseträäd klass 2.3			
Händelseträäd väg, gas			
Utströmning >100 kg	Utströmning	Sannolikhet per olycka	Scenario
	0,015 Momentant	0,015	Gasmoln M
1,0	0,20 Kontinuerligt 5 cm hål	0,20	Gasmoln K

Figur 13. Händelseträäd för olycka med giftiga gaser

2.3.1 Scenario Gasmoln M

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

Effektområdena har dock anpassat för att ta hänsyn till spridning med vinden i olika riktningar. Storleken av effektområde 1 bedöms vara 70x70 m med centrum på olycksplatsen. Effektområde 2 har storlek 120x120 m.

Sannolikhet för scenariot framgår av händelseträdet i *figur 13* och är lika med 0,015 per olycka med utsläpp.

Individrisk

En person har 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 70 m av leden från där personen står och 35 m in från vägen. En person har 30 % att omkomma om olyckan sker på de närmaste 120 m av leden från där personen står och 60 m in från vägen.

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.

2.3.2 Scenario Gasmoln K

Vid detta scenario uppstår ett hål på 5 cm i tanken med ammoniakgas. En gasplym uppstår som rör sig i vindriktningen. Sannolikheten för scenariot framgår av händelseträdet i *figur 12* och är lika med 0,20 per olycka med utsläpp.

Effektområde 1 har bredd 25 m och längd 135 m i vindriktningen. Effektområde 2 har bredd 75 m och längd 220 m i vindriktningen. Båda effektområden börjar vid olycksplatsen.

Sannolikheten för olika vindriktningar framgår av vindrosen i *figur 5*. Om vinden står rakt eller snett mot området så transporteras gasen till området, detta är scenario Gasmoln KT. Blåser vinden i ledens 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 25 m av leden från där personen står och 135 m in från vägen. En person har 30 % att omkomma om olyckan sker på de närmaste 75 m av leden från där personen står och 220 m in från vägen.

I scenario Gasmoln KL har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 135 m av leden från där personen står och 13 m in från vägen. En person har 30 % att omkomma om olyckan sker på de närmaste 220 m av leden från där personen står och 38 m in från vägen.

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 på har beräknats på samma sätt som i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 3*.

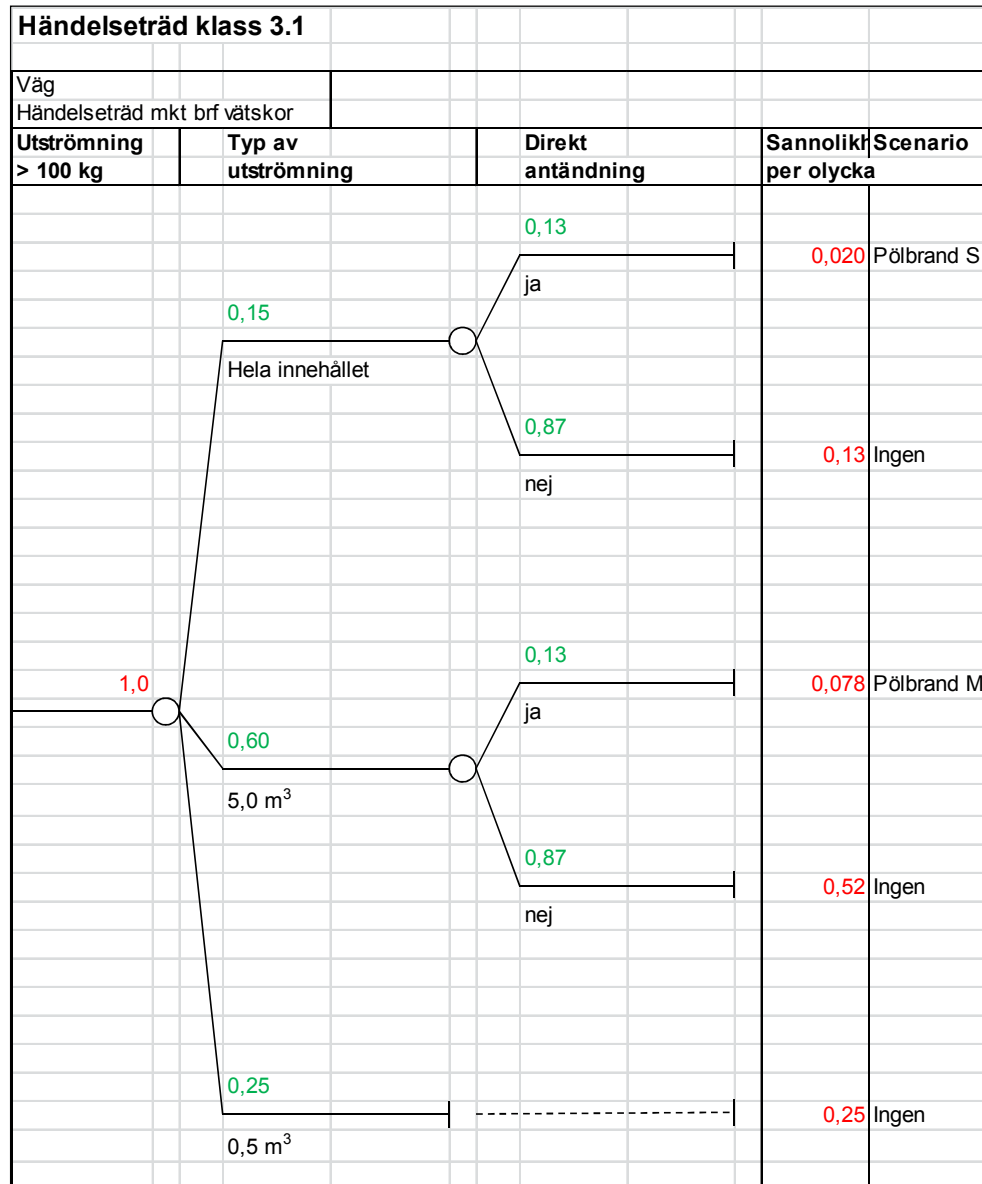
Händelseträdet för scenarier med mycket brandfarliga vätskor framgår i *figur 13* nedan.

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 (Pölbrand S) antas personer inom ett område på 48x48 m omkomma, såväl inne som ute. Vid en mindre pölbrand (Pölbrand M) antas personer inom ett område på 25x25 m omkomma såväl inne som ute. Områdena antas centrerade kring olycksplatsen.

Sannolikhet

Sannolikheten för att ett utsläpp leder till scenario Pölbrand S (en pölbrand med en yta på 600 m²) är lika med 0,020 per olycka med utsläpp av mycket brandfarlig vätska. Sannolikheten för scenario Pölbrand M (en pölbrand med yta 300 m²) är lika med 0,078 per olycka med utsläpp. Se händelseträdet i *figur 14* nedan.



Figur 14 Händelseträd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.

Individrisk

I scenario Pölbrand S har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 48 m av leden från där personen står och 24 m in från vägen.

I scenario Pölbrand M har en person 100 % sannolikhet att omkomma om olyckan sker på de närmaste 23 m av leden från där personen står och 13 m in från vägen.

Samhällsrisk

Inom ett område med längd 48 m längs vägen och bredd 24 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 25 m längs vägen och bredd 13 m in från vägen.

2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1 (ej aktuell)

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med oxiderande ämnen med risk för massexplosion har beräknats på samma sätt som för massexplosiva ämnen i *avsnitt 2.1.1* och framgår av ingångsdata i *figur 4*.

Händelseträdet för scenarier med oxiderande ämnen framgår i *figur 15* nedan.

2.5.1 Scenario Explosion S och M

I dessa scenariot har vi utgått från att transportererna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 16 ton TNT vid ett stort utsläpp av ammoniumnitrat och cirka hälften vid ett mindre utsläpp. Detta överskattar explosionens kraft då den blandningen som kommer att ske om båda ämnen 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.

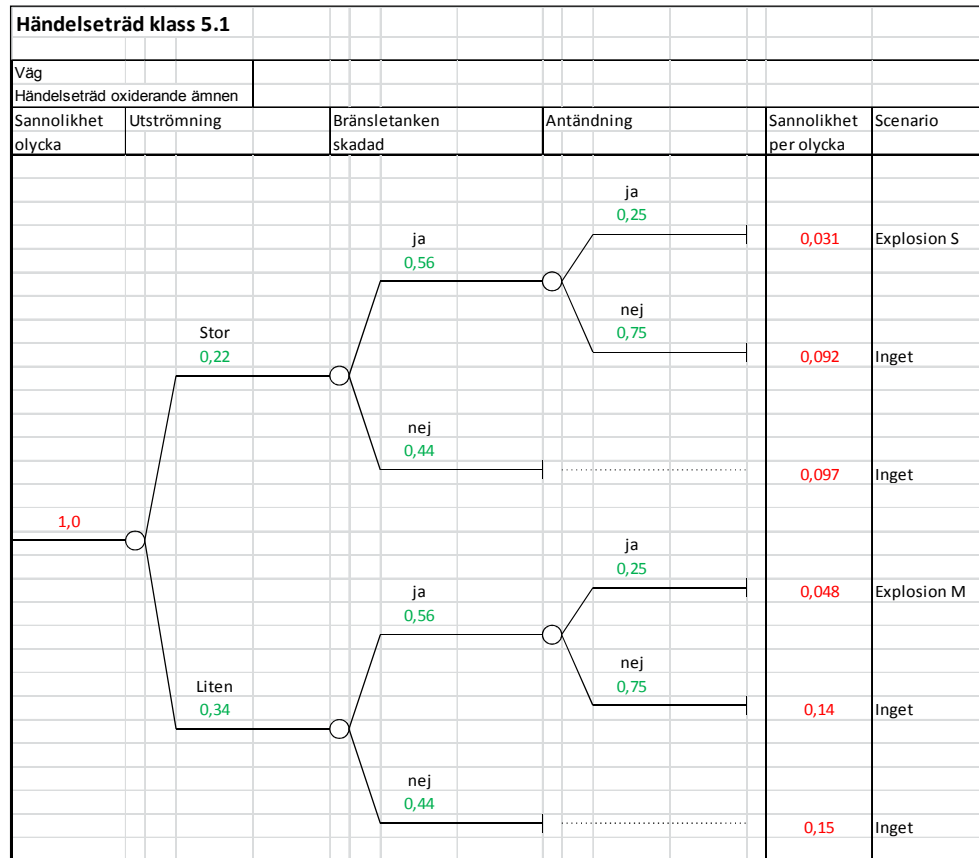
Sannolikhet

Sannolikheten för en olycka med dessa transporter per kilometer transportled framgår av *figur 3*.

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 15* nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar.



Figur 15 Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion.

Konsekvenser

Två scenarier finns beroende på storleken på utsläppet av det oxiderande ämnet. Storleken på utsläppet av den brandfarliga vätskan är av mindre vikt då 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 desamma som för en explosion av 16 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk är således desamma som i scenariot för klass 1.1.

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

3. Beräkningsresultat

I tabell 2 presenteras resultaten av riskberäkningarna för Ormbacka B som presenteras grafisk i figur 8 och 9 i rapporten.

Tabell 2. Riskberäkningar för Ormbacka B

Sammanställning av beräkningsresultat Ormbacka B													2016-02-25
Klass	F _{klass} /år, km	Scenario	F _{scen} /år, km	Effektområde 1				Effektområde 2				F _{scen} /år	Om-komma
				längd	bredd	F _{omk_inne}	F _{omk_ute}	längd	bredd	F _{omk_inne}	F _{omk_ute}		
1.	0,0E+00	Massexplosion	0	253	60	0,17	1,00	-	-	-	-	0,0E+00	6,8
2.1	2E-07	Jet	2,7E-08	45	74	1,00	1,00	0,00	0,07	80	0,00	4,0E-09	9,0
		Gasbrand M	2,2E-09	185	93	1,00	1,00	-	-	-	-	4,0E-10	43,0
		Gasbrand KT	1,3E-09	10	50	1,00	1,00	-	-	-	-	2,0E-10	0,9
		Gasbrand KL	9,8E-10	50	5	1,00	1,00	-	-	-	-	1,5E-10	0,0
		Gasexplosion M	1,4E-09	252	126	1,00	1,00	-	-	-	-	3,6E-10	67,5
		Gasexplosion KT	8,9E-10	66	66	1,00	1,00	-	-	-	-	1,3E-10	10,8
		Gasexplosion KL	6,5E-10	66	33	1,00	1,00	-	-	-	-	9,8E-11	0,9
		Bleve	1,4E-08	80	40	1,00	1,00	0,00	0,07	55	0,00	2,2E-09	4,5
2.3	0	Gasmolin M	0	70	35	0,10	1,00	0,03	0,30	60	0,03	0,0E+00	1,0
		Gasmolin KT	0	25	135	0,10	1,00	0,03	0,30	220	0,03	0,0E+00	4,5
		Gasmolin KL	0	135	13	0,10	1,00	0,03	0,30	38	0,03	0,0E+00	0,3
3	2E-06	Pölbrand S	3,3E-08	48	24	1,00	1,00	-	-	-	-	4,9E-09	0,0
		Pölbrand M	1,3E-07	25	13	1,00	1,00	0,00	0,04	17	0,00	2,0E-08	0,0
5.1	0	Explosion L	0	131	60	0,17	1,00	-	-	-	-	0,0E+00	5,9
		Explosion M	0	97	57	0,17	1,00	-	-	-	-	0,0E+00	4,4

I tabell 3 presenteras resultaten av osäkerhetsberäkningarna som presenteras grafisk i figur 10 i rapporten.

Tabell 3. Osäkerhetsberäkningar för Ormbacka B.

Sammanställning av osäkerhetsberäkningar Ormbacka B													2016-02-25	
Klass	F _{klass} /år km	Scenario	F _{scen} /år, km	Effektområde 1						Ormbacka B			Om- komma	
				längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}	längd	bredd	F _{omk. inne}	F _{omk. ute}	F _{scen} /år		
1.	0,0E+00	Massexplosion	0	253	60	0,17	1,00	1,00	-	-	-	-	0,0E+00	6,8
2.1	3E-07	Jet	4,5E-08	45	74	1,00	1,00	1,00	66	80	0,00	0,07	6,8E-09	9,0
		Gasbrand M	3,7E-09	185	93	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	6,8E-10	43,0
		Gasbrand KT	2,3E-09	10	50	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	3,4E-10	0,9
		Gasbrand KL	1,7E-09	50	5	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	2,5E-10	0,0
		Gasexplosion M	2,4E-09	252	126	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	6,2E-10	67,5
		Gasexplosion KT	1,5E-09	66	66	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	2,3E-10	10,8
		Gasexplosion KL	1,1E-09	66	33	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	1,7E-10	0,9
		Bleve	2,4E-08	80	40	1,00	1,00	1,00	110	55	0,00	0,07	3,7E-09	4,5
2.3	0	Gasmoln M	0	70	35	0,10	1,00	1,00	120	60	0,03	0,30	0,0E+00	1,0
		Gasmoln KT	0	25	135	0,10	1,00	1,00	75	220	0,03	0,30	0,0E+00	4,5
		Gasmoln KL	0	135	13	0,10	1,00	1,00	220	38	0,03	0,30	0,0E+00	0,3
3	3E-06	Pölbländ S	5,6E-08	48	24	1,00	1,00	1,00	-	-	-	-	8,4E-09	0,0
		Pölbländ M	2,2E-07	25	13	1,00	1,00	1,00	33	17	0,00	0,04	3,3E-08	0,0
5.1	0	Explosion L	0	131	60	0,17	1,00	1,00	-	-	-	-	0,0E+00	5,9
		Explosion M	0	97	57	0,17	1,00	1,00	-	-	-	-	0,0E+00	4,4

4. 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 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
- 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
- NFPA 2010 National Fire Protection Association, US Vehicle Fire Trends and Patterns, June 2010
- 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 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 luftstötståg, 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



Norconsult AB

Theres Svensson gata 11
Box 8774, 402 76 Göteborg
031 – 50 70 00, fax 031-50 70 10
www.norconsult.se