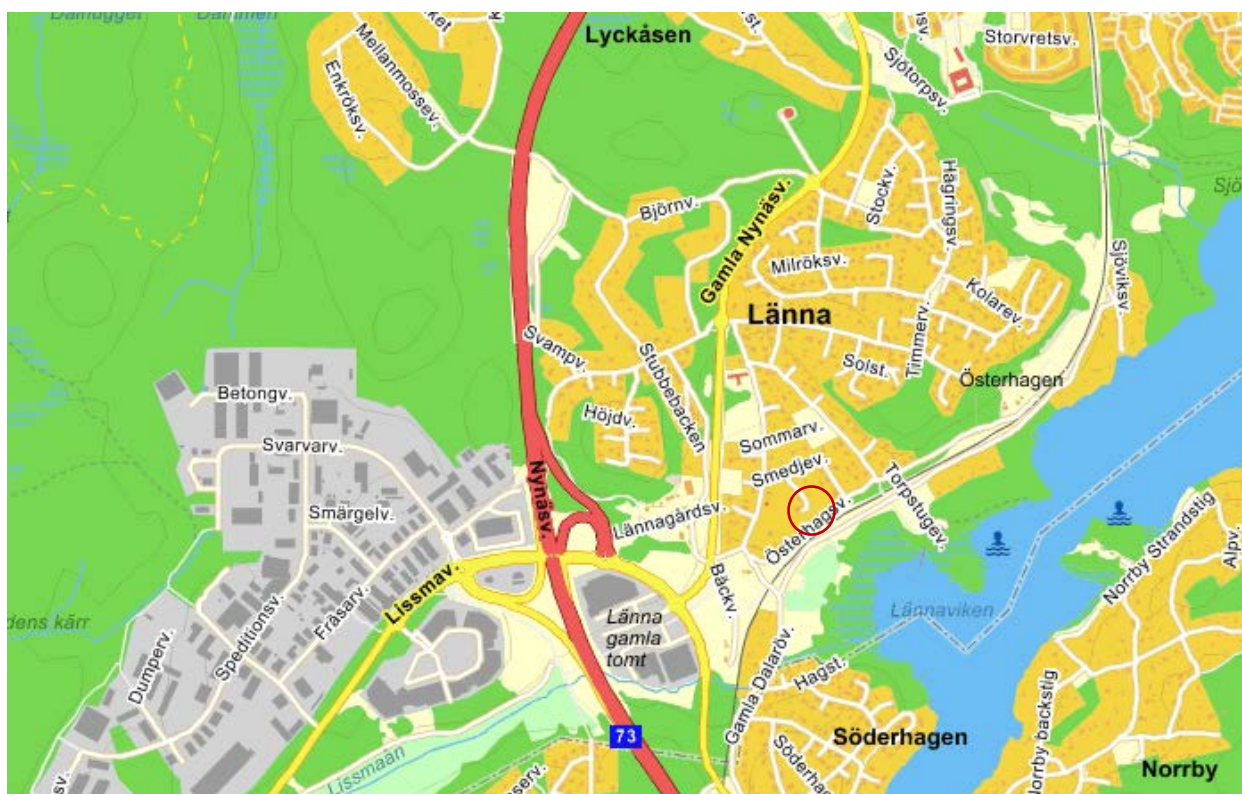




Källa: Eniro.se

Länna 1:44, Huddinge kommun

Riskutredning transporter av farligt gods

2016-11-25

Länna 1:44, Huddinge kommun

Riskutredning transporter av farligt gods

2016-11-25

Beställare: Huddinge Kommun
Kommunalvägen 28
141 85 HUDDINGE

Beställarens representant: Martin Ivarsson

Konsult: Norconsult AB
Box 8774
402 76 Göteborg

Uppdragsledare Johan Hultman

Uppdragsnr: 104 33 26

Filnamn och sökväg: n:\104\33\1043326\5 arbetsmaterial\01
dokument\risk\rapport länna 1_44.doc

Kvalitetsgranskad av: Herman Heijmans

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
1. Inledning	5
2. Risker med transport av farligt gods	7
2.1 Typer av farligt gods	7
2.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods	8
3. Riskbedömning i den fysiska planeringen	10
3.1 Vad är risker	10
3.2 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods	12
3.2.1 Länsstyrelsen	12
3.2.2 Länsstyrelsen i Stockholms län.....	14
3.3 Riskhantering.....	16
3.3.1 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen	16
3.3.2 ALARP-området	17
4. Platsspecifika förutsättningar	19
4.1 Området	19
4.2 Nynäsbanan	20
4.3 Sannolikhet för olyckor på järnvägen	22
5. Resultat.....	23
5.1 Individrisk.....	23
5.2 Samhällsrisk	24
6. Känslighetsanalys.....	26
7. Diskussioner och slutsatser.....	28
8. Referenser	29

Beräkningsbilaga järnväg

Sammanfattning

Huddinge kommun har uppdragit Norconsult AB att göra en riskutredning för fastighet Länna 1:44 i Skogås. Fastigheten är i nuläget obebyggd och syftet med denna utredning är att pröva möjligheten att bebygga tomten med bostäder enligt gällande detaljplan utifrån risksynpunkt. Länsstyrelsernas riskpolicy kräver att riskfrågor ska beaktas vid fysisk planering inom 150 meter från transportleder för farligt gods. Denna rapport behandlar endast risksituationen, för beskrivning av bullersituationen se separat rapport.

Planområdet på fastigheten Länna 1:44 ligger som närmast cirka 30 meter från Nynäsbanan. Planområdet är cirka 45 gånger 47 meter stort. Det område som får bebyggas (byggrätten) ligger cirka 50 meter från Nynäsbanan och är cirka 16 gånger 20 meter stort. Nynäsbanan är belägen cirka 11 meter lägre byggrätten.

Gällande detaljplan för Länna 1:44 medger bostadsbebyggelse i två våningar. Det antas att det kommer att bo 4 personer i huset. En eventuell ökning av antalet boende i byggnaden behandlas i en känslighetsanalys där antalet personer som bor i planområdet ökas.

Uppgifter avseende transporter av farligt gods på Nynäsbanan är inte entydiga. En konservativ bedömning av antal transporter av farligt gods år 2040 har gjorts genom att jämföra statistik från 2006, det nationella genomsnittet och uppgifter från Trafikverket.

Beräkningarna visar på att individrisken är acceptabel men att samhällsrisken överskrider acceptabla kriterier något. Detta innebär att rimliga skyddsåtgärder ska genomföras. Dessa skyddsåtgärder bedöms vara:

- fasader ska utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30
- friskluftsintag ska riktas bort från järnvägen
- det ska vara möjligt att utrymma bort från järnvägen på ett säkert sätt

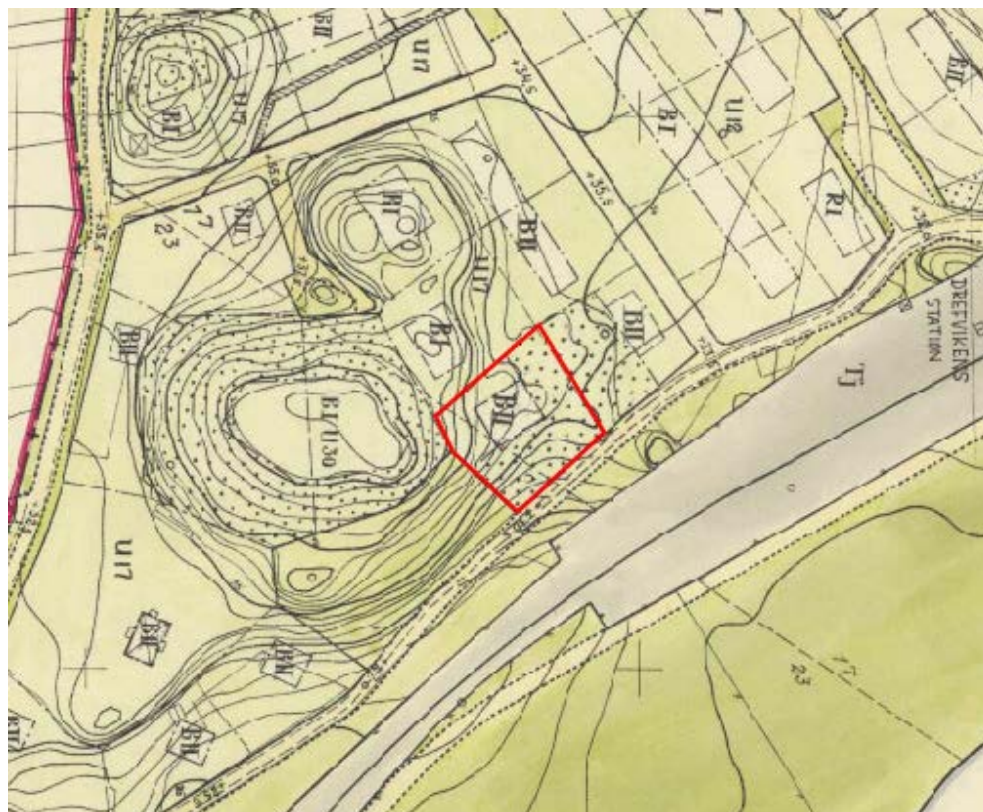
Dessa skyddsåtgärder är i linje med de skyddsåtgärder som föreslås i Länsstyrelsen i Stockholms läns riktlinjer. Med dessa föreslagna åtgärderna bedöms därför risknivån inom området vara godtagbara enligt kriterierna som tillämpats.

1. Inledning

Huddinge kommun har uppdragit Norconsult AB att göra en riskutredning och en bullerutredning för fastighet Lämma 1:44 i Skogås, se *försättsblad*.

Fastigheten är i nuläget obebyggd. Syftet är att pröva möjligheten att bebygga tomten med bostäder enligt gällande detaljplan utifrån buller- och risksynpunkt. Denna rapport behandlar endast riskerna med transporter av farligt gods, buller behandlas i separat rapport.

Fastigheten gränsar i sydöst till Österhagsvägen och drygt 30 meter sydöst om fastigheten passerar järnvägen (Nynäsbanan). Gällande detaljplan för Lämma 1:44 medger bostadsbebyggelse i två våningar, se *figur 1:1*.



Figur 1:1 Detaljplan för Lämma 1:44

Enligt Länsstyrelsens riskpolicy (Lst 2006) skall riskfrågor vid fysisk planering beaktas inom 150 meter från en transportled för farlig gods. I denna riskutredning

behandlas vilka risknivåer som kan uppkomma inom området med den planerade markanvändningen. Riskerna jämförs med kriterier som anger vad som är acceptabla risknivåer och när skyddsåtgärder ska vidtas. Om åtgärder krävs redovisas detta i rapporten och principförslag på åtgärder ges.

2. Risker med transport av farligt gods

2.1 Typer av farligt gods

Enligt internationella bestämmelser (RID) delas farligt gods in i nio klasser, se tabell 2.1:1.

Tabell 2.1:1 Indelning av farligt gods.

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

2.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods

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

Konsekvenserna för aktuella klasser beskrivs mera 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.

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. Risker 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

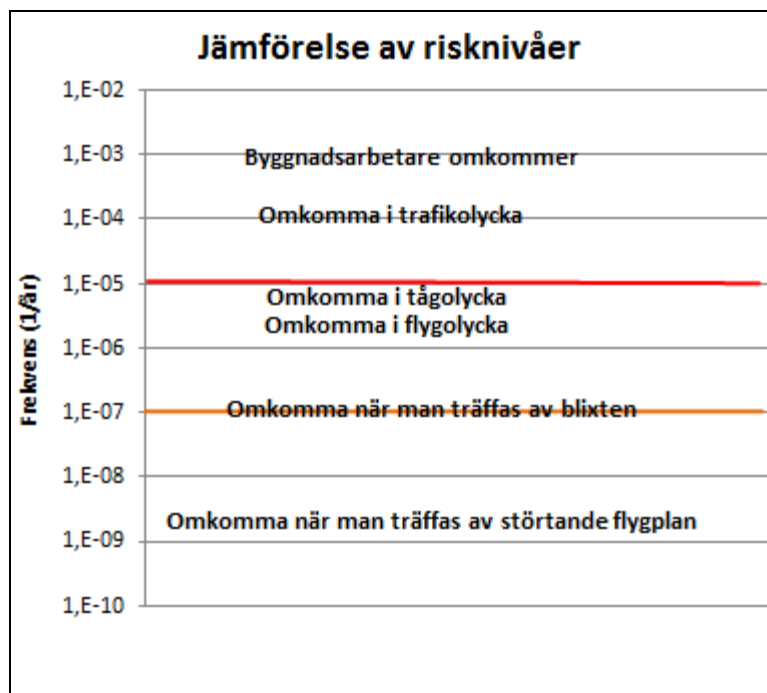
3.1 Vad är risker

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 3.1:1*.



Figur 3.1:1. 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.

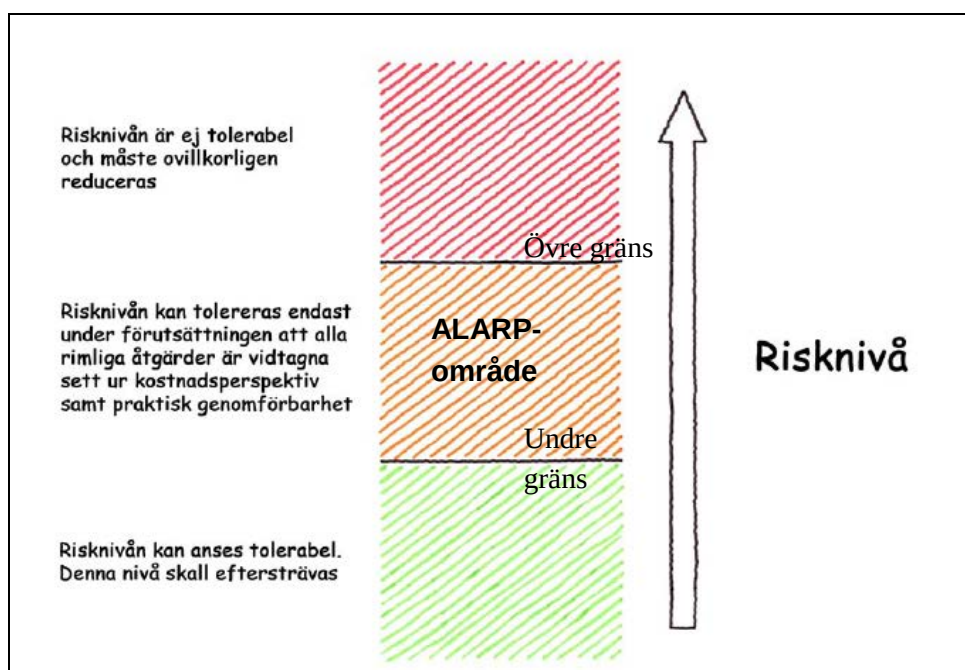
Samhällsrisk är ett mått på hur stora olyckor en riskkälla kan orsaka. Detta beror dels på riskskällans farlighet men även på hur många människor som brukar befinna sig i riskskällans omgivning. Detta mått är användbart om planeringen innebär att många människor kommer att befinna sig inom 150 m från 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 Länsstyrelsen

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 3.2:1*. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån är så hög att den inte kan tolereras.



Figur 3.2:1 Risknivåer och gränserna mellan dem (Rtj Storgöteborg 2004).

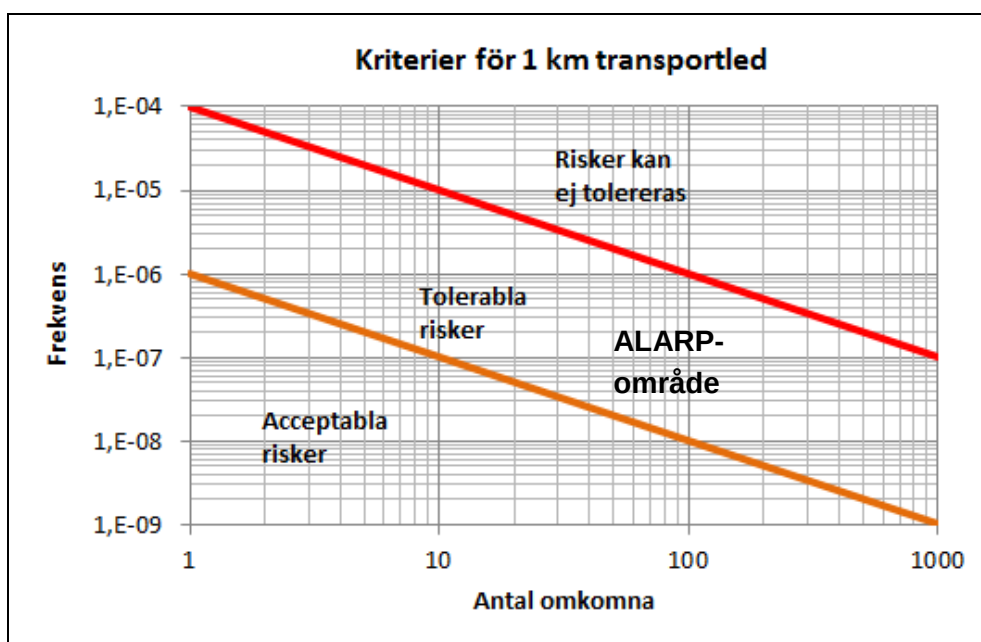
För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år och den undre på 1×10^{-7} per år. Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens totala risknivå. Om risknivån ligger under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

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 3.2:2.

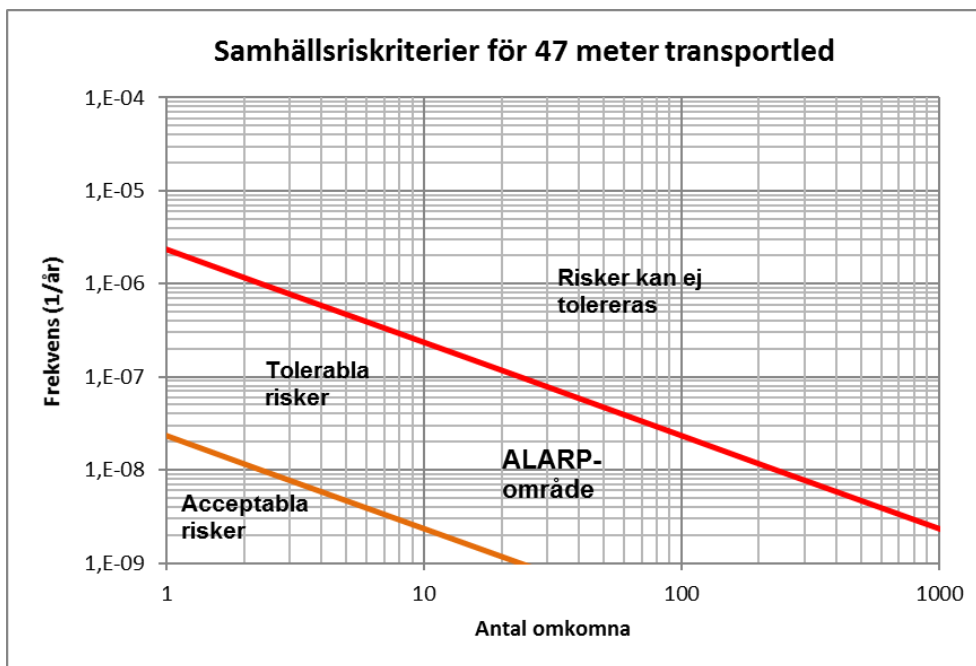


Figur 3.2:2. Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

Kriterier i figur 3.2:2 innebär till exempel att en olycka med högst en omkommen accepteras högst en gång på 1 000 000 år (orangea linjen). Olyckor med en omkommen kan inte tolereras oftare än en gång per 10 000 år (röda linjen). Olyckor med mer än 10 omkomna kan accepteras om de är så sällsynta som en gång på 10 000 000 år. Om dessa olyckor förekommer oftare än en gång på 100 000 år så kan detta inte tolereras.

När risknivån ligger i det acceptabla området så krävs inga ytterligare åtgärder. Ligger risknivån i området med tolerabla risker (ALARP-område) så 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 3.2:3. Planområdets längd utmed leden är cirka 47 meter.



Figur 3.2:3. Riskkriterier omräknade till 47 meter enkelsidig bebyggelse.

3.2.2 Länsstyrelsen i Stockholms län

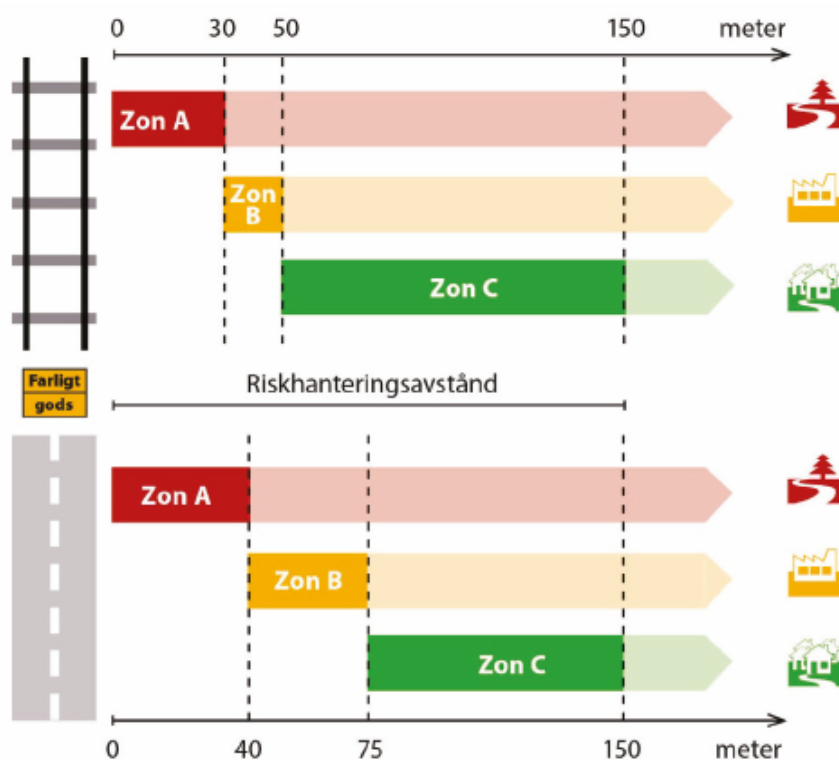
Länsstyrelsen i Stockholms län har tagit fram ett separat dokument "Riktlinjer för planläggning intill vägar där det transporteras farligt gods" (Lst Stockholms län 2016). Syftet med dessa riktlinjer är att ge vägledning och underlätta hanteringen av riskfrågor som relateras till farligt gods i planprocessen. Dessa riktlinjer tydliggör även hur länsstyrelsen i Stockholms län bedömer risker vid granskning av detalj- och översiktsplaner.

Länsstyrelsen i Stockholms län anser att riskerna ska beaktas vid framtagande av detaljplaner inom 150 meter från väg och järnväg där det transporteras farligt gods. I vilken utsträckning och på vilket sätt riskerna ska beaktas beror på hur riskbilden ser ut för det aktuella planförslaget.

I riktlinjerna beskrivs de skyddsavstånd som Länsstyrelsen rekommenderar för att uppnå en god samhällsplanering utifrån ett riskperspektiv. I de fall där det inte är

möjligt att uppnå det rekommenderade skyddsavståndet anges även det skyddsavstånd och de åtgärder som Länsstyrelsen anser vara ett minimum för att uppfylla kraven i plan- och bygglagen.

I figur 3.3:1 anges de rekommenderade skyddsavstånd som länsstyrelsen i Stockholms län förespråkar mellan transportleder för farligt gods och olika typer av markanvändning (Lst Stockholms län 2016). Om dessa avstånd är uppnådda så behöver det vanligtvis inte tas fram någon riskutredning. Då räcker det oftast att beskriva avståndet till transportleden för att Länsstyrelsen ska anse att riskerna har blivit beaktade.



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

Zon A	Zon B	Zon C
G – drivmedelsförsörjning (obemannad) L – odling och djurhållning P – parkering (ytparkering) T – trafik	E – tekniska anläggningar G – drivmedelsförsörjning (bemannad) J – industri K – kontor N – friluftsliv och camping P – parkering (övrig parkering) Z – verksamheter	B – bostäder C – centrum D – vård H – detaljhandel O – tillfällig vistelse R – besöksanläggningar S – skola

Figur 3.2:4 Rekommenderade skyddsavstånd mellan transportleder för farligt gods och olika typer av markanvändning (Lst Stockholms län 2016).

Vidare så beskriver Länsstyrelsen i Stockholms län i sina riktlinjer att kommunen kan behöva ta fram en detaljerad riskutredning om inte rekommenderade skyddsavstånd klaras. Utredningen får visa om förslaget är lämpligt och vilka eventuella skyddsåtgärder som behövs utöver Länsstyrelsens rekommendationer.

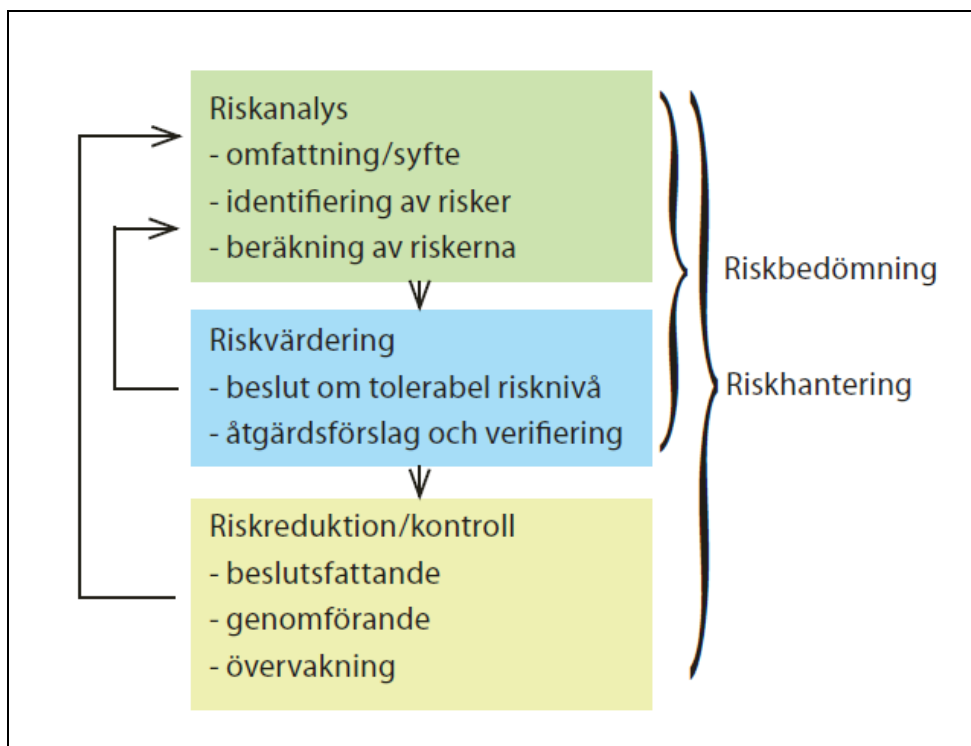
Länsstyrelsen i Stockholms län anger även bebyggelsefria skyddsavstånd i sina riktlinjer. Här anges att det ska vara ett bebyggelsefritt avstånd på minst 25 meter intill järnväg, mätt från närmaste spårmitt.

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 bifästas på annat sätt, till exempel genom avtal.

Riskhanteringsprocessen kan delas upp i tre delar; riskanalys, riskvärdering och riskreduktion/kontroll, se *figur 3.3:1* (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 3.4:1. Schema över riskhanteringsprocessen (Lst 2006).

I denna rapport genomförs den första delen – risikanalys – 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

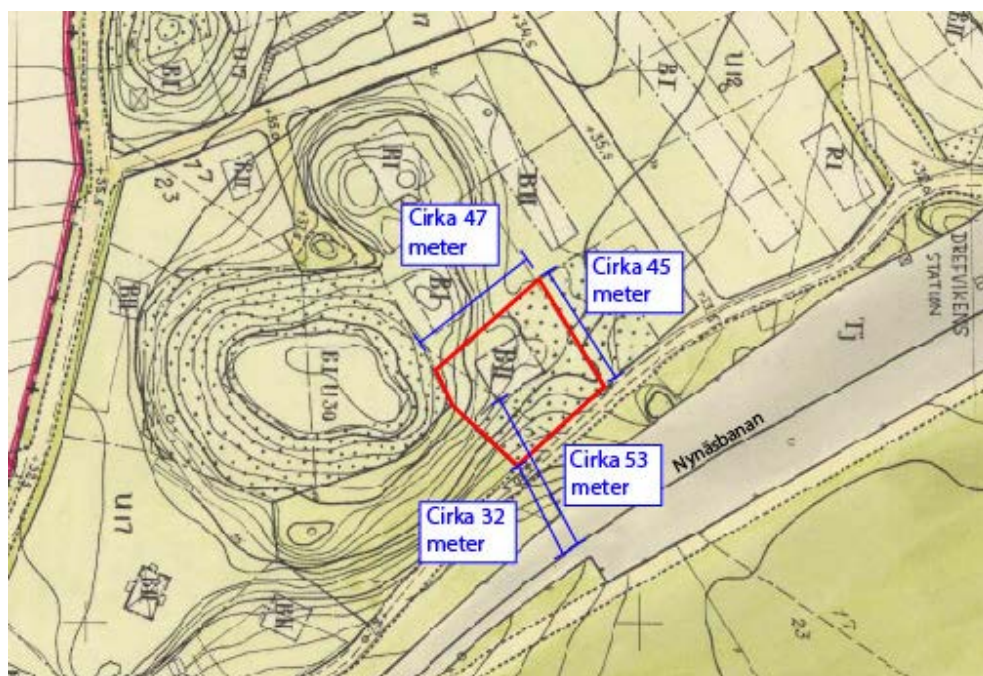
okända faktorer som ingår. Att ha ett brett område där det finns krav på viss hänsynstagande av riskerna säkerställer att inga risknivåer över det tolerabla släpps igenom utan vidare.

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

4. Platsspecifika förutsättningar

4.1 Området

Fastigheten Länna 1:44 ligger som närmast cirka 30 meter från Nynäsbanan, se *figur 4.1:1*. Planområdet är cirka 45 gånger 47 meter stort. Byggrätten ligger cirka 50 meter från Nynäsbanan och är cirka 16 gånger 20 meter stort. Nynäsbanan är belägen cirka 11 meter lägre än byggrätten.



Figur 4.1:1 Planområdets storlek och avstånd till Nynäsbanan.

Gällande detaljplan för Länna 1:44 medger bostadsbebyggelse i två våningar. Det antas att det kommer att bo 4 personer i huset. En eventuell ökning av antalet boende i byggnaden behandlas i en känslighetsanalys där antalet personer som bor i planområdet ökas.

4.2 Nynäsbanan

Uppgifter om transporterade mängder farligt gods på Nynäsbanan hämtas från Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB) som genomförde en undersökning av transporterade mängder farligt gods under september månad år 2006 (MSB 2006). Resultatet finns tillgängligt hos MSB i en GIS-databas. Siffrorna har räknats upp till en förväntad trafik år 2040 med en ökning av godstrafik med en faktor 3 som har erhållits från mailkonversation med Trafikverket (Trafikverket 2016:1).

Materialet från MSB är 10 år gammalt, omfattar endast en kortare period och det förekom ett visst bortfall vid insamlingen av data vilket gör att den inte bör användas som enda informationskälla vid en riskutredning. Därför jämförs siffrorna från MSB:s undersökning med det nationella genomsnittet.

Det nationella genomsnittet räknas ut med stöd av siffror från TRAFAs som varje år samlar in nationell statistik för godstransporter i Sverige (TRAFAs 2016). Utifrån denna statistik beräknas andelen farligt gods vara cirka 5,8 % av totala antalet godstransporter. Även indelningen av farligt gods i RID-klasser kan göras utifrån TRAFAs statistik.

MSB:s siffror och det nationella genomsnittet utifrån TRAFAs rapport presenteras i *tabell 4.2:1*. De ämnen som har betydande påverkan på risksituationen i planområdet markeras med fet stil i *tabell 4.2:1*. En slutsats som kan dras utifrån statistiken gällande transporter av farligt gods är att beroende på vilket underlag som studeras så varierar siffrorna kraftigt. Det nationella genomsnittet visar på totalt cirka 7 gånger fler transporter av farligt gods i samtliga klasser jämfört med MSB:s statistik.

Uppgifter om transporter av farligt gods har även samlats in av Trafikverket. Totalt anges det att det per år mellan 2013 och 2015 transporterades cirka 400 vagnar med farligt gods på Nynäsbanan (Trafikverket 2016:2). Omräknat till år 2040 innebär detta cirka 1 200 vagnar med farligt gods årligen.

Trafikverket har även samlat in uppgifter om fördelningen mellan olika klasser farligt gods men dessa får inte publiceras i tabellform av konkurrensskäl. Uppgifterna finns hos Norconsult AB och kan kommuniceras med myndigheterna på deras begäran. Trafikverkets siffror pekar på att det endast är transporter av klasserna 2.1 och 3 på sträckan. Siffrorna indikerar att i klass 2.1 så transporteras det ungefär lika stora mängder som redovisas i TRAFAs material. I klass 3 ligger antalet transporter närmare det antal som anges i MSB:s statistik. I övriga klasser 1,

2.3 och 5 så medtas ett antal transporter av farligt gods i riskberäkningarna även om Trafikverkets siffror inte tyder på några transporter i dessa klasser. Detta för att inte underskatta riskerna.

Tabell 4.2:1 Antal förväntade transporter med farligt gods på Nynäsbanan år 2040.

Klass	Antal förväntade transporter/år 2040 (MSB 2006)	Antal förväntade transporter/år 2040 (TRAFA 2016)	Antal transporter/år 2040 som använts i riskberäkningarna
1 Explosiva ämnen	0	1	1
2.1 Brandfarliga gaser	31	807	600
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	0	29	
2.3 Giftiga gaser	0	269	10
3 Brandfarliga vätskor	646	1039	650
4 Brandfarliga fasta ämnen	0	458	
5 Oxiderande ämnen	0	1065	30
6 Giftiga ämnen mm	0	131	
8 Frätande ämnen	0	727	
9 Övriga farliga ämnen	0	46	
Totalt	677	4573	

Klasserna i *tabell 4.2:1* omfattar ämnen med varierande farlighetsgrad. För att kunna genomföra en riskberäkning måste ämnen delas upp ytterligare.

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

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

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

Detta ger antal transporter i de kategorier som främst bedöms innebära risker för området enligt *tabell 4.2:2*.

Tabell 4.2:2 Farligt gods på Nynäsbanan år 2040 som medför betydande risk för området.

Klass och ämnesgrupp	Bohusbanan
1.1 Massexplosiva ämnen	0,1
2.1 Brandfarliga gaser	600
2.3 Giftiga gaser	10
3. Mycket brandfarliga vätskor	490
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	10

4.3 Sannolikhet för olyckor på järnvägen

Sannolikheten för olyckor på järnvägen förbi planområdet har beräknats med den av Trafikverket angivna metoden (Banverket 2001). Beräkningarna visas i *figur 4* i *bilaga 1*. Hänsyn har tagits till 1 växel nära planområdet. Sannolikheten för en olycka har beräknats till $1,2 \times 10^{-7}$ per vagnkilometer och år. Detta innebär att om en järnvägsvagn forslas en sträcka av 1 kilometer på järnvägen så är sannolikheten för en olycka 0,000 000 12 eller en gång på 8 000 000 år. Sannolikheten är mycket liten för varje enskild vagn som transporteras men på järnvägar med mycket transporter av farligt gods kan det transporteras flera tusen vagnar årligen, vilket gör att riskerna inte är försumbara.

5. Resultat

I beräkningarna av risknivåerna har hänsyn tagits till att Nynäsbanan är belägen cirka 11 meter lägre än planområdet så att en slänt bildas mellan järnvägen och planområdet. Det har antagits att detta i viss mån hindrar spridning av brandfarliga och giftiga gaser (klass 2.1 respektive klass 2.3) vid en olycka. Dessa gaser är tyngre än luft och vid utsläpp bildas moln som rör sig över markytan med vinden och vars tjocklek kan uppgå till några meter. Molnens beteende kommer att påverkas av den 11 meter höga slänten längs järnvägen.

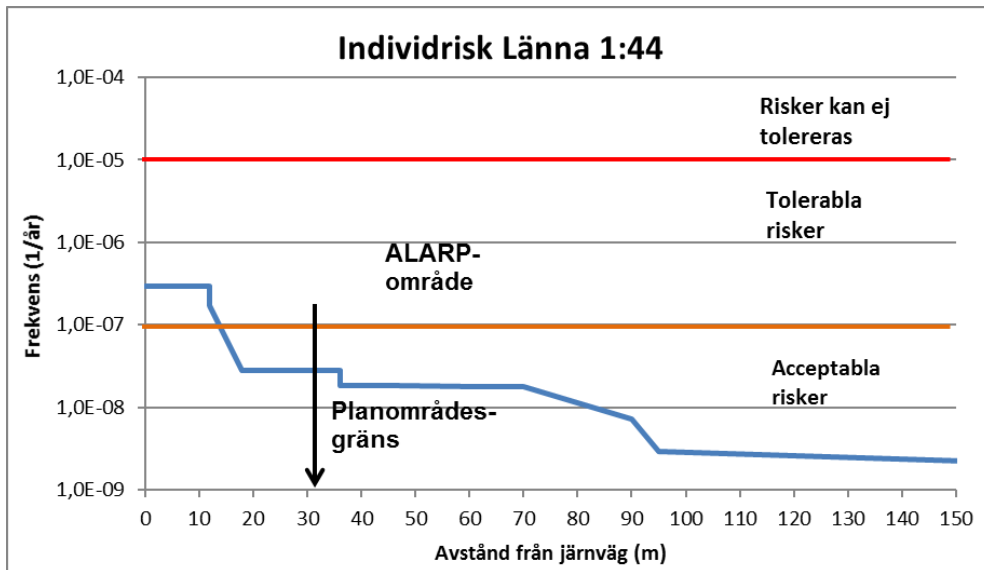
För de beräkningar som presenteras i efterföljande avsnitt har detta omsatts i följande antaganden:

- Molnets totala yta har antagits vara konstant för att spegla att gasmängden i molnet inte ändrar sig på grund av vallen.
- För gaser så har det antagits att ett utsläpp inte leder till att gaser sprider sig över 7 meter i höjdlängd. En höjdskillnad på 7 meter uppnås vid ett avstånd på 36 meter från Nynäsbanan i detta fall.
- Det antas att vid olyckor med brandfarliga vätskor kommer slänten att hindra dessa vätskor från att rinna mot området och leda till brand där.

Beräkningarna för Nynäsbanan finns redovisade i *bilagan*. I detta avsnitt redovisas endast resultaten av riskberäkningarna.

5.1 Individrisk

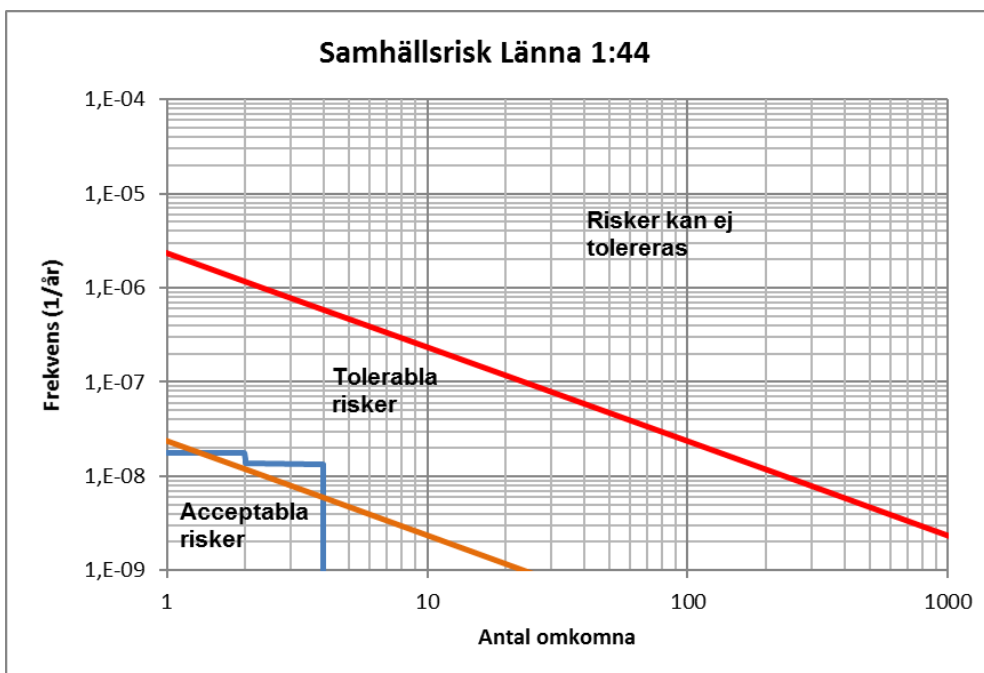
Beräkningen av individrisken till följd av transporterna av farligt gods på Nynäsbanan visar på acceptabla risknivåer vid planområdesgränsen. Detta kan utläsas ur *figur 5.1:1*.



Figur 5.1:1 Individrisk vid planområdet till följd av transporter av farligt gods på Nynäsbanan

5.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk till följd av transporter av farligt gods på Nynäsbanan har beräknats och finns presenterade i *figur 5.1:2*.



Figur 5.2:1 Samhällsrisk vid planområdet till följd av transporter av farligt gods på Nynäsbanan.

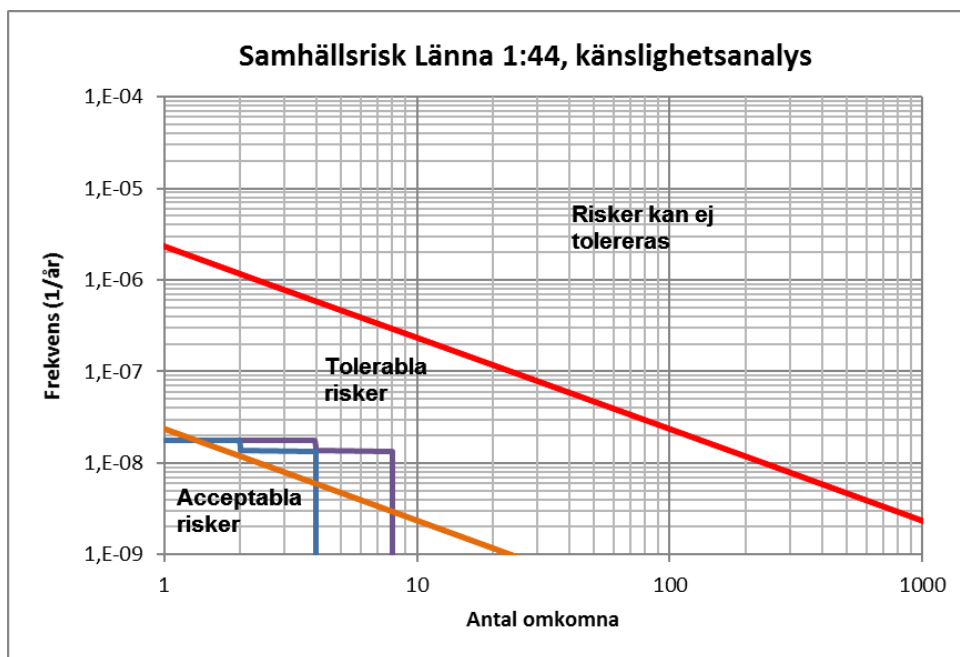
Samhällsriskerna från transporter av farligt gods förbi Länna 1:44 visar på ett mindre överskridande av kriterierna för acceptabla risker. Vissa rimliga åtgärder kan behöva vidtas. Vad detta innebär diskuteras vidare i *kapitel 7*.

6. Känslighetsanalys

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 år 2040 av betydelse. Detta är också viktigt då uppgifterna om transporterade mängder redan i nuläget är ganska osäkra.

För att hantera detta har mängderna farligt gods som transporteras år 2040 ökat med en faktor 3 jämfört med vad som transporteras förbi planområdet idag. Bedömningen är att detta är väl tilltagna mängder farligt gods som sannolikt är högre än vad som kommer att transporteras i verkligheten. Därför görs ingen känslighetsanalys på antalet transporter.

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. För att kunna bedöma hur osäkerheten i ingångsvärden påverkar slutsatserna och för att samtidigt säkerställa att själva risknivån inte underskattas har en beräkning av samhällsrisk genomförts för området där antalet personer inom området ökat med 100 %, se *figur 6:1*.



Figur 6:1 Känslighetsanalys med antal personer inom området ökat med 100 %. Den ursprungliga samhällsriskens indikeras med blå linje, känslighetsanalysen visas med lila linje.

Känslighetsanalysen som presenteras i *figur 6:1* visar att samhällsriskens fortfarande ligger inom ALARP-området, även om antalet personer inom området har ökat med 100 %.

7. Diskussioner och slutsatser

Eftersom riskberäkningarna visar på att samhällsriskerna ligger inom ALARP-området så skall det undersökas vilka skyddsåtgärder som kan genomföras för att minska riskerna. Skyddsåtgärderna ska vara ekonomiskt rimliga och tekniskt genomförbara, se *avsnitt 3.3.2*. Riskerna är främst kopplade till olyckor med transporter av brandfarliga komprimerade gaser som transporteras i relativt stor omfattning förbi planområdet.

Åtgärder som bedöms vara aktuella att genomföra i planområdet är:

- fasader ska utföras i obrännbart material alternativt lägst brandteknisk klass EI30
- friskluftsintag ska riktas bort från järnvägen
- det ska vara möjligt att utrymma bort från järnvägen på ett säkert sätt

Dessa skyddsåtgärder är i linje med de skyddsåtgärder som föreslås i Länsstyrelsen i Stockholms läns riktlinjer som presenteras i *kapitel 3.2.2*. Med dessa föreslagna åtgärderna bedöms därför risknivån inom området vara godtagbara enligt kriterierna som tillämpats. Områdets utformning bör kunna godkännas förutsatt att de föreslagna åtgärderna genomförs.

Norconsult AB
Väg och Bana
Trafik

Johan Hultman
johan.hultman@norconsult.com

Herman Heijmans
herman.heijmans@norconsult.com

8. Referenser

Banverket 2001	Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5; 2001-10-22
Lst 2006	Riskhantering i detaljplanprocessen, Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006
Lst Stockholms län 2016	Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Länsstyrelsen Stockholms län, 2016-04-11
MSB 2006	Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, GIS-databas avseende transporter av farligt gods, baserat på undersökning september 2006.
Rtj Storgöteborg 2004	Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänsten Storgöteborg 2004
SRV 1997	Värdering av risk, FoU rapport, Räddningsverket 1997
TRAFÄ 2016	Bantrafik 2015. Årliga rapporter utgivna av TRAFÄ, 2016-06-08
Trafikverket 2016:1	Mailkonversation med Carlos Moran på Trafikverket, 28 september 2016
Trafikverket 2016:2	Uppgifter om transport av farligt gods på Nynäsbanan, e-post från Trafikverket 2016-11-21.
ÖSA 2004	Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen, Öresund Safety Advisers AB, 2004

Beräkningsbilaga järnväg

Innehåll

1. Inledning	2
1.1 Beräkningsmetod	2
1.1.1 Inledning	2
1.1.2 Sannolikhetsberäkning	2
1.1.3 Konsekvenser	5
1.2 Ingångsdata till scenarieberäkningar	5
2. Aktuella scenarierna	9
2.1. Scenarier med sprängämnen, klass 1.	9
2.1.1 Sannolikheter	9
2.1.2 Konsekvenser	11
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1	18
2.2.1 Scenario Jetflamma	18
2.2.2 Scenario Gasbrand vid momentant utsläpp, Gasbrand M ...	20
2.2.3 Scenario Gasbrand vid kontinuerligt utsläpp, Gasbrand KT och KL	21
2.2.4 Scenario Gasexplosion vid momentant utsläpp, Gasexplosion M	22
2.2.5 Scenario Gasexplosion vid kontinuerlig utsläpp, Gasexplosion KT och KL	23
2.2.6 Scenario BLEVE	24
2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3	24
2.3.1 Scenario Gasmoln M	26
2.3.2 Scenario Gasmoln K	26
2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1	27
2.4.1 Scenarier Pölbrand S och M	29
2.5. Scenarier med oxiderande ämnen, klass 5.1	30
2.5.1 Scenario Explosion S och M	30
3. Beräkningsresultat	35
4. Referenser	36

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 händelsesträd
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

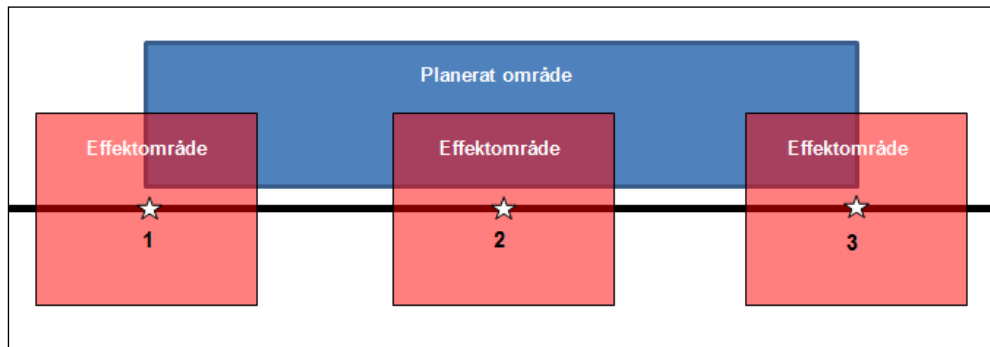
Olycksrisken för tåg beräknas enligt den av Banverket (numera en del av Trafikverket) angivna metod (Banverket 2001).

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

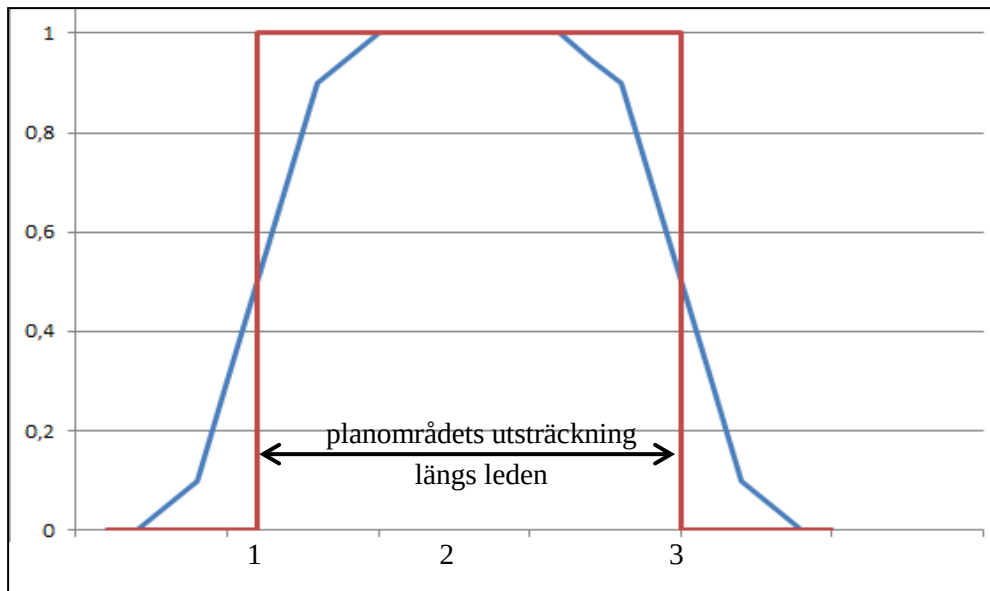
vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar varierar beroende på vilket scenario som är aktuellt

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



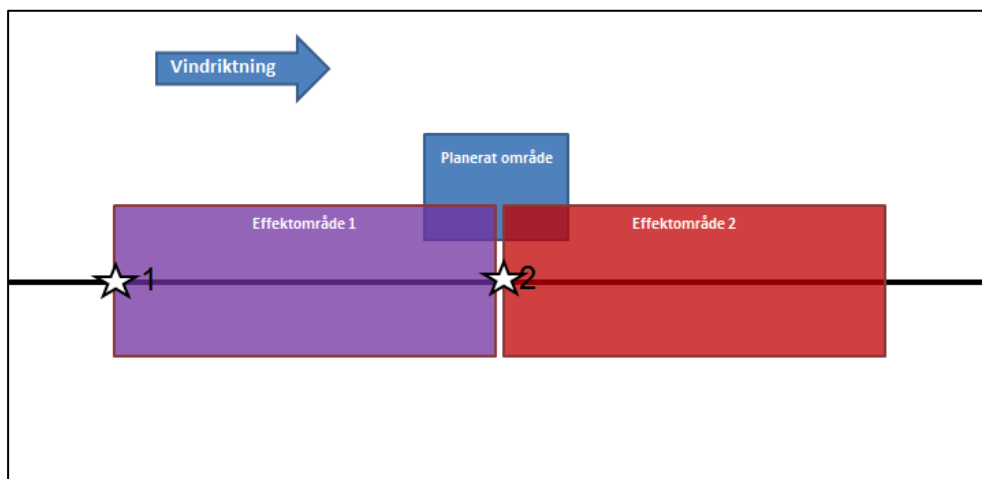
Figur 1. Tre olika lägen för en olycka med farligt gods med effektområde mindre än det planerade området..

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 händelseträd 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 händelseträd 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)		Riskanalys Länna 1:44		2016-11-21	
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	49 m			Beräknas	
Vagnlängd	20 m				
Godståg/dag	9				
Persontåg/dag	0				
Pendeltåg/dag	252				
Antal vagnar/tåg	2,5				
Antal tåg/dag	261				
Antal tåg/år	95265				
Antal tåg/v	1832				
Antal växlar	1				
Plankorsn. bommar	0				
Plankorsn. ljus	0				
Plankorsn. Kryss	0				
Vagnaxelkm/år	6,5E+05				
Vagnkm	2,4E+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	3,2E-05	6,5E-05
Solkurva	Spårkm	1,0E-05	2,0E-04	1,0E-05	2,0E-04
Spårlägesfel	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10	2,6E-04	2,6E-04
Växel sliten	Antal tågpassager	5,0E-09	5,0E-09	4,8E-04	4,8E-04
Växel ur kontroll	Antal tågpassager	7,0E-08	7,0E-08	6,7E-03	6,7E-03
Vagnfel	Vagnaxelkm	3,1E-09	3,1E-09	2,0E-03	2,0E-03
Lastförskjutning	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10	2,6E-04	2,6E-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	1,9E-02	1,9E-02
Summa	Olyckor per år/km			2,8E-02	2,9E-02
Antal tågkm/år				9,5E+04	9,5E+04
Olyckor per tågkm, år				3,0E-07	3,0E-07
Antal vagnkm/år				2,4E+05	2,4E+05
Olyckor per vagnkm, år				1,2E-07	1,2E-07

Figur 4. Ingångsvärden för riskberäkningarna.

Ingångsdata 2(2)

Riskanalys Länna 1:44

2016-11-21

Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och nattetid

	antal vagnar totalt	antal vagnar dagtid/år	olycksrisk dagtid/km, år	antal vagnar natt/år	olycksriskn att/km,år
Klass 1, massexplosiv	0,1	0,0	3,0E-09	0,1	9,1E-09
Klass 2.1	600	150,0	1,8E-05	450,0	5,4E-05
Klass 2.3	10	2,5	3,0E-07	7,5	9,1E-07
Klass 3, bensen	490	122,5	1,5E-05	367,5	4,4E-05
Klass 5.1, explosionsrisk	10	2,5	3,0E-07	7,5	9,1E-07

Beräkning antal vagnar med mkt brandfarliga vätskor per godståg

antal godståg	3285
andel m bensinvagnar	15%

Områdesinfo

Områdets storlek

	Inne	Ute	
Planområdets avstånd led	53	32	m
Planområdets bredd	16	45	m
Planområdets längd	20	47	m

Befolkningstäthet

	Dag		
	Inne	Ute	
Befolkning inne +ute	2		personer
Andel inne/ute	93%	7%	
Befolkning	1,9	0,1	personer
Befolkningstäthet	5,8E-03	6,6E-05	pers/m2

	Natt		
	Inne	Ute	
Befolkning inne +ute	4		personer
Andel inne/ute	99%	1%	
Befolkning	4,0	0,0	personer
Befolkningstäthet	1,2E-02	1,9E-05	pers/m2

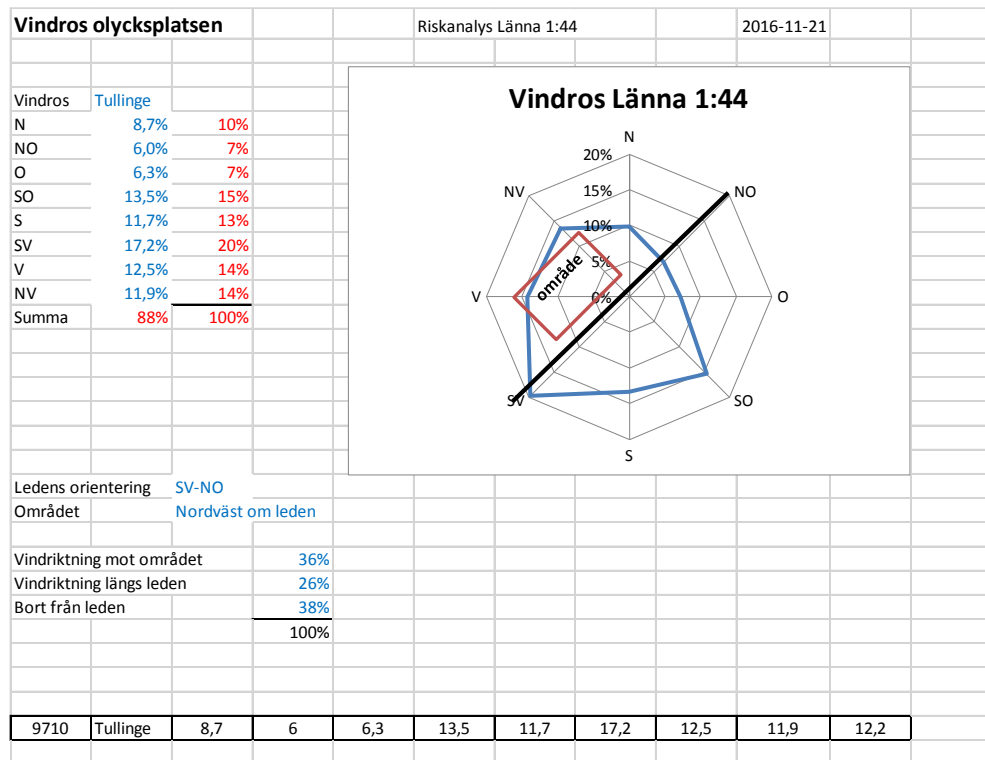
	Dag	Natt
Antal personer första raden totalt	2	4

	Dag		
	Inne	Ute	
Andel i %	93%	7%	
Antal personer 1:a rad	1,9	0,1	

	Natt		
	Inne	Ute	
Andel i %	99%	1%	
Antal personer 1:a rad	4,0	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 Länna 1:44.

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.

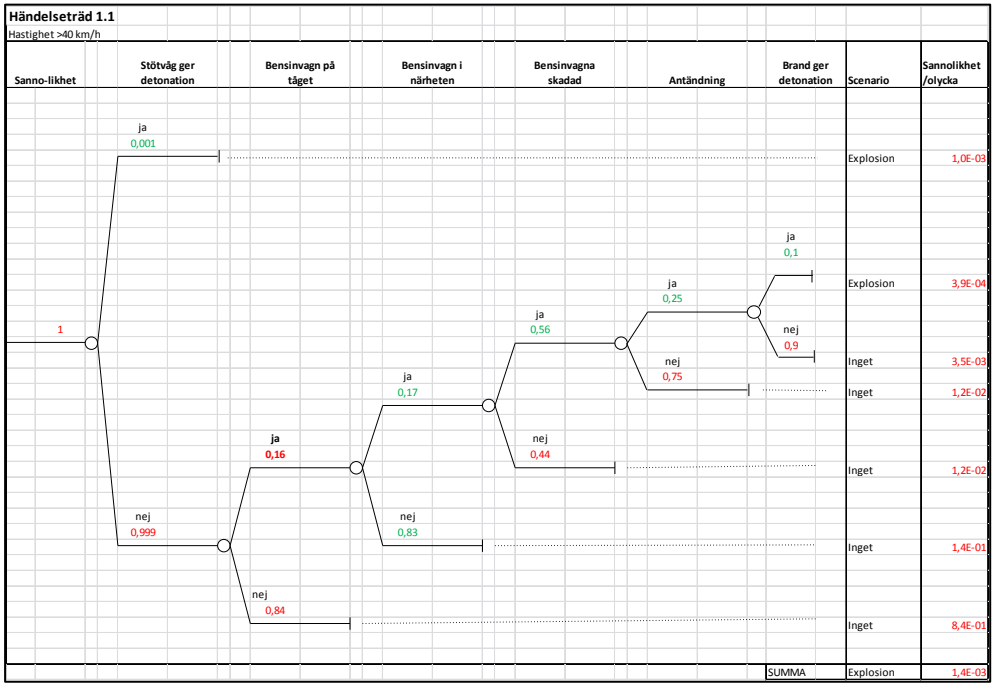
Sannolikhet för detonation på grund av brand

Sannolikheten för brand beräknas enligt följande.

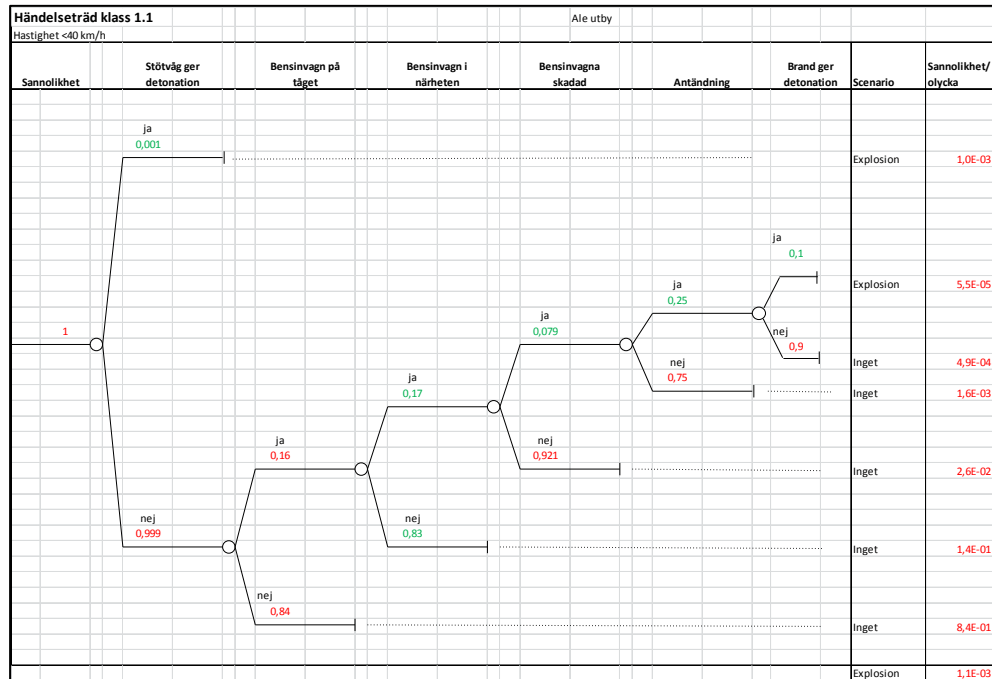
- 1. Det måste finnas en tankvagn med bensin eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
- 2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med sprängämnen, högst en vagn emellan
- 3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande utsläpp
- 4. Vätskan måste antändas

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 *figur7* 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.

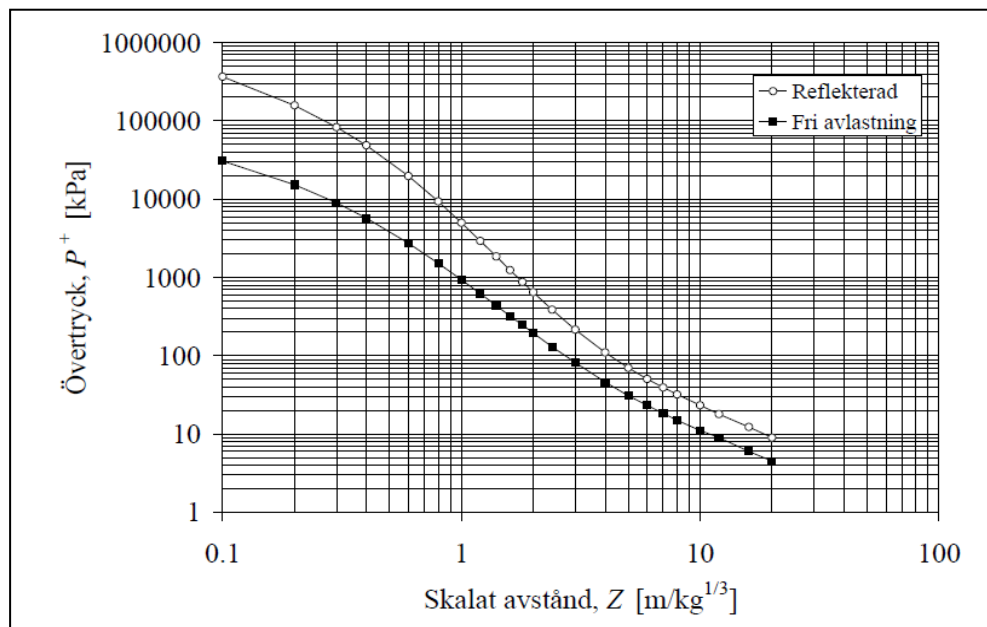
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 9 ger övertrycket p_+



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

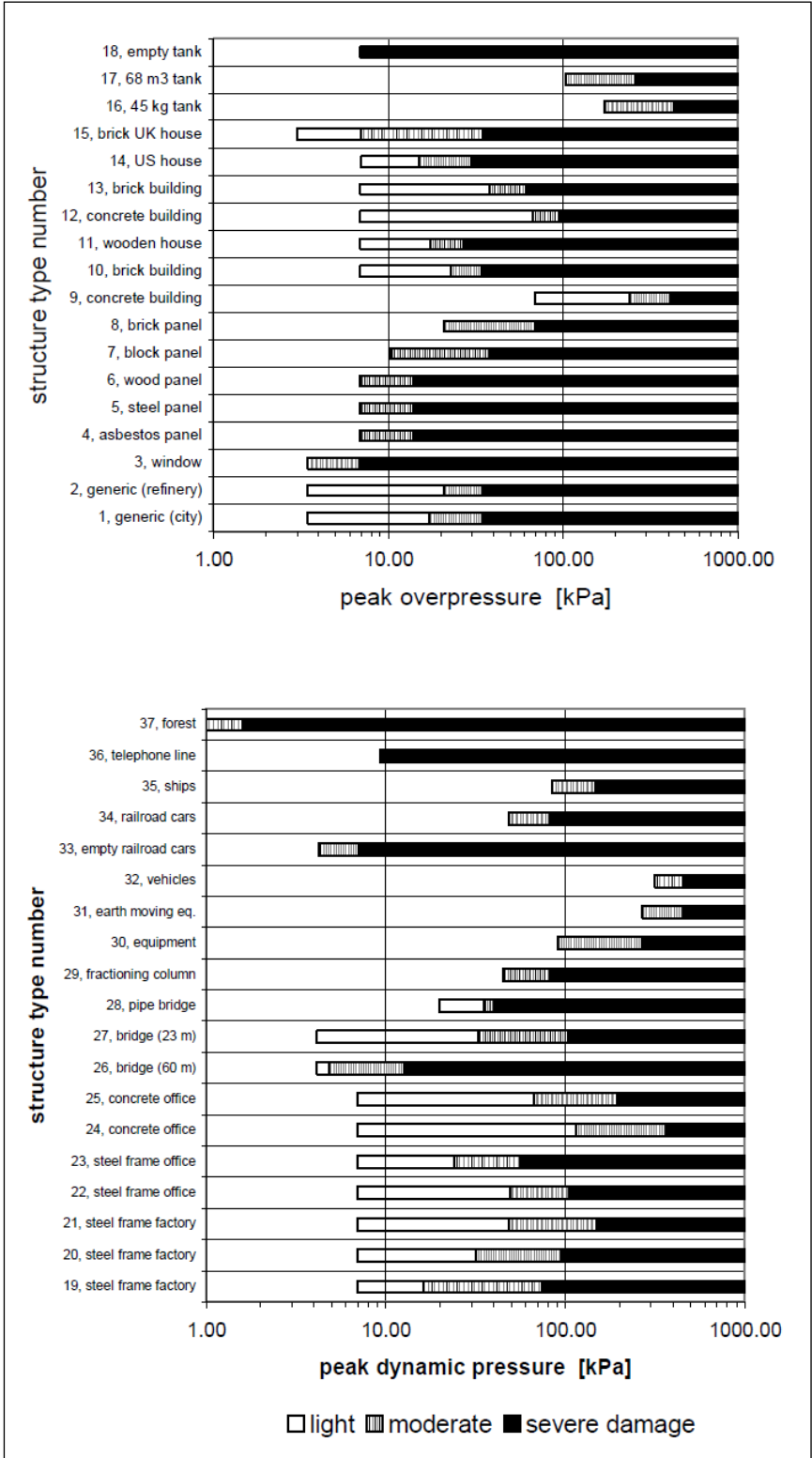
Resultaten visas i *tabell 1*.

Tabell 1. Explosionstryck som funktion av avståndet till explosionscentrum.

M (kg)		12500	25000
$M^{1/3}$ (kg ^{1/3})		23,2	29,2
Z	p^+		
m/kg ^{1/3}	kPa	avstånd (m)	avstånd (m)
1	900	23	29
2	200	46	58
2,5	120	58	73
3	80	70	88
4	45	93	117
5	33	116	146
5,2	30	121	152
6	23	139	175
6,9	20	160	202
7,9	15	183	231

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

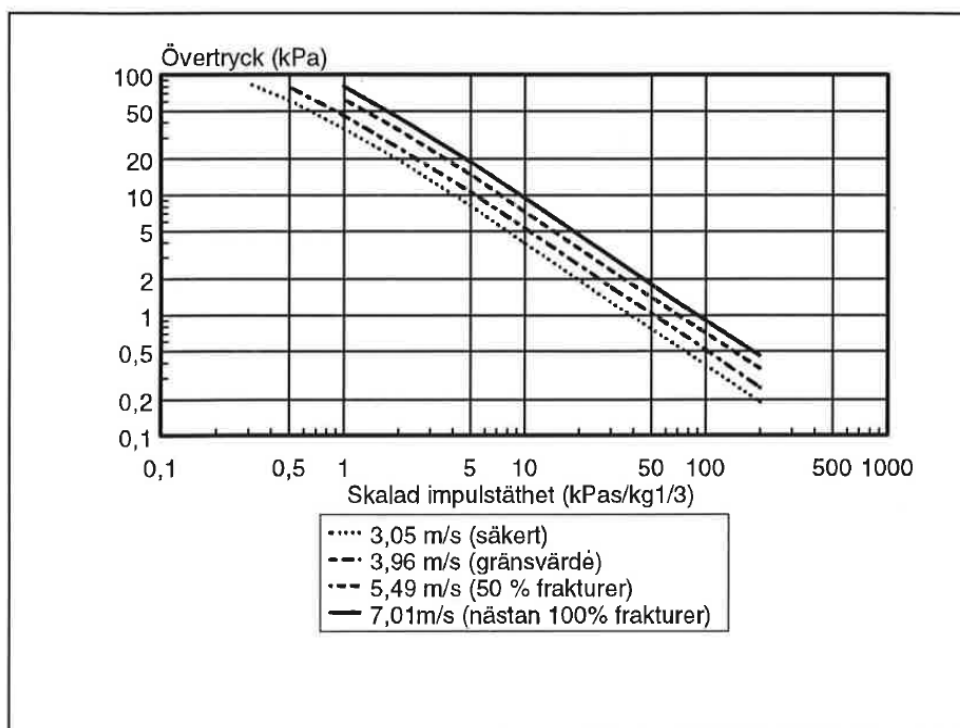
Direkta skador pga. tryck

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.

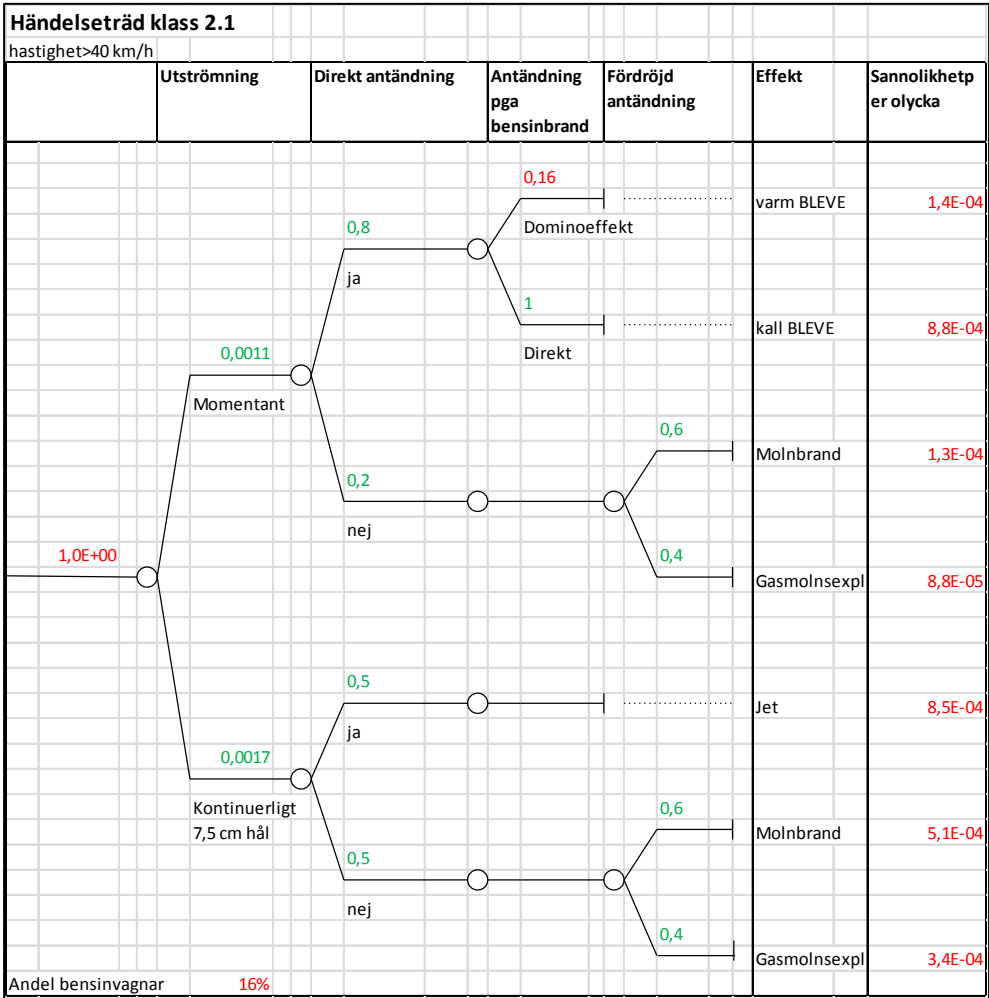
2.2 Scenarier med brandfarliga gaser, klass 2.1

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

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 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 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 tåghastigheter 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.

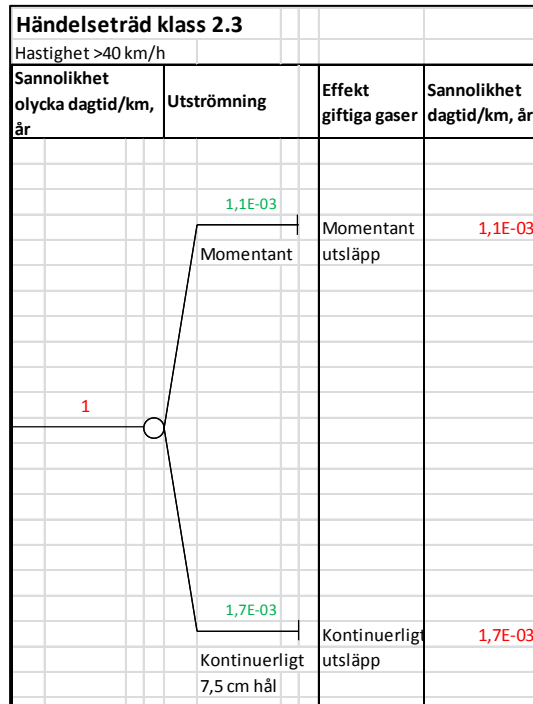
Samhällsrisk

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.

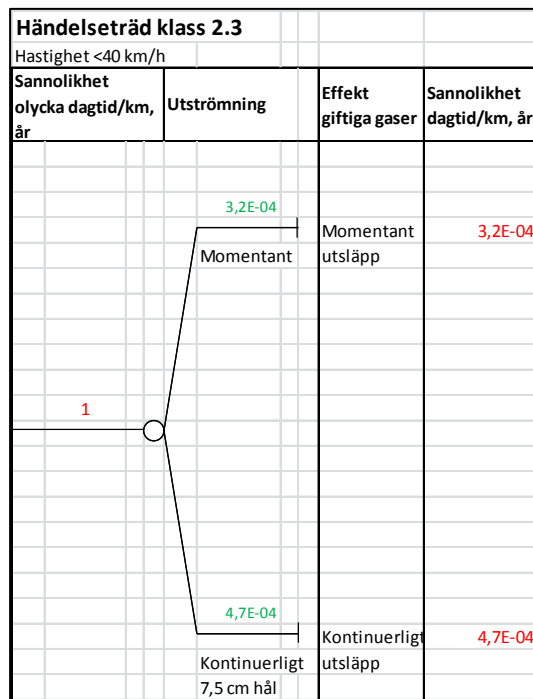
2.3 Scenarier med giftiga gaser, klass 2.3

Sannolikheten för en olycka med ett fordon med giftiga gaser per kilometer transportled har beräknats på samma sätt som för massexplosiva 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.



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



Figur 17. Händelseträd 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.

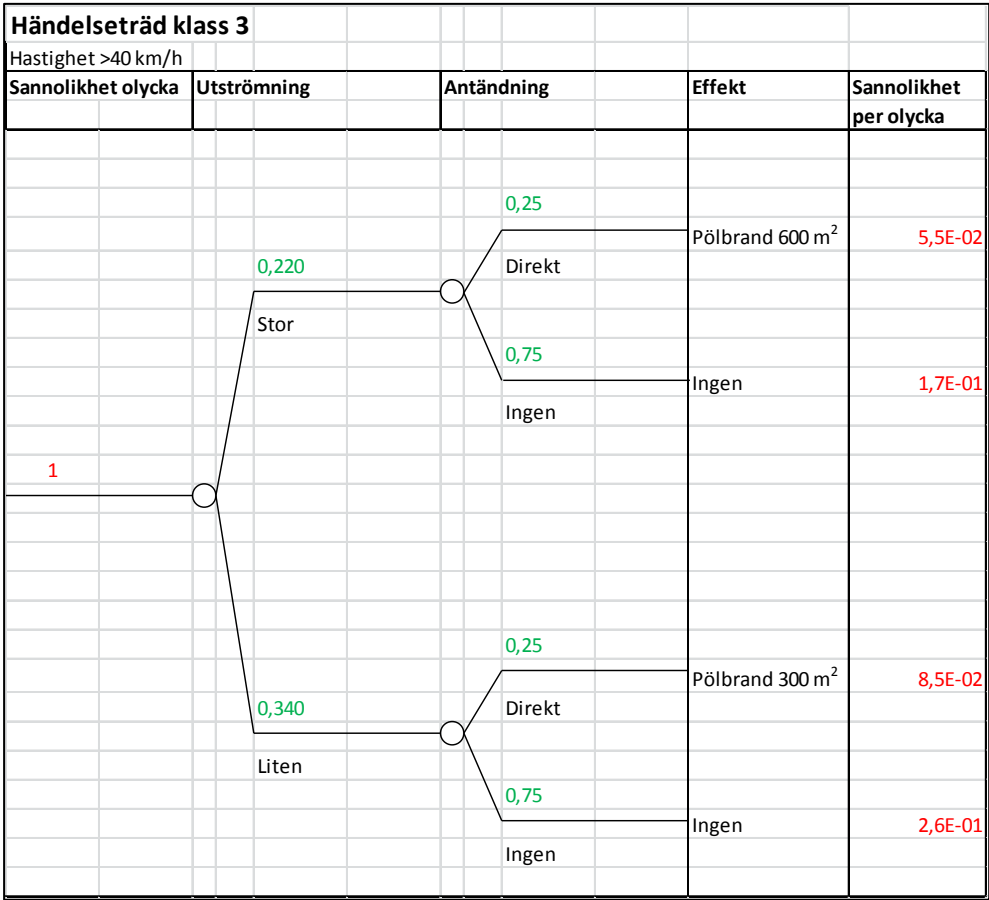
Samhällsrisk

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.

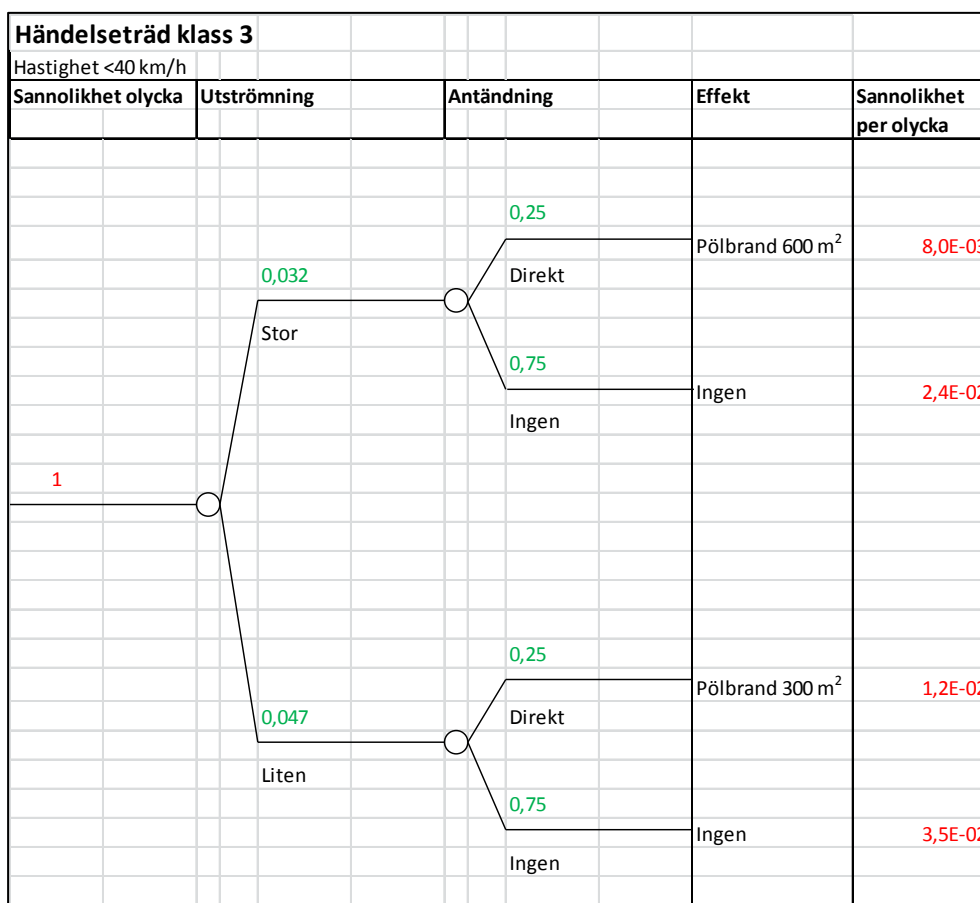
2.4. Scenarier med mycket brandfarliga vätskor, klass 3.1

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 Händelseträd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.
Tåghastighet > 40 km/h



Figur 19 Händelseträd 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.

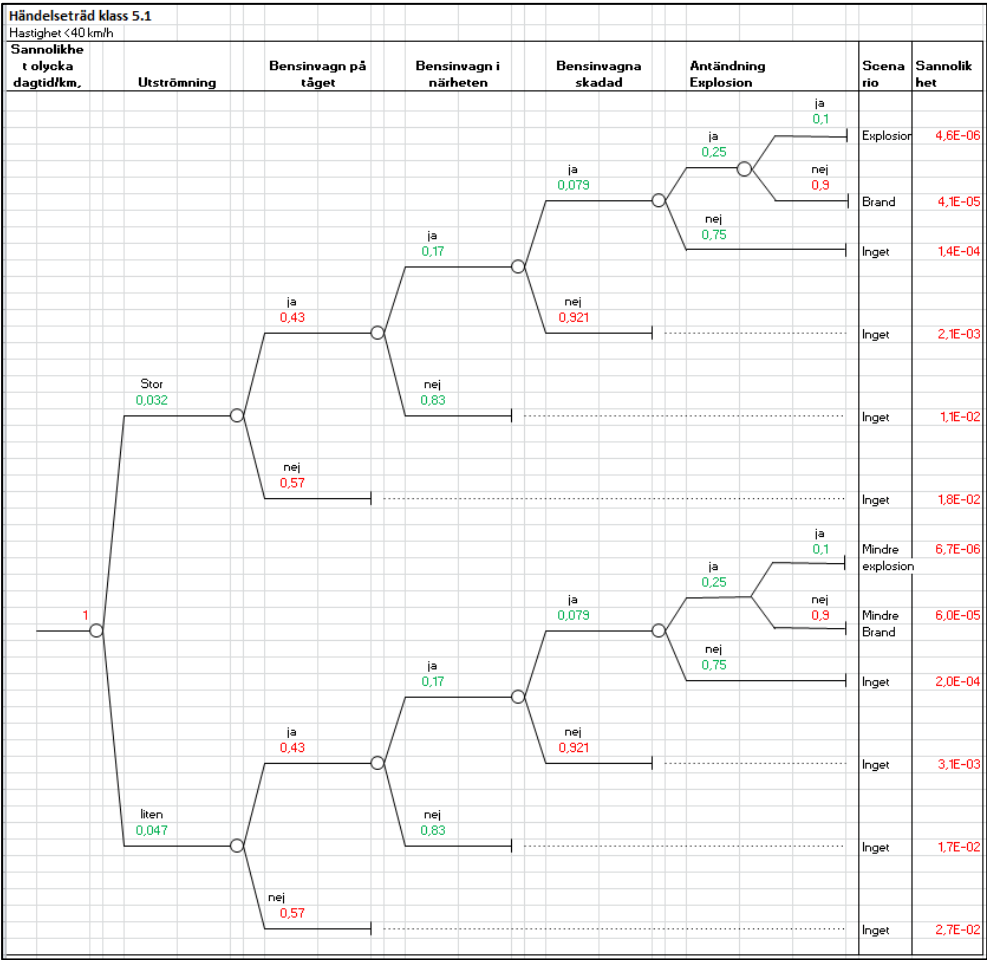
Konsekvenserna av dessa explosioner härleds på samma sätt som för massexplosiva ämnen i klass 1.

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. Händelsesträd 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 nedan presenteras resultaten av riskberäkningarna.

Tabell 2 Resultat av riskberäkningarna

Sammanställning av beräkningsresultat dagtid												Riskanalys Länna 1:44		2016-11-21			
Effektområde 1												Effektområde 2					
F _{klass} /år Klass , km	Scenario	F _{scen} /år, km	längd	bredd	F _{omk} inne	F _{omk} ute	längd	bredd	F _{omk} inne	F _{omk} ute	F _{scen} /år	Om-komma					
1. 3,0E-09	Massexplosion	4,1E-12	285	83	0,17	1,00	-	-	-	-	1,17E-12	0,5					
2.1 1,8E-05	Jet	1,5E-08	70	90	1,00	1,00	70	90	0,00	0,10	1,1E-09	2,0					
	Gasbrand M	2,4E-09	939	36	1,00	1,00	-	-	-	-	2,3E-09	0,0					
	Gasbrand KT	6,6E-11	19,5	36	1,00	1,00	-	-	-	-	6,6E-11	0,0					
	Gasbrand KL	1,7E-10	70	5	1,00	1,00	-	-	-	-	1,7E-10	0,0					
	Gasexplosion M	2,4E-09	330	165	1,00	1,00	-	-	-	-	5,3E-10	2,0					
	Gasexplosion KT	2,1E-10	95	95	1,00	1,00	-	-	-	-	2,1E-10	2,0					
	Gasexplosion KL	1,6E-10	95	47	1,00	1,00	-	-	-	-	1,6E-10	0,1					
	Bleve	1,8E-08	140	70	1,00	1,00	210	105	0,00	0,07	2,6E-09	2,0					
2.3 3,0E-07	Giftig gasmoln M	3,3E-10	138,9	36	0,10	1,00	114	57	0,03	0,30	4,6E-11	0,0					
	Giftig gasmoln KT	4E-11	240	36	0,10	1,00	121	374	0,03	0,30	4,4E-11	0,1					
	Giftig gasmoln KL	3E-11	240	18	0,10	1,00	374	61	0,03	0,30	3,3E-11	0,1					
3. 1,5E-05	Stor pölbrand	8,2E-07	37,5	12	1,00	1,00	-	-	-	-	3,1E-08	0,0					
	Liten pölbrand	1,3E-06	28,16	12	1,00	1,00	32,16	14	0,00	0,40	3,6E-08	0,0					
5.1 3,0E-07	Stor explosion	2,4E-11	285	83	0,17	1,00	-	-	-	-	6,7E-12	0,5					
	Liten explosion	3,7E-11	218	83	0,17	1,00	-	-	-	-	7,9E-12	0,5					

Sammanställning av beräkningsresultat nattetid												Riskanalys Länna 1:44		42695			
Effektområde 1												Effektområde 2					
F _{klass} /år Klass , km	Scenario	F _{scen} /år, km	längd	bredd	F _{omk} inne	F _{omk} ute	längd	bredd	F _{omk} inne	F _{omk} ute	F _{scen} /år	Om-komma					
1. 9,1E-09	Massexplosion	1,2E-11	285	83	0,17	1,00	-	-	-	-	3,5E-12	0,7					
2.1 5,4E-05	Jet	4,6E-08	70	90	1,00	1,00	70	90	0,00	0,10	3,2E-09	4,0					
	Gasbrand M	7,2E-09	939	36	1,00	1,00	-	-	-	-	6,8E-09	0,0					
	Gasbrand KT	2,0E-10	19,5	36	1,00	1,00	-	-	-	-	2,0E-10	0,0					
	Gasbrand KL	5,1E-10	70	5	1,00	1,00	-	-	-	-	5,1E-10	0,0					
	Gasexplosion M	4,8E-09	330	165	1,00	1,00	-	-	-	-	1,6E-09	4,0					
	Gasexplosion KT	6,3E-10	95	95	1,00	1,00	-	-	-	-	6,3E-10	4,0					
	Gasexplosion KL	4,7E-10	95	47	1,00	1,00	-	-	-	-	4,7E-10	0,1					
	Bleve	5,5E-08	140	70	1,00	1,00	210	105	0,00	0,07	7,7E-09	4,0					
2.3 9,1E-07	Giftig gasmoln M	1,0E-09	138,9	36	0,10	1,00	114	57	0,03	0,30	1,4E-10	0,0					
	Giftig gasmoln KT	1E-10	240	36	0,10	1,00	121	374	0,03	0,30	1,3E-10	0,1					
	Giftig gasmoln KL	1E-10	240	18	0,10	1,00	374	61	0,03	0,30	9,8E-11	0,1					
3. 4,4E-05	Stor pölbrand	2,4E-06	37,5	12	1,00	1,00	-	-	-	-	3,1E-08	0,0					
	Liten pölbrand	3,8E-06	28,16	12	1,00	1,00	32,16	14	0,00	0,40	1,1E-07	0,0					
5.1 9,1E-07	Stor explosion	7,1E-11	285	83	0,17	1,00	-	-	-	-	2,0E-11	0,7					
	Liten explosion	1,1E-10	218	83	0,17	1,00	-	-	-	-	2,4E-11	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 luftstöt våg, Statens Räddningsverk, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2007 |



Norconsult AB

Theres Svensson gata 11

Box 8774, 402 76 Göteborg

031 – 50 70 00, fax 031-50 70 10

www.norconsult.se