

Nielsen-Oscarsson Fastigheter AB

Hults Höjd i Trollhättan

Riskutredning transport av farligt gods

Uppdragsnr: 107 38 71 Version: 1.0 Datum: 2021-08-19



Fotograf: Oliver Willskytt

Uppdragsgivare: Nielsen-Oscarsson Fastigheter AB
Uppdragsgivarens kontaktperson: Anders Oscarsson
Konsult: Norconsult AB, Theres Svenssons gata 11, 417 55 Göteborg
Uppdragsledare: Carolin Folkeson
Teknikansvarig: Johan Hultman
Handläggare: Robert Kallin

1.0	2021-08-19	Sluthandling	Robert Kallin	Johan Hultman	Johan Hultman
0.9	2021-07-01	Externgranskning	Robert Kallin	Johan Hultman	Johan Hultman
0.8	2021-06-28	Interngranskning	Robert Kallin		
Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt

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

► Sammanfattning

Ett planprogram för området Hults Höjd i Trollhättan håller på att tas fram. Planprogrammet innefattar cirka 500 bostäder samt ny förskola samt eventuell ny skola. Området avgränsas i söder av odlingsmark och Överby handelsområde, i öster av E45 och i väster angränsar området till ett befintligt område med småhus, Hultsjön och Vänersborgsvägen. E45 är utpekad som rekommenderad primärväg och Vänersborgsvägen som sekundärväg för transport av farligt gods. Enligt Länsstyrelsens riskpolicy ska riskfrågor beaktas vid fysisk planering inom 150 meter från transportled för farligt gods.

Vänersborgsvägen ligger cirka 400 meter från området som är huvudfokus för exploateringen. Eftersom avståndet mellan väg och framtida bebyggelse är så pass långt har inte beräkningar på samhällsrisker genomförts. Gällande individrisken visar beräkningarna att den är på en acceptabel nivå redan vid väggkant.

Beräkningarna av risknivåer från transport av farligt gods på E45 visar på att individrisken är acceptabel på cirka 80 meters avstånd från väggkant. Huvudområdet för ny bebyggelse är beläget cirka 100 meter från E45 vilket medför att individrisken ligger på en acceptabel nivå inom hela området.

Riskenivåerna avseende samhällsrisk för transport av farligt gods på E45 ligger i nedre delen av ALARP-området vilket innebär att teknisk genomförbara och ekonomiskt rimliga skyddsåtgärder ska genomföras. De dimensionerande olyckorna är gasexplosion och molnbrand. I beräkningarna har hänsyn tagits till att ungefär hälften av huvudområdet för ny bebyggelse skyddas av en nivåskillnad mellan väg och framtida byggnader. Utifrån de dimensionerande olyckorna och platsspecifika förutsättningarna föreslås följande skyddsåtgärder på ny bebyggelse som ligger närmare än 150 meter från E45:

- För de delar av området som är skyddad från nivåskillnad:
 - Utrymning bör vara möjlig bort från E45.
 - Ventilation bör placeras högt och i skyddat läge som inte direkt vetter mot E45.
- För de delar av området som ej är skyddad från nivåskillnad:
 - Utrymning bör vara möjlig bort från E45.
 - Ventilation bör placeras högt och i skyddat läge som inte direkt vetter mot E45.
 - Fasader inklusive dörrar och fönster som vetter mot E45 bör utföras i obrännbart material eller EI30.

I dagsläget finns ingen exploateringsplan på hur byggnaderna kommer placeras mer än att merparten av bebyggelsen kommer hamna inom ett visst område. Eftersom byggprocessen är i ett så tidigt skede kan byggnader placeras så att riskerna för området minimeras. Några rekommendationer som kan beaktas i den processen är:

- Förskola, skola och andra verksamheter som klassas som svårutrymda bör placeras så långt från transportled av farligt gods som möjligt. För Hults Höjd rekommenderas den planerade förskolan och skolan placeras minst 150 meter från E45.
- Bebyggelsen rekommenderas utformas så att tyngdpunkten för befolkningen flyttas mot ytor där risken är lägre, till exempel västerut bort från E45 eller norrut till skydd av nivåskillnad.
- Om bullerskärmar uppförs mellan Hults Höjd och E45 kan de utformas i obrännbart material så att de även hjälper mot risk från transport av farligt gods. Även en bullervall intill E45 längs området som ej är skyddad från nivåskillnad skulle förbättra risksituationen.

Området Hults Höjd ligger cirka 2 km väst/nordväst om Trollhättan-Vänersborgs flygplats och ingår i dess så kallade "minimum secure altitude" område. Genom en jämförelse med en riskutredning som gjort på Arlanda flygplats bedöms risknivån från flygtrafik vara på en acceptabel nivå vid Hults Höjd.

► Innehåll

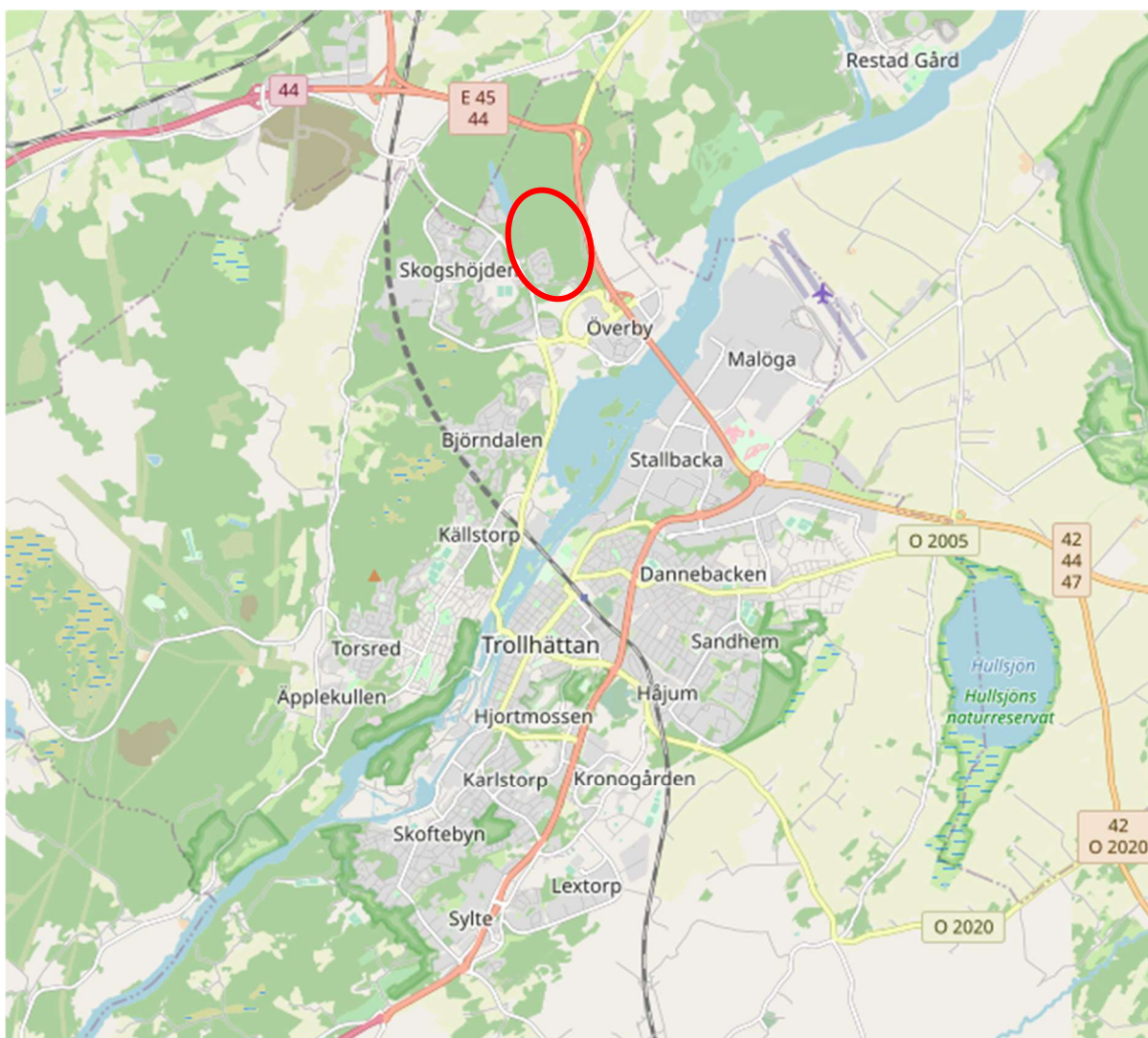
1	Inledning	5
2	Risker med transporter av farligt gods	6
2.1	Typer av farligt gods	6
2.2	Konsekvenser av en olycka med farligt gods	6
3	Riskbedömning i den fysiska planeringen	8
3.1	Vad är risker?	8
3.2	Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods	9
3.2.1	<i>Kvantitativa kriterier för individrisk</i>	9
3.2.2	<i>Kvantitativa kriterier för samhällsrisk</i>	10
3.2.3	<i>Riskhanteringsplan – Trollhättans Stad</i>	11
3.3	Riskhantering	12
3.3.1	<i>Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen</i>	12
3.3.2	<i>ALARP-området</i>	13
4	Platsspecifika förutsättningar	14
4.1	Området	14
4.2	Antal personer närvarande i planområdet	15
4.3	E45	16
4.4	Vänersborgsvägen	18
4.5	Flygtrafik	19
5	Resultat	22
5.1	Individrisk	22
5.2	Samhällsrisk	22
5.3	Osäkerhetsanalys	23
5.4	Individrisk Vänersborgsvägen	24
6	Diskussion och slutsatser	25
6.1	Skillnader riskhanteringsplan Trollhättans Stad	25
7	Referenser	27

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

1 Inledning

Ett planprogram för området Hults Höjd i Trollhättan håller på att tas fram. Syftet med planprogrammet är att pröva förutsättningarna för att uppföra ett nytt bostadsområde på cirka 500 bostäder. Inom planprogrammet har flera utredningar genomförts och där den här, Riskanalys transport av farligt gods, är en av dem.

Området Hults Höjd ligger mellan Överby, Skogshöjden och E45 i den norra delen av Trollhättans kommun, se *figur 1*. Området består idag av naturmark samt skog och avgränsas av E45 i öster och Vänersborgsvägen i väster. E45 är utpekad som rekommenderad primärväg och Vänersborgsvägen som sekundärväg för transport av farligt gods. Enligt Länsstyrelsens riskpolicy (Lst 2006) ska riskfrågor beaktas vid fysisk planering inom 150 meter från transportled för farligt gods och därför har denna riskutredning tagits fram.



Figur 1. Översiktlig karta med markerat läge för Hults Höjd (Bakgrundskarta: OpenStreetMap)

2 Risker med transporter av farligt gods

2.1 Typer av farligt gods

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

Tabell 1. Indelning av farligt gods.

Klass	Innehåll	Exempel
1	Explosiva ämnen	Massexplosiva varor (dvs. sprängämnen), fyrverkerier
2	Komprimerade, kondenserade eller under tryck lösta gaser	Brandfarliga gaser (gasol), giftiga gaser (ammoniak, svaveldioxid) och andra trycksatta gaser (kvävgas, syrgas)
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, eldningsolja
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kalciumkarbid
5	Oxiderande ämnen	Väteperoxid, ammoniumnitrat
6	Giftiga ämnen och smittfarliga ämnen	Kvikksilverföreningar 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 mer utförligt i *Bilaga 1*.

Klass 1. Explosiva ämnen

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

Klass 2: Brännbara eller giftiga gaser

Utsläpp av brännbar gas i luft kan antändas direkt och orsaka en 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, så kallad BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). Risken att omkomma av en jetflamma är vanligtvis liten på avstånd som överstiger 90 meter. Ett gasmoln som driver iväg med vinden kan hamna nära bebyggelsen

och orsaka betydande skador vid antändning. En BLEVE kan ge upphov till omkomna på ett avstånd av 150 meter.

Klass 3: Brandfarliga vätskor

Om en tank med mycket brandfarlig vätska (exempelvis bensin) skadas rinner bensinen ut och en pölbrand kan uppstå. Eldningsolja är så svårantändlig att brandrisken är försumbar. Risken att omkomma är som regel liten på avstånd som överstiger några 10-tals meter. Om ett utsläpp av brandfarliga vätskor kan rinna ner mot bebyggelsen finns risk för att en brand uppstår i det bebyggda området.

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

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

Klass 5: Oxiderande ämnen

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

Klass 6: Giftiga ämnen.

Giftiga ämnen ger mestadels enbart effekter vid direktkontakt.

Klass 7: Radioaktiva ämnen

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

Klass 8: Frätande ämnen såsom saltsyra, svavelsyra.

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

Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

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

3 Riskbedömning i den fysiska planeringen

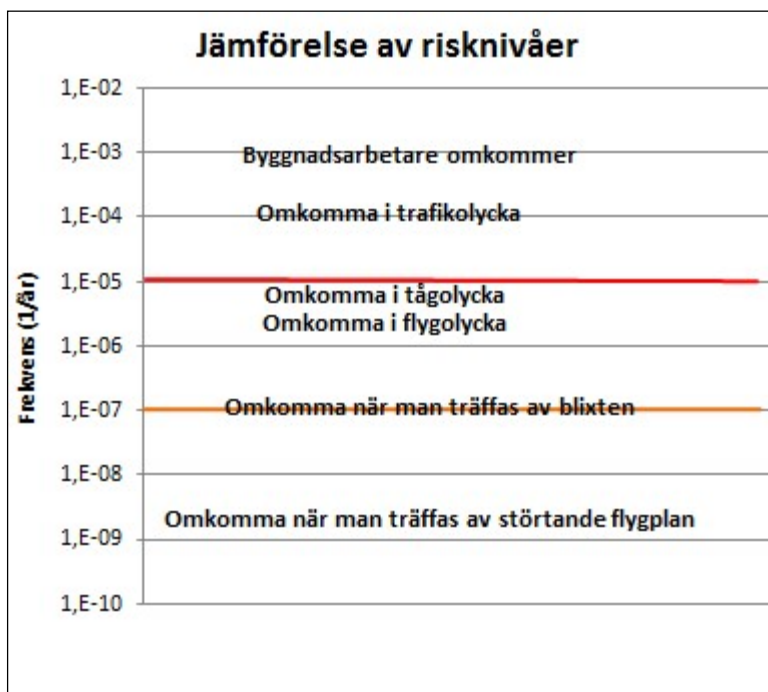
3.1 Vad är risker?

Risker beror på att händelser kan inträffa som har oönskade konsekvenser. Viktiga frågor är: "Hur ofta kan dessa händelser inträffa?" och "Vad är följderna om den händelsen inträffar?". Det handlar om sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser. Risk definieras därför oftast som sannolikheten för oönskade händelser multiplicerat med konsekvenserna av dessa händelser.

Sannolikheten brukar uttryckas som antal gånger det förväntas att en händelse kommer att inträffa under ett år. Detta kan bli ett väldigt litet tal för händelser som inte förväntas inträffa så ofta. En sannolikhet på 0,001 per år innebär att olyckan förväntas ske en gång på 1000 år. Sannolikheten för olyckor med farligt gods är oftast mycket lägre, *exempelvis 0,000 001 per år eller en gång på 1 000 000 år (matematiskt kan detta uttryckas som 1×10^{-6} per år)*.

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

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



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

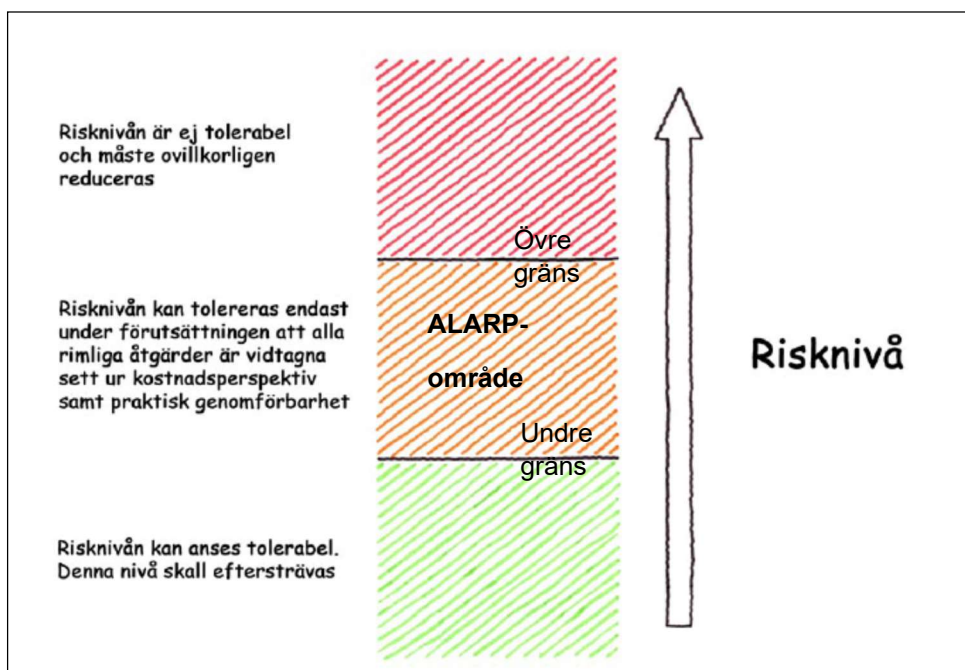
Vid riskutredning för den fysiska planeringen skiljs det på individrisk och samhällsrisk. Individrisken är risken för en person att omkomma i en olycka när han/hon befinner sig på en specifik plats i närheten av en riskkälla. För individrisken antas att personen befinner sig på denna plats under ett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

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

3.2 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods

3.2.1 Kvantitativa kriterier för individrisk

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



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

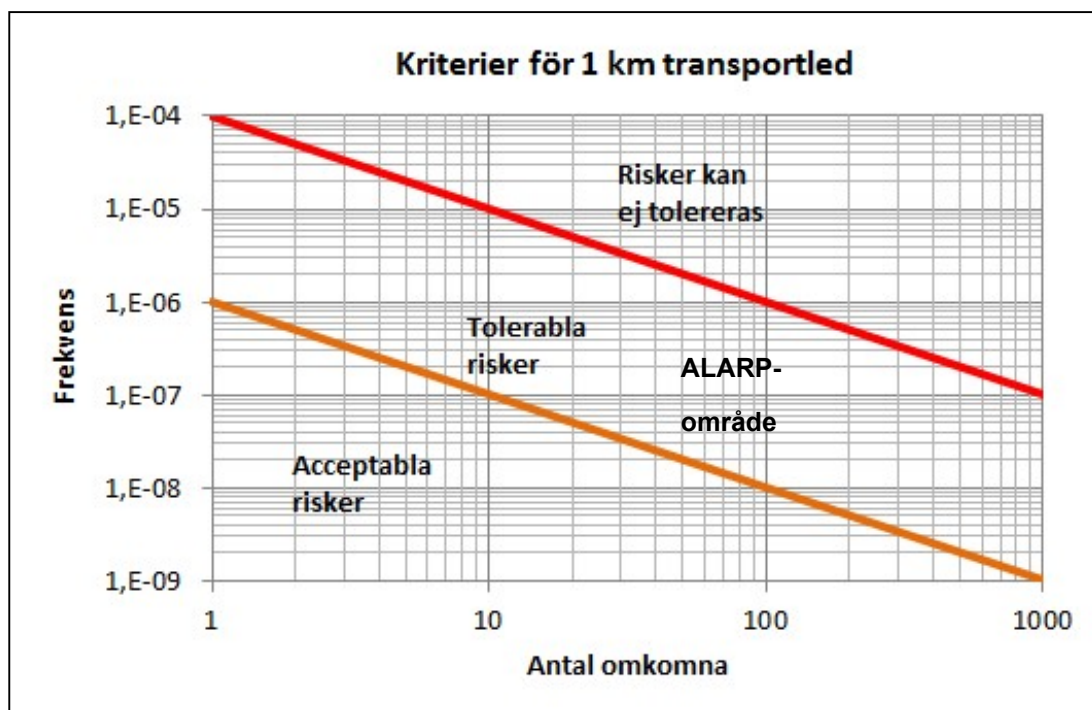
För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år och den undre på 1×10^{-7} per år. Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens totala risknivå. Om risknivån ligger under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

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

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

3.2.2 Kvantitativa kriterier för samhällsrisk

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

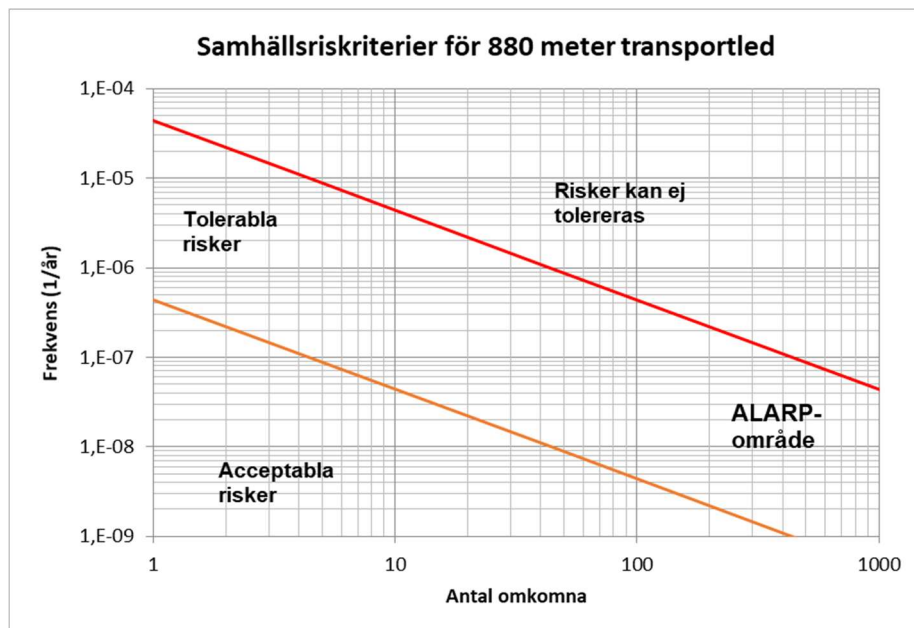


Figur 4. Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

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

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

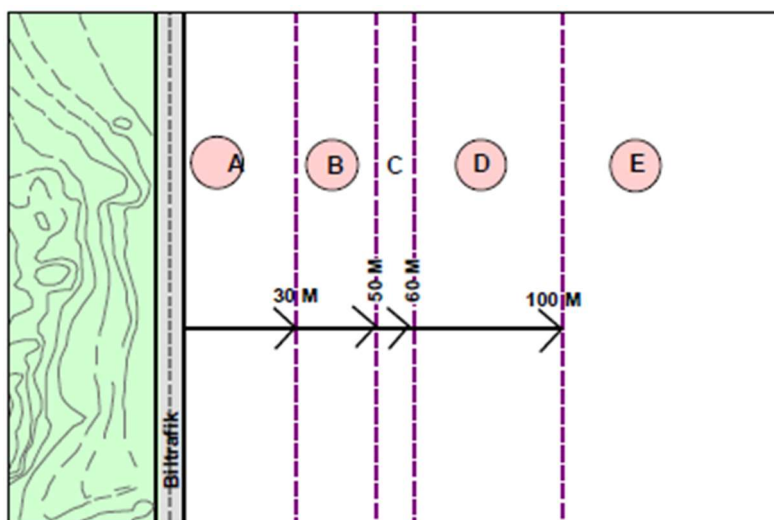
Kriterierna ovan gäller för 1 km område längs transportleden. Kriterier för det aktuella området beräknas utifrån områdets längd längs transportlederna E45 och Vänersborgsvägen och att området endast ligger på ena sidan av leden. Omräknade kriterier visas i *figur 5*. Längden på huvudområdet för ny bebyggelse utmed E45 och Vänersborgsvägen är cirka 880 meter.



Figur 5. Riskkriterier omräknade till 880 meter enkelsidig bebyggelse.

3.2.3 Riskhanteringsplan – Trollhättans Stad

År 2004 antog kommunfullmäktige i Trollhättans Stad en riskhanteringsplan för farliga ämnen och farligt gods (Trollhättans Stad 2004). I planen ingår bland annat förslag på rekommenderade säkerhetsavstånd för bebyggelse intill olika typer av transportleder för farligt gods. I figur 6 och 7 presenteras säkerhetsavstånd från väg för farligt gods respektive bensinled. Med bensinled avses gata där drivmedel behöver transporteras till bensinstation och där transporter av drivmedel är dimensionerande.



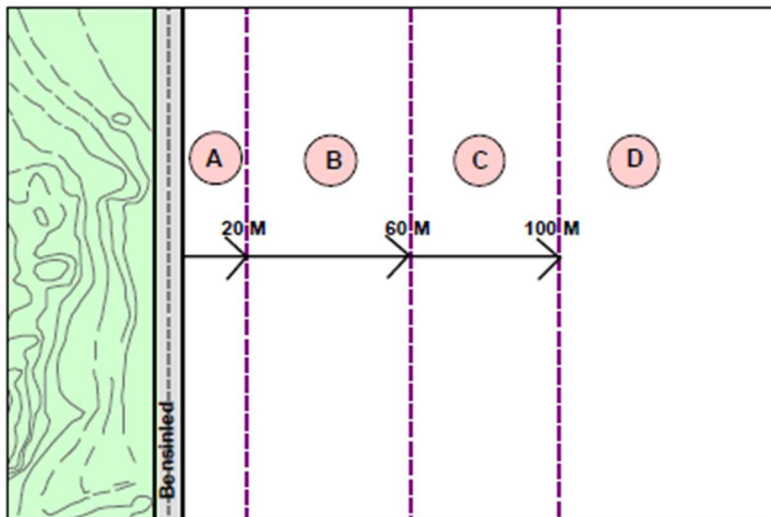
Figur 6. Skyddsavstånd från väg för farligt gods (Trollhättans stad, 2004)

Zon A. Bebyggelsefritt område

Zon B. Bostäder, mindre verksamheter och mindre samlingslokaler samt parkering. Begränsat antal våningar på bostäder.

Zon C. Samma som B men med fler antal våningar på bostadshus.

Zon D. Samma som C men också större samlingslokaler och samlingsplatser.
Zon E. Ingen särskild hänsyn med anledning av farligt gods.



Figur 7. Skyddsavstånd från bensenled (Trollhättans Stad, 2004)

Zon A. Bebyggelsefritt område

Zon B. Bostäder, mindre verksamheter och mindre samlingslokaler samt parkering.

Zon C. Bostäder, verksamheter, samlings- och fritidslokaler och samlingsplatser av typ idrottsanläggningar samt parkering. Dock ej tillkomna verksamheter av typ vårdinrättningar och skolor.

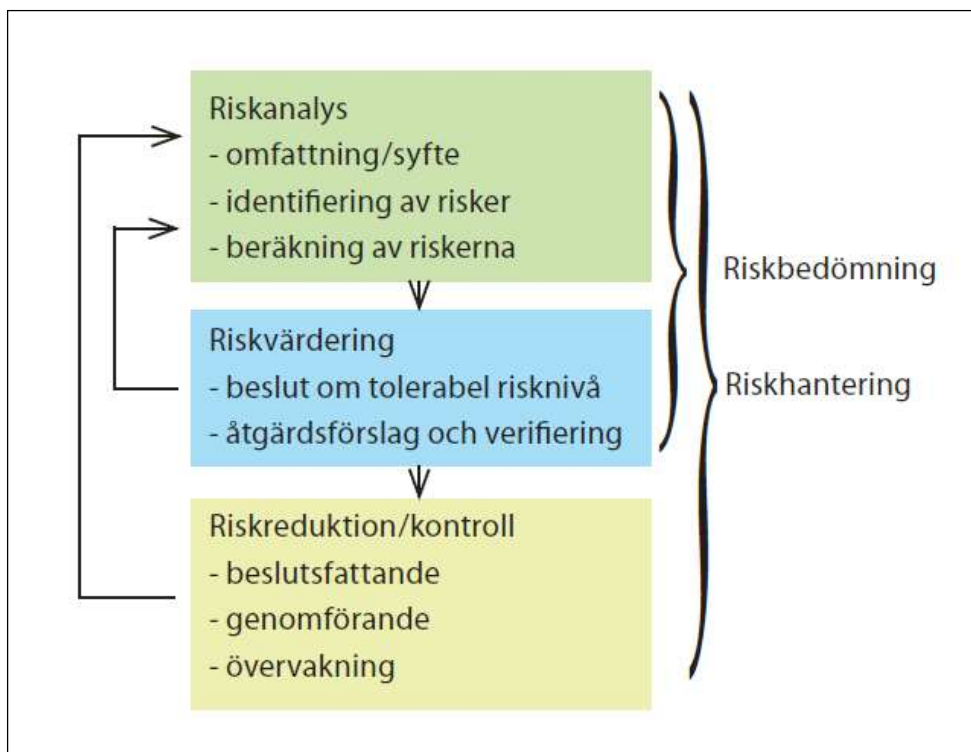
Zon D. Ingen särskild hänsyn med anledning av farligt gods.

3.3 Riskhantering

3.3.1 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen

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

Riskhanteringsprocessen kan delas upp i tre delar; riskanalys, riskvärdering och riskreduktion/kontroll, se figur 8 (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 8. Schema över riskhanteringsprocessen (Lst 2006).

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

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

3.3.2 ALARP-området

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

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

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

4 Platsspecifika förutsättningar

4.1 Området

Området avgränsas i söder av odlingsmark och Överby handelsområde, i öster av E45 och i väster angränsar området till ett befintligt område med småhus, Hultsjön och Vänersborgsvägen. I norr fortsätter skogsmarken innan E45/44 viker västerut vid trafikplats Skogsbo. Programområdets exakta avgränsning har ännu inte avgjorts. Merparten av ny bebyggelse kommer att fokuseras till det gula området i bilden från planbeskedet, se *figur 9*, men även angränsande områden kan beröras för att få en god helhet.

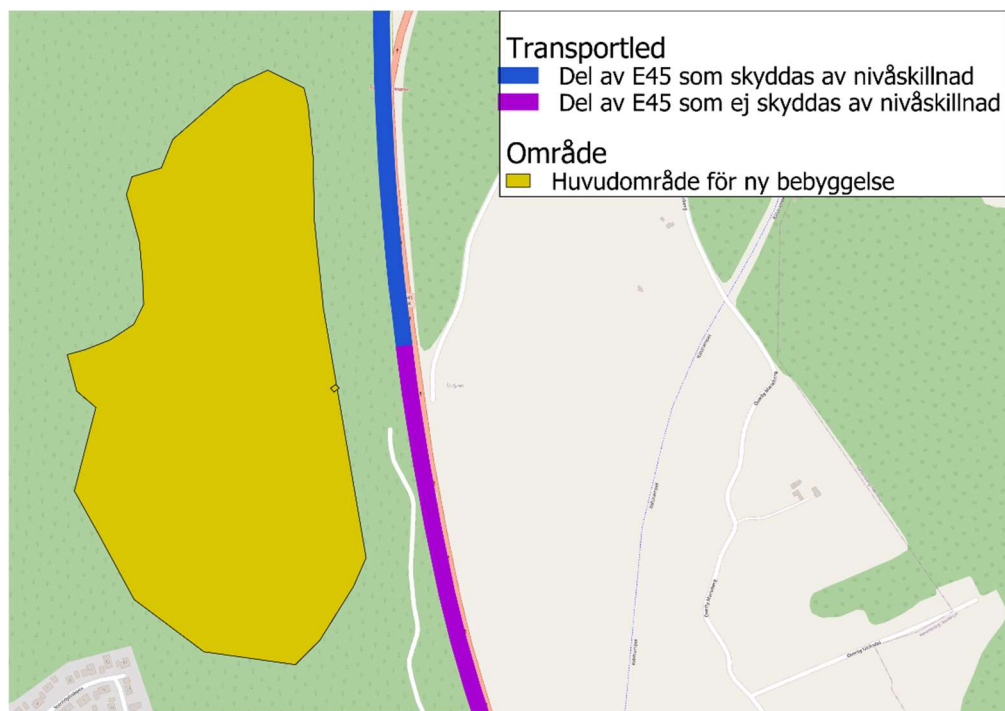


Figur 9. Huvudområde för tillkommande bebyggelse.

Avståndet mellan huvuddel för ny bebyggelse och E45 är cirka 100 meter och till Vänersborgsvägen cirka 400 meter. På längre sikt kan ett större område komma att tas i anspråk för bebyggelse då gällande översiktsplan (Översiktsplan 2013) anger tätortsutbyggnad (i huvudsak bostäder) för hela området mellan Vänersborgsvägen och E45/44 till kommungränsen mot Vänersborg.

Planprogrammet innefattar cirka 500 bostäder, ny förskola samt eventuell ny skola. Höjdrestriktionerna för flygplatsen medför att bebyggelsen i huvudsak kommer vara låg, 1–2 våningar.

I beräkningarna har hänsyn tagits till att det på ungefär halva huvudområdet för ny bebyggelse finns en nivåskillnad på cirka 5 meter i direkt anslutning till E45. Resterande del av området ligger ungefär på samma nivå eller något högre än E45, där det finns en nivåskillnad på denna del är dock lutningen på terrängen lägre och nivåskillnaden ligger inte i direkt anslutning till E45. *Figur 10* visar vilken del av E45 som antas skyddas av nivåskillnaden och vilken som inte gör det.



Figur 10. Uppdelning av väg i skyddad och oskyddad del. Blå sträckning används som skyddad del i beräkningarna och lila sträckning som oskyddad. (Bakgrundskarta: OpenStreetMap)

Vid en brant nivåskillnad i direkt anslutning till transportled antas att spridningen av brandfarliga och giftiga gaser (klass 2.1 respektive 2.3) hindras 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. I beräkningarna har följande antaganden om skyddseffekt från nivåskillnad gjorts:

- Sannolikheten för att omkomma vid en jetflamma minskar till 10%.
- Molnbrand, giftiga gaser samt pölbrand förväntas ej påverka området.
- För gasexplosion görs följande antagande:
 - Molnets totala yta har antagits vara konstant för att spegla att gasmängden i molnet inte ändras på grund av nivåskillnaden.
 - Vid scenarier med kontinuerliga utsläpp har molnets utsträckning i riktning längs leden fördubblats och in mot området har den halverats.
 - Vid scenarier med momentana utsläpp har molnets utsträckning i riktning längs leden multiplicerats med 1,5 och in mot området har den delats med 1,5.

Antaganden baseras på CFD-beräkningar som genomförts för en liknande situation i ett tidigare projekt (Norconsult 2010).

4.2 Antal personer närvarande

För att kunna bedöma konsekvenser i utvecklingsområdet av eventuella olyckor med farligt gods görs en uppskattning av antalet människor som i genomsnitt förväntas befinna sig i området. Planprogrammet syftar till att skapa cirka 500 nya bostäder, ny förskola med 6–8 avdelningar samt eventuellt ny skola.

De nyproducerade bostäderna förväntas bli småskalig bostadsbebyggelse med småhus, radhus, kedjehus och mindre flerfamiljshus. I beräkningarna har det antagits att 50 % av bostäderna blir småhus och 50 %

flerbostadshus. Antalet personer per bostad baseras på statistik från SCB (2021). Inom huvudområdet för ny bebyggelse finns även ett befintligt bostadshus, detta hus har tagits med i beräkningarna.

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

I beräkningarna antas en förskola med 8 avdelningar inom området. Antalet personer närvarande baseras på statistik över barn per avdelning samt personal per barn (Skolverket 2021). I beräkningarna ingår även en skola med lika många personer närvarande som den nya förskolan. Hänsyn i beräkningar av persontäthet tas till att förskolan inte är öppen alla dagar i veckan. Nattetid bedöms ingen verksamhet ske i förskolan. Andelen inomhus på dagen antas vara 80 %. Resterande personer befinner sig utomhus.

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

Tabell 2. Antal personer närvarande.

	Dagtid		Nattetid	
	Inomhus Dag (06-18)	Utomhus Dag (06-18)	Inomhus natt (18-06)	Utomhus natt (18-06)
Nytt bostadsområde	530	40	1140	10
Ny förskola och skola	160	40	0	0
Befintligt bostadshus	1	0	3	0
Totalt	691	80	1143	10

4.3 E45

Uppgifter om mängd farligt gods som transporteras förbi Hults Höjd på E45 redovisas av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB 2006). Uppgifterna baseras på en undersökning som genomfördes under en månad, september 2006, och resultaten finns i en GIS-databas hos MSB. MSB:s uppgifter för 2006 anger cirka 8600 transporter med farligt gods per år. Omräknat till år 2040 blir det cirka 15 300 transporter per år, förutsatt en ökning av godstransporter med 78 % (Trafikverket 2020:1).

Uppgifterna från MSB ska inte användas utan vidare som underlag för prognoser då endast en månad ingår i underlaget. Uppgifterna jämförs därför med nationell statistik som anger att cirka 3,9 % av godstransporter innehåller farligt gods (TRAFKA 2019). Det totala antalet godstransporter förbi det aktuella området förväntas bli ungefär 3900 fordon per dag enligt den trafikutredning som gjorts i samband med planprogram för Hults Höjd (Norconsult 2021).

En mer detaljerad jämförelse mellan statistiken för aktuell sträcka och den nationella statistiken görs i *tabell 3* där även fördelningen på olika klasser presenteras och de uppgifter som används i riskberäkningarna.

Tabell 3. Antal förväntade transporter med farligt gods på E45 år 2040 enligt MSB och Nationellt genomsnitt.

Klass	MSB	Nationellt genomsnitt	Använt i riskberäkningarna
1 Explosiva ämnen	35	150	100

2.1 Brandfarliga gaser	4200	2600	4200
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	64	8500	-
2.3 Giftiga gaser	0	17	10
3 Brandfarliga vätskor	6300	27000	27000
4 Brandfarliga fasta ämnen	340	1500	-
5 Oxiderande ämnen	1	1400	1000
6 Giftiga ämnen m m	81	3800	-
8 Frätande ämnen	2600	7500	-
9 Övriga farliga ämnen	1600	2700	-
Totalt	15000	55000	

Av klasserna i *tabell 3* är det ämnen i klasserna 1, 2.1, 2.3, 3 och 5 som kan leda till olyckor med betydande konsekvenser för området och som används i riskberäkningarna. Dessa är därför markerade med fet stil i tabellen.

För att inte underskatta riskerna i klass 1, 2.3 och 5 så har antalet transporter valts till samma tio- hundra- eller tusenpotens som för nationellt genomsnitt. För klass 3 har ett konservativt antagande gjorts där antalet transporter har satts till nationellt genomsnitt. Området där klass 3 förväntas ge konsekvenser är dock kortare än 100 meter vilket medför att antalet transporter i denna klass inte kommer påverka resultatet. Gällande klass 2.1 har MSB:s siffror används eftersom det inte går att utesluta att fler transporter med brandfarliga gaser transporteras på E45 jämfört med nationellt genomsnitt.

De angivna klasserna omfattar var för sig ett stort antal olika ämnen med varierande farlighetsgrad. För att kunna genomföra en riskberäkning måste antalet transporter beräknas för de ämnesgrupperna med de högsta risknivåerna. Detta görs nedan utifrån tillgänglig statistik på området.

I klass 1 är det de massexplosiva ämnena som står för de betydande riskerna. Andelen massexplosiva ämnen sätts till 10 % (ØSA 2004). Andelen mycket brandfarlig vätska i klass 3 (bensin mm) sätts till 75 % (ØSA 2004). För klass 5 räknas endast de oxiderande ämnen med som bedöms kunna leda till en massexplosion. De uppskattas stå för högst en tredjedel av den totala mängden. En sammanställning av antal transporter i de kategorier som främst bedöms innebära risker för området finns i *tabell 4*.

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

Tabell 4. Farligt gods på E45 år 2040 som medför betydande risker för området.

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
1.1 Massexplosiva ämnen	10
2.1 Brandfarliga gaser	4200
2.3 Giftiga gaser	10
3. Mycket brandfarliga vätskor	20250
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	333

Sannolikheten för olyckor på E45 fås från Trafikverkets handbok "Effektsamband för transportsystemet" (Trafikverket 2020:2). Risken för olyckor på en mötesfri motortrafikled med en högsta tillåten hastighet på 90 km/h anges till 0,08 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller 8×10^{-8} per fordonskilometer och år.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är cirka 45 % (SRV 1996) vilket innebär att det vid 55 % 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 $8 \times 10^{-8} \times (2-0,45) * 1,1 = 1,36 \times 10^{-7}$. I denna beräkning tas även hänsyn till att antal standardaxlar är 1,1.

4.4 Vänersborgsvägen

Vänersborgsvägen är en rekommenderad sekundärväg för transport av farligt gods och ligger cirka 400 meter från området som är huvudfokus för exploateringen. Eftersom avståndet mellan Vänersborgsväg och framtida bebyggelse är mer än dubbelt så långt som avståndet där riskfrågor ska beaktas enligt Länsstyrelsens bedöms samhällsrisken från Vänersborgsvägen till ny bebyggelse vara acceptabla utan vidare beräkning.

Utbredningsområdet där vägar och övrig infrastruktur kan tillkomma är dock precis intill Vänersborgsvägen. Därför har individrisken från Vänersborgsvägen beräknats och redovisas separat i *avsnitt 5.4*.

Enligt MSB:s undersökning transporterades i september enbart 0,2 kg transporter av klass 3 under september månad. Som tidigare nämns ska inte uppgifterna från MSB inte användas utan vidare som underlag för prognoser då endast en månad ingår i underlaget. På samma sätt som för E45 har därför nationell statistik används och en jämförelse redovisas i *tabell 5*.

Tabell 5. Antal förväntade transporter med farligt gods på Vänersborgsvägen år 2040 enligt MSB och Nationellt genomsnitt.

Klass	MSB	Nationellt genomsnitt	Använt i riskberäkningarna
1 Explosiva ämnen	0	12	10
2.1 Brandfarliga gaser	0	210	100
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	0	680	-
2.3 Giftiga gaser	0	1	1
3 Brandfarliga vätskor	0	2200	1000
4 Brandfarliga fasta ämnen	0	120	-
5 Oxiderande ämnen	0	110	100
6 Giftiga ämnen m m	0	310	-
8 Frätande ämnen	0	610	-
9 Övriga farliga ämnen	0	220	-
Totalt	0	4500	

Ett liknande antagande om att avrunda till samma tio- hundra- eller tusenpotens som gjordes för E45 har även gjorts för transportererna på Vänersborgsvägen. Eftersom Vänersborgsvägen är en sekundärväg borde detta antagande ge en konservativ riskbedömning eftersom det vanligen transporteras fler farligt gods transporter på primärvägar jämfört med sekundärvägar. Även MSB:s kartläggning visar att det transporteras få farligt gods

transporter på Vänersborgsvägen. Men för att inte underskatta riskerna har antalet transporter i *tabell 5* används.

På samma sätt som beskrivs i *avsnitt 4.4* så har dessa transporter reducerats ner till de som innebär betydande risk för att omkomma, se *tabell 6*. I osäkerhetsanalysen beräknas individrisken med 25 % fler transporter än de som redovisas i *tabell 6*.

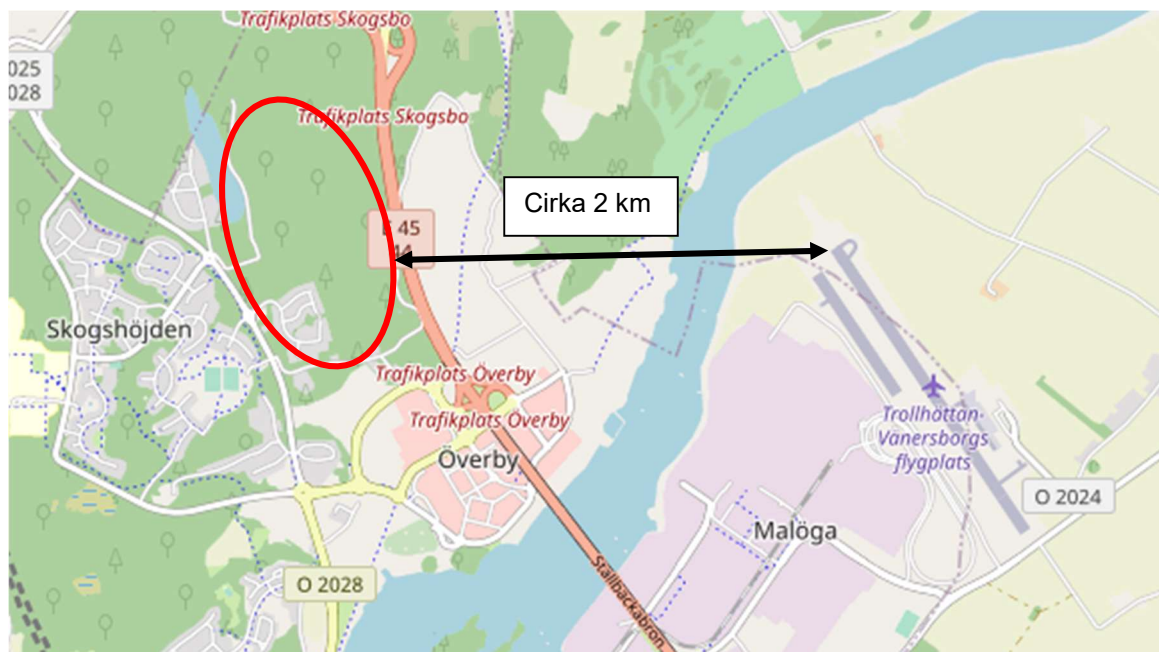
Tabell 6. Farligt gods på Vänersborgsvägen år 2040 som medför betydande risker för området.

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
1.1 Masseexplosiva ämnen	1
2.1 Brandfarliga gaser	100
2.3 Giftiga gaser	1
3. Mycket brandfarliga vätskor	750
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	33

Risken för olyckor på en vanlig väg med hastighetsbegränsning 50 km/h är 0,175 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $1,75 \times 10^{-7}$ per fordonskilometer och år (Trafikverket 2020:2). Andel singelolyckor på den här typen av väg är cirka 15 % (SRV 1996). Detta medför att risken för att ett fordon blir inblandat i en olycka på en 1 km lång sträcka av vägen är lika med $1,75 \times 10^{-7} \times (2-0,15) * 1,1 = 3,56 \times 10^{-7}$. I denna beräkning tas hänsyn till att antal standardaxlar är 1,1.

4.5 Flygtrafik

Hults Höjd ligger cirka 2 km väst/nordväst om Trollhättan-Vänersborgs flygplats, se *figur 11*. Vid en flygplats finns olika skyddsområden som fastställs i internationella regelverk. Storleken på skyddsområdet blir unikt för varje flygplats utifrån flygplatsens storlek, klassning av banor och vilka landningshjälpmedel som finns. För Trollhättan-Vänersborgs flygplats är den så kallade "minimum secure altitude" (MSA) cirka 55 km från flygplatsen (Fyrstadsflyget 2021). MSA-ytan är ungefär det område som flygplan påbörjar den sista delen av en inflygning mot flygplatsen.

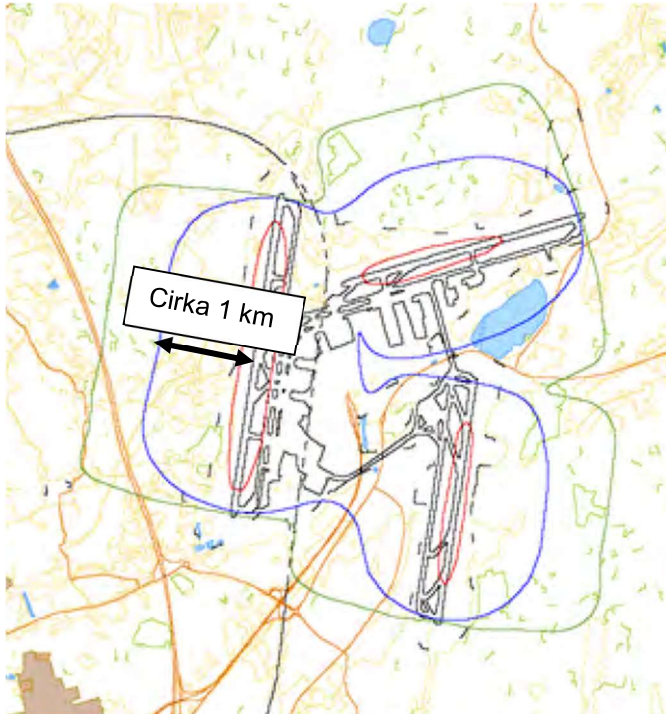


Figur 11. Området Hults Höjd med ungefärligt avstånd till landningsbana på Trollhättan-Vänersborgs flygplats.

I samband med framtagandet av fördjupad översiktsplan för Sigtuna kommun gjordes en riskutredning kring Arlanda flygplats. Två separata modeller användes för att beräkna riskerna kring flygplatsen, ena modellen för att beräkna risken före och efter landningsbanorna och den andra för att beräkna riskerna bredvid landningsbanorna (NLR 2003). Med tanke på Hults Höjds placering blir det främst aktuellt att jämföra risken med modellen för risker bredvid landningsbanorna.

Den olyckstyp som framför allt påverkar områdena bredvid landningsbanorna är "veer-off" där flygplanen kör av landningsbanan och kraschar bredvid den. Denna sorts olycka inträffar under både start och landning. För moderna flygplan är olyckstal per miljoner rörelser cirka 0,034 vid start och 0,093 vid landning (NRL 2003).

Det finns inga antagna riksnivåer för individrisk kring flygplatser i Sverige. I Nederländerna är nybyggnation av bostäder inte tillåtet inom $IR = 1 \times 10^{-6}$. Enligt beräkningarna från Arlanda beräknas individrisken vara 1×10^{-6} cirka 1 km från landningsbanan vid en "veer-off", se blå linje i figur 12 (NRL 2003).



Figur 12. Individrisk vid Arlanda flygplats från "veer-off" (NRL 2003)

Avståndet mellan Hults Höjd och närmaste del av landningsbanan är mer än dubbelt så långt som avstånd till $IR = 1 \times 10^{-6}$ i riskanalysen för Arlanda. Därtill ska tilläggas att det från Trollhättan-Vänersborgs flygplats är betydligt färre avgångar. I riskanalys för Arlanda användes ett framtidsscenario med 382 000 rörelser (inkluderar både start och landning) vilket kan jämföras med snittet för antal landningar på Trollhättans-Vänersborgs flygplats som var 2800 landningar per år mellan 2015–2020 (Transportstyrelsen 2021). Dessutom har Trollhättan-Vänersborgs flygplats färre landningsbanor, mindre flygplanstyper samt att Hults Höjd skyddas av topografi och annan bebyggelse. Den sammanfattade bedömningen är därför att risknivån från flygtrafik är på en acceptabel nivå utan vidare beräkningar.

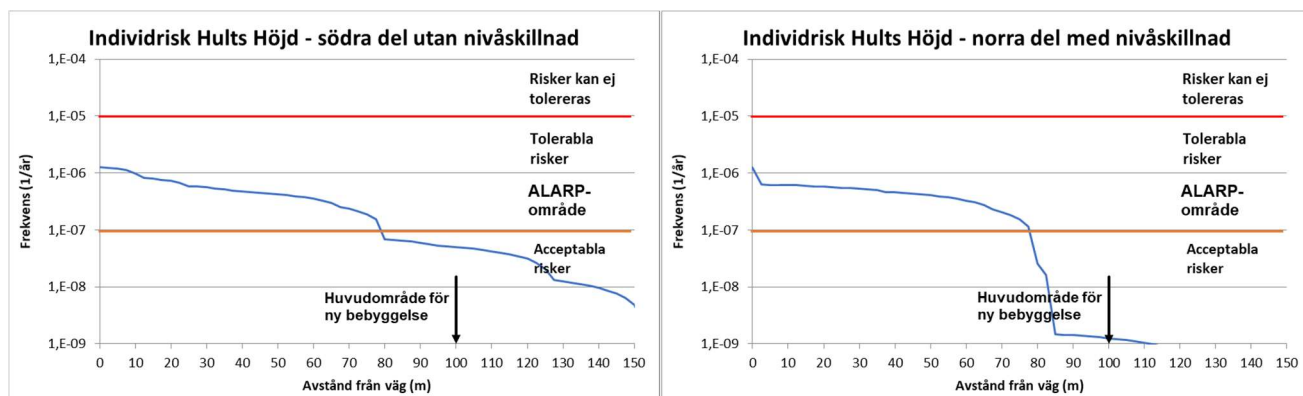
5 Resultat

I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten för individ- och samhällsrisk utan skyddsåtgärder för transporter av farlig gods på E45. Dessutom redovisas en osäkerhetsanalys där antalet transporter av farligt gods och antal personer närvarande i området ökas med 25 %. Individrisken för Vänersborgsvägen presenteras separat i *avsnitt 5.4*. De ingångsvärden för beräkningarna som är specifika för området har redovisats i *kapitel 4*.

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

5.1 Individrisk

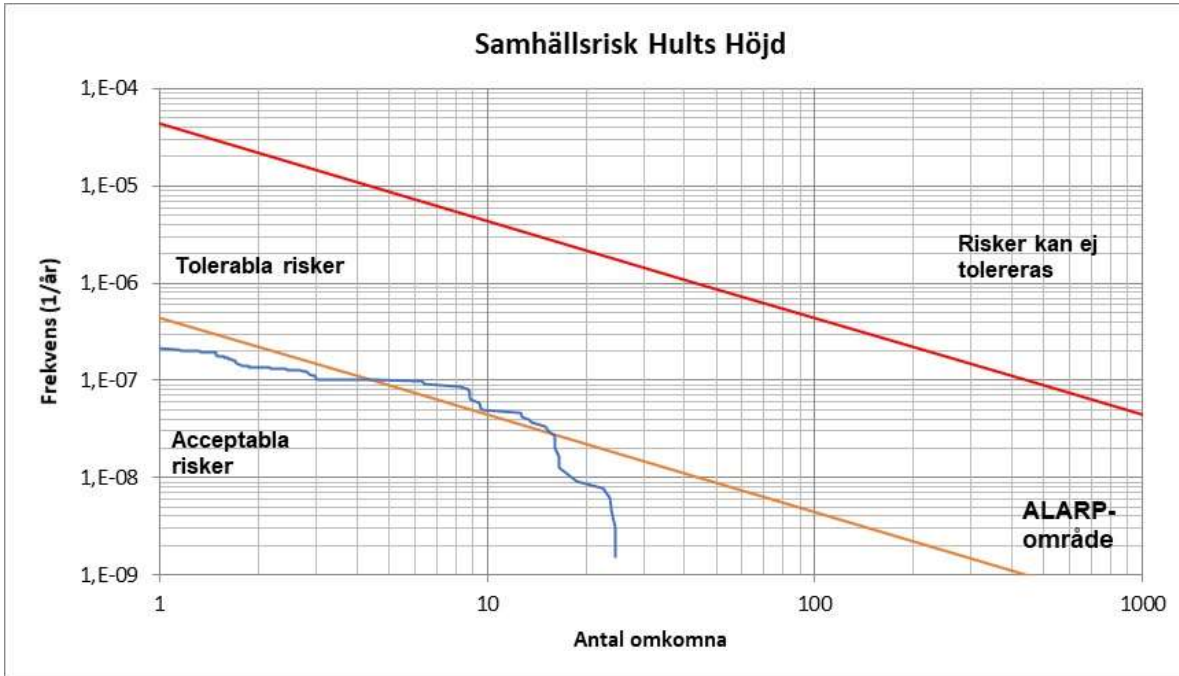
I *figur 13* visas individrisken från E45. Beräkningen för individrisk skiljer sig beroende på om området är skyddat av höjdskillnaden som beskrivs i *avsnitt 4.1* eller inte. *Figur 13* visas individrisken för den södra delen av exploateringsområdet som inte är skyddat av nivåskillnad till vänster och individrisken för norra delen som är skyddad till höger. Enligt beräkningarna är individrisken högre utan skydd men i båda fallen ligger risknivån inom acceptabla risknivåer inom hela huvudområdet för ny bebyggelse.



Figur 13. Individrisk för transporter av farligt gods utmed E45.

5.2 Samhällsrisk

I *figur 14* redovisas samhällsrisk för transporter av farligt gods på E45. De dimensionerande olyckorna är de som innefattar brandfarliga gaser (molnbrand och gasexplosion). I figuren framgår att samhällsrisk ligger i nedre delen av ALARP området vilket innebär att skyddsåtgärder som är tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga ska genomföras, se *avsnitt 3.3.2*.

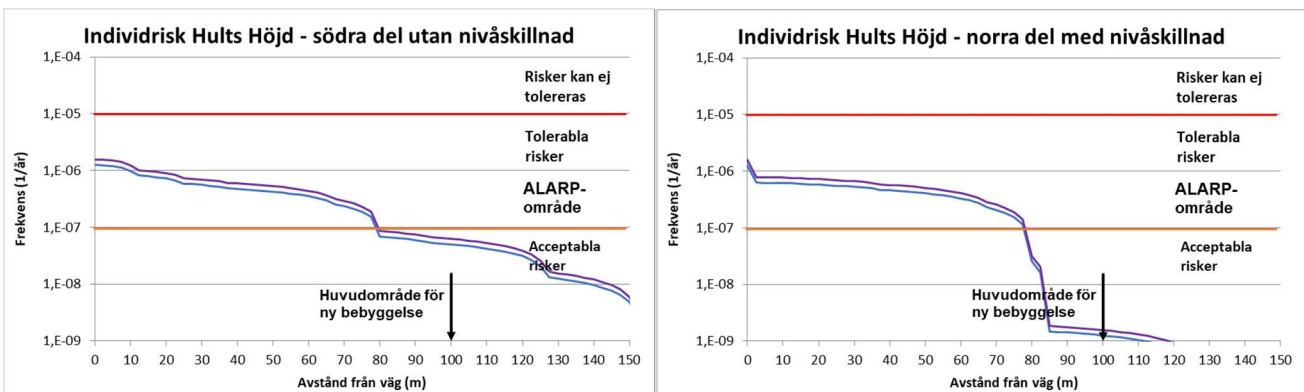


Figur 14. Samhällsrisk för transporter av farligt gods på E45.

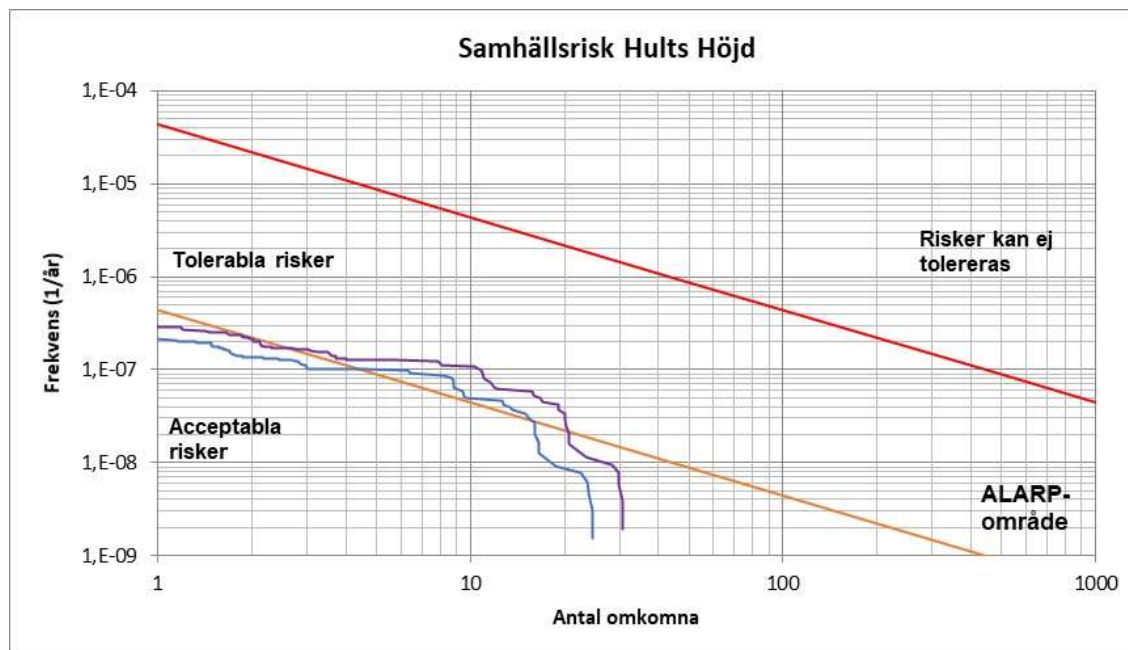
5.3 Osäkerhetsanalys

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. Ytterligare en källa till osäkerhet kan vara att det inte helt går att förutspå hur många personer som kommer att vistas inom området. För att hantera dessa båda osäkerheter görs en osäkerhetsanalys där transportererna av farligt gods ökas med 25 % samt antal personer på plats ökas med 25 %.

Figur 15 visar osäkerhetsanalys av individrisk och figur 16 osäkerhetsanalysen för samhällsrisken. För individrisken ökar riskerna något men är fortfarande inom acceptabla risker vid gränsen för huvudområde för ny bebyggelse. Även samhällsrisken ökar något men ligger fortfarande i nedre delen av ALARP-området.



Figur 15. Individrisk för transporter av farligt gods utmed E45. Blå linje visar ursprungsberäkningen och lila linje är osäkerhetsanalysen.

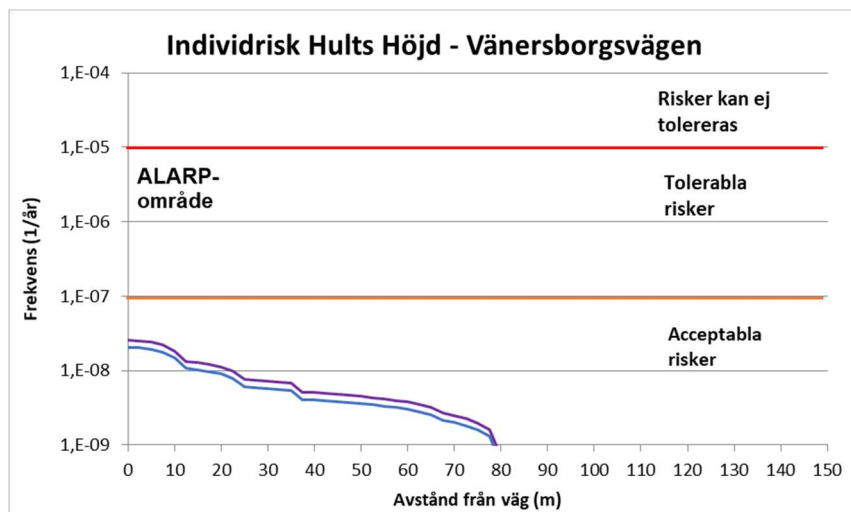


Figur 16. Samhällsrisik för transporter av farligt gods på E45. Blå linje visar ursprungsberäkningen och lila linje är osäkerhetsanalysen.

5.4 Individrisk Vänersborgsvägen

I figur 17 visas individrisken från Vänersborgsvägen. Beräkningarna visar att individrisken ligger på acceptabla nivåer redan vid väggkant.

På samma sätt som för E45 så har en osäkerhetsanalys genomförts genom att öka antalet transporter med 25 %. Figur 17 inkluderar även resultatet från denna osäkerhetsanalys på Vänersborgsvägen.



Figur 17. Individrisk för transporter av farligt gods utmed Vänersborgsvägen. Blå linje visar ursprungsberäkningen och lila linje är osäkerhetsanalysen.

6 Diskussion och slutsatser

Beräkningarna av risknivåer utifrån transport av farligt gods visar att individrisken är acceptabel på cirka 80 meters avstånd från E45 och på alla avstånd från Vänersborgsvägen. Huvudområde för ny bebyggelse är beläget cirka 100 meter från E45 vilket medför att individrisken ligger på en acceptabel nivå inom hela området.

Riskenivåerna avseende samhällsrisik för transport av farligt gods på E45 ligger inom nedre delen inom ALARP-området vilket medför att tekniskt genomförbara och ekonomiskt rimliga skyddsåtgärder ska genomföras. Utifrån de dimensionerande olyckorna och platsspecifika förutsättningarna föreslås följande skyddsåtgärder på ny bebyggelse som ligger närmare än 150 meter från E45:

- För de delar av området som är skyddad från nivåskillnad:
 - Utrymning bör vara möjlig bort från E45.
 - Ventilation bör placeras högt och i skyddat läge som inte direkt vetter mot E45.
- För de delar av området som ej är skyddad från nivåskillnad:
 - Utrymning bör vara möjlig bort från E45.
 - Ventilation bör placeras högt och i skyddat läge som inte direkt vetter mot E45.
 - Fasader inklusive dörrar och fönster som vetter mot E45 bör utföras i obrännbart material eller EI30.

Avståndet 150 meter motiveras med att det är inom detta avstånd som riskfrågor ska beaktas enligt Länsstyrelsen samt att detta avstånd täcker in större delen av effektområdena för de dimensionerande olyckorna.

I dagsläget finns ingen exploateringsplan på hur byggnaderna kommer placeras mer än att merparten av bebyggelsen kommer hamna inom ett visst område. Eftersom byggprocessen är i ett så tidigt skede kan byggnader placeras så att riskerna för området minimeras. Några rekommendationer som kan beaktas i den processen är:

- Förskola, skola och andra verksamheter som klassas som svårutrymda bör placeras så långt från transportled av farligt gods som möjligt. För Hults Höjd rekommenderas den planerade förskolan och skolan placeras minst 150 meter från E45.
- Bebyggelsen rekommenderas utformas så att tyngdpunkten för befolkningen flyttas mot ytor där risken är lägre, till exempel västerut bort från E45 eller norrut till skydd av nivåskillnad.
- Om bullerskärmar uppförs mellan Hults Höjd och E45 kan de utformas i obrännbart material så att de även hjälper mot risk från transport av farligt gods.

I bullerutredningen som görs i samband med planprogram Hults Höjd nämns en bullervall längs E45 vid den delen som ej är skyddad av nivåskillnad. En vall som är 5 meter hög skulle ge samma skydd mot transport av farligt gods som nivåskillnaden i norr. Men även en lägre vall på 2–3 meter skulle förbättra risksituationen i den södra delen.

Om den eventuella skolan inte byggs kommer något färre personer befinna sig i området vilket ger en lägre samhällsrisik. Dock tar beräkningarna av persontätheten hänsyn till att skolan inte är öppen alla dagar i veckan samt att det nattetid inte sker någon verksamhet. Därför kommer antagligen den eventuella skolan påverka resultatet marginellt och troligtvis skulle slutsatserna vara samma även utan skolan.

6.1 Skillnader riskhanteringsplan Trollhättans Stad

I den riskhanteringsplan som Trollhättans Stad har tagit fram framgår att bostäder kan byggas 100 meter från väg där det transporteras farligt gods utan riskreducerande åtgärder. Detta skiljer sig från

beräkningsresultaten från denna riskutredning samt från slutsatserna och rekommendationerna som anges ovan. Det finns dock ett antal faktorer som skiljer sig mellan riskhanteringsplanen och denna riskutredning, bland annat:

- Andra effektområdena där de olika olycksscenariona förväntas ge konsekvenser har använts. Generellt är effektområdena som använts i riskhanteringsplanen mindre än vad som används i denna riskanalys. Den här riskanalysen är därför mer konservativ i sina antaganden om effektområden.
- Väg 44 och E45 går på samma transportled förbi Hults Höjd. Riskhanteringsplanen berör främst dessa transportleder var för sig.
- Riskhanteringsplanen är från 2004 och delar av statistiken, exempelvis antal transporter av farligt gods, har uppdaterats.

Dessa faktorer bidrar till slutsatser där riskreducerande åtgärder även föreslås bortanför 100 meter.

7 Referenser

Fyrstadsflyget 2021	Om oss. Hämtad från Om oss - Trollhättan Vänersborgs Flygplats (fyrstadsflyget.se) . Hämtad 2021-06-28
Lst 2006	Riskhantering i detaljplaneprocessen, Länsstyrelserna Skånelän, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006
MSB 2006	Kartläggning av farligt godstransporter – September 2006. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
Norconsult 2010	Gårda 1:15, 2:12 och 3:12 – Riskutredning avseende transport av farligt gods. Norconsult 2010-02-18.
Norconsult 2021	Hults Höjd i Trollhättan – Trafikutredning. Norconsult, 2021
NRL 2003	Analys av risker för tredje man i närheten av Stockholm-Arlanda flygplats, del 2: Svensk version. NLR-CR-2003-042-PR-2
Rtj Storgöteborg 2004	Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänst Storgöteborg 2004
SCB 2021	Antal personer per hushåll efter region och år, www.statistikdatabasen.scb.se , Hämtat 2021-06-24
Skolverket 2021	Barn och personal i förskola 2020. Dnr 2021:435
SRV 1996	Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Räddningsverket 1996
SRV 1997	Värdering av risk; FoU rapport, Räddningsverket 1997.
TRAFÄ 2019	Lastbilstrafik 2000–2018. Årliga rapporter utgivna av TRAFÄ (f.d. SIKÄ) tillsammans med SCB. Publicerad 2019
Trafikverket 2020:1	Trafikuppräkningsstal för EVA och manuella beräkningar 2017-2040-2060. Trafikverket 2020-06-15.
Trafikverket 2020:2	Effektsamband för transportsystemet – Fyrstegsprincipen Steg 3 och 4, Bygg om eller bygg nytt, 2020-06-15.
Transportstyrelsen 2021	Flygplansstatistik mellan 2015–2020 hämtad från: Flygplansstatistik - Transportstyrelsen . Hämtad 2021-06-28
Trollhättans Stad 2004	Riskhanteringsplan – Farliga ämnen och farligt gods. Trollhättans stad, 2004-01-28
ØSA 2004	Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen; Øresund Safety Advisers AB, 2004

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

Innehåll

1	Beräkning av sannolikhet för olycka	3
2	Händelseträd	6
2.1	Händelseträd från RBM II	6
2.1.1	Klass 2.1	6
2.1.2	Klass 2.3	7
2.1.3	Klass 3	7
2.2	Klass 1	8
2.3	Klass 5.1	9
3	Konsekvenser av scenario	11
3.1	Klass 1	12
3.1.1	Skador på bebyggelsen	14
3.1.2	Skador utomhus	15
3.2	Klass 5.1	16
3.3	Individrisk	16
	Referenser	17

Riskberäkningsmetoden bygger på den GIS-modell som beskrivs i Kallin (2019). För en fullständig beskrivning av modellen hänvisas till den rapporten. Denna bilaga är en sammanfattning av de mest väsentliga delarna och vad dessa baseras på.

Riskberäkningsmetoden kan delas upp i fyra steg. Steg 1, 2 samt 4 genomförs i excelblad och steg 3 genomförs i GIS-programmet QGIS.

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

1 Beräkning av sannolikhet för olycka

Sannolikheten för en olycka med transport av farligt gods beräknas utifrån de av Trafikverket angivna sannolikheter för personskadeolyckor per fordonskilometer på en vägsträcka av den aktuella typen (Vägverket 2008). Olycksrisken för enstaka fordon har beräknats ur risken per fordonskilometer för olyckor på vägsträckan med antagandet en viss andel av olyckorna är singelolyckor och resten olyckor har två fordon inblandade. Uppgifterna om hur stor andel av olyckorna är singelolyckor fås från rapporten Farligt gods – Riskbedömning vid transport (SRV 1996).

Antal transporter med de olika klasser farligt gods ger sedan antalet olyckor med transporter av de olika klasser farligt gods per kilometer. Att sannolikheten beräknas per kilometer beror på att vägsträckan som skall användas i sannolikhetsberäkningar varierar beroende på vilket scenario som är aktuellt. Ingångsdata och beräkningsresultaten för sannolikhet för olyckor finns i *figur 1A* och *1B*. I figurerna framgår också ungefärliga avstånd till planområdet samt uppskattning av bredd på hus.

Ingångsdata		Uppdragsnamn:	Hults Höjd		2021-06-11
Olycksrisk					
Risk för olycka	8,00E-08	1/fordonskm, år			
Andel singelolyckor	0,45				
Olycksrisk fordon	1,36E-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		
Mellan Motorväg 90 km/h	4	0,043	0,089		
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och natttid					
Andel transporter dagtid	0,7				
Faktor för osäkerhetsanalys (1,0 i vanliga fall 1,25 vid osäkerhetsanalys)	1				
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsrisk dag/km,år	utsläppsrisk natt/km,år	
Klass 1, massexplisiv	10,0	1	9,5E-07	4,1E-07	
Klass 2.1	4200,0	0,043	1,7E-05	7,4E-06	
Klass 2.3	10,0	0,043	4,1E-08	1,8E-08	
Klass 3, bensin	20250,0	0,089	1,7E-04	7,4E-05	
Klass 5.1, explosionsrisk	333,3	0,089	2,8E-06	1,2E-06	
Bredd på hus första raden [m]	30				
Medelavstånd till område inne [m]	105				
Medelavstånd till område ute [m]	105				
Områdets längd längs leden [m]	880				

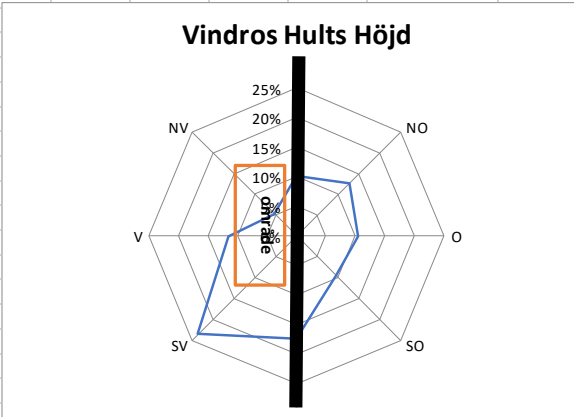
Figur 1A. Ingångsdata för riskberäkning från E45

Ingångsdata		Uppdragsnamn:	Hults Höjd		2021-06-24
Olycksrisk					
Risk för olycka	1,75E-07	1/fordonskm, år			
Andel singelolyckor	0,15				
Olycksrisk fordon	3,56E-07	1/km, år			
Område enl nedan	3	ange siffervärde			
Sannolikhet utströmning > 100 kg					
Område		Kondenserade gaser	Vätskor		
Motorväg	1	0,052	0,101		
Utanför tätort	2	0,034	0,077		
Inom tätort	3	0,006	0,021		
Mellan Motorväg 90 km/h	4	0,043	0,089		
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och natttid					
Andel transporter dagtid	0,7				
Faktor för osäkerhetsanalys (1,0 i vanliga fall 1,25 vid osäkerhet)	1				
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsrisk dag/km,år	utsläppsrisk natt/km,år	
Klass 1, massexploliv	1,0	1	2,5E-07	1,1E-07	
Klass 2.1	100,0	0,006	1,5E-07	6,4E-08	
Klass 2.3	1,0	0,006	1,5E-09	6,4E-10	
Klass 3, bensin	750,0	0,021	3,9E-06	1,7E-06	
Klass 5.1, explosionsrisk	33,3	0,021	1,7E-07	7,5E-08	
Bredd på hus första raden [m]	30				
Medelavstånd till område inne [m]	5				
Medelavstånd till område ute [m]	5				
Områdets längd längs leden [m]	880				

Figur 1B. Ingångsdata för riskberäkning från Vänersborgsvägen

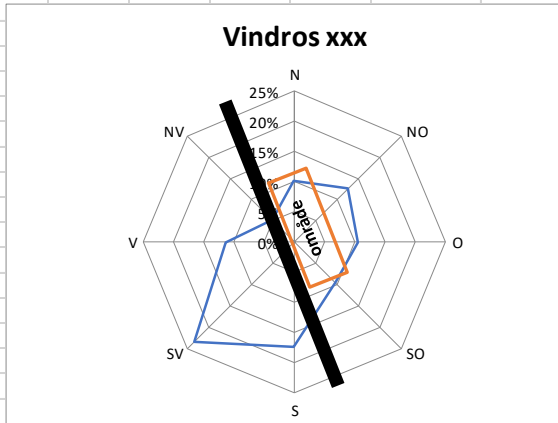
I figur 2A och 2B visas vindrosen som används vid beräkningar av vissa scenarier med gasutsläpp. Beräkningen av andelen av tiden som vinden kan föra gasen mot området respektive längs vägen framgår. Närmaste mätstation där det finns tillgänglig vindstatistik från SMHI (SMHI 2006) har använts i beräkningarna.

Vindros olycksplatsen			Hults Höjd							2021-06-11		
Vindros	Såtenäs											
N	9,8%	10%										
NO	12,2%	13%										
O	10,1%	10%										
SO	9,1%	9%										
S	16,6%	17%										
SV	22,6%	23%										
V	11,0%	11%										
NV	5,0%	5%										
Summa	96%	100%										
Ledens orientering		N-S										
Områdets riktning i förhållande till leden		V										
Vindriktning mot området												33%
Vindriktning längs leden												27%
Bort från leden												40%
												100%
	Såtenäs	9,8	12,2	10,1	9,1	16,6	22,6	11	5			3,7



Figur 2A. Vindros för planområdet från E45.

Vindros olycksplatsen			Hults Höjd							2021-06-24		
Vindros	Såtenäs											
N	9,8%	10%										
NO	12,2%	13%										
O	10,1%	10%										
SO	9,1%	9%										
S	16,6%	17%										
SV	22,6%	23%										
V	11,0%	11%										
NV	5,0%	5%										
Summa	96%	100%										
Ledens orientering		N/NV-S/SO										
Områdets riktning i förhållande till leden		NO/O										
Vindriktning mot området												33%
Vindriktning längs leden												21%
Bort från leden												46%
												100%
	Såtenäs	9,8	12,2	10,1	9,1	16,6	22,6	11	5			3,7



Figur 2B. Vindros för planområdet från Vänersborgsvägen.

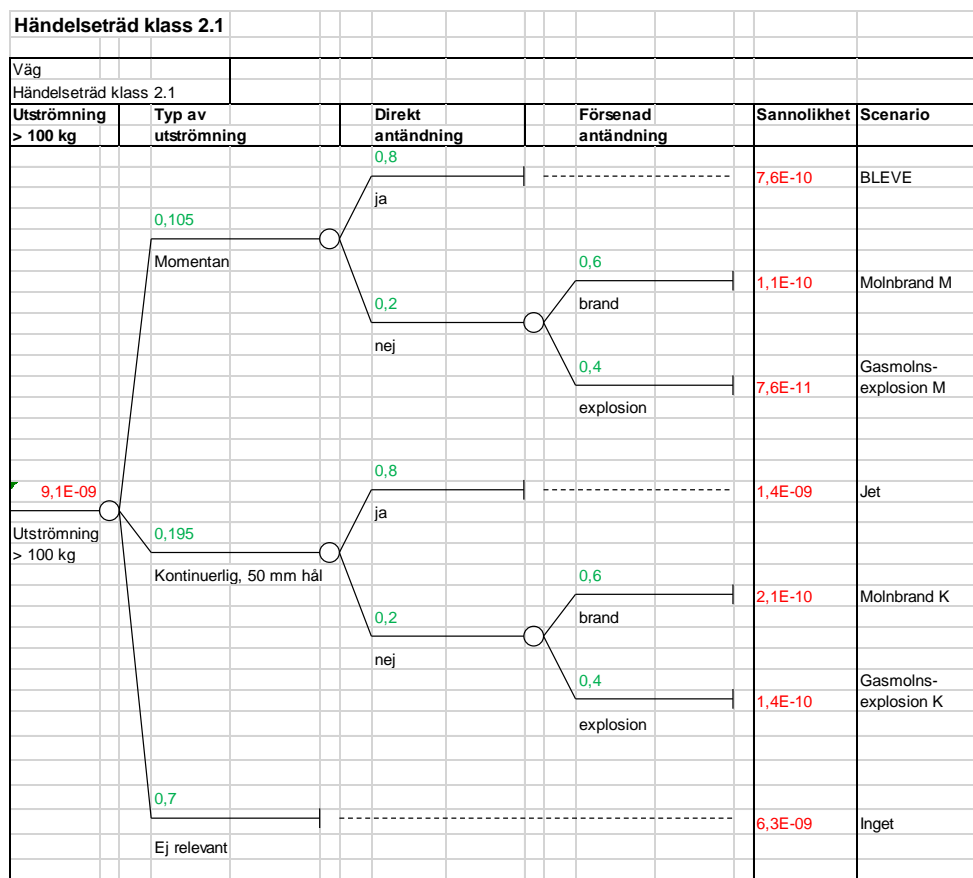
2 Händelsesträd

Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 har kopierats från RBM II och presenteras i *avsnitt 2.1*. Händelseträden för klasserna 1.1 och 5.1 är till viss del baserade på uppgifter från RBM II och beskrivs mer i detalj under deras underkategori. I beräkningsmodellen finns händelsesträd för dag och nattscenarion och det som skiljer dem åt är den initiala olycksfrekvensen som kan ses i *figur 1*.

2.1 Händelsesträd från RBM II

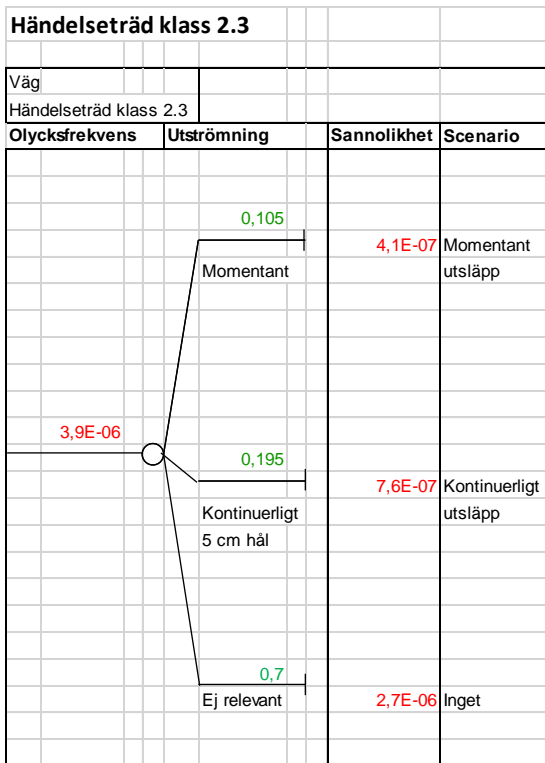
Den initiala olycksfrekvensen för händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 beräknas enligt *avsnitt 1* och resterande delen av händelseträdet baseras på RBM II. RBM II skiljer på om utsläppet sker momentant eller kontinuerligt för de berörda klasserna. Om utsläppet sker momentant släpps hela innehållet av det farliga godset ut på en gång. Om utsläppet däremot sker kontinuerligt släpps innehållet ut över en längre tid och baseras på att ett hål på 5 mm uppkommer i tanken på tankvagnen. För klass 3 skiljer man på utsläppets storlek istället för om utsläppet är momentant eller kontinuerligt. Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 kan ses i *figur 3 – figur 5*.

2.1.1 Klass 2.1



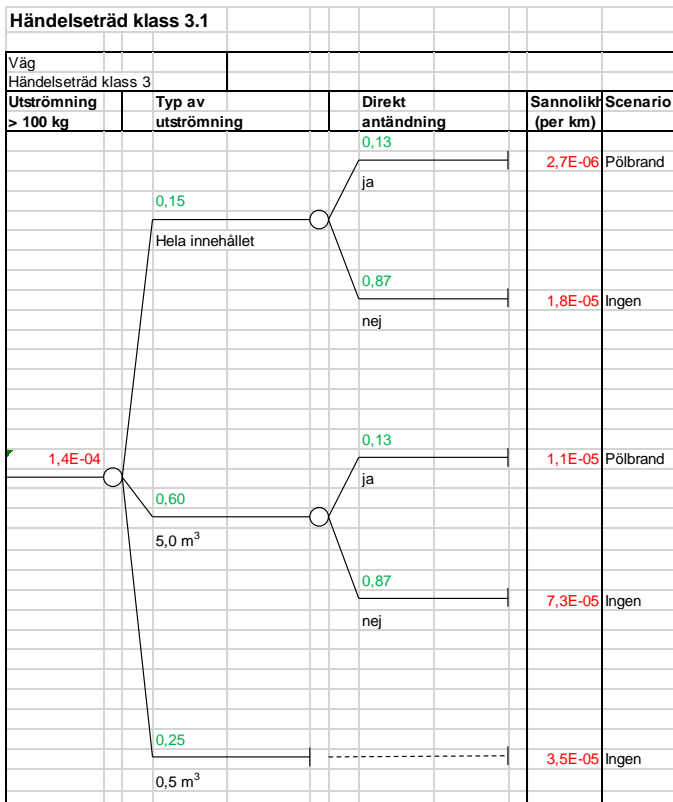
Figur 3. Händelsesträd olycka brandfarlig gas.

2.1.2 Klass 2.3



Figur 4. Händelseträäd för olycka giftiga gaser.

2.1.3 Klass 3



Figur 5. Händelseträäd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3.

2.2 Klass 1

Sannolikheten för en olycka med massexplosiva sprängämnen framgår av *figur 1*.

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

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

Sannolikhet för explosion på grund av den mekaniska påverkan vid olyckan

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

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

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

Sannolikhet för detonation på grund av brand

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

Sannolikheten att en brand leder till detonation av sprängämnet uppskattas grovt till 10 %. Händelseträdet för hela händelseförloppet vid olycka med sprängämnen visas i *figur 6*.

Händelseträd klass 1					
Väg					
Händelseträd klass 1.1					
Olycka med klass 1.1	Stötvåg ger detonation	Bilen antänder	Brand ger detonation	Sannolikhet per kilometer	Konsekvens
	ja			1,5E-09	Explosion
	nej				
	ja	ja		6,8E-09	Explosion
	nej	nej		6,1E-08	Ej explosion
	nej	nej		1,4E-06	Ej explosion
				8,3E-09	Summa explosion

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

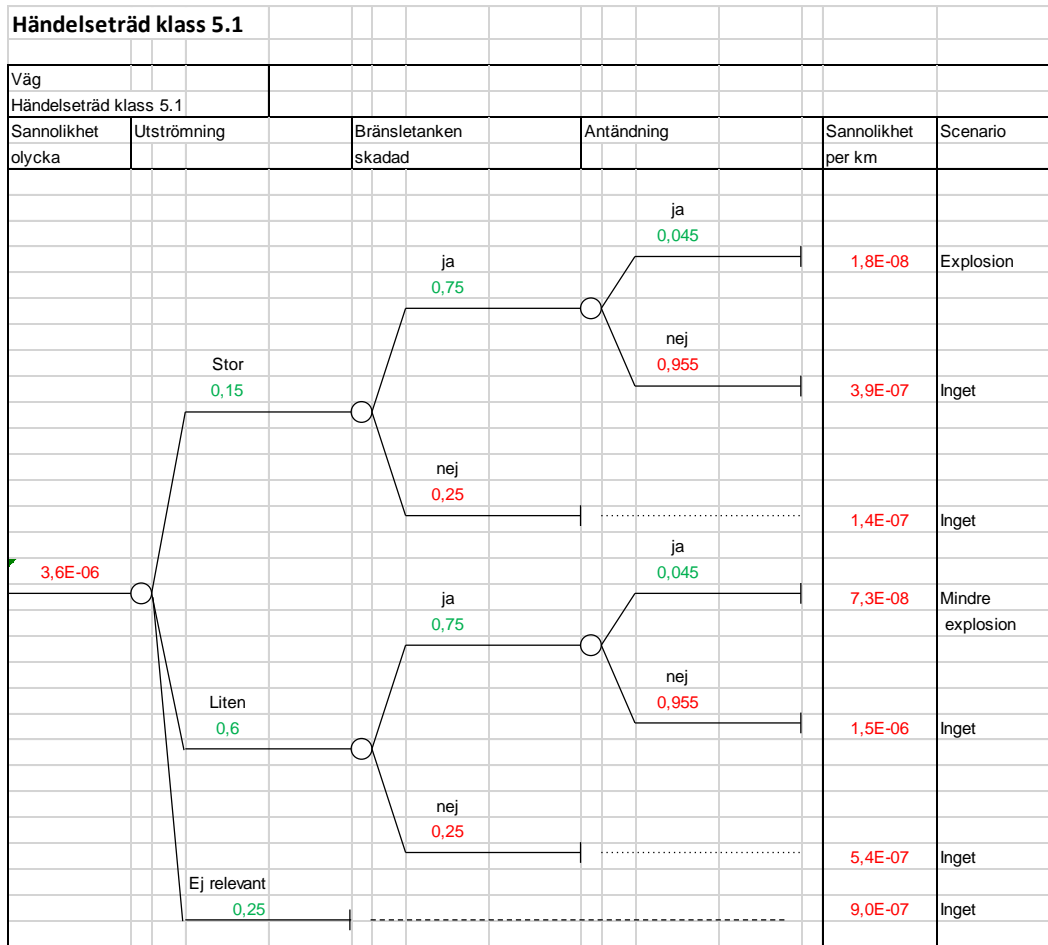
2.3 Klass 5.1

Detta scenario baseras på att transportererna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 3 ton TNT vid ett stort utsläpp av ammoniumnitrat och cirka hälften vid ett mindre utsläpp. Detta överskattar explosionens kraft eftersom den blandning som kommer att ske om båda ämnena rinner ut vid en olycka inte räcker för att åstadkomma ett effektivt sprängämne vilket egentligen kräver en ganska exakt blandning av dessa ämnen.

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

1. Ett betydande utsläpp av oxiderande ämnen måste ske.
2. Utsläpp av dieselolja måste ske.
3. Blandningen måste antändas.

Sannolikheten för detta framgår av händelseträdets i *figur 7* nedan. Händelseträdets är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar.



Figur 7. Händelseträd oxiderande ämnen i klass 5.1 som kan orsaka explosion.

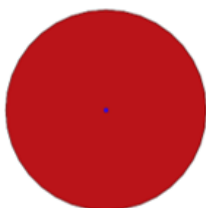
3 Konsekvenser av scenario

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

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

Det överlappande området är det område som påverkas av ett effektområde för de olika scenariona. Sannolikheter för omkomna (P) samt effektområdets form och storlek kan ses i *figur 8*. För klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 har sannolikhet för omkomna och effektområdets storlek tagits från den nederländska beräkningsmetoden RBM II. För klass 1.1 och klass 5.1 beskrivs mer i detalj hur sannolikheterna och effektområdets storlek har beräknats i *avsnitt 3.1* respektive *3.2*.

Klass 1 och klass 5



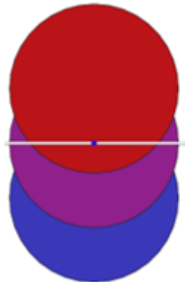
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	130 meter	72 meter	57 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

Jet



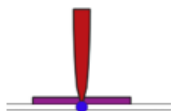
	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (halva längd)	37 meter	40 meter
Minor axis (halva bredd)	20 meter	34 meter
Avstånd centrum	29,5 meter	29,5 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,5

Molnbrand momentan



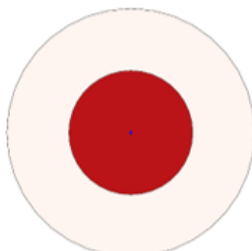
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	93 meter	93 meter	93 meter
Avstånd centrum	60 meter	0	-60 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



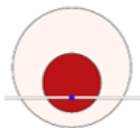
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	50 meter	50 meter
Maximala bredd	8,5 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



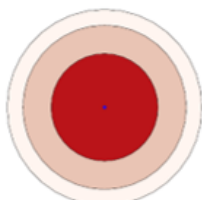
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	126 meter	252 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



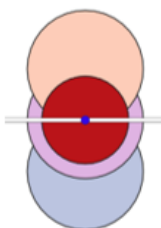
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	33 meter	67 meter
Avstånd centrum	16,5 meter	33,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



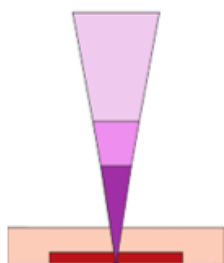
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	80 meter	108 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,3

Giftiga gaser momentan



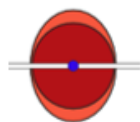
	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	30 meter	40 meter	40 meter	40 meter
Avstånd centrum	0	35 meter	0	-35 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

Giftiga gaser kontinuerligt



	Vind mot (lila yta), effektområde 1	Vind mot (lila yta), effektområde 2	Vind mot (lila yta), effektområde 3	Vind längs (röd yta), effektområde 1	Vind längs (röd yta), effektområde 2
Maximala längd	100 meter	145 meter	255 meter	135 meter	220 meter
Maximala bredd	31 meter	47 meter	88 meter	13 meter	38 meter
P (inne)	0,1	0,06	0,03	0,1	0,03
P (ute)	1	0,6	0,3	1	0,3

Pölbrand



	Pölbrand stor		Pölbrand liten	
	Effektområde 1	Effektområde 2	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (Halva längd)	24 meter	32 meter	11 meter	16 meter
Minor axis (Halva bredd)	23 meter	24 meter	10 meter	12 meter
P (inne)	1	0	1	0
P (ute)	1	0,12	1	0,4

Figur 8. Effektområdenas form och sannolikhet för omkomna. Figuren är ej skalenlig.

3.1 Klass 1

Vid beräkning av explosionslast utgår från en explosion av 16 ton TNT. Mängden sätts till 16 ton då detta är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras i en vägtransport. Att välja TNT görs för att inte underskatta explosionsstyrka, ämnet som transporteras mest är ANFO vars explosionsstyrka ligger på ca 82 % av TNT. För att inte underskatta riskerna väljs dock TNT.

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

Explosionsstyrkan beräknas med hjälp av *figur 9 och 10* som tagits från rapporten Dynamisk lastpåverkan – Referensbok (SRV 2005). För en närmare förklaring av beräkningsmetoden hänvisas till denna rapport.

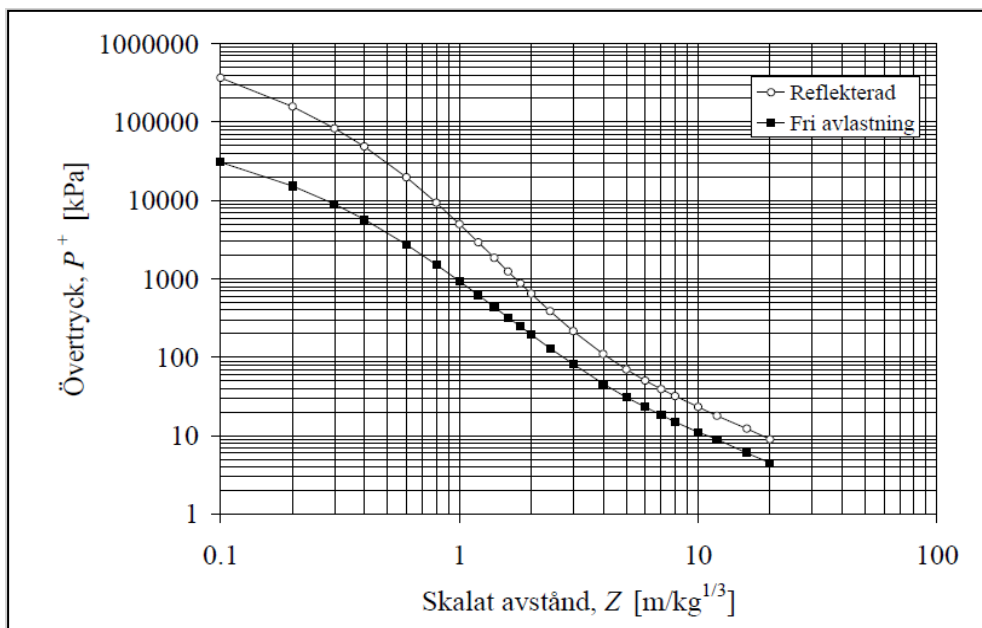
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

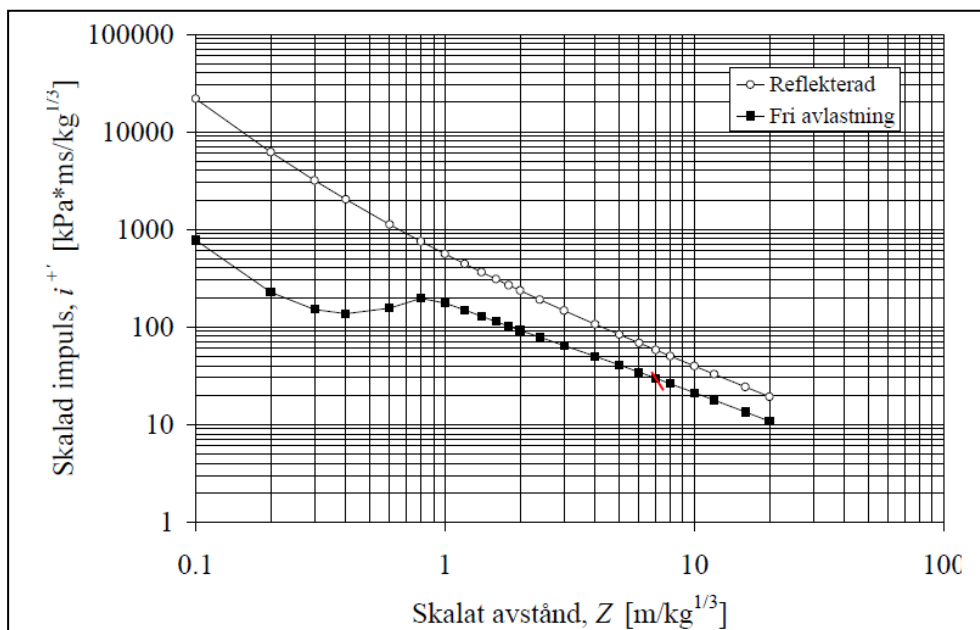
M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 9 ger övertrycket p_+



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

Figur 10 ger den skalade impulsen delat med kubikroten ur mängden sprängämne: $i_+/M^{1/3}$. Den skalade impulsintensiteten räknas sedan ut genom att multiplicera med $M^{1/3} = 16000^{1/3} = 25,2 \text{ kg}^{1/3}$.



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

Resultaten visas i *tabell 1*.

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

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

3.1.1 Skador på bebyggelsen

Enligt amerikanska undersökningar (EAI 1997) rasar hus vid ett övertryck (p^+) på 25-35 kPa medan en vanlig stadsbebyggelse bedöms få allvarliga skador vid ungefär samma övertryck. Detta tryck uppnås enligt *tabell 1* ungefär 125 m från platsen för explosionen.

Sammantaget antas att byggnader närmast vägen får allvarliga skador inom 125 m från explosionen. Bebyggelsen bakom skyddas i stor utsträckning av husen framför och antas inte få lika betydande skador.

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

3.1.2 Skador utomhus

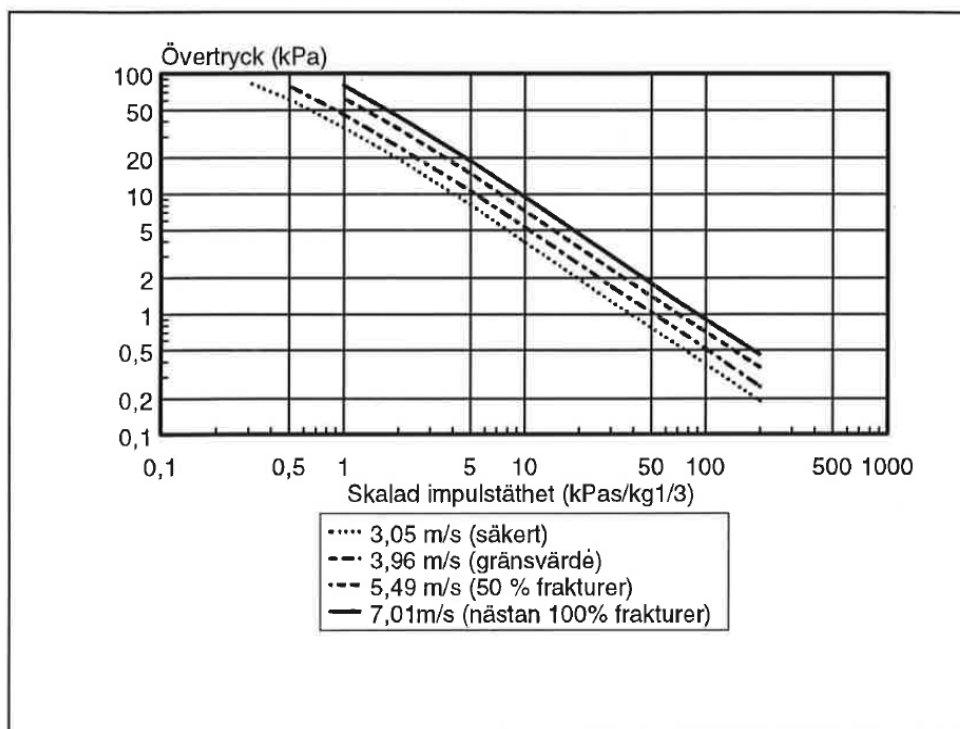
Direkta skador pga. tryck

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

Indirekta skador

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

Som skademått för skador pga. att någon kastas av tryckvågen tas skullskador. Enligt FOA får en person med kroppsvikt 70 kg skullfraktur på ca 50 m från explosionen, se *figur 11* och *tabell 1*. På 75 m har sannolikheten avtagit till 50 % och minskar till 10 % på ca 90 m.



Figur 11. Kombinationer av övertryck och skalad impulstäthet som ger allvarliga skador vid slag mot huvudet (från FOA 1997).

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

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

3.2 Klass 5.1

Två scenarier finns beroende på storleken på utsläppet av det oxiderande ämnet. Storleken på utsläppet av den brandfarliga vätskan är av mindre vikt eftersom en explosiv blandning endast kräver en mindre mängd brandfarlig vätska (ca 1 del brandfarlig vätska på 7 delar oxiderande ämne).

Konsekvenserna av en stor explosion har antagits vara desamma som för en explosion av 3 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk beräknas på samma sätt som i scenariot för klass 1.1.

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

3.3 Individrisk

Individriska beräknas med hjälp av följande ekvation:

$$IR(x) = F_{olycka} \times vind \times b(x) \div andel$$

I individriska beräknas bredden $b(x)$ med bredden som anges i figur 8. För effektområden där centrum av ellipserna eller cirkelarna inte är på transportvägen räknades bredden $b(x)$ som maximala bredd fram till centrum.

Eftersom bredden $b(x)$ baseras på distans från transportvägen så beräknas individriska med 2,5 meters mellanrum.

Referenser

EAI 1997	High explosive assessment model, 5th industrial version in SI units, Engineering Analysis Inc. 1997
ERM 2008	SAFEX-paper Guangzhou-Shenzhen-Hong Kong Express Rail Link: An overview of the explosives aspects cartridged emulsion explosives and accessories through a densely populated area. ERM-Hong Kong Ltd, 2008
FEMA 2008	Highway Vehicle Fires, Topic Fire Report Series Volume 9, Issue 1, FEMA September 2008
FOA 1997	Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Försvarets Forskningsanstalt, september 1997
FOA 2000	Explosivämneskunskap, Institutionen för energetiska material, Försvarets Forskningsanstalt 2000
Kallin 2019	Risk assessment of transport of dangerous goods with GIS, Chalmers tekniska högskola, 2019. https://hdl.handle.net/20.500.12380/300121 (Hämtad 2019-08-20)
NFPA 2010	National Fire Protection Association, US Vehicle Fire Trends and Patterns, June 2010
SMHI 2006	Vindstatistik för Sverige 1961–2004, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Nr 121 2006
SRV 1996	Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Statens Räddningsverk, Risk- och miljöavdelningen 1996
SRV 2005	Dynamisk lastpåverkan – Referensbok, Statens Räddningsverk, Karlstad, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2005
SRV 2007	Bebyggelsens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning, delrapport 1 Last av luftstövåg, Statens Räddningsverk, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2007
USCB 2012	United States Census Bureau, Statistical Abstract of the United States: 2012
Vägverket 2008	Effektsamband för vägtransportsystemet. Nybyggnad och förbättring, Effektkatalog Kap 6 Trafiksäkerhet, Vägverket publikation 2008:11