

Tjörns kommun

Myggenäs 9:1

Riskutredning transporter av farligt gods



Uppdragsnr: 107 08 61 Version: 1.1
2021-10-25

Uppdragsgivare: Tjörns kommun
Uppdragsgivarens kontaktperson: Pernilla Attnäs Björk
Konsult: Norconsult AB, Theres Svenssons gata 11, 417 55 Göteborg
Uppdragsledare: Maria Young
Teknikansvarig: Johan Hultman
Handläggare: Herman Heijmans
 Robert Kallin

1.1	2021-10-25	Färdig handling - uppdatering av skyddsåtgärder	Johan Hultman	Robert Kallin	Maria Young
1.0	2021-10-05	Färdig handling	Johan Hultman	Robert Kallin	Maria Young
0,9	2020-05-14	Externgranskning	Johan Hultman	Robert Kallin	Maria Young
0,8	2020-05-13	Interngranskning	Johan Hultman		
Version	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt

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

Sammanfattning

En ny detaljplan ska tas fram för ett område i tätorten Myggenäs på nordöstra Tjörn. Planområdet består idag av naturmark. Detaljplanen syftar till att möjliggöra för byggande av bostäder och kommersiella lokaler så som kontor, lager och lättare industri. Området avgränsas i norr av väg 160, i öster av väg 169 och i sydväst av en dalgång. Både väg 160 och väg 169 är utpekade som rekommenderade primärleder för transporter av farligt gods. Enligt Länsstyrelsens riskpolicy skall riskfrågor beaktas vid fysisk planering inom 150 meter från transportled för farligt gods varför denna riskutredning har tagits fram.

Den kvantitativa riskanalysen visar att risknivåerna för länsväg 160 och 169 förbi planområdet är inom det område där kostnadsmissigt rimliga och tekniskt genomförbara åtgärder ska genomföras. Även vid en osäkerhetsanalys, där antal transporter av farlig gods samt en ökning av antalet personer närvarande i planområdet med 25 % används, visar att risknivåerna ligger inom samma område. Detta innebär att alla rimliga skyddsåtgärder, sett ur kostnadsperspektiv och praktisk genomförbarhet, ska vidtas. Beräkningarna visar också att de dimensionerande olyckorna är de där brandfarliga vätskor och brandfarliga gaser är inblandade.

Förslag till skyddsåtgärder:

- Området utomhus inom 18 meter från väg 160 och 25 meter från väg 169 bör inte inbjuda till stadigvarande vistelse.
- Fasader på hela byggnadshöjden på byggnader närmast väg 160 och väg 169 som vetter mot dessa transportleder bör utföras i brandklassat material EI30.
- På byggnader inom 40 meter från väggkant på väg 160 bör fasader upp till 5 meters höjd göras täta och utföras i brandklassat material EI30. Öppningar riktade bort från väg 160 får finnas.
- Åtgärd på byggnader (exempelvis sammanhållen betongstomme) inom 150 meter från väg 160 och väg 169 som minskar risken för fortskridande ras på byggnader på grund av explosioner.
- Utrymning bör vara möjlig bort från väg 160 och väg 169.
- Ventilation bör placeras högt och vänd bort från väg 160 och väg 169.

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

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
3.3	Riskhantering	11
4	Platsspecifika förutsättningar	13
4.1	Området	13
4.2	Antal personer närvarande i planområdet	14
4.3	Länsväg 160	14
4.4	Väg 169	17
5	Resultat	19
5.1	Individrisk	19
5.2	Samhällsrisk	21
5.3	Osäkerhetsanalys	22
5.4	Åtgärdsförslag och resulterande risknivåer efter skyddsåtgärder	24
6	Diskussion och slutsatser	26
7	Referenser	27
	Bilaga 1 Beräkning av risker transport av farligt gods på väg	

1 Inledning

En ny detaljplan ska tas fram för ett område i tätorten Myggenäs på nordöstra Tjörn. Se *Figur 1* för karta.



Figur 1. Karta med markerat läge för planområdet (Eniro, 2020).

Planområdet består idag av naturmark. Detaljplanen syftar till att möjliggöra för byggande av bostäder och kommersiella lokaler så som kontor, lager och lättare industri. Området avgränsas i norr av väg 160, i öster av väg 169 och i sydväst av en dalgång. Både väg 160 och väg 169 är utpekade som rekommenderade primärleder för transporter av farligt gods. Enligt Länsstyrelsens riskpolicy (Lst 2006) skall riskfrågor beaktas vid fysisk planering inom 150 meter från transportled för farligt gods varför denna riskutredning har tagits fram.

2 Risker med transporter av farligt gods

2.1 Typer av farligt gods

Enligt internationella bestämmelser (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	Kvicksilverföreningar och cyanider, bakterier, levande virus och laboratorieprover
7	Radioaktiva ämnen	Radioaktiva preparat för sjukhus
8	Frätande ämnen	Olika syror, lut
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Asbest

2.2 Konsekvenser av en olycka med farligt gods

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

Konsekvenserna för aktuella klasser beskrivs mer utförligt i *beräkningsbilagan*.

Klass 1. Explosiva ämnen

En explosion av s.k. massexplosiva ämnen kan ge omkomna upp till cirka 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.

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 m eftersom skada uppkommer vid direkt exponering på personen.

Klass 9: Övriga farliga ämnen och föremål

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

3 Riskbedömning i den fysiska planeringen

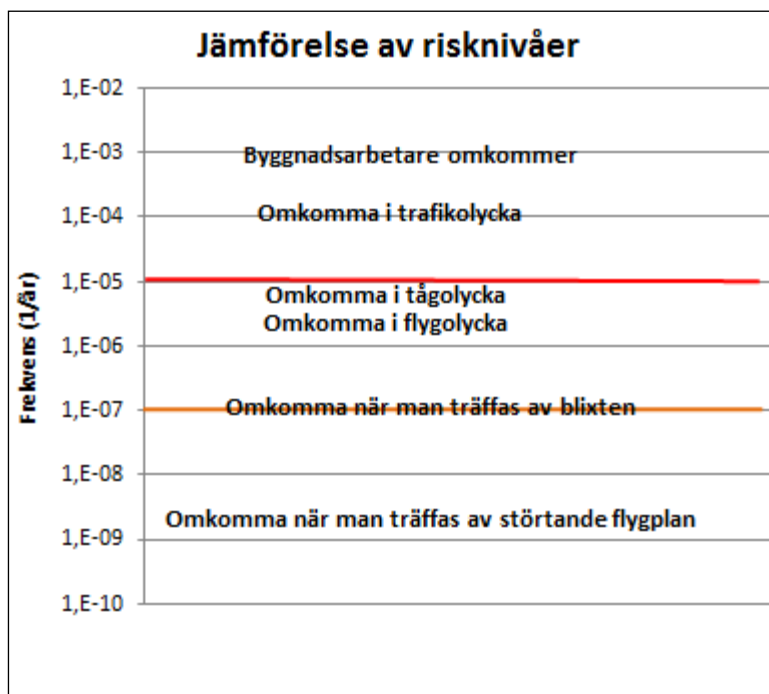
3.1 Vad är risker?

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

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

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

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



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

Vid riskutredning för den fysiska planeringen 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 s.k. riskkälla. Man utgår från att personen befinner sig på denna plats under ett helt år. Risken uttrycks som risken att omkomma i en olycka under det året. Individrisken är ett mått på hur farligt det

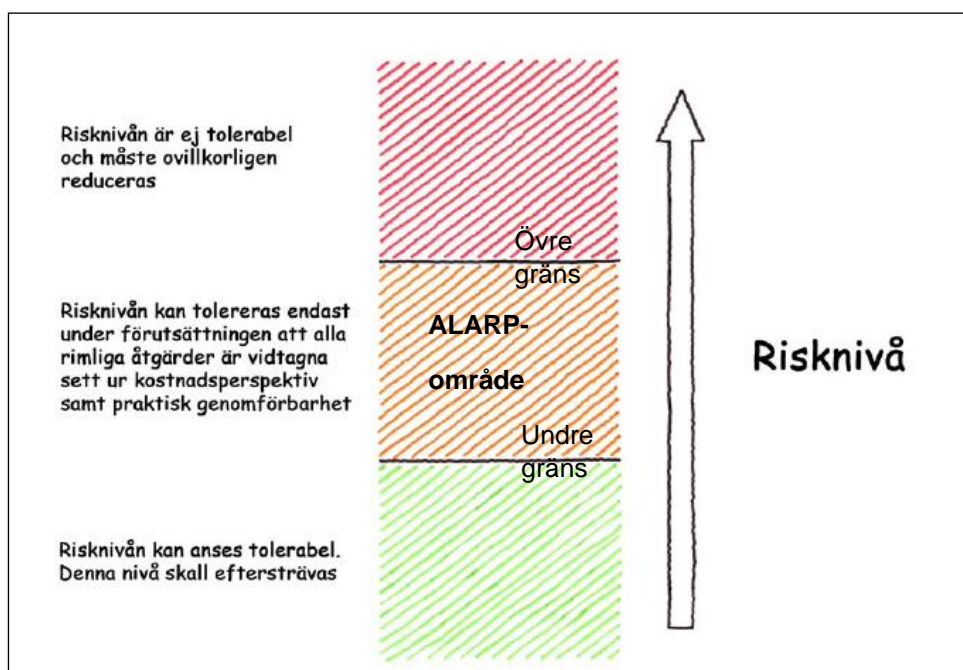
är på en viss plats och tar inte hänsyn till hur många människor som kommer att befinna sig på platsen. Individrisken är ett lämpligt mått vid riskbedömning för områden där det endast kommer att vistas ett fåtal människor.

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

3.2 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods

3.2.1 Kvantitativa kriterier för individrisk

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



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

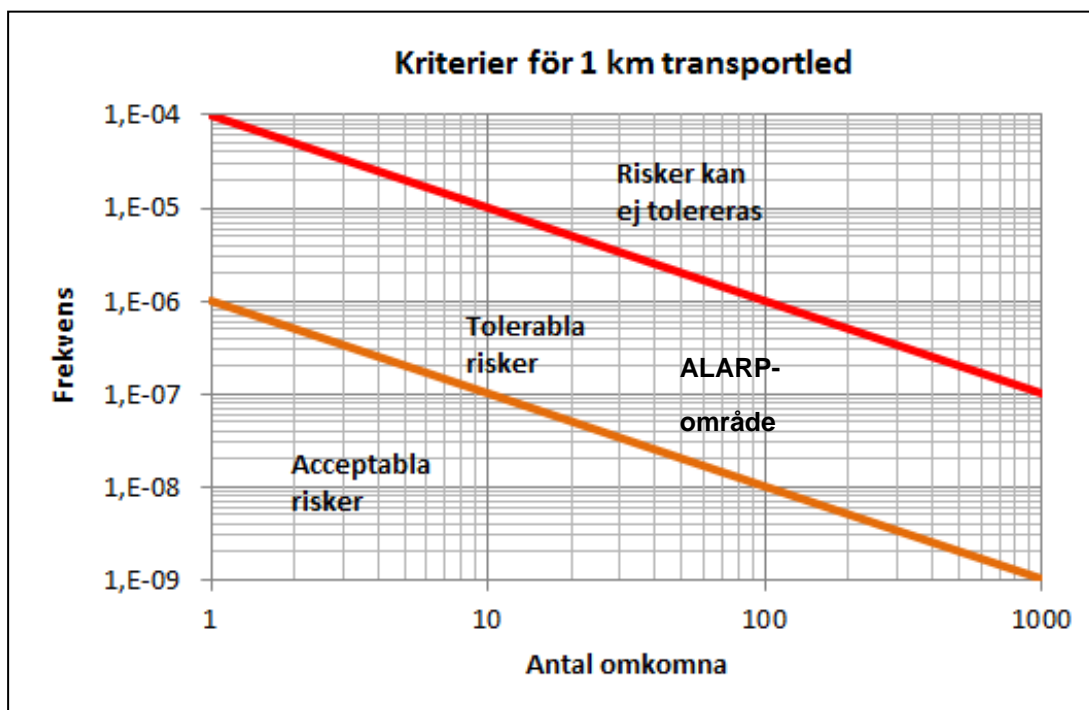
För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år och den undre på 1×10^{-7} per år. Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens totala risknivå. Om risknivån ligger under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

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

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

3.2.2 Kvantitativa kriterier för samhällsrisk

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

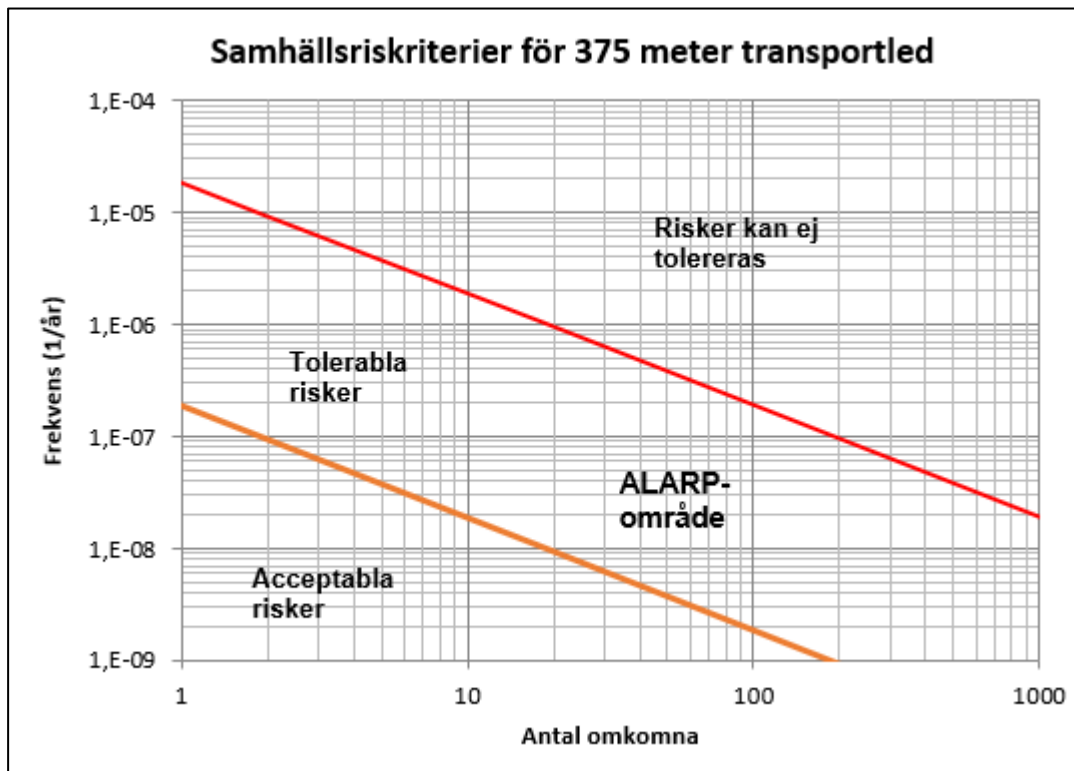


Figur 4 Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

Kriterier i Figur 4 innebär till exempel att en olycka med högst en omkommen accepteras högst en gång på 1 000 000 år (orangea linjen). Olyckor med en omkommen kan inte tolereras oftare än en gång per 10 000 år (röda linjen). Olyckor med mer 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 transportlederna väg 160 och väg 169 och att planområdet endast ligger på ena sidan av leden. Omräknade kriterier visas i Figur 5. Planområdets längd utmed väg 160 och väg 169 är cirka 375 meter.



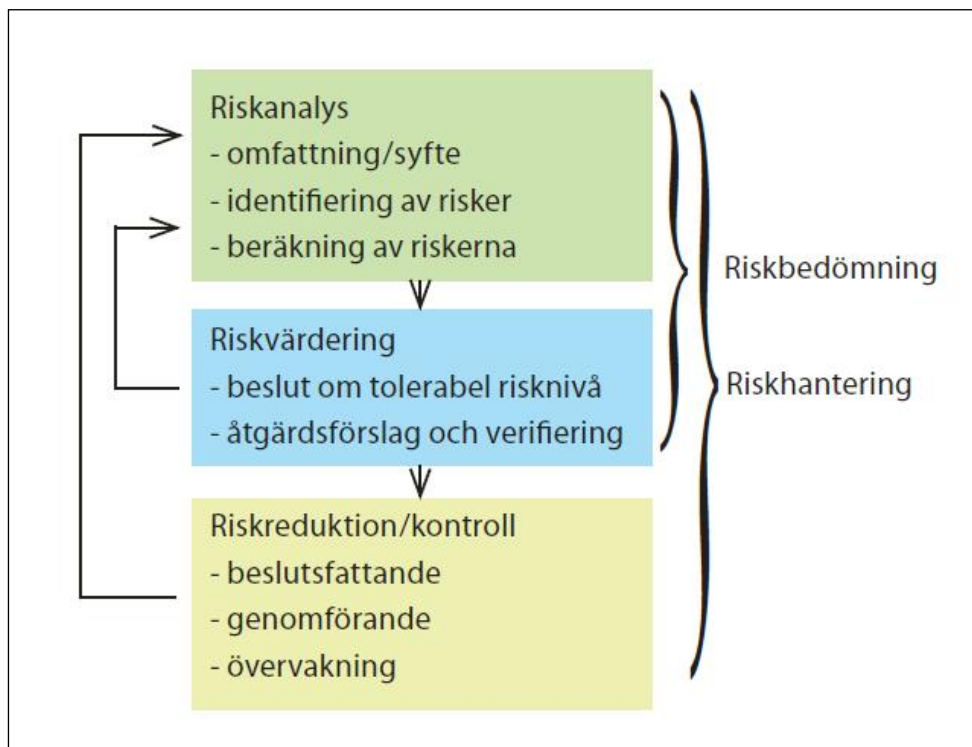
Figur 5 Riskkriterier omräknade till 375 meter enkelsidig bebyggelse.

3.3 Riskhantering

3.3.1 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen

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

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



Figur 6 Schema över riskhanteringsprocessen (Lst 2006).

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

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

3.3.2 ALARP-området

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

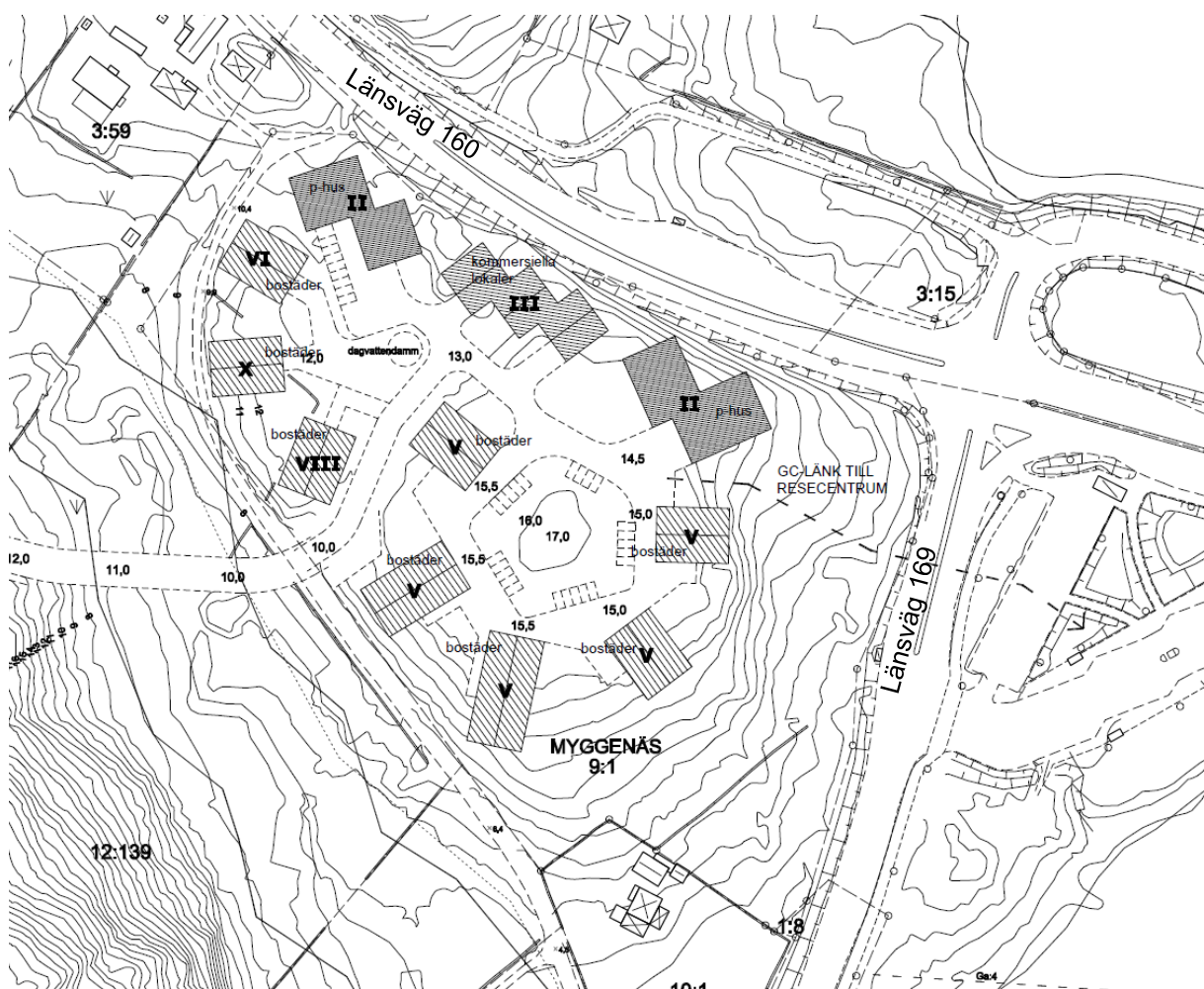
Området spänner över en faktor 100 i risknivåer, de lägsta nivåerna inom området är hundra gånger lägre än de högsta nivåerna. Området är så pass stort beroende på den osäkerhet som alltid finns i riskberäkningarna. Ofta anses att osäkerheten i resultaten av en riskberäkning kan vara så högt som en faktor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

I Figur 7 visas fastigheten i det aktuella området i denna riskutredning. Planområdet ligger alldeles intill länsväg 160 som är transportled för farligt gods. Bebyggelsen kommer ligga som närmast på ett avstånd av cirka 3 meter från länsväg 160. Planområdet ligger alldeles intill länsväg 169 som även den är transportled för farligt gods. Bebyggelsen kommer ligga som närmast på ett avstånd av cirka 30 meter från länsväg 169. Tjörns kommun vill pröva möjligheten att exploatera området med boende i områdets södra del samt verksamheter och parkeringshus i områdets norra del, se Figur 7.



Figur 7 Planområdets läge och storlek (Gyron AB 2020).

Länsväg 160 ligger till stora delar ungefär på samma nivå som planområdet. I nordöstra hörnet finns en bergsknalle som eventuellt skulle innebära en viss skyddsverkan vid olyckor med farligt gods på väg 160. Ett konservativt antagande görs att denna höjdskillnad inte innebär någon skyddseffekt för något scenario. Eftersom marken är plan eller ligger på högre nivå än både väg 160 och väg 169 så antas inga brandfarliga vätskor kunna rinna mot planområdet. Länsväg 169 ligger cirka 4-5 meter lägre

än planområdet. I beräkningarna har hänsyn tagits till höjdskillnaden där det har antagits att spridningen av brandfarliga och giftiga gaser (klass 2.1 respektive 2.3) i viss mån 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.

Molnens beteende kommer att påverkas av den 4-5 meter höga höjdskillnaden längs vägen. I olyckans första skede stoppas gasens transport mot planområdet av höjdskillnaden och molnet breder ut sig åt sidan istället. När molnet har nått en viss höjd så börjar det föras högre upp mot planområdet av vinden, molnet är då mer utsträckt längs vägen än det skulle varit utan höjdskillnad. Molnet förs in mot området men är mera utsträckt längs vägen och mindre utsträckt in mot området.

För de beräkningar som presenteras här 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 höjdskillnaden.
- Vid scenarier med kontinuerliga utsläpp har molnets utsträckning i riktning längs leden fördubblats och in mot planområdet har den halverats.
- Vid scenarier med momentana utsläpp har molnets utsträckning i riktning längs leden multiplicerats med 1,5 och in mot planområdet 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 i planområdet

Enligt illustrationsförslaget på planerad bebyggelse kommer 196 lägenheter, 2 000 m² BTA kontor och parkeringshus med 110 platser byggas i planområdet (Carl Edman Arkitekter 2019). Enligt statistik för 2018 bor det i genomsnitt 1,8 personer per lägenhet i flerbostadshus i Tjörns kommun (SCB 2018). Om detta även antas gälla för detta planområde så innebär det cirka 360 boenden i området. Av dessa bedöms cirka hälften vara på plats dagtid (kl 06-18) och alla på plats nattetid (kl 18-06).

För att beräkna antal personer på plats i genomsnitt i kontorsbyggnaderna antas 38 personer i genomsnitt per 1000 m² BTA från tidigare projekt (Norconsult 2016). Detta resulterar i att antalet personer på plats i genomsnitt för kontorsverksamheten beräknas till cirka 80 personer. Dessa personer antas vara på plats i dominerande utsträckning på dagtid (kl 06-18) med endast ett fåtal personer på plats nattetid (kl 18-06). För att inte underskatta riskerna antas att 1 person i genomsnitt är på plats kvällstid i kontorsbebyggelsen. I parkeringshusen bedöm ytterst få personer befinna sig i genomsnitt och under en begränsad tid. Beräkningarna för markanvändning kontor avrundas därför uppåt för att täcka in eventuella personer som kan finnas på plats i och omkring parkeringshusen som planeras i anslutning till kontorsbyggnaden.

Schablonmässigt för bostäder och kontor antas 93 % av personerna befinna sig inomhus på dagtid. Motsvarande siffra är 99 % på nattetid.

I osäkerhetsanalysen beräknas konsekvenserna av att 25 % fler personer befinner sig i området.

4.3 Länsväg 160

Uppgifter om mängden farligt gods som transporteras förbi planområdet på länsväg 160 redovisas av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB 2006). Uppgifterna är baserade på en undersökning som genomförts under en månad, september 2006, och resultaten finns i en GIS-databas hos MSB.

MSB:s uppgifter för 2006 anger cirka 700 farligt gods transporter per år. Omräknat till år 2040 med en ökning av godstransporter på länsväg 160 på cirka 91 % som anges av Trafikverket (Trafikverket 2018) blir detta cirka 1 300 transporter per år. Uppgifterna kan inte användas utan vidare som underlag för prognoser då endast en månad ingår i underlaget.

Uppgifterna jämförs därför med nationell statistik som anger att i genomsnitt cirka 5% av godstransporter innehåller farligt gods (TRAFVA 2014).

ÅDT för tung trafik på aktuell sträcka av länsväg 160 var 600 fordon år 2017 (Trafikverket 2019:1). Omräknat till år 2040 med hjälp av Trafikverkets trafikuppräkningsstal blir ÅDT tung trafik cirka 1 000 fordon. Multiplicerat med andel farligt gods av tung trafik så ger det antal prognosticerade transporter år 2040 enligt nationellt genomsnitt cirka 16 300 transporter av farligt gods per år. Som synes är skillnaden i resultaten från dessa båda beräkningsmetoderna betydande.

En mer detaljerad jämförelse mellan statistiken för aktuell sträcka och den nationella statistiken görs i Tabell 2 där även fördelningen på olika klasser presenteras och de uppgifter som används i riskberäkningarna.

Tabell 2 Antal förväntade transporter med farligt gods på länsväg 160 år 2040 enligt MSB och Nationellt genomsnitt.

Klass	Beräknat antal transporter/år 2040 enligt MSB	Beräknat antal transporter/år 2040 enligt Nationellt genomsnitt	Antal transporter/år som använts i riskberäkningarna
1 Explosiva ämnen	0	80	10
2.1 Brandfarliga gaser	0	590	300
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	0	1 900	-
2.3 Giftiga gaser	0	10	5
3 Brandfarliga vätskor	1 300	10 000	5 000
4 Brandfarliga fasta ämnen	0	160	-
5 Oxiderande ämnen	0	610	300
6 Giftiga ämnen mm	1	200	-
7 Radioaktiva ämnen	-	10	-
8 Frätande ämnen	10	2 140	-
9 Övriga farliga ämnen	0	550	-
Totalt	Cirka 1 300	Cirka 16 250	

Av klasserna i Tabell 2 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 fetstil i Tabell 2.

Sprängämnen transporteras mestadels i norra Sverige för gruvindustrins behov. Nationellt genomsnitt bedöms därför vara en överskattning men det kan heller inte uteslutas att transporter i klass 1

transporteras på vägen. För klass 1 används därför 10 transporter per år i klass 1. För klass 2.1, 2.3, 3 och 5 används medelvärden för MSB:s och TRAFAs uppgifter. I osäkerhetsanalysen studeras vad det innebär om beräknat antal transporter år 2040 är 25 % fler än prognosticerat.

Klasserna i Tabell 2 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 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 3.

Tabell 3 Farligt gods på länsväg 160 år 2040 som medför betydande risker för området.

Klass och ämnesgrupp	Väg 160
1.1 Massexplosiva ämnen	1
2.1 Brandfarliga gaser	300
2.3 Giftiga gaser	5
3. Mycket brandfarliga vätskor	3 750
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	100

Sannolikheten för olyckor på länsväg 160 fås från Trafikverkets handbok "Effektsamband för transportsystemet" (Trafikverket 2019:2). Risken för olyckor på en länsväg med en högsta tillåten hastighet på 70 km/h anges till 0,111 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $1,1 \times 10^{-7}$ per fordonskilometer och år.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är cirka 30 % (SRV 1996) vilket innebär att det vid 70 % av olyckorna är minst två fordon inblandade. Om det bortses från olyckor med fler än 2 fordon inblandade, vilket inte påverkar resultatet nämnvärt, så är risken för att ett fordon blir inblandat i en olycka på en 1 km lång sträcka av vägen lika med $1,1 \times 10^{-7} \times (1+0,3) \times 1,1 = 2,1 \times 10^{-7}$. I beräkningen tas även hänsyn till att antal axelpar på tunga fordon i genomsnitt är 1,1 genom att multiplicera sannolikheten med 1,1.

4.4 Väg 169

Antalet transporter med farligt gods på väg 169 beräknas på samma sätt som för väg 160 utifrån uppgifter från MSB och nationell statistik, se Tabell 4.

Tabell 4 Antal förväntade transporter med farligt gods på länsväg 169 år 2040 enligt MSB och Nationellt genomsnitt.

Klass	Beräknat antal transporter/år 2040 enligt MSB	Beräknat antal transporter/år 2040 enligt Nationellt genomsnitt	Antal transporter/år som använts i riskberäkningarna
1 Explosiva ämnen	0	61	10
2.1 Brandfarliga gaser	23	1 100	550
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	0	3 500	-
2.3 Giftiga gaser	0	7	4
3 Brandfarliga vätskor	990	11 000	6 000
4 Brandfarliga fasta ämnen	0	600	-
5 Oxiderande ämnen	0	560	280
6 Giftiga ämnen mm	1	1600	-
7 Radioaktiva ämnen	-	0	-
8 Frätande ämnen	3	3 100	-
9 Övriga farliga ämnen	0	1 100	-
Totalt	Cirka 1 000	Cirka 23 000	

Utifrån Tabell 4 beräknas antalet transporter av farligt gods på väg 169 som kan medföra betydande risker för planområdet, på samma sätt som för väg 160, se Tabell 5.

Tabell 5 Farligt gods på länsväg 169 år 2040 som medför betydande risker för området.

Klass och ämnesgrupp	Väg 169
1.1 Masseexplosiva ämnen	1
2.1 Brandfarliga gaser	550
2.3 Giftiga gaser	4
3. Mycket brandfarliga vätskor	4 500
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	93

Även sannolikheten för olyckor på länsväg 169 fås från Trafikverkets handbok "Effektsamband för transportsystemet" (Trafikverket 2019:2). Risken för olyckor på en landsväg med en högsta tillåten hastighet på 60 km/h anges till 0,111 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $1,1 \times 10^{-7}$ per fordonskilometer och år.

Andelen singelolyckor på den här typen av väg är cirka 30 % (SRV 1996) vilket innebär att det vid 70 % av olyckorna är minst två fordon inblandade. Om det bortses från olyckor med fler än 2 fordon inblandade, vilket inte påverkar resultatet nämnvärt, så är risken för att ett fordon blir inblandat i en olycka på en 1 km lång sträcka av vägen lika med $1,1 \times 10^{-7} \times (1+0,3) \times 1,1 = 2,1 \times 10^{-7}$. I beräkningen tas även hänsyn till att antal axelpar på tunga fordon i genomsnitt är 1,1 genom att multiplicera sannolikheten med 1,1.

5 Resultat

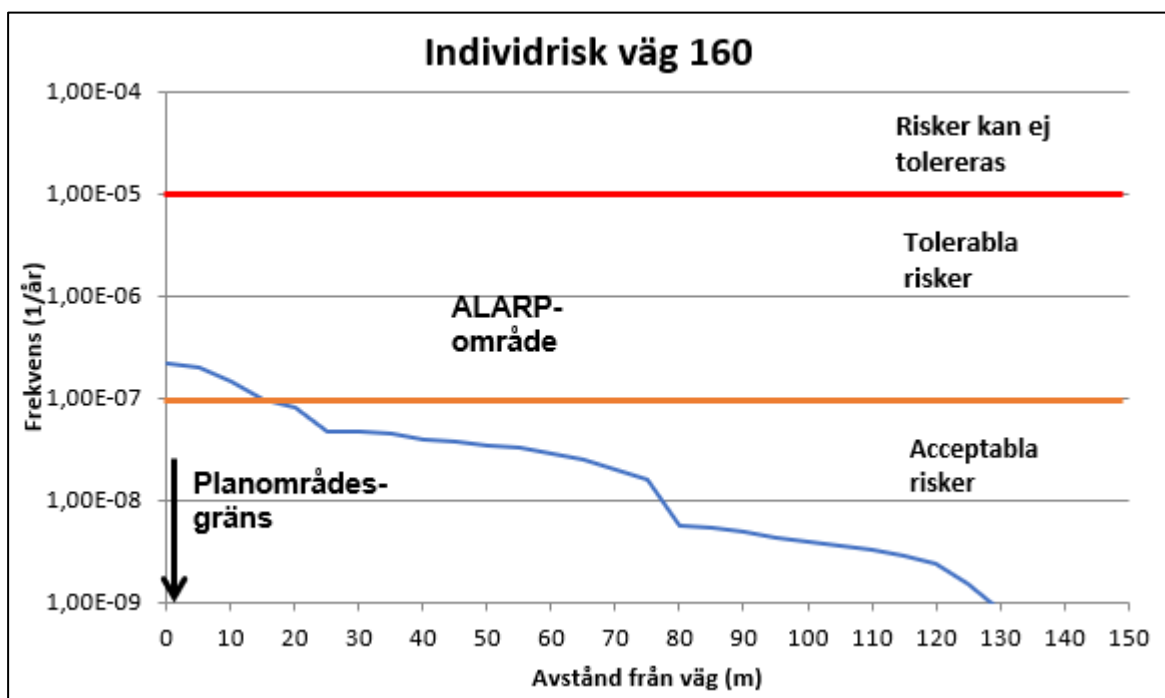
I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten på länsväg 160 och väg 169 för individrisk samt samhällsrisk utan skyddsåtgärder. Dessutom redovisas en osäkerhetsanalys där antalet transporter av farligt gods och antal personer i planområdet är 25 % fler än ursprungsberäkningen. De ingångsvärden för beräkningarna som är specifika för planområdet har redovisats i *kapitel 4*.

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

5.1 Individrisk

5.1.1 Väg 160

I Figur 8 visas individrisken i planområdet vid länsväg 160. Individrisken är oberoende av antal personer närvarande i området vilket innebär att beräknad individrisk gäller oavsett vad som byggs i planområdet.

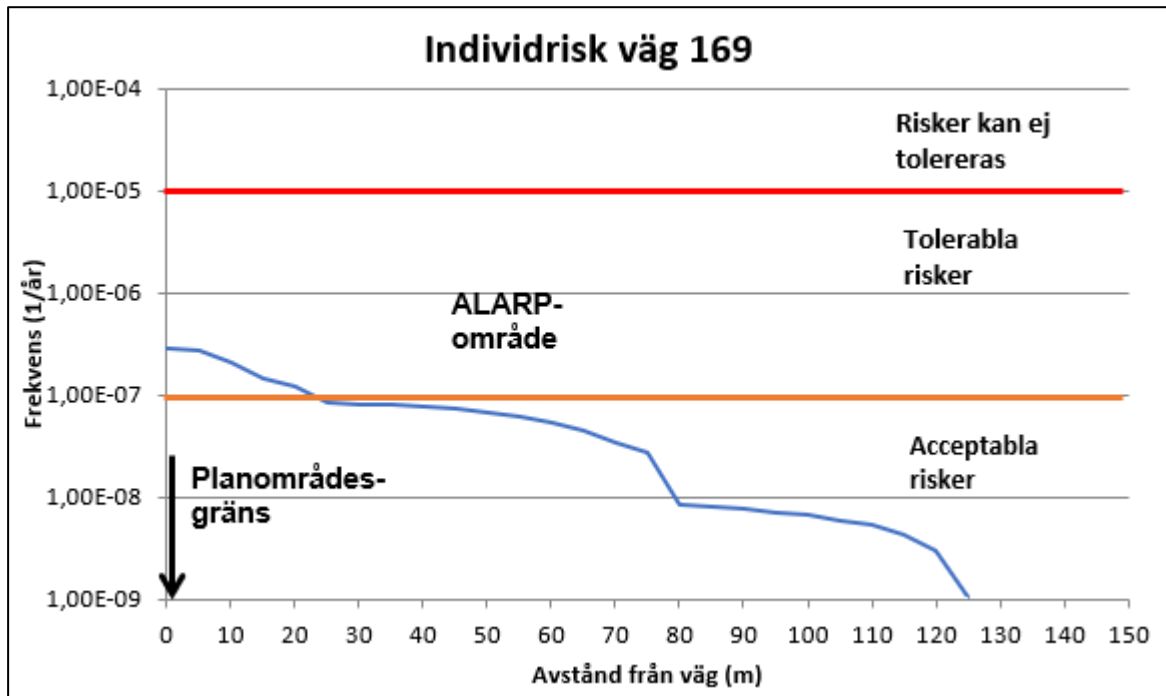


Figur 8 Individrisken vid planområdet vid länsväg 160.

Individrisken i planområdet bedöms vara acceptabel vid cirka 18 meters avstånd från länsväg 160. Planområdet ligger som närmast på cirka 1 meter från väggkant på länsväg 160. Individrisken är därför inom ALARP-området i delar av planområdet.

5.1.2 Väg 169

I Figur 9Figur 8 visas individrisken i planområdet vid länsväg 169.

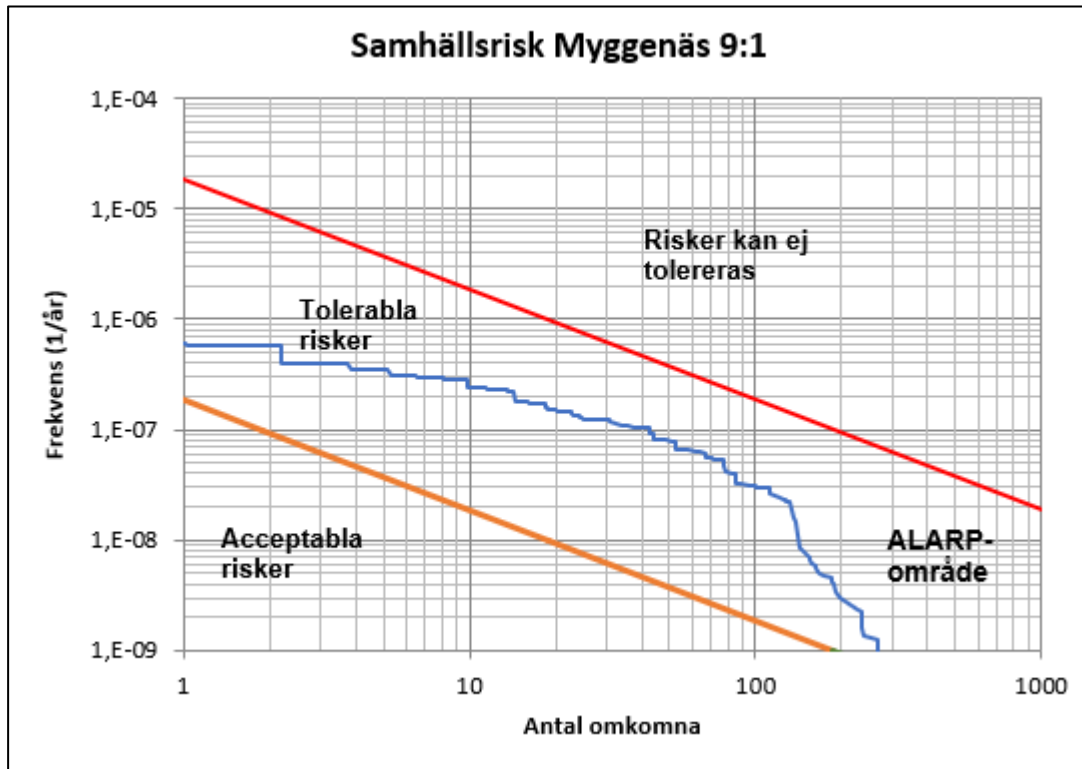


Figur 9 Individrisken vid planområdet vid länsväg 169.

Individrisken i planområdet bedöms vara acceptabel vid cirka 25 meters avstånd från länsväg 160. Planområdet ligger som närmast på cirka 1 meter från väggkant på länsväg 169. Individrisken är därför inom ALARP-området i delar av planområdet.

5.2 Samhällsrisk

I Figur 10 visas samhällsrisken i planområdet vid planerad exploatering och det framgår av figuren att risknivån överskrider kriteriet för acceptabla risker och ligger inom ALARP-området.



Figur 10 Samhällsrisiken för det planerade området.

Enligt beräkningarna är de dimensionerande olyckorna de som innefattar brandfarliga vätskor och brandfarliga gaser. Det innebär att ekonomiskt rimliga och tekniskt genomförbara skyddsåtgärder som minskar konsekvenserna vid dessa typer av olyckor bör utföras.

5.3 Osäkerhetsanalys

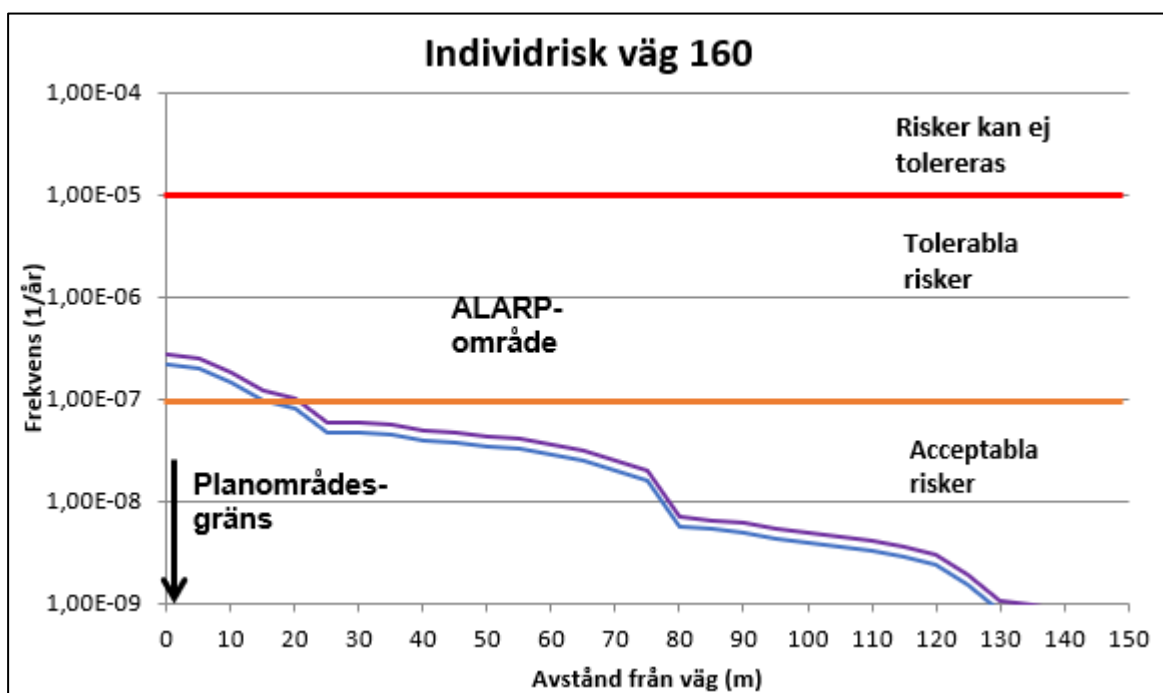
Det finns alltid osäkra faktorer i beräkningar av risker i samband med transporter av farligt gods förbi områden där det vistas människor. Eftersom det handlar om en prognos för en framtida situation så är osäkerheten i vilka mängder farligt gods som kommer transporteras förbi området i framtiden av betydelse. Detta är också viktigt då uppgifterna om transporterade mängder redan i nuläget är relativt osäkra eftersom statistik från nationellt genomsnitt visar på fler transporter än MSB:s statistik, se avsnitt 4.3. Därför används 25 % fler transporter av farligt gods i osäkerhetsanalysen.

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

5.3.1 Individrisk

5.3.1.1 Väg 160

Figur 11 visar att individrisken vid en osäkerhetsanalys är acceptabel på ett avstånd på cirka 20 meter från länsväg 160.

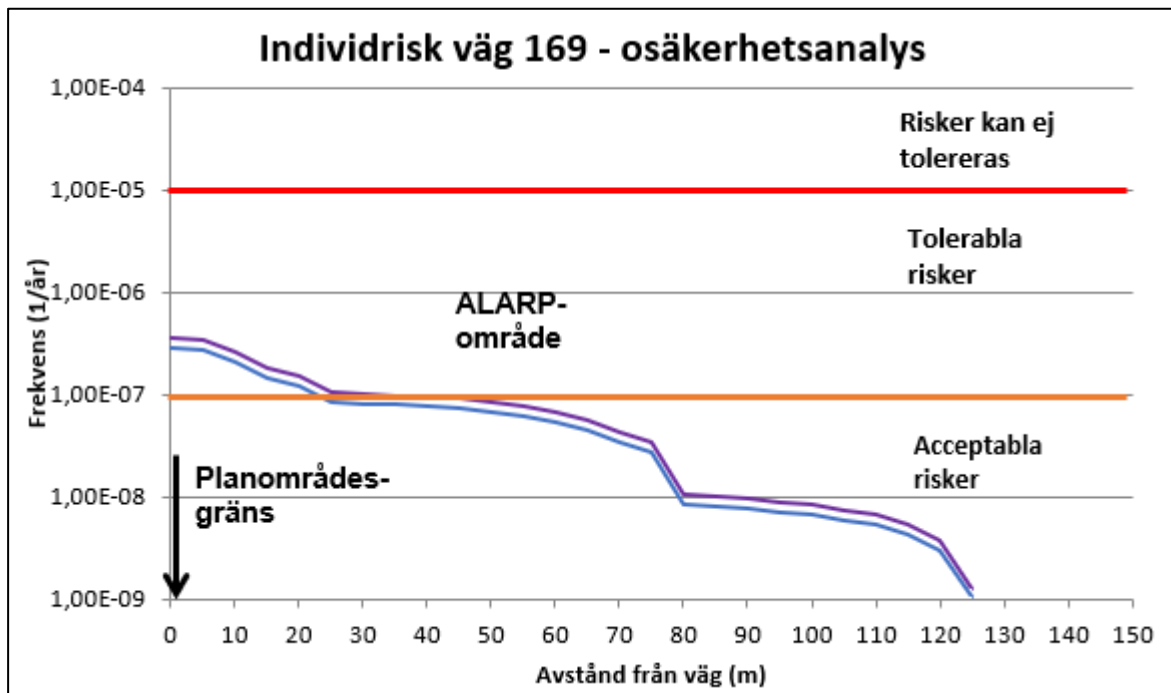


Figur 11 Osäkerhetsanalys för individrisken, lila linje, antalet transporter av farligt gods samt antalet personer närvarande i området ökas med 25 %. Ursprunglig beräkning visas med blå linje.

Individrisken ökar något ligger fortfarande delvis inom ALARP-området i delar av planområdet.

5.3.1.2 Väg 169

Figur 12 Figur 11 visar att individrisken vid en osäkerhetsanalys är acceptabel på ett avstånd på cirka 25 meter från länsväg 169.

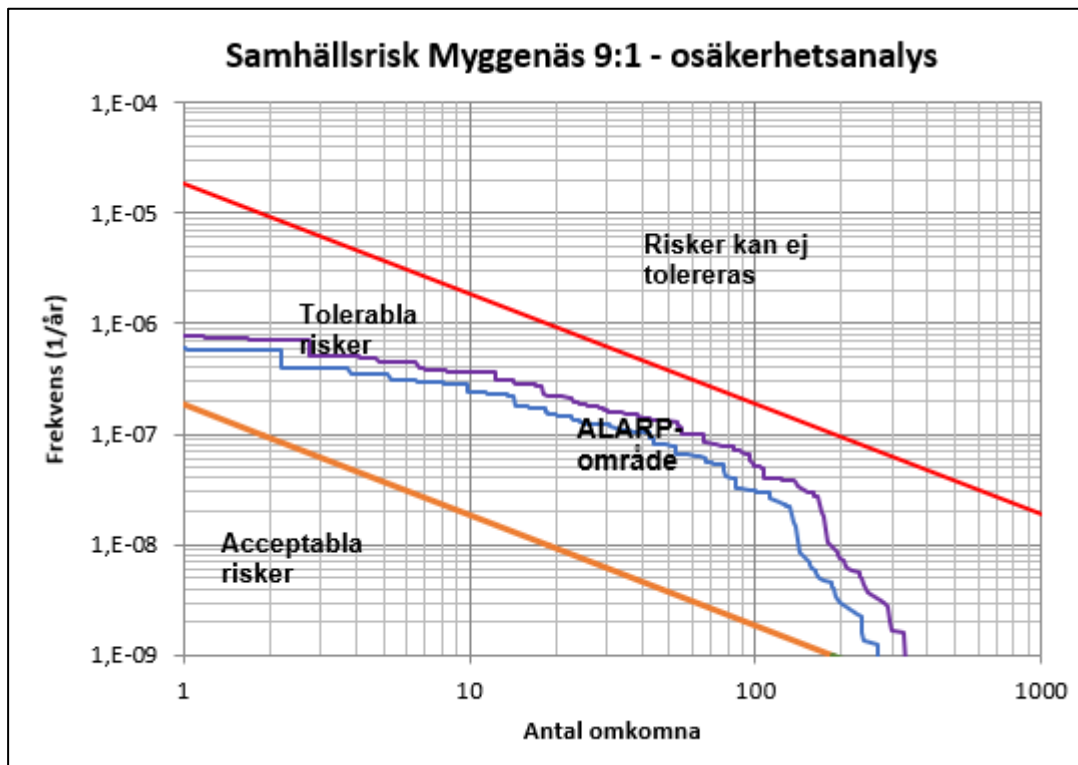


Figur 12 Osäkerhetsanalys för individrisken, lila linje, antalet transporter av farligt gods samt antalet personer närvarande i området ökas med 25 %. Ursprunglig beräkning visas med blå linje.

Individrisken ökar något ligger fortfarande delvis inom ALARP-området i delar av planområdet.

5.3.2 Samhällsrisk

Figur 13 visar att samhällsrisken ökar men inte överskrider kriterierna för där risker ej kan tolereras vid den osäkerhetsanalys där antalet transporter av farligt gods samt av antalet personer närvarande i planområdet ökas med 25 %.



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

5.4 Åtgärdsförslag och resulterande risknivåer efter skyddsåtgärder

Utifrån beräkningarna av risknivåer dras slutsatsen att rimliga skyddsåtgärder för att minska konsekvenserna vid olyckor med brandfarliga vätskor och gaser är nödvändiga. För beskrivningar av konsekvenser och olycksscenario, se avsnitt 2.2.

Individrisken visar att rimliga åtgärder ska vidtas inom planområdet upp till 18 meters avstånd från väg 160 och upp till 25 meters avstånd från väg 169. Förslagsvis utformas planområdet utomhus inom dessa avstånd så att det inte inbjuder till stadigvarande vistelse.

Ett olycksscenario med brandfarliga gaser som kan inträffa är att en s.k. jetflamma bildas och antänder byggnader dit den når. Som skyddsåtgärd mot detta scenario föreslås att fasader på hela byggnadshöjden på byggnader närmast väg 160 och väg 169 som vetter mot dessa transportleder utförs i brandklassat material EI30. Denna åtgärd bedöms minska antalet omkomna i scenariot med 90 %.

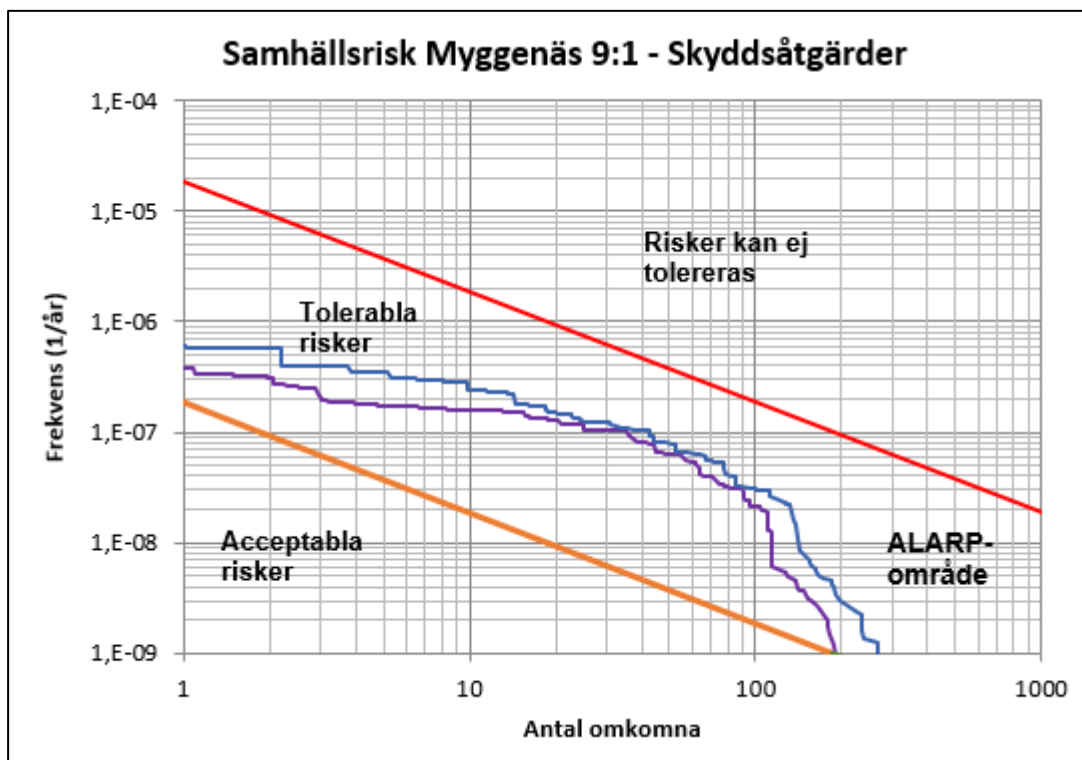
Ett annat olycksscenario med brandfarliga gaser är att gasen släpps ut och bildar en gasmolnsbrand. Brandfarliga gaser är i huvudsak tunggaser vilket innebär att de håller sig nära marken. För att skydda mot detta scenario föreslås att fasader på byggnader inom 40 meter från väg 160 bör upp till 5 meters höjd göras täta och utföras i brandklassat material EI 30. Öppningar riktade bort från väg 160 får finnas. Det bedöms inte rimligt att genomföra denna skyddsåtgärd på byggnader avsedda för bostadsändamål. Denna åtgärd bedöms minska antalet omkomna i scenariot med 13 % eftersom skyddsåtgärden bara gäller en mindre andel av byggnaderna påverkade av scenariot gasmolnsbrand. 13 % är beräknad andel av människorna som befinner sig i parkeringshusen och verksamheterna jämfört med hela planområdet

Vidare så kan olyckor med brandfarliga gaser leda till explosioner i form av en gasmolnsexplosion och BLEVE. För att minska konsekvenserna vid dessa typer av olyckor behöver byggnaderna kunna stå

emot explosionstrycket och förhindra att fortskridande ras inträffar i byggnaden. En möjlighet är att byggnaderna konstrueras med en sammanhållen betongstomme. Det bedöms minska antalet omkomna med 33 % för scenario gasmolnsbrand och med 20 % i scenarion BLEVE.

Ett antal svårkvantifierade skyddsåtgärder bör även genomföras på byggnaderna. För att ge människor tid att utrymma byggnader bör utrymning kunna ske bort från väg 160 och väg 169. För att minska risken för att brandfarliga- och giftiga gaser tar sig in i byggnader bör ventilation placeras högt och bortvänd väg 160 och väg 169. Dessa skyddsåtgärders skyddseffekt har inte medtagits i beräkningarna av ny risknivå efter skyddsåtgärder.

Om ovanstående åtgärder med bedömd skyddseffekt genomförs så blir resulterande risknivå enligt Figur 14.



Figur 14 Samhällsrisk med skyddsåtgärder presenteras med lila linje. Ursprunglig beräkning visas med blå linje.

Om dessa skyddsåtgärder genomförs så bedöms rimliga skyddsåtgärder ha genomförts och risknivåerna är tolerabla för planområdet.

6 Diskussion och slutsatser

Den kvantitativa riskanalysen visar att risknivåerna för länsväg 160 och 169 förbi planområdet är inom ALARP-området. Även vid en osäkerhetsanalys, där antal transporter av farlig gods samt en ökning av antalet personer närvarande i planområdet med 25 % används, visar att risknivåerna ligger inom ALARP-området. Detta innebär att alla rimliga skyddsåtgärder, sett ur kostnadsperspektiv och praktisk genomförbarhet, ska vidtas. Beräkningarna visar också att de dimensionerande olyckorna är de där brandfarliga vätskor och brandfarliga gaser är inblandade.

Förslag till skyddsåtgärder:

- Området utomhus inom 18 meter från väg 160 och 25 meter från väg 169 bör inte inbjuda till stadigvarande vistelse.
- Fasader på hela byggnadshöjden på byggnader närmast väg 160 och väg 169 som vetter mot dessa transportleder bör utföras i brandklassat material EI30.
- På byggnader inom 40 meter från väggkant på väg 160 bör fasader upp till 5 meters höjd göras täta och utföras i brandklassat material EI30. Öppningar riktade bort från väg 160 får finnas.
- Åtgärd på byggnader (exempelvis sammanhållen betongstomme) inom 150 meter från väg 160 och väg 169 som minskar risken för fortskridande ras på byggnader på grund av explosioner.
- Utrymning bör vara möjlig bort från väg 160 och väg 169.
- Ventilation bör placeras högt och vänd bort från väg 160 och väg 169.

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

7 Referenser

Gyron AB 2020	Planförslag 2020-08-20, Gyron AB.
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 2016	Risکانالys transport av farligt gods. Veddesta Etapp 1, Järfälla kommun. Norconsult 2016-04-12
Lst 2006	Riskhantering i detaljplaneprocessen, Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län, september 2006
Rtj Storgöteborg 2004	Riktlinjer för riskbedömningar, Räddningstjänsten Storgöteborg 2004
SCB 2018	Antal personer per hushåll efter region, boendeform och år 2018, Statistiska centralbyrån hämtad 2020-04-17
SRV 1996	Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Räddningsverket 1996
SRV 1997	Värdering av risk, FoU rapport, Räddningsverket 1997
TRAFÄ 2014	Lastbilstrafik 2000-2013. Årliga rapporter utgivna av TRAFÄ tillsammans med SCB, 2014
Trafikverket 2018	Trafikuppräkningsstal för EVA och manuella beräkningar 2014-2040-2060. Trafikverket 2018-04-01.
Trafikverket 2019:1	Uttag ur Trafikverkets Vägtrafikflödeskartan http://vtf.trafikverket.se/ , 2018-11-02.
Trafikverket 2019:2	Effektsamband för transportsystemet – Fyrstegsprincipen Steg 3 och 4, Bygg om eller bygg nytt, 2018-04-01.
ÖSA 2004	Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen, Öresund 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 *figur 1a och 1b* framgår också ungefärliga avstånd till planområdet samt uppskattning av bredd på hus.

Ingångsdata		Uppdragsnamn: Riskutredning Myggenäs 9:1 - Väg 160		2020-04-21
Olycksrisk				
Risk för olycka	1,11E-07	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,30			
Olycksrisk fordon	2,08E-07	1/km, år		
Område enl nedan	2	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			
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsrisk dag/km,år	utsläppsrisk natt/km,år
Klass 1, masseexplosiv	1,0	1	1,5E-07	6,2E-08
Klass 2.1	300,0	0,034	1,5E-06	6,4E-07
Klass 2.3	5,0	0,034	2,5E-08	1,1E-08
Klass 3, bensin	3750,0	0,077	4,2E-05	1,8E-05
Klass 5.1, explosionsrisk	100,0	0,077	1,1E-06	4,8E-07
Bredd på hus första raden	30			
Medelavstånd till område inne	5			
Medelavstånd till område ute	5			

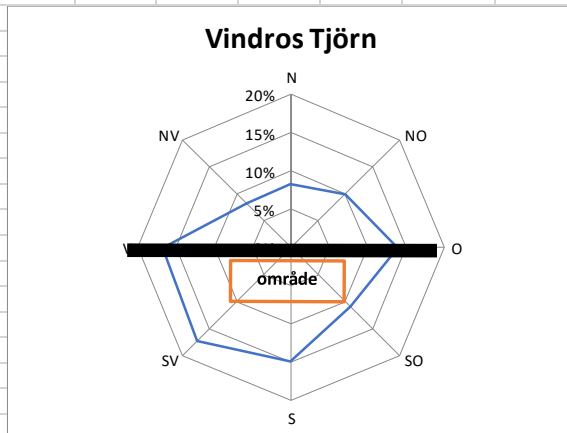
Figur 1a. Ingångsdata för riskberäkning

Ingångsdata		Uppdragsnamn:	Riskutredning Myggenäs 9:1 - Väg 169	2020-04-21
Olycksrisk				
Risk för olycka	1,11E-07	1/fordonskm, år		
Andel singelolyckor	0,30			
Olycksrisk fordon	2,08E-07	1/km, år		
Område enl nedan	2	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			
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsrisk dag/km,år	utsläppsrisk natt/km,år
Klass 1, massexplisiv	1,0	1	1,5E-07	6,2E-08
Klass 2.1	550,0	0,034	2,7E-06	1,2E-06
Klass 2.3	4,0	0,034	2,0E-08	8,5E-09
Klass 3, bensin	4500,0	0,077	5,0E-05	2,2E-05
Klass 5.1, explosionsrisk	93,0	0,077	1,0E-06	4,5E-07
Bredd på hus första raden	30			
Medelavstånd till område inne	35			
Medelavstånd till område ute	5			

Figur 1b. Ingångsdata för riskberäkning

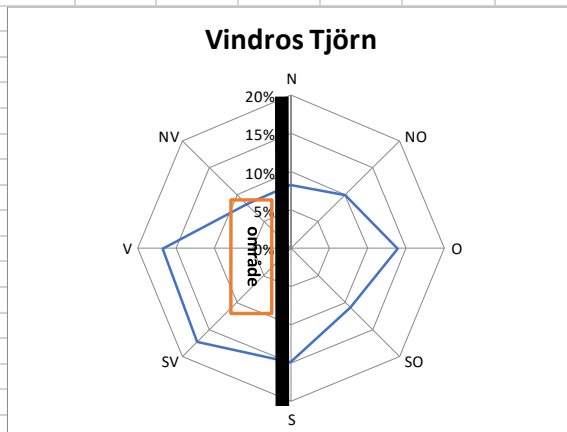
I figur 2a och 2b visas vindrosen som används vid beräkningar av vissa scenarier med gasutsläpp. Beräkningen av andelen av tiden som vinden kan föra gasen mot området respektive längs vägen framgår. Närmaste mätstation där det finns tillgänglig vindstatistik från SMHI (SMHI 2006) har använts i beräkningarna.

Vindros olycksplatsen		Riskutredning Myggenäs 9:1 - Väg 160								2020-04-21	
Vindros	Måseskår (A)										
N	8,2%	8%									
NO	9,9%	10%									
O	13,9%	14%									
SO	10,8%	11%									
S	14,8%	15%									
SV	17,2%	17%									
V	16,6%	17%									
NV	8,1%	8%									
Summa	100%	100%									
Ledens orientering		V-O									
Områdets riktning i förhållande till leden		S									
Vindriktning mot området		26%									
Vindriktning längs leden		31%									
Bort från leden		43%									
		100%									
	Måseskår (A)	8,2	9,9	13,9	10,8	14,8	17,2	16,6	8,1	0,6	



Figur 2a. Vindros för planområdet.

Vindros olycksplatsen		Riskutredning Myggenäs 9:1 - Väg 169								2020-04-21	
Vindros	Måseskår (A)										
N	8,2%	8%									
NO	9,9%	10%									
O	13,9%	14%									
SO	10,8%	11%									
S	14,8%	15%									
SV	17,2%	17%									
V	16,6%	17%									
NV	8,1%	8%									
Summa	100%	100%									
Ledens orientering		N-S									
Områdets riktning i förhållande till leden		V									
Vindriktning mot området		35%									
Vindriktning längs leden		23%									
Bort från leden		42%									
		100%									
	Måseskår (A)	8,2	9,9	13,9	10,8	14,8	17,2	16,6	8,1	0,6	



Figur 2b. Vindros för planområdet.

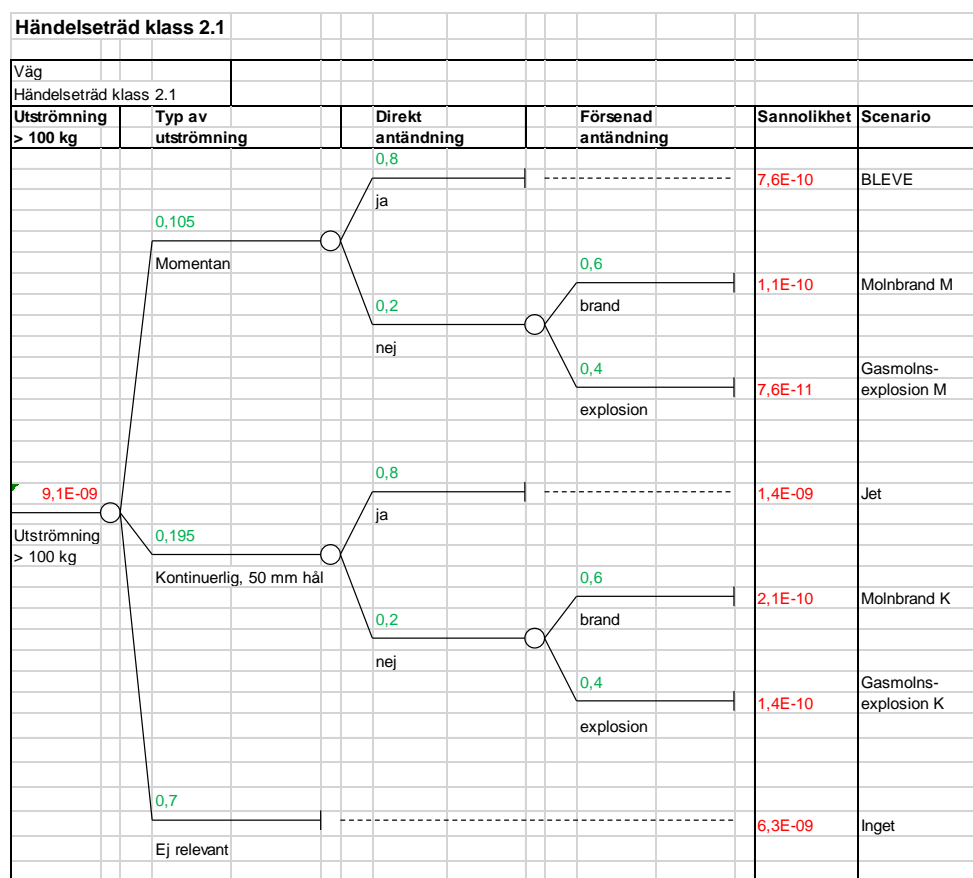
2 Händelseträäd

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 händelseträäd för dag och nattscenarion och det som skiljer dem åt är den initiala olycksfrekvensen som kan ses i *figur 1*.

2.1 Händelseträäd från RBM II

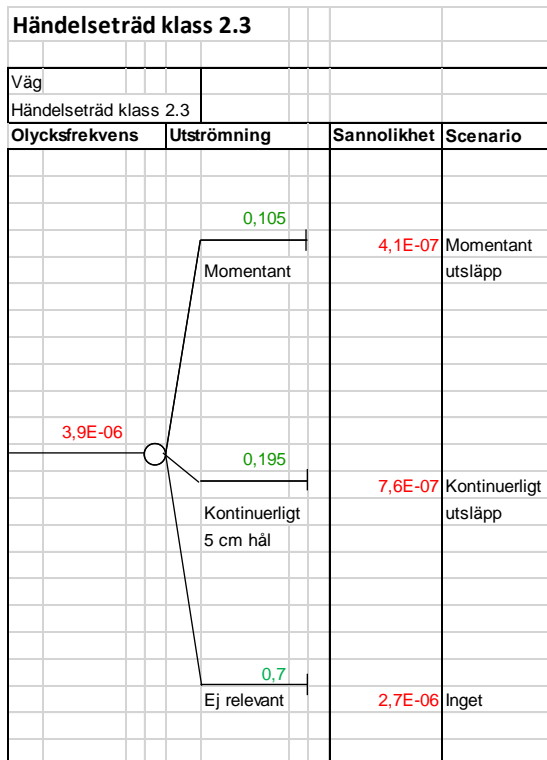
Den initiala olycksfrekvensen för händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 beräknas enligt *avsnitt 1* och resterande delen av händelseträdet baseras på RBM II. RBM II skiljer på om utsläppet sker momentant eller kontinuerligt för de berörda klasserna. Om utsläppet sker momentant släpps hela innehållet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



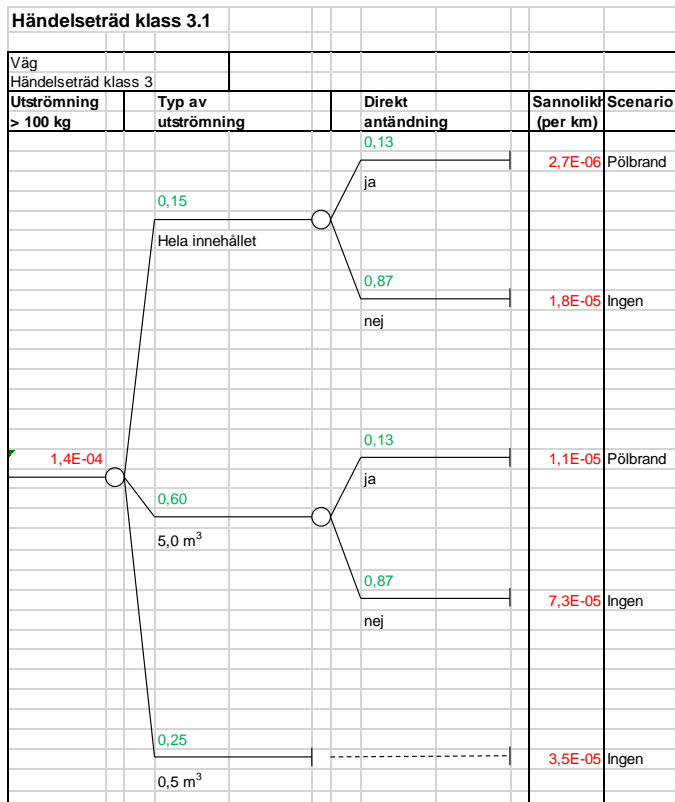
Figur 3. Händelseträäd olycka brandfarlig gas.

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.

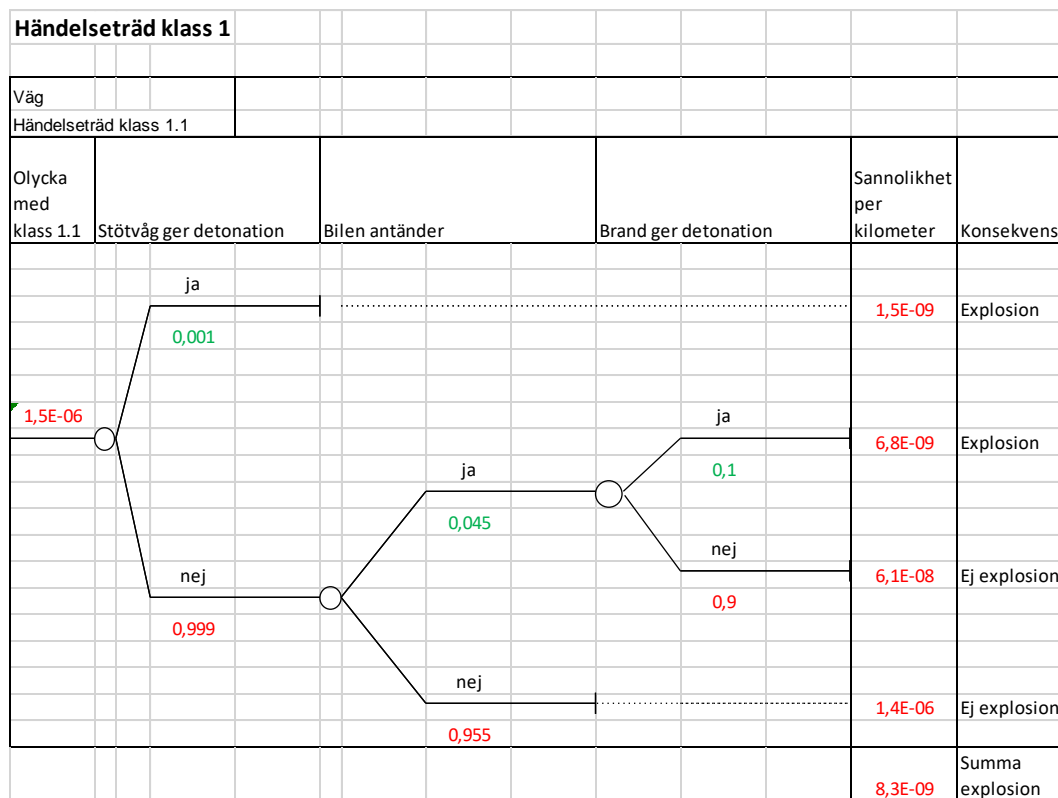
Tidigare studier har visat att den kritiska hastigheten för att en projektil skall leda till en explosion för ett emulsionssprängämne är några tiotals gånger större än för dynamit. En studie med fallvikter på nitroglycerinbaserade sprängämnen har visat att sannolikheten för antändning låg under 0,1 %.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



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

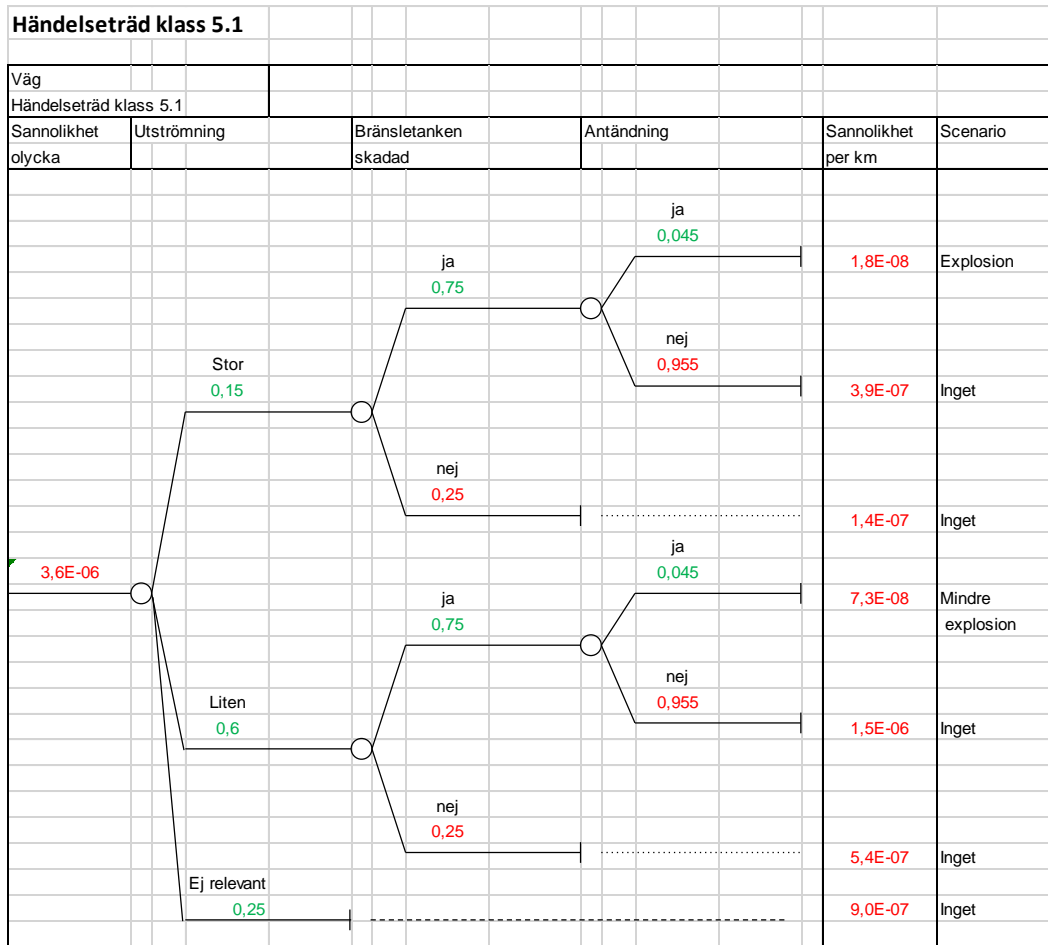
2.3 Klass 5.1

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

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

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

Sannolikheten för detta framgår av händelsetrådet i *figur 7* nedan. Händelsetrådet 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 scenarierna beräknas med ekvationen nedan.

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

Det överlappande området är det område som påverkas av ett effektområde för de olika scenarierna. Sannolikheter för omkomna (P) samt effektområdets form och storlek kan ses i *figur 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



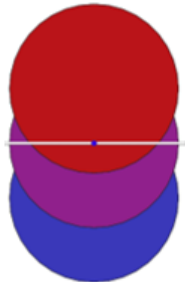
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	130 meter	72 meter	57 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

Jet



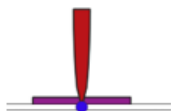
	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (halva längd)	37 meter	40 meter
Minor axis (halva bredd)	20 meter	34 meter
Avstånd centrum	29,5 meter	29,5 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,5

Molnbrand momentan



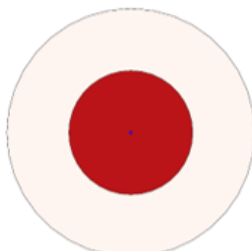
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	93 meter	93 meter	93 meter
Avstånd centrum	60 meter	0	-60 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



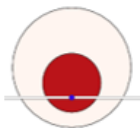
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	50 meter	50 meter
Maximala bredd	8,5 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



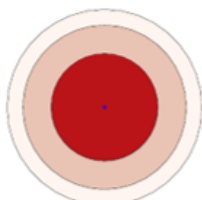
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	126 meter	252 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



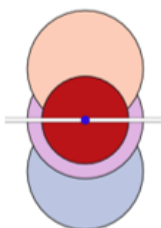
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	33 meter	67 meter
Avstånd centrum	16,5 meter	33,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



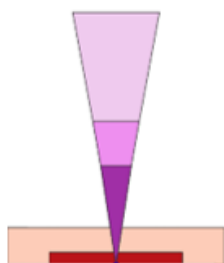
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	80 meter	108 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,3

Giftiga gaser momentan



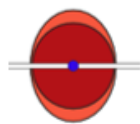
	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	30 meter	40 meter	40 meter	40 meter
Avstånd centrum	0	35 meter	0	-35 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

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.

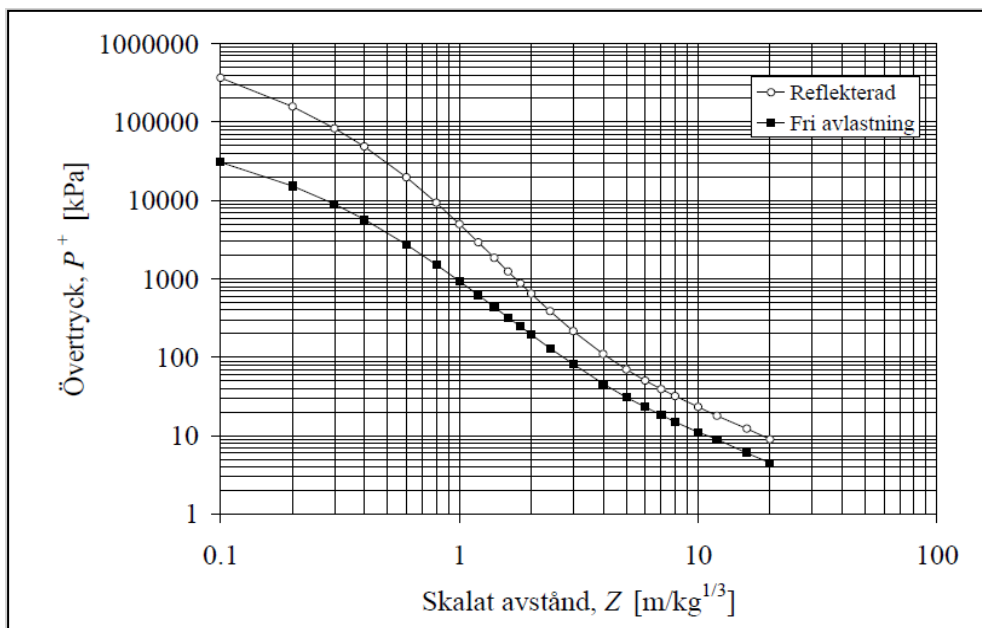
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

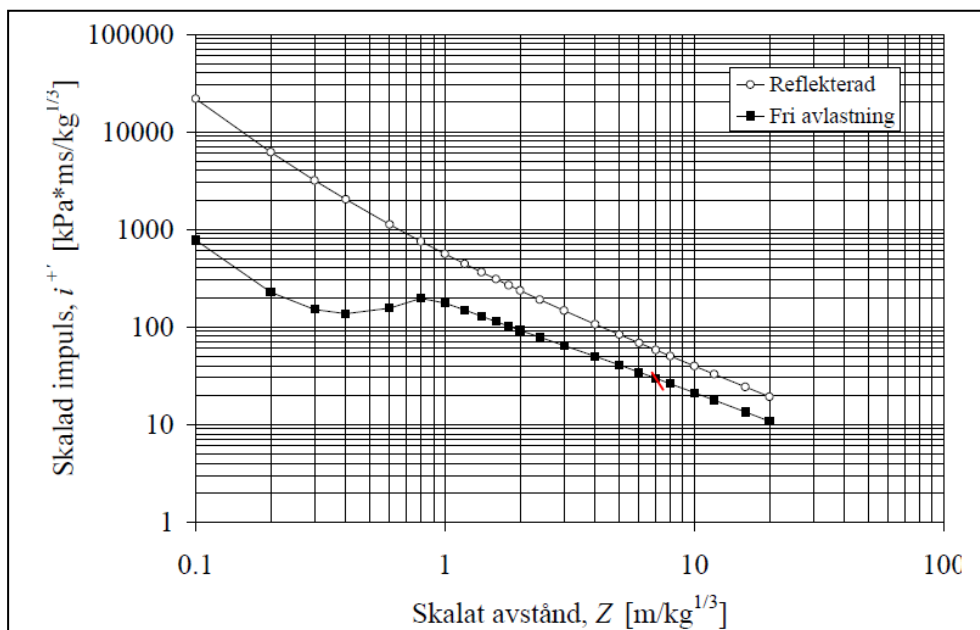
M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

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

Resultaten visas i *tabell 1*.

Tabell 1. Reflekterad och oreflekterad 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

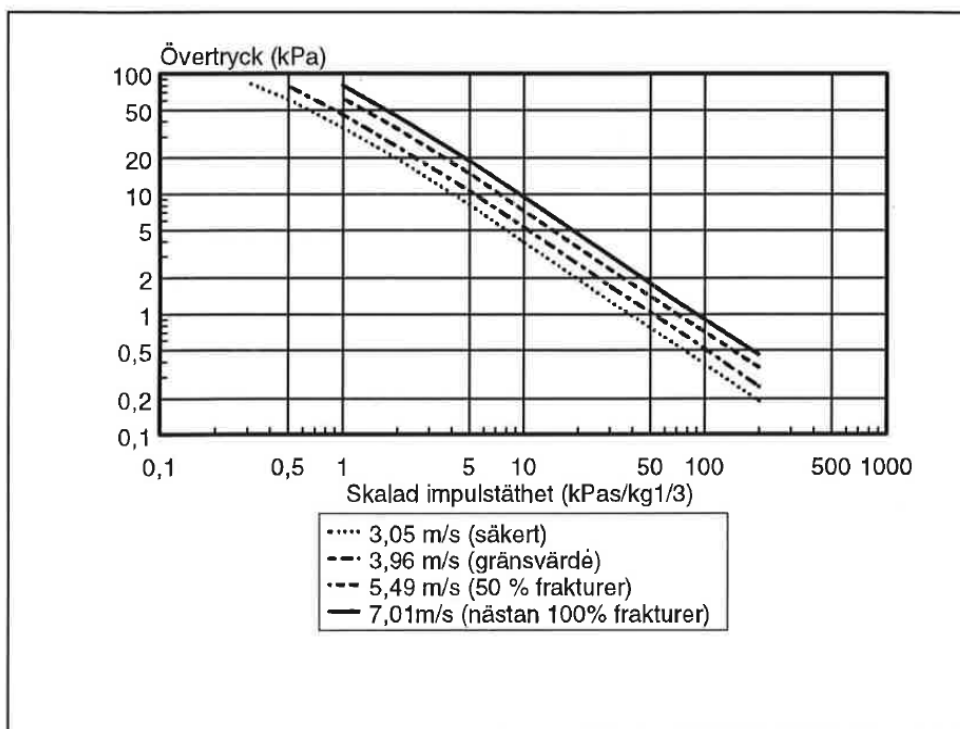
Direkta skador pga. tryck

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 skallskador. Enligt FOA får en person med kroppsvikt 70 kg skallfraktur på ca 50 m från explosionen, se *figur 11* och *tabell 1*. På 75 m har sannolikheten avtagit till 50 % och minskar till 10 % på ca 90 m.



Figur 11. Kombinationer av övertryck och skalad impulstäthet som ger allvarliga skador vid 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 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