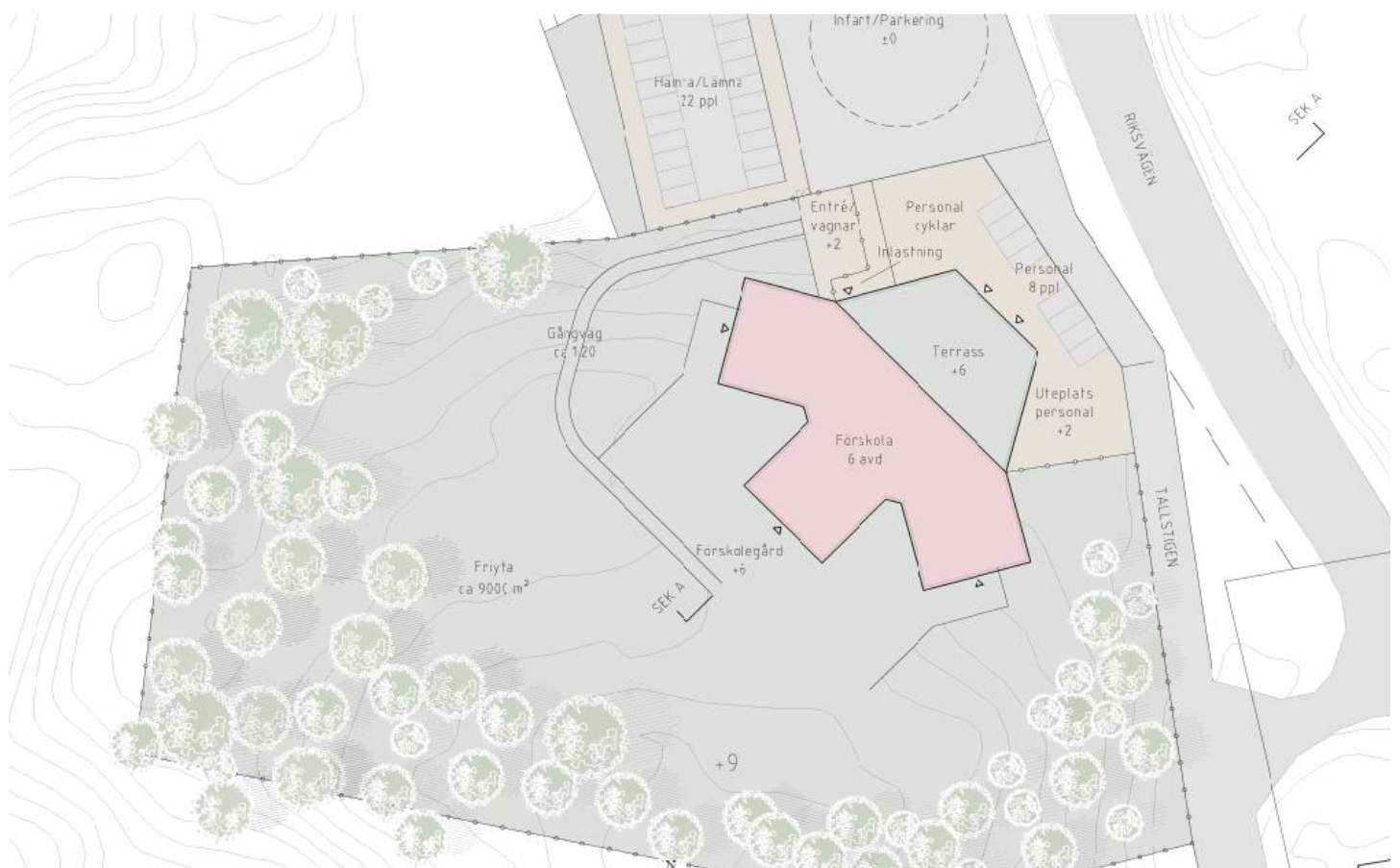


Rabbalshede förskola

Riskutredning transport av farligt gods

Uppdragsnr: 1085274 Version: 4 Datum: 2023-02-21



Uppdragsgivare: Tanums Kommun
Uppdragsgivarens kontaktperson: Kristin Spindel
Konsult: Norconsult AB, Hantverkargatan 5K, 112 21 Stockholm
Uppdragsledare: Johan Hultman
Handläggare: Kajsa Jakobsson & Hannah Wendin

4	2023-02-21	Färdig handling	Kajsa Jakobsson & Hannah Wendin	Johan Hultman	
3	2023-02-17	Färdig handling	Kajsa Jakobsson & Hannah Wendin	Johan Hultman	
2	2023-02-17	Externgranskning	Kajsa Jakobsson & Hannah Wendin	Johan Hultman	
1	2023-01-23	Arbetshandling	Kajsa Jakobsson & Hannah Wendin		
Version	Datum	Beskrivning	Upprettat	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

I Tanums kommun arbetar kommunen med att ta fram en detaljplan för en ny förskola i Rabbalshede. Planerad förskola ligger längst med väg 911 som utgör omledningsväg för E6 och planområdet har en areal på cirka 19 000 m². Väg 911 är utpekad som en omledningsväg för E6 och är vid tillfällen därmed utpekad som en led för farligt gods, vilket innebär att planområdet angränsar till en väg där farligt gods periodvis passerar. Därmed har en riskutredning kopplat till planområdet gjorts.

Syftet med riskutredningen är att utreda lämpligheten med föreslagen markanvändning med avseende på en planerad förskola i Rabbalshede. Målet med riskutredningen är att utreda riskerna genom att beräkna individrisknivåer och samhällsrisknivåer, samt att vid behov föreslå riskreducerande åtgärder.

Riskberäkningarna för individrisken visar att risknivån är på acceptabla nivåer för planområdet. Samhällsrisken är acceptabel både i den ursprungliga analysen och i osäkerhetsanalysen. En försvårande omständighet är att förskolelokaler brukar anses som svårutrymda. Därför föreslås följande skyddsåtgärder på bebyggelse:

- Utrymning ska vara möjlig bort från väg 911
- Ventilation ska placeras högt och vänd bort från väg 911

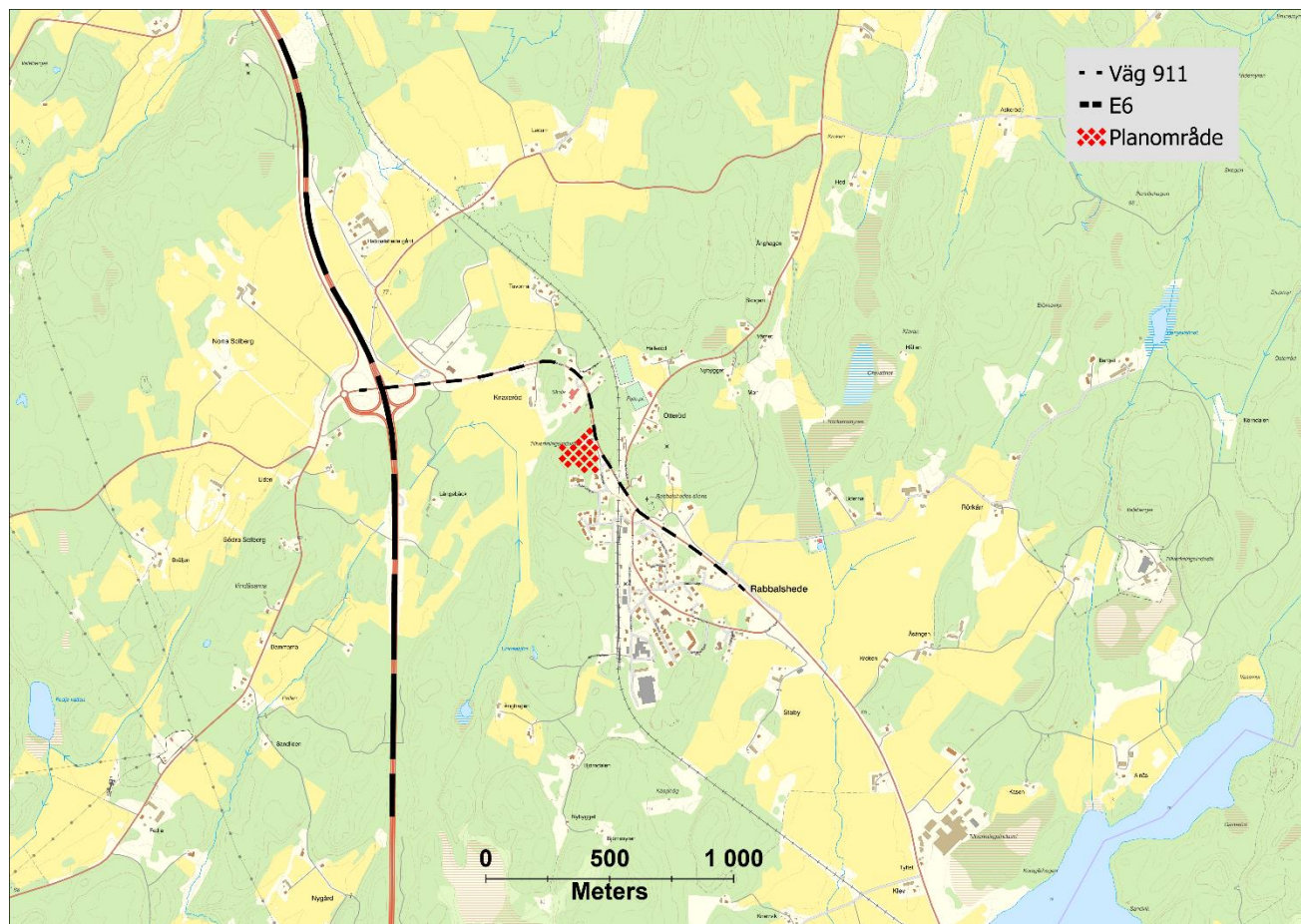
Risknivån kräver inte att åtgärder måste vidtas men ovanstående skyddsåtgärder är en stark rekommendation.

► Innehåll

1	Inledning	5
1.1	Syfte och mål	5
1.2	Avgränsningar	6
2	Metod - Riskbedömning i den fysiska planeringen	7
2.1	Vad är risker?	7
2.2	Riskhantering	8
2.3	Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods	9
3	Risker med transport av farligt gods	12
3.1	Typer av farligt gods	12
3.2	Konsekvenser av en olycka med farligt gods	12
4	Områdesbeskrivning	14
4.1	Området	14
4.2	Planerad bebyggelse	15
4.3	Antalet personer närvarande	15
5	Riskidentifiering	16
5.1	Verksamheter som hanterar farligt gods	16
5.2	Väg 911	17
5.3	Bohusbanan	18
6	Riskanalys och riskvärdering	20
6.1	Individrisk	20
6.2	Samhällsrisk	21
6.3	Osäkerhetsanalys	22
7	Åtgärder	26
8	Diskussion och slutsats	27
9	Referenser	28
	Bilaga 1 – Beräkningar av risker transport av farligt gods på väg	

1 Inledning

I Tanums kommun arbetar kommunen med att ta fram en detaljplan för en ny förskola i Rabbalshede. Planerad förskola ligger längst med väg 911 som utgör omledningsväg för E6 och planområdet har en areal på cirka 19 000 m², se Figur 1.



Figur 1. Översiktsskarta ny förskola med planområde i Rabbalshede.

Väg 911 är utpekad som en omledningsväg för E6 och är vid tillfällen därmed utpekad som en led för farligt gods, vilket innebär att planområdet angränsar till en väg där farligt gods periodvis passerar. Enligt länsstyrelsens riskpolicy (2006) ska risker beaktas vid all samhällsplanering som sker inom 150 m från transportled för farligt gods.

Därmed har en riskutredning kopplat till planområdet gjorts. En kvantitativ beräkning har genomförts med hjälp av en beräkningsmetod i GIS-miljö och resultatet jämförs med kriterier från rapporten "Värdering av risk" (SRV, 1997).

1.1 Syfte och mål

Syftet med riskutredningen är att utreda lämpligheten med föreslagen markanvändning med avseende på en planerad förskola i Rabbalshede. Målet med riskutredningen är att utreda riskerna genom att beräkna individrisknivåer och samhällsrisknivåer, samt att vid behov föreslå riskreducerande åtgärder.

1.2 Avgränsningar

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 omkomna. Därför uttrycks konsekvensen av en olyckshändelse med farligt gods oftast endast som antalet omkomna. En bakomliggande tanke är att antalet skadade och övriga skador är proportionerligt till antalet omkomna. Även när kriterier för risknivåer vid transport av farligt gods bestäms diskuteras oftast hur många som omkommer. Därför kommer denna riskutrednings beräkningar avgränsas till antalet omkomna vid en olyckshändelse kopplat till transporter av farligt gods.

Riskutredningen kommer även avgränsas till att endast utreda tekniska olyckor kopplade till transporter av farligt gods, samt avgränsas geografiskt till transportlederna förbi den nya bebyggelsen. Resultatet kommer redovisas utifrån prognosår 2040 utifrån Trafikverkets prognoser.

2 Metod - Riskbedömning i den fysiska planeringen

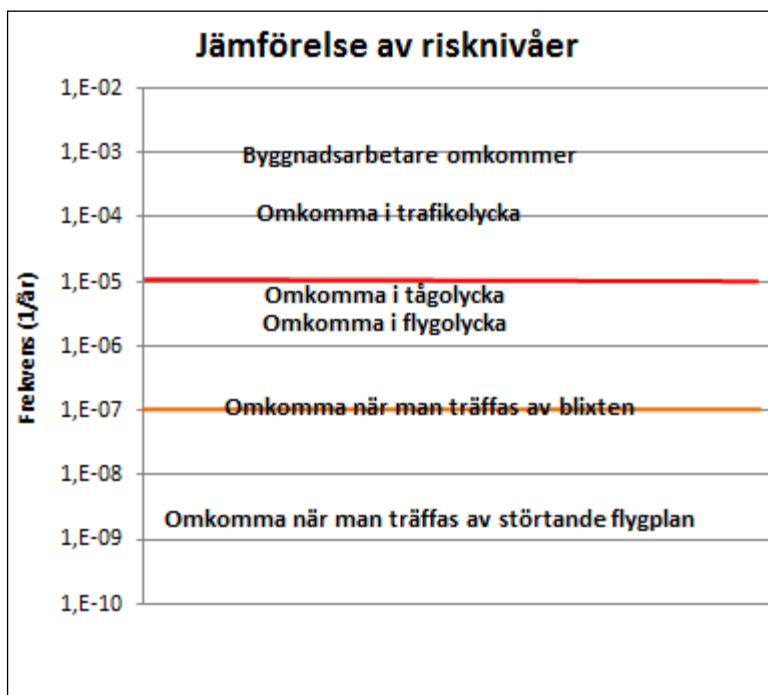
I detta kapitel definieras begreppet risk. Utöver detta beskrivs bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods. I kapitlet beskrivs även processen för riskhantering.

2.1 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)*.

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 2.2.

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.

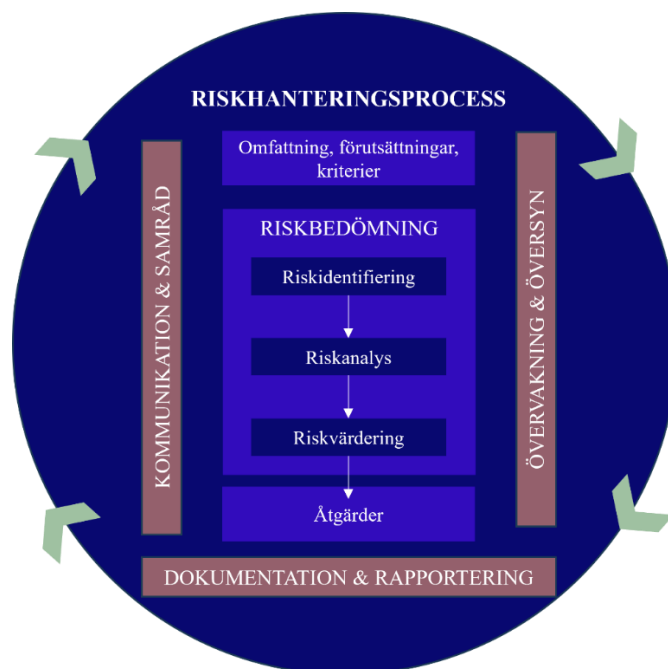
Samhällsrisk är ett mått på hur stora olyckor en riskkälla kan orsaka. Detta beror dels på riskkällans farlighet dels på hur många människor som brukar befinna sig i riskkällans omgivning. Detta mått är användbart om planeringen innebär att många människor kommer att befinna sig inom 150 m från en transportled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

2.2 Riskhantering

2.2.1 Metodik vid riskhantering i den fysiska planeringen

Krav på hantering av risker i den fysiska planeringen finns i Plan- och bygglagen (2010:900) och miljöbalken (1998:808). Kraven innebär att människors 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.

Riskutredningen för den planerade förskolan i Rabbalshede görs enligt de principer som presenteras i riskhanteringsprocessen enligt ISO 31 000 (SIS, 2018), se Figur 3. Riskhanteringsprocessen delas in i olika steg; riskidentifiering, riskanalys, riskvärdering och riskreducerande åtgärder.



Figur 3. Riskhanteringsprocessen anpassad utifrån ISO 31 000 (SIS, 2018).

Riskidentifieringen omfattar en utredning av riskkällor och skyddsvärden i planområdets omgivning. Riskkällor som beaktas i riskidentifieringen utgörs av både transportinfrastruktur och riskfyllda verksamheter. De skyddsvärden för denna riskutredning fokuserar på människors liv och hälsa.

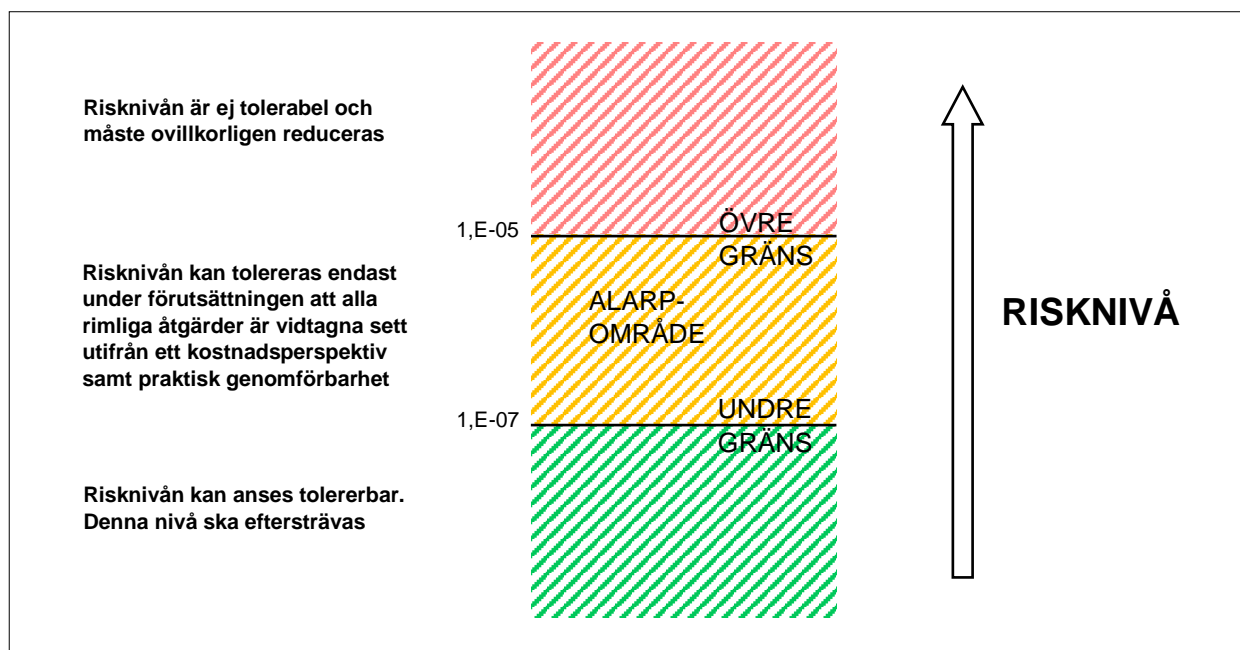
Riskanalysen utgår ifrån nuläget och år 2040 som ett prognosår. För att värdera risker kopplat till transporter av farligt gods på väg och dess påverkan på människa finns kan både individrisk och samhällsrisk användas som riskmått. Definitionen av dessa riskmått presenteras i avsnitt 2.3

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.

2.3 Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods

2.3.1 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 4. Om den övre gränsen överskrids bedöms att risknivån är så hög att den inte kan tolereras.



Figur 4. Risknivåer och gränserna mellan dem (Rtj Storgöteborg, 2004).

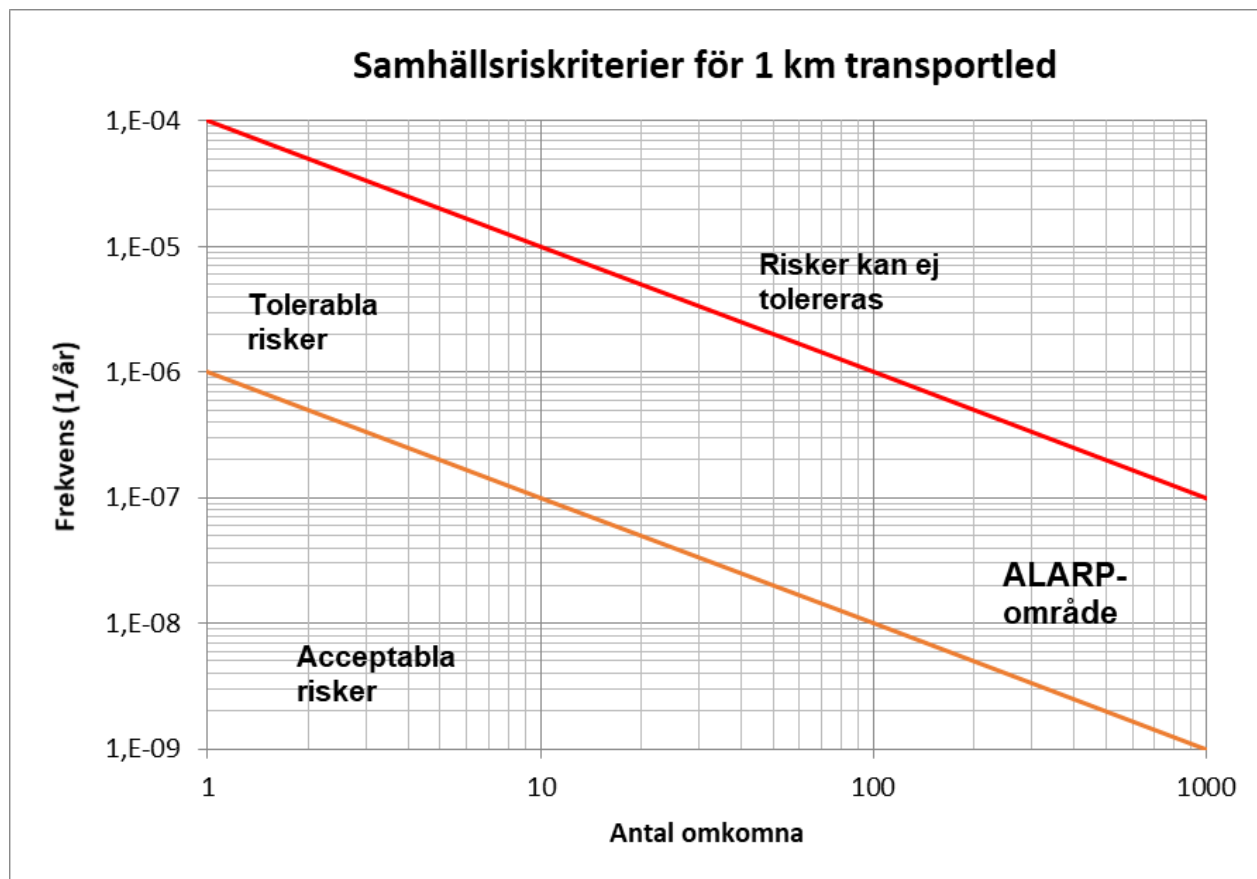
För individrisken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år och den undre på 1×10^{-7} per år. Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens totala risknivå. Om risknivån ligger under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

2.3.2 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 5.

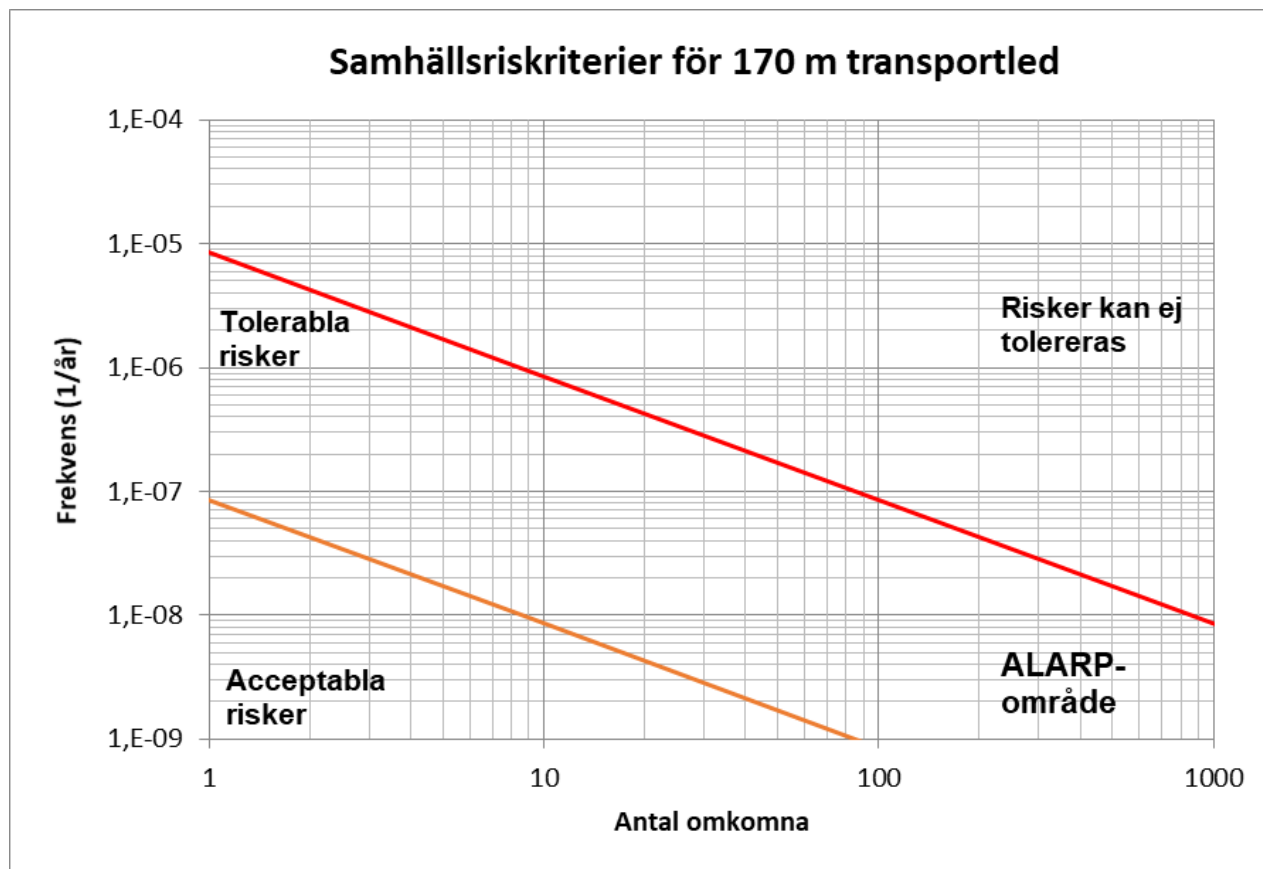


Figur 5. Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

Kriterier i Figur 5 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 väg 911 och att området ligger på en sida av leden. Omräknade kriterier visas i Figur 6. Planområdets genomsnittliga längd utmed väg 911 är cirka 170 m.



Figur 6. Riskkriterier omräknade till 170 meter enkelsidig bebyggelse.

2.3.3 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 är en förkortning av 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.

3 Risker med transport av farligt gods

3.1 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	Kviksilverföreningar och cyanider, bakterier, levande virus och laboratorieprover
7	Radioaktiva ämnen	Radioaktiva preparat för sjukhus
8	Frätande ämnen	Olika syror, lut
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Asbest

3.2 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 så kallad 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.

4 Områdesbeskrivning

I följande kapitel beskrivs området, planerad bebyggelse och antalet personer närvarande i området.

4.1 Området

Området där bebyggelse planeras ligger i Rabbalshede och nuvarande markanvändning är naturområde. Väg 911 löper längst planområdet, vilket är en omledningsväg för farligt gods som transporteras på E6. Bohusbanan ligger även i närheten av planområdet där främst regionaltågstrafik passerar. Se Figur 7 för omkringliggande miljö.



Figur 7. Karta över område omkring planområdet.

4.2 Planerad bebyggelse

Kvarteret för planerad förskola i Rabbalshede uppmäts till cirka 19 000 m² och ligger cirka 10 m från väg 911. Förskolan ska bestå av 6 avdelningar med en total yta på cirka 1 260 m² samt en terrass och personalyta på respektive cirka 490 m². Tillhörande förskolegård har uppmäts till cirka 1 350 m². I anslutning till förskolan finns även tillhörande parkering för personal och för besökare. Förskolegården ligger väster om förskolsbyggnaden. I Figur 8 visas den planerade markanvändningen i planområdet. Terrängen i området är relativt plan och ligger på ungefär samma nivå som väg 911. Detta innebär att brandfarliga vätskor inte rinner in mot bebyggelsen utan stannar kvar i vägens närmiljö.



Figur 8. Skiss över verksamhetsområdet.

4.3 Antalet personer närvarande

Den planerade förskolan planerar för 6 avdelningar. Antalet personer närvarande baseras på statistik över barn per avdelning samt personal per barn (Skolverket, 2022). 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.

I osäkerhetsanalysen antas 25% fler personer närvarande, men nattetid antas antal personer fortfarande vara 0. En sammanställning över antalet personer närvarande kan ses i Tabell 2.

Tabell 2. Antal personer närvarande.

Personer dagtid	Personer nattetid	Osäkerhetsanalys – Personer dagtid	Osäkerhetsanalys – Personer nattetid
68	0	86	0

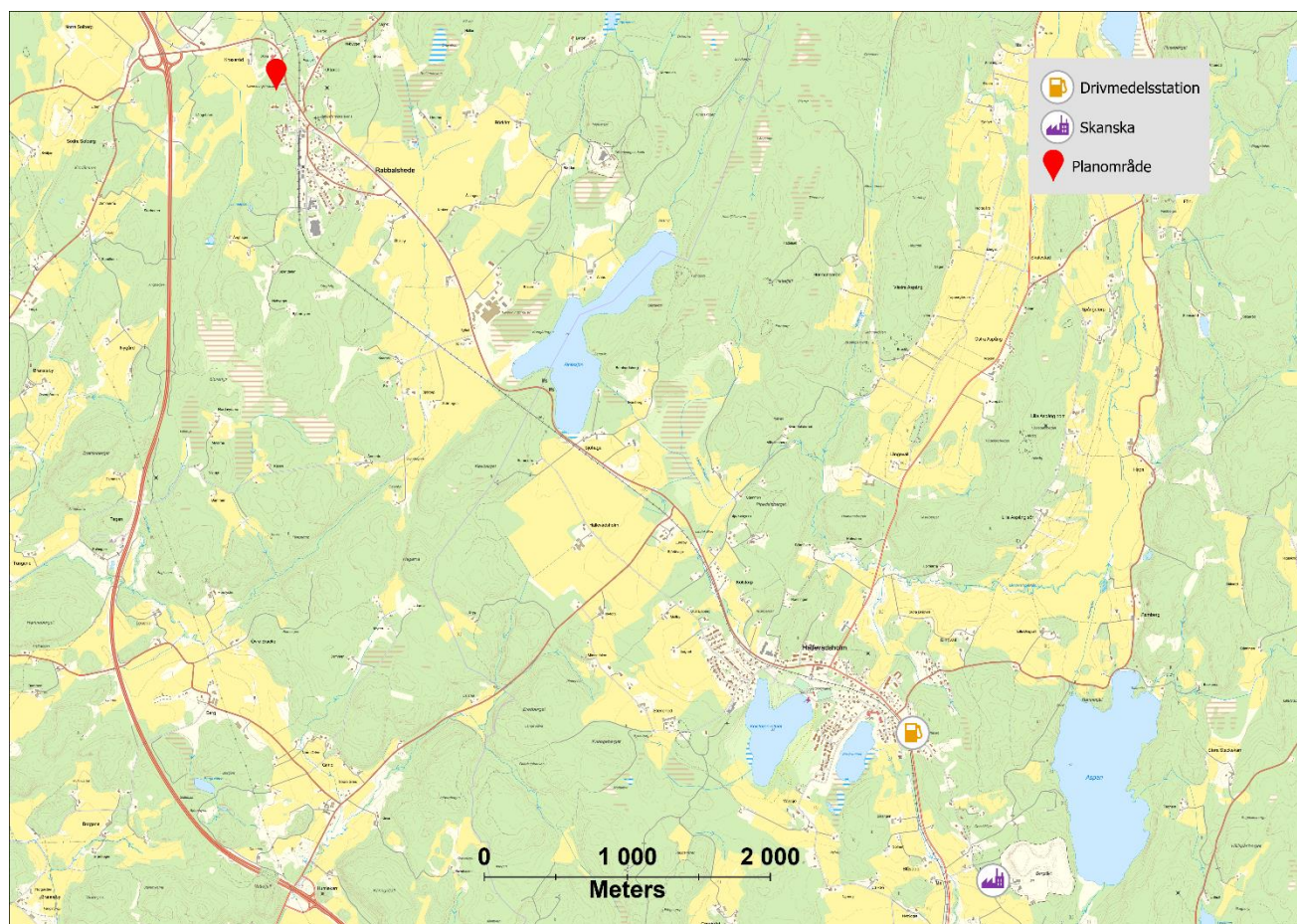
5 Riskidentifiering

I följande kapitel redovisas de riskkällor som kan utgöra risker för den planerade verksamheten. Riskkällorna utgörs av transportinfrastruktur och övriga riskkällor.

5.1 Verksamheter som hanterar farligt gods

Det finns en drivmedelsstation belägen cirka 6 km från planområdet. Länsstyrelsen i Stockholms län (2000:01) har behandlat riskfrågan kring bensinstationer. Där fastslås att risksituationen och olägenheterna för människor och miljö alltid skall analyseras och bedömas inom 100 m från en bensinstation med medelstor försäljningsvolym. Eftersom avståndet överstiger 100 m är endast leveranser av drivmedel till drivmedelsstationen av intresse.

Sydöst om planområdet har Skanska en verksamhet som hanterar betong och asfalt. Skanskas verksamhet ligger cirka 7 km från planområdet. Vid samtal med Skanska (2023) uppges att diesel levereras till området, men det levereras söderifrån och går därför inte förbi det studerade planområdet. För vidare analys hanteras endast de leveranser som sker till drivmedelsstationen. Dessa sammanställs tillsammans med övriga beräkningar för transporter av farligt gods på väg 911.



Figur 9. Illustration över övriga riskkällor i relation till planområdet.

5.2 Väg 911

E6 är en primär transportled för farligt gods och väg 911 används som en omledningsväg om E6 utanför Rabbalshede är tillfälligt avstängd. E6 förbi Rabbalshede ingår i MSB:s (2006) undersökning från september månad år 2006. Enligt MSB:s uppgifter transporterades cirka 3 150 transporter med farligt gods under samma år. År 2040 förväntas antalet transporter med farligt gods öka till cirka 5 590 förutsatt en ökning av godstrafiken med ungefär 80% (Trafikverket, 2022:1). I denna riskutredning har det antagits att väg 911, som löper längst planområdet, används som omledningsväg fem dagar per år. Därmed har antalet transport med farligt gods räknats om till dessa förutsättningar. Det innebär att det antas att cirka 40 transporter med farligt gods gick år 2006 på väg 911. År 2040 antas antalet transporter med farligt gods öka till cirka 80, värdet är avrundat uppåt för att vara något konservativt.

Nationellt genomsnitt är en annan källa som också brukar användas vid riskanalyser av transport av farligt gods. Uppgifter från nationell statistik anger att cirka 3,9% av godstransporter innehåller farligt gods (TRAFA, 2019). Antalet tunga fordon på E6 har av Trafikverket (2022:2) uppmätts till 2 800 tunga transporter per dygn. Med stöd av procentandelen 3,9% (TRAFA, 2019) och trafikuppräkningsstal 1,36 (Trafikverket, 2022:1) förväntas antalet transporter av farligt gods enligt nationellt genomsnitt uppgå till cirka 54 320 fordon år 2040. Med antagandet att väg 911 används som omledningsväg fem dagar per år, beräknas antalet transporter med farligt gods på väg 911 vara cirka 740. Dessa transporter kan sedan fördelas till de olika ADR-klasserna enligt nationell statistik från TRAFA (2019), se Tabell 3.

Tabell 3. Antal förväntade transporter år 2040 med farligt gods på väg 911 förbi planområdet.

Klass	MSB (uppräknat till 2040)	Nationellt genomsnitt (uppräknat till 2040)	Används i riskberäkningarna (prognosår 2040)
1 Explosiva ämnen	0	2	2
2.1 Brandfarliga gaser	18	35	35
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	0	110	110
2.3 Giftiga gaser	0	0	0
3 Brandfarliga vätskor	55	360	410
4 Brandfarliga fasta ämnen	0	20	20
5 Oxiderande ämnen	0	18	18
6 Giftiga ämnen m m	0	51	51
8 Frätande ämnen	3	100	100
9 Övriga farliga ämnen	0	37	37
Totalt	77	740	

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 samtliga klasser har nationellt genomsnitt valts för att ta höjd för en eventuell framtida ökning. Däremot har 50 transporter adderats till klass 3. Detta för att en drivmedelsstation ligger längst samma väg cirka 6 km (fågelvägen) sydväst från planområdet.

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 (exempelvis bensin) sätts till 75 %. 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.

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 väg 911 som medför betydande risker för området.

Klass och ämnesgrupp	Antal transporter
1.1 Massexplosiva ämnen	0
2.1 Brandfarliga gaser	35
2.3 Giftiga gaser	0
3. Mycket brandfarliga vätskor	308
5.1 Oxiderande ämnen med explosionsrisk	6

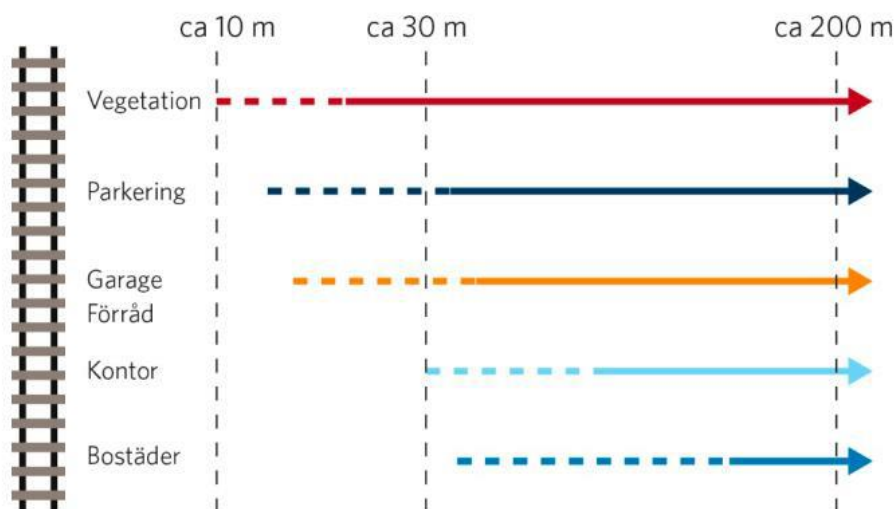
5.2.1 Sannolikhet för olyckor - väg

Sannolikheten för olyckor fås från Trafikverkets handbok "Effektsamband för transportsystemet" (Trafikverket, 2020:3). Risken för olyckor på en statlig väg med en högsta tillåten hastighet på 70 km/h anges till 0,144 olyckor per miljon fordonskilometer och år eller $1,44 \times 10^{-7}$ per fordonskilometer och år. Notera att hastighetsgränsen bör sänkas om markanvändningen blir förskoleverksamhet. Denna riskutredning utgår från dagens hastighet för att vara något konservativ.

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 $1,04 \times 10^{-7} \times (2-0,45) * 1,1 = 2,46 \times 10^{-7}$. I denna beräkning tas även hänsyn till att antal standardaxlar är 1,1.

5.3 Bohusbanan

Öster om planområdet, på ett avstånd på ca 90 meter, går Bohusbanan. Trafikverket anser generellt att ny bebyggelse inte bör tillåtas inom ett område av 30 meter från spårmittpå närmaste spår (Trafikverket, 2020:2), se Figur 10. Ett sådant avstånd ger utrymme för räddningsinsatser om det skulle ske en olycka, ökade möjligheter att underhålla järnvägen och bebyggelsen samt möjliggör en viss utveckling av järnvägsanläggningen.



Figur 10 Generella råd om avstånd till järnvägen för olika typer av verksamhet (Trafikverket, 2020:2).

Enligt statistik över urspårningsolyckor i Sverige (Banverket, 2001) så är det högst osannolikt att urspårade tåg hamnar på ett större avstånd än 30 meter från närmaste räls. Dessutom finns det en stor höjdskillnad som består av en bergvägg mellan spåret och planområdet. Således finns ingen risk till mekanisk konflikt från ett urspårat tåg med bebyggelse inom planområdet.

Vid utredning av transport av farligt gods längs järnvägssträckan bedöms inget transporteras längs planområdet. De transporter som noterats på Bohusbanan går endast upp till Munkedal för att sedan svänga av västerut. Detta innebär att inga transporter av farligt gods går längs planområdet på järnvägen.

Vid utredning kring prognosår 2040 finns inte några godstransporter planerade (Trafikverket, 2020:1). Det betyder att det utifrån nuvarande prognos endast antas gå persontåg på sträckan längs planområdet. Skulle det gå någon enstaka transport i framtiden är ett skyddsavstånd på 90 meter relativt långt.

På grund av ovanstående kommer inte Bohusleden utredas vidare.

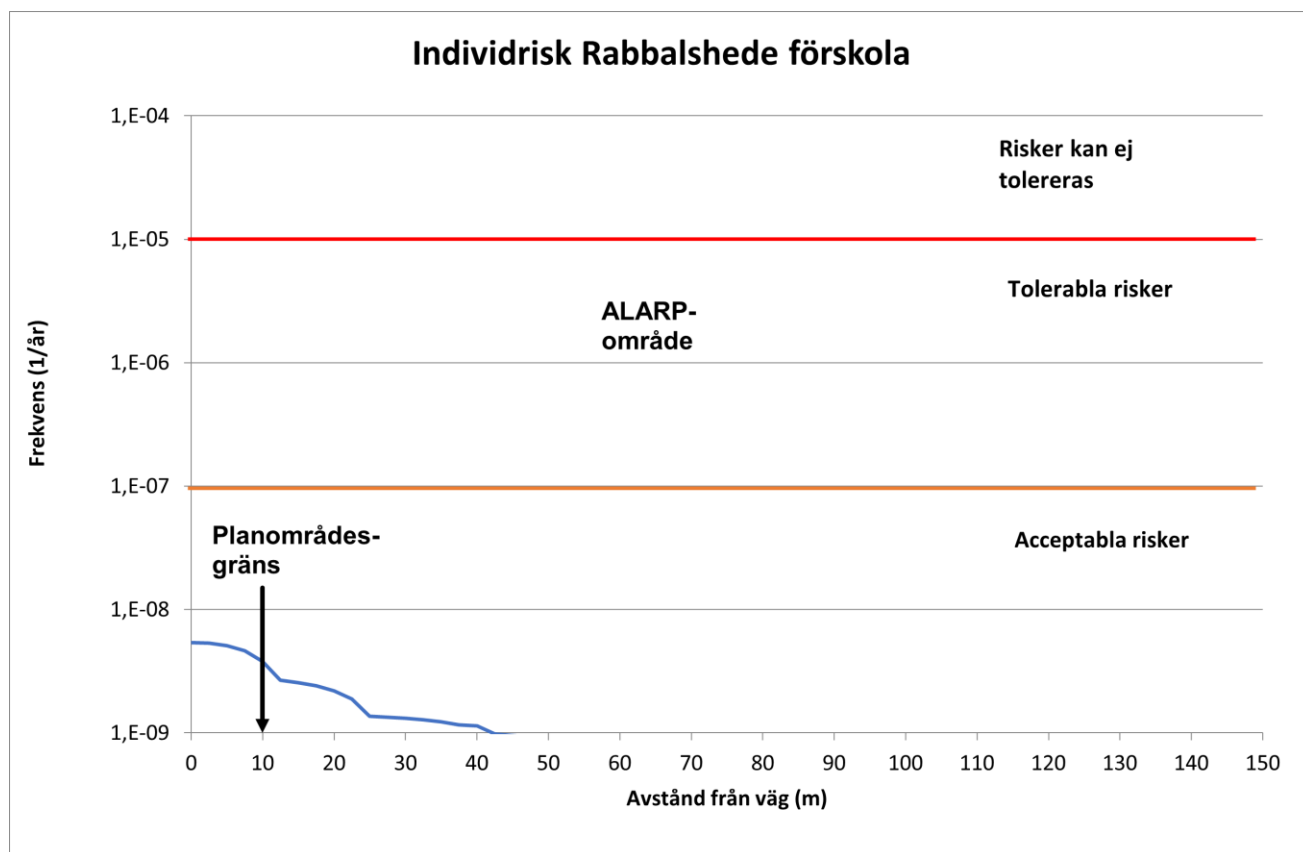
6 Riskanalys och riskvärdering

I detta kapitel redovisas beräkningsresultaten för individ- och samhällsrisk utan skyddsåtgärder för transporter av farligt gods på väg 911. Dessutom redovisas en osäkerhetsanalys där antalet transport av farligt gods och antal personer närvarande i området ökas med 25 %. De ingångsvärden för beräkningarna som är specifika för området redovisas i Kapitel 4 & 5.

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

6.1 Individrisk

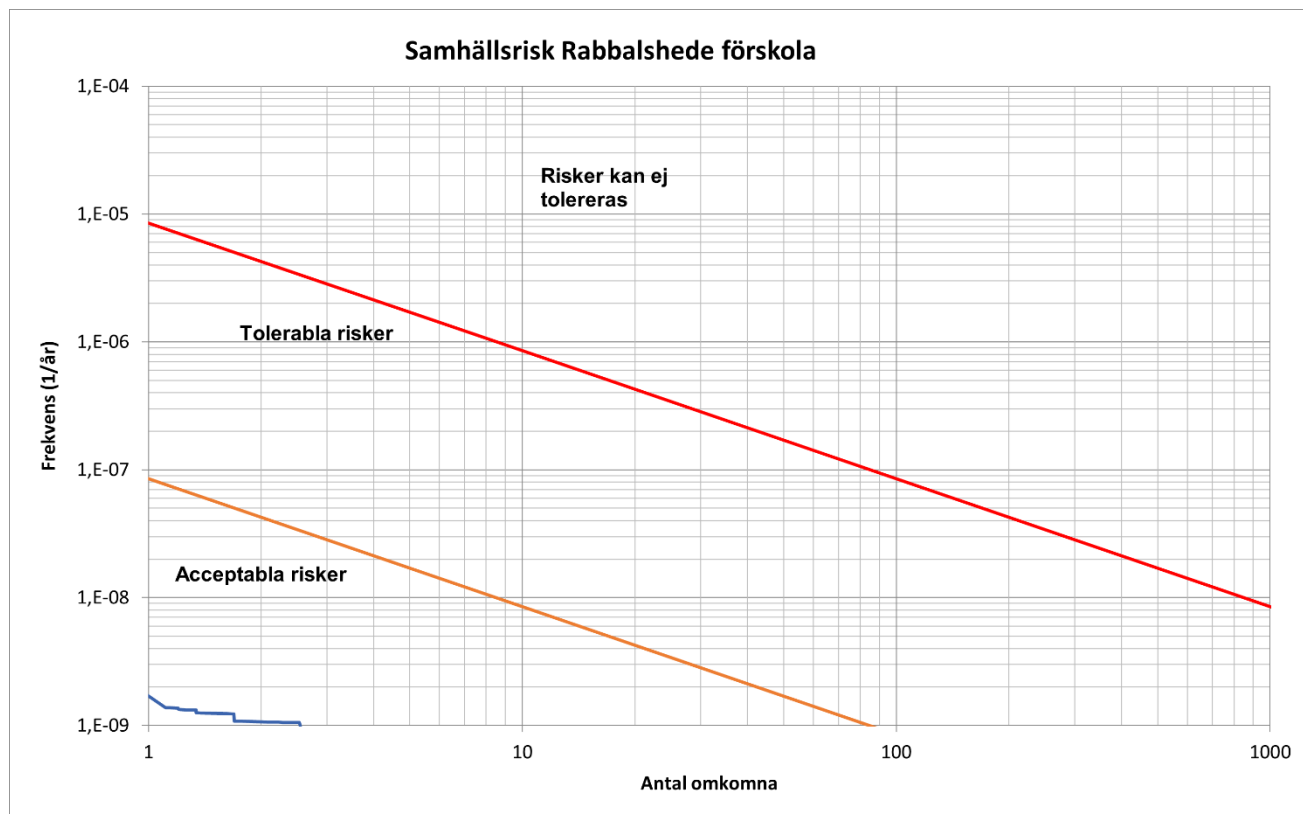
I Figur 11 visas individrisken i området på grund av farligt gods på väg 911. Individrisken beräknas vara på en acceptabel nivå från väggkant på väg 911.



Figur 11. Individrisken vid planområdet längs väg 911.

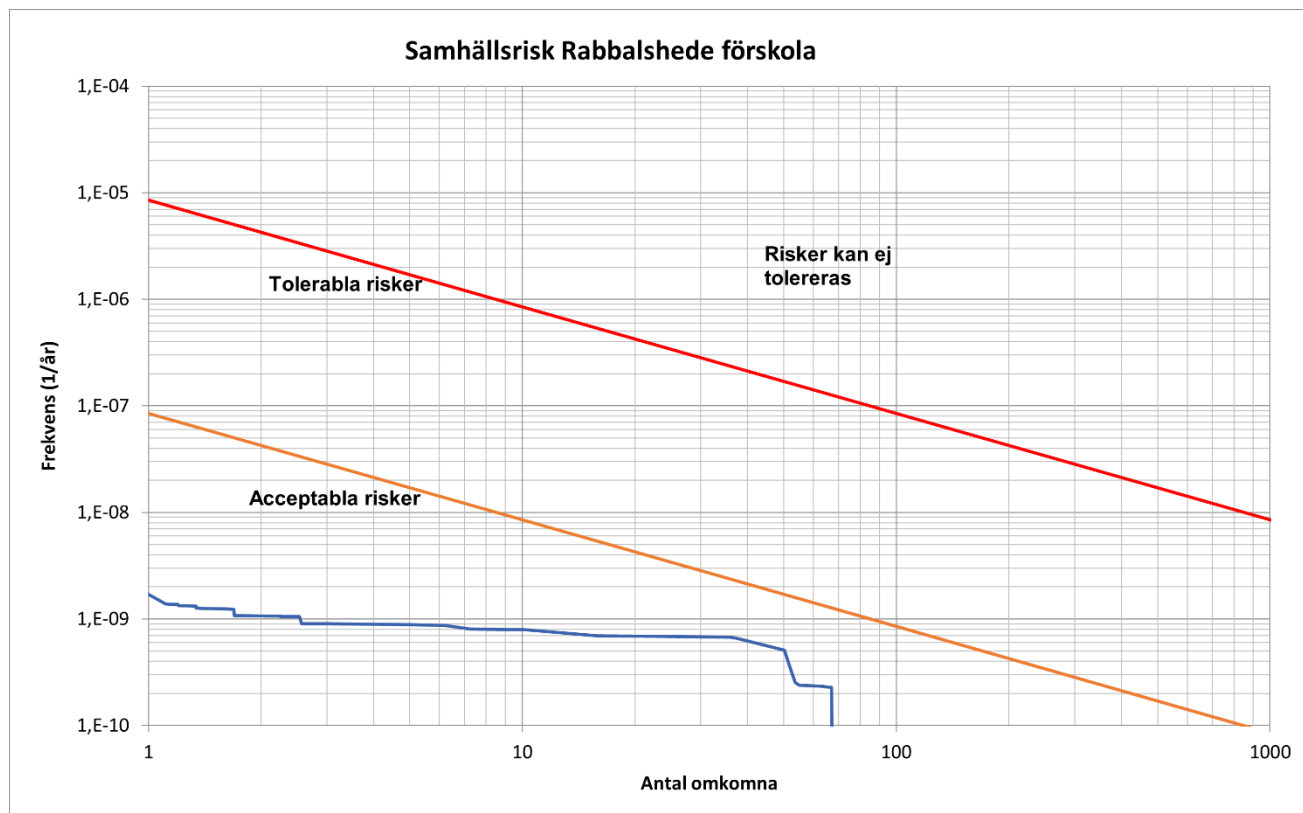
6.2 Samhällsrisk

I Figur 12 visas samhällsrisken i planområdet från transporter av farligt gods på väg 911. Beräkningen visar att risknivån ligger på acceptabel nivå från väggkant på väg 911.



Figur 12. Samhällsrisken för Rabbalshede förskola från väg 911.

I vanliga fall brukar 1×10^{-9} användas som lägsta värdet i y-led för att visualisera samhällsrisken. För att göra risknivån lättare att illustrera presenteras även Figur 13 som har 1×10^{-10} som lägsta värdet i y-led.



Figur 13. Samhällsrisiken för Rabbalshede förskola från väg 911 - utökad visualisering.

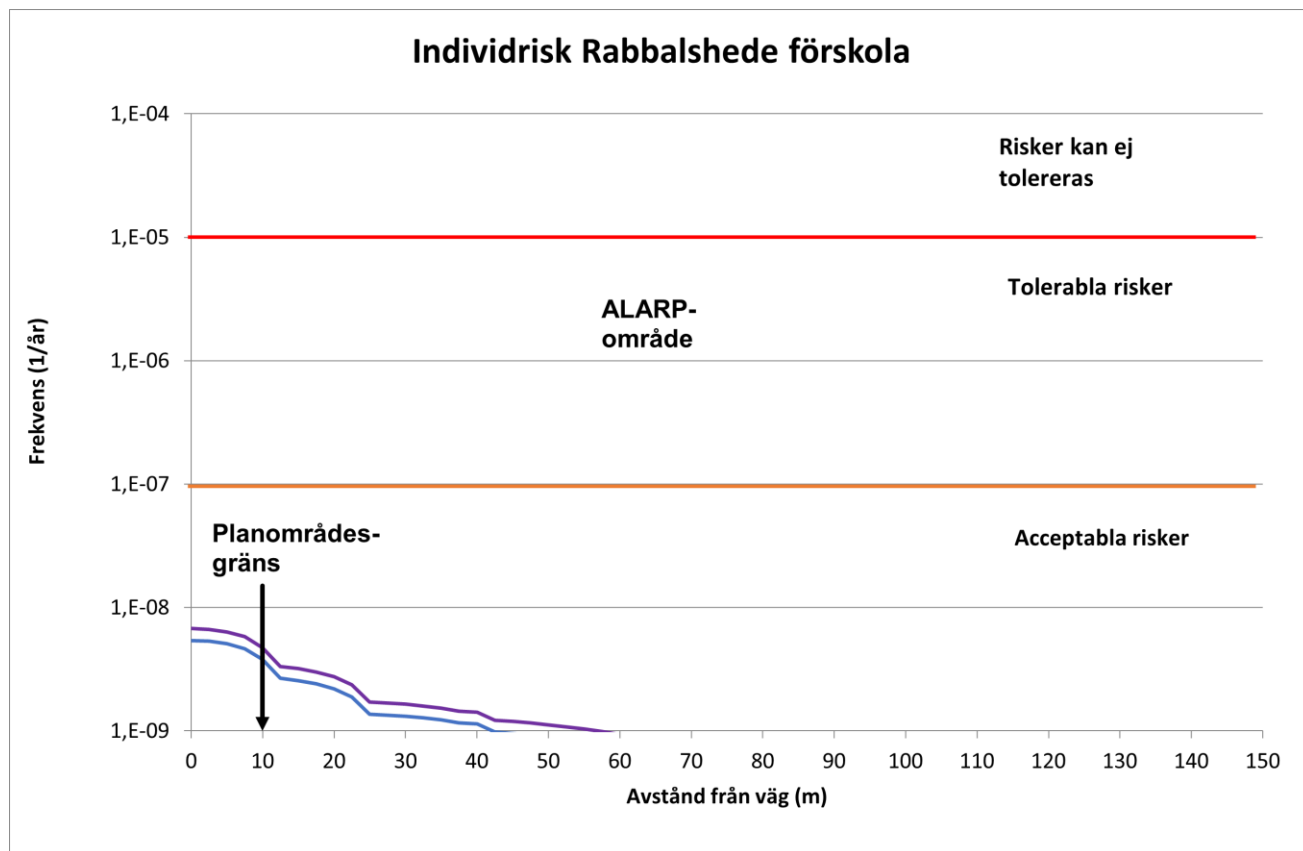
6.3 Osäkerhetsanalys

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. Osäkerhetsanalysen studerar vilka resulterande risknivåer det blir om antal transporter av farligt gods ökas med 25 %.

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.

6.3.1 Individrisk

Individrisken vid 25 % fler transporter av farligt gods och personer på plats i området presenteras i Figur 14. Enligt beräkningarna ökar risknivån, men den ses fortfarande som acceptabel.

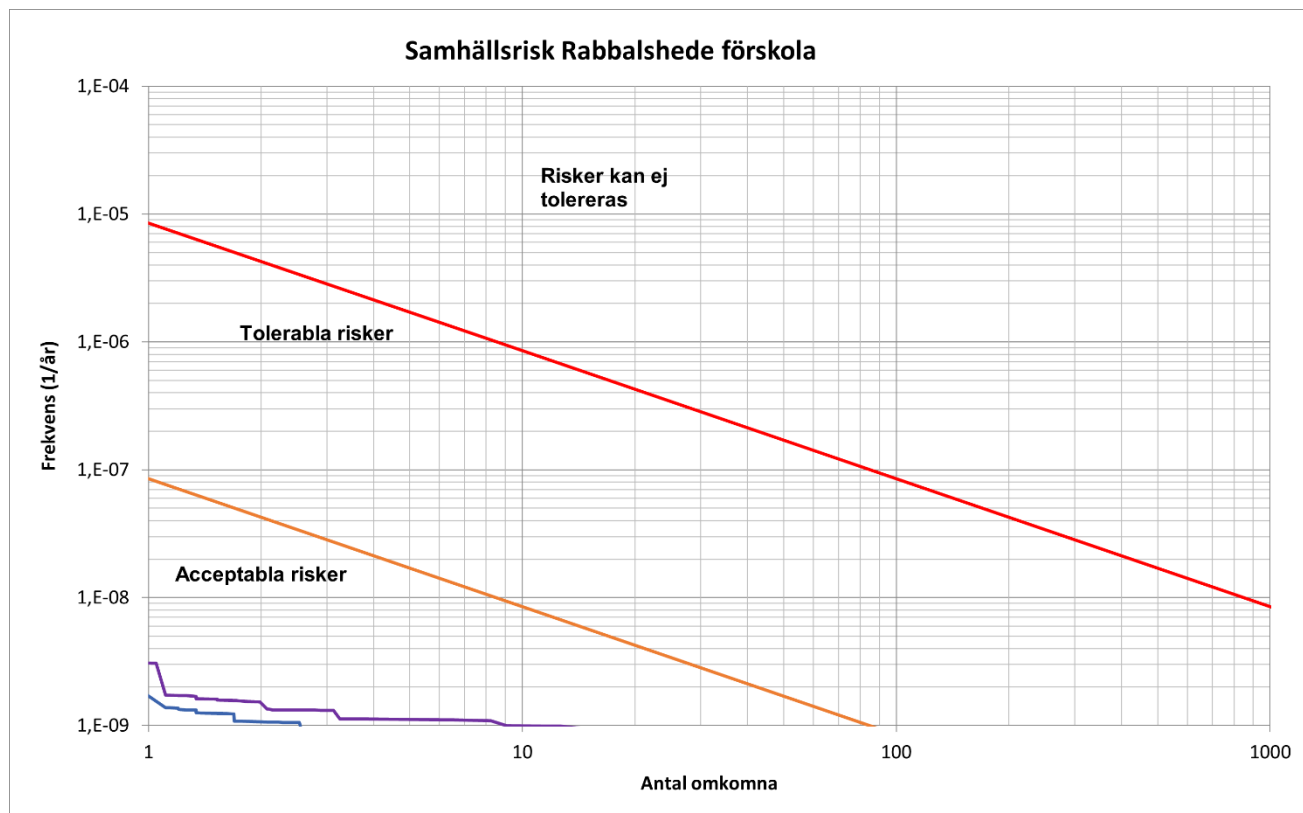


Figur 14. Individrisken vid planområdet längs väg 911. Ursprunglig beräkning illustreras med blå linje och osäkerhetsanalysen illustreras med lila linje.

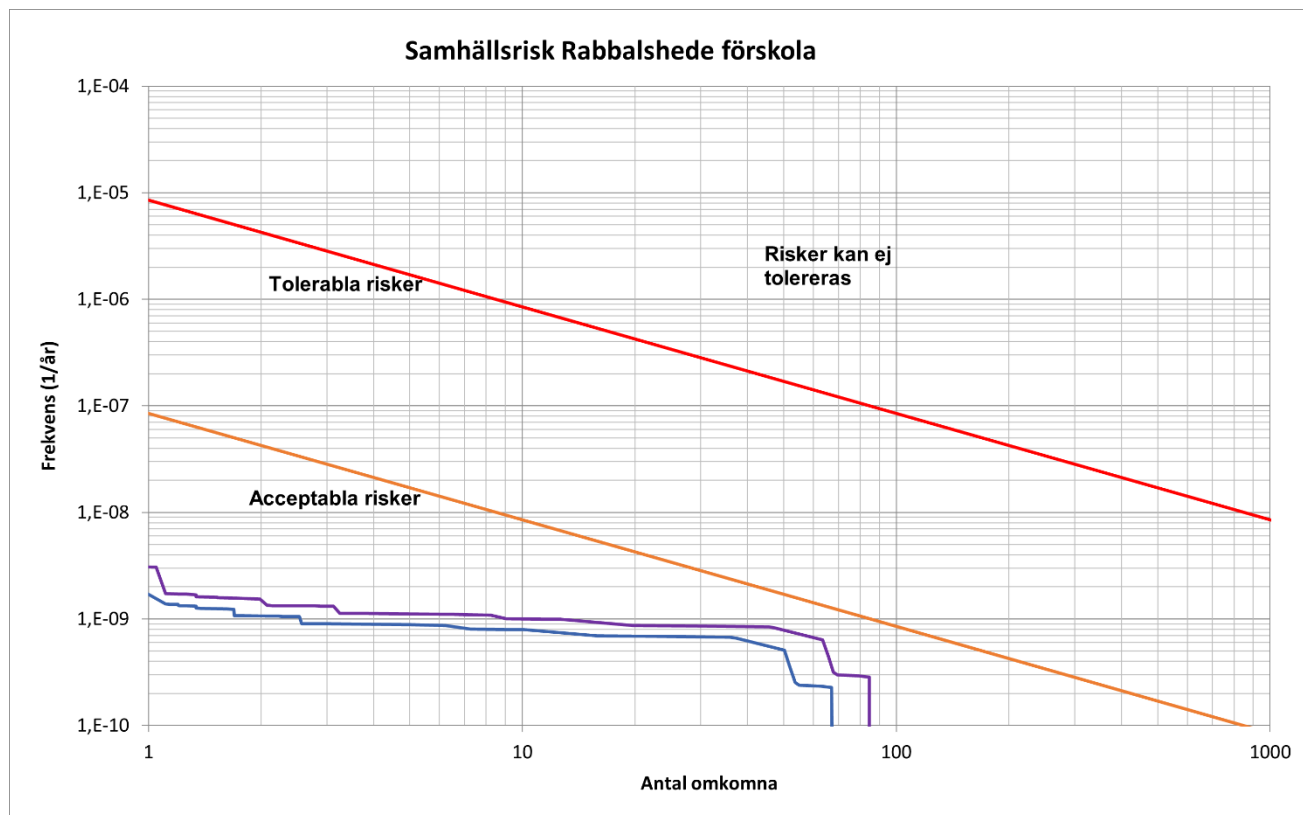
6.3.2 Samhällsrisk

Figur 15 visar att samhällsriskerna ökar, men risknivån ses fortfarande som acceptabel. I osäkerhetsanalysen har antalet transporter av farligt gods samt att antalet personer närvarande i planområdet ökat med 25 %.

Som tidigare nämns så används 1×10^{-9} i vanliga fall som lägsta värdet i y-led för att visualisera samhällsriskerna. Även här presenteras Figur 16 som har 1×10^{-10} som lägsta värdet i y-led för att göra risknivån lättare att illustrera.



Figur 15. Samhällsrisik för Rabbalshede förskola. Osäkerhetsanalysen för illustreras med lila linje och ursprunglig beräkning illustreras med blå linje.



Figur 16. Samhällsrisik för Rabbalshede förskola. Osäkerhetsanalysen för illustreras med lila linje och ursprunglig beräkning illustreras med blå linje - utökad visualisering.

Resultatet av osäkerhetsanalysen visar på fortsatt acceptabla nivåer med avseende på risker för transporter av farligt gods. Det stärker att de antaganden som legat till grund för beräkningar av riskbilden är robusta.

7 Åtgärder

Resultatet visar på acceptabla nivåer med avseende på risker kopplat till transporter av farligt gods på väg 911. Detta innebär att inga ytterligare krav på åtgärder finns. Däremot klassas förskolor som svårutrymda lokaler. Därför förslås ändå vissa åtgärder för att förhöja säkerheten inom etableringen. Se listade nedan:

- Utrymning ska vara möjlig bort från väg 911
- Ventilation ska placeras högt och vänd bort från väg 911

8 Diskussion och slutsats

Riskberäkningarna för individrisken visar att risknivån är på acceptabla nivåer för planområdet. Samhällsrisken är acceptabel både i den ursprungliga analysen och i osäkerhetsanalysen. En försvårande omständighet är att förskolelokaler brukar anses som svårutrymda. Därför föreslås följande skyddsåtgärder på bebyggelse:

- Utrymning ska vara möjlig bort från väg 911
- Ventilation ska placeras högt och vänd bort från väg 911

Risknivån kräver inte att åtgärder måste vidtas men ovanstående skyddsåtgärder är en stark rekommendation.

9 Referenser

- Banverket. (2001). *Modell för skattning av sannolikhet för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Banverket.
- Lst. (2006). *Riskhantering i detaljplaneprocessen*. Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län.
- Länsstyrelsen i Stockholms län. (2000:01). *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer*. Stockholm.
- Miljöbalken. (1998:808).
- MSB. (2006). *Kartläggning av farligt godstransporter*. MSB.
- Plan-och bygglagen. (2010:900).
- Rtj Storgöteborg. (2004). *Riktlinjer för riskbedömningar*. Göteborg: Räddningstjänsten Storgöteborg.
- SIS. (2018). *Svensk Standard SS-ISO 31000:2018. Riskhantering – Vägledning*. Stockholm: Utgåva 2, ICS: 03.100.01.
- Skanska. (den 27 01 2023). (H. C. Wendin, Intervjuare)
- Skolverket. (2022). *Barn och personal i förskola - Hösten 2021*. Stockholm: Skolverket.
- SRV. (1996). *Farligt gods – Riskbedömning vid transport*. Räddningsverket.
- SRV. (1997). *Värdering av risk; FoU rapport*. Karlstad: Räddningsverket.
- TRAFÄ. (2019). *Lastbilstrafik 2000–2018. Årliga rapporter utgivna av TRAFÄ (f.d. SIKÄ) tillsammans med SCB*.
- Trafikverket . (2020:2). *Transportsystemet i samhällsplaneringen. Trafikverkets underlag för tillämpning av 3-5 kap. miljöbalken och av plan- och bygglagen*.
- Trafikverket. (2020:1). *Prognos för godstransporter 2040*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2020:3). *Effektsamband för transportsystemet – Fyrstegsprincipen Steg 3 och 4, Bygg om eller bygg nytt, 2020-06-15*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2022:1). *Trafikuppräkningsstal för EVA och manuella beräkningar 2017-2040-2065*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2022:2). *Vägtrafikflödeskartan*. Hämtat från Trafikverket:
<https://vtf.trafikverket.se/tmg101/AGS/tmg102.aspx?punktnrlista=9020126,9020126&laenkrollista=2,3&typ=Stickprov,Stickprov>
- ØSA. (2004). *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen*. Øresund Safety Advisers AB.

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

Innehåll

1	Beräkning av sannolikhet för olycka	3
2	Händelseträd	5
2.1	Händelseträd från RBM II	5
2.1.1	Klass 2.1	5
2.1.2	Klass 2.3	6
2.1.3	Klass 3	6
2.2	Klass 1	7
2.3	Klass 5.1	8
3	Konsekvenser av scenario	10
3.1	Klass 1	11
3.1.1	Skador på bebyggelsen	13
3.1.2	Skador utomhus	14
3.2	Klass 5.1	15
3.3	Individrisk	15
	Referenser	16

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

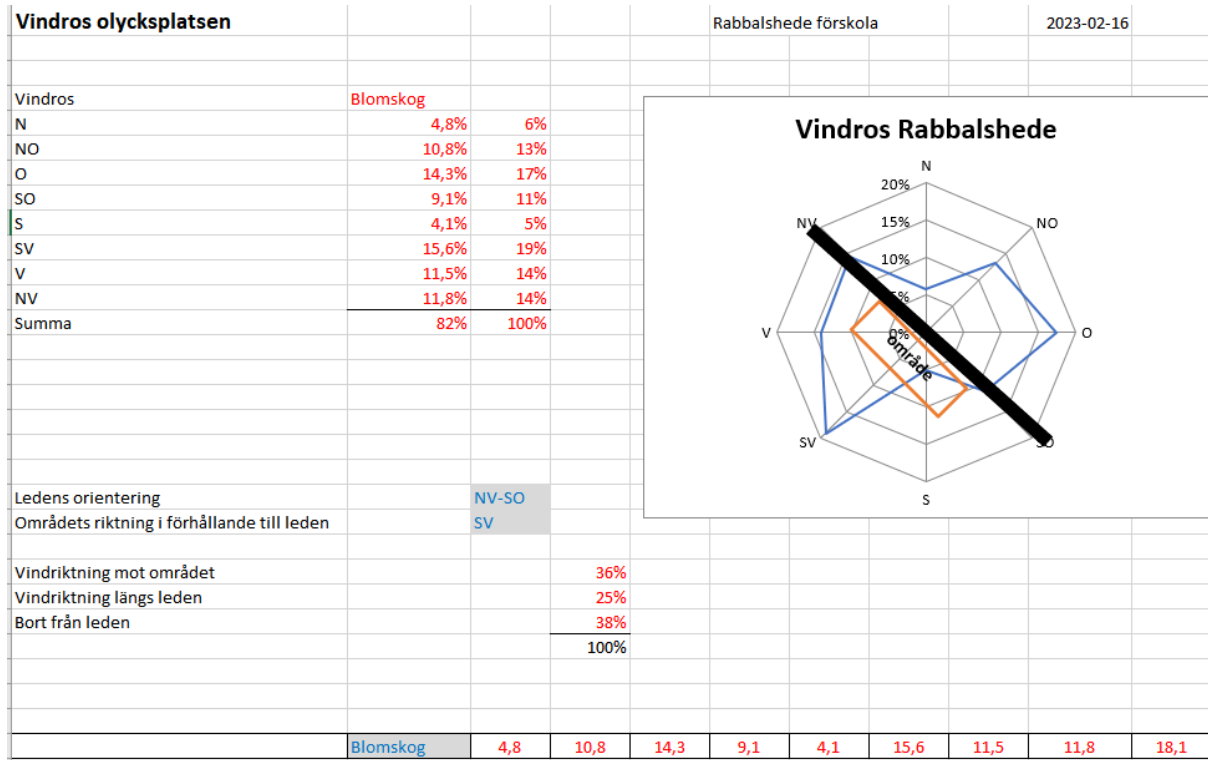
Sannolikheten för en olycka med transport av farligt gods beräknas utifrån de av Trafikverket angivna sannolikheter för personskadeolyckor per fordonskilometer på en vägsträcka av den aktuella typen (Vägverket 2008). Olycksrisken för enstaka fordon har beräknats ur risken per fordonskilometer för olyckor 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 1*. I *figur 1* framgår också ungefärliga avstånd till planområdet samt uppskattning av bredd på hus.

Ingångsdata		Uppdragsnamn:	Rabbalshede förskola		2023-02-16
Olycksrisk					
Risk för olycka	1,44E-07	1/fordonskm, år			
Andel singelolyckor	0,45				
Olycksrisk fordon	2,46E-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 d	1				
	antal transporter totalt	risk>100 kg	utsläppsrisk dag/km,år	utsläppsrisk natt/km,år	
Klass 1, massexplisiv	0,2	1	3,4E-08	1,5E-08	
Klass 2.1	35,0	0,006	3,6E-08	1,5E-08	
Klass 2.3	0,0	0,006	0,0E+00	0,0E+00	
Klass 3, bensin	307,5	0,021	1,1E-06	4,8E-07	
Klass 5.1, explosionsrisk	6,0	0,021	2,2E-08	9,3E-09	
Bredd på hus första raden [m]	17				
Medelavstånd till område inne [m]	25				
Medelavstånd till område ute [m]	10				

Figur 1. Ingångsdata för riskberäkning

I figur 2 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.



Figur 2. Vindros för planområdet.

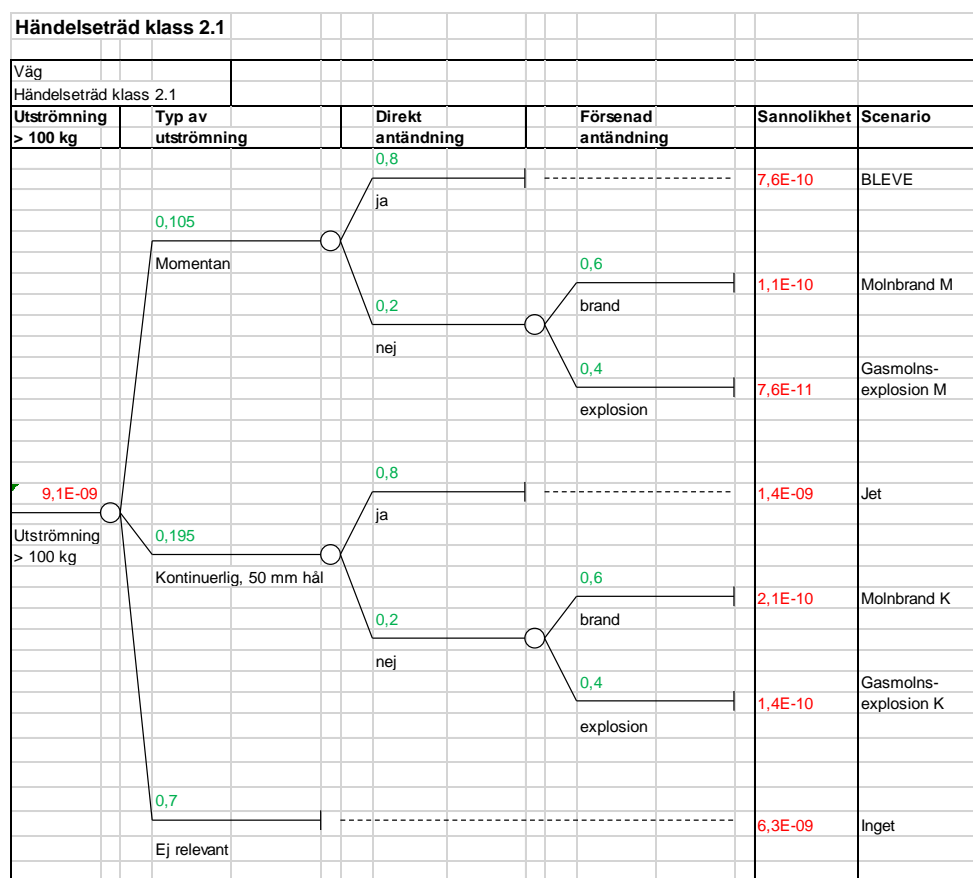
2 Händelseträäd

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

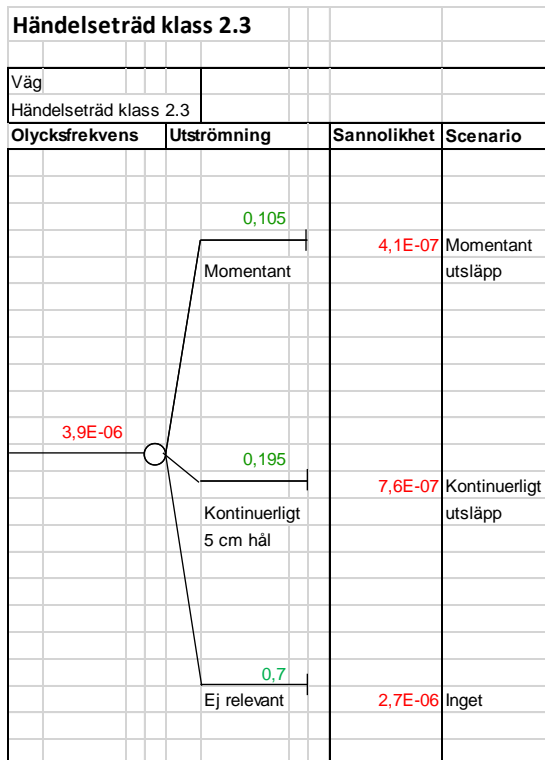
Den initiala olycksfrekvensen för händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 beräknas enligt *avsnitt 1* och resterande delen av händelseträdet baseras på RBM II. RBM II skiljer på om utsläppet sker momentant eller kontinuerligt för de berörda klasserna. Om utsläppet sker momentant släpps hela innehållet 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



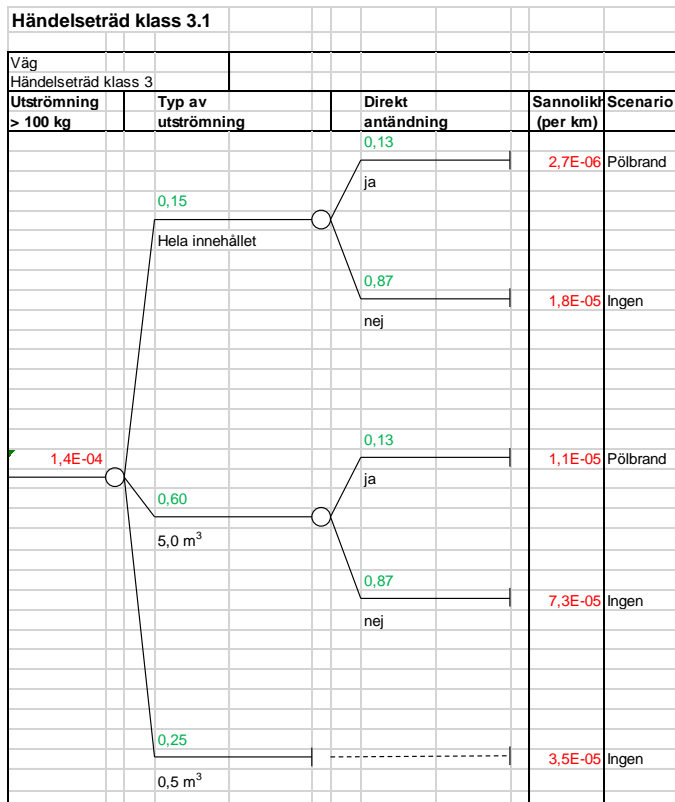
Figur 3. Händelseträäd olycka brandfarlig gas.

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.

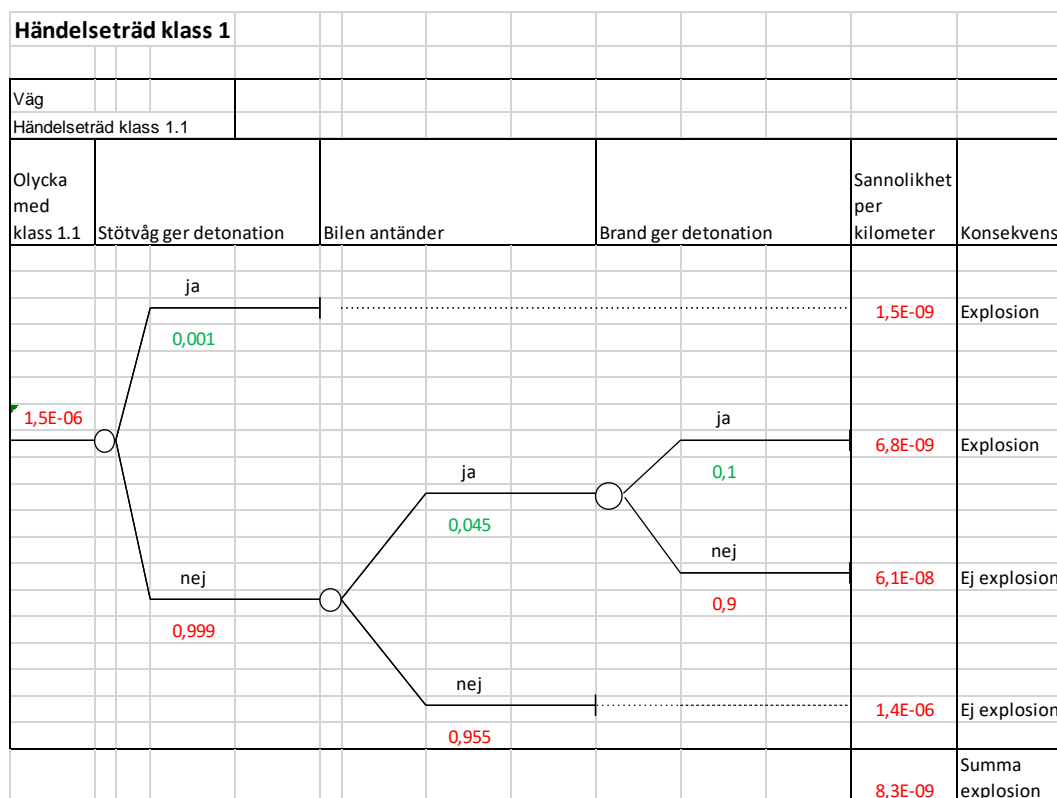
Tidigare studier har visat att den kritiska hastigheten för att en projektil skall leda till en explosion för ett emulsionssprängämne är några tiotals gånger större än för dynamit. En studie med fallvikter på nitroglycerinbaserade sprängämnen har visat att sannolikheten för antändning låg under 0,1 %. 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. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1.

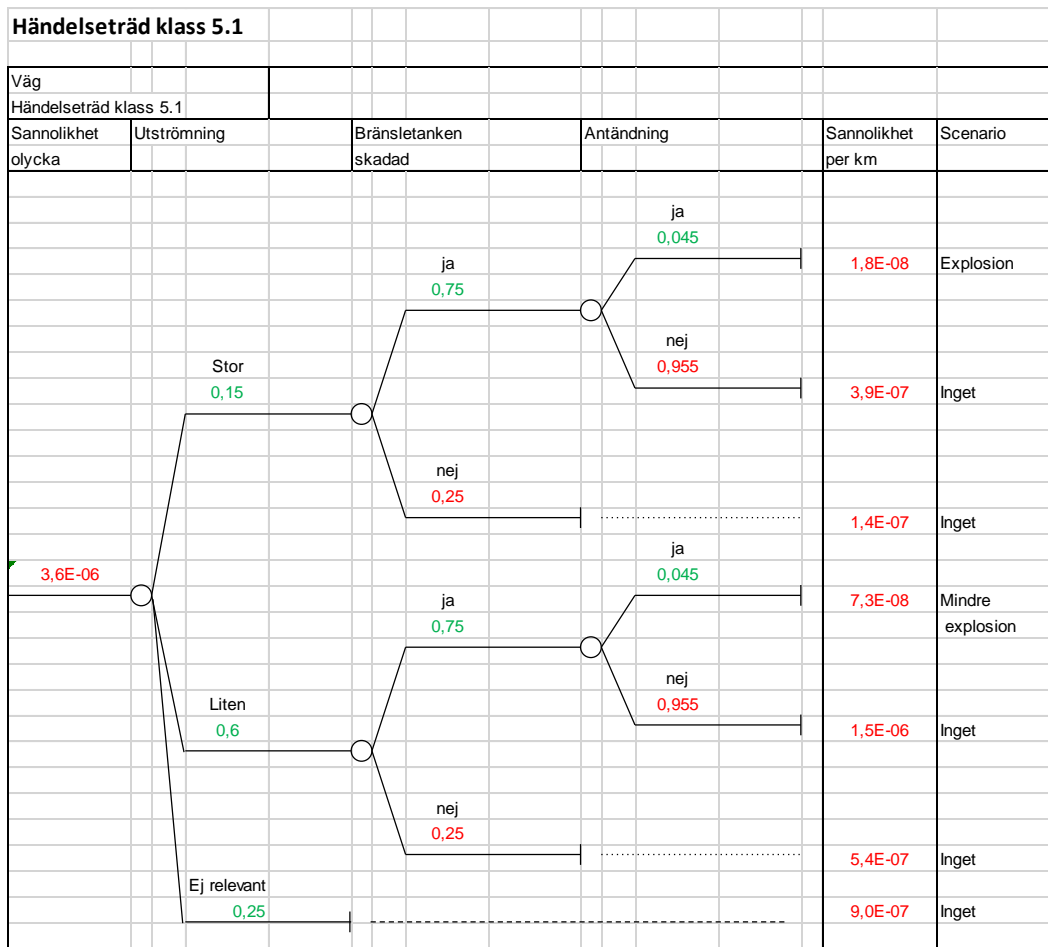
2.3 Klass 5.1

Detta scenario baseras på att transporter 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.

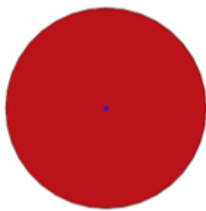
3 Konsekvenser av scenario

Detta steg görs i QGIS där antalet omkomna i var och ett av 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



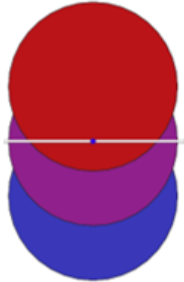
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	130 meter	72 meter	57 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

Jet



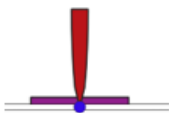
	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (halva längd)	37 meter	40 meter
Minor axis (halva bredd)	20 meter	34 meter
Avstånd centrum	29,5 meter	29,5 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,5

Molnbrand momentan



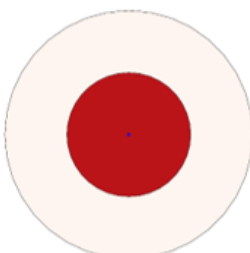
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	93 meter	93 meter	93 meter
Avstånd centrum	60 meter	0	-60 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



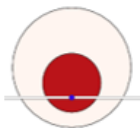
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	50 meter	50 meter
Maximala bredd	8,5 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



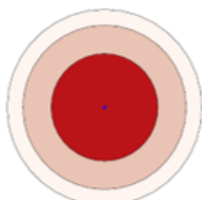
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	126 meter	252 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



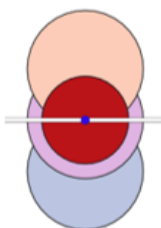
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	33 meter	67 meter
Avstånd centrum	16,5 meter	33,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



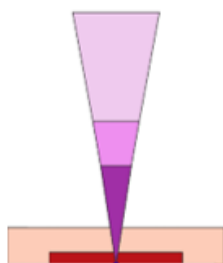
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	80 meter	108 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,3

Giftiga gaser momentan



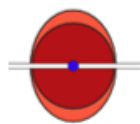
	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	30 meter	40 meter	40 meter	40 meter
Avstånd centrum	0	35 meter	0	-35 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

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.

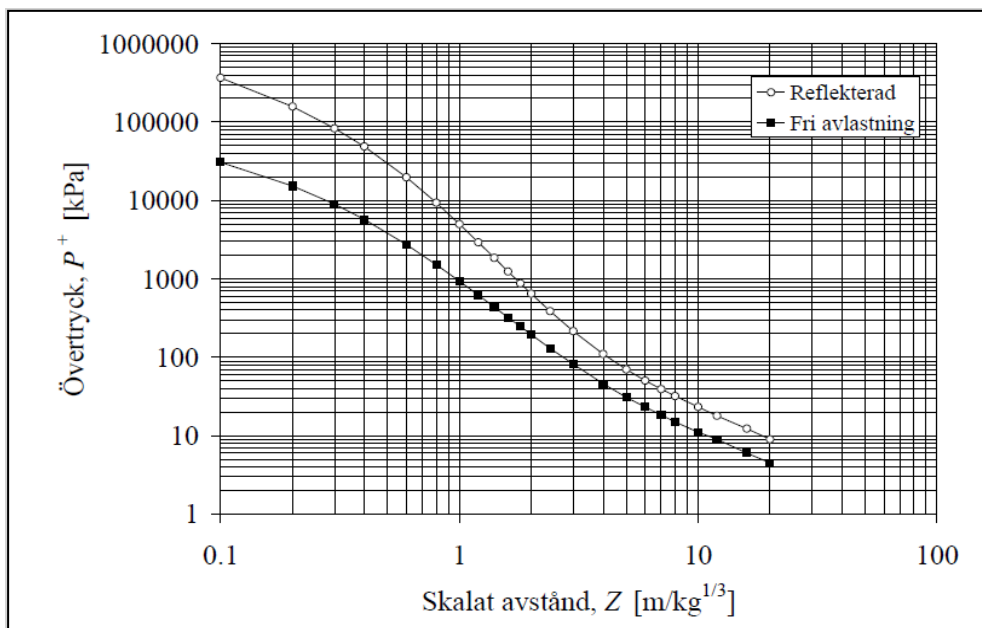
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

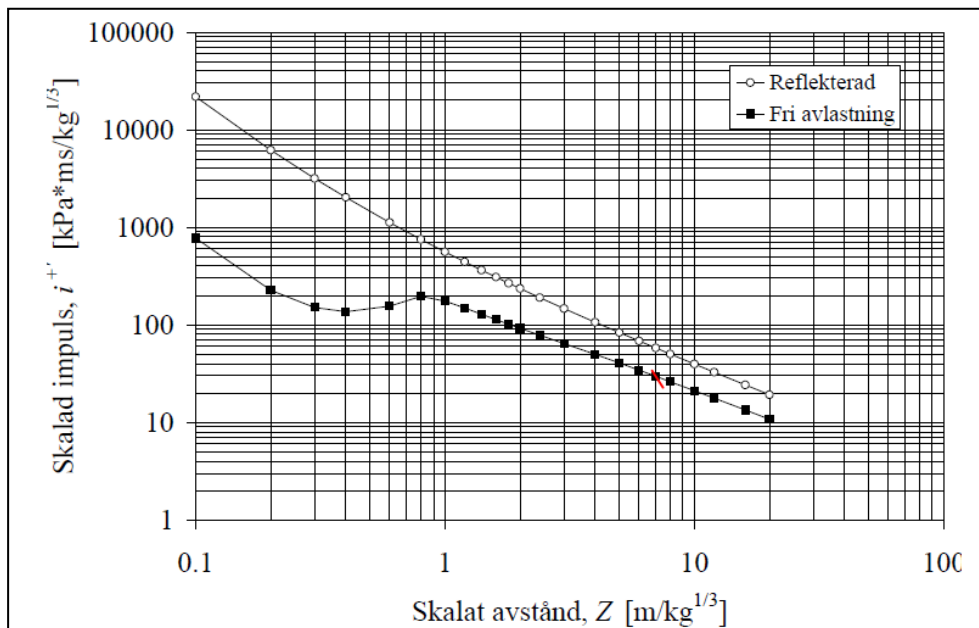
M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

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. 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

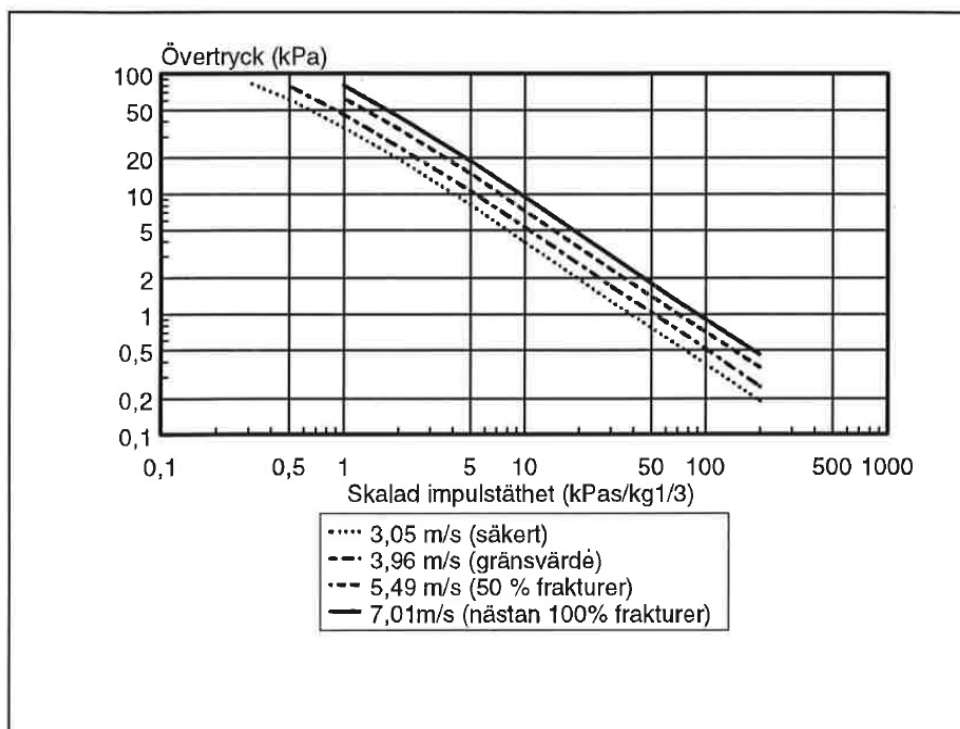
Direkta skador pga. tryck

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