

Uddevalla kommun

▶ **DP Klubban 3**

Riskutredning

Uppdragsnr.: 109 04 66 Revision: 1.0 Datum: 2024-08-20



Uppdragsgivare: Uddevalla kommun
Uppdragsgivarens kontaktperson: Dimitris Vassiliadis
Konsult: Norconsult Sverige AB, Theres Svenssons gata 11, 417 55 Göteborg
Uppdragsledare: Viktor Sköldstedt
Teknikansvarig: Johan Hultman
Handläggare: Robert Kallin

Revision	Datum	Beskrivning	Upprättat	Granskat	Godkänt
0.8	2024-07-01	Interngranskning	Robert Kallin		
0.9	2024-07-02	Externgranskning	Robert Kallin	Johan Hultman	Johan Hultman
1.0	2024-08-20	Färdig handling	Robert Kallin	Johan Hultman	Johan Hultman

Detta dokument är framtaget av Norconsult 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

Uddevalla kommun arbetar med detaljplan Klubban 3 där syftet är att möjliggöra för ett flerbostadshus innehållande 26 lägenheter. Området ligger i Uddevalla tätort norr om Bohusbanan. Enligt länsstyrelsens riskpolicy ska risker beaktas vid all samhällsplanering som sker inom 150 meter från transportled för farligt gods. Eftersom denna detaljplan ligger inom 150 meter från Bohusbanan där transporter av farligt gods sker så måste dessa risker utredas och eventuella åtgärder behöver regleras på detaljplanen.

Syftet med denna riskutredning är att verka som ett beslutsunderlag för att inom detaljplan- och bygglovsprocessen kunna förhålla sig till olycksrisker kopplade till transporter av farligt gods. Detta ska genomföras i ett tidigt skede och på ett betryggande sätt enligt Plan- och bygglagen (2010:900).

Målet med riskutredningen är att bedöma den förändrade markanvändningens lämplighet samt bedöma behovet av riskreducerande åtgärder i samband med den nya bebyggelsen. Riskutredningen ska även verka som stöd inom vidare arbete inom bygglovsprocessen.

Beräkningarna av individrisken visar att risken är på en acceptabel nivå inom hela planområdet. I osäkerhetsanalysen, med 25 % fler transporter, ökar individrisken men ligger fortfarande på acceptabla nivåer inom hela planområdet. Ur ett riskhänseende kan utemiljön med uteplatser och lekplatser planeras fritt inom planområdet. Även den planerade parkeringsplatsen öster om Sörkällegatan ligger inom acceptabla individrisknivåer samt ligger bortanför Trafikverkets rekommendation om att anlägga parkering minst 15 meter från järnväg.

Beräkningarna av samhällsriskerna visar att risken ligger i området för acceptabla risker i både ursprungsberäkningen och osäkerhetsanalysen. Risknivåerna ligger generellt en faktor 10 lägre än kriteriet för tolerabla risknivåer där ekonomiskt rimliga och tekniskt genomförbara åtgärder ska genomföras. Även om riskerna ligger på acceptabla nivåer bör åtgärder som inte innebär någon större kostnad övervägas:

- Utrymning ska kunna ske bort från Bohusbanan. Utrymning kan ske i souterrängplan så länge utgången är vänd bort från Bohusbanan.
- Friskluftsintag placeras så att de inte vetter direkt mot Bohusbanan samt placeras så högt som möjligt

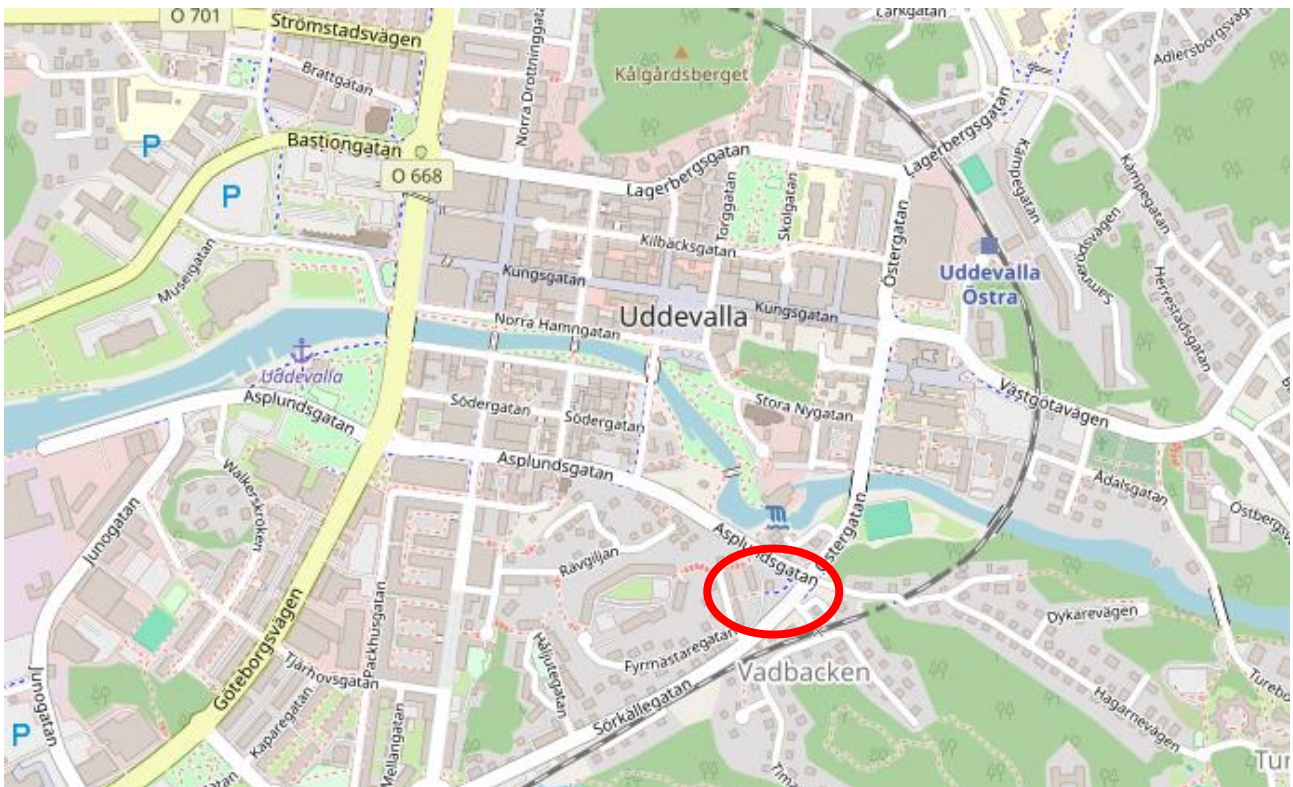
► Innehåll

1	Inledning	4
1.1	Syfte och mål	4
1.2	Avgränsningar	5
2	Metod - Riskbedömning i den fysiska planeringen	6
2.1	Vad är risker?	6
2.2	Riskhantering	7
2.3	Bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods	8
3	Risker med transport av farligt gods	11
3.1	Typer av farligt gods	11
3.2	Konsekvenser av en olycka med farligt gods	11
4	Platsspecifika förutsättningar	13
4.1	Området	13
4.2	Antalet personer närvarande	13
4.3	Bohusbanan	14
5	Resultat	18
5.1	Individrisk	18
5.2	Samhällsrisk	19
5.3	Osäkerhetsanalys	19
6	Diskussion och slutsats	22
7	Referenser	23

1 Inledning

Uddevalla kommun arbetar med detaljplan för Klubban 3 i centrala Uddevalla. Syftet med detaljplanen är att möjliggöra för ett flerbostadshus innehållande 26 lägenheter. Fastighetsägaren och exploatören är Riksbyggen. Parkering planeras att ordnas både i anslutning till flerbostadshuset samt cirka 50 meter österut, på andra sidan av Sörkällegatan. I samband med detaljplanearbetet har Norconsult fått i uppdrag att genomföra en trafikutredning samt en riskutredning för transport av farligt gods. Denna PM redovisar förutsättningar och resultat från riskutredningen.

Planområdet ligger i Uddevalla tätort norr om Bohusbanan, se Figur 1. Enligt länsstyrelsens riskpolicy ska risker beaktas vid all samhällsplanering som sker inom 150 meter från transportled för farligt gods. Eftersom denna detaljplan ligger inom 150 meter från Bohusbanan där transporter av farligt gods sker så måste dessa risker utredas och eventuella åtgärder behöver regleras på detaljplanen.



Figur 1. Översiktsskarta med planrådets lokalisering markerat med röd cirkel (Bakgrundskarta: OpenStreetMap).

1.1 Syfte och mål

Syftet med denna riskutredning är att verka som ett beslutsunderlag för att inom detaljplan- och bygglovsprocessen kunna förhålla sig till olycksrisker kopplade till transporter av farligt gods. Detta ska genomföras i ett tidigt skede och på ett trygghetssätt enligt Plan- och bygglagen (2010:900).

Målet med riskutredningen är att bedöma den förändrade markanvändningens lämplighet samt bedöma behovet av riskreducerande åtgärder i samband med den nya bebyggelsen. Riskutredningen ska även verka som stöd inom vidare arbete inom bygglovsprocessen.

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 det även beaktas 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 beräkningar i denna riskutredning 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, se utklipp av plankarta i Figur 2. Resultatet kommer redovisas utifrån prognosår 2045.



Figur 2. Utklipp ur plankarta för Klubban 3. (Uddevalla kommun, 2024)

2 Metod - Riskbedömning i den fysiska planeringen

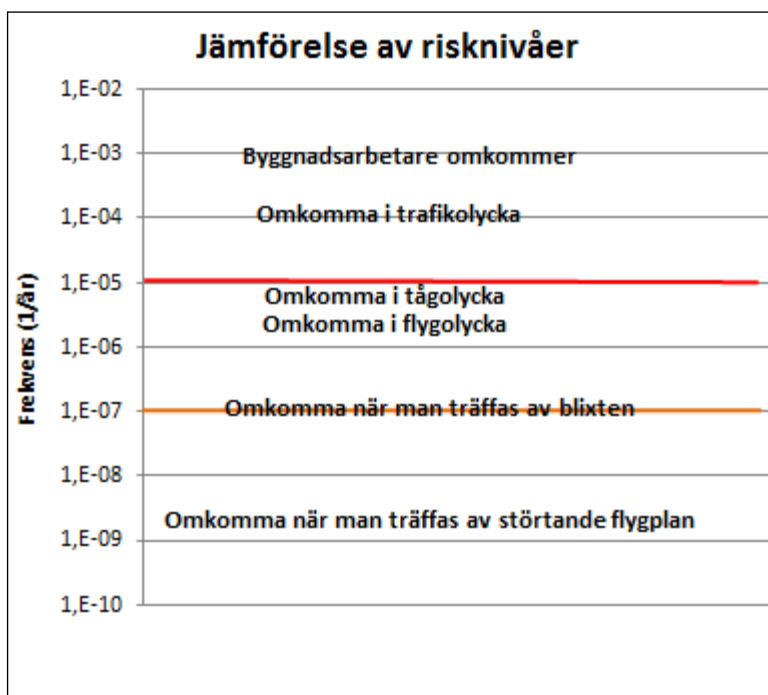
I detta kapitel definieras begreppet risk. Utöver detta beskrivs bedömningsgrunder för risker vid transport av farligt gods. I kapitlet beskrivs även processen för riskhantering.

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 3.



Figur 3. Exempel på vilka risknivåer som finns i samhället. De röda och orangea strecken är kriterier för bedömning av risknivåer och förklaras i avsnitt 2.3.

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.

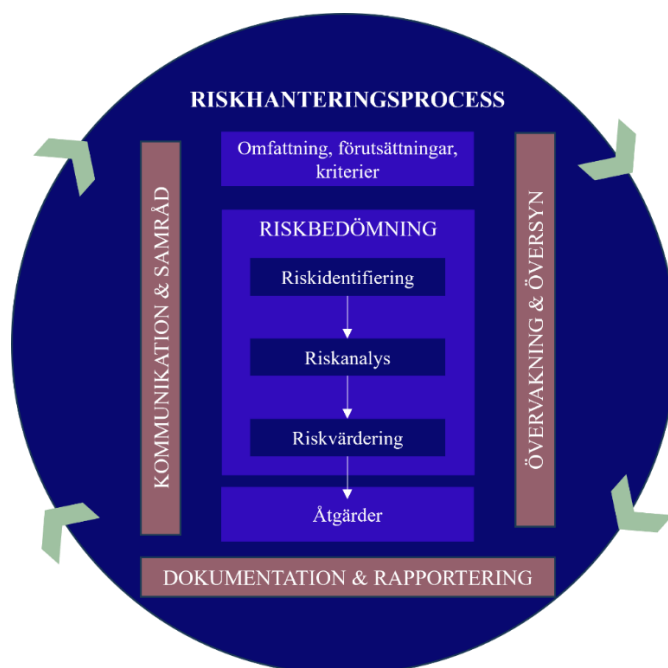
Samhällsrisk är ett mått på hur stora olyckor en riskkälla kan orsaka. Detta beror dels på riskkällans farlighet dels på hur många människor som brukar befinna sig i riskkällans omgivning. Detta mått är användbart om planeringen innebär att många människor kommer att befinna sig inom 150 m från en transportled 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 bebyggelsen görs enligt de principer som presenteras i riskhanteringsprocessen enligt ISO 31 000 (SIS, 2018), se Figur 4. Riskhanteringsprocessen delas in i olika steg; riskidentifiering, riskanalys, riskvärdering och riskreducerande åtgärder.



Figur 4. 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.

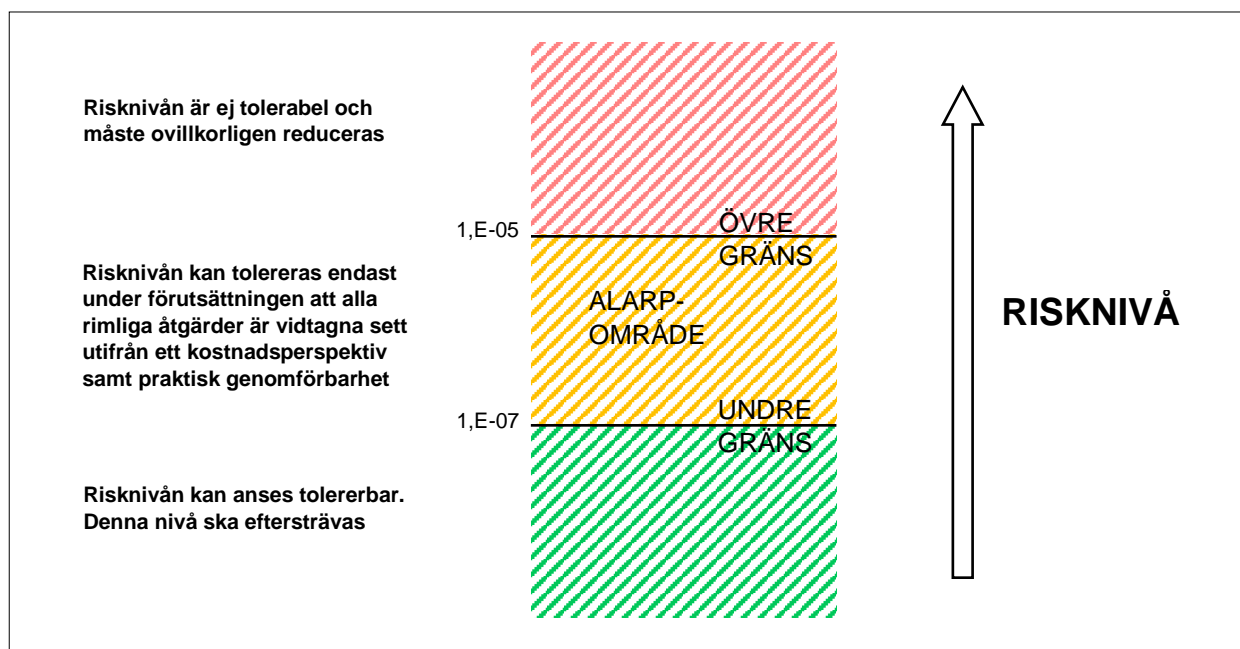
Riskanalysen utgår ifrån nuläget och år 2045 som ett prognosår. För att värdera risker kopplat till transporter av farligt gods på väg och dess påverkan på människa finns kan både individrisk och samhällsrisik användas som riskmått. Definitionen av dessa riskmått presenteras i avsnitt 2.3.

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



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

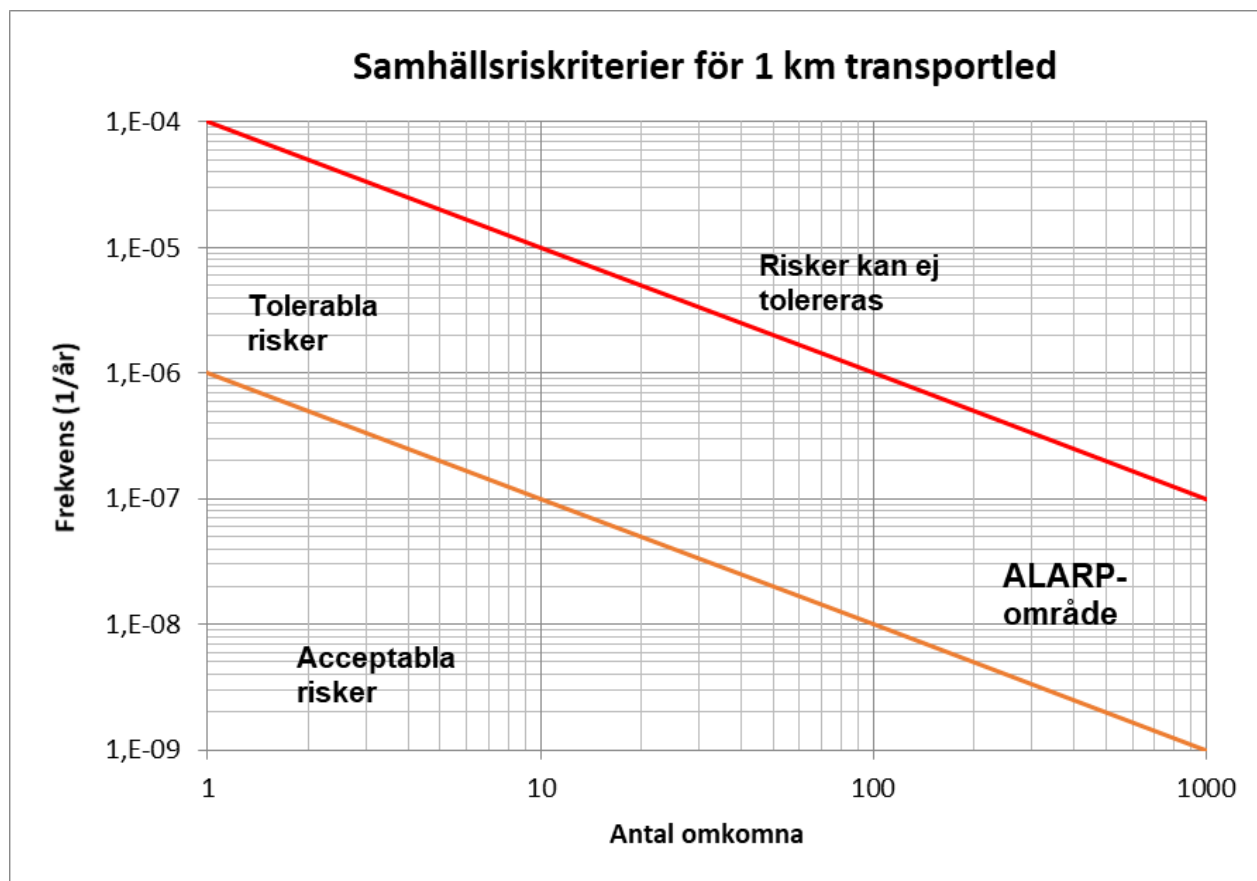
För individrisiken ligger den övre gränsen på 1×10^{-5} per år och den undre på 1×10^{-7} per år. Den undre gränsen ligger under risken att omkomma till följd av naturolyckor, vilket innebär att en sådan risknivå inte ger en signifikant påverkan på individens totala risknivå. Om risknivån ligger under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

Den övre gränsen motsvarar högst en tiondel av den totala dödsfallsrisiken för olika grupper i samhället. Om risknivån ligger över denna gräns så ska åtgärder vidtas och effekten av dessa åtgärder ska verifieras (Länsstyrelsen, 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 samhällsrisknivåer för ett område på båda sidor om en sträcka av 1 km längs transportleden för farligt gods, se Figur 6.

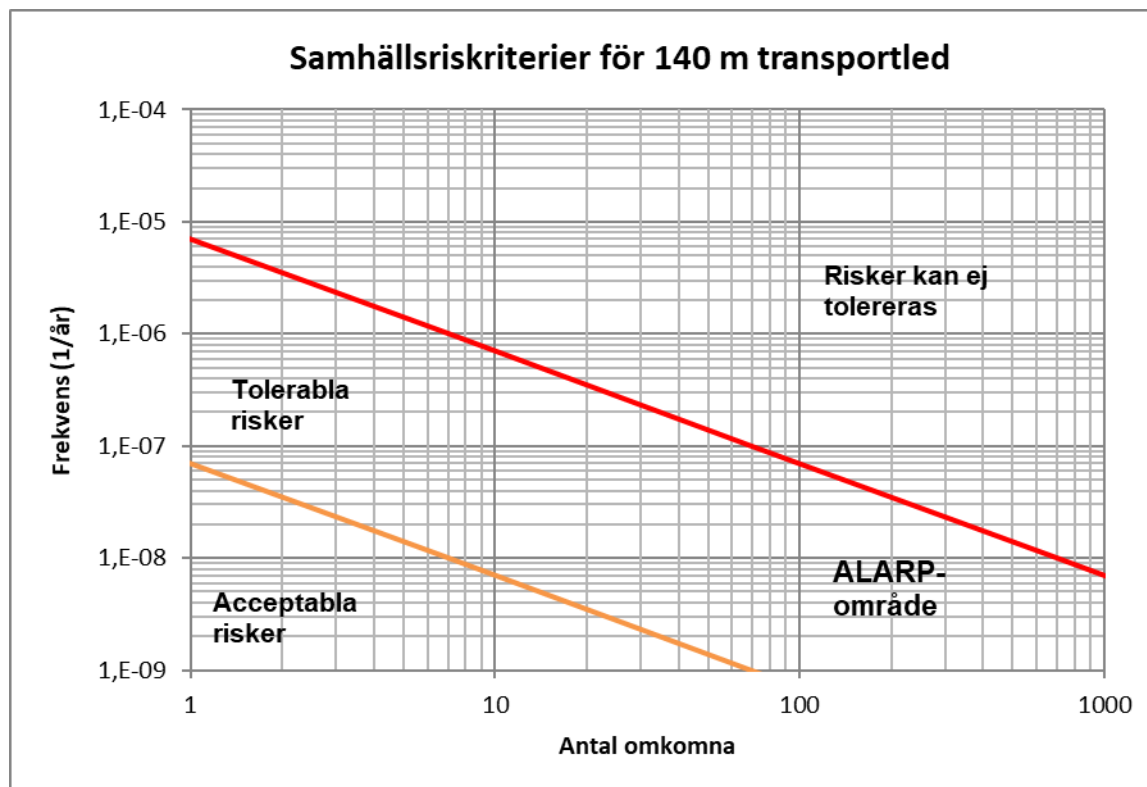


Figur 6. Riskkriterier för dubbelsidig bebyggelse längs 1 km transportled för farligt gods.

Kriterier i Figur 6 innebär till exempel att en olycka med högst en omkommen accepteras högst en gång på 1 000 000 år (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 Bohusbanan samt att området ligger på en och samma sida av leden. Omräknade kriterier visas i Figur 7. Planområdenas längd utmed transportleden är cirka 140 meter.



Figur 7. Riskkriterier omräknade till 140 meter enkelsidig bebyggelse.

2.3.3 ALARP-området

ALARP-området är området 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	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

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

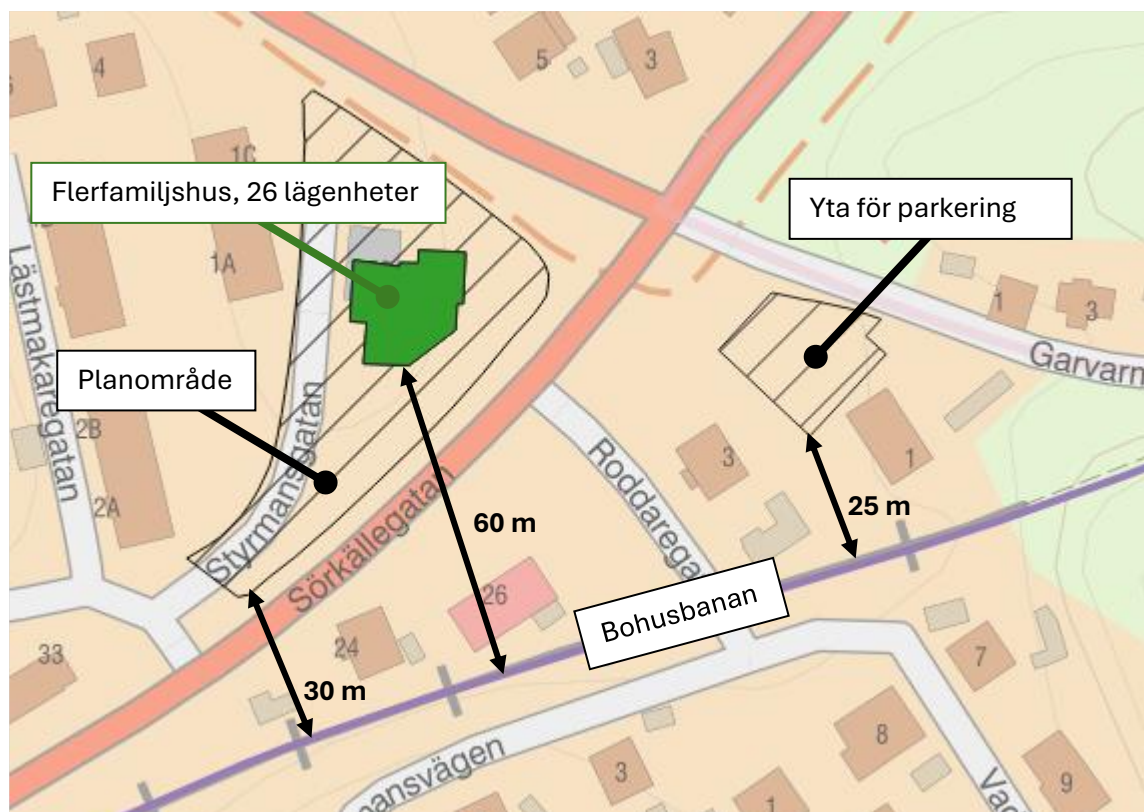
Denna klass omfattar bland annat miljöfarligt avfall dock inga ämnen som är brandfarliga eller explosiva.

4 Platsspecifika förutsättningar

4.1 Området

Området består idag av enplansbyggnad innehållande gatukök. Dagens detaljplan tillåter kontor, föreningslokal samt hantverk som ej är störande för omgivningen. Den nya detaljplanen syftar till att även inkludera bostäder i markanvändningen. Det planförslag som ligger framme innebär en byggnad på totalt 3500 kvm bostadsyta fördelat på 10 våningsplan, totalt planeras för 26 lägenheter. Avstånd från planområdesgräns till Bohusbanan är cirka 60 meter till det planerade flerfamiljshuset, 30 meter till planområdesgräns för bostadshuset och 25 meter till planerad yta för parkeringsplatser, se Figur 8.

Strax norr om Sörkällegatan sluttar planområdet nedåt mot det planerade bostadshuset som ligger på en lägre nivå än Bohusbanan. Men på grund av gatan och området som finns mellan planområde och Bohusbanan så bedöms brandfarliga vätskor inte kunna rinna fritt mot planområdet vid en olycka.



Figur 8 Planområde med ungefärliga avstånd till Bohusbanan.

4.2 Antalet personer närvarande

Antal boende i de planerade 26 lägenheterna baseras på statistik från statistiska centralbyrån (SCB, 2024). Enligt statistiken bor i snitt 1,8 personer per flerbostadshus och 2,6 personer per småhus i Uddevalla kommun. På natten bedöms alla boenden i området vara närvarande. På dagtid antas hälften av dessa vara närvarande. Av dagbefolkningen antas cirka 7 % befinna sig utomhus. Av nattbefolkningen antas cirka 1 % vara utomhus.

I riskanalysen ska risken för hela området beräknas vilket medför att även området mellan planområde och transportlederna ska tas med. Därför inkluderas även 3 befintliga småhus. Mellan planområde och Bohusbanan finns även en lokal där det idag bedrivs dansundervisning. I lokalen uppskattas 20 personer befinna sig 2 timmar per kväll och för att inte underskatta riskerna dagtid sätts en person närvarande även under dagen.

I Tabell 2 redovisas antal personer på plats i planområdet. I osäkerhetsanalysen beräknas konsekvenserna av om 25 % fler personer är på plats i området.

Tabell 2 Antal personer närvarande.

Område	Personer dagtid	Personer nattid	Osäkerhetsanalys. Personer dagtid	Osäkerhetsanalys. Personer nattid
Nya bostäder inom detaljplan	24	47	29	59
Befintliga bostäder	4	8	5	10
Befintlig lokal	1	3	1	3

4.3 Bohusbanan

Enligt MSB:s undersökning från 2006 transporteras endast 360 transporter per år av ämnen i klass 5.1. Men eftersom undersökningen genomfördes under en månad för 18 år sedan ska den inte användas som det enda statistiska underlaget för en riskanalys.

För att få en jämförelse har nationell statistik använts. Enligt Trafikverkets trafikuppgifter för 2022 som publicerats av Trafikverket 2022 och 2023 så trafikeras sträckan förbi planområdet av 0,4 godståg per dag. Enligt senaste uppgifter (Trafikverket, 2024a) så trafikeras inga godståg sträckan. Enligt Trafikverkets basprognos för 2045 kommer heller inga godståg att trafikera Bohusbanan i framtiden (Trafikverket, 2024a). För att vara konservativ i antaganden används dagens trafikering enligt tidigare publicerade trafikuppgifter på 0,4 godståg. Den prognosticerade längden för godstågen är 530 meter vilket innebär att varje tåg består av i snitt 25 godsvagnar. Det innebär att cirka 3 650 godsvagnar förväntas passera planområdet år 2045. För att få en uppfattning om vad detta kan innebära avseende transporter av farligt gods används det nationella genomsnittet för andelen farligt gods av den totala mängden godstransporter. Detta räknas ut med stöd av siffror från TRAFAs som varje år samlar in nationell statistik för godstransporter i Sverige (TRAFAs, 2020). Utifrån denna statistik beräknas andelen farligt gods vara cirka 7 % av totala antalet godstransporter. Detta innebär cirka 260 tågsvagnar per år med farligt gods förbi planområdet. Även indelningen av farligt gods i RID-klasser kan göras utifrån TRAFAs statistik, se Tabell 3.

För att göra en konservativ beräkning så har det maximala antalet vagnar från de olika källorna används i riskberäkningarna, se Tabell 3. För klass 1 indikerar statistiken inte att några transporter genomförs på Bohusbanan men konservativt antas 10 transporter. I osäkerhetsanalysen analyseras även konsekvenserna med 25 % fler transporter på järnvägen.

En jämförelse har även gjorts för mängder till och från Uddevalla hamn på deras bangård där 76 % av godset är klass 5 och 24 % klass 8 (Tyréns, 2022). Denna siffra kan inte jämföras rakt av med mängderna på Bohusbanan men ger ändå en indikation på att de flesta transporter sker med ämnen i klass 5.

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.

Tabell 3 Antal förväntade godsvagnar år 2045 med farligt gods på Bohusbanan förbi planområdet.

Klass	MSB (2006)	Nationellt genomsnitt (2045)	Används i riskberäkningarna (prognosår 2045), andel i parentes
1 Explosiva ämnen	0	0	10 (2 %)
2.1 Brandfarliga gaser	0	40	40 (8 %)
2.2 Ej brandfarliga eller giftiga gaser	0	1	-
2.3 Giftiga gaser	0	13	20 (4 %)
3 Brandfarliga vätskor	0	60	60 (12 %)
4 Brandfarliga fasta ämnen	0	13	-
5 Oxiderande ämnen	360	74	360 (73 %)
6 Giftiga ämnen m m	0	6	-
8 Frätande ämnen	0	49	-
9 Övriga farliga ämnen	0	1	-
Totalt	360	257	-

I klass 1 är det de massexplosiva ämnena som står för de betydande riskerna. Andelen massexplosiva ämnen sätts till 10 % (ÖSA, 2004). För klass 3 har antagits att cirka 75 % av transporterade mängder består av mycket brandfarliga vätskor som exempelvis bensin (ÖSA, 2004). För klass 5 räknas endast de oxiderande ämnen med som bedöms kunna leda till en massexplosion. De uppskattas stå för högst en tredjedel av den totala mängden.

Detta ger följande antal transporter i de kategorier som främst bedöms innebära risker för området, se Tabell 4.

Tabell 4 Farligt gods på Bohusbanan 2045 som medför betydande risker för området.

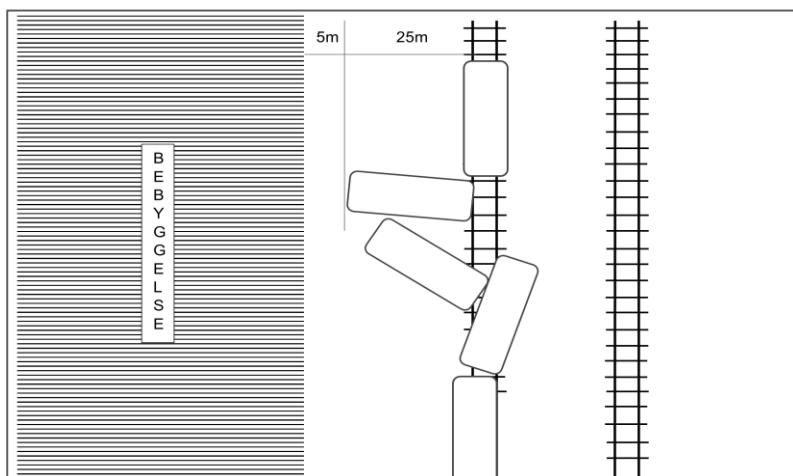
Klass och ämnesgrupp	Antal vagnar 2045
1.1 Massexplosiva ämnen	1
2.1 Brandfarliga gaser	40
2.3 Giftiga gaser	20
3. Mycket brandfarliga vätskor	45
5. Oxiderande ämnen med explosionsrisk	120

4.3.1 Sannolikhet för olyckor

Största tillåtna hastighet på Bohusbanan förbi planområdet är 90 km/h (Trafikverket, 2024b). Sannolikheten för olyckor på den aktuella sträckan av Bohusbanan har beräknats med Trafikverket beräkningsmodell (Banverket, 2001) till $2,0 \times 10^{-8}$ per vagnkilometer och år. I beräkningarna tas hänsyn till en plankorsning med bommar och två plankorsningar med ljus inom planområdets närområde. Beräkningarna presenteras mer detaljerat i Bilaga 1.

4.3.2 Urspårningsrisk

Vid en urspårning är det två olika händelseförlopp som kan inträffa. I det första förloppet spårar tåget ut utan att några tågvagnar viker sig på ett betydande sätt. Hastigheten som tåget har när det spårar ut har betydelse för hur långt tåget förflyttar sig och huvudsakligen rör sig tåget i den färdriktning som tåget har vid urspårning. För denna typ av urspårning finns teoretiska modeller. Längsta sträckan som det urspårade tåget förväntas gå längs med spåret är lika med $v^2 / 80$ där v är tåghastigheten. Längsta avståndet som tågdelar förväntas hamna från spåret är lika med $v^{0,55}$ (IUR, 2003). Den maximalt tillåtna tåghastigheten förbi området är 90 km/h. Detta innebär att tåget kan spåra ut över ett avstånd på cirka 101 meter och nå som längst cirka 12 meter från spåret. Beräkningarna tar inte hänsyn till eventuell nivåskillnad mellan järnväg och närliggande område. Det andra händelseförlopp som kan inträffa vid urspårning är att tågets främre del bromsas upp snabbare än dess bakre del så att tågvagnarna viker sig som ett dragspel, se Figur 9.



Figur 9 Urspårning av tåg där tågdelar viker sig (Länsstyrelsen, 2000).

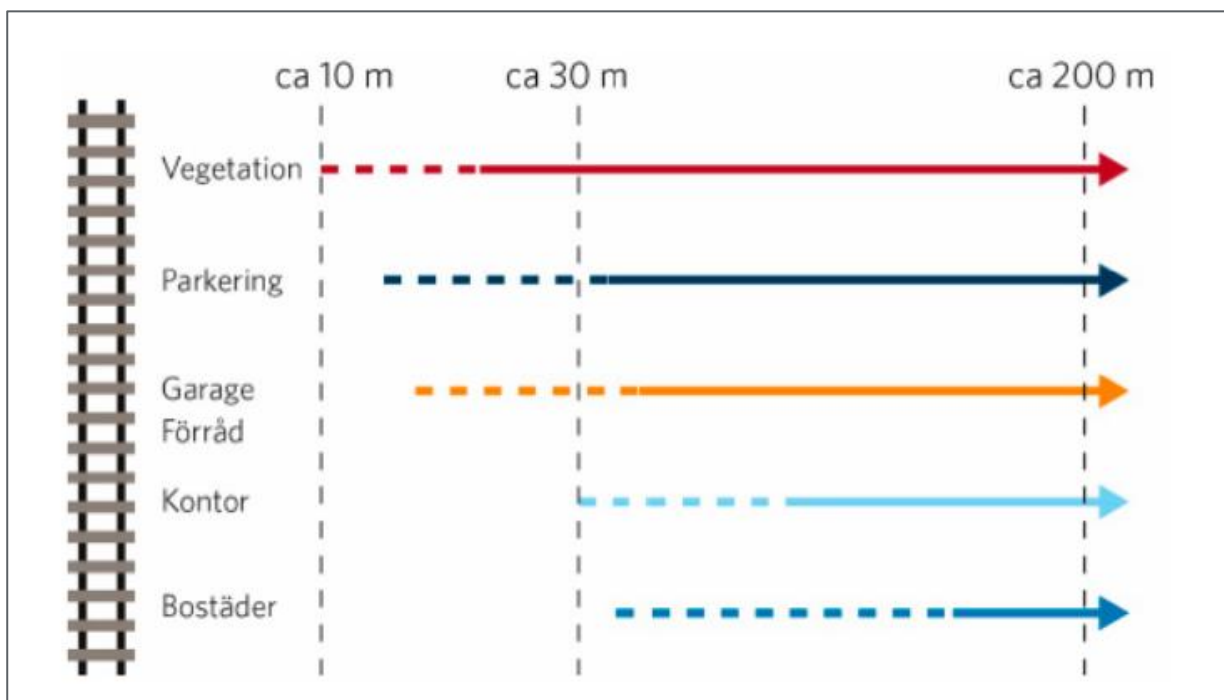
Delar av tåget kan hamna på större avstånd från spåret beroende på att tågets främre del bromsas in snabbare än bakomliggande vagnar. Delar av tåget trycks åt sidan och hamnar på tvären. Friktionskrafterna på dessa vagnar är då större och avståndet som dessa vagnar färdas blir mindre. Enligt statistik över urspårningsolyckor i Sverige (Banverket, 2001) förväntas vagnar inte spåra ut mer än 30 meter från spårmit, se Tabell 5. Planområdets närmaste avstånd till Bohusbanan är cirka 25 meter. För att undvika urspårningsrisken så bör området inom 30 meter från spårmit inte inbjuda till stadigvarande vistelse utomhus.

Tabell 5 Sannolikhet att någon del av tåget hamnar utanför spåret (Banverket, 2001).

Avstånd från spår	0 - 1 m	1 - 5 m	5 - 15 m	15 - 25 m	>25 m
Persontåg	78%	18%	2%	2%	0%
Godståg	70%	20%	5%	2%	2%

Trafikverket anger att ny bebyggelse generellt inte bör tillåtas inom ett område på 30 meter från järnvägen, (räknat från spårmittpå närmaste spår).

Användningsområden som inte är störningskänsliga och där människor endast tillfälligtvis vistas, till exempel parkering, garage och förråd, kan dock finnas inom detta avstånd, se Figur 10. Hänsyn bör dock tas till möjligheterna att underhålla järnvägsanläggningen och bebyggelsen.



Figur 10 Generella råd från Trafikverket om avstånd till järnvägen för olika typer av verksamheter.

Trafikverket anser att parkeringsplatser bör anläggas minst 15 meter från järnvägen (räknat från spårmittpå närmaste spår) då det finns risk för stenskott från passerande tåg på kortare avstånd. Ett längre avstånd eller någon form av skydd kan behövas vid högtrafikerade banor och om tågen bromsar in vid den aktuella platsen. Körytan inom parkeringsområdet kan anläggas 10 meter från spårmittpå.

För uppförande av parkeringshus och parkeringsdäck gäller generellt ett avstånd av minst 30 meter från järnvägen. Mindre garage och carportar kan anläggas närmare järnvägen. Ett avstånd på minst 15 meter rekommenderas dock för att klara uppförandet samt framtida underhåll (Trafikverket, 2020).

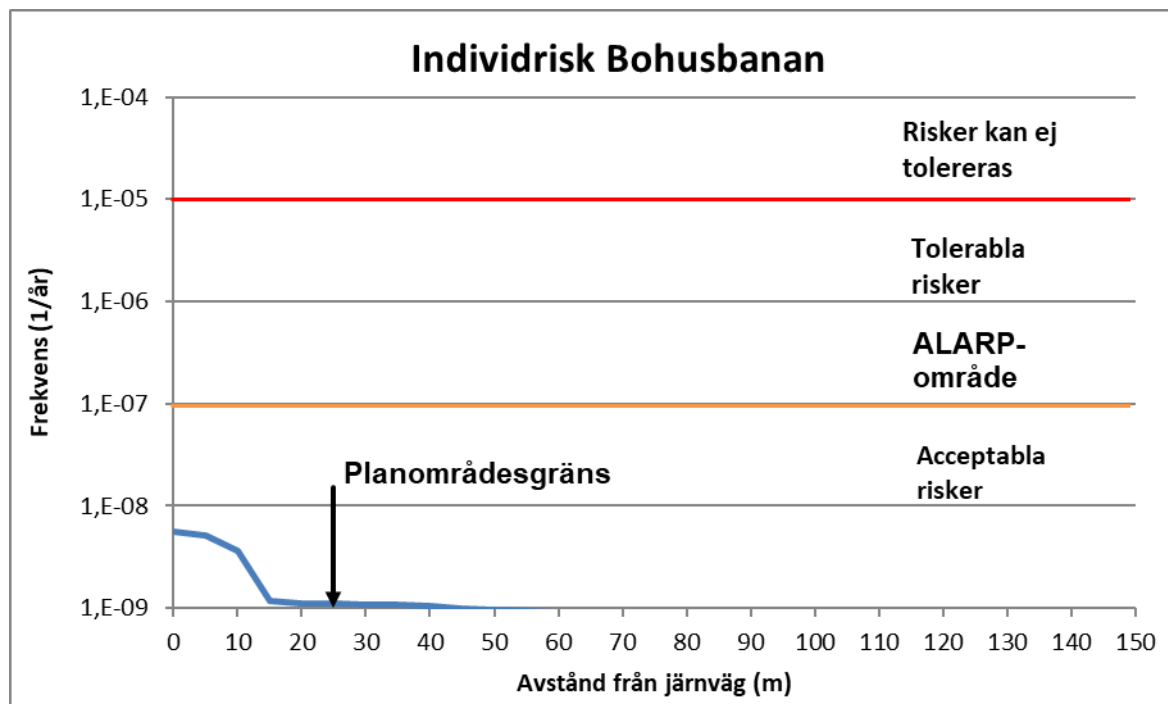
5 Resultat

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

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

5.1 Individrisk

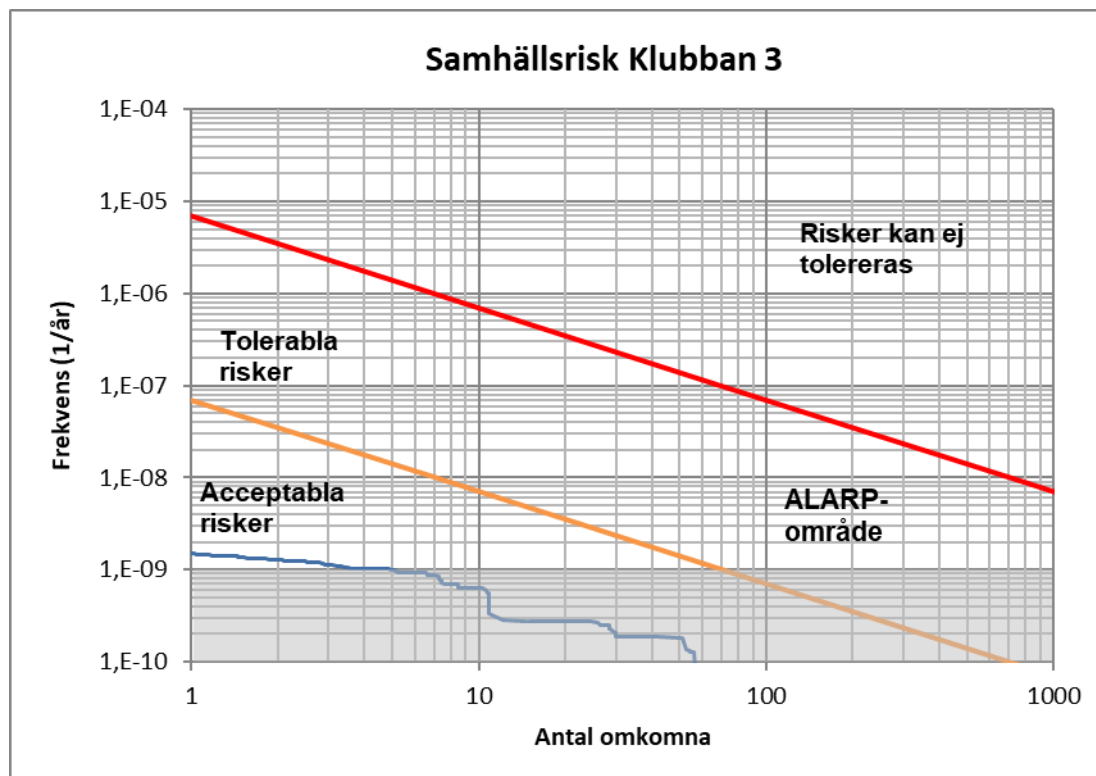
I Figur 11 visas individrisken från Bohusbanan med avseende på transporter av farligt gods. Individrisken beräknas vara på en acceptabel nivå inom hela planområdet och mer än en faktor 10 lägre än gränsen för tolerabla risker.



Figur 11 Individrisken vid planområdet längs Bohusbanan.

5.2 Samhällsrisk

I Figur 12 visas samhällsrisken i planområdet från Bohusbanan. Beräkningen visar att risknivån med god marginal ligger i området som innebär acceptabla risker. Risknivåerna är en faktor 10 lägre än riskkriteriet för tolerabla risker. Gråmarkerat område i diagrammet visas normalt inte i riskberäkningar men tas med här för att ge en fullständig bild av risknivåerna.



Figur 12 Samhällsrisken för Parkens förskola från Bohusbanan.

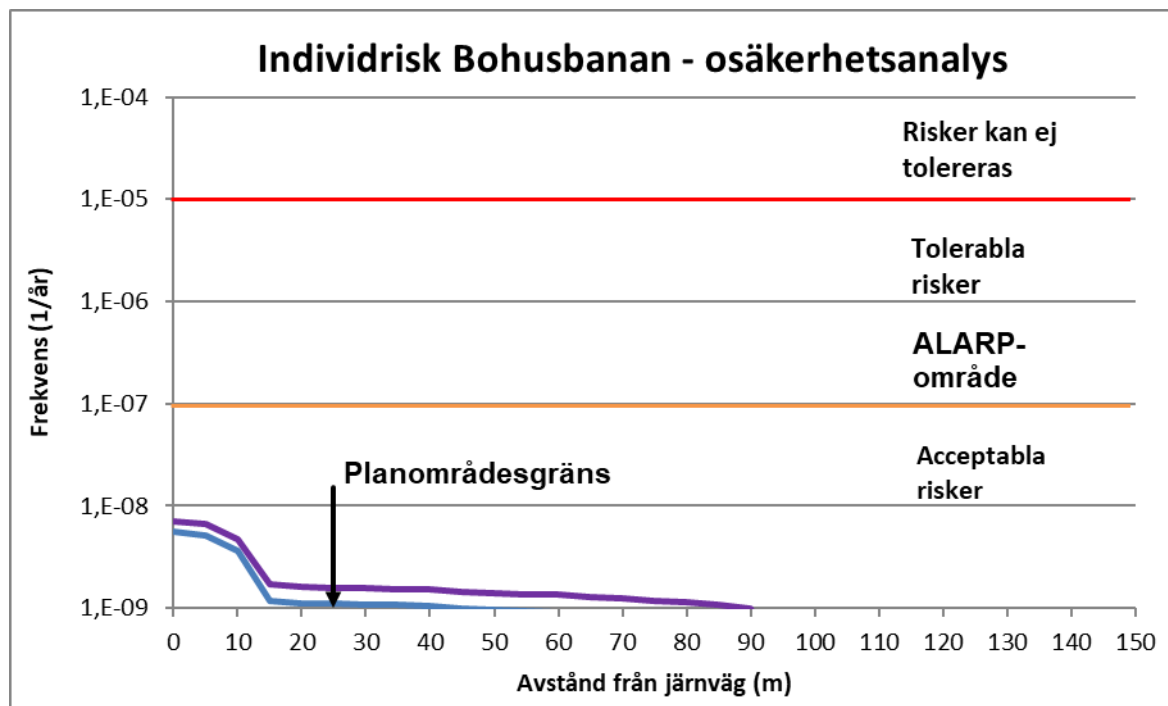
5.3 Osäkerhetsanalys

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. 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.

5.3.1 Individrisk

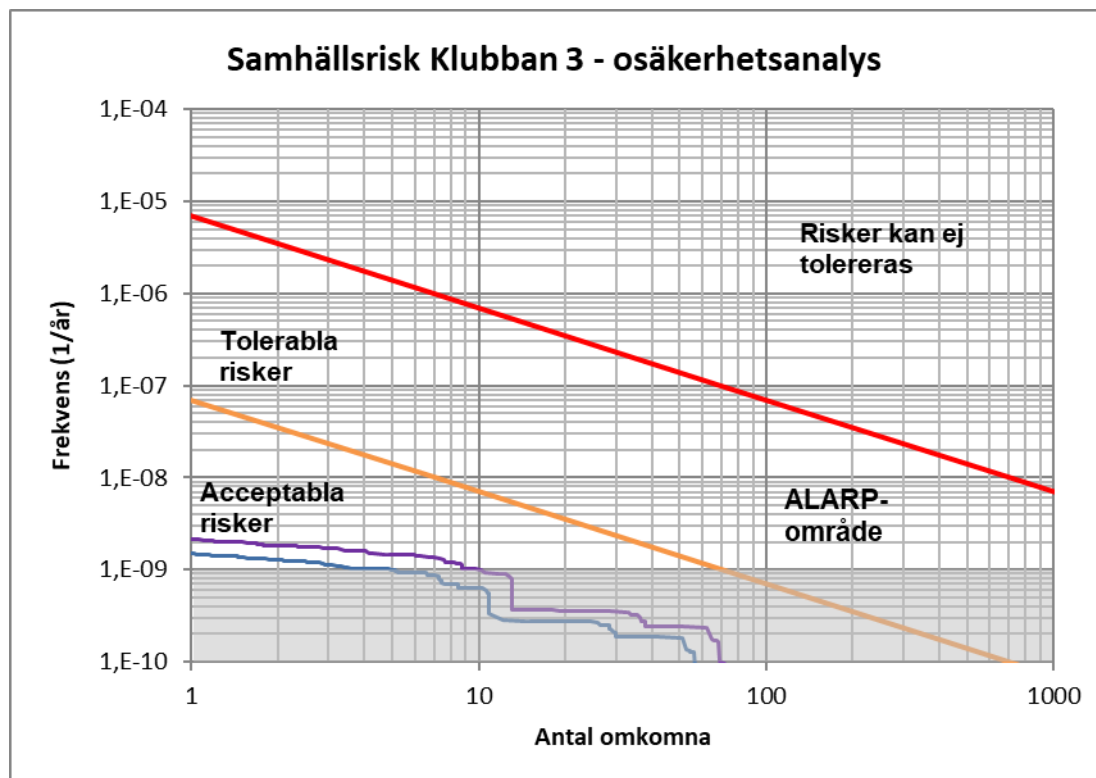
Individrisken vid 25 % fler transporter av farligt gods presenteras i Figur 13. Enligt beräkningarna ökar individrisken men ligger fortfarande på en acceptabel nivå inom hela planområdet med god marginal mot kriteriet för tolerabla risker.



Figur 13 Individrisken vid planområdet längs Bohusbanan. Ursprunglig beräkning visas med blå linje och osäkerhetsanalysen med lila linje.

5.3.2 Samhällsrisk

Figur 14 visar att samhällsrisken ökar men ligger fortfarande kvar området med acceptabla risker och fortfarande en faktor 10 ifrån att överskrida kriteriet för tolerabla risker. I osäkerhetsanalys har antalet transporter av farligt gods samt att antalet personer närvarande i planområdet ökat med 25 %.



Figur 14 Osäkerhetsanalysen för Parkens förskola visas med lila linje. Ursprunglig beräkning med blå linje.

6 Diskussion och slutsats

Riskberäkningarna för individrisken är på en acceptabel risknivå inom hela planområdet. I osäkerhetsanalysen, med 25 % fler transporter, ökar individrisken men ligger fortfarande på acceptabla nivåer inom hela planområdet. Ur ett riskhänseende kan utemiljön med uteplatser och lekplatser planeras fritt inom planområdet. Även den planerade parkeringsplatsen ligger inom acceptabla individrisknivåer samt ligger bortanför Trafikverkets rekommendation om att anlägga parkering minst 15 meter från järnväg.

Beräkningarna av samhällsrisken visar att risken ligger i området för acceptabla risker i både ursprungsberäkningen och osäkerhetsanalysen. Risknivåerna ligger generellt en faktor 10 lägre än kriteriet för tolerabla risknivåer där ekonomiskt rimliga och tekniskt genomförbara åtgärder ska genomföras. Även om riskerna ligger på acceptabla nivåer bör åtgärder som inte innebär någon större kostnad övervägas:

- Utrymning ska kunna ske bort från Bohusbanan. Utrymning kan ske i souterrängplan så länge utgången är vänd bort från Bohusbanan.
- Friskluftsintag placeras så att de inte vetter direkt mot Bohusbanan samt placeras så högt som möjligt

7 Referenser

- Banverket. (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen. Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5; 2001-10-22.*
- IUR. (2003). *Structures Built over Railway Lines – Construction Requirements in the Track Zone (UIC Code 777-2 R), 2nd edition. International Union of Railways.*
- Länsstyrelsen. (2000). *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer. Stockholm: Länsstyrelsen i Stockholms län, Räddnings- och säkerhetsavdelningen.*
- Länsstyrelsen. (2006). *Riskhantering i detaljplaneprocessen. Länsstyrelserna Skåne län, Stockholms län och Västra Götalands län.*
- Miljöbalken. (1998:808).
- Plan-och bygglagen. (2010:900).
- Rtj Storgöteborg. (2004). *Riktlinjer för riskbedömningar. Göteborg: Räddningstjänsten Storgöteborg.*
- SCB. (2024). *Antal personer per hushåll efter region, boendeform och år. År 2012-2023.* Retrieved from www.statistikdatabasen.scb.se
- SIS. (2018). *Svensk Standard SS-ISO 31000:2018. Riskhantering – Vägledning. Stockholm: Utgåva 2, ICS: 03.100.01.*
- SRV. (1997). *Värdering av risk; FoU rapport. Karlstad: Räddningsverket.*
- TRAFÄ. (2020). *Bantrafik 2019, publiceringsdatum 2020-06-15, Trafikanalys, Sveriges officiella statistik.*
- Trafikverket. (2020). Retrieved from <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/samhallsplanering/Sakerhet-och-konflikter/Sakerhetsavstand-mellan-infrastruktur-ny-bebyggelse-samt-ovriga-anordningar/sakerhetsavstand-vid-byggande-intill-jarnvag/>
- Trafikverket. (2024a). *Trafikuppgift järnväg T22 och bullerprognos 2045. Uppdaterad 2024-04-29.*
- Trafikverket. (2024b). Retrieved from Nationell järnvägsdatabas: <https://njdbwebb.trafikverket.se/>
- Tyréns. (2022). *Riskutredning avseende farligt gods och verksamheter, dp för Uddevalla medborgarhus. .*
- ÖSA. (2004). *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen; Øresund Safety Advisers AB.*

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

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	7
2.2	Klass 1	8
2.3	Klass 5.1	10
3	Konsekvenser av scenario	13
3.1	Klass 1	15
3.1.1	Skador på bebyggelsen	16
3.1.2	Skador utomhus	16
3.2	Klass 5.1	17
3.3	Individrisk	18
	Referenser	19

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

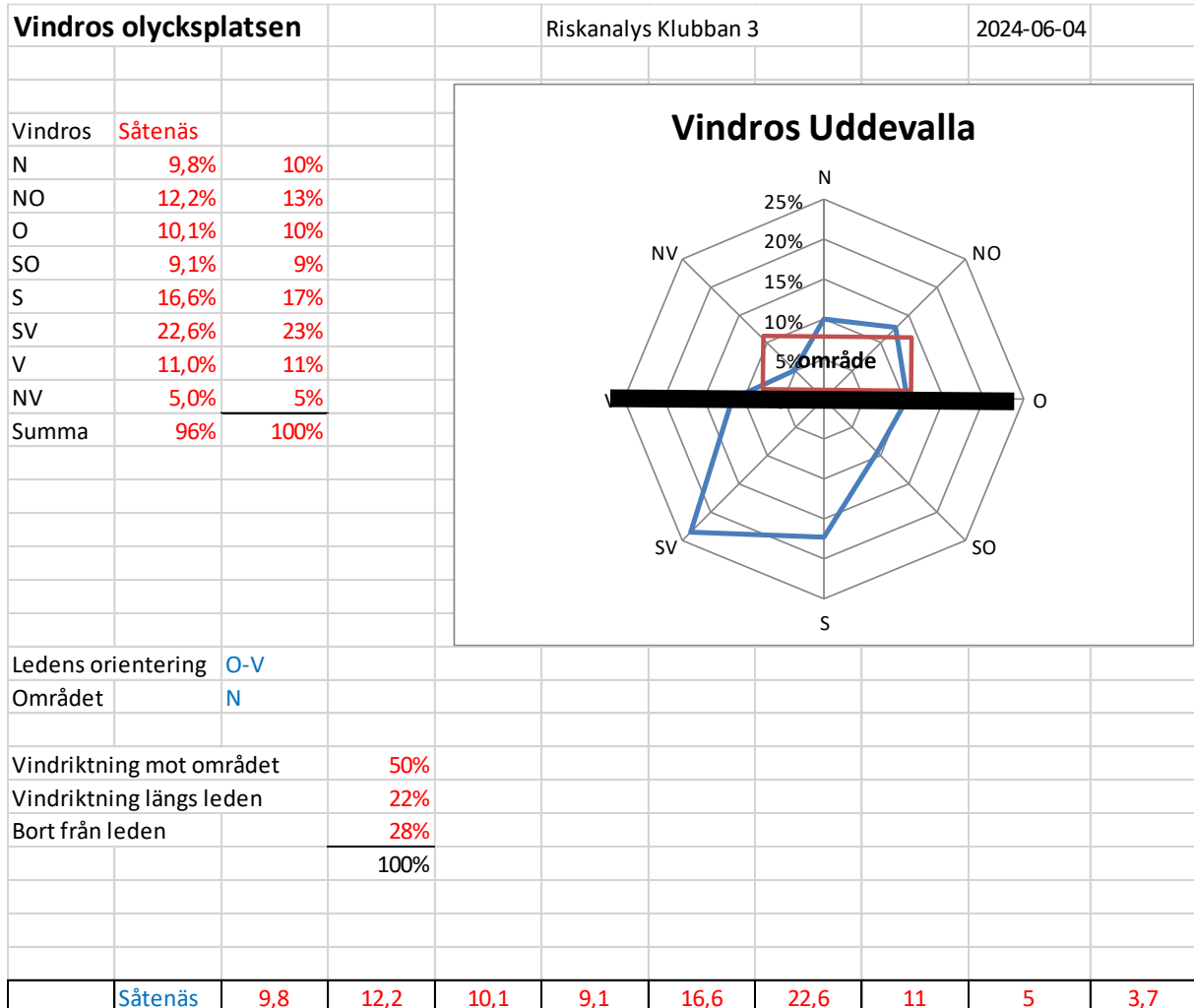
Olycksrisken för tåg beräknas enligt den av Banverket (numera en del av Trafikverket) angivna metod (Banverket 2001). Resultaten av beräkningen av olycksrisk per kilometer och år för de olika klasser farligt gods framgår i *figur 1*. Transporter av gods på järnvägen sker i stor utsträckning på natten då det finns bättre utrymme på banan pga. färre persontransporter. Utifrån en undersökning av fördelningen av godstransporter på Bohusbanan antas att 25 % av godset transporteras dagtid och 75 % nattetid.

I *figur 1* framgår också ungefärliga avstånd till planområdet samt uppskattning av bredd på hus.

Ingångsdata		Uppdragsnamn:	Riskanalys Klubban 3	2024-06-04	
Beräkning av olycksfrekvens enligt Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket 2001.5					
Ingångsdata					
Sträcka	1 km	Färgernas betydelse:		Fylls i	
Vagnaxel/vagn	2,75			Standard	
Tåglängd	332 m			Beräknas	
Vagnlängd	20 m				
Godståg/dag	0,4				
Persontåg/dag	20				
Pendeltåg/dag	20				
Antal vagnar/tåg	16,6				
Antal tåg/dag	40,4				
Antal tåg/år	14746				
Antal tåg/v	284				
Antal växlar	0				
Plankorsn. bommar	1				
Plankorsn. ljus	2				
Plankorsn. Kryss	0				
Vagnaxelkm/år	6,7E+05				
Vagnkm	2,5E+05				
Beräkning olycksrisken					
Orsak	Parameter	Spårklass A	Spårkl. B o C	Spårklass A	Spårkl. B o C
Rälsbrott	Vagnaxelkm	5,0E-11	1,0E-10	3,4E-05	6,7E-05
Solkuna	Spårkm	1,0E-05	2,0E-04	1,0E-05	2,0E-04
Spårtägesfel	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10	2,7E-04	2,7E-04
Växel sliten	Antal tågpassager	5,0E-09	5,0E-09	0,0E+00	0,0E+00
Växel ur kontroll	Antal tågpassager	7,0E-08	7,0E-08	0,0E+00	0,0E+00
Vagnfel	Vagnaxelkm	3,1E-09	3,1E-09	2,1E-03	2,1E-03
Lastförskjutning	Vagnaxelkm	4,0E-10	4,0E-10	2,7E-04	2,7E-04
Plankorsn. bommar	Antal tågpassager	5,0E-08	5,0E-08	7,4E-04	7,4E-04
Plankorsn. ljus	Antal tågpassager	1,5E-08	1,5E-08	4,4E-04	4,4E-04
Plankorsn. Kryss	Antal tågpassager	2,0E-08	2,0E-08	0,0E+00	0,0E+00
Annan/okänd	Tågkm	2,0E-07	2,0E-07	2,9E-03	2,9E-03
Summa	Olyckor per år/km			6,8E-03	7,0E-03
Antal tågkm/år				1,5E+04	1,5E+04
Olyckor per tågkm, år				4,6E-07	4,7E-07
Antal vagnkm/år				2,5E+05	2,5E+05
Olyckor per vagnkm, år				2,8E-08	2,8E-08
Faktor för osäkerhetsanalys	1	(1 i vanliga fall, 1,25 vid osäkerhetsanalys)			
Beräkning olycksrisken per klass, dag tid och nattetid					
	antal vagnar totalt	antal vagnar dagtid/år	olycksrisk dagtid/km ,år	antal vagnar natt/år	olycksrisk natt/km,år
Klass 1, masseexplosiv	1,0	0,3	6,9E-09	0,8	2,1E-08
Klass 2.1	40,0	10,0	2,8E-07	30,0	8,3E-07
Klass 2.3	20,0	5,0	1,4E-07	15,0	4,1E-07
Klass 3, bensin	45,0	11,3	3,1E-07	33,8	9,3E-07
Klass 5.1, explosionsrisk	210,0	52,5	1,4E-06	157,5	4,3E-06
Beräkning antal vagnar med mkt brandfarliga vätskor per godståg					
antal godståg	146				
andel m bensinvagnar	31%				
Områdesinfo					
Områdets storlek	Inne	Ute			
Planområdets avstånd leden	60	25	m		
Bredd på hus första raden	45	m			
Områdets längd längs leden	140	m			

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 järnvägen framgår. Närmaste mätstation där det finns tillgänglig vindstatistik från SMHI (SMHI 2006) har använts i beräkningarna.



Figur 2. Vindros för planområdet.

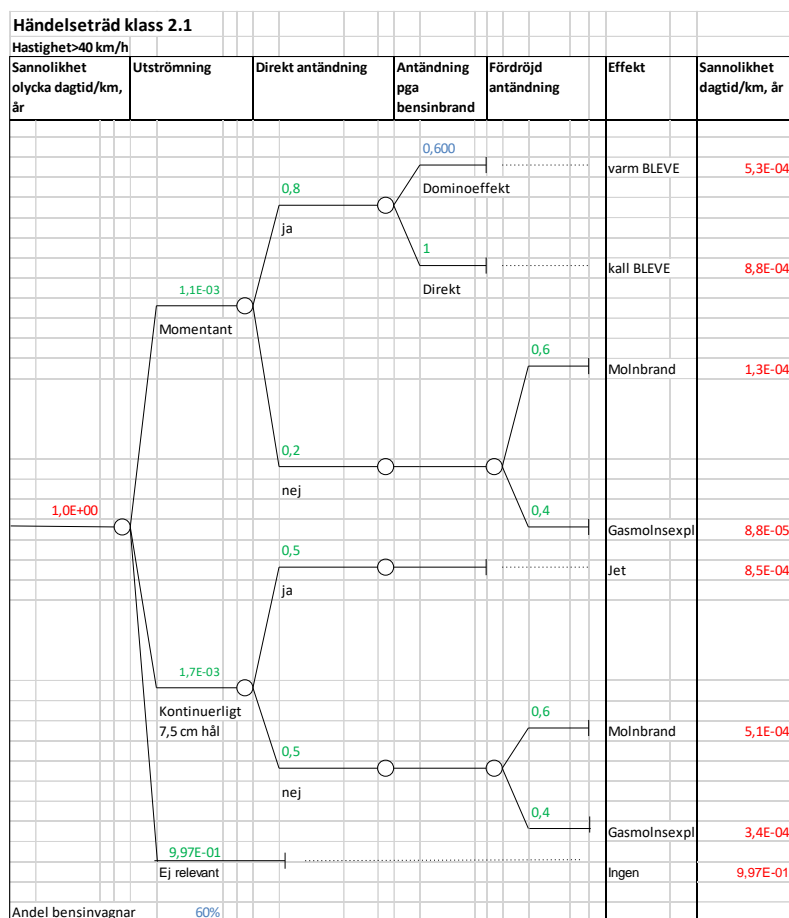
2 Händelseträäd

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. RBM II skiljer på sannolikheten för olika händelseförlopp beroende på om tågets hastighet är större eller mindre än 40 km/h. Därför presenteras två händelseträäd för var och en av klasserna.

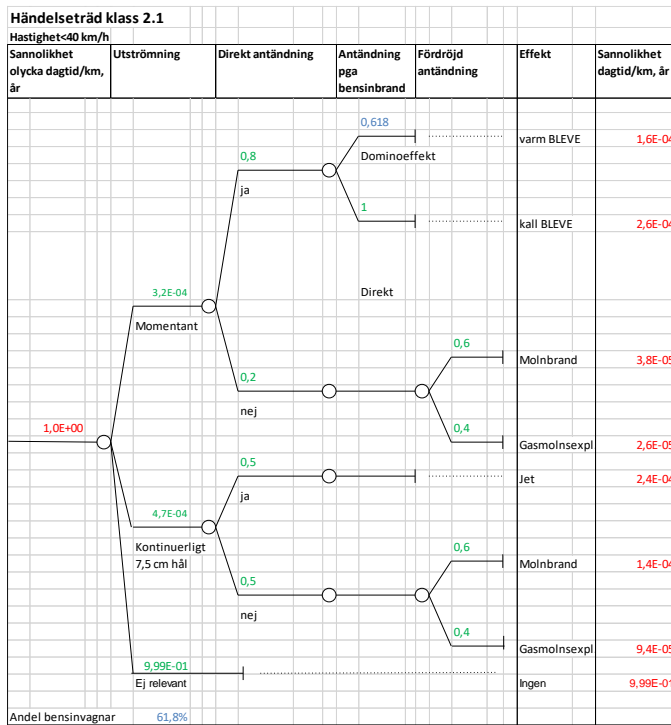
2.1 Händelseträäd från RBM II

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 alla 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 7,5 cm uppkommer i tanken på tankvagnen. Händelseträden för klass 2.1, 2.3 och 3 kan ses i *figur 3– figur 8*.

2.1.1 Klass 2.1

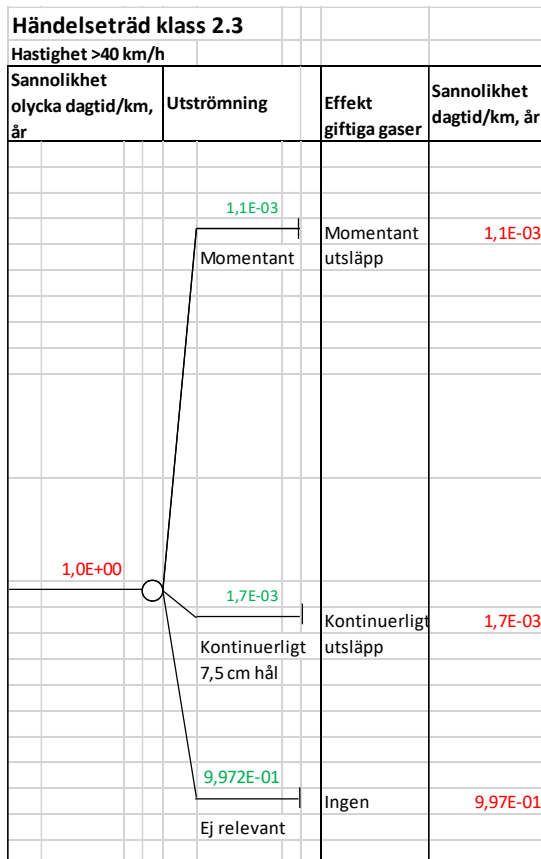


Figur 3. Händelseträäd olycka brandfarlig gas, tågastighet över 40 km/h

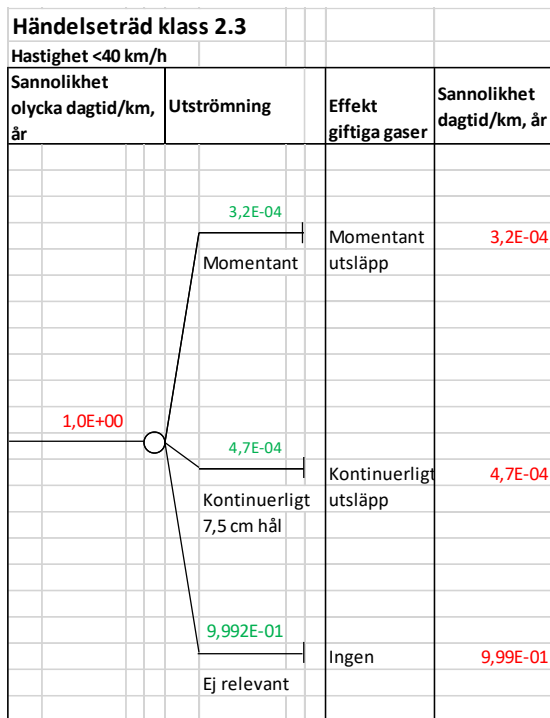


Figur 4. Händelseträd olycka brandfarlig gas, tågastighet under 40 km/h

2.1.2 Klass 2.3

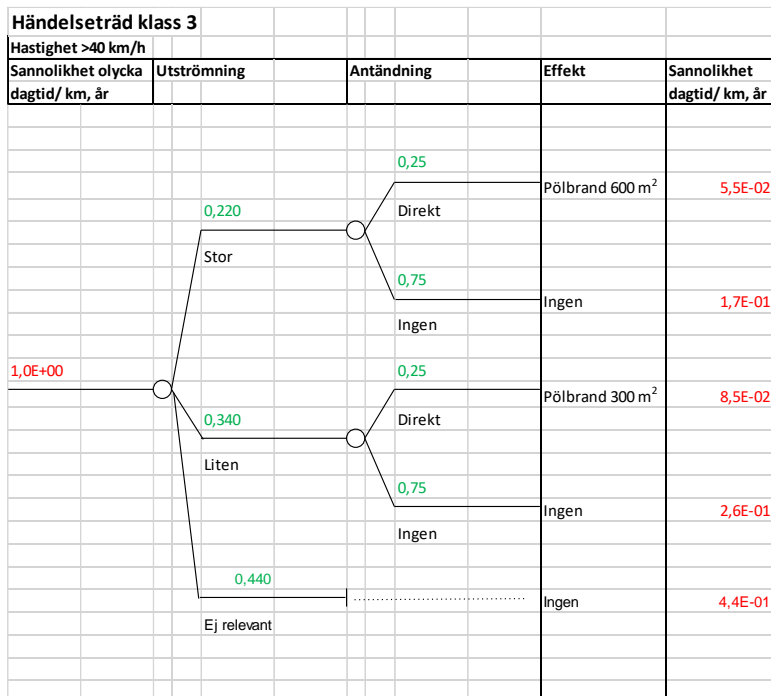


Figur 5. Händelseträd för olycka giftiga gaser, tågastigheter över 40 km/h



Figur 6. Händelseträäd för olycka giftiga gaser, tåghastigheter under 40 km/h

2.1.3 Klass 3



Figur 7. Händelseträäd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3. Tåghastighet över 40 km/h

Händelseträäd klass 3					
Hastighet <40 km/h	Utströmning	Antändning	Effekt	Sannolikhet dagtid/ km, år	
1,0E+00	Stor	0,25	Pölbrand 600 m ²	8,0E-03	
		0,75	Ingen	2,4E-02	
	Liten	0,25	Pölbrand 300 m ²	1,2E-02	
		0,75	Ingen	3,5E-02	
	Ej relevant		Ingen	9,2E-01	
	0,032				
	0,047				
0,921					

Figur 8. Händelseträäd för mycket brandfarliga vätskor i klass 3. Tåghastighet under 40 km/h

2.2 Klass 1

Sannolikheten per vagnkilometer för en olycka med massexplösiva 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.

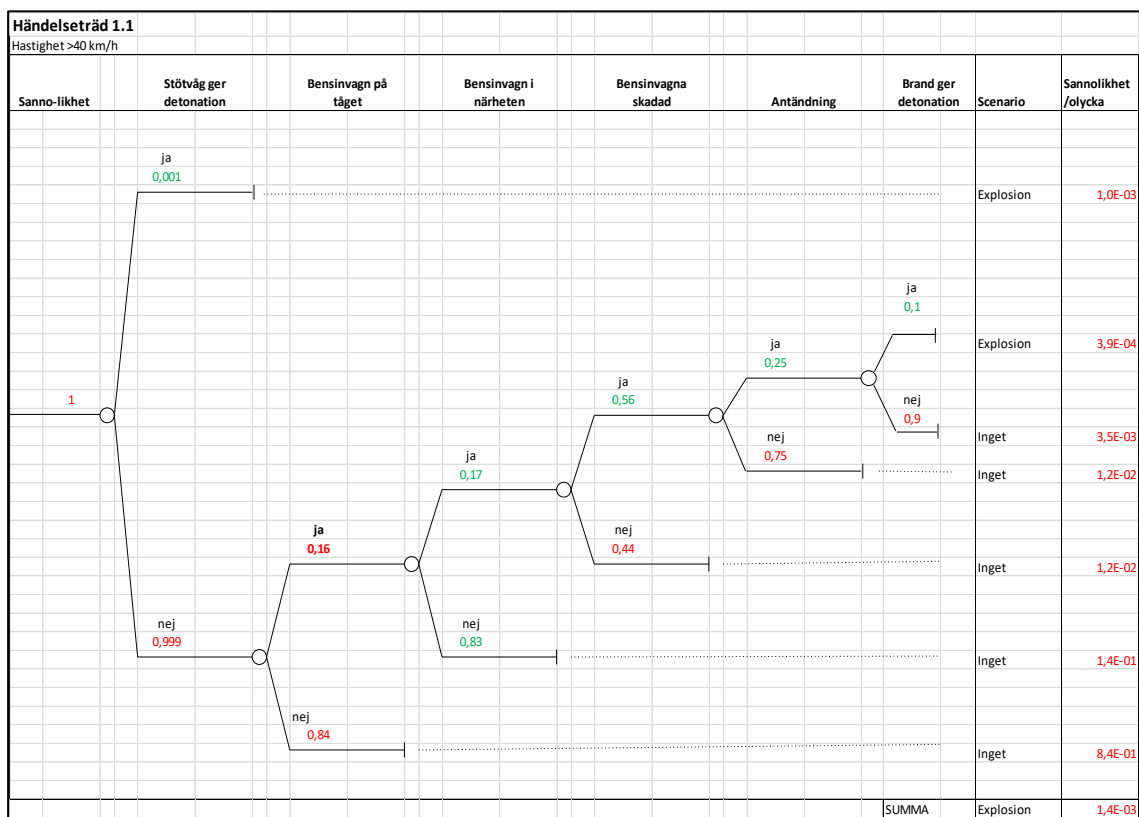
Sannolikhet för detonation på grund av brand

Sannolikheten för brand beräknas enligt följande.

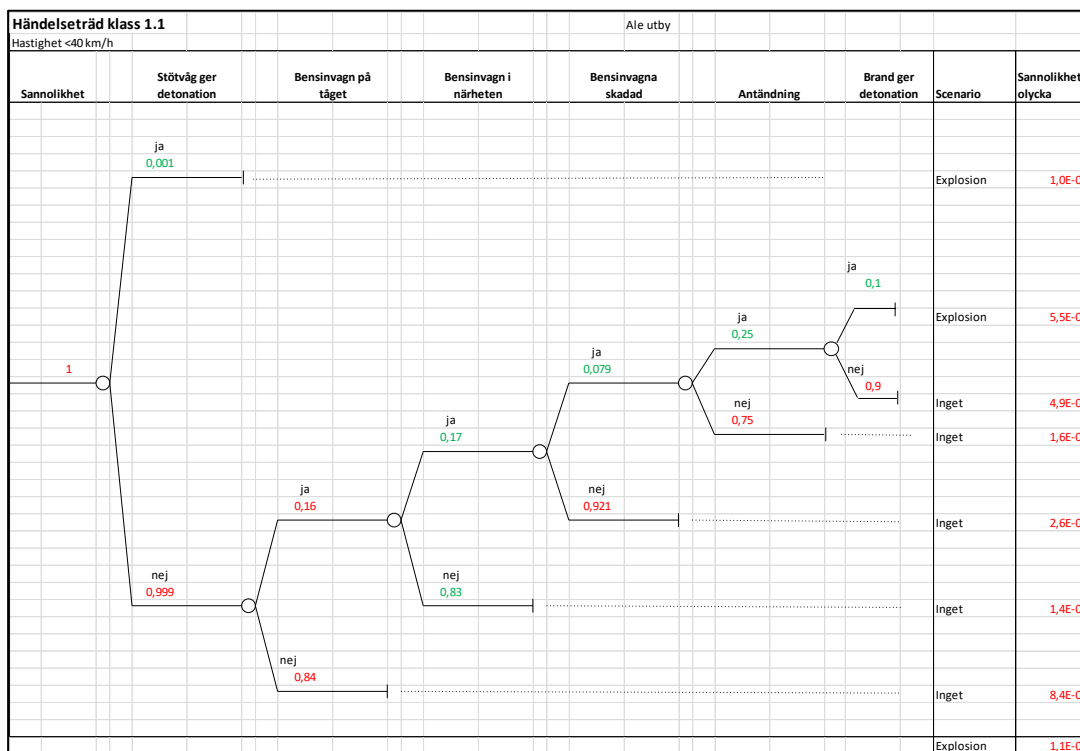
1. Det måste finnas en tankvagn med bensin eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med sprängämnen, högst en vagn emellan
3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande utsläpp
4. Vätskan måste antändas

Sannolikheten för detta framgår av händelseträden i figur 9 och 10 nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankvagnar i RBM II.

Sannolikheten att en brand leder till detonation av sprängämnet uppskattas grovt till 10 %. Händelseträdet för hela händelseförloppet vid olycka med sprängämnen visas i figur 9 för tåghastigheter över 40 km/h och i figur 4 för tåghastigheter under 40 km/h.



Figur 9. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1, tåghastigheter över 40 km/h.



Figur 10. Händelseträd för olycka med sprängämnen, klass 1.1, tågshastigheter under 40 km/h.

Sannolikheten för att en vagn med mycket brandfarliga vätskor skall vara med på tåget tas från ingångsdaten i figur 1. (I figur 9 och 10 anges ett värde från ett tidigare projekt, det aktuella värdet har dock används i beräkningarna.)

2.3 Klass 5.1

Detta scenario baseras på att transportererna sker som ammoniumnitrat som vid blandning med dieselolja kan leda till en explosion som motsvarar 25 ton TNT vid ett stort utsläpp av ammoniumnitrat och cirka hälften vid ett mindre utsläpp. Detta överskattar explosionens kraft eftersom den blandning som kommer att ske om båda ämnena rinner ut vid en olycka inte räcker för att åstadkomma ett effektivt sprängämne vilket egentligen kräver en ganska exakt blandning av dessa ämnen.

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

1. Det måste finnas en tankvagn med bensin eller annan mycket brandfarlig vätska med på tåget.
2. Vagnen måste befinna sig nära vagnen med oxiderande ämnen för att en blandning skall kunna ske, högst en vagn emellan.
3. Vagnen med mycket brandfarlig vätska måste ha en skada som leder till ett betydande utsläpp.
4. Vätskan måste antändas.
5. Blandningen oxiderande ämne/brandfarlig vätska kan antingen brinna som en pölbrand eller explodera.

Sannolikheten för detta framgår av händelseträdet i figur 11 och 12 nedan. Händelseträdet är baserat på statistik för tunnväggiga tankbilar. I de visade händelseträden utgår från att en vagn med mycket brandfarlig vätska finns med på 16 % av tågen. Denna siffra är tagen från ett äldre projekt och används här endast som exempel. I beräkningarna har den rätta siffran använts som finns i figur 1.

3 Konsekvenser av scenario

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

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

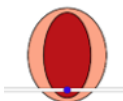
Det överlappande området är det område som påverkas av ett effektområde för de olika scenarierna. Sannolikheter för omkomna (P) och effektområdets form kan ses i figur 13. För klass 2.1, klass 2.2 och klass 3 har sannolikhet för omkomna och effektområdets storlek tagits från den nederländska beräkningsmetoden 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



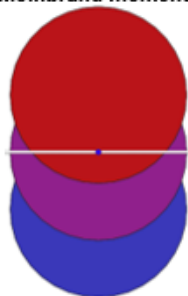
	Klass 1	Klass 5 stor	Klass 5 liten
Radie (begränsas av avstånd till första raden + bredd på byggnad)	152 meter	152 meter	121 meter
P (inne)	0,17	0,17	0,17
P (ute)	1	1	1

Jet



	Effektområde 1	Effektområde 2
Major axis (halva längden)	47 meter	52,6 meter
Minor axis (halva bredden)	23 meter	45,9 meter
Avstånd centrum	39 meter	39 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,5

Molnbrand momentan



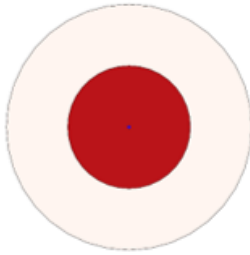
	Vind mot (röd cirkel)	Vind längs (lila cirkel)	Vind från (blå cirkel)
Radie	133,5 meter	133,5 meter	133,5 meter
Avstånd centrum	85 meter	0	-85 meter
P (inne)	1	1	1
P (ute)	1	1	1

Molnbrand kontinuerlig



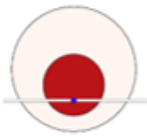
	Vind mot (röd yta)	Vind längs (lila yta)
Maximala längd	70 meter	70 meter
Maximala bredd	13,7 meter	5 meter
P (inne)	1	1
P (ute)	1	1

Gasexplosion momentan



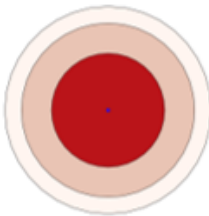
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	163 meter	325 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

Gasexplosion kontinuerlig



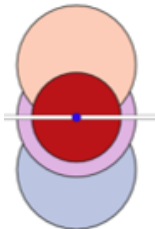
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	47 meter	95 meter
Avstånd centrum	23,5 meter	47,5 meter
P (inne)	1	0,025
P (ute)	1	0

BLEVE



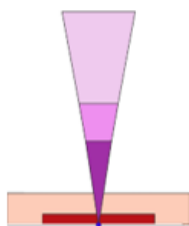
	Effektområde 1	Effektområde 2
Radie	102 meter	156 meter
P (inne)	1	0
P (ute)	1	0,6

Giftiga gaser momentan



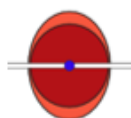
	Effektområde 1 (röd cirkel)	Effektområde 2, vind mot (beige cirkel)	Effektområde 2, vind längs (lila cirkel)	Effektområde 2, vind från (blå cirkel)
Radie	46 meter	57,5 meter	57,5 meter	57,5 meter
Avstånd centrum	0	65 meter	0	-65 meter
P (inne)	0,1	0,03	0,03	0,03
P (ute)	1	0,3	0,3	0,3

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	174 meter	232 meter	374 meter	240 meter	374 meter
Maximala bredd	51,3 meter	70,5 meter	121 meter	18 meter	61 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	14,5 meter	17,7 meter	11 meter	16 meter
Minor axis	13,9 meter	14,4 meter	10 meter	11 meter
P (inne)	1	0	1	0
P (ute)	1	0,4	1	0,4

Figur 13. Effektområdenas form och sannolikhet för omkomna. Figuren är ej skalenlig.

3.1 Klass 1

Vid beräkning av explosionslast utgås från en explosion av 25 ton TNT. Explosionens övertryck och impuls har beräknats nedan. De reflekterade värdena är aktuella när explosionen träffar en yta som är riktat vinkelrät mot explosionen. De oreflekterade värdena gäller för ytor som är riktade i samma riktning som explosionen.

Explosionsstyrkan beräknas med hjälp av *figur 14* som tagits från rapporten Dynamisk lastpåverkan – Referensbok (SRV 2005). För en närmare förklaring av beräkningsmetoden hänvisas till denna rapport.

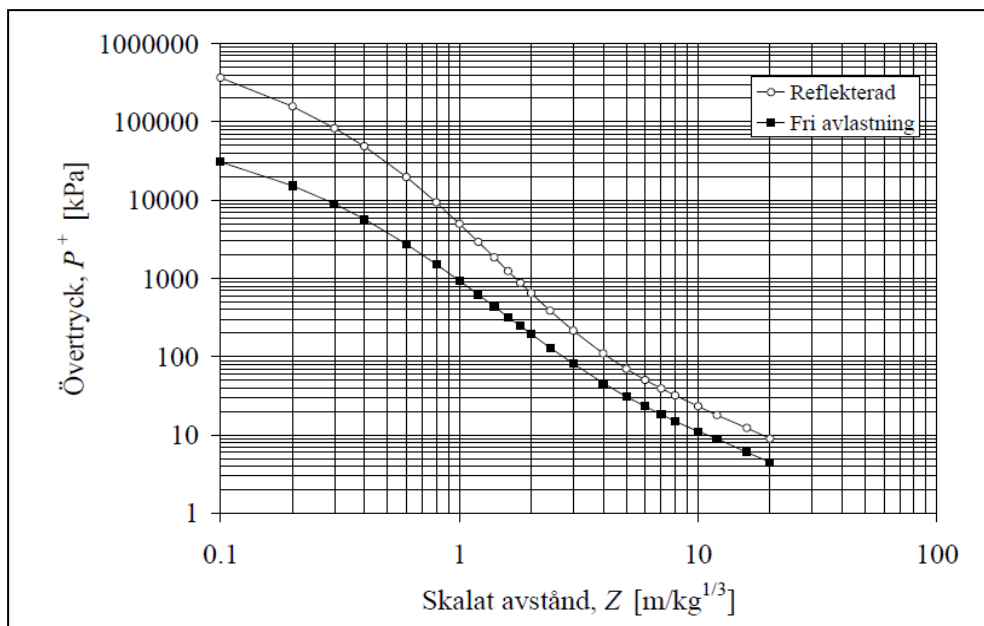
Z är det ska skalade avståndet enligt nedan

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

R = avstånd från explosionscentrum (m)

M = mängd sprängämne i explosionen (kg)

Figur 14 ger övertrycket p_+



Figur 14. Reflekterat och oreflekterat övertryck som funktion av det skalade avståndet Z (från SRV 2007).

Resultaten visas i *tabell 1*.

Tabell 1. Explosionstryck som funktion av avståndet till explosionscentrum.

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

3.1.1 Skador på bebyggelsen

Enligt amerikanska undersökningar (EAI 1997) rasar vanliga hus vid ett övertryck (p^+) på 25-35 kPa medan en vanlig stadsbebyggelse bedöms få allvarliga skador vid ungefär samma övertryck. Detta tryck uppnås enligt *tabell 1* ungefär 152 m från platsen för explosionen vid en explosion av 25 ton TNT. (För en explosion med 12,5 ton TNT, se avsnitt 2.5 Scenarier med oxiderande ämnen, ämnen, är detta avstånd ca 121 m.)

Sammantaget antas att byggnader närmast järnvägen får allvarliga skador inom 152 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 järnvägen

3.1.2 Skador utomhus

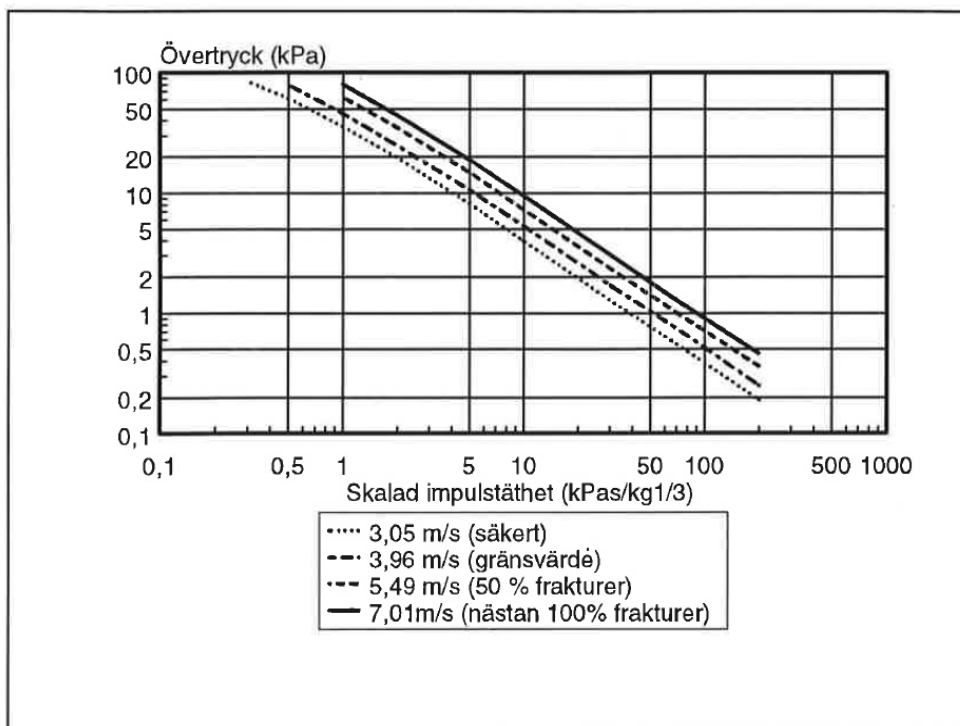
Direkta skador pga. tryck

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



Figur 15. 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 densamma som för en explosion av 25 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk för denna mängd sprängämne finns beskriven i scenariot för klass 1.1.

Konsekvenserna för en mindre explosion har antagits vara densamma som för en explosion av 12,5 ton TNT. Konsekvenserna avseende individrisk och samhällsrisk för denna mängd sprängämne finns också beskriven i scenariot för klass 1.1.

De scenarier där ingen explosion sker men det oxiderande ämnen deltar i branden av den brandfarliga vätskan ingår i beräkningarna för konsekvenserna av olyckor med klass 3.

3.3 Individrisk

Individrisken beräknas med hjälp av följande ekvation:

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

I individrisken beräknas bredden $b(x)$ med bredden som anges i *figur 13*. 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 individrisken med 5 meters mellanrum.

Referenser

- Banverket 2001 Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Banverket Miljösektionen Rapport 2001:5m 2001-10-22
- EAI 1997 High explosive assessment model, 5th industrial version in SI units, Engineering Analysis Inc. 1997
- ERM 2008 SAFEX-paper Guangzhou-Shenzhen-Hong Kong Express Rail Link: An overview of the explosives aspects cartridged emulsion explosives and accessories through a densely populated area. ERM-Hong Kong Ltd, 2008
- FOA 1997 Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, Försvarets Forskningsanstalt, september 1997
- FOA 2000 Explosivämneskunskap, Institutionen för energetiska material, Försvarets Forskningsanstalt 2000
- 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)
- SMHI 2006 Vindstatistik för Sverige 1961–2004, Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Nr 121 2006
- 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 luftstövåvåg, Statens Räddningsverk, Avdelningen för stöd till räddningsinsatser, 2007